

# PŘÍRUČKA TECHNOLOGA BETON

SUROVINY — VÝROBA — VLASTNOSTI

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group

**ČESKOMORAVSKÝ  
CEMENT**  
HEIDELBERGCEMENT Group

**ČESKOMORAVSKÝ  
ŠTĚRK**  
HEIDELBERGCEMENT Group

2013 / aktualizace 1. vydání



Vážení příznivci a přátelé betonu,

dostává se Vám do rukou „**PŘÍRUČKA TECHNOLOGA – BETON – SUROVINY, VÝROBA, VLASTNOST**“, kterou pro Vás připravila společnost Českomoravský cement. Jsem plně přesvědčen, že tato publikace bude mít stejně příznivý ohlas, jako mají příručky „**BETON TASCHENBUCH**“ v Německu.

Beton, dříve definovaný jako umělý kámen, je nejrozšířenějším stavebním materiálem. Je ho možno považovat za kompozitní stavební látku, skládající se z plniva, v daném případě z kamenniva a pojiva, které zde představuje hydraulické pojivo (většinou cement). Mimo to je v této látce obsaženo určité množství pórů. Slovo beton (převzaté z francouzského béton = hrubá malta, pocházející z latinského betunium = kamenná malta) se stalo synonymem i pro ostatní stavební kompozity (např. asfaltobeton, plastobeton, pórobeton aj.).

Technologie betonu je vědní a technická disciplína, která se zabývá složením, výrobou a vlastnostmi betonu s cílem dosažení potřebných vlastností s minimální energetickou náročností (úsporou cementu) a minimálním zatížením životního prostředí. Postupně se přechází od empirického poznání a pozorování k obecné formulaci problémů jazykem matematiky, zvyšuje se stupeň matematizace oboru.

Historie betonu sahá až do doby kolem roku 3600 př. n. l., kdy podle Plinia existovaly sloupy v Egyptě z umělého kamene.

Kolem roku 1000 př. n. l. stavěli Fénicičané v Jeruzalémě velké vodní cisterny a vodovodní přivaděče. Podobně se fénicičtí stavitelé podíleli kolem roku 690 př. n. l. na stavbách sloužících k zásobování vodou asyrského královského sídelního města Ninive. Fénici-

---

čanům lze připsat i objev hydraulických vlastností směsi vápna a sopečného tufu. Například na ostrově Santorin ve Středomoří byly objeveny kamenné cisterny ze 3. století př. n. l., omítnuté maltou z vápna a místního tufu. Féničané nepochybně navazovali na starší empirické znalosti o hydraulických maltách, jejich technologii však propracovali a poměrně systematicky a dlouhodobě užívali.

Na tyto znalosti navazovali Řekové, kteří ve 2. století př. n. l. začali používat novou zdicí techniku. Masivní zeď byla tvořena dvěma lícovými stěnami z tesaného kamene. Různě široká mezera mezi nimi byla pak vyplňována litou maltou, prokládanou lomovým kamenem. Lícové stěny tedy plnily i funkci „ztraceného bednění“. Tento druh zdiva, nazývaný Řeky „emplekton“, nepochybně výrazně zracionalizoval a urychlil zdění a lze jej považovat za předchůdce dnešního betonu.

Používání hydraulických malt mimořádně propracovali a rozvinuli Římané. Toto lité zdivo mělo řadu charakteristických vlastností. Obsahovalo drcený kámen nebo štěrk s maximálním zrnem obvykle do 70 mm, který byl důkladně promíchán s maltou, skládající se z hydraulického pojiva a písku tak, že vznikla homogenní masa. V bednění byla takto připravená směs ztuhněna intenzivním pečováním nebo stloukáním. Po zatvrdnutí vznikl materiál obdobných vlastností jako dnešní beton. Podle některých domněnek vzniklo toto slovo ze starofrancouzského výrazu „beter“, což znamená tuhnouti. Tuto poslední verzi podporuje anglické označení pro beton – concrete, vzniklé z latinského *concrescere* = tuhnouti. První použil označení beton pravděpodobně Francouz B. F. Belidor v první polovině 18. století. Rozvoj průmyslové výroby v západní Evropě během 17. a 18. století a z něj vyplývající vzrůst stavebních činností oživil zájem o přírodní hydraulická pojiva. Poptávka po tomto pojivu však neustále stoupala. Proto se v 17. a 18. století opakovaně objevily pokusy získat hydraulické pojivo uměle, smísením běžně dostupných surovin.

V roce 1796 přihlásil J. Parker, inspirovaný pravděpodobně Smea-

---

tonovou knihou z roku 1791, anglický patent, ve kterém popsal postup drcení a pálení vhodné vápencové suroviny s přiměřenou příměsí hliněných součástí. Výsledek byl nazván románským cementem. Roku 1824 přihlásil J. Aspdin (1778–1855) patent s názvem „Zlepšení ve výrobě umělého kamene“. V roce 1825 založil továrnu, v níž vyráběl pojivo pod obchodním názvem „Portlandský cement“. Název vyplýval z toho, že výsledný produkt svou pevností a šedou barvou připomínal oblíbený portlandský vápenec. Současně nejrozšířenější hydraulické pojivo na světě vděčí tedy za svůj název Aspdinově smyslu pro reklamu a správně pochopené úloze, kterou může sehrát při rozhodování vhodná asociace. I po Aspdinově patentu pokračovalo období hledání. Teprve I. Ch. Johnston (1811–1911) dovršil úsilí mnoha generací a roku 1844 došel k poznatku o nutnosti pálení suroviny až na mez slinutí. Tím více je třeba vyzdvihnout výsledky práce W. Michaelise (1840–1911), který rozvinul a propracoval teorii chemismu portlandského cementu.

Současně s rozvojem výroby hydraulických pojiv, tj. hydraulických vápen, románského cementu a cementu portlandského, se vyvinulo i jejich užití k výrobě konstrukční hmoty – betonu, který umožnil plnit některé nové, do té doby těžko řešitelné úkoly. V první polovině 19. století byly doménou betonu vodní stavby všeho druhu a zakládání objektů v oblastech se spodní vodou. V této oblasti zaujal beton rychle výsadní postavení. Nelze však pominout i jeho užití k výrobě různých architektonických doplňků i menších soch. V této oblasti se beton komerčně prosadil zejména v důsledku stoupajících cen kamenických prací a vzrůstající poptávky.

Jako zakladatel železobetonu je označován J. Monier (1823–1906), který získal tajný rakouský patent na „konstrukce ze železa a cementu pro prahy, kanály, mosty, schody a podobné druhy“. Nicméně první zprávy o vyztužení betonu bronzovými, resp. železnými, tyčemi jsou známé z doby antického Říma při stavbě lázní Marca Aurelia asi z roku 212 n. l. a další použití jsou uvedena v knize F. Coigneta o železobetonu z roku 1861.

---

Jedním z nejznámějších propagátorů železobetonu byl F. Hennebique (1842–1921). Typickým znakem jeho systému byla důsledná monolitičnost celé konstrukce, což z hlediska statiky mimořádně zvyšovalo její tuhost a únosnost.

Beton v počátcích svého masového užití byl materiálem především pro vodní stavby a zakládání. Obytné budovy byly dosti výjimečné. První celobetonový dům byl podle tvrzení W. Michaelise malý objekt v Alby ve Francii, který byl postaven v roce 1830 z betonu, kde bylo použito hydraulické vápno. Na přelomu šedesátých a sedmdesátých let 19. století byla problematika technologie betonu a betonových konstrukcí zvládnuta natolik, že se betonová obytná výstavba v některých regionech ukázala jako cenově efektivní. V této době se začaly uplatňovat armované betonové prvky i celé konstrukce.

Používání betonu se ke konci 19. století stalo již běžnou záležitostí tisíců stavitelů, nicméně velké betonové stavby, nové technologie a nové teorie byly spojeny pouze s několika firmami, a to zejména v oblasti železobetonového stavitelství.

Výrazný zlom nastal až ve dvacátém století, kdy dlouholetý výzkum, zkušenosti z praxe, vývoj a výroba nových technologických zařízení umožnily posunout betonářskou technologii a beton na podstatně vyšší kvalitativní stupeň. V 70. letech se stále ve větším rozsahu začaly používat vysokopevnostní betony HSC (High Strength Concrete). Za jejich základní charakteristiku je možno považovat pevnost v tlaku, která je minimálně 65 MPa. Horní hranice pevnosti HSC leží podle současných výzkumů na hranici 200 MPa. Výzkum v této oblasti úspěšně pokračuje a již dneska jsou známy výsledky výzkumu, které umožňují vyrábět beton s výrazně vyššími pevnostmi. Tato skupina betonů se u nás označuje jako ultravysokopevnostní beton (UVPB). Jedním z jeho představitelů je ve Francii vyvinutý beton označený jako RPC (Reactive Poder Concrete).

---

Nelze ani opominout významný mezník v technologii betonu, který se datuje do roku 1988, kdy v Japonsku navrhli a odzkoušeli nové složení betonové směsi, zaručující její podstatně vyšší pohyblivost (tekutost) oproti tradičním betonovým směsím. Tento beton dokáže bez ztuhnutí vyplnit prostor bednění, a to i při husté výztuži. Vzhledem k této vlastnosti se tento beton nazývá samozhutnitelný (SCC – Self Compacting Concrete), přestože se uvedené technologie v řadě vyspělých států Evropy ve stavební výrobě používají, neexistují na jejich výrobu dosud žádné technické normy.

Určitě lze konstatovat, že se dnes žádná stavba bez betonu zcela neobejde, počínaje základy, podlahami nebo stropními konstrukcemi konče. U takových staveb, jako jsou přehradní hráze, mosty, chladicí věže, silnice, tunely a další, si nelze tuto konstrukci bez použití betonu, resp. železobetonu, ani představit. Vývoj vlastností betonu prošel od nízkých pevností, které byly na počátku 20. století na úrovni 10 až 15 MPa, do hodnot, u kterých lze hovořit o desetinásobné pevnosti.

Ke změně došlo i v oblasti technologie zpracování betonu používáním i jiných druhů plniva, než je běžné hutné kamenivo. Pro řadu konstrukcí lze použít kameniva vylehčená (jako například liapor, perlit, struska apod.), ztěkující přísady, až po současný „betonářský hit“ – samozhutnitelný beton.

doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc.

---

### ■ Upozornění ■

Tato publikace je určena především k rychlému poskytování informací pro osobní použití a pro praktickou činnost technických a technologických pracovníků v oblasti technologie výroby a zpracování betonu. Uváděné informace pocházejí nejen z ČSN EN 206-1 a ostatních norem, ale i z odborné literatury. Některé údaje z norem a jiných materiálů byly pro lepší srozumitelnost a přehlednost zkráceny nebo zjednodušeny a nejsou ve všech případech uváděny se všemi výjimkami a poznámkami. Údaje proto nemohou být použity jako podklad pro znalecké posudky, soudní jednání apod. Navíc v současnosti dochází k průběžnému a neustálému zavádění evropských technických norem, které postupně nahrazují nebo mění platné ČSN, ve sporných případech je proto nutné vždy používat původní texty platných znění citovaných zdrojů.

---



**1. ZÁKLADNÍ INFORMACE 1**

**2. CEMENT 2**

**3. KAMENIVO 3**

**4. VODA 4**

**5. PŘÍSADY 5**

**6. PŘÍMĚSI A VÝZTUŽ 6**

**7. SLOŽENÍ BETONU 7**

**8. KONZISTENCE A ZPRACOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU 8**

**9. TVRDNUTÍ BETONU 9**

**10. VLASTNOSTI BETONU 10**

**11. SPECIFIKACE A KONTROLA KVALITY BETONU 11**

**PODĚKOVÁNÍ**

---

**1.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY**

- 1.1.1 Mechanická odolnost a stabilita
- 1.1.2 Požární bezpečnost
- 1.1.3 Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí
- 1.1.4 Bezpečnost při užívání
- 1.1.5 Ochrana proti hluku
- 1.1.6 Úspora energie a ochrana tepla

**1.2 UVÁDĚNÍ VÝROBKŮ NA TRH**

- 1.2.1 Postup prokazování shody výrobku  
„Beton pevnostních tříd C 12/15 a vyšší“
- 1.2.2 Prokazování shody dle NV 190/2002 Sb.

**1.3 SYSTÉM KVALITY****1.4 VZTAH K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ****1.5 HYGIENICKÁ NEZÁVADNOST BETONU****1.6 SLOŽKY BETONU****2.1 SLOŽKY**

- 2.1.1 Hlavní složky
- 2.1.2 Doplňující složky
- 2.1.3 Síran vápenatý
- 2.1.4 Přísady

**2.2 SLOŽENÍ A OZNAČOVÁNÍ CEMENTŮ**

- 2.2.1 Cementy pro obecné použití podle ČSN EN 197-1
- 2.2.2 Normalizované označování

**2.3 VLASTNOSTI CEMENTU**

- 2.4 PRACOVNÍ HYGIENA A OCHRANA ZDRAVÍ
- 2.5 CEMENTY S UPRAVENÝMI VLASTNOSTMI  
DLE ČSN EN 197-1

- 2.5.1 Portlandský cement pro výrobu cementobetonových krytů vozovek CEM I 42,5 R-SC
- 2.5.2 Vysokopeční cement se zvýšenou síranovou odolností CEM III/A 32,5 R-SVC
- 2.5.3 Cementy pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem dle ČSN EN 197-1

## **2.6 CEMENTY S UPRAVENÝMI VLASTNOSTMI DLE JINÝCH NOREM**

- 2.6.1 Síranovzdorný cement
- 2.6.2 Vysokopeční cementy s nízkou počáteční pevností
- 2.6.3 Speciální cementy s velmi nízkým hydratačním teplem
- 2.6.4 Hlinitanový cement
- 2.6.5 Cement pro zdění
- 2.6.6 Ostatní cementy s upravenými vlastnostmi

## **2.7 ZKOUŠENÍ CEMENTU**

## **2.8 PŘEHLED VLASTNOSTÍ CEMENTŮ A JEJICH POUŽITÍ**

- 2.8.1 Vlastnosti nabízených cementů
- 2.8.2 Použití nabízených cementů podle druhů
- 2.8.3 Použití nabízených cementů podle pevnostních tříd

## **2.9 SKLADOVÁNÍ CEMENTU**

**3**

**KAMENIVO**

**str. 63–78**

- 3.1 ROZDĚLENÍ KAMENIVA**
- 3.2 VLASTNOSTI HORNIN**
- 3.3 KAMENIVO PRO LEHKÉ A TĚŽKÉ BETONY**
- 3.4 KVALITATIVNÍ POŽADAVKY**
- 3.5 STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO ZRNA KAMENIVA PŘI NÁVRHU BETONU**
- 3.6 PRAKTICKÉ KŘIVKY PRO NÁVRH ZRNITOSTI A SYPNÉ HMOTNOSTI KAMENIVA**
- 3.7 MODULY ZRNITOSTI KAMENIVA, PŘÍKLAD VÝPOČTU MÍSENÍ**
- 3.8 TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY NA KAMENIVO DO BETONU**
- 3.9 ZKOUŠENÍ KAMENIVA**

**4****VODA****str. 81–84**

- 4.1 KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁMĚSOVÉ VODY (PODLE ČSN EN 1008)**
- 4.2 KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁMĚSOVÉ RECYKLOVANÉ VODY**

**5****PŘÍŠADY****str. 87–94**

- 5.1 OBECNĚ O PŘÍŠADÁCH**
- 5.2 PLASTIFIKÁTORY A SUPERPLASTIFIKÁTORY**
- 5.3 PROVZDUŠŇOVACÍ PŘÍŠADY**
- 5.4 TĚSNICÍ PŘÍŠADY**
- 5.5 PŘÍŠADY ZPOMALUJÍCÍ TUHNUTÍ**
- 5.6 PŘÍŠADY URYCHLUJÍCÍ TUHNUTÍ A TVRDNUTÍ**
- 5.7 STABILIZAČNÍ PŘÍŠADY**
- 5.8 OSTATNÍ PŘÍŠADY**

**6****PŘÍMĚSI A VÝZTUŽ****str. 97–111**

- 6.1 LATENTNÍ HYDRAULICITA**
- 6.2 PŘÍMĚSI**
  - 6.2.1 Popílek**
  - 6.2.2 Křemičité látky, úlety (silica fume)**
  - 6.2.3 Mletá granulovaná vysokopecní struska**
  - 6.2.4 Ostatní příměsi**
- 6.3 BAREVNÉ PIGMENTY**
- 6.4 BETONÁŘSKÁ A PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ**
- 6.5 ROZPTÝLENÁ VÝZTUŽ**
- 6.6 KRYCÍ VRSTVA VÝZTUŽE DLE ČSN EN 1992-1**

**7.1 POJMY****7.2 KLASIFIKACE BETONU**

7.2.1 Klasifikace podle stupně vlivu prostředí

7.2.2 Klasifikace podle konzistence

7.2.3 Pevnostní třídy betonu

7.2.4 Klasifikace dle maximální velikosti zrna kameniva

7.2.5 Třídy objemové hmotnosti

**7.3 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ BETONU PODLE KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ**

7.3.1 Základní požadavky na složky betonu

7.3.2 Požadavky na beton v závislosti na stupni vlivu prostředí

7.3.3 Použitelnost cementů pro stupně vlivu prostředí

7.3.4 Požadavky na obsah moučky

7.3.5 Požadavky na maximální obsah chloridů

7.3.6 Požadavky na odolnost proti alkalicko-křemičité reakci

7.3.7 Požadavky pro betonování pod vodou

7.3.8 Požadavky na cementovou maltu (jemnozrný beton s  $D_{\max}$  4 mm) pro zmonolitnění prefabrikátů

7.3.9 Požadavky při dodávce betonu

**7.4 NÁVRH SLOŽENÍ BETONU****7.5 NÁVRH PODLE EMPIRICKÉHO MNOŽSTVÍ VODY****7.6 SILNIČNÍ BETON****7.7 KONSTRUKČNÍ VRSTVY POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ****7.8 BETON ODOLNÝ PROTI PŮSOBENÍ VODY A CHEMICKÝCH ROZMRAZOVACÍCH LÁTEK (CHRL)****7.9 PĚNOBETON****7.10 ČERPANÝ ČERSTVÝ BETON**

**8.1 MĚŘENÍ KONZISTENCE (ČSN EN 206-1)**

- 8.1.1 Sednutí kužele podle ČSN EN 12350-2
- 8.1.2 Rozlití podle ČSN EN 12350-5
- 8.1.3 Rozlití kužele a čas T500 pro samozhutnitelný beton
- 8.1.4 Přeformování Vebe podle ČSN EN 12350-3
- 8.1.5 Stupeň zhutnění podle ČSN EN 12350-4

**8.2 DOPORUČENÉ KONZISTENCE ČERSTVÉHO BETONU****8.3 ZPRACOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU**

- 8.3.1 Míchání betonu
- 8.3.2 Doprava betonu
- 8.3.3 Ukládání čerstvého betonu

**8.4 STRÍKANÝ BETON****8.5 POTĚRY****8.6 ZHUTŇOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU****9.1 TVRDNUTÍ BETONU**

- 9.1.1 Betonování v horkém letním počasí
- 9.1.2 Betonování v zimě
- 9.1.3 Betonování masivních konstrukcí

**9.2 OŠETŘOVÁNÍ BETONU****9.3 ODBEDŇOVÁNÍ A ODFORMOVÁNÍ**

- 9.3.1 Odbedňování monolitických konstrukcí
- 9.3.2 Odformování dílců

- 10.1**    **NORMY NA ZKOUŠENÍ BETONU**
- 10.2**    **PEVNOST BETONU**
- 10.3**    **ZKOUŠENÍ PEVNOSTI BETONU**
- 10.4**    **DEFORMACE BETONU**
  - 10.4.1    Technologické ovlivňování dotvarování betonu
  - 10.4.2    Smršťování betonu
- 10.5**    **VODOTĚSNOST BETONU**
- 10.6**    **TRVANLIVOST BETONU**
  - 10.6.1    Mrazuvzdornost betonu
  - 10.6.2    Obrusnost betonu
  - 10.6.3    Chemická koroze betonu
  - 10.6.4    Koroze oceli v betonu
  - 10.6.5    Požární odolnost betonu

- 11.1**    **ZÁKLADNÍ POŽADAVKY SPECIFIKACE**
- 11.2**    **ŘÍZENÍ VÝROBY**
  - 11.2.1    Řízení výroby obecně
  - 11.2.2    Průkazní zkoušky
  - 11.2.3    Výroba betonu
  - 11.2.4    Ověřování složek betonu, zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu
- 11.3**    **KONTROLA SHODY A KRITÉRIA SHODY  
TYPOVÉHO BETONU DLE ČSN EN 206-1**
  - 11.3.1    Pojmy
  - 11.3.2    Kontrola shody typového betonu pro pevnost v tlaku
  - 11.3.3    Postup posuzování shody pevnosti betonu v tlaku
  - 11.3.4    Kritéria pro posuzování shody pevnosti v tlaku
  - 11.3.5    Plán odběru vzorků a četnost zkoušek
  - 11.3.6    Posuzování shody souboru betonů
  - 11.3.7    Posuzování shody pevnosti betonu v příčném tahu
  - 11.3.8    Posuzování shody jiných vlastností než pevnosti
  - 11.3.9    Kontrola shody betonu předepsaného složení

**1.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY**

- 1.1.1 Mechanická odolnost a stabilita
- 1.1.2 Požární bezpečnost
- 1.1.3 Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí
- 1.1.4 Bezpečnost při užívání
- 1.1.5 Ochrana proti hluku
- 1.1.6 Úspora energie a ochrana tepla

**1.2 UVÁDĚNÍ VÝROBKŮ NA TRH**

- 1.2.1 Postup prokazování shody výrobku „Beton pevnostních tříd C 12/15 a vyšší“
- 1.2.2 Prokazování shody dle NV 190/2002 Sb.

**1.3 SYSTÉM KVALITY****1.4 VZTAH K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ****1.5 HYGIENICKÁ NEZÁVADNOST BETONU****1.6 SLOŽKY BETONU****1.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY**

Stavební výrobek je výrobek určený pro trvalé zabudování do staveb, jehož vlastnosti mohou ovlivnit alespoň jeden ze základních požadavků na stavby. Trvalé zabudování výrobku do stavby je takové zabudování, při kterém se vyjmutím nebo výměnou trvale mění ukazatele užitečných vlastností stavby. Vyjmutí nebo výměna výrobku je stavební prací. Stavební prací je stavební nebo montážní činnost, jejímž účelem je realizace stavby, její změna, popřípadě udržovací práce.

**Základní požadavky** jsou uvedeny v zákoně č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky v platném znění a v příloze č. 1 NV č. 163/2002 Sb. ve znění NV č. 312/2005 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, a NV č. 190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky



na stavební výrobky označované CE. Výrobky musí být při respektování hospodárnosti vhodné pro zamýšlené použití při stavbě. Výrobek musí udržet technické vlastnosti po dobu své ekonomicky přijatelné životnosti, tj. po dobu, kdy budou ukazatele užitných vlastností stavby udržovány na úrovni slučitelné s plněním základních požadavků na stavby.

**Výrobky musí mít takové vlastnosti, aby stavby, pokud byly řádně projektovány, postaveny a udržovány, splňovaly následující požadavky:**

### **1.1.1 Mechanická odolnost a stabilita**

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby zatížení, o kterých se očekává, že na ni budou působit v průběhu stavění a užívání, neměla za následek:

- zřícení celé stavby nebo její části,
- větší stupeň nepřípustného přetvoření,
- poškození jiných částí stavby nebo technických zařízení nebo instalovaného vybavení následkem deformace nosné konstrukce,
- poškození událostí v rozsahu neúměrném působící příčině.

### **1.1.2 Požární bezpečnost**

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby v případě požáru:

- byla po určitou dobu zachována nosnost a stabilita konstrukce,
- byl omezen vznik a šíření požáru a kouře ve stavebním objektu,
- bylo omezeno šíření požáru na sousední objekty,
- mohly osoby a zvířata opustit stavbu nebo být zachráněny jiným způsobem,
- byla brána v úvahu bezpečnost záchranných jednotek.

### **1.1.3 Hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí**

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby neohrožovala hygienu nebo zdraví svých uživatelů nebo sousedů, především v důsledku:

- uvolňování toxických plynů,
- přítomnosti nebezpečných částic nebo plynů v ovzduší,

- emise nebezpečného záření,
- znečištění nebo zamoření vody a půdy,
- nedostatečného zneškodňování odpadních vod, kouře a tuhých nebo kapalných odpadů,
- výskytu vlhkosti v částech stavby nebo na površích uvnitř stavby.

#### **1.1.4 Bezpečnost při užívání**

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby při jejím užívání nebo provozu nevznikalo nepřijatelné nebezpečí úrazu, např. uklouznutím, smykem, pádem, nárazem, popálením, výbuchem a zásahem elektrickým proudem.

#### **1.1.5 Ochrana proti hluku**

Stavba musí být navržena a postavena takovým způsobem, aby hluk vnímaný obyvateli nebo osobami poblíž stavby byl udržován na úrovni, která neohrozí jejich zdraví a dovolí jim spát, odpočívat a pracovat v uspokojivých podmínkách.

#### **1.1.6 Úspora energie a ochrana tepla**

Stavba a její zařízení pro vytápění, chlazení a větrání musí být navrženy a postaveny takovým způsobem, aby spotřeba energie při provozu byla nízká s ohledem na klimatické podmínky místa a požadavky uživatelů.

## **1.2 UVÁDĚNÍ VÝROBKŮ NA TRH**

Obecně platí, že výrobce je povinen uvádět na trh jen bezpečné výrobky, jejichž vlastnosti musí být prokázány stanoveným způsobem. Povinnost dokládat bezpečnost výrobků pro stavby tzv. prohlášením o shodě, vydávaným na základě několika postupů ověřování shody vlastností výrobků se specifikacemi, je upravena zákonem č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky v platném znění, doplněným nařízením vlády č. 163/2002 Sb. ve znění NV č. 312/2005 Sb. a nařízením vlády č. 190/2002 Sb., kterými se stanoví technické požadavky na stavební výrobky a seznam stanovených výrobků.

**Prohlášení o shodě** – výrobce nebo dovozce stanoveného výrobku, tj. výrobku představujícího zvýšenou míru ohrožení, je povinen před uvedením výrobku na trh vydat písemné prohlášení o shodě výrobku s technickými předpisy a o dodržení stanoveného postupu posouzení shody dle příslušného nařízení vlády.

**Kvalita, jakost** – stupeň splnění požadavků (potřeba nebo očekávání, které jsou stanoveny, obecně se předpokládají nebo jsou závazné) souborem interních znaků (rozlišující vlastnost).

**Systém** – soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících prvků.

**Systém managementu** – systém pro stanovení politiky a cílů kvality a k dosažení těchto cílů.

**Systém managementu kvality (QMS)** – systém managementu pro zaměření a řízení organizace s ohledem na jakost.

**Systém kvality** – je organizační struktura, postupy, procesy a zdroje potřebné pro realizaci managementu (vrcholového řízení) jakosti.

**Shoda** – je vyhovující porovnání charakteristik výrobků s technickým předpisem (normou) při certifikaci výrobku. Kontrola shody je kombinace činností prováděných podle předepsaných nebo dohodnutých pravidel (kritérií), prokazuje shody se specifikacemi.

**Certifikace** – je postup, jímž třetí strana, tj. nestranný certifikační orgán, autorizovaná nebo notifikovaná osoba, poskytuje na základě prověrky (audit) písemné ujištění (certifikát), že výrobek nebo systém řízení výroby ve výrobě odpovídá specifikovaným požadavkům a je ve shodě s předepsanou normou nebo jiným dokumentem.

**Certifikace výrobku** – certifikační orgán prohlašuje shodu charakteristik výrobků s příslušnými normami či jinými uznávanými specifikacemi. Certifikace je povinná pro stanovené výrobky,

tj. pro významné výrobky, které výrazně ovlivňují bezpečnost jejich užívání při stavbě, zdraví a životní prostředí (zákon č. 22/1997 Sb.). Také může být povinná jen pro některé vlastnosti tohoto výrobku. Podle zákona č. 22/1997 Sb. ve znění NV č. 312/2005 Sb. o technických požadavcích na výrobky v platném znění a nařízení vlády č. 163/2002, resp. nařízení vlády č. 190/2002 Sb., je výrobce nebo dovozce stavebních výrobků povinen před uvedením výrobku na trh zajistit ověření shody parametrů výrobku s požadavky norem a předpisů, a to jedním z následujících postupů:

- Postup podle NV č. 163/2002 Sb.
- Postup podle NV č. 190/2002 Sb.

### **1.2.1 Postup prokazování shody podle NV č. 163/2002 Sb.**

**Prokazování shody výrobku „Beton pevnostních tříd C 12/15 a vyšší“ se řídí NV č. 163/2002 Sb. ve znění NV č. 312/2005 Sb., které určuje prioritní postup podle § 6 (posouzení systému řízení výroby), alternativní podle § 5 (certifikace výrobku).**

#### **Certifikace (§ 5)**

Výrobce nebo dovozce poskytne autorizované osobě pro certifikaci výrobku identifikační údaje, technickou dokumentaci, vzorky výrobku a popis provozovaného systému řízení výroby, u dovážených výrobků popis způsobu kontroly výrobků dovozcem. Autorizovaná osoba provede certifikaci výrobku tak, že přezkoumá podklady poskytnuté výrobcem nebo dovozcem, provede počáteční zkoušky typu vybraných výrobků a provede posouzení systému řízení výroby. Pokud vzorky odpovídají určeným normám, technickým předpisům, případně stavebním technickým osvědčením, které souvisejí se základními požadavky a výrobcem je zajištěno řádné fungování systému řízení výroby, vystaví autorizovaná osoba **certifikát výrobku**. Autorizovaná osoba provádí nejméně 1x za 12 měsíců pravidelný dohled nad fungováním systému řízení výroby a odebírá vzorky pro kontrolu dodržení stanovených požadavků u výrobků.

#### **Certifikace bez zkoušek při dohledu (§ 5a)**

Autorizovaná osoba může při dohledu vystavit **certifikát výrobku** i bez zkoušek, a to u výrobků, u nichž se v příloze č. 2 k tomuto nařízení předpokládá tento způsob posuzování shody.

### **Posouzení systému řízení výroby (§ 6)**

Výrobce pro posouzení systému řízení výroby provede nebo nechá provést zkoušky vzorku výrobku a vyhodnotí, zda typ výrobku odpovídá požadavkům stanoveným určenými normami, technickými předpisy nebo stavebním technickým osvědčením, zajistí technickou dokumentaci, zajišťuje takový systém řízení výroby, aby všechny výrobky uváděné na trh splňovaly stanovené požadavky a odpovídaly technické dokumentaci, zajistí u autorizované osoby posouzení jím provozovaného systému řízení výroby. Autorizovaná osoba provede posouzení systému řízení výroby. Pokud systém řízení výroby zabezpečuje, že výrobky uváděné na trh odpovídají technické dokumentaci, vydá o tom **certifikát řízení výroby**. Autorizovaná osoba provádí nejméně 1x za 12 měsíců pravidelný dohled nad fungováním systému řízení výroby.

### **Ověření shody (§ 7)**

Výrobce pro ověření shody výrobků zajistí u autorizované osoby provedení počáteční zkoušky typu výrobku na vzorku a posouzení shody typu výrobku s určenými normami (nebo jinými předpisy) autorizovanou osobou, zajistí technickou dokumentaci a zajišťuje takový systém řízení výroby, aby všechny výrobky uváděné na trh odpovídaly technické dokumentaci. Autorizovaná osoba provede počáteční zkoušky typu výrobku na vzorku a posoudí, zda typ výrobku odpovídá určeným technickým normám (nebo jiným předpisům). O výsledcích zkoušek a jejich posouzení vystaví **protokol** s uvedením doby platnosti.

### **Posouzení shody výrobcem (§ 8)**

Výrobce pro posouzení shody výrobků provede nebo nechá provést počáteční zkoušky typu výrobku na vzorku a posoudí, zda typ výrobku odpovídá určeným normám (nebo jiným předpisům). O výsledcích zkoušek a jejich posouzení pořizuje doklad. Zajistí technickou dokumentaci a zajišťuje takový systém řízení výroby, aby všechny výrobky uváděné na trh splňovaly požadavky stanovené určenými normami (nebo jinými předpisy) a odpovídaly technické dokumentaci.

### **Posouzení shody při kusové výrobě (§ 9)**

Výrobce může pro posouzení shody výrobků vyráběných kusově, namísto postupů prokazování shody uvedených v příloze č. 2, k tomuto NV zajistit posouzení shody, pokud určené normy nebo stavební technické osvědčení nestanoví jinak, následujícím postupem. Výrobce posoudí, zda výrobek je v souladu s těmito normami vzhledem k jeho určenému použití ve stavbě, a pořídí doklad o tomto posouzení. U výrobků, jejichž vlastnosti nejsou v souladu s těmito normami, zajistí u autorizované osoby posouzení technické dokumentace. Autorizovaná osoba vydá stavební technické osvědčení. Výrobce následně posoudí, zda vlastnosti vyráběného výrobku odpovídají vlastnostem uvedeným ve stavebním technickém osvědčení.

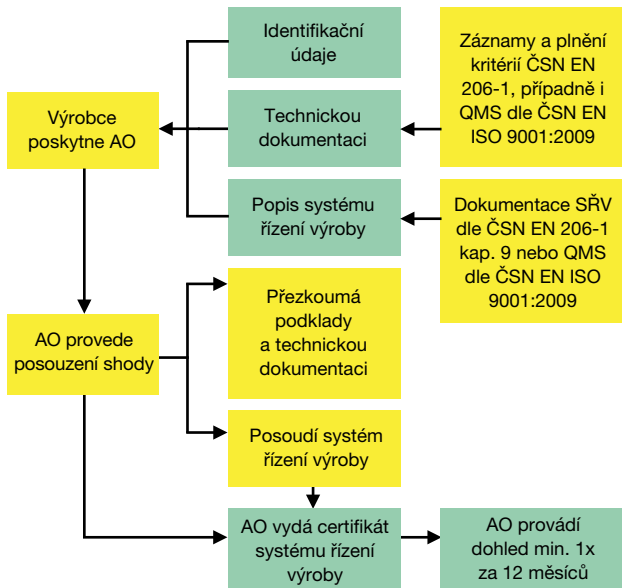
### **§ 10**

Postupem posouzení shody podle § 5 lze na žádost výrobce nebo dovozce nahradit postupy posuzování shody podle § 6 až 8.

**Výrobce vydává při všech postupech prokazování shody (§ 5 až § 9) prohlášení o shodě a dle § 13 NV č. 163/2002 Sb. ve znění NV č. 312/2005 Sb.**

**Autorizovaná osoba při postupech podle § 5, § 5a, § 6, § 7 a případně dle § 9 vydá doklad (certifikát, protokol, stavební technické osvědčení), který je v těchto případech nutnou podmínkou pro vydání prohlášení o shodě.**

Zákon č. 22/1997 Sb. dále definuje normu jako dokument označený ČSN, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Norma se stává harmonizovanou, je-li určena pro splnění technických požadavků na výrobky, vyplývajících z tohoto zákona a doprovodných nařízení vlády (seznamu výrobků). Tvorbu a vydávání norem zaručuje stát. České technické normy – ČSN – jsou po vydání platné, ale nezávazné. Závaznými se stávají až na základě požadavků zákonných nařízení (zákonů, nařízeních vlády, vyhlášek apod.) nebo na základě smluvních vztahů.



### 1.2.2. Prokazování shody dle NV 190/2002 Sb.

Platí pro vstupní suroviny: cement, kamenivo, přísady a příměsi.

**NV 190/2002 Sb. v souladu s právem EU stanoví technické požadavky na stavební výrobky, které mají být uváděny na trh s označením CE. Jedná se o výrobky, na něž jsou požadavky stanoveny:**

- harmonizovanými českými technickými normami
- zahraničními technickými normami přejímajícími ve státech EU harmonizované evropské normy
- evropskými technickými schváleními
- nebo určenými normami vztahujícími se k tomuto NV.

## **Výrobce provádí nebo zajišťuje posouzení shody vlastností výrobku s požadavky postupem dle § 5 NV 190/2002 Sb. postupy:**

- **§ 5a** Výrobce provede nebo zajistí zkoušku typu výrobku a provozuje systém řízení výroby.
- **§ 5b** Výrobce zajistí provedení zkoušky typu výrobku u autorizované (notifikované) osoby a provozuje systém řízení výroby.
- **§ 5c** Výrobce provozuje systém řízení výroby a provádí zkoušky vzorků předepsaným způsobem. Autorizovaná (notifikovaná) osoba provádí zkoušku typu výrobku, posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce provozuje, a dohlíží nad jeho řádným fungováním a namátkově odebírá vzorky výrobků v místě výroby, na trhu nebo na staveništi a kontroluje dodržování technických specifikací.
- **§ 5d** Výrobce provozuje systém řízení výroby a provádí zkoušky vzorků předepsaným způsobem. Autorizovaná (notifikovaná) osoba provádí zkoušku typu výrobku, posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce provozuje, a dohlíží nad jeho řádným fungováním.
- **§ 5e** Výrobce provádí zkoušku typu výrobku a zkoušky vzorků předepsaným způsobem a provozuje systém řízení výroby. Autorizovaná (notifikovaná) osoba posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce provozuje, a dohlíží nad jeho řádným fungováním.
- **§ 5f** Výrobce provádí zkoušku typu výrobku a zkoušky vzorků předepsaným způsobem a provozuje systém řízení výroby. Autorizovaná (notifikovaná) osoba posuzuje, vyhodnocuje a schvaluje systém řízení výroby, který výrobce provozuje.

**Výrobce vydává při všech postupech prokazování shody (§ 5a až § 5f) označení CE dle § 3 NV č. 190/2002 Sb. a příslušné harmonizované normy.**

**Notifikovaná osoba při postupech podle § 5b až § 5f vydá certifikát, který je v těchto případech nutnou podmínkou pro vydání ES prohlášení o shodě a označení CE.**



## Označení norem

**ČSN P ENV** je evropská předběžná norma, zahrnutá do systému ČSN, může obsahovat národní dodatek označovaný ND.

**ČSN EN** je evropská norma zahrnutá v systému ČSN, pouhý překlad do češtiny, eventuálně s národní předmlouvou.

**prEN** je návrh evropské definitivní normy před schválením členskými státy EU.

**ČSN ISO** je norma vydaná Mezinárodní organizací pro normalizaci, zahrnutá do systému ČSN, tyto normy se většinou zabývají metodami zkoušení.

## 1.3 SYSTÉM KVALITY

### Zásady:

- **Nadřazenost kvality nad jiná hlediska**
- **Účast všech pracovníků organizace na zabezpečování kvality**
- **Bezvýhradná orientace na potřeby zákazníků.**

### Normy o řízení a zabezpečování kvality

- ČSN EN ISO 9000:2006 Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník
- ČSN EN ISO 9001:2009 Systémy managementu kvality – Požadavky
- ČSN ISO 10001:2008 Management kvality – Spokojenost zákazníka – Směrnice pro pravidla chování organizací
- ČSN ISO 10002:2005 Management kvality – Spokojenost zákazníka – Směrnice pro vyřizování stížností v organizacích
- ČSN ISO 10003:2009 Management kvality – Spokojenost zákazníka – Směrnice pro externí řešení sporů organizace
- ČSN ISO 10005:2006 Systémy managementu kvality – Směrnice pro plány kvality

- ČSN ISO/TR 10013:2002 Směrnice pro dokumentaci systému managementu jakosti
- ČSN ISO 10014:2007 Management kvality – Směrnice pro dosahování finančních a ekonomických přínosů
- ČSN EN ISO/IEC 17 025:2005 Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří
- ČSN EN ISO 19011:2011 Směrnice pro auditování systému managementu kvality a/nebo systému environmentálního managementu.

## 1.4 VZTAH K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ

### **Snížování dopadů na životní prostředí řeší betonářská technologie ve třech oblastech:**

- materiálové využití odpadů z výroby betonu (voda, kamenivo), nazývané bezodpadovou technologií čerstvého betonu,
- materiálové využití asanovaných betonových konstrukcí (recyklace),
- materiálové využívání průmyslových a stavebních odpadů jako složek betonu, čímž se omezují jednak skládky odpadů a jednak těžba přírodních surovin.

Výrobní proces musí respektovat vydané zákony k ochraně životního prostředí.

### **Systémy environmentálního managementu**

ČSN EN ISO 14001:2005 Systémy environmentálního managementu – Požadavky s návodem pro použití.

## 1.5 HYGIENICKÁ NEZÁVADNOST BETONU

Při posuzování stavebního výrobku z hlediska zdravých životních podmínek je nutno určit, zda na základě jeho složení lze předpokládat uvolňování škodlivých látek do prostředí při dané technologii.

gii a použití výrobků ve stavbě; odhadnout hygienická rizika. Tato rizika souvisí s umístěním výrobku ve stavbě (interiér, exteriér, kontakt s vodou nebo s potravinami apod.).

## Posuzování zdravotního rizika a vlivu na životní prostředí se provádí třemi testy:

### 1. Chemická analýza výluhu v rozsahu úměrném použití výrobku

Vzorky se vyluhují v pětinasobném množství destilované vody při 20 °C po dobu 24 hodin. Za naprosto nezávadný se považuje výluh s chemickým složením vyhovujícím pitné vodě (ČSN 75 7111). Chemickou analýzou se stanovuje především: pH, konduktivita, obsah Al, As, Ag, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, V, Zn, Tl. Výluhy betonu často překračují limity pitné vody v obsahu Al ( $0,7 > 0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a v pH ( $11 > 6-8$ ).

### 2. Testy ekotoxicity na živých organizmech

Ekotoxicita je vlastnost stavebních látek, která způsobuje zatížení životního prostředí toxickými účinky na biotické systémy. Testuje se působení výluhu na ryby a planktonního korýše *Thamnocephalus platyurus* (akutní toxicita) a na chlorokokální řasy *Raphidocelis subcapitata* (inhibice růstu), vliv na klíčivost i růst kořene hořčice bílé (*Sinapis alba*). Před vlastním testem se provádí dodatečná úprava pH výluhu. Proces probíhá postupnými testy podle pozitivních či negativních výsledků a vyhodnocení se provede metodou porovnávací nebo absolutní. Při různých koncentracích ve zvoleném časovém úseku se hodnotí LC 50 (letální koncentrace vodního výluhu, která způsobuje úhyn 50 % ryb), EC 50 (efektivní koncentrace vodního výluhu, která způsobí úhyn 50 % korýšů) a IC 50 (inhibice – stimulace – růstu řas nebo kořene hořčice bílé je vyšší než 50 %).

### 3. Hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů (tzv. radioaktivita)

I přírodní materiály obsahují určitý podíl radioaktivních izotopů prvků, mj. uranu (U) a radia (Ra), ze kterých v průběhu radioak-

tivního rozpadu vzniká mj. i izotop radonu (Rn). Radon je plyn, který proniká volně do ovzduší a je následně vdechován do plic, kde pak dále pokračuje radioaktivní rozpad. Vyhláškou SÚJB č. 499/2005 Sb. jsou stanoveny přípustné hodnoty hmotnostní aktivity stavebních materiálů.

Hlavním ukazatelem je index hmotnostní aktivity I, vypočítaný z hmotnostních aktivit izotopů radia Ra-226, draslíku K-40 a thoria Th-232, dalším ukazatelem je hmotnostní aktivita samotného radia Ra-226. Požadavky jsou rozděleny na stavby, ve kterých pobývají lidé (pobytové stavby), a na stavby jiné a na směrné a limitní hodnoty. Směrné hodnoty mají charakter doporučených hodnot, při jejich překročení je nutno uplatnit některá další opatření pro ochranu před ionizujícím zářením. Limitní hodnoty nesmí být překročeny (materiál nesmí být uveden do oběhu).

Pro posouzení výrobku je rozhodující hodnota naměřená na hotovém výrobku, ne hodnoty vstupních materiálů – např. u betonu s použitím popílku jako příměsi.

## Stavební materiály a mezní hodnoty hmotnostní aktivity Ra-226, při jejichž překročení se nesmí stavební materiál uvádět do oběhu

stavební materiál	A <sup>1)</sup>	B <sup>2)</sup>
<p>cihly a jiné stavební výrobky z pálené hlíny;</p> <p>stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna;</p> <p>stavební výrobky z pórobetonu a škvárobetonu</p>	150 Bq/kg	500 Bq/kg
<p>stavební kámen; stavební výrobky z přírodního a umělého kamene, umělé kamenivo;</p> <p>keramické obklady a dlaždice;</p> <p>písek, štěrk, kamenivo a jíly;</p> <p>popílek, škvára, struska, sádrovec vznikající v průmyslových procesech, hlušina a kaly pro stavební účely, stavební výrobky z nich jinde neuvedené;</p> <p>materiály z odvalů, výsypek a odkališť pro stavební účely kromě radiačních činností;</p> <p>cement, vápno, sádra</p>	300 Bq/kg	1 000 Bq/kg

1) Stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

2) Stavby výhradně jiné než s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

## Směrné hodnoty obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu

stavební materiál	index hmotnostní aktivity
stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi, zejména zdicí prvky, prefabrikované výrobky, tvárnice, cihly, beton, sádkokarton	0,5
ostatní stavební materiály určené k použití ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi	1
stavební materiály určené k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi, veškeré stavební materiály určené výhradně k použití jako surovina pro výrobu stavebních materiálů	2

## Rozsah (četnost) rozborů obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu

stavební materiál	rozsah rozborů
stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi, zejména zdicí prvky, prefabrikované výrobky, tvárnice, cihly, beton, sádkokarton	jednou za rok
ostatní stavební materiály určené k použití ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi	jednou za 2 roky
stavební materiály určené k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi	jednou za 5 let

## Použití betonu pro stavby a výrobky přicházející do přímého styku s pitnou vodou a na úpravu vody

Vyhláška MZ č. 409 ze dne 30. září 2005 o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody stanovuje v §12 Vodovodní potrubí a vodojemy opatřené na místě vnitřní vystýlkou na bázi cementu následující požadavky:

- vodovodní potrubí do průměru DN 300 včetně, které bylo opatřeno na místě vnitřní vystýlkou na bázi cementu, může být uvedeno do provozu až poté, kdy bylo 7 dní ve styku s pitnou vodou, která byla minimálně třikrát obměněna po minimální stagnaci 24 hodin, a když bylo po nejméně 24hodinové stagnaci pitné vody v potrubí zkouškou ověřeno, že kvalita této vody odpovídá vodě pitné, a to provedením rozboru této vody v rozsahu kráceného rozboru, uvedeného v příloze č. 5 zvláštního právního předpisu, a stanovením hodnoty koncentrace hliníku,
- vodovodní potrubí většího průměru než DN 300, které bylo opatřeno na místě vnitřní vystýlkou na bázi cementu, může být uvedeno do provozu až poté, kdy po proplachu bylo zkouškou ověřeno, že kvalita pitné vody po 24hodinové stagnaci odpovídá vodě pitné, a to provedením rozboru této vody v rozsahu kráceného rozboru, uvedeného v příloze č. 5 zvláštního právního předpisu, a stanovením hodnoty koncentrace hliníku,
- nový nebo rekonstruovaný vodojem, který má plochy stěn přicházejících do styku s pitnou vodou z betonu nebo kryté vystýlkou na bázi cementu, může být uveden do provozu až poté, kdy jeho stěny byly dostatečně opláchnuty pitnou vodou, a když bylo po nejméně 24hodinové stagnaci pitné vody ve vodojemu zkouškou ověřeno, že kvalita této vody odpovídá vodě pitné, a to provedením rozboru vody v rozsahu kráceného rozboru, uvedeného v příloze č. 5 zvláštního právního předpisu, a stanovením hodnoty koncentrace hliníku.

**Základní**

- cement
- voda
- kamenivo.

**Doplňkové**

- přísady (do 5 % cementu)
- příměsi (práškové látky).

**Výztuž**

- betonářská ocel (pruty, sítě)
- předpjatá výztuž, rozptýlená výztuž (drátky, vlákna).





**ANHYMENT®**

Když se chcete vyhřívat na teplé podlaze



**ANHYMENT®** litý anhydritový potěr Vám přináší pohodu a úsporu nákladů na podlahové vytápění. Žádejte do svých projektů anhydritové podlahy od předního výrobce v ČR. Více na [www.anhyment.cz](http://www.anhyment.cz)

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group

## 2.1 SLOŽKY

- 2.1.1 Hlavní složky
- 2.1.2 Doplnující složky
- 2.1.3 Síran vápenatý
- 2.1.4 Přísady

## 2.2 SLOŽENÍ A OZNAČOVÁNÍ CEMENTŮ

- 2.2.1 Cementy pro obecné použití podle ČSN EN 197-1
- 2.2.2 Normalizované označování

## 2.3 VLASTNOSTI CEMENTU

## 2.4 PRACOVNÍ HYGIENA A OCHRANA ZDRAVÍ

## 2.5 CEMENTY S UPRAVENÝMI VLASTNOSTMI DLE ČSN EN 197-1

- 2.5.1 Portlandský cement pro výrobu cementobetonových krytů vozovek CEM I 42,5 R-SC
- 2.5.2 Vysokopeční cement se zvýšenou síranovou odolností CEM III/A 32,5 R-SVC
- 2.5.3 Cementy pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem dle ČSN EN 197-1

## 2.6 CEMENTY S UPRAVENÝMI VLASTNOSTMI DLE JINÝCH NOREM

- 2.6.1 Síranovzdorný cement
- 2.6.2 Vysokopeční cementy s nízkou počáteční pevností
- 2.6.3 Speciální cementy s velmi nízkým hydratačním teplem
- 2.6.4 Hlinitanový cement
- 2.6.5 Cement pro zdění
- 2.6.6 Ostatní cementy s upravenými vlastnostmi

## 2.7 ZKOUŠENÍ CEMENTU

## 2.8 PŘEHLED VLASTNOSTÍ CEMENTŮ A JEJICH POUŽITÍ

- 2.8.1 Vlastnosti nabízených cementů
- 2.8.2 Použití nabízených cementů podle druhů
- 2.8.3 Použití nabízených cementů podle pevnostních tříd

## 2.9 SKLADOVÁNÍ CEMENTU

Cement je hydraulické pojivo, tj. jemně mletá anorganická látka, která po smíchání s vodou vytváří kaši, která tuhne a tvrdne v důsledku hydratačních reakcí a procesů. Po zatvrdnutí zachovává svoji pevnost a stálost také ve vodě.

## Přehled platných norem o cementu

norma	obsah	druhy cementů	pevnostní třída	specifické vlastnosti
ČSN EN 197-1	cementy pro obecné použití včetně cementů s nízkým hydratačním teplem	CEM I až CEM V	32,5 N/R 42,5 N/R 52,5 N/R	LH ( $\leq 270$ J/g)
ČSN EN 197-4	vysokopeční cement s nízkou počáteční pevností	CEM III	32,5 L 42,5 L 52,5 L	LH ( $\leq 270$ J/g)
ČSN 72 2103	síranovzdorný cement	CEM I CEM III	32,5 N/R 42,5 N/R 52,5 N/R	SV ( $C_3A \leq 3,5$ )
ČSN EN 14216	speciální cementy s velmi nízkým hydratačním teplem	VLH III VLH IV VLH V	22,5	$\leq 220$ J/g
ČSN EN 14647	hlinitanový cement	CAC	18 (6 h) +40 (24 h)	
ČSN EN 413-1	cement pro zdění	MC	5 12,5 a 12,5 X 22,5 X	

### 2.1.1 Hlavní složky

Jsou zvláště vybrané anorganické látky v množství převyšujícím 5 % hmotnosti všech použitých hlavních a doplňujících složek.

#### ■ Portlandský slínek (K)

Portlandský slínek se vyrábí pálením nejméně do slinutí přesně připravené surovinové směsi, obsahující prvky obvykle vyjádřené jako oxidy  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a malá množství jiných látek. Surovinová směs musí být homogenní.

Portlandský slínek je hydraulická látka, která se musí sestávat nejméně ze dvou třetin hmotnosti z křemičitanů vápenatých (trikalciumpsilikát  $\text{C}_3\text{S}$  / Alit a dikalciumsilikát  $\text{C}_2\text{S}$  / Belit). Ve zbytku jsou pak obsaženy slínkové fáze obsahující hliník a železo a jiné sloučeniny (trikalciumaluminát  $\text{C}_3\text{A}$  a tetrakalciumaluminátferit  $\text{C}_4\text{AF}$ ).

#### ■ Granulovaná vysokopecní struska (S)

Granulovaná vysokopecní struska vzniká rychlým ochlazením vhodně složené struskové taveniny vznikající při tavení železné rudy ve vysoké peci. Struska musí být nejméně ze dvou třetin hmotnosti sklovitá a při vhodné aktivaci musí vykazovat hydraulické vlastnosti.

Granulovaná vysokopecní struska se musí sestávat nejméně ze dvou třetin hmotnosti z oxidu vápenatého ( $\text{CaO}$ ), oxidu hořečnatého ( $\text{MgO}$ ) a oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ). Zbytek obsahuje oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) a malá množství jiných sloučenin. Hmotnostní podíl  $(\text{CaO} + \text{MgO}) / (\text{SiO}_2)$  musí být větší než 1.

#### ■ Pucolány (P, Q)

Pucolány jsou přírodní látky křemičité nebo křemičito-hlinité, popřípadě kombinace obou. Popílek a křemičitý úlet mají rovněž pucolánové vlastnosti, ale jsou uvedeny v samostatných člancích.

Pucolány po smíchání s vodou samy netvrdnou, avšak jsou-li jemně semlety, reagují v přítomnosti vody za normální teploty s rozpustným hydroxidem vápenatým ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) a tvoří sloučeniny křemičitanů vápenatých a hlinitanů vápenatých, které jsou nositeli narůstající pev-

nosti. Tyto sloučeniny jsou podobné těm, které vznikají při tvrdnutí hydraulických látek. Pucolány obsahují v podstatě aktivní oxid křemičitý ( $\text{SiO}_2$ ) a oxid hlinitý ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Ve zbytku pak oxid železitý ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) a jiné oxidy. Obsah aktivního oxidu křemičitého musí být nejméně 25 % hmotnosti.

### **Přírodní pucolán (P)**

Přírodní pucolány jsou obvykle látky vulkanického původu nebo sedimentární horniny vhodného chemického a mineralogického složení.

### **Přírodní kalcinované pucolány (Q)**

Přírodní kalcinované pucolány jsou látky vulkanického původu, hlíny, břidlice nebo sedimentované horniny, aktivované tepelnou úpravou.

### **■ Popílky (V, W)**

Popílek se získává elektrostatickým nebo mechanickým odlučováním prachových částic z kouřových plynů topenišť otápěných práškovým uhlím.

Popílek získaný jiným způsobem nesmí být v cementech podle EN 197-1 použit.

Popílek může být svou podstatou křemičitý nebo vápenatý. První má pucolánové vlastnosti, druhý může mít navíc hydraulické vlastnosti. Ztráta žíháním popílku, stanovená podle EN 196-2, avšak při době žíhání 1 hodinu, musí být v rozsahu hodnot uvedených níže:

- a) 0 až 5 % hmotnosti
- b) 2 až 7 % hmotnosti
- c) 4 až 9 % hmotnosti.

Horní hodnota rozsahu ztráty žíháním popílku použitého při výrobě cementu jako hlavní složky musí být uvedena na pytlí a/nebo v průvodních obchodních dokladech.

Popílek se ztrátou žíháním do 7 % nebo do 9 % hmotnosti může být použit za předpokladu, že jsou splněny požadavky na trvanlivost, zejména na mrazuvzdornost a na slučitelnost s přísadami podle příslušných norem a/nebo předpisů pro beton nebo maltu v místě použití.

### **Křemičitý popílek (V)**

Křemičitý popílek je jemný prášek převážně sestávající z kulových částic s pucolánovými vlastnostmi. Sestává zejména z aktivního oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) a oxidu hlinitého ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Ve zbytku je pak obsažen oxid železitý ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), oxid vápenatý ( $\text{CaO}$ ) a jiné sloučeniny.

Obsah aktivního  $\text{CaO}$  musí být nižší než 10 % hmotnosti. Obsah volného  $\text{CaO}$  stanovený metodou uvedenou v EN 451-1 nesmí být vyšší než 1 % hmotnosti. Popílek s obsahem volného  $\text{CaO}$  nad 1 % hmotnosti, avšak méně než 2,5 % hmotnosti může být rovněž použit za předpokladu, že jsou splněny požadavky na objemovou stálost nepřevyšující 10 mm při zkoušení podle EN 196-3 se směsí 30 % hmotnosti křemičitého popílku a 70 % hmotnosti cementu CEM I, který odpovídá EN 197-1.

Obsah aktivního  $\text{SiO}_2$  nesmí být menší než 25 % hmotnosti.

### **Vápenatý popílek (W)**

Vápenatý popílek je jemný prášek, který má hydraulické a/nebo pucolánové vlastnosti. Sestává zejména z aktivního oxidu vápenatého ( $\text{CaO}$ ), aktivního oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) a oxidu hlinitého ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Ve zbytku je pak obsažen oxid železitý ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) a jiné sloučeniny. Obsah aktivního  $\text{CaO}$  nesmí být menší než 10 % hmotnosti.

Rozpínání při zkoušce objemové stálosti vápenatého popílku podle EN 196-3 nesmí být větší než 10 mm s použitím směsi 30 % hmotnosti vápenatého popílku semletého výše uvedeným způsobem a 70 % hmotnosti cementu CEM I, který odpovídá EN 197-1.

### **■ Kalcinovaná břidlice (T)**

Kalcinovaná břidlice, zejména kalcinovaná olejnatá břidlice, se vyrábí ve speciální peci při teplotě přibližně 800 °C. Podle složení přírodního materiálu a výrobního postupu obsahuje kalcinovaná břidlice slínkové fáze, zvláště dikalciumsilikát a monokalciumaluminát. Kalcinovaná břidlice má v jemně semletém stavu výrazné hydraulické vlastnosti jako portlandský cement a navíc má pucolánové vlastnosti.

Vhodně semletá kalcinovaná břidlice musí mít při zkoušení podle EN 196-1 po 28 dnech pevnost v tlaku nejméně 25,0 MPa.

Rozpínání při zkoušce objemové stálosti kalcinované břidlice podle EN 196-3 nesmí být větší než 10 mm s použitím směsi 30 % hmotnosti semleté kalcinované břidlice a 70 % hmotnosti cementu CEM I odpovídajícího EN 197-1.

### ■ Vápenec (L, LL)

Vápenec musí splňovat tyto požadavky:

a) obsah uhlíčitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ) vypočtený z obsahu oxidu vápenatého, musí být nejméně 75 % hmotnosti,

b) obsah jílovitého podílu, stanovený zkouškou methylenovou modří podle EN 933-9, nesmí být větší než 1,20 g/100 g,

c) celkový obsah organického uhlíku (TOC) při zkoušení podle EN 13639 musí vyhovět těmto kritériím:

LL: obsah TOC nesmí být větší než 0,20 % hmotnosti,

L: obsah TOC nesmí být větší než 0,50 % hmotnosti.

### ■ Křemičitý úlet (D)

Křemičitý úlet vzniká při redukci křemene vysoké čistoty uhlím v elektrické obloukové peci při výrobě křemičitých nebo ferro-křemičitých slitin a sestává z velmi jemných, kulovitých částic obsahujících nejméně 85 % hmotnosti amorfního oxidu křemičitého. Křemičitý úlet musí splnit tyto požadavky:

a) ztráta žíháním nesmí být vyšší než 4 % hmotnosti při stanovení podle EN 196-2, avšak při době žíhání 1 hodina,

b) měrný povrch (BET) původního křemičitého úletu při zkoušení podle ISO 9277 musí být nejméně 15,0 m<sup>2</sup>/g.

Pro společné semílání se slínkem a síranem vápenatým může být použit křemičitý úlet v původním stavu nebo lisovaný nebo granulovaný (ovlhčený vodou).

#### 2.1.2 Doplnující složky

Jsou zvlášť vybrané anorganické přírodní látky, anorganické látky pocházející z procesu výroby slínku nebo složky uvedené v ČSN EN 197-1, kap. 5.2, pokud nejsou v cementu použity



jako složky hlavní. Množství doplňující složky nesmí převyšovat 5 % hmotnosti všech použitých hlavních a doplňujících složek.

Doplňující složky po vhodné úpravě nebo v důsledku své zrnitosti zlepšují fyzikální vlastnosti cementu (jako je zpracovatelnost nebo retence vody). Mohou být inertní nebo mohou mít slabě hydraulické, latentně hydraulické nebo pucolánové vlastnosti. V tom směru však na ně nejsou kladeny požadavky.

Doplňující složky musí být řádně připraveny, tj. vybrány, homogenizovány, vysušeny a zdrobněny podle způsobu jejich úpravy nebo dodávání. Nesmí výrazněji zvyšovat spotřebu vody pro zpracování cementu, nesmí v žádném případě snižovat odolnost betonu nebo malty vůči poškození a nesmí snižovat ochranu výztuže vůči korozi.

### 2.1.3 Síran vápenatý

Se přidává k ostatním složkám cementu v průběhu jeho výroby za účelem úpravy tuhnutí.

### 2.1.4 Přísady

Jsou látky, které jsou přidávány pro usnadnění výroby nebo pro úpravu vlastností cementu. Celkové množství přísad nesmí překročit 1 % hmotnosti cementu. Množství organických přísad nesmí překročit 0,5 % hmotnosti cementu.

## 2.2 SLOŽENÍ A OZNAČOVÁNÍ CEMENTŮ

### 2.2.1 Cementy pro obecné použití podle ČSN EN 197-1

Účelem EN 197-1 je stanovit složení, požadavky a kritéria shody cementů pro obecné použití. Zahrnuje všechny cementy pro obecné použití a cementy pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem (LH). Hydratační teplo cementů pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem nesmí být větší než charakteristická hodnota 270 J/g.

## Cementy pro obecné použití podle ČSN EN 197-1

hlavní druhy	označení 27 výrobků (druhy výrobků pro obecné použití)		složení (poměry složek podle hmotnosti)				
			hlavní složky				
			sílinek	vysokopec- ní struska	křemičitý úlet	pucolány	
						přírodní	přírod. kalcin.
K	S	D	P	Q			
CEM I	portlandský cement	CEM I	95–100	–	–	–	–
CEM II portlandský cement směsný	portlandský struskový cement	CEM II/A-S	80–94	6–20	–	–	–
		CEM II/B-S	65–79	21–35	–	–	–
	portlandský cement s křemičitým úletem	CEM II/A-D	90–94	–	6–10	–	–
	portlandský pucolánový cement	CEM II/A-P	80–94	–	–	6–20	–
		CEM II/B-P	65–79	–	–	21–35	–
		CEM II/A-Q	80–94	–	–	–	6–20
		CEM II/B-Q	65–79	–	–	–	21–35
	portlandský popílkový cement	CEM II/A-V	80–94	–	–	–	–
		CEM II/B-V	65–79	–	–	–	–
		CEM II/A-W	80–94	–	–	–	–
		CEM II/B-W	65–79	–	–	–	–
	portlandský cement s kalcinov. břídlicí	CEM II/A-T	80–94	–	–	–	–
		CEM II/B-T	65–79	–	–	–	–
	portlandský cement s vápencem	CEM II/A-L	80–94	–	–	–	–
		CEM II/B-L	65–79	–	–	–	–
		CEM II/A-LL	80–94	–	–	–	–
		CEM II/B-LL	65–79	–	–	–	–
	portlandský směsný cement	CEM II/A-M	80–94	–	6–20		
CEM II/B-M		65–79	–	21–35			
CEM III	vysokopecní cement	CEM III/A	35–64	36–65	–	–	–
		CEM III/B	20–34	66–80	–	–	–
		CEM III/C	5–19	81–95	–	–	–
CEM IV	pucolánový cement	CEM IV/A	65–89	–	–	11–35	
		CEM IV/B	45–64	–	–	36–65	
CEM V	směsný cement	CEM V/A	40–64	18–30	–	18–30	
		CEM V/B	20–38	31–50	–	31–50	

složení (poměry složek podle hmotnosti)					
hlavní složky					doplňující složky
popílky		kalcinovaná břidlice	vápenec		
křemičité	vápenaté				
V	W	T	L	LL	
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
6-20	-	-	-	-	0-5
21-35	-	-	-	-	0-5
-	6-20	-	-	-	0-5
-	21-35	-	-	-	0-5
-	-	6-20	-	-	0-5
-	-	21-35	-	-	0-5
-	-	-	6-20	-	0-5
-	-	-	21-35	-	0-5
-	-	-	-	6-20	0-5
-	-	-	-	21-35	0-5
6-20					0-5
21-35					0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
-	-	-	-	-	0-5
11-35		-	-	-	0-5
36-65		-	-	-	0-5
18-30	-	-	-	-	0-5
31-50	-	-	-	-	0-5

### 2.2.2 Normalizované označování

Cementy CEM musí být přinejmenším označovány druhem cementu podle tabulky 1 a hodnotami 32,5; 42,5 a 52,5 označujícími pevnostní třídy. K označení tříd podle počátečních pevností se podle potřeby připojí písmena N (normální počáteční pevnost), nebo R (vysoká počáteční pevnost).

**Příklad:** Portlandský cement podle EN 197-1 pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský cement EN 197-1 – CEM I 42,5 R.

**Příklad:** Portlandský cement obsahující mezi 6–20 % hmotnosti vápence s obsahem TOC, který nepřekračuje 0,20 % hmotnosti (LL), pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský cement s vápencem EN 197-1 – CEM II/A-LL 42,5 R.

**Příklad:** Portlandský směsný cement obsahující celkové množství vysokopecní granulované strusky (S) a vápence s obsahem TOC, který nepřekračuje 0,20 % hmotnosti (LL), mezi 21–35 % hmotnosti, pevnostní třídy 32,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský směsný cement EN 197-1 – CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R.

**Příklad:** Portlandský struskový cement obsahující mezi 21–35 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský struskový cement EN 197-1 – CEM II/B-S 32,5 R.

**Příklad:** Vysokopecní cement obsahující mezi 36–65 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 s normálními počátečními pevnostmi se označí:

- Vysokopecní cement EN 197-1 – CEM III/A 32,5 N.

Charakteristické hodnoty pevnosti v tlaku a počátku tuhnutí jsou předepsány podle pevnostních tříd.

**Požadavky na mechanické a fyzikální vlastnosti cementů uvedené jako charakteristické hodnoty dle ČSN EN 197-1**

pevnostní třída	pevnost v tlaku MPa				počátek tuhnutí
	počáteční pevnost		normalizovaná pevnost 28 dnů		
	2 dny	7 dnů			
32,5 N	–	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75
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	–			

**Objemová stálost** všech cementů se stanovuje dle EN 196-3 v Le Chatelierově objímce a její roztažení musí být menší než 10mm.

**Měrné hmotnosti** cementu nejsou předepsány, orientační hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

## Měrná hmotnost cementu [kg.m<sup>-3</sup>]

cement	měrná hmotnost	sypná hmotnost volně nasypané	sypná hmotnost setřesené
portlandský	3100	900–1300	1400–1800
portlandský struskový	3050		
portlandský cement s vápencem	3050		
vysokopecní	3000		
portlandský směsný	2950		
pucolánový	2900		

**Jemnost mletí** cementu se nepředepisuje.

Běžná hodnota **měrného povrchu**, stanovená permeabilní metodou (Blaine), bývá v rozmezí (300–450)m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup>. Jemnost mletí ovlivňuje počáteční nárůst pevností, počátek a dobu tuhnutí, objemové změny a rychlost vývinu hydratačního tepla.

## Hydratační teplo při 20 °C (orientační hodnoty, podle EN 196-8) [J.g<sup>-1</sup>]

druh cementu	pevnostní třída	stanovení hydratačního tepla cementu za:			
		1 den	2 dny	7 dní	28 dní
portlandský cement	52,5 R a 52,5 N 42,5 R	175–250	210–285	270–345	320–395
portlandský cement s vápencem	52,5 N a 42,5 R	180–255	220–295	280–355	315–390
portlandský struskový a vysokopecní cement	42,5 N a 32,5 R	120–195	175–250	250–325	275–350
portlandský směsný	42,5 N a 32,5 R	135–210	180–255	250–325	275–350
vysokopecní cement	32,5 N	70–145	135–210	225–300	250–325

Cementy s nízkým hydratačním teplem pro masivní betonové konstrukce mají mít hydratační teplo po 7 dnech (stanovené podle ČSN EN 196-8) nebo po 41 hodinách (stanovené podle ČSN EN 196-9) nejvýše 270 kJ.kg<sup>-1</sup>.

**Chemické složení** cementů podléhá v některých parametrech požadavkům normy uvedeným v tabulce.

**Požadavky na chemické vlastnosti cementů uvedené jako charakteristické hodnoty dle ČSN EN 197-1**

vlastnost	druh cementu	pevnostní třída cementu	požadavek v % hm.
ztráta žháním	CEM I, CEM II	všechny	≤ 5,0
nerozpuštěný zbytek	CEM I, CEM II	všechny	≤ 5,0
obsah síranů (jako SO <sub>3</sub> )	CEM I, CEM II	32,5 N, 32,5 R, 42,5 N	≤ 3,5
	CEM IV, CEM V	42,5 R, 52,5 N, 52,5 R	≤ 4,0
	CEM III	všechny	≤ 4,0
obsah chloridů	všechny	všechny	≤ 0,1
pucolanita	CEM IV	všechny	vyhoví zkoušce dle EN 196-5

**Obsah alkálií** vyjádřen jako Na<sub>2</sub>O<sub>EKV</sub> se nepředepisuje.

Běžná hodnota u vyráběných cementů se pohybuje v rozmezí 0,70–1,00 %.

Alkalický ekvivalent se vypočítá podle vzorce:

$$\text{Na}_2\text{O}_{\text{EKV}} = \text{Na}_2\text{O} \cdot 0,658 \text{ K}_2\text{O} [\%]$$



Cement reaguje s vodou výrazně alkalicky, a je proto klasifikován podle zákona č. 356/2003 Sb. v platném znění jako látka dráždivá s označením Xi. Platí to pro cement ve stavu práškovém a bezprostředně po smísení s vodou na cementový tmel. Po ztvrdnutí cementového tmelu nebo betonu tuto nebezpečnou vlastnost ztrácí. Podobně působí některé rozpustné chromany, obsažené v cementu, které mohou při dlouhodobém styku pokožky s čerstvou cementovou maltou nebo betonem vyvolávat alergie. Přípustný expoziční limit pro prach z cementu (PELc) je  $10 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pro manipulaci s cementem je nutno používat přiléhavý pracovní oděv, ochranné nepropustné rukavice, ochranné brýle, a pokud dochází k rozprášení, i respirátor. Je nutno zabránit zejména styku cementu s očima, po práci umýt pokožku teplou vodou a mýdlem a použít vhodný reparační krém. Ekologické riziko představuje jen rozsypání značného množství cementu ve spojení s vodou. Dochází při tom ke zvýšení hodnoty pH vody, a tím k ovlivnění vodního prostředí.

### Platí následující R a S věty

**R věty** – standardní věty s označením specifické rizikovosti nebezpečných látek a přípravků:

- R 36/37/38 Dráždí oči, dýchací orgány a kůži.
- R 43 Může vyvolat senzibilizaci při styku s kůží (tato věta se použije pouze v případě, že cement neobsahuje redukční činidlo).

**S věty** - standardní věty s pokyny pro bezpečné nakládání s nebezpečnými látkami a přípravky:

- S 2 Uchovávejte mimo dosah dětí.
- S 22 Nevdechujte prach.
- S 24 Zamezte styku s kůží.
- S 25 Zamezte styku s očima.
- S 26 Při zasažení očí okamžitě důkladně propláchněte vodou a vyhledejte lékařskou pomoc.
- S 36/37/39 Používejte vhodný ochranný oděv, ochranné rukavice a ochranné brýle nebo obličejový štít.

- S 46 Při požití okamžitě vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte tento obal nebo označení.

## **Chróm**

V Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.1907/2006, v příloze XVII, bodu 47 se pro cement uvádějí následující omezení:

Cement a přípravky obsahující cement se nesmějí používat ani uvádět na trh, jestliže po smísení s vodou obsahují více než 0,0002 % rozpustného šestimocného chrómu, vztaheno na celkovou hmotnost suchého cementu.

Jestliže se použijí redukční činidla, musí být obal cementu nebo přípravku obsahujícího cement čitelně označen informacemi o datu balení, jakož i údaji o podmínkách a době skladování vhodných pro zachování aktivity redukčního činidla a udržení obsahu rozpustného šestimocného chrómu pod limitem 2 ppm.

Tyto odstavce se nepoužijí pro uvádění na trh a používání v „kontrolovaných uzavřených a plně automatizovaných procesech, v nichž s cementem a přípravky obsahujícími cement manipulují pouze strojní zařízení a v nichž není možný styk s kůží“.

### **Které procesy se považují za kontrolované uzavřené a plně automatizované, se uvádí ve sdělení odboru environmentálních rizik MŽP:**

- Proces výroby cementu, jeho přeprava jako volně loženého cementu v autocisternách nebo železničních vagonech a pneumatická doprava cementu do sil odběratelů.
- Proces pneumatické dopravy cementu, jeho dávkování do zařízení pro přípravu a míchání čerstvého betonu, hydraulická doprava čerstvé betonové směsi do autodomíhávačů, její přeprava na stavbu a ukládání čerstvého betonu hydraulickými pumpami na příslušné místo betonáže na stavbách. V případě výroby prefabrikovaných dílců přímé ukládání čerstvého betonu do forem.
- Proces dávkování cementu do zařízení pro průmyslovou výrobu suchých nebo vlhkých maltových a omítkových směsí, jejich výroba

a doprava. V případě průmyslově vyráběných suchých a vlhkých maltových a omítkových směsí pro strojní zpracování i proces jejich aplikace na stavbě. Před použitím na stavbě jsou aplikační míchací a omítkací stroje automaticky plněny z jednotlivých přepravních zásobníků a následně postupně vyprazdňovány v technologickém procesu bez možného fyzického kontaktu s obsluhou.

## 2.5 CEMENTY S UPRAVENÝMI VLASTNOSTMI DLE ČSN EN 197-1

### 2.5.1 Portlandský cement pro výrobu cementobetonových krytů vozovek CEM I 42,5 R-SC

Zpřísnující kritéria pro použití cementu na cementobetonové kryty vozovek v souladu s ČSN EN 13877-1 Cementobetonové kryty – Část 1: Materiály:

- obsah  $C_3A$  ve slínku max. 8 %
- měrný povrch cementu do  $350 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$
- počátek tuhnutí nejdříve za 90 min. a doba tuhnutí do 12 hod.
- pevnost v tahu ohybu za 28 dní min.  $7 \text{ N/mm}^2$  (MPa)
- objemová stálost: roztažení objímky do 6 mm
- ztráta žíháním max. 1,5 % hmotnosti cementu
- nerozpustný zbytek max. 3,0 % hmotnosti cementu.

**Zpřísnující kritéria jsou uvedena v protokolu o výsledku certifikace výrobku.**

#### Normalizované označování

**Příklad:** Portlandský cement pro cementobetonové kryty vozovek pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský cement EN 197-1 – CEM I 42,5 R-SC.

## 2.5.2 Vysokopecní cement se zvýšenou síranovou odolností CEM III/A 32,5 R-SVC

Je cement, který odpovídá požadavkům ČSN EN 197-1 pro mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti druhů a tříd cementů pro obecné použití.

Zpřísnující kritéria pro použití výrobku jako cementu se zvýšenou síranovou odolností jsou uvedena v protokolu o výsledku certifikace výrobku. Síranové rozpínání stanovené dle metodiky TZÚS IP 0400T 007 musí být menší než  $0,6 \text{ mm} \cdot \text{m}^{-1}$ , obsah  $\text{C}_3\text{A}$  v portlandském slínku je max. 8% a obsah  $\text{C}_3\text{A}$  ve vysokopecním cementu CEM III/A 32,5 R-SVC je max. 4%.

**Obsah  $\text{C}_3\text{A}$  se vypočítá z chemické analýzy cementu dle vzorce:**

$$\text{C}_3\text{A} = 2,6504 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 - 1,692 \text{Fe}_2\text{O}_3$$

### Normalizované označování

**Příklad:** Vysokopecní cement se zvýšenou síranovou odolností pevnostní třídy 32,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Vysokopecní cement EN 197-1 – CEM III/A 32,5 R-SVC.

## 2.5.3 Cementy pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem dle ČSN EN 197-1

Dle této změny hydratační teplo cementu pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem nesmí být větší než charakteristická hodnota  $270 \text{ J/g}$  při stanovení podle EN 196-8 po 7 dnech nebo podle EN 196-9 po 41 hodinách.

### Normalizované označování

**Příklad:** Vysokopecní cement podle EN 197-1, obsahující mezi 66–80% hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 s normálními počátečními pevnostmi a nízkým hydratačním teplem se označí:

- Vysokopecní cement EN 197-1 – CEM III/B 32,5 N-LH.

### 2.6.1 Síranovzdorný cement

#### ČSN 72 2103 Cement síranovzdorný – Složení, specifikace a kritéria shody

Tato norma definuje a určuje specifikace pro 3 výrobky souboru cementů síranovzdorných (SV) a jejich složky.

Podle hlavních druhů jsou cementy síranovzdorné rozděleny takto:

- CEM I Portlandský cement síranovzdorný (se záměrně upraveným chemickým složením – SV), s obsahem  $C_3A$  max. 3,5 % hmotnosti cementu.
- CEM III Vysokopecní cement síranovzdorný CEM III/B nebo CEM III/C (se záměrně upraveným složením – SV), obsah  $C_3A$  není limitován.

#### Normalizované označování

**Příklad:** Portlandský cement síranovzdorný podle této ČSN 72 2103 pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi se označí:

- Portlandský cement síranovzdorný ČSN 72 2103 CEM I 42,5 R-SV.

### 2.6.2 Vysokopecní cementy s nízkou počáteční pevností

#### ČSN EN 197-4 Cement část 4: Složení, specifikace a kritéria shody vysokopecních cementů s nízkou počáteční pevností

Norma definuje a určuje specifikace pro 3 jmenovité vysokopecní cementy s nízkými počátečními pevnostmi a pro jejich složky.

## Fyzikální a chemické vlastnosti cementu

pevnostní třída	pevnost v tlaku MPa				počátek tuhnutí [min]	objemová stálost [mm]
	počáteční pevnost		normalizovaná pevnost 28 dnů			
	2 dny	7 dnů				
32,5 L	–	≥ 12,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10,0
42,5 L	–	≥ 16,0	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
52,5 L	≥ 10,0	–	≥ 52,5	–	≥ 45	

### Normalizované označování

Vysokopecní cementy s nízkými počátečními pevnostmi musí být přinejmenším označovány druhem cementu a hodnotami 32,5; 42,5 a 52,5, označujícími pevnostní třídu. Pro označení nízké počáteční pevnosti se použije písmeno L. Pro cementy s nízkým hydratačním teplem se dodatečně použijí písmena LH.

**Příklad:** Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností obsahující 66 % až 80 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5 se označí:

- Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností  
EN 197-4 – CEM III/B 32,5L.

**Příklad:** Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností obsahující 81 % až 95 % hmotnosti vysokopecní granulované strusky (S), pevnostní třídy 32,5, s nízkým hydratačním teplem se označí:

- Vysokopecní cement s nízkou počáteční pevností  
EN 197-4 – CEM III/C 32,5L-LH.

### 2.6.3 Speciální cementy s velmi nízkým hydratačním teplem

#### ČSN EN 14216 Cement: Složení, specifikace a kritéria shody speciálních cementů s velmi nízkým hydratačním teplem

Norma definuje a určuje specifikace pro 6 jmenovitých speciálních cementů s velmi nízkým hydratačním teplem a pro jejich složky.

Speciální cement s velmi nízkým hydratačním teplem je vhodný zejména pro stavbu přehrad a jiných podobných masivních konstrukcí, u nichž rozměry konstrukcí mají velmi nízký poměr povrch/objem.

#### Složení speciálních cementů

Norma rozděluje tyto cementy na 3 hlavní druhy:

- VLH III Vysokopeční cement
- VLH IV Pucolánový cement
- VLH V Směsný cement.

#### Fyzikální a chemické vlastnosti cementu

pevnostní třída	pevnost v tlaku MPa		počátek tuhnutí [min]	objemová stálost [mm]
	normalizovaná pevnost 28 dnů			
22,5	≥ 22,5	≤ 42,5	≥ 75	≤ 10,0

#### Hydratační teplo

Hydratační teplo speciálních cementů s velmi nízkým hydratačním teplem stanoveným podle EN 196-8 po 7 dnech nebo podle EN 196-9 po 41 hodinách nesmí být větší než 220 J/g.

#### Normalizované označování

**Příklad:** Speciální cement s velmi nízkým hydratačním teplem obsahující 81 % až 95 % hmotnosti granulovanou vysokopeční strusku (S), pevnostní třídy 22,5 se označí:

- Speciální vysokopecní cement s velmi nízkým hydratačním teplem EN 14216 – VLH/C (S) 22,5.

## 2.6.4 Hlinitanový cement

### ČSN EN 14 647 Hlinitanový cement

Hlinitanový cement byl vyvinut koncem devatenáctého století jako alternativa ke křemičitanovému cementu (portlandskému cementu) k ochraně stavebních prvků proti závažnému vlivu síranů. Kromě této odolnosti má mimořádně rychlé tvrdnutí a velkou odolnost vůči vysokým teplotám.

Hlinitanový cement může být použit ve stavebních oborech, kde se požadují speciální vlastnosti betonů a malt vyrobených s tímto cementem, pokud je to národními předpisy povoleno.

Pro účely navrhování musí být uvažovány pouze pevnosti po konverzi.

Hlinitanový cement nemůže sloužit jako obecná náhrada cementu pro obecné použití podle EN 197-1. Pevnosti v tlaku dosahují po 6–8 hod. hodnot 35–55 MPa, po 24 hod. 60–80 MPa a po 28 dnech 80–100 MPa.

#### Normalizované označování

**Příklad:** Hlinitanový cement podle této normy musí být označen:

- Hlinitanový cement EN 14647 CAC.

## 2.6.5 Cement pro zdění

### ČSN EN 413 Cement pro zdění

Průmyslově vyráběné jemně mleté hydraulické pojivo, u něhož je dosahováno vývoje pevností hlavně přítomností portlandského slínku. Po smíchání s pískem a vodou bez přídavku dalších látek poskytuje zpracovatelnou maltu vhodnou pro vnitřní a vnější omítky a pro zdění.



Cement pro zdění musí obsahovat portlandský slínek, anorganické látky a podle potřeby přísady. Síran vápenatý je přidáván během výroby v malém množství za účelem úpravy tuhnutí.

### Normalizované označování

**Příklad:** Cement pro zdění podle této normy musí být identifikován písmeny „MC“, za nimiž je uvedena třída pevnosti a případně písmeno „X“ :

- Cement pro zdění EN 413-1 MC 12,5 X.

Poznámka: Písmenem „X“ se označují cementy pro zdění, do nichž nebyla přidána provzdušňující přísada.

### 2.6.6 Ostatní cementy s upravenými vlastnostmi

- Rozpínavý cement k rozpojování hornin
- Bílý cement pro bílé a barevné betony
- Cement s nízkým obsahem alkálií vyjádřeným jako alkáliiový ekvivalent ( $\text{Na}_2\text{O}_{\text{EKV}}$ ) do 0,6% k omezení alkalického rozpínání kameniva, které obsahuje reaktivní  $\text{SiO}_2$
- Barnatý cement používaný v těžkých betonech
- Fotokatalytický cement pro výrobu samočisticího betonu rozkládajícího vzdušné polutanty.

## 2.7 ZKOUŠENÍ CEMENTU

**Zkoušení cementů pro obecné použití je prováděno podle jednotlivých částí souboru zkušebních norem ČSN EN 196 Metody zkoušení cementu. Cement pro zdění je dále zkoušen i dle normy ČSN EN 413-2.**

- ČSN EN 196-1 Část 1: Stanovení pevnosti
- ČSN EN 196-2 Část 2: Chemický rozbor
- ČSN EN 196-3 Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti
- ČSN EN 196-5 Část 5: Zkoušení pucolanity pucolánových cementů

- ČSN EN 196-6 Část 6: Stanovení jemnosti mletí
- ČSN EN 196-7 Část 7: Postupy pro odběr a úpravu vzorků cementu
- ČSN EN 196-8 Část 8: Stanovení hydratačního tepla – Rozpouštěcí metoda
- ČSN EN 196-9 Část 9: Stanovení hydratačního tepla – Semidiabatická metoda
- ČSN EN 196-10 Část 10: Stanovení obsahu ve vodě rozpustného šestimocného chromu v cementu
- ČSN P CEN/TR 196-4 Část 4: Kvantitativní stanovení hlavních složek
- ČSN EN 413-2 Cement pro zdění – Část 2: Zkušební metody.

## 2.8 PŘEHLED VLASTNOSTÍ CEMENTŮ A JEJICH POUŽITÍ

### 2.8.1 Vlastnosti nabízených cementů

#### **CEM I 52,5 R; CEM I 52,5 N; CEM II/A-LL 52,5 N**

- vysoké dosahované pevnosti
- velmi rychlý nárůst počátečních pevností
- rychlý vývin hydratačního tepla.

#### **CEM I 42,5 R; CEM II/A-LL 42,5 R**

- vysoké normové pevnosti
- rychlý nárůst počátečních pevností
- rychlý vývin hydratačního tepla.

#### **CEM I 42,5 R-SC**

- limitovaný obsah  $C_3A$
- limitovaný měrný povrch
- omezené smršťování betonu
- příznivý náběh hydratačního tepla.

#### **CEM II/A-S 42,5 N; CEM II/B-S 32,5 R**

- pozvolnější nárůst počátečních pevností
- pomalejší vývin hydratačního tepla
- světlejší barva (oproti portlandským cementům)
- snížená náchylnost k tvorbě výkvětů

- vyšší odolnost proti chemické agresivitě prostředí.

#### **CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N; CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R**

- příznivý nárůst počátečních pevností
- pomalejší vývin hydratačního tepla
- světlejší barva (oproti portlandským cementům)
- snížená náchylnost k tvorbě výkvětů.

#### **CEM III/A 32,5 R**

- příznivý nárůst počátečních pevností
- odolnost proti agresivnímu prostředí
- nízký vývin hydratačního tepla.

#### **CEM III/A 32,5 R-SVC**

- navíc zvýšená odolnost proti chemické agresivitě prostředí.

#### **CEM III/A 32,5 R-LH**

- navíc garantovaný nízký vývin hydratačního tepla.

#### **CEM III/B 32,5 N**

- nízký nárůst počátečních pevností
- vysoká odolnost proti chemické agresivitě prostředí
- nízký vývin hydratačního tepla.

#### **CEM III/B 32,5 N-SV**

- navíc odolnost proti síranové agresivitě XA.

#### **TioCem® white CEM I 52,5 R (tx)**

- bílý fotokatalyticky aktivní cement
- samočisticí vlastnosti
- zlepšuje kvalitu ovzduší.

#### **TioCem® premium CEM II/A-S 42,5 R (tx)**

- šedý fotokatalyticky aktivní cement
- samočisticí vlastnosti
- zlepšuje kvalitu ovzduší.

## **2.8.2 Použití nabízených cementů podle druhů**

### **Portlandské cementy CEM I**

- výroba betonů o vysokých pevnostech
- výroba armovaných a předpínaných monolitických i prefabrikovaných konstrukcí vystavených vysokému namáhání
- výroba náročných betonových výrobků.

### **Portlandské cementy směsné CEM II**

- výroba běžných betonů, zejména transportbetonů
- výroba běžných betonových a železobetonových monolitických a prefabrikovaných konstrukcí
- výroba masivních betonových konstrukcí, opěrných stěn, vodních děl.

#### **Vysokopecní cement CEM III**

- výroba betonů, které jsou trvale vystaveny vlhkému až mokrému prostředí (vodní díla)
- výroba masivních a silnostěnných konstrukcí.

#### **Směsné cementy CEM V**

- výroba masivních betonových konstrukcí, základů, opěrných stěn apod.
- výroba méně náročných betonů a betonových výrobků.

#### **Cementy na cementobetonové kryty vozovek**

- výroba cementobetonových krytů vozovek
- výroba betonů pro povrchy letišť.

#### **Cement se zvýšenou síranovou odolností**

- výroba betonů pro základové a jiné konstrukce v agresivním půdním prostředí
- výroba betonů pro konstrukce vystavené agresivním vodám, parám a plynům, např. zemědělské stavby, čistírny odpadních vod, skládky odpadů.

#### **Cementy TioCem®**

- výroba bílých i barevných betonů s vysokou trvanlivostí barevného odstínu
- výroba bílých i barevných betonů rozkládajících znečišťující látky z ovzduší.

### **2.8.3 Použití nabízených cementů podle pevnostních tříd**

#### **Cementy třídy 52,5**

- výroba železobetonu nebo předpjatého betonu pro velmi náročné nosné konstrukce
- výroba velice náročných tenkostěnných monolitických i prefabrikovaných prvků
- pro betony C 35/45 až C 100/115.

#### **Cementy třídy 42,5**

- výroba železobetonu nebo předpjatého betonu pro velmi ná-

máhané konstrukce

- výroba tenkostěnných monolitických i prefabrikovaných prvků
- pro betony tříd C 25/30 až C 35/45.

### **Cementy třídy 32,5**

- výroba prostého betonu i vyztuženého betonu pro namáhané konstrukce
- výroba železobetonových prefabrikátů a betonových výrobků
- pro betony tříd C 12/15 až C 25/30.

2

## 2.9 SKLADOVÁNÍ CEMENTU

Cement musí být při skladování chráněn před působením vody a vysoké relativní vlhkosti vzduchu (nejvýše 75 %).

Za těchto podmínek je doba skladování baleného výrobku a účinnosti redukčního činidla 90 dnů od data uvedeného na obalu.

# S NÁMI POSTAVÍTE SVŮJ DŮM RAZ DVA



Komplexní informace z oblasti výroby, dopravy  
a čerpání betonu na [www.transportbeton.cz](http://www.transportbeton.cz)

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group

- 3.1 ROZDĚLENÍ KAMENIVA
- 3.2 VLASTNOSTI HORNIN
- 3.3 KAMENIVO PRO LEHKÉ A TĚŽKÉ BETONY
- 3.4 KVALITATIVNÍ POŽADAVKY
- 3.5 STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO ZRNA KAMENIVA PŘI NÁVRHU BETONU
- 3.6 PRAKTICKÉ KŘÍVKY PRO NÁVRH ZRNITOSTI A SYPNÉ HMOTNOSTI KAMENIVA
- 3.7 MODULY ZRNITOSTI KAMENIVA, PŘÍKLAD VÝPOČTU MÍSENÍ
- 3.8 TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY NA KAMENIVO DO BETONU
- 3.9 ZKOUŠENÍ KAMENIVA

### 3.1 ROZDĚLENÍ KAMENIVA

#### Základní dělení kameniva

znak	rozdělení	příklad
objemová hmotnost	lehké (pórovité) do $2000 \text{ kg.m}^{-3}$ hutné ( $2000$ až $3000 \text{ kg.m}^{-3}$ ) těžké nad $3000 \text{ kg.m}^{-3}$	keramzit, experlit aj.  magnetit, baryt aj.
původ	těžené nebo drcené, přírodní nebo umělé recyklované	
velikost zrn	zrna pod $0,063 \text{ mm}$ jemné do $0,25 \text{ mm}$ drobné od $0$ do $4 \text{ mm}$ hrubé od $4$ do $63 \text{ mm}$ směs kameniva	filer moučka, filer, příměs písek ( $0/4$ ) drt', štěrky ( $4/8, 8/16, 32/63$ ) štěrkopísek, štěrkodrt' ( $0/16, 0/32$ )
frakce (dolní / horní velikost sít $d/D$ )	úzká (když $D/d \leq 2$ ) široká (když $D/d > 2$ )	$2/4, 4/8, 8/16, 16/32$  $4/11, 8/32$

## Druhy hornin pro hutné betony

hornina	objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	tvrdost podle Mohse	pevnost v tlaku [MPa]	pevnost v tahu [MPa]	nasákavost [% hm.]
<b>VYVŘELÉ HORNINY</b>					
žula	2600–2800	6–7	120–240	10–35	0,2–1,2
diorit	2700–3000	6–7	135–215	20–40	0,2–0,7
gabro	2800–3100	6–7	150–225	25–60	0,2–0,5
syenit	2500–2900	6–7	150–200	10–20	0,2–0,5
čedič	2900–3050	6	250–400	15–25	0,1–0,3
trachyt	2400–2900	6–7	60–70	5–7	1,0–2,0
diabas	2800–2900	6	120–220	20–45	0,1–0,8
porfyr	2550–2650	6–7	70–210	15–30	0,2–1,5
<b>USAZENÉ HORNINY</b>					
pískovec	2000–2400	proměnl.	30–80	3,8	4,0–8,5
vápenec	2600–2850	3	40–180	10–25	0,2–0,6
dolomit	2650–2850	3,5	100–200	12–25	0,2–0,6
břidlice	2600–2750	3	100–190	30–100	0,3–1,5
<b>PŘEMĚNĚNÉ HORNINY</b>					
rula	2650–2750	6–7	120–250	24–50	0,1–1,2
křemenec	2500–2700	7	300		0,5
amfibolit	2700–3100	6	170–280		0,1–0,4
mramor	2700–2800	3	75–145	12–26	0,2–1,0
serpentinit	2500–2850	3–4	60–140	10–23	0,1–2,0



## Lehké (pórovité) kamenivo

V ČR se vyrábí keramzit (Liapor) a expandovaný perlit (drobné a jemné kamenivo). Dříve se také vyráběl agloporit (spékaný popílek), expandit (expandovaná břidlice) a zpěněná struska. Jako pórovitého kameniva do lehkých betonů a malt lze také použít: přírodní pemzu, cihelnou drť, expandovaný vermikulit nebo jiný výplňový materiál jako mineralizovanou dřevní hmotu, expandovaný polystyren aj.

## Keramzit

označení	frakce [mm]	sypaná hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	tepelná vodivost [W.m <sup>3</sup> .K <sup>-1</sup> ]	mezerovitost [%]	setřesitelnost [%]
8-16/275	8-16	275±40	550±80	0,09	47	13
8-16/600	8-16	600±50	1100±50	0,14	45	2
4-8/350	4-8	350±35	625±90	0,10	44	12
4-8/450	4-8	450±45	850±125	0,11	44	11
4-8/650	4-8	650±50	1200±100	0,14	45	222
4-8/800	4-8	800±50	1500±50	0,19	47	13
4-8/950	4-8	950±50	1825±125	0,23	48	12
1-4/500	0-4	500±75	875±130	0,11	43	55
1-4/625	0-4	625±90	1050±155	0,14	40	13
2-4/450	2-4	450±65	800±120	0,11	44	2
0-2/575	0-2	575±85	1050±155	0,12	43	12

## Kamenivo pro těžké betony, ke stavební ochraně proti záření

kamenivo	objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	chemické složení
<b>PŘÍRODNÍ TĚŽKÉ</b>		
baryt (BaSO <sub>4</sub> )	4000–4300	obsah BaSO <sub>4</sub> ≥ 85 %
magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	4650–4800	obsah Fe 60–70 %
hematit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4700–4900	obsah Fe 60–70 %
ilmenit (FeTiO <sub>3</sub> )	4550–4650	obsah Fe 35–40 %
<b>UMĚLÉ TĚŽKÉ</b>		
ferosilicium	5800–6200	obsah Fe 80–85 %
železné granule (Fe)*	6800–7500	obsah Fe 90–95 %
ocelový písek (Fe)*	7500	obsah Fe cca 95 %
ferofosfor	6000–6200	obsah Fe 65–70 %
<b>S OBSAHEM KRYSTALICKÉ VODY</b>		
limonit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .nH <sub>2</sub> O)	3500–3650	obsah krystalické vody cca 11 %
serpentin (Mg <sub>6</sub> [(OH) <sub>6</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>11</sub> ].H <sub>2</sub> O)	cca 2600	obsah krystalické vody cca 12 %
<b>S OBSAHEM BÓRU</b>		
bórcalcit (B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +CaO+H <sub>2</sub> O)	2300–2400	obsah bóru cca 13 %
bórkarbíd (B <sub>4</sub> C)	cca 2500	obsah bóru cca 78 %

\* těžká výplň betonu – není nutné jiné kamenivo ve smyslu ČSN EN 206-1

parametr	m.j.	EP 100	EP 150	EP 180	EP AGRO
sypná hmotnost (max.)	kg.m <sup>-3</sup>	100	150	180	200
tepel. vodivost	W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	0,06	0,07	0,075	0,08
vlhkost (max.)	%	2	2	2	2
zrnitost (mm)					
< 0,315	%	70–95	max. 70	max. 40	max.15
< 1,0	%	85–100	70–100	30–80	max.25
1,0–4,0	%	max. 5	0–30	20–70	min. 75
chemické složení					
SiO <sub>2</sub>	%	≥ 66	≥ 66	≥ 66	≥ 66
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	≤ 18	≤ 18	≤ 18	≤ 18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3
CaO+MgO	%	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	%	≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 8

### 3.4 KVALITATIVNÍ POŽADAVKY

Všechno kamenivo použité pro přípravu betonu podle ČSN EN 206-1 musí být deklarováno podle ČSN EN 12620 Kamenivo do betonu.

Norma ČSN EN 12620 je však pouze deklarační, nikoli hodnotící. To znamená, že je deklarována úroveň určité vlastnosti, a nikoli její požadovaná maximální (nebo minimální) hodnota. Ta může být definována v následných předpisech nebo normách, jako jsou ČSN EN 206-1, OTP, TP, ZTP apod.

Konkrétní vlastnosti kameniva deklaruje výrobce kameniva (lom,

pískovna) v prohlášení o shodě. Výrobce betonu porovná deklarované vlastnosti kameniva s požadovanými a rozhodne, které kamenivo je pro danou betonovou směs použitelné.

### 3.5 STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO ZRNA KAMENIVA PŘI NÁVRHU BETONU

#### Stanovení maximálního zrna kameniva

Pro stanovení zrnitosti kameniva slouží normové sady sít.

- základní sada sít: 0 – 1 – 2 – 4 – 8 – 16 – 31,5 (32) – 63 mm
- rozšířená základní sada sít: 0 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 4 – 5,6 (5) – 8 – 11,2 (11) – 16 – 22,4 (22) – 31,5 (32) – 45 – 63 mm.

#### O maximálním zrně rozhoduje podmínka nejmenšího rozměru:

- nejvýše jedna třetina až polovina nejmenšího rozměru konstrukce (podle jejího tvaru)
  - nejmenší vzdálenost ocelových prutů výztuže zmenšená o 5 mm
  - nejvýše 1,3násobek krycí vrstvy výztuže
  - 1/3 světlého průměru potrubí, jímž je dopravován beton.
- Snahou je použití co největšího zrna kameniva, pokud to uvedené podmínky dovolí.

**Mezerovitost kameniva M** udává minimální objem cementového tmele, který musí zaplnit dutiny mezi zrny kameniva a vypočte se ze vzorce:

$$M = 1 - \rho_s / \rho_k$$

$\rho_s$  – sypaná hmotnost kameniva v setřeseném stavu [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]  
 $\rho_k$  – objemová hmotnost zrn kameniva [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]. Pokud není stanovena v laboratoři, použije se pro přírodní kamenivo hodnota  $2650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

**Křivky zrnitosti**

svislá osa = propad sítím v % hmotnosti

vodorovná osa = velikost otvoru síta v mm.

**Oblasti:**

1 a 5 – nevhodná zrnitost

2 – křivka přerušené zrnitosti

3 – dobrá zrnitost

4 – ještě použitelná zrnitost pro maximální zrno kameniva.

**Ideální křivky zrnitosti kameniva pro max. zrno:**

■ I. – 4 mm

■ VI. – 63 mm

■ II. – 8 mm

■ VII. – čerpaný beton 32 mm

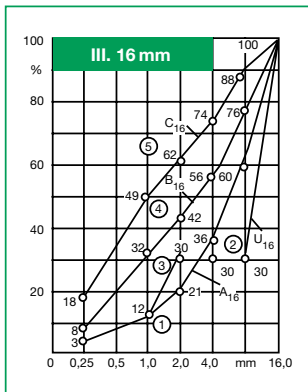
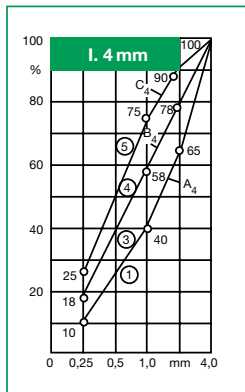
■ III. – 16 mm

■ VIII. – vliv vlhkosti na sypanou hmotnost kameniva.

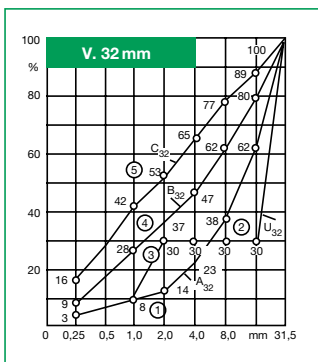
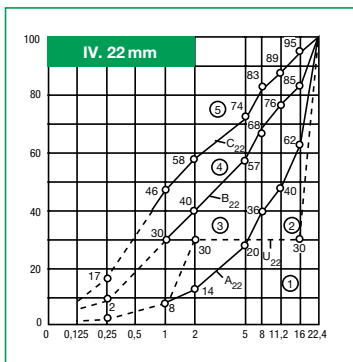
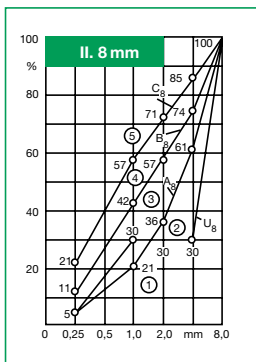
■ IV. – 22 mm

(drcené kamenivo)

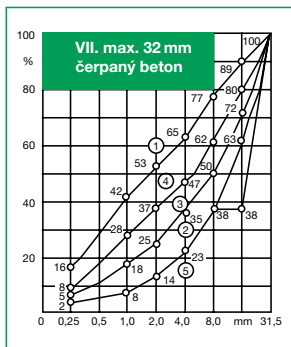
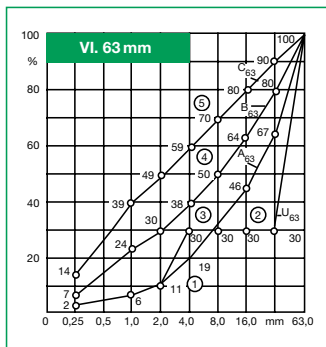
■ V. – 32 mm



## Křivky zrnitosti

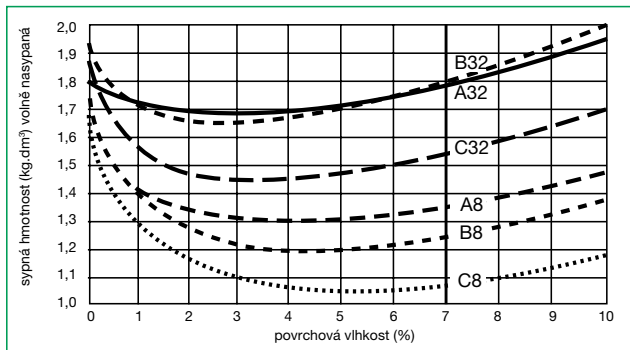


## Křivky zrnitosti



3

## Sypná hmotnost vlhkého kameniva



Křivky zrnitosti popisujeme pomocí modulů, které vyjadřují jemnost kameniva. Směs kameniva se stejným modulem vytváří předpoklady pro dosažení stejné pevnosti betonu, ale především takové kamenivo potřebuje stejné množství vody na ovlhčení svého povrchu. Tyto moduly rovněž slouží k výpočtu poměrů mísení dvou i více kameniv rozdílné zrnitosti. Pro stanovení modulu zrnitosti je nutné provést síťový rozbor na normové sadě sít.

#### **k modul – součet zbytků (Abrams)**

k modul zrnitosti je součet procentních zůstatků směsi kameniva stanovených na rozšířené základní sadě sít dělený 100.

$$k = \sum Z_i / 100$$

#### **D modul – součet propadů (Rothfuchs)**

D modul je součet procentních propadů směsi kameniva stanovených na rozšířené základní sadě sít.

$$D = \sum y_i = (n - k) \cdot 100$$

$n$  = počet sít vybraných ke stanovení čáry zrnitosti

$y_i$  = propad sítím o velikosti  $i$  [% hm.]

$Z_i$  = zůstatek na síti o velikosti  $i$  [% hm.]

$m_i$  = podíl zrn frakce o průměrné velikosti zrna  $d_i = (d_1 + d_2) / 2$ .



**Hodnoty modulů pro hraniční čáry zrnitosti (síta 0,25-63 mm)  
(zrnitost dle kap. 3.6)**

čára zrnitosti	modul zrnitosti k	D – součet	F – hodnota
A <sub>8</sub>	3,64	536	134
B <sub>8</sub>	2,89	611	111
C <sub>8</sub>	2,27	673	92
A <sub>16</sub>	4,61	439	163
B <sub>16</sub>	3,66	534	134
C <sub>16</sub>	2,75	625	107
A <sub>32</sub>	5,48	352	189
B <sub>32</sub>	4,20	480	151
C <sub>32</sub>	3,30	570	123

3

Mezi k modulem a D modulem je následující vztah:

$$100 \cdot k + D = 900$$

**Příklad: Výpočet k modulu a D modulu pro křivku zrnitosti A/B 16**

rozměr síta [mm]	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	31,5	63,0	součet
zbytek na síť [%]	92	81	70	60	47	25	0	0	0	375
propad na síť [%]	8	19	30	40	53	75	100	100	100	525

$$k = 375 / 100 = 3,75 \quad D = 525$$

$$F = \sum (f_i \cdot m_i / 100)$$

$$f_i = 100 \cdot \log(10 \cdot d_i)$$

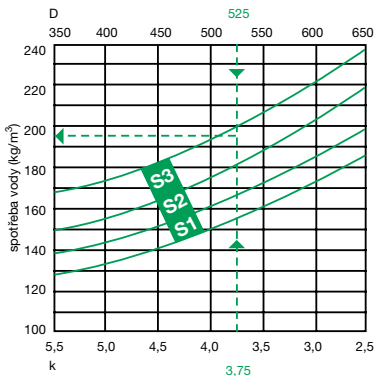
F = hodnota (Hummel) – popisná charakteristika tvaru křivky zrnitosti  
 $m_i$  = podíl zrn frakce o průměrné velikosti zrna  $d_i = (d_1 + d_2) / 2$ .

### Potřeba vody podle modulu kameniva k pro konzistenci čerstvého betonu:

- S3 – měkkou
- S2 – plastickou
- S1 – tuhou (vztaženo na suchý povrch kameniva).

#### Příklad:

- kamenivo  
s modulem  $k = 3,75$
- měkká konzistence S3  
odečteme z monogramu  
195 litrů na  $m^3$  betonu.



### 1. Posouzení jemných částic

Jemné částice se mohou považovat za neškodné, pokud je splněna jedna z podmínek:

- celkový obsah jemných částic je menší než 3 % nebo než je jiná hodnota podle předpisů platných v místě použití kameniva,
- hodnota ekvivalentu písku (SE), zjištěná zkouškou podle EN 933-8, je větší než specifikovaná spodní mez,
- hodnota methylenové modře (MB), zjištěná zkouškou podle EN 933-9, je menší než specifikovaná spodní mez,
- pokud je potvrzeno vyhovující provedení se známým kamenivem nebo kde je důkaz o vyhovujícím používání s dobrými zkušenostmi bez problémů.

Požadavky na shodu zkoušek ekvivalentu písku methylenové modře na frakci 0/2 mm se běžně vyjadřují s pravděpodobností 90 %.

### 2. Organické látky

- humusovitost drobného kameniva – při zkoušce hydroxidem sodným je přípustné pouze světle žluté až žlutohnědé zbarvení
- bobtnající organické látky (dřevo, uhlí aj.) v písku max. 0,5 % hm. a v hrubém kamenivu do 0,1 % hm.
- obsah uhlíku max. 0,5 % hm.
- organické látky ovlivňující tvrdnutí betonu (cukry, rozpustné soli) musí být omezeny tak, aby srovnatelnými zkouškami betonů nesnížily pevnost o více než 15 %.

### 3. Sloučeniny síry

- max. 1 % hm. stanovené jako  $\text{SO}_3$ , např. sádra, alkalické sulfáty
- max. 0,2 % hm. stanovené jako obsah síranů rozpustných v kyselíně.

#### 4. Sloučeniny korodující ocel

Zejména chloridy, ale také dusičnany a ostatní halogenidy, kromě fluoru,

- kamenivo pro železobeton max. 0,04 % Cl<sup>-</sup>
- kamenivo pro předpjatý beton max. 0,02 % Cl<sup>-</sup>
- pro nevztužené betony se přípouští 0,1 % Cl<sup>-</sup>.

#### 5. Reaktivní křemen

S alkáliemi vzniká nežádoucí alkalicko-křemičitá reakce, která je doprovázena dlouhodobými objemovými změnami. V ČR se vyskytuje ojediněle. Nežádoucí reaktivní minerály: opál, chalcedon, cristobalit, kryptokrystalická skla obsažená někdy v rhyolitech, dacitech, andezitech, v křemičité břidlici a ve flintu;

- limitní obsah aktivního opálu do 0,5 % hm. nebo reaktivního flintu do 3 % hm.

#### 6. Hmotnostní aktivita přírodních radionuklidů (tzv. radioaktivita)

Viz bod 1.5.

## 3.9 ZKOUŠENÍ KAMENIVA

### Zkoušení kameniva do betonu se řídí požadavky normy ČSN EN 12620.

#### Zkoušení všeobecných vlastností kameniva

- ČSN EN 932-1 Metody odběru vzorků
- ČSN EN 932-2 Metody zmenšování laboratorních vzorků.

#### Zkoušení geometrických vlastností kameniva

- ČSN EN 933-1 Stanovení zrnitosti – Sítový rozbor
- ČSN EN 933-2 Stanovení zrnitosti – Zkušební síta, jmenovité velikosti otvorů
- ČSN EN 933-4 Stanovení tvaru zrn – Tvarový index
- ČSN EN 933-5 Stanovení podílu drcených zrn v hrubém kamenivu
- ČSN EN 933-7 Stanovení obsahu schránek živočichů

- ČSN EN 933-8 Posouzení jemných částic – Zkouška ekvivalentu písku
- ČSN EN 933-9 Posouzení jemných částic – Zkouška methylenovou modří.

### **Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva**

- ČSN EN 1097-1 Stanovení odolnosti proti otěru (mikro-Deval)
- ČSN EN 1097-2 Metody pro stanovení odolnosti proti drcení
- ČSN EN 1097-3 Stanovení sypné hmotnosti a mezerovitosti volně sypaného kameniva
- ČSN EN 1097-5 Stanovení vlhkosti sušením v sušárně
- ČSN EN 1097-6 Objemová hmotnost zrn.

### **Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání**

- ČSN EN 1367-1 Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování
- ČSN EN 1367-2 Zkouška síranem hořečnatým
- ČSN EN 1367-3 Zkouška varem.

### **Zkoušení chemických vlastností kameniva**

- ČSN EN 1744-1 Chemický rozbor
- ČSN EN 1744-2 Stanovení reaktivnosti kameniva s alkáliemi
- ČSN EN 1744-3 Zkouška vyluhování vodou.

### **Minimální četnost zkoušek obecných vlastností kameniva uvádí ČSN EN 12620:**

#### **Zkoušky všeobecných vlastností kameniva**

- zrnitost (ČSN EN 933-1) jednou týdně
- tvar hrubého kameniva (ČSN EN 933-4) jednou měsíčně
- obsah jemných částic (ČSN EN 933-1) jednou týdně
- pokud je požadována jakost jemných částic (ČSN EN 933-8), jednou týdně
- objemová hmotnost zrn a nasákavost (ČSN EN 1097-6) jednou ročně

### **Zkoušky specifických vlastností pro konečné použití kameniva**

- odolnost proti drčení hrubého kameniva pro vysokopevnostní beton (ČSN EN 1097-2) dvakrát ročně
- odolnost proti otěru hrubého kameniva pro obrusné vrstvy vozovek (ČSN 1097-1) jednou za 2 roky
- odolnost proti ohladitelnosti kameniva pro obrusné vrstvy vozovek (ČSN 1097-8) jednou za 2 roky
- odolnost proti zmrazování, rozmrazování (ČSN 1367-1 nebo ČSN EN 1367-2) jednou za 2 roky.



**CEMFLOW®**

Když potřebujete podlahu i do prostoru  
s možným nárůstem vlhkosti



**CEMFLOW® – litý cementový potěr** vhodný i do prostoru  
s možným nárůstem vlhkosti. Více na [www.cemflow.cz](http://www.cemflow.cz)

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group



- 4.1 **KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁMĚSOVÉ VODY (PODLE ČSN EN 1008)**
- 4.2 **KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁMĚSOVÉ RECYKLOVANÉ VODY**

Všechna voda použitá pro přípravu betonu podle ČSN EN 206-1 vyhovuje, je-li v souladu s požadavky ČSN EN 1008 Záměsová voda do betonu – specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně jako záměsová voda do betonu.

### Klasifikace typů vod

druh vody	použití jako záměsová voda
pitná	použitelná bez zkoušení
voda získaná při recyklaci	nutno ověřit použitelnost
podzemní voda	nutno ověřit použitelnost
povrchová voda	nutno ověřit použitelnost
odpadní průmyslová voda	nutno ověřit použitelnost
mořská voda	do betonu bez výztuže, obecně není vhodná pro výrobu železobetonu a předpjatého betonu
brakická (poloslaná) voda	
splašková voda	není vhodná do betonu

## Úvodní posouzení vody

vlastnost	požadavek	ověření
oleje a tuky	ne více než viditelné stopy	vizuálně, po 2 minutách
čisticí prostředky	jakákoli pěna zmizí do 2 min.	protřepáním 80 ml vody
barva	bledě žlutá nebo světlejší	vizuálně ve válci
rozptýlené látky	usazenina $\leq 4$ ml	80 ml vody odstavené po 30 minut
zápach	bez zápachu nebo jako pitná voda	čichem, zda zápach je jiný než pro pitnou vodu
kyselost	pH $\geq 4$	indikátorovým papírkem, pH metrem
humusovité látky	barva jako světle žlutá nebo světlejší po přidání NaOH	5 ml vody a 5 ml 3% NaOH, protřepat, 1 hodinu stát a vizuálně posoudit

## Četnost zkoušek vody

druh vody	četnost zkoušek jako záměsová voda
pitná	nezkouší se
voda získaná při recyklaci	objemová hmotnost vody jednou denně
podzemní voda	před prvním použitím; následně minimálně 1x měsíčně
povrchová voda	
odpadní průmyslová voda	
mořská voda	před prvním použitím; následně minimálně 1x ročně nebo v případě potřeby
brakická (poloslaná) voda	
splašková voda	není vhodná do betonu

4

## Chemické vlastnosti vody

vlastnost	požadavek	ověření
obsah chloridů (Cl <sup>-</sup> )		
předpjatý beton nebo injektážní malta	500 mg/litr	pokud vyhovuje ČSN EN 206-1, lze použít pro vyztužený i předpjatý beton
beton s výztuží	1000 mg/litr	
beton bez výztuže	4500 mg/litr	
obsah síranů (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) obsah alkálií (Na <sup>+</sup> a K <sup>+</sup> ) škodlivé znečištění	< 2000 mg/litr < 1500 mg/litr	ekvivalent NaOH
cukry	100 mg/litr	
fosfáty (jako P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	100 mg/litr	
dusičnany (jako NO <sup>3-</sup> )	500 mg/litr	
olovo (jako Pb <sup>2+</sup> )	100 mg/litr	
zinek (jako Zn <sup>2+</sup> )	100 mg/litr	

## 4.2

KRITÉRIA HODNOCENÍ ZÁMĚSOVÉ  
RECYKLOVANÉ VODY

Recyklovaná voda, získaná z výroby betonu, musí být použita v souladu s podmínkami uvedenými v ČSN EN 1008. Tato voda obsahuje zvýšený podíl jemných částic (z cementu, drobného a hrubého kameniva, příměsí). S ohledem na uvedené skutečnosti je nutno kvalitu a vlastnosti recyklované vody zohlednit při návrhu a výrobě betonové směsi – možné kolísání jemných částic v betonu a dosažení požadované konzistence čerstvého betonu.

**Obsah pevných částic (suchých) v  $\text{kg/m}^3$  recyklované vody (objemová hmotnost zrn  $2100 \text{ kg.m}^{-3}$ )**

množství recykl. vody v $\text{kg/m}^3$	objemová hmotnost recyklované vody v $\text{kg/m}^3$													
	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15
20	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5
40	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10
60	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
80	3	4	6	7	9	10	11	13	14	15	16	18	19	20
100	4	6	7	9	11	12	14	16	17	19	20	22	23	25
120	4	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28	30
140	5	8	10	13	15	17	20	22	24	26	29	31	33	35
160	6	9	12	15	17	20	23	25	28	30	33	35		
180	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34				





**Bez vody. Bez elektřiny.  
A to ticho...**

S čerstvou maltou **MALMIX®** můžete začít stavět kdekoliv.  
Bez přívodu vody a elektřiny. Více na [www.malmix.cz](http://www.malmix.cz)

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group

- 5.1 OBEČNĚ O PŘÍRADÁCH
- 5.2 PLASTIFIKÁTORY A SUPERPLASTIFIKÁTORY
- 5.3 PROVZDUŠŇOVACÍ PŘÍRADY
- 5.4 TĚSŇICÍ PŘÍRADY
- 5.5 PŘÍRADY ZPOMALUJÍCÍ TUHŇUTÍ
- 5.6 PŘÍRADY URYCHLUJÍCÍ TUHŇUTÍ A TVRDNUTÍ
- 5.7 STABILIZAČŇÍ PŘÍRADY
- 5.8 OSTATŇÍ PŘÍRADY

## 5.1 OBEČNĚ O PŘÍRADÁCH

5

Přísady jsou chemické sloučeniny, které se přidávají během míchání do betonu v množství od 0,2 do 5 % hmotnosti cementu za účelem modifikace vlastností čerstvého nebo tvrdnoucího betonu.

Celkové množství přísad, pokud se používají, nesmí překročit maximální dávkování doporučené výrobcem přísady.

### Limitní množství přísad

oblast použití	dávkování přísady v g/kg cementu včetně započitatelných příměsí II. druhu		
	minimální dávkování	maximální dávkování	
		při použití jedné přísady	při použití více přísad s různým účinkem
betony do C50/60	2 <sup>1)</sup>	50	60
vysokopevnostní betony C55/67 a vyšší		70	80

<sup>1)</sup> Přísady, které se používají v množství menším než 2 g/kg cementu, je možné použít pouze rozptýlené v části záměsové vody.

Jestliže celkové množství tekuté přísady převyšuje  $3 \text{ l/m}^3$  betonu, pak se musí toto množství vody vzít v úvahu pro výpočet vodního součinitele.

Pokud se používá více než jedna přísada, pak se musí jejich vzájemná snášenlivost ověřit při průkazných zkouškách.

### **Rozdělení přísad:**

- vodoredukující/plastifikační
- silně vodoredukující/superplastifikační
- stabilizační (zamezují rozměšování betonu)
- provzdušňovací
- urychlující tuhnutí
- urychlující tvrdnutí
- zpomalující tuhnutí
- těsnicí (hydrofobizační, odpuzující vodu).

### **Řada evropských norem EN 934 Přísady do betonu, malty a injektážní malty, která obsahuje následující části:**

- Část 1: Společné požadavky
- Část 2: Přísady do betonu
- Část 3: Přísady do malty pro zdění
- Část 4: Přísady do injektážní malty pro předpínací kabely
- Část 5: Přísady do stříkaného betonu
- Část 6: Odběr vzorků, kontrola shody a hodnocení shody.

### **Řada evropských norem EN 480 Přísady do betonu, malty a injektážní malty. Zkušební metody, která obsahuje následující části:**

- Část 1: Referenční beton a referenční malta pro zkoušení
- Část 2: Stanovení doby tuhnutí
- Část 4: Stanovení odlučování vody z betonu
- Část 5: Stanovení kapilární absorpce
- Část 6: Infračervená analýza
- Část 8: Určení obsahu sušiny
- Část 10: Stanovení obsahu vodou rozpustných chloridů
- Část 11: Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu



- Část 12: Stanovení obsahu alkálií v přísadách
  - Část 13: Referenční malta pro zdění pro zkoušení přísad do malty
  - Část 14: Měření náchylnosti na korozi vyztužené oceli v betonu.
- Potenciostatická elektrochemická zkušební metoda.

Pro zkoušení vlastností přísad a jejich účinnosti se používají referenční, definované složky, malta a beton. Obecné požadavky jsou stanoveny pro homogenitu (při použití nesmí přísada segregovat), barvu (musí být shodná s barvou referenčního vzorku přísady), obsah efektivních složek přísady, který se kontroluje infračervenou spektroskopií (požaduje se shoda charakteristických peaků s referenčním vzorkem), relativní hustotu (při hustotě nad  $1100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) se připouští ( $30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a při hustotě pod  $1100 \text{ kg}/\text{m}^3$  pak  $\pm 20 \text{ kg}/\text{m}^3$ ), obsah sušiny se může odchylovat od deklarované hodnoty výrobcem o  $\pm 5 \%$ , hodnota pH od deklarovaného stavu může mít toleranci  $\pm 1$ . Vliv přísady na dobu tuhnutí se zkouší u všech přísad na čtyřech druzích cementu (EN 480-1). Obsah chloridů má být do  $0,1 \%$  hm. Obsah alkálií nemá překročit definovanou hodnotu výrobcem. Provzdušnění čerstvého betonu přísadou (kromě provzdušňovacích) nemá překročit  $2 \%$  proti referenčnímu vzorku. Přísada určená pro použití ve vyztuženém betonu nesmí korozivně napadat ocelovou výztuž.

## 5.2 PLASTIFIKÁTORY A SUPERPLASTIFIKÁTORY

### **Plastifikační – vodoredukující přísady**

Redukují potřebné množství vody pro dosažení stejné zpracovatelnosti čerstvého betonu.

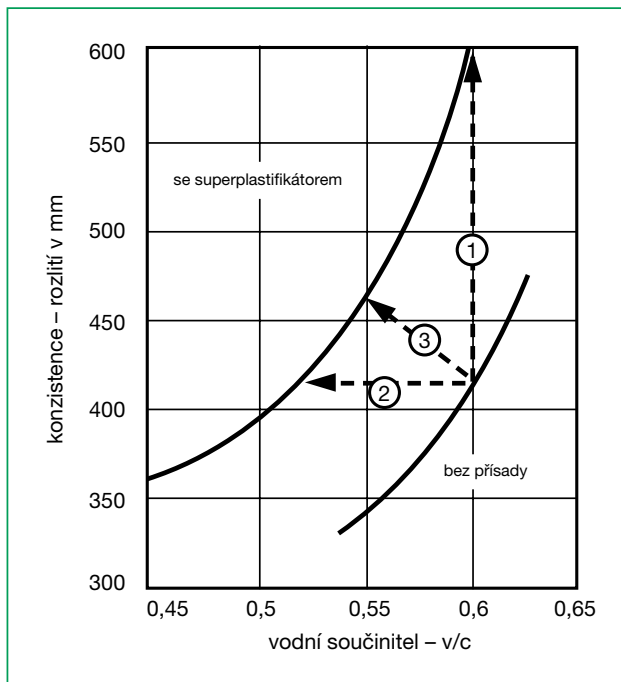
### **Superplastifikační – silně vodoredukující přísady**

Jsou látky, které výrazně redukuje potřebné množství vody při stejné zpracovatelnosti čerstvého betonu.

Kromě obecných požadavků musí být plastifikační přísadou sníženo množství vody o více jak  $5 \%$  při stejné konzistenci stanovené sednutím nebo rozlitím a u superplastifikátoru o více jak  $12 \%$ . Pevnost v tlaku přidáním plastifikační přísady má vzrůst za 7 a 28 dní

nejméně na 110 % proti referenčnímu betonu.

Superplastifikátorem v důsledku redukce množství vody při stejné zpracovatelnosti má vzrůst pevnost v tlaku betonu za 1 den nejméně na 140 % a za 28 dní nejméně na 115 % proti referenčnímu betonu. Konzistence čerstvého betonu se superplastifikátorem se nesmí za 30 min. po přidání přísady změnit proti původnímu stavu a zlepšení zpracovatelnosti proti referenčnímu betonu přidáním superplastifikátoru má být o 160 mm (rozlítím proti 380 mm) nebo o 120 mm (sednutím proti 70 mm).



Látky, které po přidání během míchání čerstvého betonu vytváří uzavřené vzduchové póry, rovnoměrně rozložené v betonu. Jako účinný vzduch pro zajištění odolnosti betonu se uvažují póry o velikosti 0,01 až 0,3 mm, jejichž průměrná vzdálenost je co nejnižší, nejlépe méně než 0,2 mm. Objem a vlastnosti vzduchových pórů, jejich velikost a rozložení jsou ovlivněny také těmito parametry složení a zpracování betonu:

- druh a množství provzdušňovací přísady, ta se dávkuje jen ve velmi malém množství 0,05 až 0,5 % hmotnosti cementu a v čerstvém betonu se musí docílit provzdušnění cca 4–6 % objemu,
- druh, jemnost mletí a množství cementu; čím jemnější cement a čím obsahuje více strusky, tím je třeba větší dávky přísady pro stejné množství vzduchových pórů,
- vodní součinitel  $w, s$  jeho zvýšením se zvětšuje velikost pórů,
- granulometrie kameniva, zvýšením podílu zrn 0,4–1 mm se zvyšuje obsah pórů i při stejné dávce přísady a stejné konzistenci,
- potřebné množství pórů se snižuje se zvětšujícím se maximálním zrnem kameniva, dle ČSN EN 206-1 se požaduje provzdušnění min. 4 %,
- intenzivní vibrací se část pórů vytěsňuje,
- pevnost betonu v tlaku klesá se stupněm provzdušnění asi o 5 % na každé 1 % provzdušnění, avšak nesmí klesnout pod 75 % pevnosti referenčního betonu za 28 dní,
- provzdušňovací přísada působí často plastifikačně, na 1 % pórů se snižuje množství vody asi o 2 % při stejné zpracovatelnosti.

Mezi hydrofobizační přísady lze zařadit těsnicí přísady, které zvyšují hutnost cementového kamene, snižují jeho pórovitost, zejména objem makropórů. V průběhu hydratace vytváří nerozpustné sloučeniny, které zmenšují průřez kapilár, případně kapiláry zcela zaplní. Pórovitou strukturu cementového kamene také utěsňují provzdušňující přísady tím, že přerušují souvislé, otevřené kapiláry, a tak zamezují vztlínání a nasákávání vody.

Přísady zpomalující tuhnutí cementu prodlužují dobu přechodu čerstvého betonu z plastického stavu do stavu tuhé látky. Obsah chloridů je v těchto látkách omezen do 0,1 %, tyto látky mohou provzdušňovat beton nejvýše do 2 % a především pevnost v tlaku betonu za 7 dní musí být vyšší jak 80 % a za 28 dní vyšší jak 90 % pevnosti v tlaku referenčního betonu. Počátek doby tuhnutí má být o více jak 90 min. delší a konec tuhnutí nejvíce o 360 min. delší než referenční čerstvý beton. Retardační přísady se používají k prodloužení doby manipulace s čerstvým betonem. Pomalé tuhnutí cementu omezuje vznik trhlinek a obvykle je 28denní pevnost betonu v tlaku vyšší než u betonu bez přísady, pokud se nepřekročí kritická koncentrace přísady. Účinnost přísad je závislá na druhu a koncentraci přísady a také na druhu cementu.

Tyto přísady rozdělujeme do dvou skupin, na urychlovače tuhnutí (zkracují dobu přechodu čerstvého betonu z plastického do tuhého stavu) a na urychlovače tvrdnutí (urychlují vývoj počátečních pevností betonu), které mohou a nemusí urychlovat tuhnutí betonu. Vedle obecných požadavků musí urychlovače také splňovat požadavky dle ČSN EN 934-2.

- Urychlovače tuhnutí nesmí způsobit pokles pevnosti v tlaku za 28 dní pod 80 % pevnosti referenčního betonu a za 90 dnů musí být pevnost v tlaku nejméně stejná jako 28denní pevnost referenčního betonu. Doba tuhnutí má být delší než 30 min., při 20 °C zkracuje dobu tuhnutí nejméně o 40 % a při +5 °C je doba tuhnutí srovnatelná s dobou tuhnutí referenčního betonu tuhnoucího při 20 °C.
- Urychlovače tvrdnutí se posuzují podle pevnosti v tlaku a požaduje se minimálně 120 % pevnosti referenčního betonu za 24 hod. a nejméně 90 % pevnosti, kterou referenční beton dosáhne za 28

dní, dále musí urychlovač za 48 hod. při +5 °C zajistit nejméně 130 % pevnosti referenčního betonu, který tvrdne v normových podmínkách.

## 5.7 STABILIZAČNÍ PŘÍSADY

Tyto přísady redukují odmísení vody v suspenzi (bleeding), které nastává sedimentací tuhých částic. Kromě obecných požadavků na stabilizační přísady se také požaduje, aby pevnost betonu s přísadou klesla nejvíce na 80 % pevnosti betonu bez přísady a současně musí být dosaženo nejméně 50 % redukce odlučování vody. Přísada přispěje tím více ke stabilitě čerstvého betonu, čím více sníží obsah volné vody a zvýší celkový měrný povrch tuhých částic.

### Patří sem:

- Anorganické přísady a především příměsi, které zvětšují měrný povrch tuhých částic v jednotce objemu čerstvého betonu.
- Organické a anorganické přísady, které v první fázi zvětšují měrný povrch tuhých částic a v druhé fázi reagují s volnou vodou a vážou ji fyzikálně nebo chemicky.

## 5.8 OSTATNÍ PŘÍSADY

### Injektážní přísady

Zlepšují tekutost injektážní malty (snižují její viskozitu), snižují potřebné množství vody, snižují smrštění malty. Docilují bobtnání injektážní malty. Používají se do injektážních malt pro dodatečně předpínané betonové konstrukce. Také se používají do rozpínavých malt a betonů k vyplnění dutin v betonu, ve zdivu i v horninách a pro kotvení v tunelovém stavitelství.

### Inhibitory koroze

Vytváří pasivní povrch oceli proti korozivnímu prostředí, což je důležité při karbonataci betonu a při použití kyselých aktivačních přísad ( $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ). Inhibitory koroze podle dávky urychlují nebo zpo-

malují tuhnutí cementu a většinou neovlivňují reologické vlastnosti čerstvého betonu.

### **Biocidní přísady**

Omezují biologickou korozi betonu. Každé stavební dílo je osídleno mikroorganismy a ty potencionálně ohrožují trvanlivost betonu, pokud se vytvoří příznivé mikroklima pro šíření, rozmnožování a aktivitu mikroorganismů.

### **Plynotvorné přísady**

Při míchání a ukládání betonu reagují chemicky tak, že při tom vzniká plyn, který nakypřuje beton.

### **Pěnotvorné přísady**

Způsobují, že se během míchání dostává do betonu fyzikální cestou velké množství vzduchových bublin, které jsou dostatečně pevné a stabilní, a tak umožňují výrobu pěnobetonu.

### **Adhezní přísady**

Zlepšují přídržnost betonu k již zatvrdlému betonu, k maltě nebo k jiným podkladům.



# STEELCRETE®

Výztuže už nejsou sexy



**STEELCRETE®** je beton se zaručenými mechanickými vlastnostmi obsahující rovnoměrně rozptýlená ocelová vlákna. Více na [www.steelcrete.cz](http://www.steelcrete.cz)

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group



- 6.1 LATENTNÍ HYDRAULICITA
- 6.2 PŘÍMĚSI
  - 6.2.1 Popílek
  - 6.2.2 Křemičité látky, úlety (silica fume)
  - 6.2.3 Mletá granulovaná vysokopepční struska
  - 6.2.4 Ostatní příměsi
- 6.3 BAREVNÉ PIGMENTY
- 6.4 BETONÁŘSKÁ A PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ
- 6.5 ROZPTÝLENÁ VÝZTUŽ
- 6.6 KRYCÍ VRSTVA VÝZTUŽE DLE ČSN EN 1992-1

## 6.1 LATENTNÍ HYDRAULICITA

Hydraulická aktivita je schopnost látky tvrdnout ve vodním prostředí za normální teploty.

Latentní hydraulická aktivita je schopnost látky tvrdnout reakcí s  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve vodním prostředí za normální teploty. Podobné vlastnosti mají pucolánové látky, které se vyznačují vysokým obsahem aktivního  $\text{SiO}_2$ . Podmínkou chemické reakce je alkalické prostředí vytvářené v roztoku i jinými chemickými sloučeninami, které nazýváme budiče hydraulicity.

**Z chemického hlediska je lze rozdělit do tří skupin:**

1. Látky obsahující amorfní  $\text{SiO}_2$  v množství nad 47 % hm., rozpustný v kyselém i v alkalickém prostředí, vykazující pucolánové nebo latentně hydraulické vlastnosti. Patří sem diatomy, opál, křemičité úlety.
2. Pálené hlíny, popílký, struska vykazující latentně hydraulické vlastnosti. Vyrábějí se rozemletím málo pálených jílových zemin (pálených nejvýše do teploty 600 °C až 800 °C). Tyto látky obsahují od 16 % hm. do 53 % hm.  $\text{CaO}$ . Jako budiče (iniciátory)

hydraulicity lze použít: cement, vápno, NaOH, CaSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. Popílký vykazují tím větší reaktivitu, čím více obsahují SiO<sub>2</sub> ve sklovité fázi. Reaktivitu negativně ovlivňuje větší množství spalitelných látek (ztráta žháním).

3. Látky obsahující sopečné sklo vzniklé rychlým ochlazením magmatu. Jsou to pravé pucolány jako tufy, trasy, sopečné sklo. Látky sopečného původu (rýnský tras, bavorský a římský tras, neapolský tras, řecký santorin) obsahují 45 % až 70 % hm. SiO<sub>2</sub>, 10 % až 20 % hm. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3 % až 10 % hm. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2 % až 12 % hm. CaO, do 2 % hm. MgO, 3 % až 10 % hm. K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O. Vulkanické horniny většinou obsahují 50 % až 80 % hm. amorfni sklovité fáze a 50 % až 20 % hm. krystalické fáze. Velmi reaktivní jsou vulkanická skla a zeolity.

Podmínkou aktivity těchto látek je velký měrný povrch, který bývá přibližně stejný jako měrný povrch cementu. Velmi reaktivní křemičité úlety však mají měrný povrch i více než 15 000 m<sup>2</sup>.kg<sup>-1</sup>.

## 6.2 PŘÍMĚSI

Příměsi do betonu jsou jemné anorganické nebo organické látky, které se přidávají do betonu s cílem zlepšit jeho vlastnosti nebo dosáhnout vlastnosti požadované. V každém případě je nutno započítat je do betonu při výpočtu obsahu složek. Dle ČSN EN 206-1 se příměsi dělí na dva typy.

Typ I: Téměř inertní příměsi, například filery (kamenná moučka, jemně mletý vápenec) dle ČSN EN 12620 nebo pigmenty dle ČSN EN 12878.

Typ II: Pucolány nebo latentní hydraulické příměsi, jako například popílek do betonu dle ČSN EN 450-1, křemičité úlet dle ČSN EN 13263 nebo struska dle ČSN EN 15167-1.

hydraulicity lze použít: cement, vápno, NaOH,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Popílky vykazují tím větší reaktivitu, čím více obsahují  $\text{SiO}_2$  ve sklovité fázi. Reaktivitu negativně ovlivňuje větší množství spalitelných látek (ztráta žíháním).

3. Látky obsahující sopečné sklo vzniklé rychlým ochlazením magmatu. Jsou to pravé pucolány, jako tufy, trasy, sopečné sklo. Látky sopečného původu (rýnský tras, bavorský a římský tras, neapolský tras, řecký santorin) obsahují 45 % až 70 % hm.  $\text{SiO}_2$ , 10 % až 20 % hm.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3 % až 10 % hm.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 2 % až 12 % hm.  $\text{CaO}$ , do 2 % hm.  $\text{MgO}$ , 3 % až 10 % hm.  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ . Vulkanické horniny většinou obsahují 50 % až 80 % hm. amorfnní sklovité fáze a 50 % až 20 % hm. krystalické fáze. Velmi reaktivní jsou vulkanická skla a zeolity.

Podmínkou aktivity těchto látek je velký měrný povrch, který bývá přibližně stejný jako měrný povrch cementu. Velmi reaktivní křemičité úlety však mají měrný povrch i více než  $15000 \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ .

6

Příměsi do betonu jsou jemné anorganické nebo organické látky, které se přidávají do betonu s cílem zlepšit jeho vlastnosti nebo dosáhnou vlastnosti požadované. V každém případě je nutno započítat je do betonu při výpočtu obsahu složek. Dle ČSN EN 206-1 se příměsi dělí na dva typy.

Typ I: téměř inertní příměsi, například filery (kamenná moučka, jemně mletý vápenec) dle ČSN EN 12620 nebo pigmenty dle ČSN EN 12878.

Typ II: pucolány nebo latentní hydraulické příměsi, jako například popílek do betonu dle ČSN EN 450-1, křemičitý úlet dle ČSN EN 13263 nebo struska dle ČSN EN 15167-1.

Příměsi druhu II se mohou vzít v úvahu ve složení betonu pro ob-

sah cementu a vodní součinitel koncepce k-hodnoty. Příměsi druhu II se mohou vzít v úvahu ve složení betonu pro obsah cementu a vodní součinitel koncepce k-hodnoty.

### **Koncepce k-hodnoty umožňuje vzít v úvahu příměsi druhu II při:**

- nahrazení vodního součinitele, tj. poměru voda/cement (definovaného v 7.1), součinitelem

**voda / (cement + k x příměs)**

- požadavku na minimální obsah cementu (viz 7.3.2).

Skutečná k-hodnota závisí na konkrétní příměsi.

Použití koncepce k-hodnoty pro popílek podle ČSN EN 450-1 a křemičitý úlet podle ČSN EN 13263 s cementem CEM I podle EN 197-1 je uvedeno v následujících člancích. Koncepce k-hodnoty se může použít pro popílek a křemičitý úlet i s jinými druhy cementu i pro jiné příměsi, pokud je prokázána jejich vhodnost.

## **6.2.1 Popílek**

Do betonu je možné použít zásadně jen popílek dle ČSN EN 450-1 Popílek do betonu (musí být takto deklarován výrobcem či dodavatelem). V této normě je popílek definován následovně:

- Popílek je jemný prášek převážně z kulovitých sklovitých částic, které vznikají při spalování práškového uhlí samotného, nebo i se spoluspalovaným materiálem. Má pucolánové vlastnosti a sestává převážně z  $\text{SiO}_2$  a  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , přičemž obsah aktivního  $\text{SiO}_2$ , definovaný a stanovený podle ČSN EN 197-1, je nejméně 25 % hmotnostních.
- Popílek se získává elektrostatickým nebo mechanickým odlučováním z plynů topenišť otápěných práškovým uhlím samotným, nebo i se spoluspalovaným materiálem.
- Popílek se může před použitím upravovat například tříděním, výběrem, proséváním, sušením, smícháváním, mletím nebo snižováním uhlíku nebo kombinací těchto procesů ve vhodném výrobním

## Kvalitativní požadavky na popílek podle ČSN EN 450-1

vlastnost	požadavek	mezí hodnota jednotlivého vzorku	zkušební metoda
ztráta žiháním (1 h)	kat. A $\leq 5\%$ kat. B 2 až 7 % kat. C 4 až 9%	+ 2 % + 2 % + 2 %	EN 196-2
obsah chloridů (Cl)	$\leq 0,1\%$	0 %	EN 196-2
obsah SO <sub>3</sub>	$\leq 3\%$	+ 0,5 %	EN 196-2
volný CaO	$\leq 2,5\%$ <sup>1)</sup>	+ 0,1 %	EN 451-1
aktivní CaO	$\leq 10\%$	+ 1 %	EN 197-1
aktivní SiO <sub>2</sub>	$\geq 25\%$	- 3 %	EN 197-1
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> celkem	$\geq 70\%$	- 5 %	EN 196-2
obsah alkálií – Na <sub>2</sub> O <sub>ekv.</sub>	$\leq 5\%$	+ 0,5 %	EN 196-2
obsah MgO	$\leq 4\%$	+ 0,5 %	EN 196-2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>2)</sup>	$\leq 4\%$	110 mg.kg <sup>-1</sup>	EN 450-1
zbytek na síť 0,045 mm	kat. N $\leq 40\%$ kat. S $\leq 12\%$	$\pm 10\%$ + 1%	EN 451-2 za mokra
index účinnosti (porovnání pevnosti v tlaku)	za 28 dní 75 % za 90 dní 85 %	-5 %	EN 196-1
objemová stálost <sup>4)</sup>	$\leq 10\text{ mm}$	-	EN 196-3
variabilita měrné hmotnosti	max. $\pm 200\text{kg.m}^{-3}$ od deklarované	+ 25 kg.m <sup>-3</sup>	EN 196-6
počátek tuhnutí	ne 2x delší než směs jen z cementu	+ 20 minut	EN 196-3
požadavek na množství vody	95 % (jen kategorie S)	+ 2%	EN 450-1

- 1) Pokud je  $\geq 1$  %, nutná zkouška na objemovou stálost.
- 2) Obsah rozpustného fosforečnanu vyjádřený jako  $P_2O_5$ .
- 3) Porovnání pevnosti v tlaku.
- 4) 50 % popílku a 50 % cementu.

## Koncepce k-hodnoty pro popílek podle ČSN EN 450-1

Maximální množství popílku, které lze uvažovat u koncepcie k-hodnoty, musí vyhovovat požadavku hmotnostního poměru:

■ popílek/cement  $\leq 0,33$

Jestliže se přidává větší množství popílku, pak se přebývající část nemůže brát v úvahu pro výpočet součinitele voda/(cement + k x popílek) ani pro minimální obsah cementu.

Pro beton obsahující cement druhu CEM I podle ČSN EN 197-1 je dovoleno použít následujících k-hodnot:

■ CEM 32,5  $k = 0,2$

■ CEM 42,5 a vyšší  $k = 0,4$

Hodnota  $k = 0,2$  se používá pro cementy CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM III A.

Minimální obsah cementu požadovaný v článku 7.3 se může snížit maximálně o množství  $k \times$  (minimální obsah cementu - 200)  $\text{kg/m}^3$ , avšak množství (cement + popílek) nesmí být menší než je minimální obsah cementu požadovaný v ČSN EN 206-1.

### 6.2.2 Křemičité látky, úlety (silica fume)

Křemičité úlety jsou odpadem některých hutnických provozů (výroba ferosilicia). Vyznačují se mimořádně velkým měrným povrchem a dobrými pucolánovými vlastnostmi. Obsahují 80 % až 98 % amorfního  $\text{SiO}_2$  ve tvaru kulových zrn o průměru asi 0,1  $\mu\text{m}$  až 0,2  $\mu\text{m}$ , při měrném povrchu 15 000  $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$  až 30 000  $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$  a měrné hmotnosti 2120  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Požaduje se ztráta žháním do 4 % hm. Křemičité látky jsou aktivní příměsí do cementu i betonu.

Zlepšují vlastnosti čerstvého betonu, jako je odmísení, odlučování vody (bleeding), čerpatelnost, avšak zvyšují potřebné množství vody o 1 litr na 1 kg úletů pro dosažení stejné zpracovatelnosti.

Vhodnost použití do betonu je obecně prokázána, pokud křemičité látky odpovídají ČSN EN 16236-1 Křemičitý úlet do betonu. Podle obsahu  $\text{SiO}_2$  se rozlišují dvě třídy.

Křemičitý úlet je definován jako:

- Velmi jemné částice amorfního oxidu křemičitého zachyceného jako vedlejší produkt tavicího procesu při výrobě křemíkových kovů a slitin ferosilicia.
- Křemičitý úlet může být upravován, například tříděním, výběrem, smícháváním, aglomerováním nebo vytvářením kaše nebo kombinací těchto procesů v příslušných provozovnách. Takto upravený křemičitý úlet může být z křemičitých úletů z různých zdrojů, každý však musí vyhovovat výše uvedené definici. Křemičitý úlet může být též nazýván „kondenzovaný křemičitý úlet“ nebo „mikrosilika“.

### Požadaky na chemické složení a další vlastnosti

vlastnost	požadavek	mezí hodnota jednotlivého vzorku	zkušební metoda
obsah $\text{SiO}_2$	třída 1: $\geq 85$ % třída 2: $\geq 80$ %	třída 1: 80 % třída 2: 75 %	EN 196-2
obsah elementárního křemíku	$\leq 0,4$ %	+ 0,1 %	ISO 9286
volný CaO	$\leq 1,0$ %	–	EN 451-1
obsah síranů ( $\text{SO}_3$ )	$\leq 2,0$ %	–	EN 196-2
$\text{Na}_2\text{O}_{\text{ekv.}}$	musí být deklarován	–	EN 196-2
obsah chloridů ( $\text{Cl}^-$ ) <sup>1)</sup>	$\leq 0,3$ %	–	EN 196-2
ztráta žíháním	$\leq 4,0$ % hm.	+ 2,0 %	EN 196-2
měrný povrch	(15,0–35,0) $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	$\geq 13,5$	ISO 9277

<sup>1)</sup> Nad 0,1 % musí být deklarován.

## Koncepce k-hodnoty pro křemičitý úlet podle ČSN EN 13263

Maximální množství křemičitého úletu, které lze vzít v úvahu pro výpočet vodního součinitele a pro výpočet obsahu cementu, musí vyhovovat požadavku hmotnostního poměru:

- křemičitý úlet/cement  $\leq 0,11$ .

Jestliže se přidává větší množství křemičitého úletu, pak se přebývající část nesmí brát v úvahu při koncepci k-hodnoty.

Pro beton obsahující cement druhu CEM I podle EN 197-1 je dovoleno použít následujících k-hodnot:

- pro určený vodní součinitel  $\leq 0,45$   $k = 2,0$
  - pro určený vodní součinitel  $> 0,45$   $k = 2,0$
- s výjimkou pro stupně vlivu prostředí XC a XF, kdy  $k = 1,0$ .

Množství (cement +  $k \times$  křemičitý úlet) nesmí být menší, než je minimální obsah cementu, který je požadován pro příslušný stupeň vlivu prostředí (viz kap. 7.3). Minimální obsah cementu nesmí být snížen více než o  $30 \text{ kg/m}^3$  betonu použitého pro stupně vlivu prostředí, které vyžadují minimální obsah cementu  $\leq 300 \text{ kg/m}^3$ .

V případě, že jsou současně použity jako příměs popílek a křemičitý úlet, musí obsahy obou příměsí (popílkou p a křemičitého úletu s) odpovídat níže uvedeným hmotnostním podílům k cementu (c).

### Při použití cementu CEM I:

- $p/c \leq 3(0,22 - s/c)$ .

### Při použití cementů CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-D, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM II/A-LL a CEM III/A

- $p/c \leq 3(0,15 - s/c)$ .

Poznámka: při použití jiných cementů není společné použití po-



### 6.2.3 Mletá granulovaná vysokopecní struska

Vhodnost pro použití do betonu je obecně prokázána, pokud struska odpovídá ČSN EN 15167-1.

Granulovaná vysokopecní struska je definována jako:

- Sklovitý materiál vznikající rychlým ochlazením vhodně složené struskovité taveniny vznikající při tavení železné rudy ve vysoké peci, struska musí být nejméně ze dvou třetin hmotnosti sklovitá a při vhodné aktivaci musí vykazovat hydraulické vlastnosti.
- Mletá granulovaná vysokopecní struska je pak jemný prášek, vzniklý mletím granulované vysokopecní strusky.

#### Požadavky na chemické složení a další vlastnosti

vlastnost	požadavek	mezní hodnota jednotlivého vzorku	zkušební metoda
obsah MgO	≤ 18 %	+1,0 %	EN 196-2
obsah sulfidů	≤ 2,0 %	+0,5 %	EN 196-2
obsah síranů	≤ 2,5 %	+0,5 %	EN 196-2
ztráta žíháním <sup>1)</sup>	≤ 3,0 %	+0,5 %	EN 196-2
obsah chloridů <sup>2)</sup>	≤ 0,1 %	–	EN 196-2
obsah vlhkosti	≤ 1,0 %	+0,5 %	EN 15167
měrný povrch	≥ 275 m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup>	-25	EN 196-6
počátek tuhnutí	ne 2x delší než směs z cementu	2,25x	EN 196-3
index účinnosti <sup>3)</sup>	za 7 dní 45 % za 28 dní 70 %	-5 % -5 %	EN 196-1

1) opravená na oxidaci sulfidů

2) nad 0,1% musí být deklarován

3) porovnání pevnosti v tlaku

## **Koncepce k-hodnoty pro jemně mletou vysokopecní granulovanou strusku:**

Maximální množství mleté granulované vysokopecní strusky, které je možné vzít v úvahu pro výpočet vodního součinitele a pro výpočet minimálního obsahu cementu požadovaného pro příslušný stupeň vlivu prostředí, musí splňovat podmínky dle ČSN EN 206-1, Příloha E – Návod na použití ekvivalentní koncepce posouzení vlastností betonu.

To znamená prokázat, že beton s příměsí (jemně mletou granulovanou vysokopecní struskou) má minimálně stejné vlastnosti jako beton referenční.

### **6.2.4 Ostatní příměsi**

Pro ostatní příměsi, jako jsou kamenná moučka, jemně mletý vápenec a případně další materiály (pokud jejich vlastnosti nejsou prokazatelně deklarovány dle ČSN EN 12620), je vhodnost obecně prokázána, jsou-li v technické dokumentaci deklarovány jako vhodné pro použití do betonu a je-li na ně vydáno příslušné STO ve smyslu platného nařízení vlády. Pro jejich použití jako příměsi typu II musí být vhodnost navíc prokázána průkazní zkouškou dle ČSN EN 206-1, Příloha A.

## **6.3 BAREVNÉ PIGMENTY**

Vhodnost použití pigmentů do betonu je obecně prokázána, vyhoví-li ČSN EN 12878.

### **Anorganické pigmenty do betonu mají mít následující vlastnosti:**

- barevná stálost ve styku s cementem a nezávislá na povětrnostních vlivech,
- minimální vliv na pevnost betonu a na dobu tuhnutí a tvrdnutí betonu,
- dobrá krycí schopnost, která je vyjádřena granulometrií a omezenou agregací částic,

Částice často flokulují, vytváří shluky, a tím se snižuje barevná krycí schopnost pigmentu. Intenzita barvy je závislá na dávce pigmentu, jejichž cena je relativně vysoká, ale nad 6–9 % dávky pigmentu, vztaženo na hmotnost cementu, se již intenzita barvy nezlepšuje. Obvykle se dává do 5 % hmotnosti cementu. Dobrá barevnost betonu se získá použitím bílého cementu a praného světlého kamenina s vyloučením zrn do 0,01 mm a omezením frakce do 1 mm na 20 %. Používáme-li šedý cement, získáme tmavší barvy, pro žlutou, modrou a zelenou barvu se jeho použití nedoporučuje.

### **Důležitá je technologie přípravy čerstvého barevného betonu, který lze připravit dvěma variantami:**

- Cement a pigment dáváme v suchém, sybkém stavu do míchačky.
- Pigment rozplavíme ve vodě a vzniklou suspenzi dáváme do rozmíchaného čerstvého betonu (tento způsob je vhodnější, neboť umožňuje větší flexibilitu dávkování a vylučuje prašnost).

Poznámka: některé barevné pigmenty dodává výrobce již jako pastu či suspenzi, která se přímo dává do hotové směsi betonu.

Působením klimatu (UV záření, voda, teplota, znečištěný vzduch) dochází ke změnám barvy dekorativního betonu. Změny zbarvení vzniklé působením znečištěného vzduchu lze významně omezit použitím fotokatalytického cementu, který průběžně rozkládá nečistoty usazené na povrchu betonu. Rovněž zabraňuje růstu řas, mechů a hub.

### **Předpokládaný dlouhodobý časový průběh změn barevného betonu (bez dodatečného ošetření):**

- za 4 týdny až 4 měsíce se tvoří výkvěty ( $\text{CaCO}_3$ ) a povrch barevného betonu se mléčně zbarví,
- za 18 měsíců až 3 roky déšť smyje výkvěty, povrch betonu získá původní barvu,
- v období 3 až 8 let nastává eroze povrchu, barva se přibližuje barvě kameniva,
- za 5 let se povrch betonu začíná špinit, povrch nepravidelně a výrazně ztmavne,

- za 8 až 10 let – proměnlivé barvy povrchu jsou způsobeny organismy (mechy, řasy, houby).

## 6.4 BETONÁŘSKÁ A PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽ

**Betonářská ocel dle normy ČSN EN 10080** zahrnuje svařitelnou betonářskou výztuž dodávanou ve formě tyčí, svitků a rozvinutých výrobků, továrně vyrobené strojově svařované sítě a příhradové nosníky. Výrobek musí být označen typem výrobku, číslem normy, jmenovitým rozměrem a technickou skupinou oceli.

Ocel se značí písmenem skupiny (B pro betonářskou ocel), charakteristickou hodnotou meze kluzu  $R_e$  (400–600) MPa a třídou tažnosti (A, B, C).

Ocel ve formě tyčí musí být označena identifikací výrobce sestávající z kódu země původu a čísla výrobního závodu. Takové označení se provádí např. pomocí zesílených či chybějících žebírek nebo vtištěnými značkami. Hladká ocel může být identifikována údaji na přiloženém štítku.

Svařovaná síť musí být navíc opatřena štítkem s označením výrobce sítě.

### **Evropská norma EN 10138 pro předpínací ocel definuje:**

- Všeobecné požadavky.
- Za studena tažené dráty s odstraněným pnutím, hladké a profilované. Pevnostní třída 1570 MPa o průměru 9,4 a 10,0mm; 1670 MPa o průměrech 5,0; 6,0; 7,0; 7,5; 8,0mm, 1770 MPa o průměrech 4,0; 5,0; 6,0mm a průměru 4,0mm pevnosti 1860 MPa.
- Pramence. Třídrátové průměru 5,2mm pevnostní třídy 1960 MPa a 2060 MPa, průměru 6,5mm pevnosti 1860 MPa a 1960 MPa, průměru 6,8 a 7,5mm s pevností 1860 MPa. Sedmidrátové s dráty pevnostní třídy 2060 MPa o průměru 7,0mm, s dráty o pevnosti 1860 MPa a profilech 9,0; 11,0; 12,5; 13,0; 15,2; 16,0mm, s dráty

o pevnosti 1770 MPa o průměrech 15,2; 16,0; 18,0 mm. Používají se dráty s hladkým i s profilovaným povrchem. Jednoduchý předpínací pramenec jsou 3 dráty svinuté do výztužné vložky tak, aby výška vinutí se rovnala 18 až 24násobku jmenovitého průměru použitého drátu. Předpínací lano je jednopramenné lano svinuté ze 7 hladkých drátů (1 + 6) kruhového průřezu. Předpínacími kabely jsou souběžně sdružené vložky předpínací výztuže.

■ Tyče za tepla válcované, hladké a žebrované. Pevnostní třídy 1030 a 1230 MPa s průměrem tyče 20, 25, 26, 32, 36, 40 mm. O průměru 50 mm jen z oceli 1030 MPa. Tyto tyče lze použít i pro předpínání elektroohřevem (max. teplota 400 °C po dobu nejdéle 10 min).

■ Zušlechtěné dráty (kalené, temperované).

## 6.5 ROZPTÝLENÁ VÝZTUŽ

**Vláknovou výztuží se zlepšují některé vlastnosti betonu:**

- podporují se pevnostní vlastnosti betonu a omezuje se až zastavuje vznik smršťovacích trhlin,
- snižují se deformace betonu, neboť se zvyšuje modul pružnosti,
- omezuje se křehkost betonu, zvyšuje se jeho houževnatost a pevnost v rázu,
- zvyšuje se únavová pevnost, vlákna přenášejí sílu přes případnou trhlinu.
- při použití do plně podepřených, deskových konstrukcí nahrazují rozptýlená ocelová vlákna prutovou výztuž, v ostatních konstrukčních prvcích mohou nahrazovat kupř. smykovou výztuž.

**Ocelová vlákna** jsou nejčastěji používána v délkách od 12 do 60 mm, tloušťky od 0,25 do 1,0 mm, štíhlostního poměru (poměr délky k tloušťce) 50 až 100.

Rozdílná úprava vláken má zajistit dostatečné kotvení v cementovém kameni. Vlákna jsou zalomena, na koncích zploštělá, ohnutá, profilovaná nebo lze použít ocelových třísek z obrábění oceli.

Ocelová vlákna se dávkuje v % objemu betonu: hladká vlákna 0,8 % až 1,8 % (v maltě 1–2 %), tvarovaná vlákna 0,3 % až 0,9 % (v maltě 0,5–1,0 %).

Vhodnost ocelových vláken do betonu je obecně prokázána, splňují-li podmínky ČSN EN 14889-1.

Ocelová vlákna musí být zaříděna do jedné z následujících skupin dle základního materiálu použitého pro jejich výrobu:

Skupina I: za studena tažený drát

Skupina II: vlákna stříhaná z plechu

Skupina III: vlákna oddělovaná z taveniny

Skupina IV: vlákna protahovaná z drátu taženého za studena

Skupina V: vlákna frézovaná z ocelového bloku.

Ocelová vlákna musí být přímá nebo tvarovaná. Výrobce musí deklarovat tvar vlákna.

**Polymerová vlákna** jsou dodávána v délce 6 a 12 mm, o průměru vláken 18  $\mu\text{m}$  a s měrnou hmotností 910  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Vhodnost polymerových vláken do betonu je obecně prokázána, splňují-li podmínky ČSN EN 14889-2.

Polymerová vlákna musí být deklarována výrobcem podle svého fyzického tvaru:

■ Třída Ia: mikrovlákna s průměrem < 0,30 mm; jednovláknovitá (monofilamentická)

■ Třída Ib: mikrovlákna s průměrem < 0,30 mm; vláknitá (fibrilovaná)

■ Třída II: makrovlákna s průměrem > 0,30 mm

(vlákna Třídy II se obecně používají tam, kde je vyžadováno zvýšení zbytkové pevnosti v tahu ohybem).

**Skelná vlákna** musí být upravena pro vyšší odolnost v alkalickém prostředí cementového kamene, jednak úpravou chemického složení sklářského kmene a jednak lubrikací (velmi tenkým povlakem na povrchu vláken). Dávkuje se 1–2 %, do stříkaného betonu 8–12 %.

■ Komerční označení: Cemfil, Rezalt, Fibrex, Dolamit, Dimapos.

Betonová krycí vrstva výztuže je dána vzdáleností mezi povrchem výztuže nejbližším k povrchu betonu (včetně spon, třmínků a případně povrchové výztuže) a nejbližším povrchem betonu.

Nominální krycí vrstva musí být předepsána na výkresech. Je definována jako součet minimální krycí vrstvy  $c_{\min}$  (dle ČSN EN 1992-1-1 článek 4.4.1.2) a přídavku na návrhovou odchylku  $\Delta c_{\text{dev}}$  (dle ČSN EN 1992-1-1 článek 4.4.1.3).

B E T O N  
U N I V E R S I T Y

Získejte titul  
na beton!

Přihlaste se na semináře v aktuálním ročníku.  
Více na [www.betonuniversity.cz](http://www.betonuniversity.cz)

ČESKOMORAVSKÝ  
BETON  
HEIDELBERGCEMENT Group



**7.1 POJMY****7.2 KLASIFIKACE BETONU**

7.2.1 Klasifikace podle stupně vlivu prostředí

7.2.2 Klasifikace podle konzistence

7.2.3 Pevnostní třídy betonu

7.2.4 Klasifikace dle maximální velikosti zrna kameniva

7.2.5 Třídy objemové hmotnosti

**7.3 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ BETONU PODLE KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ**

7.3.1 Základní požadavky na složky betonu

7.3.2 Požadavky na beton v závislosti na stupni vlivu prostředí

7.3.3 Použitelnost cementů pro stupně vlivu prostředí

7.3.4 Požadavky na obsah moučky

7.3.5 Požadavky na maximální obsah chloridů

7.3.6 Požadavky na odolnost proti alkalicko-křemičité reakci

7.3.7 Požadavky pro betonování pod vodou

7.3.8 Požadavky na cementovou maltu (jemnozrný beton s  $D_{\max}$  4 mm) pro zmonolitnění prefabrikátů

7.3.9 Požadavky při dodávce betonu

**7.4 NÁVRH SLOŽENÍ BETONU****7.5 NÁVRH PODLE EMPIRICKÉHO MNOŽSTVÍ VODY****7.6 SILNIČNÍ BETON****7.7 KONSTRUKČNÍ VRSTVY POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ****7.8 BETON ODOLNÝ PROTI PŮSOBENÍ VODY A CHEMICKÝCH ROZMRAZOVACÍCH LÁTEK (CHRL)****7.9 PĚNOBETON****7.10 ČERPANÝ ČERSTVÝ BETON**

ČSN EN 206-1 platí pro beton určený pro konstrukce betonované na staveništi, montované konstrukce a pro prefabrikované konstrukční dílce pozemních a inženýrských staveb. Beton může být vyráběn na staveništi, dodáván jako transportbeton nebo vyráběn ve výrobně betonových výrobků.

### Oblasti použití betonu dle ČSN EN 206-1

oblasti použití	norma neplatí pro:
obyčejný beton těžký beton lehký beton vysokopevnostní beton předpjatý beton samozhutnitelný beton <sup>a)</sup>	pórobeton pěnobeton beton s otevřenou strukturou (jednozrný beton) beton s objemovou hmotností menší než 800kg/m <sup>3</sup> žáruvzdorný beton beton s napěněnou maltou betony (cementové malty) s maximální jmenovitou horní mezí frakce kameniva nejvýše 4 mm, výjimkou je cementová malta pro zmonolitnění montovaných konstrukcí proteplované vysokopevnostní betony silniční betony

a) Pro samozhutnitelný beton lze použít i ustanovení specifických předpisů, například:

- Evropské směrnice pro samozhutnitelný beton – Specifikace, výroba a použití;
- TP 187 Samozhutnitelný beton pro mostní objekty pozemních komunikací (Technické podmínky MD).

**Beton**

Materiál ze směsi cementu, hrubého a drobného kameniva a vody s přísadami nebo příměsemi nebo bez nich, který získává své vlastnosti hydratací cementu.

**Čerstvý beton**

Beton, který je zcela zamíchán a je ještě v takovém stavu, který umožňuje jeho zhutnění zvoleným způsobem.

**Ztvrdlý beton**

Beton, který je v pevném stavu a má již určitou pevnost.

**Beton vyráběný na staveništi**

Beton, který byl odběratelem vyroben na staveništi pro vlastní potřebu.

**Transportbeton**

Beton dodávaný v čerstvém stavu osobou nebo organizací, která není odběratelem betonu; transportbeton ve smyslu normy ČSN EN 206-1 je také:

- beton vyráběný odběratelem mimo staveniště,
- beton vyráběný na staveništi, ale ne odběratelem.

**Obyčejný beton**

Beton, který má po vysušení v sušárně objemovou hmotnost větší než  $2000 \text{ kg/m}^3$ , ale nepřevyšující  $2600 \text{ kg/m}^3$ .

**Lehký beton**

Beton, který má po vysušení v sušárně objemovou hmotnost větší než  $800 \text{ kg/m}^3$  a menší než  $2000 \text{ kg/m}^3$ . Je vyráběn zcela nebo jen zčásti z pórovitého kameniva.

**Těžký beton**

Beton, který má po vysušení v sušárně objemovou hmotnost větší než  $2600 \text{ kg/m}^3$ .

### **Vysokopevnostní beton**

Beton, který má třídu pevnosti v tlaku větší než C 50/60 pro obyčejný a těžký beton a LC 50/55 pro lehký beton.

### **Provzdušněný beton**

Beton obsahující provzdušňující přísady, kterými se zabezpečí obsah vzduchových pórů, minimálně v hodnotách požadovaných normou nebo jinými specifikacemi.

### **Krychlový metr betonu**

Množství čerstvého betonu, které po ztuhnutí postupem uvedeným v EN 12350-6 vyplňuje objem jednoho krychlového metru.

### **Typový beton**

Beton, pro který jsou výrobci specifikovány požadované vlastnosti a doplňující charakteristiky betonu a výrobce zodpovídá za dodání betonu vyhovujícího požadovaným vlastnostem a doplňujícím charakteristikám.

### **Beton předepsaného složení**

Beton, pro který je výrobci předepsáno složení betonu včetně používaných složek a výrobce zodpovídá za dodání betonu předepsaného složení.

### **Charakteristická pevnost**

Hodnota pevnosti, pro kterou lze očekávat nižší hodnoty nejvýše u 5 % základního souboru všech možných výsledků zkoušek pevnosti hodnoceného objemu betonu.

### **Specifikace**

Konečná sestava dokumentovaných technických požadavků předaných výrobcem ve formě požadovaných vlastností nebo složení betonu.

### **Působení prostředí**

Takové chemické a fyzikální působení, kterému je vystaven beton, jehož účinky na beton nebo na výztuž nebo na zabudované kovové vložky nejsou uvažovány jako zatížení konstrukce.

### **Celkový obsah vody**

Dávkovaná voda a voda, která je už obsažená v kamenivu i na povrchu zrn kameniva, voda obsažená v přísadách a příměsích, které jsou přidávány v suspenzi, i voda z přidávaného ledu nebo při ohřívání párou.

### **Účinný obsah vody**

Rozdíl mezi celkovým obsahem vody přítomným v čerstvém betonu a vodou nasáknutou kamenivem.

### **Vodní součinitel**

Poměr účinného obsahu vody k hmotnosti cementu v čerstvém betonu.

### **Přísada**

Materiál, který upravuje vlastnosti čerstvého nebo ztvrdlého betonu, přidávaný během míchání betonu v malém množství v poměru ke hmotnosti cementu.

### **Příměs**

Práškovitý materiál, který se přidává do betonu za účelem zlepšení určitých vlastností nebo k docílení speciálních vlastností betonu; norma ČSN EN 206-1 pojednává o dvou druzích anorganických příměsí:

- téměř inertní příměsí (druh I),
- pucolány nebo latentní hydraulické příměsí (druh II).

Beton se dle ČSN EN 206-1 klasifikuje dle různých kritérií, a to podle:

- klasifikace dle stupně vlivu prostředí,
- klasifikace dle stupně konzistence,
- klasifikace dle třídy pevnosti v tlaku,
- klasifikace dle třídy objemové hmotnosti (pro lehký beton).

### 7.2.1 Klasifikace podle stupně vlivu prostředí

Za účelem stanovení životnosti betonu ve stavebních konstrukcích jsou vlivy na beton rozděleny do stupňů vlivů prostředí dle nebezpečí koroze betonu nebo výztuže následovně:

- beton bez nebezpečí koroze nebo narušení X0,
- nebezpečí koroze výztuže XC, XD, XS (chloridy z mořské vody, v ČR je nepravděpodobné),
- nebezpečí koroze betonu XF, XA, XM.

Resortní předpis MD ČR ještě rozlišuje nebezpečí vzniku alkalicke-křemičité reakce XW.

Beton může být vystaven působení více než jednoho z uvedených vlivů. V tom případě se vliv prostředí vyjádří jako kombinace stupňů.

## Bez nebezpečí koroze nebo narušení

Platí pro nevyztužené betonové konstrukce (bez zabudovaných kovových vložek) a beton bez vlivu vnějšího prostředí (například velmi suché prostředí nebo beton s dostatečnou vnější ochranou).

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
X0	<p>pro beton bez výztuže nebo zabudovaných kovových vložek: všechny vlivy s výjimkou střídavého působení mrazu a rozmrazování, obrusu nebo chemicky agresivního prostředí.</p> <p>pro beton s výztuží nebo se zabudovanými kovovými vložkami: velmi suché</p>	<p>beton základů bez výztuže v prostředí bez vlivu mrazu</p> <p>beton bez výztuže uvnitř budov</p> <p>beton uvnitř budov s velmi nízkou vlhkostí vzduchu</p>

## Koroze vlivem karbonatace

Pokud beton obsahující výztuž nebo jiné zabudované kovové vložky je vystaven ovzduší a vlhkosti, pak se stupeň vlivu prostředí určuje následovně:

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
XC1	suché nebo stále mokré	beton uvnitř budov s nízkou** vlhkostí vzduchu; beton trvale ponořený ve vodě; části staveb uvnitř budov se střední vlhkostí vzduchu (včetně kuchyní, koupelen a prádeln v obytných budovách); nesmáčené prvky mostních konstrukcí přístupné vzduchu
XC2	mokré, občas suché	povrch betonu vystavený dlouhodobému působení vody; většina základů; části vodojemů
XC3	středně mokré, vlhké	beton uvnitř budov se střední*** nebo velkou**** vlhkostí vzduchu; venkovní beton chráněný proti dešti; části staveb, ke kterým má často nebo stále přístup vnější vzduch, např.: haly, vnitřní prostory s velkou vlhkostí vzduchu (kuchyně pro hromadná stravování, lázně, prádelny, veřejné a kryté bazény, stáje a chlěvy)
XC4	střídavě mokré a suché	povrchy betonu ve styku s vodou, které nejsou zahrnuty ve stupni vlivu prostředí XC2; vnější části staveb z betonu přímo vystaveného srážkám



**POZNÁMKA:** Vlhkostní podmínky se vztahují ke krycí vrstvě výztuže nebo jiných kovových vložek, ale v mnoha případech podmínky v krycí vrstvě výztuže se mohou považovat za stejné jako v okolním prostředí. V takových případech může být přiměřeně stanovit vliv podle okolního prostředí, ne však v případech, kdy je beton od okolního prostředí oddělen.

Informativní dělení prostředí podle průměrné dlouhodobé relativní vlhkosti vzduchu:

- \* velmi nízká, méně než 30 %      ■ \*\* nízká 30–60 %
- \*\*\* střední 60–85 %                      ■ \*\*\*\* velká, více než 85 %.

### Koroze vlivem chloridů, ne však z mořské vody

Pokud beton s výztuží nebo s jinými zabudovanými kovovými vložkami přichází do styku s vodou obsahující chloridy, včetně rozmrazovacích solí, ze zdrojů jiných než z mořské vody, musí být vliv prostředí odstupňován následovně:

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
XD1	středně mokré, vlhké	povrchy betonů vystavené chloridům rozptýleným ve vzduchu; stavební části dopravních ploch, jednotlivé garáže
XD2	mokré, občas suché	plavecké bazény; beton vystavený působení průmyslových vod obsahujících chloridy; části mostů vystavené postřikům obsahujícím chloridy
XD3	střídavě mokré a suché	vozovky, betonové povrchy parkovišť, části mostů a inženýrských staveb vystavené postřikům obsahujícím chloridy

## Koroze vlivem chloridů z mořské vody

Pokud beton s výztuží nebo s jinými zabudovanými kovovými vložkami přichází do styku s chloridy z mořské vody nebo slaným vzduchem z mořské vody, musí být vliv prostředí odstupňován následovně:

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
XS1	vystaven slanému vzduchu, ale ne v přímém styku s mořskou vodou	stavby blízko mořského pobřeží nebo na pobřeží
XS2	trvale ponořen ve vodě	části staveb v moři
XS3	smáčený a ostříkovaný přílivem	části staveb v moři

## Koroze vlivem působení mrazu a rozmrazování s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich

Pokud je mokrý beton vystaven značnému působení mrazu a rozmrazování (mrazovým cyklům), musí být vliv prostředí odstupňován následovně:

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
XF1	mírně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	svislé betonové povrchy vystavené dešti a mrazu
XF2	mírně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky	svislé betonové povrchy konstrukcí pozemních komunikací vystavené mrazu a rozmrazovacím prostředkům rozptýleným ve vzduchu
XF3	značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků	vodorovné betonové povrchy vystavené dešti a mrazu; otevřené nádrže na vodu; části staveb v zóně kolísání hladiny sladké vody; přelivná tělesa vodních staveb
XF4	značně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou	vozovky a mostovky vystavené rozmrazovacím prostředkům; betonové povrchy vystavené přímému ostříku rozmrazovacími prostředky a mrazu; omývaná část staveb v moři vystavená mrazu, lapoly a nádrže u komunikací, betonová svodidla

## Koroze vlivem chemického působení

Pokud je beton vystaven chemickému působení rostlé zeminy a podzemní vody, musí být vliv prostředí odstupňován, jak je uvedeno dále.

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
XA1	slabě agresivní chemické prostředí	nádrže čistíren odpadních vod, jímky odpadních vod (žumpy, septiky), základy staveb
XA2	středně agresivní chemické prostředí	části staveb v půdách agresivních vůči betonu, základy staveb
XA3	vysoce agresivní chemické prostředí	průmyslové čistírny odpadních vod s chemicky agresivními vodami; základy staveb, sklady chemických rozmrazovacích látek a umělých hnojiv, silážní jámy a krmné žlaby v zemědělství; chladičové věže s odvodem kouřových plynů
<p><b>POZNÁMKA:</b> Ke stanovení příslušných stupňů vlivu může být nutná zvláštní studie, pokud:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>■ jsou hodnoty mimo mezní hodnoty uvedené v tabulce 2 ČSN EN 206-1;</li><li>■ jsou přítomny jiné chemikálie;</li><li>■ je zemina nebo voda chemicky znečištěná;</li><li>■ je vysoká rychlost vody v kombinaci s chemikáliemi podle tabulky 2 ČSN EN 206-1.</li></ul>		

## Definice agresivního prostředí podle ČSN EN 206-1

Odstupňování chemického prostředí je založeno na přírodních půdách a spodních vodách při teplotě 5 °C až 25 °C s velmi malou rychlostí proudění vody blížící se nehybným podmínkám.

Pro zařazení je určující nejagresivnější hodnota jednotlivých chemických charakteristik. Jsou-li dvě nebo více charakteristik stejného stupně, je nutno použít pro zařazení nejbližší vyšší stupeň, pokud se neprokáže, že to není nezbytné.

chemická charakteristika	referenční zkušební metoda	XA1 slabě agresivní	XA2 středně agresivní	XA3 vysoce agresivní
<b>voda:</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>II-</sup> (mg/l)	ČSN EN 196-2	≥ 200 ≤ 600	> 600 ≤ 3000	> 3000 ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 ≥ 5,5	< 5,5 ≥ 4,5	< 4,5 ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> agr. (mg/l)	ČSN EN 13577	≥ 15 ≤ 40	> 40 ≤ 100	>100 až k nasycení
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	ISO 7150-1 nebo	≥ 15 ≤ 30	> 30 ≤ 60	> 60 ≤ 100
Mg <sup>II+</sup> (mg/l)	ISO 7980	≥ 300 ≤ 1000	> 1000 ≤ 3000	> 3000 až k nasycení
<b>půda:</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>II-</sup> mg/kg <sup>1,2</sup>	ČSN EN 196-2	≥2000 ≤3000 <sup>3</sup>	>3000 ≤12000	> 12000 ≤ 24000
st. kyselosti	DIN 4030-2	> 20° Gula-Baumann		

<sup>1)</sup> Jílovité zeminy s propustností menší než 10<sup>-5</sup> m/s se řadí do nižšího stupně.

<sup>2)</sup> Zkušební metoda předepisuje vyluhování SO<sub>4</sub><sup>II-</sup> pomocí kyseliny chlorovodíkové. Jestliže jsou k dispozici zkušenosti v místě užití betonu, lze alternativně užít vodní extrakci.

<sup>3)</sup> Limit 3000 mg/kg se zmenší na 2000 mg/kg v případě nebezpečí hromadění síranových iontů v betonu v důsledku střídavého vysoušení a zvlhčování nebo kapilárního sání.

V případě, že je znám původ (voda/zemina) a rozsah agresivity prostředí (viz tabulka výše), lze pro návrh opatření k ochraně betonu použít následující tabulku:

## Doporučená opatření na primární ochranu betonu proti jeho korozi vlivem chemicky agresivního prostředí (XA1, XA2, XA3)

stupeň vlivu prostředí <sup>a)b)c)</sup>	Druh chemické agresivity zeminy nebo vody						
	síranová (SO <sub>3</sub> )			hořečnatá (Mg)			
	XA1	XA2	XA3	XA1	XA2	XA3	XA1
podmínky působení	platí pro agresivní zeminu a vodu s teplotou od 5 °C do 25 °C působící na konstrukci více než 100 roků; platí pro neproudící a malou rychlost vody (zcela výjimečně do 2 m.s <sup>-1</sup> )						
min. tloušťka konstrukce	pro prostý beton 0,3 m						
druh cementu	sírano-vzdorný cement 1 <sup>f)</sup>	sírano-vzdorný cement 2 <sup>g)</sup>	sírano-vzdorný cement 3 <sup>h)</sup>				
příměsí <sup>d)</sup>	popílek, jemně mletá vysokopecní struska	popílek, křemičitý úlet, metakolín, jiný geopolymer	křemičitý úlet, metakolín, jiný geopolymer	-	-	křemičitý úlet	-
přísady	při použití křemičitého úletu a jiných vodonáročných příměsí je nutné použít vodoredukující přísadu (použití této přísady je vhodné i v ostatních případech)						

a) Stupeň vlivu prostředí se určí podle tabulky 2 ČSN EN 206-1.

b) Stupeň vlivu prostředí se zvýší zpravidla o jeden stupeň, když:

- teplota vody je vyšší než 25 °C, ale nižší než 50 °C
- předpokládaná provozní životnost je vyšší než 100 roků
- rychlost vody je vyšší než 2 m.s<sup>-1</sup>

- na konstrukci působí současně dvě nebo více chemických prostředí stejného stupně a není provedena podrobnější analýza.

c) Stupeň vlivu prostředí se sníží o jeden stupeň, když je konstrukce uložena v jílovitých zeminách s propustností menší než 10<sup>-5</sup> m.s<sup>-1</sup>.

Druh chemické agresivity zeminy nebo vody

kyselá (pH)		uhličitá (CO <sub>3</sub> )			amonná (NH <sub>4</sub> )		
XA2	XA3	XA1	XA2	XA3	XA1	XA2	XA3

v případě, že nejsou použity vhodné příměsi, použít cement s nízkým obsahem portlandského slínku (s granulovanou vysokopepnicí struskou, s popílkem, s pucolánem); pokud se jedná o stupeň XA2 až XA3 vyvolaný agresivním CO<sub>2</sub>, nepoužijí se portlandské směsné cementy CEM II, které obsahují vápenec jako hlavní složku

–	železná příměs nebo mletý geopolymer (metakaolín, jiný zeolit), kombinace zeolitu s křemičitým úletem	–	–	křemičitý úlet
---	---	---	---	----------------

d) Přísady a příměsi musí splnit požadavky článku 5 ČSN EN 206-1.

f) Síránovzdorný cement 1 – použití síránovzdorného cementu není nutné při použití uvedených příměsí anebo při použití cementu, který obsahuje alespoň 21% strusky, popílku nebo pucolánu a jehož obsah C<sub>3</sub>A ve slínku nepřekročí 10 %.

g) Síránovzdorný cement 2 – síránovzdorný cement podle ČSN 72 2103. Při obsahu SO<sub>4</sub> do 1500 mg/l lze použít i cementy CEM III/B a CEM III/C a dále následující cementy v kombinaci s příměsí do betonu:

a) CEM I s obsahem C<sub>3</sub>A ve slínku do 10 %, CEM II/A-S a CEM II/B-S s dostatečnou dávkou pucolánové příměsí (např. s alespoň 20 % popílku)

b) CEM III/A s alespoň 10 % popílku.

h) Síránovzdorný cement 3 – síránovzdorný cement podle ČSN 72 2103.

## Koroze vlivem mechanického působení (obrus)

Pokud je beton vystaven pohyblivému mechanickému zatížení, musí být vliv prostředí odstupňován následovně:

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
XM1	mírné nebo střední namáhání obrusem	nosné vyztužené nebo nevyztužené průmyslové podlahy pojižděné vozidly s pneumatikami
XM2	silné namáhání obrusem	nosné vyztužené nebo nevyztužené průmyslové podlahy pojižděné vozidly s pneumatikami nebo celogumovými koly vysokozdvížných vozíků
XM3	velmi silné namáhání obrusem	nosné vyztužené nebo nevyztužené průmyslové podlahy pojižděné vozidly ocelovými nebo umělohmotnými koly vysokozdvížných vozíků; plochy pojižděné pásovými vozidly; vodní stavby vystavené intenzivnímu proudění vody, např. vývařiště



## Vyloučení alkalicko-křemičité reakce

Dle zvláštních předpisů pro beton používaný pro pozemní komunikace je vnější prostředí, které na beton působí, rozděleno do následujících stupňů vlhkosti:

označení stupně	popis prostředí	příklady výskytu
XW1	suché	části betonových konstrukcí, které zůstávají při normálním ošetřování betonu krátce vlhké a po vyschnutí během používání trvale suché: konstrukce v prostředí X0
XW2	vlhké	části betonových konstrukcí, které jsou během užívání často nebo delší dobu vlhké, konstrukce v prostředí XC2–XC4, XF1, XF3
XW3	vlhké s přísunem alkálií z vnějších zdrojů	části betonových konstrukcí, které jsou mimo vlhké prostředí (XW2) ještě dodatečně vystaveny častějšímu nebo dlouhodobému přísunu alkálií z vnějších zdrojů; konstrukce v prostředí XD1–XD3, XS1–XS3, XF2, XF4

Poznámka: Tyto definice stupňů vlhkosti prostředí jsou platné bez ohledu na kombinaci s dalšími možnými vlivy prostředí na beton (např. karbonatace, mrazové cykly, fyzikální působení posypových solí na beton, chemické působení posypových solí na ocel v betonu, chemické agresivní prostředí na beton).

## 7.2.2 Klasifikace podle konzistence

Pro klasifikaci betonu dle konzistence platí následující tabulky:

### Klasifikace podle sednutí kužele

stupeň	sednutí [mm]
S1	10 až 40
S2	50 až 90
S3	100 až 150
S4	160 až 210
S5	≥ 220

Zkušební postup: ČSN EN 12350-2

Zkoušení čerstvého betonu – Část 2: Zkouška sednutím.

### Klasifikace podle Vebe

stupeň	Vebe čas [s]
V0	31
V1	30 až 21
V2	20 až 11
V3	10 až 6
V4	5 až 3

Zkušební postup: ČSN EN 12350-3

Zkoušení čerstvého betonu – Část 3: Zkouška Vebe.

### Klasifikace podle zhutnitelnosti

stupeň	zhutnitelnost
C0	1,46
C1	1,45 až 1,26
C2	1,25 až 1,11
C3	1,10 až 1,04

Zkušební postup: ČSN EN 12350-4

Zkoušení čerstvého betonu – Část 4: Stupeň zhutnitelnosti.

## Klasifikace podle rozlití

stupeň	průměr rozlití [mm]
F1	≤ 340
F2	350 a 410
F3	420 až 480
F4	490 až 550
F5	560 až 620
F6	630 až 750
F7	760 až 850

Zkušební postup: ČSN EN 12350-5

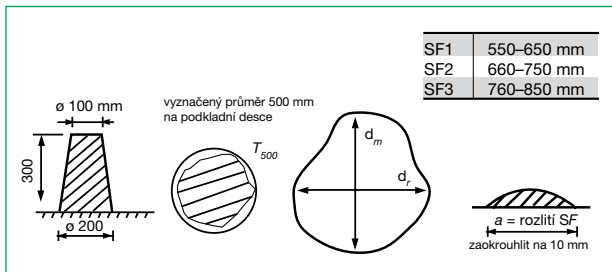
Zkoušení čerstvého betonu – Část 5: Zkouška rozlitím.

Poznámka: Klasifikace a provádění zkoušek vlastností čerstvého, samozhutnitelného betonu je řízena sadou norem ČSN EN 12350-8 až 12. Krátká specifikace metod je uvedena v kapitole 8.1. Dalšími specifickými předpisy, které se zabývají vlastnostmi samozhutnitelných betonů, jsou kupř.:

- Evropská směrnice pro samozhutnitelný beton – Specifikace, výroba a použití
- TP 187 Samozhutnitelný beton pro mostní objekty pozemních komunikací (Technické podmínky MD).

7

## Zkušební postup dle ČSN EN 12350-8



### 7.2.3 Pevnostní třídy betonu

Pokud se beton klasifikuje podle pevnosti v tlaku, platí následující tabulky. Pro klasifikaci se použije charakteristická pevnost v tlaku ( $f_{ck,cyl}$ ) zjištěná na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm ve stáří 28 dnů nebo charakteristická pevnost v tlaku ( $f_{ck,cube}$ ) zjištěná na krychlích o hraně 150 mm ve stáří 28 dnů.

#### Třídy pevnosti v tlaku obyčejného a těžkého betonu podle ČSN EN 206-1

třída pevnosti v tlaku	Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
C -/5		5
C -/7,5		7,5
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/37	30	37
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67 <sup>a)</sup>	55	67
C 60/75 <sup>a)</sup>	60	75
C 70/85 <sup>a)</sup>	70	85
C 80/95 <sup>a)</sup>	80	95
C 90/105 <sup>a)</sup>	90	105
C 100/115 <sup>a)</sup>	100	115

a) Vysokopevnostní beton.

## Třídy pevnosti v tlaku lehkého betonu podle ČSN EN 206-1

třída pevnosti v tlaku	Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
LC 8/9	8	9
LC 12/13	12	13
LC 16/18	16	18
LC 20/22	20	22
LC 25/28	25	28
LC 30/33	30	33
LC 35/38	35	38
LC 40/44	40	44
LC 45/50	45	50
LC 50/55	50	55
LC 55/60	55	60
LC 60/66 <sup>a)</sup>	60	66
LC 70/77 <sup>a)</sup>	70	77
LC 80/88 <sup>a)</sup>	80	88

a) Vysokopevnostní beton.

## Srovnání tříd pevnosti obyčejného betonu podle platných a dříve používaných norem

ČSN 73 1201:1967 neplatná	ČSN 73 2001:1970 neplatná	ČSN 73 2400:1989 neplatná	ČSN EN 206-1 platná
OI	B 60 B 80	(B 3,5) B 5	C -/5
O	B 105	B 7,5	C -/7,5
I	B 135	B 10 B 12,5	C 8/10
II	B 170	(B 13,5) B 15	C 12/15
III	B 250	B 20 B 25	C 16/20 C 20/25
IV	B 330 B 400	(B 28) B 30 B 35	C 25/30 C 30/37
V	B 500	B 40 B 45	C 35/45
VI	B 600	B 50 B 55 B 60	C 40/50 C 45/55 C 50/60 C 55/67 C 60/75 C 70/85 C 80/95 C 90/105 C 100/115

## 7.2.4 Klasifikace dle maximální velikosti zrna kameniva

Pro specifikaci betonu dle velikosti zrna kameniva se použije jmenovitá hodnota nejhrubší použité frakce kameniva ( $D_{\max}$ ) v betonu.

## 7.2.5 Třídy objemové hmotnosti

Použije-li se lehký beton dle tříd jeho objemové hmotnosti, pak platí následující tabulka:

### Třídy dle objemové hmotnosti lehkého betonu podle ČSN EN 206-1 [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D 2,0
$\geq 800$ $\leq 1000$	$\geq 1000$ $\leq 1200$	$\geq 1200$ $\leq 1400$	$\geq 1400$ $\leq 1600$	$\geq 1600$ $\leq 1800$	$\geq 1800$ $\leq 2000$
Objemová hmotnost lehkého betonu může být předepsána i jako konkrétní hodnota.					

7

## 7.3 POŽADAVKY NA SLOŽENÍ BETONU PODLE KLASIFIKACE PROSTŘEDÍ

### 7.3.1 Základní požadavky na složky betonu

Složky betonu nesmí obsahovat škodlivé látky v takovém množství, které by ohrozilo trvanlivost betonu nebo bylo příčinou koroze výztuže, a musí být vhodné pro zamýšlené použití betonu.

I když je vhodnost složek pro beton obecně prokázána, neznamená to, že jsou vhodné pro jakýkoliv případ a pro každé složení betonu. Pro beton vyhovující EN 206-1 se musí použít pouze složky betonu s prokázanou vhodností pro specifikované použití.

## Cement

Vhodnost cementu je obecně prokázána, pokud vyhoví požadavkům EN 197-1.

U konstrukcí z předpjatého betonu s přepínací výztuží chráněnou proti korozi jinak než betonem vyhovují všechny cementy dle ČSN EN 197-1, které splňují požadavky na vyztužený beton dle ČSN EN 206-1.

U konstrukcí z předpjatého betonu s předpínací výztuží chráněnou proti korozi pouze betonem vyhovují s ohledem na případný stupeň vlivu prostředí následující cementy dle ČSN EN 197-1:

- CEM I a CEM II/A-S,
- ostatní cementy dle ČSN EN 197-1 s pevnostními třídami 42,5 R; 52,5 N a 52,5 R.

Použití pro jednotlivé stupně vlivu prostředí viz kapitola 7.3.3.

## Kamenivo

Vhodnost kameniva je obecně prokázána, pokud hutné a těžké kamenivo vyhoví ČSN EN 12620.

Upřesňující požadavky na kamenivo do betonu pro dopravní a jiné významné stavby jsou uvedeny níže.

Pórovité kamenivo vyhoví, pokud odpovídá ČSN EN 13055-1.

Recyklované kamenivo vyhoví, pokud:

- svými geometrickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi splňuje požadavky ČSN EN 12620,



■ použitím recyklovaného kameniva (recyklátu) typu 1 do betonu se nesmí zvýšit celkový obsah reakce schopných alkálií v jednotce objemu betonu nad hranici, která je nebezpečná z hlediska reakce kameniva s alkáliemi. Tato hranice a výpočet je uveden např. v TP 137 MD.

Jako recyklované kamenivo do betonu vyhovujícího ČSN EN 206-1 lze použít pouze recyklát typu 1. Pro výrobu betonu odolného vůči vlivu prostředí XC1–XC4 pevnostních tříd v tlaku C 8/10 a nižších lze použít recyklát typu 2.

### Přípustný obsah hmot v jednotlivých typech recyklátu

druh hmoty	obsah hmot v hmotnostních procentech v jednotlivých typech recyklátu	
	typ 1 drť nebo písek vyrobené drcením pouze betonu (betonová drť)	typ 2 drť nebo písek vyrobené drcením stavební sutě
beton a kamenivo podle ČSN EN 12620	≥ 90	≥ 70
slinutá keramika, nikoliv porézní cihelný střep; vápencový pískovec	≤ 10	≤ 30
ostatní minerální podíly <sup>*)</sup>	≤ 2	≤ 3
asfalt	≤ 1	≤ 1
ostatní příměsi <sup>**)</sup>	≤ 0,2	≤ 0,5

<sup>\*)</sup> Ostatní minerální podíly jsou například: porézní cihelný střep, lehký beton, pórobeton, mezerovitý beton, štuk, malta, porézní struska nebo škvára, pemza.

<sup>\*\*)</sup> Ostatní příměsi jsou například: sklo, keramika, struska z neželezných kovů, štuková sádra, guma, plasty, kovy, dřevo, rostlinné zbytky, papír.

## Objemová hmotnost a nasákavost recyklovaného kameniva

objemová hmotnost a nasákavost	recyklát	
	typ 1	typ 2
minimální objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	2000	
povolená tolerance objemové hmotnosti [kg/m <sup>3</sup> ]	± 150	
maximální nasákavost po 10 minutách [%]	10	15

## Kategorie a maximální obsah rozpustných chloridů v recyklovaném kamenivu

typ recyklátu	maximální obsah rozpuštěných chloridů, hmotnostní procenta	kategorie ACI
typ 1, typ 2	0,04	ACI 0,04

Recyklované kamenivo nelze použít pro výrobu betonu odolného vůči vlivu prostředí XF2, XF4, XD1–XD3, pro předpjaté betonové konstrukce, pro konstrukce s vysokými požadavky na vodotěsnost betonu, pro pohledové betony (plochy), pro výrobu betonu ve styku s pitnou vodou a potravinami.

### Záměšová voda

Vhodnost záměšové vody i vody získané při recyklaci v betonárně je prokázána, pokud vyhoví ČSN EN 1008.

Doporučení pro používání recyklované vody:<sup>1)</sup>

- recyklovaná voda se smí použít pro výrobu nového betonu ve výrobně, kde vznikla
- recyklovaná voda se zásadně nepoužívá při výrobě provzdušněných betonů a vysokopevnostních betonů

- hmotnost pevných látek vnesených do betonu při použití recyklované vody musí být menší než 1 % z celkové hmotnosti kameniva v betonu
- obsah pevných látek v recyklované vodě se musí pravidelně kontrolovat.

**POZNÁMKA:** Recyklovaná voda obsahuje jemné částice (cement, kamenivo) zpravidla velikosti pod 0,25 mm. Proto musí být její homogenita udržována pravidelným promícháváním. Není-li promíchávání zajištěno, je třeba pevné částice z recyklované vody oddělit například sedimentací ve vhodných nádržích.

<sup>1)</sup>Recyklovaná voda je voda vznikající ve výrobě betonu rozplavováním zbytků čerstvého betonu nebo cementových malt při vymývání bubnu míchačky, autodomíchače nebo zbytků betonu z čerpadel betonu, kterou lze využít k výrobě betonu.

## **Přísady**

Přísada (admixture): materiál, který upravuje vlastnosti čerstvého nebo ztvrdlého betonu, přidávaný během míchání betonu v malém množství v poměru ke hmotnosti cementu. Vhodnost přísad je obecně prokázána, pokud vyhoví ČSN EN 934-2.

## **Příměsi**

Příměs (addition): práškový materiál, který se přidává do betonu za účelem zlepšení určitých vlastností nebo k docílení speciálních vlastností betonu včetně anorganických filerů a pigmentů:

- téměř inertní příměsi (druh I)
- pucolány nebo latentní hydraulické příměsi (druh II).

Vhodnost příměsi druhu I, je obecně prokázána, pokud:

- filer jako kamenivo vyhoví ČSN EN 12620
- pigmenty vyhoví ČSN EN 12878.

Pro příměsi druhu II je vhodnost obecně prokázána, pokud:

- popílek vyhoví ČSN EN 450-1
- křemičitý úlet vyhoví ČSN EN 13263
- struska vyhoví ČSN EN 15 167.

Pro ostatní příměsi, jakými jsou například kamenná moučka, jemně mletý vápenec, případně další materiály, je vhodnost použití obecně prokázána, jsou-li v technické dokumentaci deklarovány jako vhodné pro použití do betonu a je-li na ně vydáno příslušné STO ve smyslu platného nařízení vlády. Pro použití takovýchto materiálů jako příměsi typu II musí být vhodnost navíc prokázána průkazní zkouškou.

### **Vlákna**

Vhodnost vláken do betonu lze považovat za prokázanou, pokud:

- vlákna ocelová vyhoví ČSN EN 14889-1
- vlákna syntetická vyhoví ČSN EN 14889-2.

### **7.3.2 Požadavky na beton v závislosti na stupni vlivu prostředí**

Požadavky na odolnost betonu vůči působení prostředí jsou dány buď mezními hodnotami pro složení betonu a stanovenými vlastnostmi betonu, nebo mohou být požadavky odvozeny z návrhu složení betonu s určitou vlastností. Požadavky musí vzít v úvahu předpokládanou provozní životnost betonové konstrukce. Pro betonové konstrukce se uvažuje minimální provozní životnost v délce:

- všeobecně 50 let,
- pro konstrukce dopravních staveb a jiné mimořádné konstrukce – 100 let.

Mezní hodnoty pro složení betonu použitého na území České republiky jsou uvedeny v následujících tabulkách a jsou normativní (minimální pevnostní třída je doporučena). Mezní hodnoty platí pro všechny druhy cementů dle ČSN EN 197-1 v souladu s kapitolou 7.3.3.

V případě, že beton splňuje požadavek na minimální obsah cementu (resp. cementu a příměsí typu II), maximální vodní součinitel, případně na minimální obsah vzduchu, nemusí být dodržena doporučená minimální pevnostní třída. Není-li zkouškami prokázáno jinak, musí beton pro daný stupeň vlivu prostředí splňovat alespoň požadavky na pevnostní třídu o jeden stupeň nižší, než je doporučená.

## Normové požadavky na vlastnosti a složení betonu dle ČSN EN 206-1

stupeň vlivu prostředí	max. w/c	minimální množství cementu [kg.m <sup>-3</sup> ]	min. třída pevnosti betonu <sup>e)</sup>	min. V <sub>z</sub> [%]
XO	–	–	C 12/15	–
XC1	0,65	260	C 16/20	–
XC2	0,60	280	C 16/20	–
XC3	0,55	280	C 20/25	–
XC4	0,50	300	C 25/30	–
XS1	0,50	300	C 30/37	–
XS2	0,45	320	C 35/45	–
XS3	0,45	340	C 35/45	–
XD1	0,55	300	C 25/30	–
XD2	0,55	300	C 25/30	–
XD3	0,45	320	C 30/37	–
XF1	0,55	300	C 25/30	–
XF2	0,55	300	C 25/30	4,0 <sup>a)</sup>
XF3	0,50	320	C 25/30	4,0 <sup>a)</sup>
XF4	0,45	340	C 30/37	4,0 <sup>a)</sup>
XA1	0,55	300	C 25/30	–
XA2	0,50	320	C 25/30 <sup>c)</sup>	–
XA3	0,45	360	C 30/37 <sup>c)</sup>	–
XM1	0,55	300	C 30/37 <sup>1)</sup>	–
XM2	0,55 0,45	300 320	C 30/37 <sup>1)</sup> C 35/45 <sup>1)</sup>	– –
XM3	0,45	320	C 35/45 <sup>1)</sup>	–

w/c – vodní součinitel, V<sub>z</sub> – objem vzduchových pórů

(předpokládaná životnost 50 let)

maximální průsak vody při zkoušce dle ČSN EN 12390-8 [mm] <sup>b)</sup>	odolnost betonu vůči zmrazování a rozmrazování, při zkoušce dle ČSN 73 1326 – metoda/počet cyklů/odpad [g/m <sup>2</sup> ]	jiné požadavky
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
50	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
–	–	–
50	–	–
20	–	–
50	A/75/1250, C/50/1500	kamenivo podle ČSN EN 12620
50	A/100/1250, C/75/1250	s dostatečnou mrazuvzdorností
35	A/100/1000, C/75/1000	
35		
50	–	–
35	–	–
20	–	SVC dle ČSN 72 2103
–	–	–
–	–	speciální zpracování povrchu <sup>f)</sup>
–	–	–
–	–	úpravy povrchu odolnými materiály <sup>g), h)</sup>

a) Beton nemusí být provzdušněn na předepsanou hodnotu (může být částečně provzdušněn, anebo vůbec), pokud jsou provedena příslušná opatření (např. příměs křemičitého úletu současně s vodním součinitelem nižším než 0,4) a vyhoví přitom kritériu odolnosti. Pokud beton bez provzdušnění nesplní při PZ kritéria odolnosti a vodonepropustnosti, je nutno beton provzdušnit (částečně provzdušnit).

b) Platí pro konstrukce objektů v přímém styku s vodou. Hodnoty platí, nepožaduje-li specifikátor jinak. Zkouší se dle ČSN EN 12390-8 při KZ i PZ dle přílohy A normy, nezkouší se u provzdušněného betonu, při PZ dle přílohy A normy musí být hodnoty průsaku o 20 % nižší.

c) Pevnosti v tlaku odpovídající C 30/37 a C 35/45 lze předepsat v případě použití SVC a směsných cementů až po 90 dnech tvrdnutí betonu.

d) Pokud se vyskytuje pouze vliv XD3 a vliv XF je vyloučen, lze použít minimální třídu betonu C 25/30, pokud je beton provzdušněn dle požadavku pro XF2 až XF4.

e) Minimální pevnostní třída platí pro betony obyčejné a těžké. Pro betony lehké (LC) platí hodnota minimální válcové pevnosti, minimální krychelná pevnost je pak dána tabulkou 8 normy.

f) Například vakuováním nebo hlazením rotační hladičkou.

g) Například vsypy do betonu pro zušlechťení povrchu betonu a zvýšení jeho odolnosti proti obrusu.

h) Beton vrstev chránících vodohospodářské konstrukce proti účinkům obrušování a otloukání unášenými splaveninami nesmí obsahovat kamenivo drcené z uhličitánových hornin. Otlukovost kameniva stanovená podle ČSN EN 1097-2 nesmí překročit hodnotu 30. Viz čl. 8.4.6 ČSN EN 13670.

i) Při použití provzdušněného betonu je pevnostní třída o jeden stupeň nižší.





## Normové požadavky na vlastnosti a složení betonu dle ČSN EN 206-1

stupeň vlivu prostředí	max. w/c	minimální množství cementu [kg.m <sup>-3</sup> ]
XO	–	–
XC1	0,65	260
XC2	0,60	280
XC3	0,55	280
XC4	0,50	300
XD1	0,55	300
XD2	0,50	300
XD3	0,45	320
XF1	0,55 <sup>k)</sup>	300
XF2	0,55	300 <sup>d)</sup>
XF3	0,50	320 <sup>d)</sup>
XF4	0,45	340 <sup>d)</sup>
XA1	0,55	300
XA2	0,50	320
XA3	0,45	360
stupeň vlivu prostředí	odolnost betonu vůči zmrazování a rozmrazování, při zkoušce dle ČSN 73 1326 metoda/ počet cyklů/odpad [g/m <sup>2</sup> ] g <sup>m)</sup>	minimální obsah mikropórů A <sub>300</sub> ve ztvrdlém betonu při zkoušce dle ČSN EN 480-11 [%] <sup>o)</sup>
XF1	A/67/1250C/50/1250	
XF2	A/100/1250C/75/1250	1,0 <sup>l)</sup>
XF3	A/100/1250C/75/1250	1,0 <sup>l)</sup>
XF4	A/100/1000C/75/1000	1,8 <sup>l), n)</sup>

pro dopravní a jiné významné stavby (předpokládaná životnost 100 let)

doplňková specifikace min. pevnostní třídy betonu bez rozlišení životnosti konstrukce pro konkrétní konstrukce je specifikována zvláštním předpisem**)	minimální $V_z$ [%] při zkoušce dle ČSN EN 12350-7 <sup>c)</sup> pro $D_{max}$ v mm 8    16 <sup>max</sup> 22–32			maximální průsak vody při zkoušce dle ČSN EN 12390-8 [mm] <sup>e)</sup>
C 12/15 C 20/25 C 25/30 C 25/30 C 30/37	– – – – –	– – – 50 50	C 25/30 C 25/30 C 30/37 <sup>i)</sup>	– – – 50 50 20
C 25/30 C 25/30 C 25/30 C 30/37	4,0 <sup>f)</sup> 3,0 <sup>f)</sup> 2,5 <sup>f)</sup> 4,5 <sup>f)</sup> 3,5 <sup>f)</sup> 3,0 <sup>f)</sup> 5,0 <sup>a)</sup> 4,0 <sup>a)</sup> 3,5 <sup>a)</sup> 5,5 <sup>a)</sup> 4,5 <sup>a)</sup> 4,0 <sup>a)</sup>	50 50 35 35	C 25/30 C 25/30 <sup>h)</sup> C 30/37 <sup>h)</sup>	– 50 35 20
maximální součinitel rozložení vzduchových pórů (L) při zkoušce dle ČSN EN 480-11 [mm]				
0,24 <sup>l)</sup> 0,24 <sup>l)</sup> 0,20 <sup>l), n)</sup>				

## Normové požadavky na vlastnosti a složení betonu dle ČSN EN 206-1

		stupně prostředí							
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1		
kamenivo podle požadavků ČSN EN 12620 drobné kamenivo a směs kameniva	obsah jemných částic f <sup>p)</sup>	těžené	$f_3^{v), x)}$						
			$f_3$ deklarované y), z)						
		drcené	$f_3^{v)}$	$f_3^{v)}$					
			$f_{10}^{x), aa)}$	$f_{10}^{x), aa)}$					
			$f_3$ deklarované y), z)						
		směs	$f_3^{n)}$	$f_3^{v)}$					
	$f_{11}^{x), aa)}$		$f_{11}^{x), aa)}$						
	$f_3$ deklarované y), z)								
	odolnost vůči alkalicko-křemičité reakci <sup>q)</sup>								
	humusovitost <sup>u)</sup>								
	obsah lehkých zne- čišťujících látek <sup>u)</sup>			maximálně 0,25 % <sup>v)</sup>		maximálně 0,25 % <sup>v)</sup>			
				hodnoty se deklarují <sup>x), p)</sup>		hodnoty se deklarují <sup>x)</sup>			

pro dopravní a jiné významné stavby (předpokládaná životnost 100 let)  
pokračování

stupně prostředí								
XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
$f_3^{v), x)}$								
$f_3$						$f_3^{v)}$		
						$f_{10}^{x), aa)}$		
$f_3$						$f_3^{v)}$		
						$f_{11}^{x), aa)}$		
deklarace podle ČSN EN 206-1 čl. 5.2.3.4 <sup>ab), ah)</sup>								
světlejší než etalon <sup>ad)</sup>								
maximálně 0,25 % <sup>v)</sup>						maximálně 0,25 % <sup>v)</sup>		
						hodnoty se deklarují <sup>x)</sup>		

## Normové požadavky na vlastnosti a složení betonu dle ČSN EN 206-1

				stupně prostředí						
				X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	
kamenivo podle požadavků ČSN EN 12620	souhnné meze tolerance kameniva $GT^{aa)}$	D/d	<4							
			≥4							
	tvarový index $SI^{af)}$			$SI_{20}^{v)}$	$SI_{20}^{v)}$					
				$SI_{40}^{x)}$	$SI_{40}^{x)}$					
				$SI_{55}^{y)}$						
	obsah jemných částic $f^{ag)}$			$f_{1,5}^{v), x)}$						
				$f_4^{y)}$						
	D>11			$LA_{50}^{x), y)}$	$LA_{40}^{v)}$					
					$LA_{50}^{x)}$					
				$LA_{35}^{v)}$	$LA_{35}^{v)}$					
					$LA_{50}^{x)}$					
	součinitel Los Angeles LA-drcené <sup>ah)</sup>			D≤11	$LA_{30}^{v)}$	$LA_{30}^{v)}$				
$LA_{35}^{x)}$					$LA_{35}^{x)}$					
$LA_{40}^{y)}$										
D>11				$LA_{25}^{v)}$	$LA_{25}^{v)}$					
				$LA_{30}^{x)}$	$LA_{30}^{x)}$					
				$LA_{35}^{y)}$						
ohladitelnost $PSV^{ai)}$										
nasákavost podle kapitoly 8 ČSN EN 1097-6 $WA_{24}^{ak)}$			≤1,5 % <sup>v)</sup>	≤1,5 % <sup>v)</sup>						

pro dopravní a jiné významné stavby (předpokládaná životnost 100 let)  
pokračování

stupně prostředí								
XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
GT 15								
GT 17,5								
SI <sub>20</sub>						SI <sub>20</sub> <sup>v)</sup>		
						SI <sub>40</sub> <sup>x)</sup>		
f <sub>1,5</sub>								
						LA <sub>40</sub> <sup>v)</sup>		
						LA <sub>50</sub> <sup>x)</sup>		
LA <sub>35</sub> <sup>v)</sup>						LA <sub>35</sub> <sup>v)</sup>		
						LA <sub>50</sub> <sup>x)</sup>		
LA <sub>30</sub>						LA <sub>30</sub> <sup>v)</sup>		
						LA <sub>35</sub> <sup>x)</sup>		
LA <sub>25</sub> <sup>v)</sup>						LA <sub>25</sub> <sup>v)</sup>		
						LA <sub>30</sub> <sup>x)</sup>		
hodnoty se deklarují <sup>v), aj)</sup> (mimo CB kryty)								
≤1,5 % <sup>v)</sup>						≤1,5 % <sup>v)</sup>		

## Normové požadavky na vlastnosti a složení betonu dle ČSN EN 206-1

		stupně prostředí					
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1
kamenivo podle požadavků ČSN EN 12620	hrubé kamenivo		$\leq 1,5 \%$ <sup>a), x)</sup>	$\leq 1,5 \%$ <sup>a), x)</sup>			
			$\leq 2,5 \%$ <sup>a), y)</sup>				
		odolnost proti zmrzování a rozmrazování F <sup>am), an)</sup>	F1 <sup>v)</sup>	F1 <sup>v)</sup>			
			F2 <sup>x)</sup>	F2 <sup>x)</sup>			
			F4 <sup>y)</sup>				
		zkouška síranem hořečnatým MS <sup>ao) an)</sup>	MS <sub>18</sub> <sup>v)</sup>	MS <sub>18</sub> <sup>v)</sup>			
			MS <sub>25</sub> <sup>x)</sup>	MS <sub>25</sub> <sup>x)</sup>			
			MS <sub>35</sub>				
		odolnost vůči alkalicko-křemičité reakci <sup>q)</sup>					
		obsah lehkých znečišťujících částic <sup>u)</sup>	maximálně 0,05 % <sup>v)</sup>	maximálně 0,05 % <sup>v)</sup>			
			hodnoty se deklarují <sup>x), y)</sup>	hodnoty se deklarují <sup>x)</sup>			
		zrnitost					
		obsah chloridů <sup>r)</sup>					
		obsah síranové síry AS <sup>s)</sup>	AS <sub>0,2</sub> <sup>v), x)</sup>				
			AS <sub>0,8</sub> <sup>y)</sup>				
obsah veškeré síry <sup>f)</sup>							
jiné požadavky							



pro dopravní a jiné významné stavby (předpokládaná životnost 100 let)  
dokončení

stupně prostředí									
	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
							≤1,5 % <sup>a), x)</sup>		
F1							F1 <sup>v)</sup>		
							F2 <sup>x)</sup>		
MS <sub>18</sub>							MS <sub>18</sub> <sup>v)</sup>		
							MS <sub>25</sub> <sup>x)</sup>		
deklarace podle ČSN EN 206-1 čl. 5.2.3.4									
maximálně 0,05 %							maximálně 0,05 % <sup>v)</sup>		
							hodnoty se deklarují <sup>x)</sup>		
křivky zrnitosti podle ČSN EN 206-1, grafů L.1 až L.6									
maximálně 0,02 % <sup>ac)</sup>									
AS <sub>0,2</sub>									
maximálně 1 %									
SVC <sup>b), i)</sup>									

Vysvětlivky a zpřesnění závazných požadavků na beton k tabulce:

Použité zkratky: ZDS – zadávací dokumentace stavby.

<sup>1)</sup> Jedná se o tabulku NA.F.1 upravenou a doplněnou podle požadavků vyšší životnosti betonových konstrukcí a dalších odlišností u dopravních a jiných významných staveb. Požadavky na pevnostní třídu betonu jsou doplňkově specifikovány ve zvláštních předpisech, např. v předpisu\*\*).

<sup>\*\*) Kapitola 18 TKP Beton pro konstrukce (Ministerstvo dopravy – odbor pozemních komunikací, č. j. 474/05-120-RS/1, Praha, srpen 2005).</sup>

a) Beton nemusí být ve zvláštních případech stanovených v ZDS provzdušněn na předepsanou hodnotu (může být částečně provzdušněn a nebo vůbec), pokud jsou provedena příslušná opatření (např. příměs křemičitého úletu současně s vodním součinitelem nižším než 0,4) a vyhoví přitom kritériu odolnosti. Pokud beton bez provzdušnění nesplní při PZ kritéria odolnosti a vodonepropustnosti, je nutno beton provzdušnit (částečně provzdušnit).

b) Pokud množství  $SO_4^{2-}$  vyvolává stupeň vlivu prostředí XA2 a XA3, je nezbytné beton provzdušnit a použít SVC. Pokud se cement klasifikuje s ohledem na síranovzdornost, pak mírně nebo vysoce SVC se má použít pro stupeň agresivity XA2 (a případně i pro stupeň vlivu prostředí XA1) a vysoce SVC se má použít pro stupeň vlivu prostředí XA3.

c) Max. obsah vzduchu pro XF1, XF2, XF3, XF4 může být nejvýše o 3 % vyšší než stanovené minimum. PZ odolnosti se u betonu pro XF1 při min. hodnotě předepsaného provzdušnění nebo při částečném provzdušnění provádí při minimální navržené hodnotě obsahu vzduchu.

- d) Nepřipouští se použití popílku.
- e) Zkouší se dle ČSN EN 12390-8 při KZ i PZ, nezkouší se u provzdušněného betonu, při PZ musí být hodnoty průsaku o 20 % nižší.
- f) Beton nemusí být provzdušněn na předepsanou hodnotu (může být částečně provzdušněn a nebo vůbec), pokud je betonová konstrukce převážně v prostředí s přirozenou atmosférickou vlhkostí bez kapalných srážek a nebo s přirozenou atmosférickou vlhkostí v dosahu slané mlhy (chloridů rozptýlených pouze ve vzduchu, části hydroizolací chráněných mostních konstrukcí) a vyhoví přitom kritériu odolnosti. Pokud beton bez provzdušnění nesplní při PZ kritéria odolnosti a vodonepropustnosti, je nutno beton provzdušnit (částečně provzdušnit).
- g) Zkouší se dle ustanovení příslušné kapitoly zvláštních předpisů\*\* na vývrtech průměru 150 mm z konstrukce (dílce) nebo na tělesech (KZ) – metodika, kritéria a počet cyklů pro KZ i PZ jsou uvedeny ve zvláštních předpisech\*\*).
- h) Pevnosti v tlaku odpovídající C 30/37 a C 35/45 lze předepsat v případě použití síranovzdorných a směsných cementů až po 90 dnech tvrdnutí betonu.
- i) Pokud se vyskytuje pouze vliv XD3 a vliv XF je vyloučen, lze použít minimální třídu betonu C 25/30, pokud je beton provzdušněn dle požadavku c).
- j) V případě uhličitě agresivní (více než 15 mg/litr podzemní vody CO<sub>2</sub> agresivního) se použije směsných cementů vyhovujících tabulce F.4.
- k) Pro nosné konstrukce mostů se připouští vodní součinitel max. 0,5.

l) Při PZ musí být uvedené hodnoty součinitele prostorového rozložení vzduchových pórů (dříve spacing factor, nyní L) dosaženy o 20 % nižší a  $A_{300}$  o 20 % vyšší než je uvedeno v tabulce 18-3 zvláštního předpisu\*\*).  $A_{300}$  a L musí být při průkazní zkoušce prokázán, pokud je pro provzdušněný beton použito kombinace provzdušňovací přísady a superplastifikátorů a/nebo plastifikátorů a/nebo zpomalovačů a není provedena vyhovující průkazní zkouška vlivu kombinace přísad na charakteristiku vzduchových pórů.

m) Podrobně jsou požadavky pro zkoušení a parametry pro posouzení shody uvedeny ve zvláštním předpisu\*\*).

n) L a  $A_{300}$  se u vlivu prostředí XF4 při průkazních zkouškách provzdušněných betonů ověřuje vždy.

o) Minimální obsah pojiva a  $A_{300}$  v tabulce platí pro největší zrno kameniva 22 mm. Při největším zrnu 32 mm mohou být hodnoty sníženy o 5 %, a naopak musí být zvýšeny o 5 % při největším zrnu 16 mm, o 10 % při největším zrnu 11 mm, o 15 % při největším zrnu 8 mm a o 25 % při největším zrnu 4 mm. Nejmenší obsah pojiva se zaokrouhluje na 5 kg. Pro betonáž pod vodou je nejmenší množství pojiva 375 kg/m<sup>3</sup>.

p) Čl. 4.3.6, tabulka 11 ČSN EN 12620.

q) Čl. 5.7.3, ČSN EN 12620.

r) Čl. 6.2, ČSN EN 12620.

s) Čl. 6.3.1, ČSN EN 12620.

t) Čl. 6.3.2, ČSN EN 12620.

u) Čl. 6.4.1, ČSN EN 12620.

v) Použití pro betony s vysokými nároky na vlastnosti, vysokopevnostní beton, předpjatý beton, CB kryty, beton vystavený vyšším

nárokům vlivu prostředí (XD, XF, XA), beton odolný proti abrazivním účinkům vody a splavenin.

x) Použití pro betony s běžnými nároky na vlastnosti konstrukčních betonů, beton třídy C 16/20 až C 45/55, beton vystavený menším nárokům vlivu prostředí (X0 a XC).

y) Použití pro betony s minimálními nároky na vlastnosti betonu, beton třídy C 12/15 a nižší, beton vystavený vlivu prostředí X0.

z) V případě většího obsahu jemných částic než 3 % se posoudí jejich nevhodnost dle přílohy D ČSN EN 12620.

aa) Jakost jemných částic (podle 4.7 ČSN EN 12620) se určuje dle přílohy D ČSN EN 12620, s vyloučením postupu d).

ab) Pro betony v suchém prostředí se vlastnost nepožaduje v případech označených poznámkou „x)“ a „y)“.

ac) Pro použití pro nevyztužené betony se připouští 0,1 %.

ad) V případě, že zbarvení není světlejší než etalon, a v případě podezření na přítomnost cukrů, musí se kamenivo vyzkoušet na maltových zkušebních tělesech podle čl. 15.3 ČSN EN 1744-1. Začátek tuhnutí a pevnost v tlaku musí vyhovovat požadavkům uvedeným v čl. 6.4.1 ČSN EN 12620.

ae) Čl. 4.3.2, tabulka 3 ČSN EN 12620.

af) Čl. 4.4, tabulka 9 ČSN EN 12620.

ag) Čl. 4.6, tabulka 11 ČSN EN 12620.

ah) Čl. 5.2, tabulka 12 ČSN EN 12620.

ai) Čl. 5.4.1, tabulka 15 ČSN EN 12620.

a) Deklaruje se pro určené použití pro CB kryty.

ak) Čl. 5.5 ČSN EN 12620.

al) V případě vyšší hodnoty nasákavosti je rozhodující odolnost proti zmrazování a rozmrazování.

am) Čl. 5.7.1, tabulka 18 ČSN EN 12620.

an) Pokud je požadována mrazuvzdornost, může být prokázána jedním z obou způsobů.

ao) Čl. 5.7.1, tabulka 19 ČSN EN 12620.

ap) Pro betony v suchém prostředí se vlastnost nepožaduje v případech označených poznámkou „p“.

aq) Další ustanovení ohledně alkalicko-křemičité reakce mohou být uvedena v jiných dokumentech, např. resortních předpisech (TKP apod.).

### 7.3.3 Použitelnost cementů pro stupně vlivu prostředí

V následující tabulce je uvedeno, jaké cementy dle normy ČSN EN 197-1 je možno použít do betonů pro jednotlivé stupně vlivu prostředí.

Legenda:

- x použitelný pro daný stupeň vlivu prostředí
- x<sup>a),b),c),d)</sup> použitelný při splnění uvedených podmínek
- použití pro daný stupeň vlivu prostředí je vyloučeno

Podmínky:

a) Při chemické síranové agresivitě se stupněm vlivu prostředí vyšším než XA1 se musí použít SVC cement podle ČSN 72 2103.

b) Pokud se jedná o stupeň XA2 až XA3 vyvolaný CO<sub>2</sub> agresivním, ne-

použijí se portlandské směsné cementy CEM II, které obsahují váp-  
nec jako hlavní složku.

c) Odolnost vůči působení vlivu prostředí musí být ověřena průkazní  
zkouškou.

d) Přípustné jen v případě, že obsah příměsí nepřesáhne  $40 \text{ kg/m}^3$ .

## Použitelnost cementů pro stupně vlivu prostředí

cementy dle ČSN EN 197-1	stupně vlivu prostředí							
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
CEM I	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/A,B-S	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/A-D	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/A,B-P,Q	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/A-V	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/B-V	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/A-W	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/B-W	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/A,B-T	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/A-L	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/B-L	x	x	x	–	–	–	–	–
CEM II/A-LL	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/B-LL	x	x	x	–	–	–	–	–
CEM II/A-M	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM II/B-M	x	x	x	x	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>
CEM III/A	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM III/B	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM III/C	x	x	x	–	–	x	x	–
CEM IV/A,B	x	x	x	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	–
CEM V/A,B	x	x	x	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	x <sup>(c)</sup>	–



stupně vlivu prostředí

XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
X	X	X	X	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
X	X	X	X	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
X	X	X	X	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
X	—	X	—	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
X	X	X	X	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
X	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	—	—	—
$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	—	—	—
X	X	X	X	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
X	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	—	—	—	X	X	X
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X	X	X	X	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	—	—	—	X	$\chi^{(d)}$	$\chi^{(c)}$
X	X	X	X	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	X	X	X
—	—	—	—	X	$\chi^{(a,b)}$	$\chi^{(a,b)}$	—	—	—
$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	—	—	—	—	—	—	—	—
$\chi^{(c)}$	$\chi^{(c)}$	—	—	—	—	—	—	—	—

### 7.3.4 Požadavky na obsah moučky

Doporučené hodnoty obsahu moučky (zrn cementu, příměsí a kameniva do 0,125 mm) jsou uvedeny v následující tabulce.

Při nižším obsahu se zvyšuje nebezpečí odlučování vody, při vyšším obsahu se zvyšují spolu s obsahem vody objemové změny betonu (smrštění) a zvyšuje se nebezpečí vzniku trhlin.

#### Doporučené hodnoty obsahu moučky

horní mez kameniva $D_{\max}$ [mm]	obsah moučky [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]		
	dolní mez	střední hodnota	horní mez <sup>a)</sup>
		dolní mez pro čerpatelné, pohledové a tekuté betony	směrná hodnota pro pohledové betony (přípustné překročení $40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
8	425	450	475
11	325	350	375
16	350	375	400
22	325	350	375
32	300	325	350

a) Neplatí pro samozhutnitelné a pohledové betony, betony pro vrtané piloty a podzemní stěny a pro betonování pod vodou.

### 7.3.5 Požadavky na maximální obsah chloridů

#### Nejvyšší povolený obsah chloridů v betonu

beton	obsah chloridu kategorie <sup>a)</sup>	maximální obsah Cl <sup>-</sup> k hmotnosti cementu <sup>b)</sup>
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	0,40 %
s předpjatou ocelovou výztuží	Cl 0,2	0,20 %

a) Pro specifické použití betonu závisí použitá kategorie na ustanoveních platných v místě použití betonu.

b) Pokud se používají příměsi druhu II, které se berou v úvahu pro obsah cementu, pak obsah chloridů se vyjadřuje jako procentní podíl chloridových iontů k hmotnosti cementu a celkové hmotnosti příměsí, které se berou v úvahu.

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

Požadavky stanovené v tabulce se prokazují výpočtem.

- Výpočet je založený na maximálním obsahu chloridů ve složce, který je přípustný normami pro složky betonu nebo je deklarovaný výrobcem každé složky betonu.
- Výpočet založený na obsahu chloridů ve složkách betonu, sta-

novený měsíčně jako průměrná hodnota z nejméně 25 stanovení obsahu chloridů plus 1,64násobek vypočtené směrodatné odchylky pro každou složku betonu.

### 7.3.6 Požadavky na odolnost proti alkalicko-křemičité reakci

Pokud kamenivo obsahuje formy  $\text{SiO}_2$  reagujícího na působení alkálií ( $\text{Na}_2\text{O}$  a  $\text{K}_2\text{O}$  z cementu nebo jiného původu) a jestliže je beton vystaven vlhkému prostředí, musí se preventivně prokázat jeho vhodnost, aby se zabránilo škodlivým účinkům alkalicko-křemičité reakce.

Reaktivnost neuhličitánového kameniva do betonu s alkáliemi se zkouší podle ČSN 72 1179 a výsledky zkoušky pro preventivní průkaz vhodnosti se posuzují takto:

#### Chemická zkouška:

- když  $D > 70$ , je možné předpokládat, že kamenivo by mohlo být reaktivní, pokud  $S > D$ ;
  - když  $D < 70$ , je možné předpokládat, že kamenivo by mohlo být reaktivní, pokud  $S > 35 + D/2$ ,
- |     |   |  |
|-----|---|--|
| kde | D | je úbytek zásaditosti v milimolech na 1 litr původního filtrátu a                |
|     | S | je molární koncentrace $\text{SiO}_2$ v milimolech na 1 litr původního filtrátu. |

#### Maltová zkouška:

Je možné předpokládat, že kamenivo by mohlo být reaktivní, pokud rozpínání zkušebních trámeček je větší než:

- 0,05 % po 3 měsících uložení podle ČSN 72 1179;
- 0,10 % po 6 měsících stejného uložení.

Rozpínání větší než 0,05 % po 3 měsících uložení se neuvažuje, když rozpínání po 6 měsících je menší než 0,10 %. Výsledky zjištěné po 3 měsících jsou rozhodující jen tehdy, když nejsou k dispozici výsledky rozpínání trámeček po 6 měsících uložení.

Reaktivnost uhlíčanového kameniva do betonu s alkáliemi se zkouší podle ČSN 72 1160.

## Podmínky pro stavby pozemních komunikací

Pro stavby pozemních komunikací jsou podrobněji specifikovány požadavky na vyloučení alkalické reakce kameniva v betonu v předpisu ministerstva dopravy TP 137.

### Požadavky na cement

Cement portlandský CEM I pro beton v prostředí XW1, XW2 a XW3 nesmí obsahovat větší množství alkálií, než je definováno.

Ekvivalent alkálií  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  je :  $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ .

Jestliže bude do betonu použito kamenivo (hrubé nebo drobné) z geologických jednotek a/nebo horninových komplexů známých výskytem reaktivních hornin (maximálně nebo středně rizikových) a bude s nimi petrograficky příbuzné, i když průkazní zkoušky kameniva na odebraném vzorku horniny prokáží horninu s minimální rizikovostí, platí podmínka na max. obsah alkálií v CEM I 0,6 %  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  a max. obsah 2,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  (aktivních alkálií) na jeden  $\text{m}^3$  betonu.

### Požadavky na kamenivo

Kamenivo pro beton v prostředí XW1, XW2, XW3, těžené i drcené, nesmí reagovat s alkáliemi obsaženými ve složkách (v cementu, přísadách, příměsích) a v okolním prostředí. Použitelnost kameniva s ohledem na prostředí je uvedena v následující tabulce.

### Vhodnost použití přírodního kameniva do betonu podle stupně vlhkosti prostředí

rizikovost kameniva		minimální	střední	maximální
vhodnost do prostředí	suchého – XW1	ano	ano	ano
	vlhkého – XW2	ano <sup>3)</sup>	ano <sup>1)</sup>	ano <sup>2)</sup>
	vlhkého – XW3	ano <sup>1)</sup>	ano <sup>2)</sup>	ne

Vysvětlivky:

Ano – kamenivo lze použít do betonu.

Ne – kamenivo nelze použít do betonu.

- 1) Podmínka vhodnosti do betonu: obsah alkálií v cementu maximálně 0,8 % hmotnosti, avšak max. 3,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  (aktivních alkálií) na jeden  $\text{m}^3$  betonu.
- 2) Podmínka vhodnosti do betonu: obsah alkálií v cementu maximálně 0,6 % hmotnosti, avšak max. 2,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  (aktivních alkálií) na jeden  $\text{m}^3$  betonu.
- 3) Obsah alkálií v cementu u kameniva s minimální rizikovostí použitého do prostředí XW2 nebo XW3 je maximálně 1 % hmotnosti, avšak max. 4,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  (aktivních alkálií) na jeden  $\text{m}^3$  betonu.

## Klasifikace kameniva do betonu z hlediska rizika reakce s alkáliemi

zkušební metoda	jednotky	rizikovost přírodního kameniva (zkouškou zjištěné hodnoty)		
		min.	střední	max.
dilatometrická dle ASTM C-1260-94 <sup>1)</sup>	% délky	≤ 0,100	> 0,100–0,200	> 0,200
dilatometrická dle ČSN 721179 <sup>2)</sup>	% délky	≤ 0,070	> 0,070–0,100	> 0,100
chemická dle ČSN 72 1179 podíl rozpuštěného SiO <sub>2</sub>	mmol/l	≤ 0,50	–	> 0,50
chemická dle ČSN 72 1179 <sup>3)</sup> úbytek zásaditosti	mmol/l	–	–	–
dilatometrická dle ČSN 72 1160 <sup>4)</sup> uhličitánové kamenivo	% délky	≤ 0,50	–	> 0,50 <sup>4)</sup>

Vysvětlivky:

<sup>1)</sup> Při výrazném překročení parametru dle ASTM nad 0,300 % délky je bez ohledu na výsledky ostatních metod „rizikovost maximální“.

2) Dilatometrická trámečková zkouška podle ČSN 72 1179 s použitím portlandského cementu CEM I 42,5 s dodatkem doplnění alkálií v záměsové vodě na 1,25 %  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ . V případě intenzivního vzestupného průběhu křivky rozpínání tělesa (bez tendence k poklesu) z rizikových materiálů při zkoušce dle ČSN 72 1179 provést zkoušku v trvání jednoho roku s kritériem 0,200 % délky. Při překročení této hodnoty je výsledné hodnocení bez ohledu na výsledky ostatních metod „rizikovost maximální“.

3) Bez stanovení parametru.

4) Při rozpuštění nebo rozpadu mikrotrámečku při dilatometrické zkoušce uhličitanového kameniva podle ČSN 72 1160 je výsledek považován rovněž za nevyhovující.



## Orientační rozdělení některých hornin dle rizikosti vzniku AKR

rizikovost hornin	skupina hornin		petrografický druh
minimální	magmatické		žula, granodiorit, gabro, čedič, melafyr, diabas, spilit, znělec
	sedimentární	zpevněné	vápence bez přítomnosti rohovců
		nezpevněné	písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu)
metamorfované		granulit, amfibolit, hadec, krystalický vápenc (dolomit)	
střední	magmatické		ryolit, porfyr, porfyrít, melafyr s mandlovci
	sedimentární	zpevněné	droba, slepencové droby
		nezpevněné	písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu)
metamorfované		pararula, ortorula, rohovec, metadroba, metamorfované prachovce, prachovcové břidlice	
maximální	magmatické		ryolit, porfyr, porfyrít, vulkanické sklo, sopečný tuf
	sedimentární	zpevněné	droba, vápenc s rohovcem
		nezpevněné	písek, štěrkopísek (dle oblasti výskytu)
	metamorfované		rohovec, metadroba, křemenec, buližník

## Požadavky na složení betonu

a) Beton v prostředí se stupněm vlhkosti XW3 podle tab. č. 1 může při návrhu obsahovat max. 3,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  (aktivních alkálií) na jeden  $\text{m}^3$  betonu při použití minimálně rizikového kameniva, max. 2,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  na 1  $\text{m}^3$  při použití středně rizikového kameniva.

b) Beton v prostředí se stupněm vlhkosti XW2 může při návrhu obsahovat max. 3,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  (aktivních alkálií) na jeden  $\text{m}^3$  betonu při použití středně rizikového kameniva a max. 4,5 kg  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$  (aktivních alkálií) na jeden  $\text{m}^3$  betonu při použití minimálně rizikového kameniva.

c) Obsah aktivních alkálií v betonu se stanoví součtem obsahů alkálií z receptury při návrhu betonu podle obsahů alkálií v jednotlivých složkách betonu takto:

ca) Pro stanovení alkálií v cementu se bere 100 % obsahu alkálií ve slínku a sádrovci, 50 % obsahu alkálií ve strusce a plnivech, 17 % obsahu alkálií v popílku a pucolánech (pokud nejsou známy obsahy aktivních alkálií ve složkách cementu, bere se vždy 100 % alkálií stanovených ve výrobku – expedovaném cementu),

cb) obsah alkálií ve vodě a přísadách se započte jako 100 %,

cc) obsah alkálií v kamenivu se v ČR u přírodního kameniva nezjišťuje ani nezapočítává.

Tento parametr (skutečný obsah aktivních alkálií v betonu) musí být vždy uveden ve zprávě o průkazních zkouškách betonu.

d) Pokud není možno pro stavbu dopředu určit a zajistit max. obsah alkálií v cementu, a tím ani v betonu dle bodů a), b), je nutno ve fázi průkazní zkoušky betonu prokázat, že hodnota obsahu alkálií v betonu vyhoví jednomu ze vztahů:

$$T_m < \frac{3,5}{1 + 2V_c} \text{ [kg/m}^3\text{]}, T_{\text{max}} < 3,5 \text{ } ^\text{)} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Kde:

$T_m$  je obsah všech alkálií vnesených do betonu jeho složkami (viz bod. c).

$T_{max}$  je maximální obsah všech alkálií vnesených do betonu jeho složkami (pro obsah alkálií v cementu se použije max. hodnota ze statistického souboru).

$V_c$  je variační koeficient souboru nejméně 8 po sobě jdoucích hodnot obsahu alkálií v použitém a pro stavbu navrhovaném cementu, kde jedna hodnota reprezentuje výrobu za období 3 týdnů nebo delší, použije se soubor ze statistického přehledu, reprezentujícího období před zahájením průkazných zkoušek – PZ (zahájení PZ = datum doručení zadání PZ do laboratoře). Pokud v období 3 nebo více týdnů bylo provedeno více stanovení obsahu alkálií, vybere se hodnota nejvyšší.

\*) Je limit obsahu  $\text{Na}_2\text{O}_{eq}$  na  $1 \text{ m}^3$  podle a), b) (2,5 nebo 3,5 nebo  $4,5 \text{ kg/m}^3$ ).

Podmínka d) se musí ve formě číslovaného dodatku ke zprávě o průkazných zkouškách kontrolovat podle aktuálních již předem nezprůměrovaných hodnot obsahu alkálií v používaném cementu. Dodatek s vyhodnocením vypracovává autor průkazní zkoušky min. 1x ročně nebo dle smlouvy častěji a zasílá jej objednateli PZ a příslušné správě nebo záводу ŘSD ČR, případně předkládá AO pro beton při dohledech. PZ i jejich dodatky musí obsahovat údaje o použitých hodnotách obsahu alkálií (datum analýzy, jaké období hodnota reprezentuje, metoda měření atd.) a jejich identifikaci u výrobce cementu.

### 7.3.7 Požadavky pro betonování pod vodou

Pro beton určený k betonáži pod vodou se navíc požaduje:

- stupně konzistence F3, S3 a všechny vyšší (tekutější) konzistence;
- obsah cementu nebo součet obsahu cementu a popílku při  $D_{\max} = 22 \text{ mm}$  alespoň  $360 \text{ kg/m}^3$ ;
- vodní součinitel nejvýše 0,60, v případě použití popílku se popílek započítává k-hodnotou 0,70.

### 7.3.8 Požadavky na cementovou maltu (jemnozrný beton s $D_{\max} 4 \text{ mm}$ ) pro zmonolitnění prefabrikátů

- minimální pevnostní třída cementu musí být alespoň 32,5
- minimální dávka cementu musí být alespoň  $400 \text{ kg/m}^3$  betonu.

### 7.3.9 Požadavky při dodávce betonu

#### Teplota čerstvého betonu

Teplota čerstvého betonu v době dodávání nesmí být menší než  $+ 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pokud se požaduje jiná minimální teplota betonu nebo se požaduje maximální teplota, pak musí být uvedena s dovolenými odchylkami. Jakýkoliv požadavek na umělé ochlazování nebo oteplování betonu před jeho dodáváním musí být odsouhlasen předem výrobcem i odběratelem.

Podrobnější údaje o teplotě betonu při dodání viz kapitola 9.

#### Konzistence při dodání

Čerstvý beton se dodává v konzistencích dle čl. 7.2.2, a to buď deklarovaným stupněm konzistence, nebo určenou hodnotou. V případě určené hodnoty konzistence platí pro tyto hodnoty následující tolerance:

## Tolerance pro určené hodnoty konzistence

<b>sednutí</b>			
určená hodnota [mm]	≤ 40	50 až 90	≥ 100
tolerance [mm]	±10	±20	±30
<b>Vebe čas</b>			
určená hodnota [s]	≥ 11	10 až 6	≤ 5
tolerance [s]	±3	±2	±1
<b>stupeň zhutnitelnosti</b>			
určená hodnota	≥ 1,26	1,25 až 1,11	≤ 1,10
tolerance	±0,10	±0,08	±0,05
<b>průměr rozlité (i pro SCC betony)</b>			
určená hodnota [mm]	všechny hodnoty		
tolerance [mm]	±30		

S ohledem na ztrátu citlivosti zkušebních metod mimo určité hodnoty konzistence se doporučuje používat uvedené zkušební metody při hodnotách:

- sednutí ≥ 10 mm a ≤ 210 mm
- Vebe čas ≥ 5 s a ≤ 30 s
- index zhutnění ≥ 1,04 a < 1,46
- rozlité > 340 mm a ≤ 620 mm
- rozlité SCC > 600 mm a ≤ 800 mm.

Konzistence samozhutnitelných betonů je označována stupněm rozlití SF1–SF3 anebo určenou hodnotou a zkouší se dle ČSN EN 12350-8 a dále postupy dle zvláštních předpisů, například:

- Evropská směrnice pro samozhutnitelný beton – Specifikace, výroba a použití,
- TP 187 Samozhutnitelný beton pro mostní objekty pozemních komunikací (Technické podmínky MD).

Pokud je specifikována konzistence betonu, musí se zkoušky provádět v době ukládání betonu nebo, v případě transportbetonu, v době dodání.

Pokud je beton dodáván v automíchači nebo v autodomíchači, může být konzistence měřena na jednotlivém vzorku odebraném na začátku vyprazdňování. Vzorek se musí odebrat podle EN 12350-1 po vyprázdnění asi 0,3 m<sup>3</sup> betonu.

### **Podmínky úpravy konzistence při dodání:**

Obecně je jakékoliv přidávání vody nebo přísad při dodání zakázáno.

Ve zvláštních případech, pokud je to na zodpovědnosti výrobce, je možné přidat vodu nebo přísady za účelem úpravy konzistence na požadovanou hodnotu, a to za předpokladu, že nejsou překročeny mezní hodnoty uvedené ve specifikaci a přidání přísady je obsaženo v návrhu složení betonu. V každém případě musí být jakékoliv množství vody nebo přísady přidané do automíchače zaznamenáno na dodacím listě.

Voda nesmí být přidávána v případě, že nejsou předem ověřeny vlastnosti betonu s vyšší dávkou vody průkaznými nebo kontrolními zkouškami.

V případě dávkování přísad do čerstvých betonů na staveništi se do dodacího listu ručně uvedou následující údaje:

- doba a důvod přidání (změření konzistence),
- přidání druh a množství přísady,
- před přidáním přísady do částečně vyprázdněného míchacího bubnu i odhad objemu zbývajících čerstvého betonu.

V případě přidání přísady do autodomíchávače na stavbě nesmí být doba znovu zamíchání po hlavním míchání kratší než  $1 \text{ min/m}^3$  a ne kratší než 5 minut po přidání přísady.

## 7.4 NÁVRH SLOŽENÍ BETONU

Navrhnout technicky vyhovující a hospodárné složení (recepturu) betonu podle zadaných parametrů je složitý úkol a vyžaduje určité zkušenosti v technologii betonu. V praxi se používá mnoho různých metod pro výpočet složení betonu. Tato kapitola uvádí přehled základních kroků při zpracování návrhu složení betonu a následující kapitola uvádí příklad jednoduššího postupu s využitím tabelovaných hodnot uváděných v SRN.

Ekonomickým kritériem složení betonu je **minimální spotřeba cementu**.

**Stupeň vlivu prostředí** definuje hodnoty pro max. vodní součinitel, min. množství cementu a stupeň provzdušnění (kap. 7.3.2).

**Třída pevnosti betonu  $f_{c,cube}$**  (kap. 7.2.3).

Se statickým výpočtem souvisí i určení vzdálenosti mezi pruty výztuže a její krytí, podle toho se stanovuje max. zrno kameniva.

Největší zrno kameniva  $D_{max}$  se volí podle betonové konstrukce se snahou použít co největšího zrna:

- menší než 1/4 nejmenšího rozměru konstrukce
- menší o 5 mm než nejmenší vzdálenost mezi pruty výztuže

- menší než 1,3násobek krycí vrstvy výztuže.

Vodní součinitel  $w$ , tj. poměr účinného obsahu vody k hmotnosti cementu v čerstvém betonu. V případě dávky kapalné přísady větší než 3 litry, připočítává se tato kapalina k množství vody ve směsi, a tím se zvyšuje vodní součinitel.

Používaný vodní součinitel pro:

- železobeton v mezích  $w_{\max} \geq 0,45$  až  $0,65$
- pro prostý beton  $w_{\max} \leq 0,70$
- předpjatý beton  $w_{\max} \leq 0,60$
- vodotěsný beton  $w_{\max} \leq 0,55$
- silniční beton  $w_{\max} = 0,45$  až  $0,50$ .

ČSN EN 206-1 určuje maximální přípustný vodní součinitel ( $w_{\max}$ ) k požadovanému stupni vlivu prostředí působícímu na beton. Minimální množství cementu je definováno třídou vlivu prostředí a maximální množství pak hospodárností složení.

**Množství cementu** se posuzuje v objemu cementového tmele, který musí být vždy vyšší než mezerovitost kameniva. Přebytek cementového tmele  $\upsilon$  je koeficient, kterým násobíme mezerovitost kameniva pro stanovení objemu cementového tmele. Jeho hodnota je minimální  $\upsilon = 1,05$  a maximální  $\upsilon = 1,3$  až výjimečně  $1,4$ .

Limituje se **maximální obsah jemných podílů tuhých částic** do velikosti  $0,25\text{ mm}$  pro  $D_{\max} = 16\text{ mm}$  do  $530\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ,  $D_{\max} = 32\text{ mm}$  do  $460\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a pro  $63\text{ mm}$  do  $430\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

V tomto limitu je zahrnut cement, příměsi a jemné podíly kameniva.

**Množství vzduchových pórů  $V_z$  v betonu** se udává v % objemu. Čerstvý beton bez provzdušňovacích přísad lze prakticky ztuhnit až do minimální hodnoty asi 2 %. Min. obsah vzduchu v čerstvém betonu je definován podle stupně vlivu prostředí v rozsahu (4–6) %, viz tabulka v kapitole 7.3.2.

Složení betonu většinou zkusmo upravujeme pro potřebnou konzis-



tenci čerstvého betonu a dosažení potřebných 28denních pevností.  
**Zpracovatelnost** zlepšíme (zvýšíme sednutí kužele nebo rozlití):

- zvýšením vodního součinitele
- použitím plastifikátorů a superplastifikátorů
- částečně zvýšením množství cementu a příměsí
- kamenivem s větší mezerovitostí a menším měrným povrchem (snížíme podíl frakce 0/4 mm).

Výslednou **pevnost betonu** zvýšíme:

- snížením vodního součinitele
- cementem vyšší pevnostní třídy
- vyšším množstvím cementu, ale pouze po určitou hranici
- kamenivem s menší mezerovitostí.

### Schéma návrhu složení betonu

fáze	zadání	stanovení
1. definování požadavků	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ třída vlivu prostředí</li> <li>■ typ betonové konstrukce</li> <li>■ technologie zpracování betonu</li> <li>■ ostatní požadavky</li> </ul>	min. $m_C$ , max. $w$ , min. $V_Z$ , min. $f_{c,cube}$ , $D_{max}$ , konzistence, doba tuhnutí, nárůst pevnosti, obj. hm., max. průsak tl. vodou
2. volba složek betonu	kamenivo cement přísady a příměsí	druh, zrnitost druh, pevnostní třída druh a dávka $m_p$
3. výpočet návrhu složení		
4. experimentální ověření návrhu	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ stanovení konzistence čerstvého betonu</li> <li>■ úprava složení na požadovanou konzistenci</li> <li>■ zhotovení zkušebních krychlí</li> <li>■ úprava složení na potřebnou pevnost při zachování konzistence</li> <li>■ určení definitivního složení betonu</li> </ul>	

## Schéma návrhu složení betonu

Základním vztahem pro výpočet složení betonu je rovnice absolutních objemů:

$$\frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_v}{\rho_v} + \frac{m_k}{\rho_k} + \frac{m_p}{\rho_p} = 1 - \frac{V_z}{100}$$

$m_c, m_v, m_k, m_p$  množství cementu, vody, kamenina  
a příměsí [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

$\rho_c, \rho_v, \rho_k, \rho_p$  objemové hmotnosti cementu, vody, kamenina  
a příměsí [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

$V_z$  objem vzduchu v betonu v % objemu.

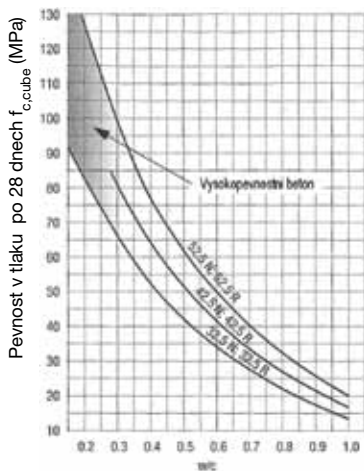
**Pro technické předběžné výpočty používáme obj. hmotnosti složek:**

- cementu CEM I  $\rho_c = 3100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- CEM II  $\rho_c = 3050 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
- příměsí  $\rho_p = 2100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  ( $\rho_p$  je proměnlivé podle druhu a původu příměsí)
- kameniva  $\rho_k = 2600$  až  $3100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  podle druhu horniny
- vody  $\rho_v = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

## Závislost pevnosti betonu na vodním součiniteli a pevnosti cementu podle Walze

### Schéma výpočtu:

■ a) Podle nomogramu z obrázku odečteme vodní součinitel  $w$  pro požadovanou pevnost  $f_{c,cube}$  a zvolenou pevnostní třídu cementu. Zkontrolujeme vodní součinitel dle kap. 7.3.2.



- 1) CEM 52,5
- 2) CEM 42,5
- 3) CEM 32,5

b) Z tabulky zjistíme potřebné množství vody pro zvolenou konzistenci C nebo S a granulometrii kameniva podle zvolené křivky zrnitosti (kap. 3.6) pro beton bez přísad.

**Potřeba vody ( $m_v$ ) v l na 1 m<sup>3</sup> betonu na požadovanou konzistenci v závislosti na granulometrii směsi nedrceného těžného kameniva**

konzistence	křivka zrnitosti											
	A <sub>8</sub>	B <sub>8</sub>	C <sub>8</sub>	A <sub>16</sub>	B <sub>16</sub>	C <sub>16</sub>	A <sub>32</sub>	B <sub>32</sub>	C <sub>32</sub>	A <sub>63</sub>	B <sub>63</sub>	C <sub>63</sub>
C 0	160	178	197	139	160	183	133	152	171	123	139	163
S 1	166	184	205	145	166	189	137	158	177	127	145	169
S 2	176	194	217	155	176	200	145	167	188	135	155	180
S 3	192	212	235	170	192	217	159	181	207	148	170	197
S 4	204	227	250	181	204	232	171	197	223	159	181	211

■ c) Pokud chceme použít plastifikátor nebo superplastifikátor se známým účinkem na snížení dávky vody, provedeme korekci dávky vody pro danou konzistenci.

■ d) Vypočteme množství cementu z rovnice:

$$m_C = m_V / w$$

■ e) Z rovnice absolutních objemů vypočteme celkové množství kameniva  $m_k$  (kap. 7.4) a podle zvolené křivky zrnitosti rozdělíme na jednotlivé frakce.

■ f) Sestavíme recepturu pro záměs 1 m<sup>3</sup> betonu a zkontrolujeme množství pevných částic do 0,25 mm (kap. 7.4), známe-li mezerovitost zvolené křivky kameniva, zkontrolujeme i přebytek cementového tmele (kap. 7.4).

■ g) Vyrobité beton podle vypočtené receptury, požadované konzistence betonu dosáhneme vhodnou dávkou plastifikátoru nebo superplastifikátoru.

■ h) Sečteme skutečné navážky všech složek na 1 m<sup>3</sup> betonu  $\sum m_i$  v kg, stanovíme skutečnou objemovou hmotnost vyrobeného beto-

nu (po zhutnění)  $\rho_b$  v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a vypočteme přepočítávací koeficient  $k$ :

$$k = \rho_b / \sum m_i$$

■ i) Přesné dávky složek pro  $1 \text{ m}^3$  zhutněného betonu  $m_{iu}$  získáme vynásobením použitých dávek jednotlivých složek  $m_i$  koeficientem  $k$ :

$$m_{iu} = k \cdot m_i$$

### Korekce potřeby vody:

- Při použití drceného kameniva od 4 do 8 mm se voda zvyšuje až o 10 %, od 8 mm se zvyšuje množství vody o 5 %.
- Při zvýšení obsahu tuhých částic (cement, příměsi a jemné podíly kameniva do 0,25 mm) přes  $350 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  se přidává voda na každých 10 kg o  $1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- Provzdušněním čerstvého betonu o 1 % obj. pórů, které převyšuje 1,5 % obj., se redukuje množství vody asi o  $5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- Plastifikační přísady snižují množství vody nejméně o 5 % hmotnosti.

### Příklad:

Zadání:

Beton třídy C 25/30 XF2 podle ČSN EN 206-1, tzn. vodní součinitel  $w$  max. 0,55 a min. dávka cementu  $m_c = 300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , kontrolní pevnost betonu při neznámé stejnoměrnosti (směrodatné odchylce) betonu  $R_b$  min.  $36 \text{ Nmm}^{-2}$  (MPa), krycí vrstva výztuže a vzdálenost prutů výztuže je 30 mm, volíme proto kamenivo o max. velikosti zrna  $D_{\max} 16 \text{ mm}$  ( $\rho_k = 2650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), zrnitost kameniva podle křivky B 16 (viz. 3.8), kamenivo frakce 0/4 mm obsahuje 8 % hm. jemných tuhých částic do 0,25 mm. Provzdušnění čerstvého betonu (XF2) je min. 4 %. Pro provzdušněné betony zvolíme např. cement CEM I 42,5 R ( $\rho_c = 3100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a  $R_{c 28} = 50 \text{ MPa}$ ). Konzistence betonu stupeň S3 – cca 120 mm sednutí kužele.

### Postup:

■ **add a)** z grafu odečteme pro  $f_{c,cube} = 42$  MPa vodní součinitel  $w/c = 0,57$ , který ovšem nevyhovuje požadavku na XF2, volíme proto  $w/c = 0,55$

■ **add b)** pro kamenivo s  $D_{max} = 16$  mm, křivky B16 a konzistence S3 odečteme z tabulky dávku vody  $192 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

■ **add c)** nebudeme uvažovat použití plastifikační přísady

■ **add d)** dávka cementu  $m_c = 192/0,55 = 349 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

■ **add e)** předpokládaný obsah vzduchu je 5 % obj.

celková dávka kameniva:

$$349/3100 + 192/1000 + m_k/2650 = 1 - 5/100m_k = 1710 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

použijeme frakce kameniva 0/4, 4/8 a 8/16 a za předpokladu podobné objemové hmotnosti jednotlivých frakcí vypočteme navážky:

$$0/4 \text{ mm} \dots 0,56 \cdot 1710 = 958 \text{ kg}$$

$$4/8 \text{ mm} \dots 0,20 \cdot 1710 = 342 \text{ kg}$$

$$8/16 \text{ mm} \dots 0,24 \cdot 1710 = 410 \text{ kg}$$

■ **add f)** dávka provzdušňující přísady 0,3 % hm. z dávky cementu, tj.  $349 \cdot 0,003 = 1,05 \text{ kg}$

### Navržené složení záměsi betonu pro objem $1 \text{ m}^3$ po ztuhnutí:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| ■ cement CEM I 42,5 R     | 349 kg                                 |
| ■ kamenivo frakce 0/4 mm  | 958 kg (hm. podíl zm do 0,25 mm = 8 %) |
| ■ kamenivo frakce 4/8 mm  | 342 kg                                 |
| ■ kamenivo frakce 8/16 mm | 410 kg                                 |
| ■ voda                    | 192 kg                                 |
| ■ provzdušňovací přísada  | 1,05 kg                                |

Obsah jemných pevných částic do 0,25 mm vyhovuje:

$$349 + 958 \cdot 0,08 = 426 \text{ kg} < 530 \text{ kg}$$

■ **add g)** pro dosažení konzistence S3 bylo nutno přidat 2,5 kg plastifikátoru, byl zjištěn obsah vzduchu v čerstvém betonu 5,7 % obj. a objemová hmotnost čerstvého betonu  $\rho_b = 2230 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

■ **add h)** celková navážka záměsi

$$\Sigma_{mi} = 349 + 958 + 342 + 410 + 192 + 1,05 + 2,5 = 2254,55 = 2255 \text{ kg}$$

$$\text{koeficient } k = 2230/2255 = 0,989$$

### Upravené složení záměsi betonu pro objem 1 m<sup>3</sup> po ztuhnutí:

■ cement CEM I 42,5 R	346 kg
■ kamenivo frakce 0/4 mm	947 kg
■ kamenivo frakce 4/8 mm	338 kg
■ kamenivo frakce 8/16 mm	405 kg
■ voda	190 kg
■ provzdušňovací přísada	1,04 kg
■ plastifikační přísada	2,47 kg
■ konzistence betonu	S3
■ obsah vzduchu	5,7 % obj.
■ obj. hmotnost čerstvého betonu	2230 kg.m <sup>-3</sup>

## 7.6 SILNIČNÍ BETON

Problematikou provádění a kontrolou shody cementobetonových krytů vozovek dálnic, silnic, místních a účelových komunikací, dopravních a jiných ploch, letištních drah a ploch se zabývá ČSN 73 6123-1. Tato norma označuje cementobetonové kryty podle použité technologie a dopravního zatížení. Definuje požadavky na údaje v dokumentaci a podkladní vrstvy. Popisuje konstrukční zásady cementobetonového krytu, vlastní postupy stavebních prací a kontrolu shody.

### Označení cementobetonových krytů podle použité technologie

technologie	značka
cementobetonový kryt	CB <sup>1)</sup>
horní vrstva cementobetonového krytu dvouvrstvového	CB(H)
spodní vrstva cementobetonového krytu dvouvrstvového	CB(S)

<sup>1)</sup> Podle skupiny cementobetonového krytu se přidává označení: I, II, III.

## Označení cementobetonových krytů podle dopravního významu

doporučená nejnižší skupina	specifikace komunikace	třída dopravního zatížení dle ČSN 73 6114 <sup>1)</sup>
CB I	letištní dráhy a plochy, dálnice, rychlostní komunikace, rychlostní místní komunikace, silnice I. tř.	S, I-III
CB II	silnice II. a III. třídy, sběrné místní ko- munikace, obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy	III-V
CB III	obslužné místní ko- munikace, odstavné a parkovací plochy, do- časné komunikace a účelové komunikace	IV-VI

<sup>1)</sup> Netýká se leteckých drah a ploch.

### Složky do betonu

Složky do betonu musí splňovat požadavky ČSN EN 206-1 a ČSN EN 13877-1. Volba složek pak musí zajistit splnění požadavků na vlastnosti betonu v čerstvém i ztvrdlém stavu.

### Požadavky na cement:

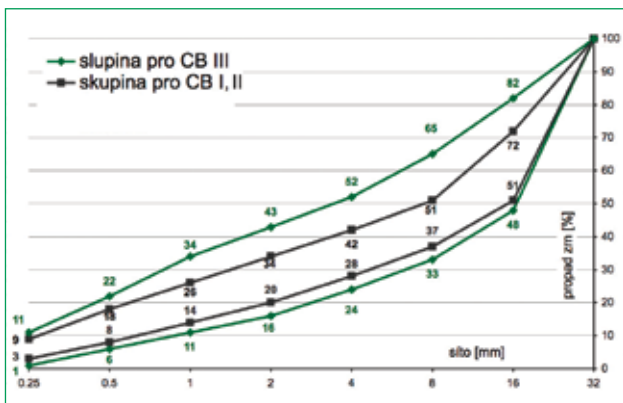
- pro CB I cement CEM I 42,5 dle ČSN EN 197-1
- obsah  $C_3A$  je max. 8 %, počátek tuhnutí min. 1,5 h, obsah MgO max 5% hm. slínku
- pro CB II a CB III cementy CEM I 42,5, CEM I 32,5 a CEM II/A-S 32,5
- pro CB I, II a III – měrný povrch cementů max. 350 m<sup>2</sup>.kg.



### Požadavky na kamenivo:

- max. velikost zrna kameniva může být nejvíce do 1/4 tloušťky vrstvy, u spojitě vyztužených krytů max. velikost zrna do 1/3 vzdálenosti mezi podélnými výztuhami
- možno použít i přetržitou křivku zrnitosti pro CB I a CB II složenou min. ze tří frakcí
- max. tvarový index do 40 %
- požadavky na obsah jemných částic (max. 3 %), nasákavost (max. 1,5 %), odolnost proti alkalicko-křemičité reakci, humusovitost, mrazuvzdornost kameniva ( $F_1, F_2$ )
- limitovaný obsah agresivních iontů ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) a obsah veškeré síry (max. 1%).

### Graf zrnitosti směsí kameniva s $D_{max} = 32$ mm (propad zm v % hm.)



### Požadavky na složení betonu

- doporučuje se obsah jemných částic do 0,25mm v množství 350–450 kg.m<sup>-3</sup>
- minimální obsah cementu pro skupinu krytů CB I a CB II je 350 kg.m<sup>-3</sup>
- minimální obsah cementu pro skupinu krytů CB III je 330 kg.m<sup>-3</sup>
- min. denní průměr obsahu vzduchu v čerstv. betonu pro  $D_{\max} = 22$  mm je 4%, resp. pro  $D_{\max} = 16$ mm 5%
- součinitel prostorového rozložení obsahu účinného vzduchu  $A_{300}$  pro skupinu CB I a CB II je maximálně  $L = 0,24$ , pro CB III není požadován
- pokud jsou použity vložené ocelové prvky nechráněné proti korozi, nesmí obsah  $Cl^-$  překročit 0,40% hm. cementu

### Kvalitativní parametry ztvrdlého betonu dle ČSN EN 13877-1

skupiny vozovek	CB I	CB II	CB III
třída pevnosti v tlaku podle ČSN EN 206-1	C 30/37	C 30/37	C 25/30
pevnost v tahu ohybem [MPa] <sup>1)</sup>	4,5	4,5	4,0
stupeň vlivu prostředí	XF4	XF4	1)
max. variační koeficient [%]	10	10	12
pevnost v tlaku na zlomcích trámů [MPa]	32	32	32
min. počet cyklů působení vody a rozmraz. solí <sup>2)</sup>	100/75	75/50	– <sup>1)</sup>
max. povolený odpad (g.m <sup>-2</sup> )	1000	1000	– <sup>1)</sup>
max. součinitel prostorového rozložení vzduchových pórů [mm]	0,24	0,24 <sup>3)</sup>	–

<sup>1)</sup> Pokud je požadováno v dokumentaci stavby.

<sup>2)</sup> Metoda A, C dle ČSN 73 1326. Metoda zkoušek odolnosti proti zmrazování a rozmrazování musí být předem dohodnuta a potvrzena.

<sup>3)</sup> Doporučená hodnota.

## 7.7 KONSTRUKČNÍ VRSTVY POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Jednotlivé technologie konstrukčních vrstev pozemních komunikací se od sebe liší použitým pojivem, místem použití při stavbě pozemních komunikací a samozřejmě technickými vlastnostmi.

**Druhy pojiv rozdělují používané technologie a jejich označení na:**

technologie	označení	normativní předpis
směs stmelená cementem	SC	ČSN EN 14227-1 a -10
směs stmelená struskou	SS	ČSN EN 14227-2 a -12
směs stmelená popílčkem	SP	ČSN EN 14227-3 a -14
směs stmelená hydraulickými silničními pojivy	SH	ČSN EN 14227-5 a -13
pokud není určena technologie, resp. pojivo	S	

Příčemž směsi podle norem ČSN EN 14227-10 až 14 jsou de facto zeminy, přírodní, umělý nebo recyklovaný materiál upravený hydraulickými pojivy. Prioritně jsou určeny pro úpravu podloží pozemních komunikací. Jen za určitých podmínek lze použít tyto směsi i do ochranné nebo podkladní vrstvy.

V nedávné minulosti došlo k poměrně značným normativním změnám v označování, požadavcích na směsi konstrukčních vrstev vozovek a zkušebnictví. Technologie známé pod názvy kamenivo zpevněné cementem (KSC), stabilizace s cementovým pojivem (SC) a další směsi se zavedením EN norem již neplatí. Pro snazší orientaci ve značení a použití směsí lze použít následující tabulku.

## Přirazení původních a nových názvů technologií k zavedeným třídám pevnosti

nový název technologie					původní název technologie
třída pevnosti	směs stmelená cementem SC	směs stmelená struskou SS	směs stmelená popílkem SP	směs stmelená hydr. silnič. pojivy SH	
	C <sub>0,4/0,5</sub>	C <sub>0,4/0,5</sub>	C <sub>0,4/0,5</sub>	C <sub>0,4/0,5</sub>	stabilizace cementem S III
	C <sub>0,8/1,0</sub>	C <sub>0,8/1,0</sub>	C <sub>0,8/1,0</sub>	C <sub>0,8/1,0</sub>	
	C <sub>1,5/2,0</sub>	C <sub>1,5/2,0</sub>	C <sub>1,5/2,0</sub>	C <sub>1,5/2,0</sub>	stabilizace ce- mentem S II
	C <sub>3/4</sub>	C <sub>3/4</sub>	C <sub>3/4</sub>	C <sub>3/4</sub>	stabilizace cementem S I
	C <sub>5/6</sub>	C <sub>5/6</sub>	C <sub>5/6</sub>	C <sub>5/6</sub>	kamenivo zpevněné cementem KSC II
	C <sub>8/10</sub>	C <sub>8/10</sub>	C <sub>8/10</sub>	C <sub>8/10</sub>	kamenivo zpevněné cementem KSC I
	C <sub>12/15</sub>	C <sub>12/15</sub>	C <sub>12/15</sub>	C <sub>12/15</sub>	válcovaný beton VB I
	C <sub>16/20</sub>	C <sub>16/20</sub>	C <sub>16/20</sub>	C <sub>16/20</sub>	podkladový beton PB I
	C <sub>20/25</sub>	C <sub>20/25</sub>	C <sub>20/25</sub>	C <sub>20/25</sub>	podkladový beton PB II

Nové normativní požadavky na složení směsí, zkušebnictví a použití konkrétních technologií přesahují svým rozsahem možnosti a účel Příručky technologa. Je nutné se s každou technologií důkladně seznámit a poté řešit konkrétní požadavky ve spolupráci s objednatelem.

## 7.8 BETON ODOLNÝ PROTI PŮSOBENÍ VODY A CHEMICKÝCH ROZMRAZOVACÍCH LÁTEK (CHRL)

**ČSN EN 206-1** rozděluje betony do skupin podle předpokládané provozní životnosti betonových prvků či konstrukcí vystavených různým vlivům agresivního prostředí.

Beton vystavený účinkům mrazu je při použití rozmrazovacích prostředků, které vyvolají tání ledu i při teplotách pod 0 °C, extrémně namáhán a musí vykazovat zvýšenou odolnost. Pro zvýšení odolnosti se mimo jiné požaduje:

- dodržení daného vodního součinitele a min. dávky cementu
- použití vhodných příměsí a plniv v kombinaci s vybranými typy přísad
- vhodné provzdušnění betonu (minimální obsah vzduchu je předepsán v různé výši v závislosti na složení betonu – viz tabulka v kapitole 7.3.2).

Obsah vzduchových pórů v čerstvém betonu se stanoví běžně pomocí tlakoměrných hrnců podle ČSN EN 12350-7.

Obsah tzv. účinných vzduchových pórů  $A_{300}$  do velikosti 300  $\mu\text{m}$  a stanovení součinitele prostorového rozložení těchto pórů ve ztvrdlém betonu je podle postupu uvedeného v ČSN EN 480-11.

Odolnost povrchu betonu proti působení CHRL se obvykle stanoví metodou A (automatické cyklování), případně metodou C (automatické cyklování II) podle ČSN 73 1326. Kritériem při stanovení odolnosti betonu proti působení CHRL je míra narušení povrchu betonu vystaveného zmrazovacím a rozmrazovacím cyklem v prostředí roztoku chloridu sodného. Výsledkem zkoušky je hmotnost odpadu betonu v  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  z povrchu zkoušeného vzorku betonu po stanoveném počtu cyklů. Metody se od sebe liší tvarem zkušebních těles, způsobem přípravy vzorků před zkouškou, režimem zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů a mírou účinnosti cyklování na povrch vzorku betonu.

## 7.9 PĚNOBETON

Používají se pěnотvorné přísady, které se přidávají buď přímo do míchačky s nuceným oběhem, anebo se ve zvláštním přístroji vytvoří pěna a ta se zamíchá do čerstvého betonu hned v míchačce nebo v automíchači v různé fázi dopravy nebo až na staveništi. Obsah cementu je 300 až 350 kg.m<sup>-3</sup>, obsah vody 100 až 200 litrů na m<sup>3</sup> betonu. Objemová hmotnost pěny je cca 50 kg.m<sup>-3</sup>.

### Příklad složení pěnobetonu s objemovou hmotností 1200 kg.m<sup>-3</sup>

- CEM I 42,5 R 300 kg.m<sup>-3</sup>
- písek frakce 0/2 mm 810 kg.m<sup>-3</sup>
- voda 135 kg.m<sup>-3</sup>
- pěna 460 l.

## 7.10 ČERPANÝ ČERSTVÝ BETON

Níže uvedený text není normativně daný, vychází z již neplatné ČSN 73 1209, včetně použité tabulky. Nadále však může sloužit jako technologická pomůcka.

Největší zrno kameniva se řídí použitým průměrem potrubí. Tvarový index větší jak 3 max. 30 % obj. a je dovoleno max. 10 % obj. nadsítného podílu kameniva. Podíl zrn do 1 mm je vhodné zvýšit o 10 % proti hodnotám křivky zrnitosti (viz 3.8). Jemné frakce zrn do 0,25 mm zajišťují přenos čerpacího tlaku, tvoří vrstvu na stěnách potrubí, a tím snižují vnitřní tření čerstvého betonu, omezují odlučování vody a zvyšují soudržnost čerstvého betonu.

průměr potrubí [mm]	těžené kamenivo	drcené kamenivo
50	D <sub>max</sub> 4 mm	–
65	D <sub>max</sub> 8 mm	–
100	D <sub>max</sub> 32 mm	D <sub>max</sub> 16 mm
125	D <sub>max</sub> 40 mm	D <sub>max</sub> 22 mm

Obsah jemných podílů do 0,25mm má být do 8% obj. a jejich množství spolu s cementem se limituje podle maximálního zrna kameniva. K doplnění jemných podílů se používají příměsi: popílek (zbytek na síť 0,063mm do 20%, ztráta žháním do 7%, obsah  $SO_3 \leq 3\%$  a obsah síry  $\leq 0,4\%$ ), mletý vápenec, struska, méně vhodné jsou prosívky drceného kameniva (jsou ostrohranné). Nejvyšší teplota čerstvého betonu ještě vhodná pro čerpání je cca 25 °C.

### Jemné podíly (cement, příměsi a kamenivo) do 0,25mm pro čerpaný beton v $kg.m^{-3}$ pro směsi kameniva do max. velikosti zrna $D_{max}$

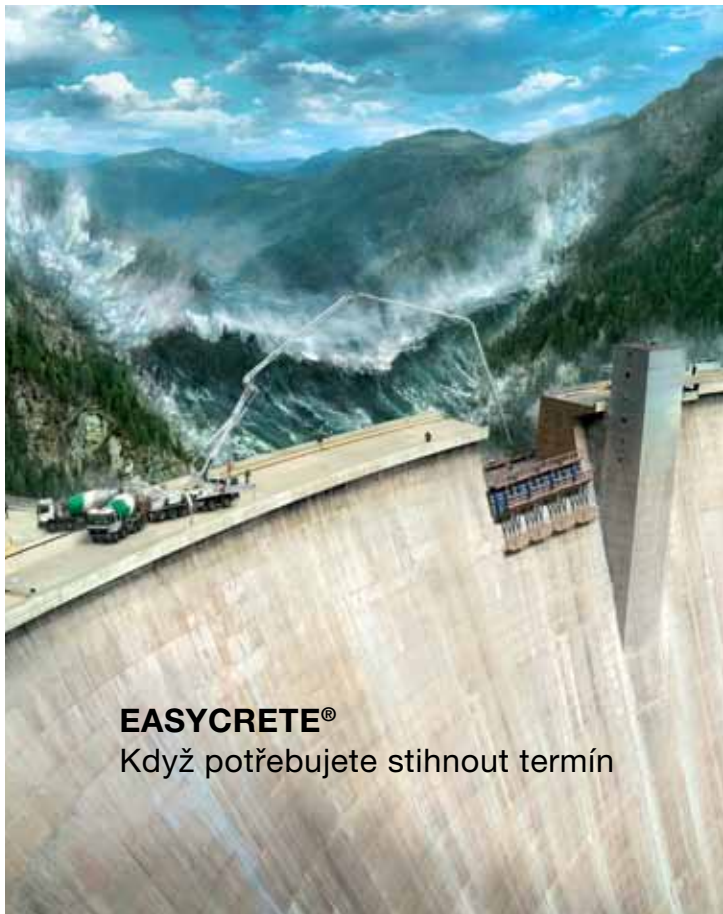
$D_{max}$ [mm]		8	16	22	32
těžené kamenivo		520	450	420	400
kombinace s drceným kamenivem od frakce	4/8	600	550	520	500
	8/16	–	510	490	470
	16/22	–	–	470	450

Doporučuje se konzistence těchto parametrů:

- rozlité F do 400mm (tato metoda umožňuje posoudit i stabilitu čerstvého betonu),
- sednutí kužele S2 až S4 (beton s těženým kamenivem a popílkem  $S = 80 \pm 20$ mm a s drceným kamenivem  $S = 140 \pm 20$ mm).

Nejvhodnější je konzistence měřená rozlitem F od 360 do 400mm a tomu odpovídající vodní součinitel cca  $m_v/m_C = 0,45$  až  $0,55$ . Zlepšení čerpatelnosti čerstvého betonu lze dosáhnout:

- zvýšením podílu částic do 0,25mm,
- příměsemi s větším měrným povrchem,
- vyšším podílem drobného kameniva 0/4mm,
- konzistencí s větším sednutím kužele, avšak nejvýše do  $S \leq 200$ mm,
- náhradou drceného kameniva kamenivem těženým,
- účelnou dávkou vhodné plastifikační přísady,
- provzdušněním.



**EASYCRETE®**

Když potřebujete stihnout termín

Realizace betonových staveb, od nejmenších až po ty  
nejnáročnější, může být nyní snadná a rychlá. Více na  
[www.easycrete.cz](http://www.easycrete.cz)

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group



**8.1 MĚŘENÍ KONZISTENCE (ČSN EN 206-1)**

8.1.1 Sednutí kužele podle ČSN EN 12350-2

8.1.2 Rozlití podle ČSN EN 12350-5

8.1.3 Rozlití kužele a čas T500 pro samozhutnitelný beton

8.1.4 Přeformování Vebe podle ČSN EN 12350-3

8.1.5 Stupeň zhutnění podle ČSN EN 12350-4

**8.2 DOPORUČENÉ KONZISTENCE ČERSTVÉHO BETONU****8.3 ZPRACOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU**

8.3.1 Míchání betonu

8.3.2 Doprava betonu

8.3.3 Ukládání čerstvého betonu

**8.4 STRÍKANÝ BETON****8.5 POTĚRY****8.6 ZHUTŇOVÁNÍ ČERSTVÉHO BETONU****8.1 MĚŘENÍ KONZISTENCE (ČSN EN 206-1)**

Ke zjištění konzistence transportbetonu se běžně používají zkoušky sednutím kužele, méně často zkouška rozlitím. Pro potřeby prefabrikované výroby se používají i metody zhutnění, případně přeformování Vebe.

**8.1.1 Sednutí kužele podle ČSN EN 12350-2**

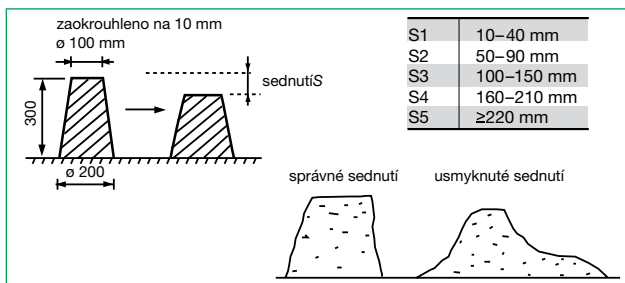
Sednutí kužele podle Abramse, postup dle ČSN EN 12350-2, označení S (= Slump test).

**Postup zkoušky sednutím kužele:**

Na vlhkou podložku se postaví zevnitř zvlhčená forma kužele. Forma se postupně naplní třemi vrstvami čerstvého betonu. Každá z nich se zhutní 25 vpichy propichovací tyčí. Poté se odstraní přebytek betonu a povrch se srovná do roviny s formou valivým poh-

hybem propichovací tyče. Z podložky se odstraní zbytky betonu. Forma se zdvihne během 2 až 5 sekund tak, aby nebyla nikterak ovlivněna zkouška. Forma nesmí v průběhu zdvihání nikterak usměrňovat, případně podpírat sesedající beton vně formy. Výsledkem zkoušky je rozdíl výšky sednutého kužele betonu měřené v nejvyšším bodě oproti výšce formy kužele. Změřený rozdíl v mm se zaokrouhlí na 10 mm. Doba trvání zkoušky od plnění až po změření sednutí by neměla být delší než 150 s. Vhodnost metody sednutí je dána tvarem sednutého kužele po zkoušce. Pokud je část betonu kužele usmyknutá, je třeba zkoušku opakovat z jiného vzorku, případně zvolit jinou metodu zkoušení konzistence.

### Sednutí kužele (Abrams), ČSN EN 12350-2, označení S (= Slumptest)



### 8.1.2 Rozlití podle ČSN EN 12350-5

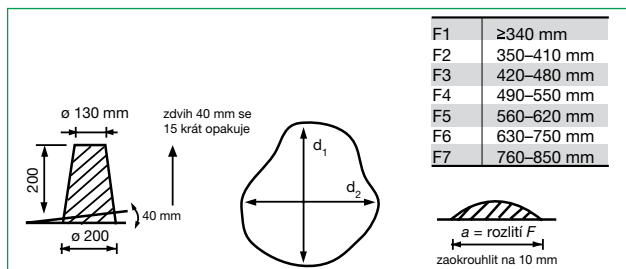
Zkouška rozlitím podle ČSN EN 12350-5, označení F (= Flowtest).

#### Postup zkoušky rozlitím:

Střásací stolek je nutné umístit na vodorovnou plochu. Na vlhký podklad střásacího stolku se postaví zevnitř zvlhčená forma kužele. Forma se postupně naplní dvěma vrstvami čerstvého betonu. Každá z nich se vyrovná desetinásobným dusáním předepsaným dusadlem. Jeho pomocí se poté srovná povrch betonu s hranou formy. Z povrchu stolku se odstraní zbytky betonu a forma se

po 30 sekundách zdvihne. Vzniklý kužel se volným pádem pohyblivé části střešacího stolku rozlévá. Volný pád horní desky je dán vzdáleností dvou zárážek (40 mm) a opakuje se 15krát s periodou 1 až 3 sekundy. Změří se největší rozměr rozlitého betonu ( $d_1$  a  $d_2$ ), a to ve dvou na sobě kolmých směrech rovnoběžných s hranami stolku. Průměrná hodnota se zaokrouhlí na 10 mm. Na rozlitém betonu se též posuzuje případná segregace.

## Rozlití (Graf), ČSN EN 12350-5, označení F (= Flowtest)



### 8.1.3 Rozlití kužele a čas $T_{500}$ pro samozhutnitelný beton

Rozlití kužele a čas  $T_{500}$  pro samozhutnitelný beton podle ČSN EN 12350-8, označení SF (Slump-flow).

8

#### Postup zkoušky:

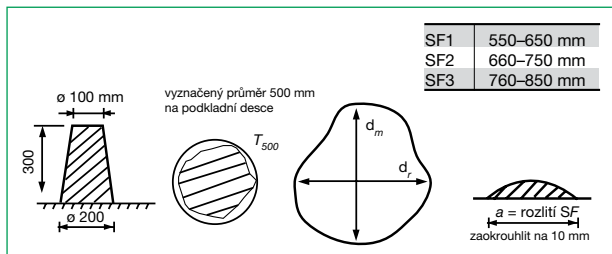
Podkladní deska o rozměrech 900 x 900 mm, jejíž povrch je rovný, hladký a nenasákavý, se umístí na vodorovnou plochu. Povrch desky se navlhčí. Na vyznačený střed desky se postaví kužel tvarově shodný se zkouškou sednutím dle ČSN EN 12350-2. Kužel se pomocí stupaček přišlápně k podkladní desce a naplní se najednou bez propichování až po okraj. Během následujících 30 sekund se odstraní přečnívající beton z vrcholu kužele a povrchu desky. V okamžiku zvednutí kužele se spustí stopky, které měří čas rozlití betonu k dosažení jakéhokoliv místa vyznačeného kružnicí o  $\varnothing$  500 mm. Po ukončení rozlití betonu se změří největší

rozměr rozlitého betonu  $d_1$ . Druhý měřený rozměr rozlití betonu  $d_2$  je kolmý na  $d_1$ . Současně se pozoruje, zda-li nedošlo k segregaci kameniva. Výsledkem zkoušky je průměrná hodnota rozlití zaokrouhlená na nejbližších 10 mm a čas  $T_{500}$  s přesností nejbližších 0,5 s.

### Poznámka:

Výsledky měření jednotlivými metodami jsou korelačními závislostmi, není vhodné ani průkazné výsledky vzájemně přepočítávat z jedné metody na druhou.

### Rozlití kužele a čas $T_{500}$ pro samozhutnitelný beton, označení SF (=Slump-flow), dle ČSN EN 12350-8



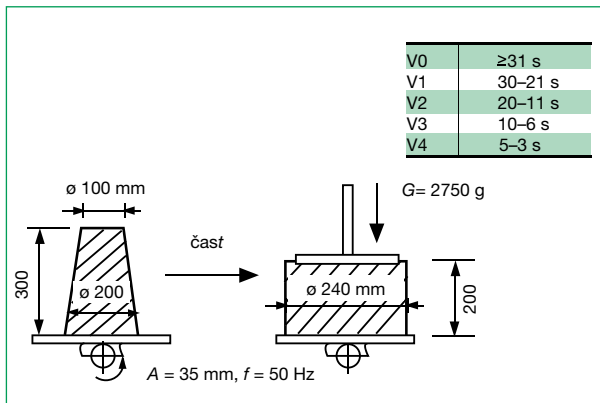
### Poznámka:

Kvalita samozhutnitelných betonů je v čerstvém stavu kontrolovatelná ještě dalšími zkouškami, které popisují a ověřují chování těchto speciálních betonů. Jedná se o testy dle norem ČSN:

- ČSN EN 12350-9 – Zkouška V-nálevkou (Funnel test) ověřuje viskozitu betonové směsi, kterou se má docílit dokonalé obtečení výztužných prvků a zatečení do složitých tvarů systému bednění konstrukce.
- ČSN EN 12350-10 – Zkouška L-truhlíkem (L-box test) zkoumá schopnost betonu protékat mezi pruty výztuže a dále vyplňovat prostory v bednění tíhovým vyrovnáváním hladin betonové směsi.
- ČSN EN 12350-11 – Zkouška segregace při prosévání (Sieve segregation test) ověřuje odolnost betonové směsi vůči segregaci, rozměšování pro průchod složitým uspořádáním výztuže v konstrukci.
- ČSN EN 12350-12 – Zkouška J-kroužkem (J-ring test) opět ověřuje schopnost betonu protékat komplikovaným systémem prutové výztuže bez segregace, a to vlastní tíhou v tenkovrstvé, horizontální podobě.

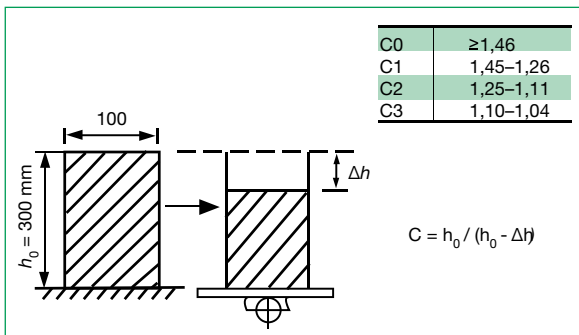
### 8.1.4 Přeformování Vebe podle ČSN EN 12350-3

#### Přeformování Vebe, ČSN EN 12350-3, označení V (= Vebe Test)



### 8.1.5 Stupeň zhutnění podle ČSN EN 12350-4

#### Stupeň zhutnění, ČSN EN 12350-4, označení C (= Compaction Test)



## 8.2 DOPORUČENÉ KONZISTENCE ČERSTVÉHO BETONU

Čerstvý beton se doporučuje míchat a dodávat na staveniště pod všeobecně známým a zažitým názvem „velmi měkká konzistence“ s rozlitím F3, tj. 420 mm až 480 mm, nebo sednutím S3, tj. 100 mm–150 mm.

**Tato konzistence čerstvého betonu má tyto výhody:**

- univerzální použití
- homogenní staveništní beton
- není nutná úprava na staveništi
- dobré povrchy betonové konstrukce
- vysoký výkon zpracování s malými náklady.

konzistence								
F [mm]	≤ 340	–	350–410	420–480	490–550	560–620	630–750	760–780
S [mm]	–	10–40	50–90	100–150	160–210	≥ 220	–	–
SF [mm]	–	–	–	–	–	550–650	660–750	760–850
C	–	≥ 1,46	1,45–1,26	1,25–1,11	1,10–1,04	–	–	–
doprava a ukládání čerstvého betonu								
přímé ukládání do bednění			←————→					
doprava jeřábem	←————→							
čerpání čerstvého betonu			←————→					
zhuťování betonu								
dusání	←—→							
vibrování	←————→							
propichování					←————→			
betonová konstrukce								
nevztužený beton	←————→							
velmi vyztužený beton					←————→			
železobeton pro vnitřní konstrukce			←————→					
pohledový beton				←————→				
beton pod vodou					←—→			
beton odolný chemické korozi			←————→					
vodotěsný beton			←————→					
beton odolný proti obrusu	←————→							

Zpracování čerstvého betonu se rozděluje na fázi mísení složek čerstvého betonu, fázi dopravy a ukládání do bednění nebo do forem a fázi zhutňování. Cílem je dosažení stejnorodosti (homogenity) složení betonu, který se při dopravě a ukládání nerozmísí a také v poslední fázi dostatečně zhutní, tj. bude obsahovat jen minimální množství vzduchových dutin (kromě provzdušněného betonu).

Výrobu betonu, dopravu a ukládání musí zajišťovat pracovníci s odpovídajícími zkušenostmi. Pracovníci (nebo vyškolení zástupci) odpovědní za výrobu betonu, příjem betonu a jeho dopravu na staveništi, jeho ukládání a ošetřování musí být přítomni po celou dobu tohoto procesu. Rovněž musí být určen pracovník zodpovědný za kontrolu výroby, který má odpovídající znalosti a zkušenosti v technologii betonu, ve výrobním procesu, ze zkoušení a z kontrolního systému.

### 8.3.1 Míchání betonu

Cement, kamenivo a příměsi se dávkuje hmotnostně, voda, přísady a příměsi v suspenzi mohou být dávkovány i objemově. Požadovaná přesnost dávkování je  $\pm 3\%$  cementu, kameniva, příměsí a  $\pm 5\%$  přísad. Přesnost dávkovacího zařízení musí být pravidelně ověřována. Hmotnostní dávkování kameniva je ovlivněno vlhkostí, jak nasáklou, tak povrchovou. Počátek dávkování přísad se doporučuje opozdit asi o 30 s po dávce první části vody.

Míchačky s nuceným oběhem (vanové, talířové) mají minimální dobu míchání 30 s a optimální 60 s, neuvádí-li výrobce jinak. „Tuhá konzistence“ vyžaduje delší dobu míchání, optimální doba pro beton konzistence  $C > 1,3$  je 90 s až 120 s, pro konzistenci  $C < 1,25$  postačuje 60–90 s. Doporučená konzistence podle ČSN EN 206-1 je S3 (sednutí kužele 100–150 mm) nebo F3 (rozlití 420–480 mm).

## **Bezodpadová technologie betonu**

V centrálních betonárnách vznikají cca 2–4 % zbytků čerstvého betonu (z výplachu automíchačů, mytí míchačky apod.), které lze využít zpět do výroby betonu. Po separaci kameniva se do výroby vracejí spolu se záměsovou vodou i pevné velmi jemné částice. Příklad přidavek těchto částic může negativně ovlivnit pevnost betonu, jeho smrštění, příp. zvýšit jeho náchylnost k tvorbě výkvětů. Přesto je recyklace materiálů z hlediska životního prostředí lepším řešením než ukládání na skládky.

### **8.3.2 Doprava betonu**

#### **Transportbeton**

Čerstvý beton, který je zamíchán na betonárně a dodán na stavenišť v automíchači. Maximální doba zpracovatelnosti betonu bez výrazné změny jeho reologie a ovlivnění koncových vlastností se uvádí 90 min při cca 20 °C a doporučená maximální dopravní vzdálenost 25–30 km. Prodloužení této doby vyžaduje použití zpomalujících přísad.

#### **Na staveništi lze sekundárně čerstvý beton dopravovat:**

- samospádem (žlaby, koryta, sešupy atd.) s max. sklonem 45°
  - pásovým dopravníkem
  - hydraulickou dopravou pomocí (stabilních, mobilních) čerpadel.
- Používají se pístová nebo rotační čerpadla. Pro dopravu pěnobetonu je vhodnější použít rotační čerpadlo, kdy nedochází k tlakovým rázům a k poruše struktury pěnobetonu. Potrubí je unifikované s vnitřní průměrem 100 mm nebo 125 mm, dosah výložníku čerpadla na mobilním podvozku je 20–40 m do výšky a 15–30 m do dálky. Při delších dopravních vzdálenostech se zpravidla připojuje ocelové potrubí.

### **8.3.3 Ukládání čerstvého betonu**

Před uložením se musí zkontrolovat uložení a spoje výztuže, poloha distančních tělísek. Je třeba zamezit odmísení čerstvého betonu v průběhu dopravy a ukládání. Proto je nutné volit vhodné složení směsi (dobrá zmitost kameniva, dostatečný objem cementového tmele, nižší vodní součinitel), vhodný tvar násypky, dodržovat max. 1,5 m výšku pádu čerstvého betonu atd.



## Pracovní a dilatační spáry

Důvodem pro zhotovení dilatačních spár je sedání konstrukce (rozdílné založení stavby, rozdílné zatížení konstrukce aj.), tepelná dilatace a smršťování betonu. Dilatační spáry se zpravidla u konstrukcí provádějí ve vzdálenosti 25–30 m, u konstrukčních prvků se vzdálenost vlivem klimatických změn snižuje na 10–15 m, těsnění se provádí bitumenovými zálivkami nebo elastickými polymerovými pásy. Při přerušení betonáže zpravidla na dobu delší než 2 hod. vzniká pracovní spára.

### Základním požadavkem je minimalizace počtu a délky pracovních spár. Je třeba zohlednit následující:

- spáry nesmí vzniknout v místech předpokládaného největšího smykového napětí konstrukce,
- betonáž ukončujeme podle polohy výztuže,
- polohu spár omezuje bednění a technologický postup,
- pohledový beton nemůže mít spáry tam, kde se tvoří stínová hrana.

### Zásady řešení nutné pracovní spáry:

- spáru umístit tak, aby tlak nového čerstvého betonu směřoval kolmo na pracovní spáru,
- pracovní spáru profilovat (zalomit) u velmi namáhaných konstrukcí,
- vodotěsné konstrukce potřebují několikrát zalomenou spáru, aby se tok vody prodloužil, pokud je spára ve směru toku,
- spojení obou vrstev betonu přes pracovní spáru lze upravit vyčnívající výztuží nebo vložením vhodné spojky,
- povrch starší betonové vrstvy zdrsnit kartáčem, pískováním nebo tryskáním vodou,
- odstranit nevsáklou vodu a nanést vhodný spojovací můstek.

## Betonování pod vodou

Betonová směs se nesmí volně sypat do vody. Při použití betonu bez speciálních přísad nesmí v místě ukládání betonu voda proudit.

### Metody betonování pod vodou:

- čerstvý beton je sypán svislou násypkou, kdy vyústění násypky je pod hladinou vody a zároveň cca 1 m pod hladinou čerstvého

betonu (metoda kontraktor) – používá se nejčastěji

- čerpaný beton s vyústěním potrubí pod hladinou čerstvého betonu
- přerušovaná betonáž hadicí s tuhým vyústěním (metoda s hydroventilem)
- betonování kontejnerem s vysypáním betonu pod hladinou vody a zároveň pod hladinou čerstvého betonu
- dvoufázové betonování
- do vody se umísťuje čerstvý beton balený v průlinčitých pytlích (pytlovací metoda)
- vybetonování plastových matrací na šikmém podkladu
- použití speciálních přísad do betonu s extrémně stabilizačním účinkem (při použití vhodných přísad je možno čerstvý beton ukládat i do mírně tekoucí vody).

## 8.4 STŘÍKANÝ BETON

Stříkaným betonem se zabývá norma ČSN EN 14487 definující specifikaci, shodu a provádění. Existuje také několik dokumentů charakteru doporučení, např. rakouská směrnice ÖVBB pro stříkaný beton nebo evropská specifikace EFNARC.

**Z hlediska technologie je množství odpadu při stříkání závislé na:**

- vodním součiniteli – pro mokrý i suchý způsob se volí vodní součinitel  $w < 0,50$ ,
- objemu cementového tmele – objem cementového tmele má být větší než mezerovitost kameniva, avšak  $< 0,37 \text{ m}^3$  ve vyrobeném  $\text{m}^3$  betonu,
- dávce urychlující přísady – vyšší dávka znamená rychlejší nárůst pevnosti, vyšší prašnost a větší odpad.

Pro zvýšení přídržnosti a soudržnosti čerstvého betonu se používá kamenivo s max. zrnem 8mm s vyšším podílem jemné frakce. Přidává se běžná příměs (až 20 % hm. cementu) – popílek, křemičité úlety aj. Používá se vhodný cement v množství  $400\text{--}500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Vodní součinitel pro nástřik mokrou cestou se udržuje v rozmezí

0,45–0,50. K urychlení tuhnutí a tvrdnutí betonu se přidávají speciální přísady. Doporučuje se používat bezalkalické přísady.

### **Vlastnosti a zkoušení**

jsou uvedeny v ČSN EN 14488-1 až 14488-6. Jedním z předpokladů rychlého nárůstu počátečních pevností a 28denní pevnosti stříkaného betonu je jeho správné složení. Pro zvýšení pevnosti v tahu za ohybu, omezení smršťování a k zlepšení duktility se používají vlákna.

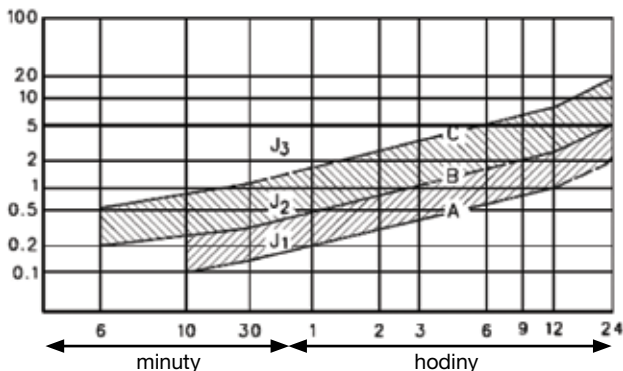
### **Kvalita nastříkané vrstvy se posuzuje především podle pevnosti v počátečním stadiu tvrdnutí a k tomu účelu se používají dva základní zkušební postupy:**

- penetrace jehlou v rozsahu pevnosti 0 MPa až 1 MPa (Proctorův penetrometr podle ASTM C 403-95). Síla potřebná k zatlačení jehly je v korelační závislosti na pevnosti betonu v tlaku, avšak je třeba stanovit kalibrační křivku,
- vstřelování hřebu v rozsahu pevnosti 2 MPa až 16 MPa (Hilti). Závislost poměru síly působící na hřeb k hloubce proniknutí hřebu je velmi těsná na pevnosti betonu v tlaku.

Nárůst pevnosti v tlaku stříkaných betonů by měl odpovídat jedné ze tří oblastí vymezených křivkami A, B a C. Oblast J1 se doporučuje pro aplikaci tenké nenosné vrstvy na suchý podklad. Výhodou je nízká prašnost a odpad. V případě vyššího materiálového toku tryskou nebo požadavků na okamžité přenášení zatížení (např. vlivem následných činností – rozpojování horniny atd.) je nutný nárůst pevnosti odpovídající oblasti J2. Vzhledem k vysoké prašnosti a odpadu je vhodné používat beton odpovídající oblasti J3 jen v nejnutnějších případech vynucených složitými geologickými podmínkami, silnými přítoky vody atd.

## Křivky A, B, C a oblasti J1, J2 a J3

Pevnost v tlaku [MPa]



Některé zásady pro provádění stříkaných betonů:

- vzdálenost mezi tryskou a podkladem by v závislosti na velikosti materiálového toku měla být dodržována v rozmezí 0,5 m až 2 m
- tryska by při nástřiku měla vždy směřovat k podkladu pod úhlem co nejbližším 90 °
- dávka cementu a urychlovače se může mírně měnit podle aktuálních podmínek ovlivněných stavem podkladu, geologickými podmínkami, přítoky vody a vlhkostí nebo sezónním vlivem teploty
- minimální doporučená teplota čerstvého betonu je 13 °C
- urychlovač by měl být skladován podle pokynů výrobce při teplotách vyšších než 10 °C
- při nízké teplotě podkladu (např. zmrzlá hornina) se doporučuje zvýšit tloušťku vrstvy stříkaného betonu o 2 cm až 3 cm
- pokud jsou jednotlivé vrstvy stříkaného betonu nanášeny s delším časovým odstupem, je nutné povrch spodní vrstvy očistit a navlhčit proudem vzduchu a vody
- při přejímce čerstvého betonu je vhodné ověřit konzistenci a teplotu směsi

- dodatečné přidávání vody je nepřípustné, zvýšení vodního součinitele velmi negativně ovlivňuje chování betonu po nástřiku a zvyšuje nutné množství urychlovače.

## 8.5 POTĚRY

### Potěr

Potěr je vrstva nebo vrstvy potěrového materiálu pokládáné na stavbě. Potěry mohou být spojené nebo nespojené s podkladem nebo nanesené na dělicí nebo tlumicí vrstvu pro zabezpečení jednoho nebo více požadavků:

- dosažení předepsané výšky
- umožnění konečné úpravy povrchu podlahy
- k bezprostřednímu použití.

Názvoslovím, definicemi pro výrobu a používáním potěrů se zabývá ČSN EN 13318.

Požadované vlastnosti čerstvých i ztvrdlých potěrů vycházejí z účelu jejich použití. Vlastnosti potěrů závisí na druhu použitého pojiva, druhu kameniva, příp. přísad a příměsí. Požadavky na vlastnosti potěrů jsou uvedeny v ČSN EN 13813.

8

### Označení potěrových materiálů podle použitého pojiva

označení	název potěru
CT	cementové potěrové materiály
CA	potěrové materiály ze síranu vápenatého
MA	potěrové materiály z hořčnaté maltoviny
AS	asfaltové potěrové materiály
SR	pryskyřičné potěrové materiály

**Složení potěru** se volí podle požadovaných vlastností v zatvrdlém stavu, velikosti pokládáné plochy, technologie ukládání a způsobu

bu zpracování potěru. Pro obrusné vrstvy je nutná znalost obrusu kameniva v  $\text{cm}^3$  na  $50 \text{ cm}^2$  plochy (cementový kámen 17–25, křemen 9–10, korund 1–3  $\text{cm}^3$  na  $50 \text{ cm}^2$ ). Kvalita potěrových vrstev je značně závislá na míře zhuštění betonu, proto se někdy využívá vakuování ploch. Tím se zvýší tvrdost povrchu a sníží smrštění (snížení obsahu vody o 10–20 %, doba vakuování 1–2 minuty na každých 10 mm tloušťky odsávané desky). Při nedostatečném ošetření, případně špatném složení může dojít k deformaci potěrové vrstvy – zvednutí na okrajích a v rozích. Cementové potěry vykazují obecně vyšší objemové změny. Potěry na bázi síranu vápenatého naopak vynikají objemovou stálostí, naproti tomu mají omezené použití ve vlhkých prostorách.

### Označení potěrových materiálů podle vlastností

vlastnost	třída
pevnost v tlaku	C5, C7, C12, C16, C20, C25, C30, C35, C40, C50, C60, C70, C80
pevnost v tahu za ohybu	F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F10, F15, F20, F30, F40, F50
odolnost proti obrusu <sup>1)</sup>	A22, A15, A12, A9, A6, A3, A1,5
odolnost proti opotřebení valivým zatížením <sup>2)</sup>	RWFC150, RWFC250, RWFC350, RWFC450, RWFC550
tvrdost povrchu <sup>3)</sup>	SH30, SH40, SH50, SH70, SH100, SH150, SH200
modul pružnosti v tahu za ohybu <sup>4)</sup>	E1, E2, E5, E10, E15, E20, E 25, E30, E 35, E 40 ...
přidržnost <sup>5)</sup>	B0,2, B0,5, B1,0, B1,5, B2,0

<sup>1)</sup> Odolnost proti obrusu zkoušená metodou Böhme – v množství obroušeného materiálu v  $\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$ .

<sup>2)</sup> Odolnost proti opotřebení valivým zatížením – hodnoty zatížení v N.

<sup>3)</sup> Tvrdost povrchu potěrových materiálů s hořčnatou maltovinou, určených k namáhání obrusem v  $\text{N/mm}^2$ , případně pro ostatní potěrové materiály s kamenivem max. 4 mm.

<sup>4)</sup> Modul pružnosti v tahu za ohybu u potěrových materiálů jiného než asfaltového – hodnoty v  $\text{kN/mm}^2$ .

5) Povinná deklarace výrobce u pryskyřičných potěrových materiálů – hodnoty v N/mm<sup>2</sup>.

Pevnosti potěrů v tlaku a tahu za ohybu jsou stanoveny podle ČSN EN 13892-2.

Potěry lze použít jako „plovoucí“ potěry na dělicích, uzavíracích, těsnicích, izolačních vrstvách tloušťky 35 mm (na měkké izolaci až 40 mm) s pevností v tahu ohybem 2,5 MPa–3,5 MPa. Čím nižší dynamická tuhost izolace, tím vyšší požadavek na pevnost v tahu ohybem. Potěry pro užitkové a obrusné vrstvy mají tloušťku 35–40 mm, pevnost v tahu ohybem 2,5 MPa–4,5 MPa. Podkladní beton by neměl mít větší nerovnost než 5 mm.m<sup>-1</sup>.

### Lité potěry

Lité potěry mají rovněž oporu v normě. Jedná se o směsi, které se při optimálním složení při ukládání na stavbě pouze volně rozvolňují pomocí „nivelační hrazdy“. Povrch potěru se při rozvolňování samovolně srovná do roviny. Nerovnost by měla být ve ztvrdlém stavu menší než 2 mm.m<sup>-1</sup>. Potěry vyžadují důsledné dodržování určených podmínek ošetřování. Zejména zabránit vysychání povrchu (v nepříznivých klimatických podmínkách potěr za 8 hodin zcela vyschne).

Jako pojiva se nejčastěji používají:

- cement vyhovující ČSN EN 197-1
- bezvodý síran vápenatý (anhydrit).

K dosažení požadované konzistence je nutné, aby ve směsi bylo dostatečné množství jemných podílů v kombinaci s vhodnou ztekucující, případně stabilizační přísadou. Ke kontrole konzistence litého potěru se používá Hägermannův kužel.

### Zhutňování vibrací

Na čerstvý beton se působí kmitavými pohyby, čímž se uvedou jednotlivé částice do vzájemného pohybu, a tak dochází k lepšímu uspořádání zrn kameniva a cementu a vzniká hutnější struktura betonu.

### Uložení vibrátoru

Rozlišuje se vibrace přímá (vibrátor je ve styku s čerstvým betonem) – ponorná nebo povrchová, vibrace nepřímá (na čerstvý beton působí kmitání formy nebo bednění) – příložný vibrátor nebo vibrační stůl, příp. podložka.

### Používané způsoby hutnění betonu v závislosti na konzistenci betonu:

- dusání – tuhá (C1)
- povrchová vibrace – málo měkká (S1–S2)
- vnitřní ponorná vibrace – měkká (S2)
- příložná vibrace na bednění – velmi měkká až měkká (S2–S3)
- propichování – velmi měkká (S4, F4).

### Ponorná vibrace

- průměr hrušky vibrátoru 30–100 mm
- vzdálenost sousedních vpichů vibrátoru nesmí přesáhnout 1,4násobku viditelného poloměru účinnosti vibrátoru
- rychlost ponořování a vytažování 5–8 cm.s<sup>-1</sup>
- ukládaná vrstva čerstvého betonu 300–500 mm, ponoření vibrátoru do předchozí, již zhutněné vrstvy do cca 100–150 mm
- nejmenší vzdálenost mezi vibrátorem a bedněním cca 200 mm
- příliš tuhá konzistence betonu způsobí, že otvory po vytažení vibrátoru se nezacelí
- příliš měkká konzistence betonu umožní rozmísení čerstvého betonu a při velmi dlouhé době může docházet k nasávání vzduchu do směsi
- lze dosáhnout zhutnění do 3 % obsahu vzduchu v betonu.



### **Povrchová vibrace**

- vibrační lištou na povrchu betonu
- použití pro plastické a málo měkké betony konzistence cca S1–S2
- obvyklá frekvence 50–100 Hz, směrodatné zrychlení 2–10 g
- doba hutnění záleží na chování betonu, obvykle cca 60 s při 50 Hz nebo cca 30 s při 100 Hz
- posun vibrátoru cca 0,5–5 m.s<sup>-1</sup>.

### **Příložná horizontální vibrace**

- vibrátor a bednění nebo forma tvoří jeden celek
- vyžaduje dostatečnou tuhost bednění
- použití pro málo měkké betony (cca konzistence S2–S3)
- obvyklá frekvence 50–150 Hz, zrychlení na naplněné formě cca 2–3 g
- účinnost podle tuhosti formy do hloubky cca 300 mm
- rozmístění vibrátorů po formě ve vzdálenosti cca 1,5–2,5 m od sebe
- maximální doba hutnění cca 5 minut.

### **Vertikální spodní vibrace**

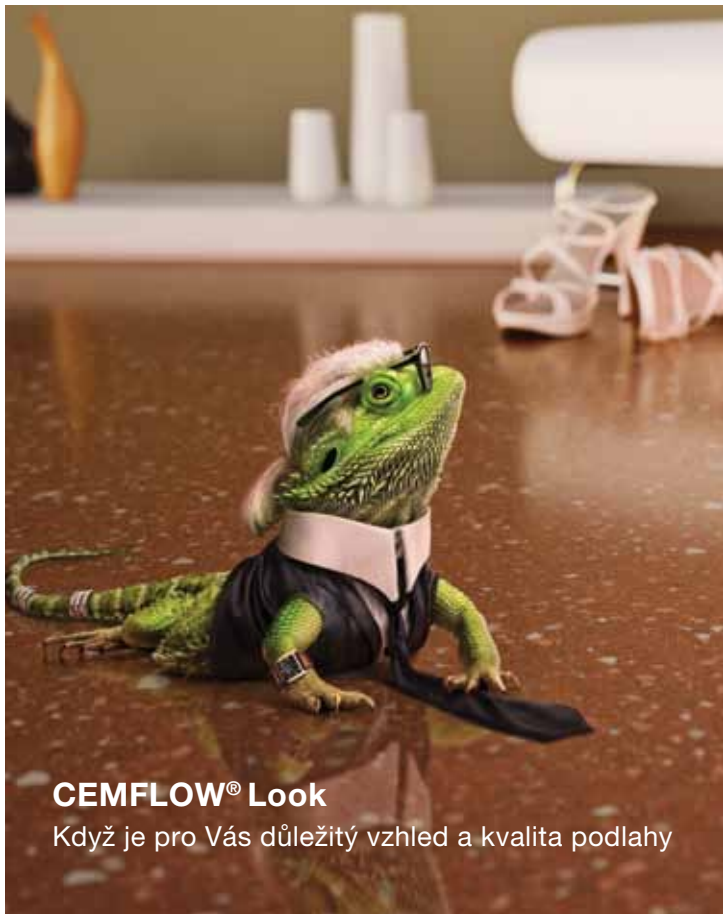
- použití pro tuhé až málo měkké betony (cca konzistence C1, S1–S2)
- ve výrobě dílců hutnění na podložkách
- usměrněná vibrace frekvence 25–250 Hz a zrychlení 2–4 g na naplněné formě
- doba hutnění podle konstrukce formy a podložky a konzistence betonu cca 10–100 s.

### **Propichování**

- pro měkký až tekutý beton (cca konzistence S3–S5)
- tyče o průměru 15–25 mm po dlouhé dráze.

### **Dusání**

- pro tuhý nebo zavlhlý beton (cca konzistence C1, S1)
- max. tloušťka ukládané vrstvy cca 100–150 mm
- doba dusání podle chování směsi cca 2 min.
- vyžaduje krytí výztuže min. 50 mm.



## CEMFLOW® Look

Když je pro Vás důležitý vzhled a kvalita podlahy

Litý cementový potěr **CEMFLOW® Look** pro stylové podlahy nabízí moderní architektonická řešení. Více na [www.cemflow.cz](http://www.cemflow.cz)

**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group

**9.1 TVRDNUTÍ BETONU**

9.1.1 Betonování v horkém letním počasí

9.1.2 Betonování v zimě

9.1.3 Betonování masivních konstrukcí

**9.2 OŠETŘOVÁNÍ BETONU****9.3 ODBEDŇOVÁNÍ A ODFORMOVÁNÍ**

9.3.1 Odbedňování monolitických konstrukcí

9.3.2 Odformování dílců

**9.1 TVRDNUTÍ BETONU**

**V technologické praxi rozlišujeme tři rozdílné rychlosti nárůstu počátečních pevností betonu:**

1. normové podmínky tvrdnutí betonu při  $20 \pm 2$  °C, relativní vlhkosti > 90 % nebo uložení ve vodě

2. zpomalené tvrdnutí s použitím retardačních přísad nebo tvrdnutí při nižší teplotě než 15 °C

3. urychlené tvrdnutí betonu (označované UTB), které lze docílit některým opatřením:

- zvýšenou teplotou betonu
- chemickými přísadami – urychlovači tvrdnutí
- použitím cementu s označením R
- složením betonu a jeho zpracováním (nízký vodní součinitel, tuhá konzistence)
- tepelnou izolací ocelových forem a přikrytím povrchu betonu izolační fólií.

## Doporučená složení betonu pro vývoj pevnosti betonu

vývoj pevnosti	vodní součinitel	druh cementu
rychlý	< 0,5	42,5 R; 52,5 N/R
střední	0,5–0,6 < 0,5	42,5 R 32,5 R; 42,5
pomalý, velmi pomalý	vše ostatní	ostatní

Pro stanovení doby ošetřování betonu může být uvedena informace o průběhu nárůstu pevnosti betonu buď údaji podle tabulky 12 ČSN EN 206-1, nebo křivkou průběhu nárůstu pevnosti při 20 °C v době mezi 2 dny a 28 dny.

## Průběh nárůstu pevnosti betonu při 20 °C

průběh nárůstu pevnosti	předpokládaný pevnostní součinitel $f_{cm,2} / f_{cm,28}$
rychlý	$\geq 0,5$
střední	$\geq 0,3$ až $< 0,5$
pomalý	$\geq 0,15$ až $< 0,3$
velmi pomalý	$< 0,15$

Pevnostní součinitel charakterizuje průběh nárůstu pevnosti betonu a je vyjádřen poměrem průměrné pevnosti v tlaku po 2 dnech ( $f_{cm,2}$ ) k průměrné pevnosti v tlaku po 28 dnech ( $f_{cm,28}$ ). Stanoví se při průkazných zkouškách nebo je založen na známých vlastnostech betonu srovnatelného složení. Pro tyto průkazní zkoušky a stanovení pevnosti musí být zkušební tělesa odebrána, vyrobena, ošetřována a zkoušena podle ČSN EN 12350-1, ČSN EN 12390-1, ČSN EN 12390-2 a ČSN EN 12390-3.

Vyšší teploty při tvrdnutí betonu používáme k urychlování tvrdnutí betonu (UTB), zejména při výrobě dílců a betonového zboží. Za vyšší teploty se považují teploty nad 30 °C. Vyšší teplota urychluje hydrataci cementu a ovlivňuje pórovitou strukturu cementového kamene, která je způsobena obsahem vody a vzduchu. Voda a vzduch se zvyšováním teploty rozdílně roztahují, a tak vzniká různé napětí, které může být příčinou vzniku trhlinek. V teplotním poli pórovitého prostředí migruje vlhkost a nerovnoměrné rozdělení vody vede k rozdílným stupňům hydratace na povrchu částic cementu. Celý proces ohřívání a ochlazování betonu je doprovázen teplotní roztažností, která při rozdílných součinitelích teplotní roztažnosti složek betonu ovlivňuje výsledné pevnosti betonu.

### **Režim proteplování betonu**

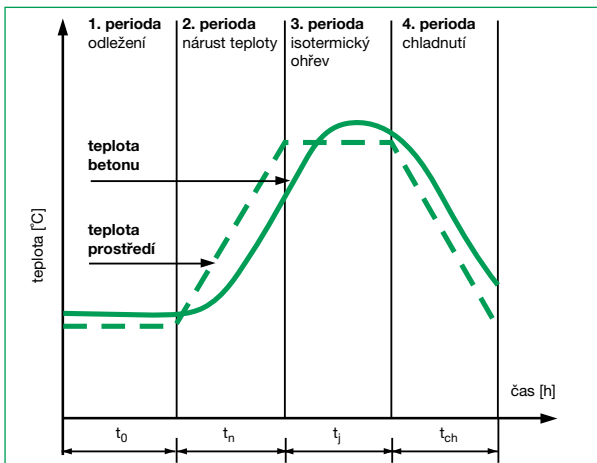
Vlastnosti proteplování betonu jsou ovlivněny částečným porušením struktury. Většinou dochází ke snížení pevnosti proti betonu tvrdnoucímu v normálních podmínkách. Snížení pevnosti se výrazněji projevuje u pevnosti v tahu než u pevnosti v tlaku, a zejména při rychlých změnách teploty (více jak 20 °C.h<sup>-1</sup>) a vyšších teplotách proteplování (nad 80 °C).

### **Normový režim proteplování platí pro betony umístěné v jakémkoli prostředí, kromě suchého prostředí:**

- teplota do 3 hodin od zamíchání nesmí překročit 30 °C,
- teplota do 4 hodin nemá překročit 40 °C,
- maximální teplota prohřevu nesmí překročit 60 °C,
- dovolený nárůst teploty je maximálně 20 °C za hodinu,
- dovolený pokles teploty při chladnutí nejvýše rychlostí 10 °C za hodinu.

Režim proteplování je předepsaná a vyzkoušená závislost regulované teploty betonu (většinou však prostředí) v čase. Rozděluje se do čtyř period, které jsou definovány teplotou  $T$  [°C] a dobou  $t$  [h]:

## Režim proteplování betonu



### 9.1.1 Betonování v horkém letním počasí

Při vyšších letních teplotách dochází k rychlejšímu tuhnutí a tvrdnutí betonu, k intenzivnějšímu odpařování vody z povrchu betonu a mohou vznikat v betonu trhlinky. Doba zpracování betonu se výrazně zkracuje. Přidávání vody k tuhnoucímu betonu je nepřijatelné, má za následek výrazný pokles výsledných pevností. Teplota ukládaného betonu nemá překročit teplotu 27 °C. Toto omezení neplatí, pokud byly provedeny průkazní zkoušky zaměřené na vyšší teplotu betonu a byla prokázána dostatečná doba zpracovatelnosti, požadovaný obsah vzduchu, charakteristika vzduchových pórů a reálnost dosažení všech předepsaných vlastností ztvrdlého betonu.

## Doporučená doba zpracování betonu při vyšších teplotách v minutách

teplota [°C]	konzistence		
	velmi tuhá C1	tuhá až měkká S2–S3	tekutá S4 / F4
20	35	50	35
30	30	40	30
45	25	30	25
60	20	25	20

### Při betonování se uplatňují následující opatření, buď jednotlivě, nebo ve vzájemném spojení:

- omezit působení přímých slunečních paprsků na kamenivo, strojní zařízení a beton,
- dávkovat do míchačky studené kamenivo (uložené ve stínu) a vodu,
- používat cementy s nízkým hydratačním teplem (např. CEM II a CEM III),
- používat zpomalovací přísady,
- posunout betonáž na časně ranní hodiny nebo betonovat v noci,
- upravit technologický postup ukládání betonu tak, aby byl vystaven slunečnímu záření a účinkům teplého vzduchu co možná nejmenší povrch.

Vliv teploty jednotlivých složek na teplotu čerstvého betonu je závislý na celkovém množství, teplotě a měrné tepelné kapacitě složky. U typických receptur má největší vliv na teplotu čerstvého betonu použité kamenivo. V následujícím příkladu postačuje k dosažení nižší teploty čerstvého betonu o jeden °C ochladit kamenivo o 1,5 °C, zatímco vodu by bylo nutné ochladit o 8,1 °C, cement o 8,3 °C, a popílek dokonce o 45,5 °C.

složka	dávka dle receptury [kg.m <sup>-3</sup> ]	skutečná dávka [kg.m <sup>-3</sup> ]	měrná tepelná kapacita [kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	teplota [°C]	x <sup>1)</sup> [°C]	1/x <sup>2)</sup> [°C]
cement	360	360	0,920	45	0,12	8,3
kamenivo	1699	1750			0,66	1,5
– drobné (5% vlhkost)	850	892	0,960	25	0,36	2,8
– hrubé (1% vlhkost)	850	858	0,920	25	0,30	3,4
popílek	60	60	1,010	30	0,02	45,5
voda	132	81	4,184	15	0,12	8,1

1) O kolik stoupne teplota čerstvého betonu, bude-li teplota složky vyšší o 1°C?

2) O kolik °C je nutné ochladit složku, aby bylo dosaženo o 1°C nižší teploty čerstvého betonu?

Krajním opatřením v předcházení vzniklých škod technicky nezajištěné betonáže v horkém letním počasí je její odložení.

### 9.1.2 Betonování v zimě

Z hlediska klimatu rozlišujeme počasí se silnými mrazy (< -10°C) a dlouhým mrazivým obdobím a počasí s mírnými, krátce trvajících mrazy (0°C až -10°C). V prvním případě je nutno vedle aktivní ochrany provádět ještě intenzivní pasivní ochranu betonové konstrukce, anebo pokud je to možné, betonáž neprovádět. V druhém případě postačují aktivní metody ochrany a ochránit beton před ztrátami hydratačního tepla.



## Příčiny problémů zimního betonování

1. Zpomalený vývoj pevnosti betonu. Hydratace se výrazně zpomaluje při teplotě nižší než 5 °C a při teplotách pod 0 °C se téměř zastavuje.

### Vývoj pevnosti betonu v % normové 28denní pevnosti

pevnostní třída cementu	venkovní teplota +20 °C			venkovní teplota +5 °C		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d
22,5	30–50	45–65	100	10–15	20–40	70–80
32,5	45–60	55–70	100	20–45	35–60	80–85
42,5	55–65	70–80	100	40–50	50–65	85–95

2. Tvorba ledu ve struktuře betonu. Objem vody se přechodem do tuhého skupenství zvětšuje o 9 %. Beton je třeba v raném stadiu tvrdnutí chránit do té doby, než dosáhne minimální pevnosti. Tuto minimální pevnost nazýváme zmrazovací pevností  $R_z$ , její velikost je doporučena v mezích od 5 do 15 MPa. Pro vícenásobné zmrazování a rozmrazování je nedostatečná. Vyjádřením hodnoty vzrůstající pevnosti betonu  $R_B$  si lze přiblížit procesy, které mají vliv na kvalitu betonové konstrukce.

■  $R_B \leq 0,1$  MPa. Hydratace prakticky ještě nezačala a při teplotách pod bodem mrazu hydratace ustává. Zvýší-li se později teplota nad 5 °C, hydratace nerušeně pokračuje a prakticky nedojde k porušení struktury a snížení konečných pevností.

■  $R_z (= 5 \text{ MPa}) > R_B > 0,1$  MPa. Působením záporných teplot a vytvořením ledu ve struktuře betonu dojde k destrukci, poruší se struktura cementového kamene, vzniknou trhlinky a betonová konstrukce je znehodnocena, nedosáhne požadovaných pevností ani v budoucnu.

■  $R_z < R_B < R_{\min}$  (12–15 MPa). Tvrdnucí beton může i jedenkrát zmrznout bez výraznějšího porušení struktury nebo snížení ko-

nečných pevností. Beton v tomto stadiu nárůstu pevnosti však není odolný k několika zmrazovacím cyklům.

3. Sníh a led v bednění a na výztuži. Před betonáží je nutné velmi pečlivě odstranit případný do bednění napadaný sníh a led, nejlépe vysušením horkým vzduchem (méně vhodná je pára). Ocelovou výztuž (pruty  $\varnothing \geq 25$  mm a zámečnické vložky) rovněž očistit od ledu a zahřát ji na teplotu alespoň  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . V žádném případě nebetonovat na zmrzlou a zledovatělou pracovní spáru.

4. Teplotní difference v průřezu konstrukce. Velmi účinnou ochranou betonu před zmrznutím je využívání hydratačního tepla cementu. Nebezpečným obdobím je odbedňování a zkušenostmi je prokázáno, že rozdíl teplot mezi středem konstrukce a vnějším povrchem nemá překročit  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jinak dojde ke vzniku poruch.

#### **Doporučení pro betonáž v zimě:**

- zvýšit obsah cementu, použít cement CEM I vyšší pevnostní třídy (42,5 R; 52,5 R),
- snížit vodní součinitel použitím plastifikátorů,
- použít přísady urychlujících tvrdnutí betonu,
- udržet teplotu čerstvého betonu po uložení alespoň  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 72 hod. (do teploty prostředí  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) resp.  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (při teplotách prostředí pod  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),
- u transportbetonu dodržet teplotu čerstvého betonu v okamžiku dodávky na stavbu nejméně  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- chránit beton před mrazem až do dosažení zmrazovací pevnosti  $R_{z}$ .

## Tepelná izolace bednění

Tímto opatřením se snižuje rychlost ochlazování čerstvého betonu, který má určitou teplotu, a cement obsažený v betonu vyvíjí hydratační teplo. Tepelnou izolaci je třeba navrhnout s ohledem na dobu ochrany betonu, než dosáhne potřebné zmrazovací pevnosti  $R_{Tz}$ , s ohledem na venkovní teploty a dobu působení mrazu, s ohledem na množství vyvinutého hydratačního tepla a vzhledem k rozměrům konstrukce (poměr objemu k povrchu).

## Ohřev betonu v bednění

Zahřívání betonu lze provádět vnitřkem konstrukce, přímými nebo nepřímými metodami, a podobně i vně betonové konstrukce, přímo či nepřímo.

### 9.1.3 Betonování masivních konstrukcí

Za masivní konstrukce jsou považovány stavební části, jejichž nejmenší rozměr je větší než 1 m. Uvolňování hydratačního tepla z taktové konstrukce je doprovázeno vznikem velkého teplotního spádu mezi středem betonovaného prvku a jeho povrchem. Právě tento teplotní spád může být příčinou vzniku nežádoucích trhlin a je nutné jej v maximální míře eliminovat, aby nepřekročil maximální hodnotu stanovenou výpočtem. K tomu slouží několik základních principů.

- Omezení celkového množství tepla vzniklého hydratací snížením dávky cementu.
- Omezení rychlosti nárůstu teploty betonu použitím cementu s nízkým hydratačním teplem a retardačních přísad.
- Omezení maximální dosažené teploty chlazením vstupních složek a použitím cementu s pomalým vývinem hydratačního tepla.
- Použití maximálního možného zrna kameniva (s ohledem na vyztužení a možnosti ukládání).
- Odbedňovat co nejpozději. Bednění sice zpomaluje uvolňování tepla z konstrukce do okolí, ovšem právě díky tomu snižuje teplotní spád v konstrukci a urychluje tvrdnutí betonu.
- Umístit do místa s předpokládanou nejvyšší teplotou (největší vzdálenost k povrchu konstrukce) teplotní čidlo a průběžně porovnávat naměřenou teplotu s teplotou povrchu.

- Pokud by to nemělo negativní vliv na konečné užité vlastnosti, zlepšit tepelnou vodivost konstrukce od jejího středu k povrchu vhodným uspořádáním ocelové výztuže.

## 9.2 OŠETŘOVÁNÍ BETONU

Cílem ošetřování betonu je dosažení co největší pevnosti betonu využitím hydratace cementu a nerušené tvorby struktury cementového kamene. Je nutno omezit nežádoucí tahová nebo tlaková napětí ve struktuře betonu, která mohou vzniknout rychlým vysušením povrchu betonu nebo jeho zmrznutím. Zhoršení kvality konstrukce může nastat také předčasným odbedněním nebo odformováním. Ošetřování a ochrana povrchu betonu začíná co nejdříve po vytvarování a zhutnění betonu.

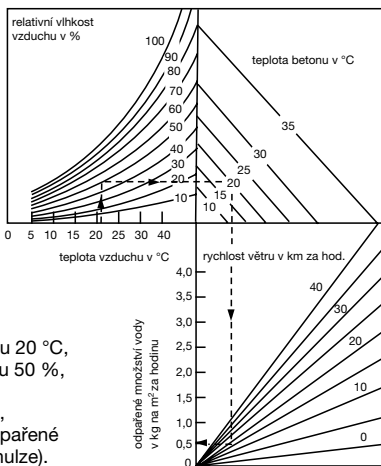
Vlhké ošetřování zajišťuje dostatečnou hydrataci cementu na povrchu betonu. Vysušení povrchu snižuje pevnost betonu, způsobuje smršťovací trhlinky, vznikají deformace, které snižují trvanlivost betonu. Povrch betonu musí být udržován vlhký nebo se musí zamezit odpařování vody z jeho povrchu.

### **Ochrana se provádí metodami:**

- ponecháním betonu v bednění delší dobu, zvláště v horkém počasí,
- pravidelným mlžením vodou v krátkých intervalech (nevystavovat povrch betonu přímému proudu vody a zamezit možnému vymývání pojiva z povrchové vrstvy),
- překrytím povrchu betonu fóliemi nebo vlhkými tkaninami,
- nástřikem parotěsnou látkou (většinou emulze na bázi parafinů), která vytvoří ochranný film zamezující odpařování vody; film se po několika týdnech rozpadne vlivem UV záření.

Množství odpařené vody z povrchu betonu závisí na povětrnostních podmínkách: teplotě a relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti větru. Množství odpařené vody lze odečíst z nomogramu.

## Odpařování vody z povrchu betonu v závislosti na počasí



**Příklad:** teplota vzduchu 20 °C, relativní vlhkost vzduchu 50 %, teplota betonu 20 °C, rychlost větru 20 km.h<sup>-1</sup>, a potom je množství odpařené vody 0,6 kg.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (Schulze).

Pro betony do stupně vlivu prostředí SVP X0 a XC1 požaduje ČSN EN 13670 minimální dobu ošetřování, při teplotě povrchu betonu vyšší než 5 °C v délce 12 hodin. Pro SVP jiné než X0 a XC1 pak předepisuje takovou dobu ošetřování, dokud pevnost betonu povrchové vrstvy nedosáhne 50 % stanovené pevnosti v tlaku. Je možno se řídit i podle hodnot předepsaných v tabulce E.1 v příloze této normy.

## Nejkratší doba ošetřování betonu pro SVP jiné než X0 a XC1 (ČSN EN 13670)

teplota povrchu betonu (t) ve °C	nejkratší doba ošetřování ve dnech <sup>1), 2)</sup>			
	vývoj pevnosti betonu ( $f_{cm2}/f_{cm28}$ ) <sup>4)</sup>			
	rychlý r ≥ 0,50	střední r = 0,30	pomalý r = 0,15	velmi pomalý r < 0,15
t ≥ 25	1	1,5	2	3
25 > t ≥ 15	1	2	3	5
15 > t ≥ 10	2	4	7	10
10 > t ≥ 5 <sup>3)</sup>	3	6	10	15

<sup>1)</sup> Plus doba tuhnutí přesahující 5 hodin.

<sup>2)</sup> Mezi hodnotami lze interpolovat.

<sup>3)</sup> Pro teploty nižší než 5 °C se může doba prodloužit o dobu trvání teploty nižší než 5 °C.

<sup>4)</sup> Charakteristika vývoje pevnosti betonu podle ČSN EN 206-1.

### Praktické rady pro ošetřování betonu podle povětrnostních podmínek:

1. Běžné počasí s teplotou 20 ± 5 °C, relativní vlhkostí nad 50 %, střední sluneční svit nebo střední vítr. Po dobu tuhnutí asi 12 až 24 hodin, ale minimálně 6 hodin, zakrýt povrch betonu vodozadržující textilií. Při tvrdnutí betonu udržovat povrch vlhký nejméně 3 dny nebo nastříkat parotěsnou látku.

2. Horké počasí s teplotami nad 25 °C, relativní vlhkostí do 50 %, s intenzivním slunečním svitem nebo větrným počasím. Po dobu tuhnutí stejně jako v prvním případě. Při tvrdnutí betonu udržovat povrch betonu stále vlhký nebo zakrytý fóliemi, lze také nasypat na povrch 5 cm silnou vrstvu vlhkého písku. Doba ošetřování nejméně 4–7 dnů, desky až 14 dnů, 10 dnů je postříkávat mlhovinou vody.

3. Studené a vlhké počasí s teplotami kolem 15 °C, vysokou relativní vlhkostí vzduchu (přes 80 %), slunce nesvítí a je většinou bezvětří. Po dobu tuhnutí a tvrdnutí betonu, po dobu nejméně 3 dnů

zakrýt povrch plastovými fóliemi nebo světlým nepropustným papírem. Další možností je nástřik povrchu parotěsnou látkou.

4. Mrazivé počasí s teplotami -5 až 5 °C. Doba ošetřování minimálně týden. Zabránit vzniku kaluží vody na povrchu betonu.

### Minimální doba tvrdnutí betonu pro dosažení pevnosti v tlaku 5 MPa

pevnostní třída cementu	vodní součinitel	doba tvrdnutí [dny] při teplotě betonu [°C]	
		5 °C	20 °C
52,5 R; 42,5 R	0,4	0,5	0,25
52,5 N	0,6	0,8	0,5
32,5 R	0,4	1	0,5
42,5 N	0,6	2	1
32,5 N	0,4	2	1
	0,6	5	2

## 9.3 ODBEDŇOVÁNÍ A ODFORMOVÁNÍ

### 9.3.1 Odbedňování monolitických konstrukcí

Betonovou konstrukci lze odbednit, když dosáhla potřebné pevnosti k přenesení bez deformací předpokládaného maximálního zatížení.

#### Podle náročnosti betonové konstrukce rozlišujeme:

- odbednění bez průkazu pevnosti betonu (základové konstrukce, boční díly bednění nezatěžované konstrukce apod.),
- odbednění s průkazem pevnosti betonu (bednění průvlaků, desek, stropů),
- odbedňování v zimních podmínkách.

Předčasným odbedněním se zvyšuje dotvarování konstrukce, dochází k poškozování hran a rohů. Minimální pevnost betonu, aniž by došlo k poškozování hran konstrukce, je 3 MPa (u dřevěného bednění min. 5 MPa). Doba odbedňování ovlivňuje ekonomii vy-

užití systémového bednění, ale na druhé straně brzké odbednění může znehodnotit celou konstrukci. Doporučuje se odbedňovat podhledové bednění desek po dosažení 60–70 % návrhové pevnosti betonu, stěny lze odbednit již při poloviční hodnotě charakteristické pevnosti dané třídy betonu. Pohledové plochy je vhodné po odbednění opatřit ochrannou vrstvou z PE fólie.

### Orientační doba odbedňování konstrukce ve dnech při teplotách nad 5 °C

pevnostní třída cementu	32,5 N	32,5 R; 42,5 N	42,5 R; 52,5 N
boční bednění, sloupy, stěny	3	2	1
stropy o rozpětí do 4,5 m	8	4	3
nad 4,5 m	21	8	6

#### 9.3.2 Odformování dílců

Ve výrobních dílců je potřeba z ekonomických důvodů v krátkém čase po vyrobení s dílci manipulovat a expedovat je. **Manipulační pevnost  $R_M$**  je pevnost betonu, jakou má dílec, s kterým lze bez poškození manipulovat (bez formy a podložky), a dílec lze vyvést na venkovní skládku. **Expediční pevnost  $R_E$**  je pevnost betonu umožňující vyvážku dílce ze skládky závodu na staveniště.

#### Doporučené manipulační pevnosti dílců:

Otevření bočnice 1–3 MPa, přemísťování hmotnějších dílců 7–9 MPa, přeprava tenkostěnných dílců 9–11 MPa, odformování z vertikální baterie (dílec jsou stále ve vertikální poloze) 8 MPa. Expediční pevnost  $R_E = 0,8 \cdot R_B$  a montáž dílců na stavbě lze provádět, dosáhne-li pevnost betonu 75 až 90 % charakteristické pevnosti.

#### Provozní zkušenosti s odformováním dílců:

- odformování dílců neprovádět při teplotách okolí pod 5 °C, pokud jejich teplota neklesla na 30–40 °C,
- odformované dílce ponechat na vnitřních skládkách do té doby, **ČSN EN 12350-1** Zkoušení čerstvého betonu – Část 1: Odběr



pokud nedosáhly alespoň 2/3 normové pevnosti, na skládce je ošetřovat kropením vodou nejvýše o 20 °C teplejší, než je teplota dílce,

■ dobu pobytu dílce na vnitřní skládce určit individuálně podle ročního období, může být 4 h, ale také až 2 dny.



B E T O N  
UNIVERSITY

Získejte titul  
na beton!

Užitečné informace z teorie i praxe.  
Více na [www.betonuniversity.cz](http://www.betonuniversity.cz)

ČESKOMORAVSKÝ  
BETON  
HEIDELBERGCEMENT Group

**10.1 NORMY NA ZKOUŠENÍ BETONU****10.2 PEVNOST BETONU****10.3 ZKOUŠENÍ PEVNOSTI BETONU****10.4 DEFORMACE BETONU**

10.4.1 Technologické ovlivňování dotvarování betonu

10.4.2 Smršťování betonu

**10.5 VODOTĚSNOST BETONU****10.6 TRVANLIVOST BETONU**

10.6.1 Mrazuvzdornost betonu

10.6.2 Obrusnost betonu

10.6.3 Chemická koroze betonu

10.6.4 Koroze oceli v betonu

10.6.5 Požární odolnost betonových konstrukcí

**10.1 NORMY NA ZKOUŠENÍ BETONU**

**ČSN EN 12350-1** Zkoušení čerstvého betonu - Část 1: Odběr vzorků

**ČSN EN 12350-2** Zkoušení čerstvého betonu – Část 2: Zkouška sednutím

**ČSN EN 12350-3** Zkoušení čerstvého betonu – Část 3: Zkouška Vebe

**ČSN EN 12350-4** Zkoušení čerstvého betonu – Část 4: Stupeň zhutnitelnosti

**ČSN EN 12350-5** Zkoušení čerstvého betonu – Část 5: Zkouška rozlitím

**ČSN EN 12350-6** Zkoušení čerstvého betonu – Část 6: Objemová hmotnost

**ČSN EN 12350-7** Zkoušení čerstvého betonu – Část 7: Obsah vzduchu – Tlakové metody

**ČSN EN 12350-8 až 12** Zkoušení čerstvého betonu - Část 8 (až12): Samozhutnitelný beton – (zkoušky viz 8.1.3)

**ČSN EN 12390-1** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy

**ČSN EN 12390-2** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti

**ČSN EN 12390-3** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles

**ČSN EN 12390-4** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 4: Pevnost v tlaku – Požadavky na zkušební lisy

**ČSN EN 12390-5** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles

**ČSN EN 12390-6** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 6: Pevnost v příčném tahu zkušebních těles

**ČSN EN 12390-7** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu

**ČSN EN 12390-8** Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou

**ČSN EN 12504-1** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku

**ČSN EN 12504-2** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Ne-destruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem

**ČSN EN 12504-3** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 3: Stanovení síly na vytržení

**ČSN EN 12504-4** Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 4: Stanovení rychlostí šíření ultrazvukového impulsu

**ČSN EN 13791** Posouzení pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných dílcích

**ČSN ISO 6784** Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku

**ČSN 73 1372** Rezonanční metoda stanovení dynamického modulu pružnosti

**ČSN 73 1327** Stanovení sorpčních vlastností betonu

**ČSN 73 1320** Stanovení objemových změn betonu

**ČSN 73 1326** Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích prostředků

**ČSN 73 1340** Betonové konstrukce. Zkoušení korozní odolnosti betonu. Všeobecné požadavky

## 10.2 PEVNOST BETONU

## 10

Beton vzdoruje rozdílnou měrou všem druhům napětí, která v betonové konstrukci vznikají. Beton je křehká látka, která vzdoruje napětím v tahu a ve smyku podstatně méně než pevnosti v tlaku.

### Rozlišujeme:

- pevnost v tlaku (prostém  $R_B$ , v sevřeném stavu, v soustředěném),
- pevnost v tahu (prostém  $R_t$ , ohybem  $R_{TO}$ , příčném  $R_{PT}$ ),

- pevnost ve smyku (stříhu  $R_\tau$ , propichování) a v kroucení.

**Vzájemné vztahy mezi druhy pevností betonu mají empirický charakter a vyplývají z regresní analýzy mnoha výsledků:**

- pevnost v tlaku  $R_B = (5 \div 8) \cdot R_{TO} \text{ [N/mm}^2\text{]}$   
 $R_B = (10 \div 13) \cdot R_\tau \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- pevnost v prostém tahu  $R_\tau \cong 0,232 \cdot R_B^{2/3} \text{ [N/mm}^2\text{]}$   
 $R_\tau = 0,8 \cdot R_\tau \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- pevnost v příčném tahu  $R_{PT} \cong 0,255 \cdot R_B^{2/3} \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- pevnost v tahu ohybem  $R_{TO} \cong 0,371 \cdot R_B^{2/3} \text{ [N/mm}^2\text{]}$   
 $R_{TO} = 2 \cdot R_\tau = 1,7 \cdot R_\tau \text{ [N/mm}^2\text{]}$
- pevnost ve smyku  $R_\tau \cong 0,38 \cdot R_B \text{ [N/mm}^2\text{]}$ .

$R_B$  – pevnost betonu v tlaku  $[\text{N/mm}^2]$  na krychlích o hraně 150 mm;  
 v ČSN EN 206-1 značená jako  $f_{c,cube}$

Poměr pevnosti v tahu i v tahu ohybem k pevnosti v tlaku se u vyšší pevnosti betonu snižuje, podobně se tento poměr snižuje i stářím betonu.

## Poměry pevnosti v tlaku $R_B$ k pevnosti v tahu ohybem $R_{TO}$

pevnost betonu v tlaku $R_B$ [N/mm <sup>2</sup> ]	poměr pevností betonu $R_B / R_{TO}$	
	s těžným kamenivem	s drceným kamenivem
10	5,0	4,0
20	5,9	4,7
30	6,8	5,4
40	7,5	6,0
50	8,3	6,8
60	9,0	7,5

## Vliv stáří betonu ve dnech na jeho pevnost v %

pevnostní třída cementu	3 dny	7 dnů	28 dnů	180 dnů	1 rok
32,5	45–65	60–75	100	105–125	105–130
42,5 a 52,5	55–70	70–80	100	105–115	105–120

Platí pro cementy CEM I a CEM II za normálních podmínek zrání betonu.

## Technologické ovlivňování pevnosti betonu

Pevnost betonu prakticky určuje kvalita cementového kamene (zejména vodní součinitel), podíl cementového kamene a pevnost (soudržnost) rozhraní vnitřního povrchu betonu (povrchu kameniva).

Čím vyšší vodní součinitel, tím lze očekávat nižší pevnost betonu. Množství cementového kamene má být takové, aby zaplnilo mezery mezi zrny kameniva a obalilo povrch zrn kameniva tenkou vrstvou. Nadbytek cementového tmele (poměr objemu cementového tmele k mezerovitosti kameniva) má být minimálně 1,05 a maximálně 1,3 až 1,5. Je žádoucí co největší podíl kameniva takové granulometrie, která vykazuje minimální mezerovitost. Rozhodující je vlhkost a teplota prostředí, ve kterém beton tvrdne.

**ČSN EN 12390-1 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy**

**ČSN EN 12390-2 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti**

Normy uvádějí pojmy: dávka (objem betonu, z něhož se požaduje odběr vzorku) a vzorek reprezentující dávku, který obvykle sestává nejméně ze tří dílčích vzorků (= množství jednorázově odebraného čerstvého betonu). Objem musí být 1,5násobkem potřebného množství a nejméně  $0,02 \text{ m}^3$ . Doba mezi odběrem a plněním forem má být co nejkratší.

Používané formy musí být vodotěsné z nenasákavého materiálu a lze použít plnicích nástavců. Formy se plní nejméně ve dvou vrstvách. Zhutnění čerstvého betonu ve formě lze provést třemi způsoby:

- Vibračním stolem s minimální frekvencí budiče vibrace  $f = 40 \text{ Hz}$ , forma musí být přitlačena ke stolu a vibruje se tak dlouho, až se na povrchu betonu objeví tenká, souvislá vrstva cementového tmele. Používá se pro konzistence S1, S2, V0, V1, V2, C0, C1, C2.
- Ponorným vibrátorem s minimální frekvencí  $f = 120 \text{ Hz}$  o průměru hrušky vibrátoru maximálně  $1/4$  nejmenšího rozměru zkušebního tělesa, využívá se plnicího nástavce formy. Vibrátor se ponořuje svisle do hloubky asi 20 mm od dna formy. Používá se pro konzistence S2, V2, C2.
- Ručně, propichovací tyčí o průměru 16 mm, délky asi 600 mm, na jednom konci půlkruhovitě zaoblené. Propichuje se zaobleným koncem do celé hloubky předchozí vrstvy čerstvého betonu vždy jedním vpichem na každých  $10 \text{ cm}^2$ . Používá se pro konzistence S3, S4, V3, V4, C3.

Betony označované jako samozhutňující se do forem nalévají pouze v jedné vrstvě bez jakéhokoliv následného hutnění.



Zkušební tělesa jsou ponechána ve formě v prostředí o teplotě  $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  minimálně 16 hodin a nejvíce 3 dny. Je nutné zabránit otřesům, vibracím a vysoušení. Pak se vzorky uloží do vody o teplotě  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  nebo do prostředí s relativní vlhkostí vzduchu větší nebo rovnou 95 % a teplotě  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

Poznámka: Beton uložený v prostředí s relativní vlhkostí asi 60 % nikdy nedosáhne potřebné pevnosti, uvádí se jen asi 80–90 % proti uložení v normových podmínkách.

Norma definuje jmenovitý rozměr  $d$  zkušebních těles s povolenou mezní odchylkou rovinnosti tlačných ploch max.  $\pm 0,0005 d$ , mezní odchylkou přímosti přímků válců pro zkoušku příčným tahem max.  $\pm 0,001 d$ , toleranci úhlu mezi dvěma protilehlými plochami ( $90\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$ ). Zatěžovací plochu lze vypočítat ze jmenovitých rozměrů zkušební tělesa, pokud se skutečný rozměr neliší více jak o 1 %, jinak se vypočítává skutečná plocha ze změřených rozměrů, měřených s přesností na 1 mm. Použitý jmenovitý rozměr tělesa má být nejméně čtyřnásobkem největšího zrna kameniva.

Základní rozměry zkušebních těles:

- krychle  $d = 150\text{ mm}$ , pro zkoušení pevnosti v tlaku a v příčném tahu
- válce  $d = 150\text{ mm}$  a výšky  $= 2d$ , pro zkoušení pevnosti v tlaku, v prostém a v příčném tahu
- hranoly  $d = 150\text{ mm}$  a délky  $= 4d$ , pro zkoušení pevnosti v tahu ohybem (zlomky lze použít pro pevnost v tlaku a v příčném tahu)
- ostatní použitelné rozměry:  $d = 100, 200, 250, 300\text{ mm}$  (u hranolů i délka  $= 5d$ ).

### ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles

- změření rozměrů zkušební tělesa s přesností na 1 mm a případná úprava tělesa, zkušební těleso musí vyhovovat rozměry ČSN EN 12390-1
- zatěžování v lisu rychlostí od 0,4–0,8 MPa/s
- odečtení maximálního zatížení při porušení tělesa

- stanovení pevnosti v tlaku s přesností na  $0,1 \text{ N.mm}^{-2}$
- posouzení způsobu porušení zkušebních těles.

$$f_c = \frac{F}{A_c} \text{ [MPa]}$$

## ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nede- struktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem

**Nedestruktivní zkoušky** betonu nejsou náhradními metodami zkoušení pevnosti betonu. Pevnost však může být odhadována, pokud se dostatečně stanoví vztahy mezi pevností a výslednými hodnotami nedestruktivní metody (stupnicí na tvrdoměru, rychlost impulsu ultrazvukové metody). Určování přesných hodnot pevnosti betonu z tvrdosti se nedoporučuje.

Tvrdoměr sestává z ocelového úderného zařízení a pružiny, která vymršťuje ocelový razník proti povrchu betonu. Pružinové kladívko se pohybuje stanovenou a reprodukovatelnou rychlostí. Velikost odrazu razníku se měří na stupnici umístěné v pouzdru tvrdoměru. Každý typ a velikost tvrdoměru se má používat pro druh a pevnostní třídu betonu, pro které je vhodný. Nejběžněji se používá tvrdoměr Schmidt typ N. Hladké povrchy nebo povrchy uhlazené hladítkem se mohou zkoušet bez broušení. Ostatní hrubé, měkké povrchy nebo povrchy s uvolněnou maltou je nutné upravit brusným kamenem.

### Zkušební postup:

Před sérií zkoušek a po zkoušení se ověří tvrdoměr na kalibrační kovadlině. Tvrdoměr se přiloží kolmo na povrch betonu, plynule se zvyšuje tlak na razník až do úderu kladívka. Na každé zkušební ploše se provede min. 9 měření, která jsou od sebe vzdálena min. 25mm a zároveň jsou vzdálena od hran min. 25mm. Zaznamená se poloha a směr působení tvrdoměru pro každou sadu měření. Ze všech měření se vypočte aritmetický průměr a výsledek se vyjádří jako celé číslo. Jestliže více než 20 % všech čtení se liší od střední hodnoty o více než 6 jednotek, pak celá sada čtení musí být zamítnuta.

### **Zkušenosti:**

Suchý nebo karbonatovaný beton dává vyšší výsledky tvrdosti než vlhký beton. Obroušený povrch ukazuje vyšší tvrdost než povrchy po odstranění dřevěného bednění. Beton s teplotou do 0 °C může vykazovat velmi vysokou pevnost, podobně výsledky může ovlivnit i teplota kladívka (má být minimálně 10 °C). Jednotlivá měření se mohou porovnávat jen tehdy, je-li směr úderu stejný a je-li použito stejného kladívka (kladívka stejného typu a velikosti mohou vykazovat různě zjištěné hodnoty tvrdosti).

## **10.4 DEFORMACE BETONU**

Deformace betonu dělíme na pružné (vratné) a plastické (nevratné). Pružnými jsou deformace charakterizované modulem pružnosti, teplotní dilatace a částečně i smrštění betonu způsobené migrací vlhkosti. Plastickými deformacemi jsou dotvarování betonu způsobené dlouhodobým zatížením a částečně smrštění, které vyvolává hydratace a karbonatace.

### **Modul pružnosti**

Je jedním ze základních parametrů betonu jako stavebního materiálu z hlediska navrhování a užitnosti konstrukce. Vyjadřuje závislost mezi přetvořením a namáháním materiálu. Pro beton je tato závislost lineární pouze v počátku zatěžování, při vyšších napětích není modul pružnosti konstantní, klesá. Při napětí dosahujícím cca 30 % zlomového napětí začínají vznikat trhlinky a projevují se trvalé (plastické) deformace.

Stanovení modulu pružnosti betonu se provádí destruktivními (měření přetvoření při daném zatížení) a nedestruktivními (ultrazvukovými, rezonančními) metodami. Přesné pracovní postupy stanovení modulu pružnosti jsou uvedeny v příslušných normách (ČSN, ISO, ČSN EN).

Modul pružnosti betonu je ovlivněn mnoha činiteli, např. stářím betonu, uložením betonu, objemem cementového tmele v betonu, modulem pružnosti použitého kameniva, prostředím působícím

na beton aj. Pružnější materiály mají nižší modul pružnosti.

### **Dotvarování betonu (creep)**

Dotvarováním betonu rozumíme trvalé změny objemu nebo tvaru betonu způsobené dlouhodobým zatížením.

#### **10.4.1 Technologické ovlivňování dotvarování betonu:**

- **Druh cementu.** Portlandské cementy vyšších pevností mají malé dotvarování, směsné cementy vykazují velké dotvarování.
- **Obsah cementu.** Předávkování cementu způsobí větší dotvarování, při stejném vodním součiniteli mají betony s nižším obsahem cementu menší dotvarování.
- **Vodní součinitel** má rozhodující význam pro dotvarování, které vzrůstá s dvojnásobkem vodního součinitele.
- **Druh kameniva.** Dotvarování není ovlivněno vlastnostmi horniny, výhodnější jsou pevné a drcené horniny.
- **Granulometrie kameniva.** Zrnitost v oblasti velmi dobře snižuje dotvarování.
- **Pórovitost.** Čím nižší pórovitost, tím menší dotvarování.
- **Ošetřování betonu.** Nejmenší dotvarování vykazuje beton uložený ve vodě a největší pak uložený v prostředí suchého vzduchu, teplotní změny způsobují zvýšení dotvarování. Tepelné ošetření betonu před jeho zatížením snižuje dotvarování až o 30 %.
- **Stáří betonu při zatížení.** Je jedním z významných parametrů ovlivňujících dotvarování, čím je beton před zatěžováním starší, tím má menší dotvarování.
- **Stupeň zatížení.** Dotvarování je úměrné napětí asi do 40 % pevnosti betonu, vyšší napětí zvyšují dotvarování.
- **Doba zatížení.** Asi za dva roky je dotvarování ukončeno, po této době se může zvýšit nejvíce o 5 %. Po 28 dnech zatížení se dosáhne asi 1/3 celkového dotvarování.
- **Druh zatížení.** Tlakové nebo tahové napětí vyvolá zhruba stejné dotvarování při stejném stupni zatížení.
- **Velikost zkušebního tělesa (konstrukce).** Se zvětšující se velikostí se snižuje dotvarování.

## 10.4.2 Smršťování betonu

Je způsobeno migrací vlhkosti v betonu, hydratací cementu a karbonatací betonu. V jeho důsledku dochází ke vzniku trhlinek, kdy se snižují užité vlastnosti nejen materiálu, ale i celé konstrukce. Trhliny se mohou vytvořit při smrštění  $> 2 \text{ mm.m}^{-1}$ .

### Pro omezení smršťování betonu se doporučuje:

- minimalizovat vodní součinitel, s jeho rostoucí hodnotou roste i smrštění betonu, betony s vodním součinitelem  $w > 0,60$  vykazují smrštění nad  $1 \text{ mm.m}^{-1}$
- použít vhodné příměsi
- použít vlákna (rozptýlenou výztuž) v množství větším než  $0,1 \%$  hm. cementového tmelu, která v počáteční fázi tuhnutí a tvrdnutí betonu omezí vznik trhlin v betonu
- ošetřovat beton dostatečně dlouho, tj. zabránit odpařování vody z povrchu betonu např. vlhčením nebo vytvořením parotěsné zábrany nástřikem prostředku pro ošetření čerstvého betonu
- vyloučit teplotní rozdíly mezi podkladem a vrstvou betonu, nelze-li jinak, provést dilatační spáry ve vzdálenostech podle tloušťky a celkové plochy betonu.

## 10.5 VODOTĚSNOST BETONU

Pro odolnost betonu proti působení tlakové vody jsou rozhodující otevřené kapiláry velikosti větší než  $10^{-7} \text{ m}$ , kterými prochází voda působením tlakového gradientu. Menší póry (mikropóry) průchod vody neumožňují.

**Zkouška na odolnost betonu proti působení tlakové vody je prováděna podle ČSN EN 12390-8 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou**

Stanovení hloubky průsaku tlakovou vodou. Zkouška se provádí na hranolových tělesech s délkou hrany 150 mm (max. zrna kameniva do 32 mm), 200 mm, 300 mm nebo vývrtech. Poměr výšky k délce hrany se doporučuje větší než 0,5. Stáří betonu je nejméně

28 dnů. Před zkouškou je vhodné stanovit objemovou hmotnost betonu. Zkušební vzorek se upne do zařízení a zatíží tlakem vody. Objeví-li se voda na ploše tělesa, která není vystavena tlaku vody, skutečnost se zaznamená a uváží se platnost výsledku. Po skončení stanovené doby působení tlaku vody se těleso rozlomí v polovině kolmo k povrchu, na který působil vodní tlak. Výsledkem zkoušky je největší dosažená hloubka průsaku s přesností na milimetr.

### **Technologicky odolnosti betonu proti tlakové vodě (vodotěsnost) ovlivníme:**

- hutností a podílem cementového kamene (nízkým vodním součinitelem, dokonalým zhutněním čerstvého betonu, řádným a dlouhodobým ošetřováním betonu),
- použitím hydrofobních přísad nebo příměsí polymerů,
- impregnací betonu nebo jinou vhodnou povrchovou úpravou,
- vodotěsnost je velmi významná vlastnost betonových trub, které musí být vyráběny s vodním součinitelem  $w \leq 0,4$ .

Vodotěsnost betonu obecně zvýšíme tím, když snížíme množství makrokapilár.

## Materiálové parametry betonu

beton	objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	vzduchová propustnost $\varepsilon_m$ [s]	difuze vodních par $\delta$ [s]	tepelná vodivost $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
prostý	2100–2300	(1,2–1,4).10 <sup>-9</sup>	0,013.10 <sup>-9</sup>	1,28–1,54
železobeton	2300–2500	(1,2–1,4).10 <sup>-9</sup>	0,008.10 <sup>-9</sup>	1,63–1,72
keramzitbeton	700–1700	(1,5–3,6).10 <sup>-4</sup>	(0,013–0,025).10 <sup>-9</sup>	0,3–1,2
lehký beton	do 1000	–	–	0,49
	1000–1200	–	–	0,62
	1200–1400	–	–	0,79
	1400–1600	–	–	1,00
	1600–1800	–	–	1,30
	1800–2000	–	–	1,60

## 10.6 TRVANLIVOST BETONU

Trvanlivost je časově omezený, relativní pojem, který závisí na době působení fyzikálních a chemických vlivů. Hovoříme o korozi betonu, čímž rozumíme děje vedoucí k jeho rozrušování cestou chemických pochodů nebo fyzikálními vlivy.

**V betonu nebo na jeho povrchu a povrchu ocelové výztuže vznikají různé závady (lom, trhlinky, deformace, odprýskávání, výkvěty, skvrny apod.) způsobené korozními procesy:**

- chemickými vlivy (roztoky kyselin a solí, organické sloučeniny, plyny, znečištěné ovzduší, tuhé škodlivé látky),
- fyzikální pochody (teploty pod bodem mrazu, vysoké teploty, mech. otěr),

■ biologické působení organismů (plísně, mikroorganismy). Intenzita působení těchto vlivů závisí na vlastnostech betonu a betonové konstrukce (povrchu a pórovitosti cementového kamene) a na agresivitě prostředí (druhu a koncentraci agresivních látek, teplotě a relativní vlhkosti prostředí a na ostatních vlivech působících na rozhraní beton – prostředí).

V betonu se většinou vyskytují trhlinky, které zvyšují rychlost působení agresivního prostředí. Trhlinky vznikají všude tam, kde lokální napětí v mikrostrukturu betonu překročilo pevnost betonu (cementového kamene). Lokální stav napjatosti je vyvolán vnějšími silami (zatížení, teplota) a vnitřními účinky (smršťování, teplotní roztažnost aj.). Trhlinky o velikosti do 100  $\mu\text{m}$  většinou nesnižují únosnost konstrukce, trhlinky do 50  $\mu\text{m}$  nezhoršují ani vodotěsnost, ale vždy každá trhlinka snižuje trvanlivost betonu. Trhlinky vznikají již při tuhnutí betonu a především po jeho zatvrdnutí.

### 10.6.1 Mrazuvzdornost betonu

Mrazuvzdorností se rozumí schopnost betonu ve vodou nasyceném stavu odolávat opakovanému zmrazování a rozmrazování.

#### Mrazuvzdornost betonu závisí na několika činitelích:

- **Stáří betonu.** Beton postupně získává stále vyšší mrazuvzdornost, jak se zvyšuje jeho pevnost.
- **Kontakt s vodním prostředím.** Není-li beton nasáklý vodou, pak snižování teploty pod bod mrazu se projeví pouze tepelnými dilatacemi. Pokud na beton působí vodní prostředí, beton nasákne vodou a zmrznutí se projeví objemovými změnami skupenství vody v led, tepelnými dilatacemi a působením hydraulického tlaku.
- **Pórovitá struktura cementového kamene** je rozhodujícím kritériem mrazuvzdornosti, zejména distribuce pórů zaplněných vodou. Voda zamrzá snižováním teploty postupně od největších kapilár k nejmenším.
- **Koncentrace roztoku,** který je obsažen v pórovité struktuře ce-



mentového kamene. Čím je roztok koncentrovanější, tím je bod tání nižší, beton je odolnější.

■ **Pevnost betonu** musí odolávat napětí, které vznikne zvětšováním objemu vody přecházející v led (objemová změna o 9 %). Mac Innis stanovil minimální pevnost betonu odpovídající této kritické objemové změně hodnotou  $R_B \geq 33,5$  MPa.

■ **Provzdušnění betonu** je umělé vytvoření uzavřených vzduchových pórů definované velikosti ( $< 300 \mu\text{m}$ ) s definovaným rozložením v cementovém kameni. Póry vzniklé provzdušněním, nejsou vodou zaplněny, slouží jako kompenzační prostor pro zvětšování objemu ledu.

■ **Odolnost povrchu betonu proti působení chemických rozmrazovacích prostředků** je vlastnost povrchu betonu odolávat zejména působení agresivních posypových solí používaných v zimním období. Odolnost povrchu betonu ovlivňují stejné zásady uvedené u mrazuvzdorného betonu.

## 10.6.2 Obrusnost betonu

Je závislá především na vlastnostech kameniva a je významná zejména u cementobetonových krytů vozovek nebo u betonové dlažby.

### Vlastnosti kameniva z hlediska obrusnosti betonu s pevností v tlaku 52 MPa

obrusnost betonu [%]	druh a vlastnosti kameniva				
	druh	pevnost [MPa]	ohladitelnost [%]	otlukovost [%]	obrus [%]
3,02	čedič	301	0,45–0,53	9–30	0,08
3,44	žula	151	0,48–0,53	13–40	0,10
8,10	křemenec	220	0,49–0,51	14–30	0,10
5,52	vápenec	80–160	0,39–0,57	24–32	0,53
4,0–5,2	pískovec	110–132	0,64	34	0,45–2,75

### 10.6.3 Chemická koroze betonu

Beton je chemicky napadán kyselými činidly podle jejich koncentrace a skupenství. Podle stupně agresivity prostředí se musí navrhovat i složení betonu, tak jak je stanoveno v ČSN EN 206-1.

Agresivně působí plyny podle složení a vlhkosti vzduchu, kapaliny (roztoky a voda obsahující agresivní  $\text{CO}_2$ ) a tuhé látky, které jsou vyluhovány kapalným prostředím.

Korozi betonu lze rozdělit na tři typy:

■ **I. typ** – vyluhováním  $\text{CaO}$  z betonu ve formě  $\text{Ca(OH)}_2$ , který vzniká hydratací cementu.

■ **II. typ** – chemické látky obsažené v agresivním prostředí vytvářejí s hydratovanými minerály cementu rozpustné sloučeniny, které jsou z betonu postupně vyluhovány.

■ **III. typ** – agresivní činidla tvoří s hydratovanými minerály cementu novotvary se zvětšeným objemem. Jedná se většinou o hygroskopické látky (sloučeniny) přijímající vodu z vlhkého vzduchu a krystalizující s více molekulami vody, čímž zvětšují objem a porušují strukturu betonu.

Obecně je beton napadán řadou látek, které působí na jeho strukturu a vlastnosti. Nejslabším místem v betonovém kompozitu je cementový kámen. Již roztoky od  $\text{pH} < 5,5$  jsou zřetelně agresivní a se snižujícím se  $\text{pH}$  se agresivita stupňuje. Proti alkalicky reagujícím látkám je beton z portlandského cementu odolný, ale hlinitanový cement je již napadán 5% roztokem sodného louhu ( $\text{NaOH}$ ) a při vyšší koncentraci se rychle rozpadá. Čistá voda, obsahující málo rozpustných látek, je velmi agresivní. Rychlost koroze betonu čistou vodou je přímo úměrná tlaku vody a propustnosti betonu, v případě základových konstrukcí také rychlosti proudění vody. Beton rozrušují kyseliny, které tvoří s vápníkem lehce rozpustné sloučeniny.

Vody obsahující kyselinu uhličitou (minerální a bažinaté vody) vedou nejdříve k tvorbě  $\text{CaCO}_3$  (karbonataci betonu), který je málo rozpustný a částečně utěsňuje póry v cementovém kameni. Tento uhličitán je však další kyselinou uhličitou převáděn do rozpustné

formy na kyselý uhličitan  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , který je dobře rozpustný. Mezi karbonátovou tvrdostí a agresivitou vody existuje nepřímá závislost. Korozi betonu způsobují „měkké vody“ s nízkou karbonátovou (přechodnou) tvrdostí do  $6^\circ \text{dH}$  ( $1^\circ \text{dH} = 10 \text{ mg CaO/l}$ ). Čím je vyšší karbonátová tvrdost vody, tím více může být přítomno  $\text{CO}_3^{2-}$ , aniž by korozivně ohrožovalo beton. Ve stojatých vodách rychlost koroze „hladovou vodou“ postupně klesá.

Beton také korodují látky tvořící těžce rozpustné, mýdelnaté vápenaté sloučeniny, organické mastné kyseliny a také kyseliny octová, mléčná, máselná.

Beton také korodují mořská voda (obsahuje ionty  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) a splaškové vody (obsahují sloučeniny síry  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  a sloučeniny amoniaku).

Agresivní sloučeniny  $\text{NH}_4^+$  jsou také přítomny v močůvce a kejdě vedle obsahu organických kyselin. Škodlivé jsou většinou i průmyslové odpadní vody.

Chemická koroze se vyskytuje všude tam, kde beton přichází do styku s agresivním vodním prostředím anebo agresivní látky v ovzduší působí spolu s vlhkostí vzduchu ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ). Beton je napadán a korodován tím více, čím má vyšší pórovitost, tj. byl vyroben s vysokým vodním součinitelem, obsahuje otevřené kapiláry a byl nedostatečně zhutněn.

### **Karbonatace betonu**

je projevem „stárnutí“ betonu, který je soustavně napadán oxidem uhličitým z ovzduší. Obvyklý obsah  $\text{CO}_2$  ve vzduchu je 0,03 % objemu ( $60 \text{ mg.m}^{-3}$ ), ale v průmyslových oblastech bývá násobně vyšší. Rozklad probíhá na povrchu betonu a časem postupně proniká otevřenou pórovitostí do hloubky, napadá korozivně ocelovou výztuž v železobetonu a konečným produktem je karbonát, a především výrazné snížení pH betonu. Snižuje se hodnota pH, což má mimořádný význam pro korozi oceli (proto je také předepsáno minimální krytí výztuže betonem 20 až 50 mm).

Rychlost karbonatace za rok je v rozmezí od 0,1 do 1 mm. Nižší hodnota platí pro velmi hutné betony vyšší pevnostní třídy, vyšší hodnota pro málo pevné betony. Betonová konstrukce vystavená dešti a venkovnímu prostředí zkarbonovala do hloubky 10 mm a stejný beton (pevnosti 35 MPa) chráněný před deštěm do 30 mm, obě konstrukce byly hodnoceny za 30 let.

## **Výkvěty**

Objevují se na pórovitých materiálech tehdy, obsahují-li rozpustné látky nebo tyto vznikají chemickou korozí nebo je materiál napadán roztokem soli.

Transport rozpustných látek směrem k povrchu pomocí kapilár a pórů probíhá společně s transportem vody vlivem vlhkostního spádu mezi vnitřkem materiálu a jeho povrchem, kde se voda odpaří a rozpuštěné látky vykristalizují. Zpravidla nemají negativní vliv na fyzikálně-mechanické vlastnosti betonu a jsou pouhou estetickou vadou.

Podle druhu rozpustných látek rozlišujeme:

- vápenné výkvěty způsobené hydroxidem vápenatým – základní sloučeninou provázející hydrataci cementu
- alkalické výkvěty způsobené rozpustnými alkalickými solemi.

Zabránit vzniku vápenných výkvětů lze maximálním využitím následujících opatření:

- minimalizovat vlhkostní spád – zabránit odparu vody z povrchu a omezit primární vlhkost betonu
- minimalizovat vodní součinitel – snížení pórovitosti o množství volné vody
- zabránit vyschnutí betonu před dokončením hydratačních procesů
- použít těsnicí příměsi a přísady
- omezit následnou dotaci materiálu kapalnou vodou – vhodně ošetřovat a skladovat.

#### 10.6.4 Koroze oceli v betonu

V betonu je povrch oceli obalen cementovým kamenem, jehož pórová voda obsahuje nasycený roztok  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  s  $\text{pH} = 12,6$ . Tato vysoká alkalita zajišťuje pasivitu povrchu oceli ochrannou vrstvou, pokud nepůsobí jiné agresivní ionty (např. chloridy).

Koroze oceli v betonu nastává snížením koncentrace iontů  $\text{OH}^-$  ( $\text{pH} < 11,5$ ) nebo působením chloridových iontů. Koroze oceli probíhá pouze za přítomnosti vody (nebo ve vlhkém vzduchu s relativní vlhkostí větší jak 65 %).

#### Ocel v betonu je vystavena korozi v těchto případech:

- snížením hodnoty  $\text{pH}$  pod 11,5 působením kyselého prostředí, vyluhováním minerálů, karbonatací povrchových vrstev betonu
- působením chloridových iontů, ČSN EN 206-1 omezuje množství chloridů na 0,4–0,2 % u železobetonu a na 0,2–0,1 % u předpjatého betonu
- obsah chloridů je také omezen ve složkách betonu, v cementu 0,1 % hm., ve vodě 0,06–0,2 % a v kamenivu 0,03 %

#### Opatření ke snížení možnosti koroze oceli v betonu jsou:

- snížení pórovitosti
- nízký vodní součinitel
- dostatečná tloušťka krycí vrstvy betonu
- omezení vzniku trhlinek, zejména širších jak 0,1 mm
- především je třeba zamezit snížení  $\text{pH}$  na povrchu oceli pod 11,5.

#### 10.6.5 Požární odolnost betonových konstrukcí

Požární odolnost stavebních konstrukcí obecně je dána závaznými předpisy, normami, které určují požadavky na odolnost podle typu konstrukce, stavby, jejího účelu, významnosti. Požární odolností a jejím stanovováním na zkušebních tělesech a klasifikací pro návrhy staveb se zabývá ČSN EN 13501-1. U betonových či železobetonových konstrukcí určuje rezistenci prvku konstrukce vůči požáru jednak jeho poloha, způsob podepření, způsob vyztužení, objemová

hmotnost betonu apod. Uvedená tabulka ukazuje požární odolnosti betonových prvků v návaznosti na hlavní parametry konstrukce, prvku. Požární odolnost betonové konstrukce lze zvýšit přidáním PE vláken do směsi, kdy vlákna při požáru vyhoří a zbytková voda expanduje do uvolněného prostoru, čímž se beton mírně ochlazuje a omezuje se (oddaluje) degradace betonu a jeho oddělování od výztuže.

### Požární odolnost vybraných betonových konstrukcí podle jejich tloušťky

požární odolnost [min.]	15	30	90	75	60	10	45	100
stěna z prostého betonu	80	90	70	15	60	110	100	80
stěna ze železobetonu	50	20	90	135	120	100	30	120
železobetonový strop	–	155	140	120	40	180	200	170
krytí výztuže stropu [mm]	–	150	55	240	240	200	175	65







**11.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY SPECIFIKACE****11.2 ŘÍZENÍ VÝROBY**

- 11.2.1 Řízení výroby obecně
- 11.2.2 Průkazní zkoušky
- 11.2.3 Výroba betonu
- 11.2.4 Ověřování složek betonu, zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu

**11.3 KONTROLA SHODY A KRITÉRIA SHODY  
TYPOVÉHO BETONU DLE ČSN EN 206-1**

- 11.3.1 Pojmy
- 11.3.2 Kontrola shody typového betonu pro pevnost v tlaku
- 11.3.3 Postup posuzování shody pevnosti betonu v tlaku
- 11.3.4 Kritéria pro posuzování shody pevnosti v tlaku
- 11.3.5 Plán odběru vzorků a četnost zkoušek
- 11.3.6 Posuzování shody souboru betonů
- 11.3.7 Posuzování shody pevnosti betonu v příčném tahu
- 11.3.8 Posuzování shody jiných vlastností než pevnosti
- 11.3.9 Kontrola shody betonu předepsaného složení

ČSN EN 206-1 zavádí pojem specifikace betonu, což je jednoznačné a přesné určení požadavků nejen na vlastnosti betonu po ztvrdnutí, ale i požadavků na vlastnosti betonu nutné pro přepravu, ukládání, hutnění, ošetřování a případnou následnou úpravu betonu. Specifikaci vypracuje specifikátor a odběratel betonu ji předává výrobcí betonu. Specifikátorem může být přímo odběratel betonu nebo jiná osoba, která specifikaci pro odběratele vypracuje, např. projektant, stavební dozor aj.

Beton může být specifikován jako:

Typový beton – beton, pro který jsou výrobci specifikovány požadované vlastnosti a doplňující charakteristiky betonu, a výrobce zodpovídá za dodání betonu vyhovujícího požadovaným vlastnostem a doplňujícím charakteristikám.

- požadavek, aby beton vyhovoval ČSN EN 206-1
- pevnostní třída betonu v tlaku
- stupně vlivu prostředí (viz kapitola 7.2.1)
- maximální jmenovitá horní mez frakce kameniva
- stupeň obsahu chloridů podle tabulky v kap. 7.3.5.

**Pro lehký beton, navíc:**

- třída objemové hmotnosti nebo určená objemová hmotnost.

**Pro těžký beton, navíc:**

- požadovaná objemová hmotnost.

**Pro transportbeton a beton vyráběný na staveništi, navíc:**

- stupeň konzistence nebo, ve zvláštních případech, určená hodnota konzistence
- další údaje o požadovaném způsobu dopravy včetně přístupu ke konstrukci, ukládání a požadovaném množství v čase
- označení tabulky, dle které je požadováno splnění mezních hodnot (ČSN EN 206-1, tabulky F.1, F.2 nebo F.3)

Označení tabulky, dle které je požadováno splnění mezních hodnot se uvede do závorky za označení CZ – například C25/30 – XC3 (CZ, F.1).

**Doplňující požadavky specifikace**

Následující požadavky se mohou specifikovat buď podle požadavků na vlastnosti, nebo pomocí zkušebních metod:

- zvláštní druhy nebo třídy cementu (např. cement s nízkým hydratačním teplem)
- zvláštní druhy nebo třídy kameniva

**Poznámka 1:** V těchto případech je specifikátor odpovědný za složení betonu, které minimalizuje nepříznivý účinek alkalicko-křemičité reakce.

- charakteristiky požadované k zajištění odolnosti proti účinkům mrazu a rozmrazování (např. obsah vzduchu, viz 7.3.2)

**Poznámka 2:** Pokud se stanoví obsah vzduchu při dodání, musí vzít specifikátor v úvahu možné následné ztráty vzduchu během čerpání, ukládání, zhutňování atd.

- požadavky na teplotu čerstvého betonu, pokud se liší od požadavků v 7.3.9
- nárůst pevnosti
- vývin tepla během hydratace
- pomalé tuhnutí
- odolnost proti průsaku vody
- odolnost proti obrusu
- pevnost v příčném tahu
- další technické požadavky (např. požadavky na zvláštní povrchovou úpravu nebo na zvláštní způsob ukládání)
- objemová hmotnost čerstvého betonu
- obsah vody v čerstvém betonu
- odolnost proti střídavému zmrazování a/nebo proti rozmrazovacím látkám
- objemové změny, zvláště smrštění
- odlučování vody
- nasákavost
- doba zpracovatelnosti
- modul pružnosti.

**Beton předepsaného složení** – beton, pro který je výrobcí předepsáno složení betonu včetně používaných složek, a výrobce zodpovídá za dodání betonu předepsaného složení.

### **Základní požadavky specifikace**

Specifikace musí obsahovat tyto údaje:

- požadavek, aby beton vyhovoval ČSN EN 206-1
- obsah cementu
- druh a třída cementu

- buď vodní součinitel, nebo konzistence určená stupněm, nebo určenou hodnotou (určená hodnota vodního součinitele by měla být o 0,02 menší než případně požadovaná mezní hodnota)
- druh, kategorie a maximální obsah chloridů v kamenivu; v případě lehkého nebo těžkého betonu minimální nebo maximální objemová hmotnost zrn kameniva
- maximální jmenovitá horní mez frakce kameniva a případná omezení pro zrnitost
- druh a množství přísady nebo příměsi, pokud se používají
- pokud se používají přísady nebo příměsi, původ těchto složek a cementu jako náhrada za charakteristiky, které nejsou definovatelné jiným způsobem.

### **Doplňující požadavky**

Specifikace může obsahovat:

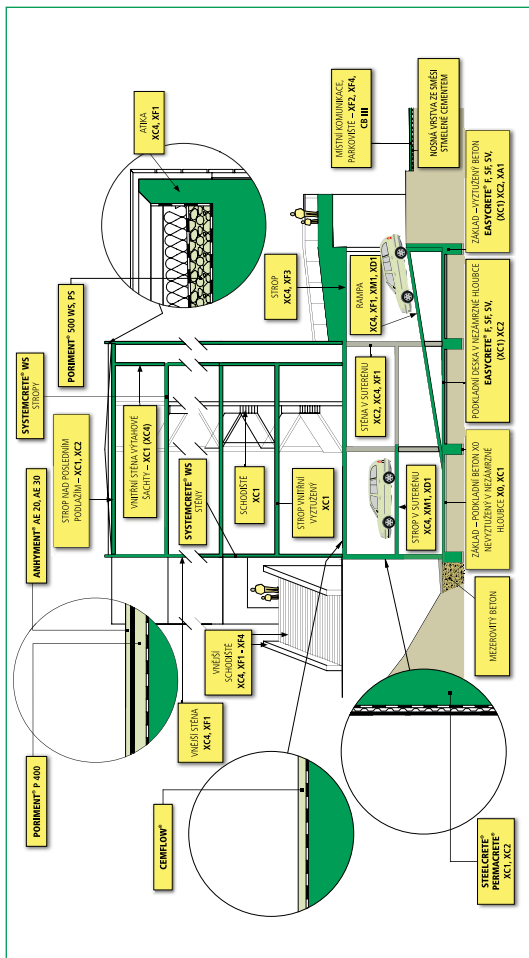
- původ některých nebo všech složek betonu jako náhrada za charakteristiky, které nejsou definovatelné jiným způsobem
- doplňující požadavky na kamenivo
- požadavky na teplotu čerstvého betonu, pokud se liší od požadavků v 7.3.9
- další technické požadavky.

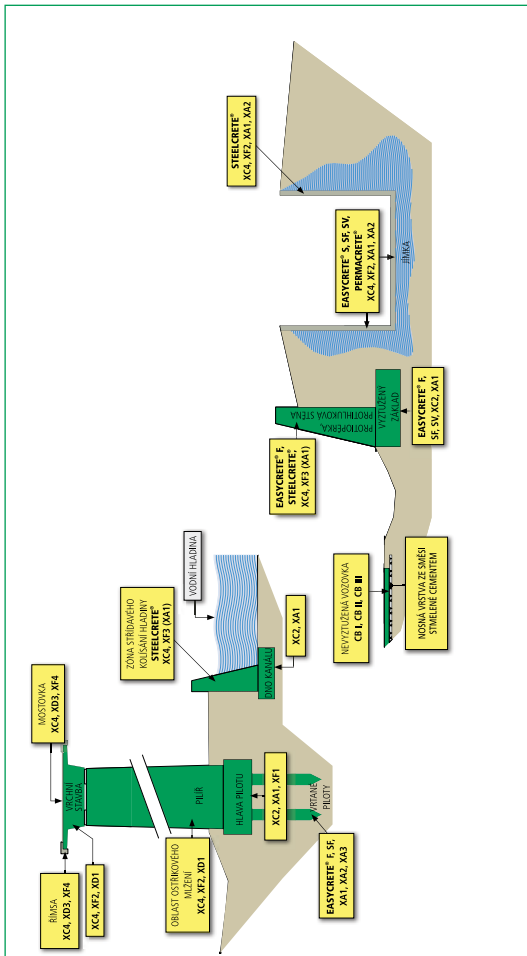
**Normalizovaný beton** – beton, jehož složení je předepsáno v normě platné v místě použití betonu.

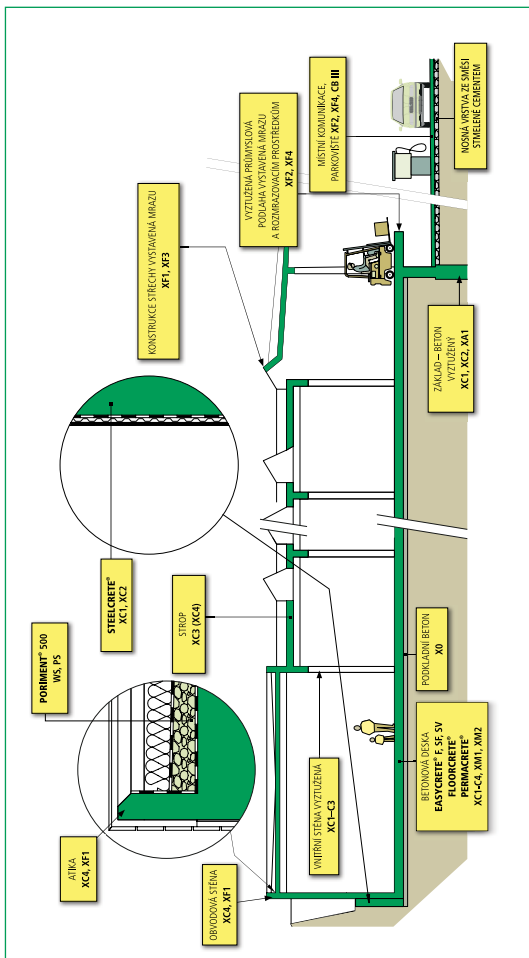
### **Specifikace normalizovaného betonu**

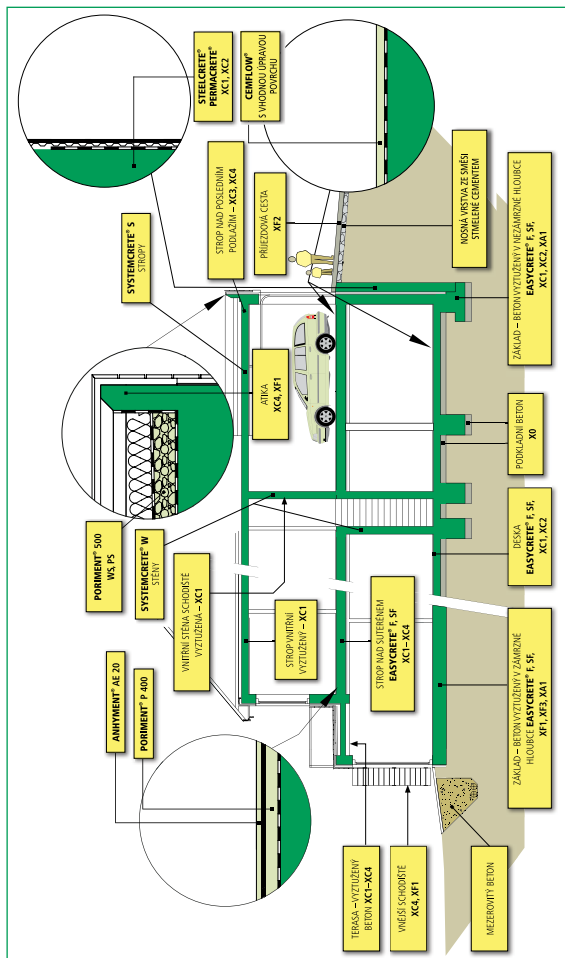
Normalizovaný beton musí být specifikován citací:

- normy platné v místě použití betonu, která stanovuje příslušné požadavky
- označení betonu podle citované normy

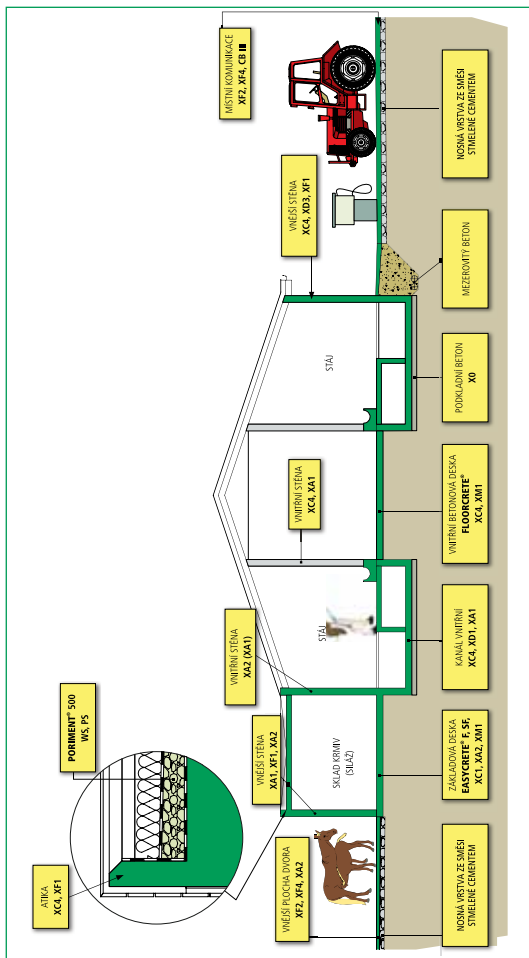












### 11.2.1 Řízení výroby obecně

Pro výrobu všech betonů musí být zaveden systém řízení, za který je odpovědný výrobce.

Řízení výroby zahrnuje všechny činnosti nutné k udržení vlastností betonu ve shodě s předepsanými požadavky.

Zahrnuje:

- výběr materiálů
- návrh složení betonu
- výrobu betonu
- kontroly a zkoušky
- využití výsledků zkoušek složek betonu, čerstvého a ztvrdlého betonu a zařízení
- případně také kontrolu zařízení pro dopravu čerstvého betonu
- kontrolu shody, pro kterou jsou uvedena ustanovení v kapitole 11.3.

Odpovědnost, pravomoci a vztahy všech pracovníků, kteří řídí, provádějí a ověřují činnosti, které ovlivňují jakost betonu, musí být definovány v dokumentaci systému řízení výroby (v příručce jakosti).

Systém řízení výroby se musí přezkoumat vedením výrobce nejméně jednou za 2 roky, aby se potvrdila vhodnost a efektivnost systému.

Záznamy o těchto přezkoumáních se musí uchovat nejméně 3 roky, pokud právní předpisy nevyžadují delší období.

Všechny důležité údaje z řízení výroby se musí zaznamenat. Záznamy řízení výroby se musí uchovat nejméně 3 roky, pokud právní předpisy nevyžadují delší období.

### 11.2.2 Průkazní zkoušky

V případě použití nového složení betonu se musí provést průkazní

zkoušky, zda beton dosahuje předepsaných vlastností s přiměřenou jistotou.

### **Za alternativní průkazní zkoušku lze považovat:**

#### **a) Návrh složení betonu založený na údajích z předchozích zkoušek nebo na dlouhodobých zkušenostech**

- jsou-li k dispozici výsledky zkoušek betonů podobného složení (alespoň 35 výsledků pevnosti betonu v tlaku, v případě požadavku na odolnost alespoň 6 výsledků vodonepropustnosti nebo odolnosti proti CHRL) z výroby na jednom zařízení po dobu alespoň 6 měsíců
- použít je možné i výsledky v režimu průběžné výroby
- jsou k dispozici směrodatné odchylky pro jednotlivá složení nebo skupiny betonů
- jsou k dispozici dlouhodobé výsledky zkoušek vstupních materiálů
- ve výrobě betonu je zaveden a certifikován systém řízení výroby
- výrobce betonu má dostatečně kvalifikovaný personál v oblasti technologie betonu nebo má pro tuto činnost kvalifikovaného smluvního partnera.

#### **b) Složení betonu získané interpolací nebo extrapolací pevností v tlaku betonů, která nepřesahuje 5 N/mm<sup>2</sup>.**

Odpovědnost za průkazní zkoušky:

- |                              |                |
|------------------------------|----------------|
| ■ typový beton               | výrobce betonu |
| ■ beton předepsaného složení | specifikátor   |

#### **Četnost průkazních zkoušek**

Průkazní zkoušky musí být provedeny vždy:

- před používáním nového betonu nebo souboru betonů
- jestliže nastane podstatná změna<sup>1)</sup> buď u složek betonu, nebo u specifikovaných požadavků, které byly podkladem pro předchozí výsledky.

Za podstatnou změnu se považuje změna zdroje nebo původu vstupních složek nebo změna druhu vstupních složek při zachování zdroje.

1) Za podstatnou změnu se nepovažuje změna frakcí kameniva, pokud je použito kamenivo ze stejného zdroje, nebo je-li upravována konzistence o jeden stupeň níže snížením obsahu vody nebo výše zvýšením dávky přísady bez zvyšování dávky vody (zachová ní vodního součinitele).

### **Odchytky obsahu složek od receptury stanovené po průkazní zkoušce**

Z důvodu možnosti operativního řízení výroby jsou povoleny odchytky obsahu složek betonu od hodnot stanovených ve vyhodnocení průkazních zkoušek:

cement:  $-10 \text{ kg/m}^3$ ,  $+15 \text{ kg/m}^3$

popílek:  $\pm 15 \text{ kg/m}^3$

přísady:  $-0 \%$ ,  $+30 \%$  z dávky v receptuře, ne však více než maximální dávka doporučená výrobcem přísady a celková dávka nesmí překročit největší přípustnou dávku dle kapitoly 5.

Poznámka: Jiné odchytky může stanovit autor průkazních zkoušek.

### **Podmínky pro provádění průkazních zkoušek**

Průkazní zkoušky je možné provádět:

- Ve speciálních prostorách k tomu určených (laboratořích betonu) nebo přímo na výrobním zařízení (ve výrobnách betonu).
- Při teplotě čerstvého betonu v rozmezí mezi  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  až  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  (provádí-li se průkazní zkoušky přímo na výrobním zařízení, nemusí být tento parametr dodržen. V tomto případě se musí zaznamenat skutečné teploty prostředí a čerstvého betonu pro možné následné korekce při výrobě betonu za jiných teplotních podmínek).
- Průkazní zkoušky se mohou provádět na již konkrétní navržená složení jednotlivých betonů (receptury) nebo na modelová složení s odstupňovanými dávkami pojiva, ze kterých se interpolací odvodí následně konkrétní složení jednotlivých betonů.
- Pro průkazní zkoušku konkrétního navrženého složení jednoho betonu (receptury) se musí vyzkoušet minimálně dvě záměsi. Z každé provedené záměsi se musí odebrat nejméně dvě zkušeb-

ní tělesa pro zkoušku pevnosti betonu ve stáří 2 dnů a tři zkušební tělesa pro zkoušku pevnosti betonu za 28 dnů.

■ Při zkouškách modelového složení betonu se musí provést minimálně tři modelové záměsi a rozdíl dávek pojiva mezi jednotlivými záměsemi nesmí být větší než 50 kg pojiva na 1 m<sup>3</sup> betonu. Pro průkazní zkoušku na modelovém složení betonu se z každé záměsi odeberou dvě trojice těles pro zkoušku pevnosti betonu ve stáří 2 dny a 28 dnů. Požaduje-li specifikace betonu deklarování pevností betonu v jiném stáří, odeberou se ještě tři tělesa pro zkoušku pevnosti betonu v požadovaných časech.

■ Pevnost v tlaku betonu určitého složení, která má být podkladem pro konkrétní případ, musí být vyšší než hodnota  $f_{ck}$  s bezpečnostní rezervou. Rezerva má být asi dvojnásobek očekávané směrodatné odchylky, to znamená nejméně od 6 N/mm<sup>2</sup> do 12 N/mm<sup>2</sup>, a to v závislosti na vybavení betonárny, použitých složkách betonu a dostupných podkladových informacích o kolísání.

### 11.2.3 Výroba betonu

V systému řízení výroby zajišťuje výrobce, aby:

■ pracovníci, kteří se podílejí na výrobě i na řízení výroby, měli znalosti, výcvik a praxi pro výrobu příslušného druhu betonu, např. pro výrobu vysokopevnostního betonu, lehkého betonu

■ uskladnění složek betonu a manipulace s nimi byly takové, aby se významně nezměnily jejich vlastnosti, např. vlivem počasí, promícháním nebo znečištěním, a aby byla zachována shoda s příslušnou normou

■ dávkovací zařízení byla taková, aby se při běžných provozních podmínkách docílila a udržela požadovaná přesnost uvedená v následující tabulce

■ míchačky byly takové, aby se během doby míchání daného objemu betonu dosáhlo rovnoměrného promíchání složek a stejnoměrné konzistence betonu

■ pro inspekci a zkoušky betonu, zařízení i složek betonu bylo k dispozici všechno potřebné vybavení, zařízení včetně instrukcí pro jejich správné použití

## Tolerance při dávkování složek betonu

složka betonu	přípustná odchylka
cement voda kamenivo celkem příměsi v množství větším než 5 % hmotnosti cementu	$\pm 3$ % požadovaného množství
přísady a příměsi v množství $\leq 5$ % hmotnosti cementu	$\pm 5$ % požadovaného množství

### 11.2.4 Ověřování složek betonu, zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu

Ověřování složek betonu, zařízení, výrobních postupů a vlastností betonu patří k vstupní, mezioperační a výstupní kontrole a je součástí systému řízení výroby.

## Ověřování složek betonu

složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
cement	kontrola dodacího listu <sup>d)</sup> před vyložněním	zda je dodávka dle objednávký a zda je ze správného zdroje	každá dodávka
kamenivo	kontrola dodacího listu <sup>b), d)</sup> před vyložněním	zda je dodávka dle objednávký a zda je ze správného zdroje	každá dodávka
kamenivo	kontrola kameniva před vyložněním	k vizuálnímu porovnání zrnitosti, tvaru a znečištění	každá dodávka; pokud se kamenivo dodává dopravníkovým pásem, pravidelně v závislosti na místních nebo dodacích podmínkách
kamenivo	zkouška zrnitosti podle EN 933-1	zda vyhovuje normě nebo odsouhlasené zrnitosti	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti při vizuální kontrole; pravidelně, podle místních a dodacích podmínek <sup>e)</sup>
kamenivo	zkouška na znečištění	k posouzení přitomnosti a množství nečistot	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti při vizuální kontrole; pravidelně, podle místních a dodacích podmínek <sup>e)</sup>
kamenivo	zkouška nasákavosti podle EN 1097-6	k posouzení účinného obsahu vody v betonu, viz 5.4.2	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti
pórovité nebo těžké kamenivo	zkouška podle EN 1097-3	k zjištění sypané hmotnosti	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti při vizuální kontrole; pravidelně, podle místních a dodacích podmínek <sup>e)</sup>
příspěvy <sup>c)</sup>	kontrola dodacího listu a štítku na obalu <sup>d)</sup> před vyložněním	zda je dodávka podle objednávký a je správně označena	každá dodávka

## Ověřování složek betonu – pokračování

ložka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
přísady <sup>e)</sup>	zkoušky pro identifikaci podle EN 934-2, např. objemová hmotnost, infračervená analýza	k porovnání s údaji uvedenými dodavatelem	v případě pochybnosti
příměš <sup>f)</sup> práškové	kontrola dodacího listu <sup>d)</sup> před vyložením	zda je dodávka podle objednávky a zda je ze správného zdroje	každá dodávka
příměš <sup>f)</sup> práškové	zkouška ztráty žháním popílku	k identifikaci změn obsahu uhlíku, který může ovlivnit provzdušněný beton	každá dodávka, která se použije pro provzdušněný beton, pokud nejsou informace k dispozici od dodavatele
příměši v suspenzi <sup>c)</sup>	kontrola dodacího listu <sup>d)</sup> před vyložením	zda je dodávka podle objednávky a ze správného zdroje	každá dodávka
příměš <sup>f)</sup> v suspenzi	zkouška objemové hmotnosti	k zjištění stejnorodosti	každá dodávka a pravidelně během výroby betonu
voda	zkouška podle EN 1008	zda voda, pokud není pitná, neobsahuje škodlivé látky	pokud se začne používat nový zdroj nepřítné vody; v případě pochybnosti

a) Doporučuje se, aby vzorky byly odebrány a uschovány jednou za týden pro každý druh cementu pro zkoušky v případě pochybnosti.

b) Dodací list, nebo údaje o výrobku, má také obsahovat informace o maximálním obsahu chloridu a má obsahovat zařídění s ohledem na alkalicko-křemičitou reakci v souladu s předpisy platnými v místě použití betonu.

c) Doporučuje se, aby vzorky byly odebrány z každé dodávky a uchovány.

d) Dodací list musí obsahovat nebo musí být doprovázen prohlášením o shodě nebo certifikátem shody, jak je vyžadováno v příslušné normě nebo specifikaci.

e) Toto není nutné, pokud je řízení výroby kameniva certifikováno.



## Ověřování zařízení

sloužka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
skládky, zásobníky atd.	vizuální kontrola	ověření shody s požadavky	jednou týdně
váhy	vizuální kontrola při provozu	zda jsou čisté a správně fungují	denně
váhy	zkouška přesnosti vah	zda přesnost vyhovuje článku 9.6.2.2 ČSN EN 206-1	při instalaci; minimálně jednou za rok; při změně národních předpisů; v případě pochybnosti
dávkovač přísad (i na autodomíchávacích)	vizuální kontrola při provozu	k ověření měřicího zařízení, zda je čisté a správně funguje	denně při prvním použití každé přísady
dávkovač přísad (i na autodomíchávacích)	zkouška přesnosti měření	k zabránění nepřesného dávkování	při instalaci; minimálně jednou za rok; v případě pochybnosti
vodoměr	zkouška přesnosti měření	zda přesnost vyhovuje článku 9.6.2.2	při instalaci; minimálně jednou za rok; v případě pochybnosti
zařízení k průběžnému měření obsahu vody v drobném kamenivu	porovnání skutečného množství s údajem na měřidle	k ověření přesnosti	při instalaci; periodicky <sup>a)</sup> a po instalaci; v případě pochybnosti
dávkovací zařízení	vizuální kontrola	zda dávkovací zařízení správně funguje	denně
dávkovací zařízení	porovnání skutečné hmotnosti složek v záměsi s požadovanou hodnotou, a v případě s automatickým záznamovým zařízením dávkovače, se záznamem hmotnosti	zda přesnost dávkovacího zařízení vyhovuje	při instalaci; periodicky <sup>a)</sup> a po instalaci; v případě pochybnosti
zkoušební zařízení	kalibrace podle příslušných národních nebo EN norem	k posouzení shody	periodicky <sup>a)</sup> pro zkoušební lisy nejméně jednou ročně
mícháčky (včetně automatických)	vizuální kontrola	kontrola opotřebenosti mísičeho zařízení	periodicky <sup>a)</sup>

a) Četnost záleží na druhu zařízení, jeho citlivosti při používání a provozních podmínkách betonárny.

## Ověřování výrobních postupů a vlastností betonu

sloužka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
vlastnosti typového betonu	průkazní zkouška (viz příloha A ČSN EN 206-1)	zda lze požadovaných vlastností dosáhnout navrženým složením s přiměřenou jistotou	před použitím nového složení betonu
vlhkost drobného kameniva	předběžný měřicí systém, zkouška sušením nebo ekvivalentní zkouška	stanovení hmotnosti suchého kameniva a dávkování vody	denně, pokud není průběžné, v závislosti na klimatických a místních podmínkách může být požadovaná četnost větší nebo menší
vlhkost hrubého kameniva	zkouška sušením nebo ekvivalentní	stanovení hmotnosti suchého kameniva a dávkování vody	závisí na klimatických a místních podmínkách
obsah vody v čerstvém betonu	kontrola množství dávkované vody <sup>a)</sup>	k získání údajů pro vodní součinitele	každá záměs
obsah chloridů v betonu	počáteční údaj výpočtem	zda není překročen maximální obsah chloridů	při průkazní zkoušce; v případě překročení obsahu chloridů ve složkách betonu
nasákavost kameniva	zkouška nasákavosti podle EN 1097-6	stanovení pro přesné určení vodního součinitele	první dodávka z nového zdroje, pokud nejsou k dispozici informace od dodavatele kameniva; v případě pochybnosti
konzistence	zkouška konzistence podle EN 12350-2, 3, 4 nebo 5	k posouzení dosažení určené hodnoty konzistence a ke kontrole možné změny obsahu vody	pokud je konzistence určená, při zkoušce obsahu vzduchu; v případě pochybnosti při vizuální inspekci
objemová hmotnost čerstvého betonu	zkouška objemové hmotnosti podle EN 12350-6	u lehkého a těžkého betonu ke kontrole dávkování a objemové hmotnosti	denně
obsah cementu v čerstvém betonu	kontrola hmotnosti cementu v záměsí <sup>a)</sup>	ke kontrole obsahu cementu a získání údajů pro vodní součinitele	každá záměs

## Ověřování výrobních postupů a vlastností betonu - pokračování

složka	kontrola / zkouška	účel	nejmenší četnost
obsah příměsí v čerstvém betonu	kontrola hmotnosti příměsí v záměsí <sup>a)</sup>	ke kontrole obsahu příměsí a získání údajů pro vodní součinitel	každá záměs
obsah přísady v čerstvém betonu	kontrola hmotnosti nebo objemu přísady v záměsí <sup>a)</sup>	ke kontrole obsahu přísady	každá záměs
vodní součinitel čerstvého betonu	výpočet nebo zkušební metoda	zda bylo dosaženo požadovaného vodního součinitele	denně, pokud je požadován
obsah vzduchu v čerstvém betonu, pokud je požadován	zkouška podle EN 12350-7 pro běžný a těžký beton, pro lehký beton ASTM C 173	k posouzení dosažení požadovaného obsahu vzduchu	u provzdušněného betonu: první záměs nebo dávka z každé denní výroby, dokud se hodnoty neustálí
teplota čerstvého betonu	měření teploty	k posouzení dosažení minimální teploty 5 °C nebo specifikované meze	v případě pochybnosti; pokud je teplota specifikována: pravidelně, podle situace; každá záměs nebo dávka, pokud je teplota blízko mezní hodnoty
objemová hmotnost ztvrdlého lehkého nebo těžkého betonu	zkouška podle EN 12390-7 <sup>b)</sup>	k posouzení dosažení požadované objemové hmotnosti betonu	pokud je požadována objemová hmotnost betonu, četnost jako pro pevnost v tlaku
zkouška pevnosti v tlaku zhotovených zkušebních betonových těles	zkouška podle prEN 12390-3:1999	k posouzení dosažení požadované pevnosti	pokud je pevnost v tlaku požadována, četnost zkoušek je jako pro kontrolu shody

a) Pokud se nepoužívá záznamové zařízení a tolerance dávkování pro záměs nebo dávku jsou překročeny, zaznamená se dávkované množství v záznamu výroby.

b) Může být také zkoušen v nasyceném stavu, pokud je bezpečně stanoven vztah k objemové hmotnosti ve vysušeném stavu.

Kontrola shody je kombinace činností a rozhodnutí, která jsou prováděna v souladu s předem přijatými pravidly pro kontrolu shody betonu se specifikací. Kontrola shody je součástí řízení výroby.

**Kontrola shody se provádí pro následující vlastnosti betonu:**

- pevnost v tlaku
- pevnost v příčném tahu
- objemová hmotnost těžkého a lehkého betonu
- vodní součinitel
- obsah cementu
- obsah vzduchu v čerstvém provzdušněném betonu
- obsah chloridů v betonu
- objemová hmotnost čerstvého betonu
- obsah vody v čerstvém betonu
- odlučování vody
- vývin tepla během hydratace
- zpoždění počátku tuhnutí
- teplota čerstvého betonu
- největší hloubka průsaku vody
- mrazuvzdornost
- odolnost povrchu betonu proti působení vody a rozmrazovacích látek
- součinitel prostorového rozložení vzduchových pórů
- obsah mikroskopického vzduchu  $A_{300}$
- obsah vzduchu ve ztvrdlém betonu
- nasákavost
- statický modul pružnosti v tlaku
- objemové změny.

### 11.3.1 Pojmy

#### **Hodnocení shody**

Systematické zkoumání, v jaké míře výrobek splňuje specifikované požadavky.

#### **Počáteční výroba**

Výroba betonu do získání nejméně 35 výsledků zkoušek v časovém období nejméně 3 měsíce.

#### **Průběžná výroba**

Průběžná výroba je výroba, která nastane po získání nejméně 35 výsledků zkoušek během období, které není delší než 12 měsíců.

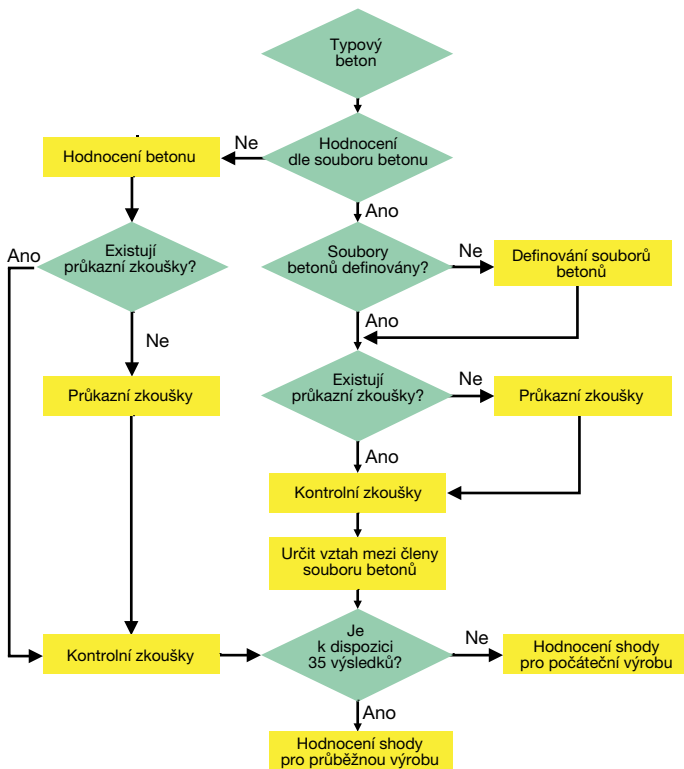
#### **Soubor betonů**

Soubor betonů různých složení, pro které byl stanoven a dokumentován spolehlivý vztah pro příslušné vlastnosti.

### 11.3.2 Kontrola shody typového betonu pro pevnost v tlaku

- posuzované výsledky zkoušek nesmí být starší než 12 měsíců
- zpracování výsledků zkoušek zkušebních těles ve stáří 28 dní. V případě, že je to vyžadováno, je možné posuzovat betony ve stáří jiném než 28 dní (například betony pro masivní konstrukce apod.).

## Postupový diagram pro prokazování shody – pevnost betonu v tlaku



### 11.3.3 Postup posuzování shody pevnosti betonu v tlaku

Obyčejný a těžký beton tř. C 8/10 až C 50/60 a lehký beton tř. LC 8/9 až LC 55/60 se kontroluje na vzorcích buď pro každé jednotlivé složení betonu zvlášť, nebo na vhodně určeném souboru betonů.

Pro vysokopevnostní betony třídy C 55/67 a vyšší se nesmí použít princip souboru betonů.

Posuzování se provádí pro betony z počáteční výroby nebo z výroby průběžné (viz 11.3.1).

Pokud výroba jednotlivého složení betonu nebo souboru betonů je pozastavena na období delší než 12 měsíců, musí výrobce použít kritéria shody a plán odběru vzorků a zkoušek pro počáteční výrobu.

#### Postupy posuzování shody pevnosti betonu v tlaku a příslušná kritéria

hodnocení shody	počáteční výroba (do 35 zkoušek)	průběžná výroba (více než 35 zkoušek)
vyhodnocení jednotlivých složení (receptur)	každý jednotlivý výsledek zkoušky (kritérium 2)	
	průměr $n$ výsledků zkoušek $f_{cm}$ (kritérium 1)	
vyhodnocení souboru betonů	každý jednotlivý výsledek zkoušky (netransformovaný) každého betonu v souboru (kritérium 2)	
	průměr $n$ výsledků zkoušek $f_{cm}$ (netransformovaný) každého betonu v souboru (kritérium 3)	
	průměr $n$ výsledků zkoušek $f_{cm}$ (netransformovaný) každého betonu v souboru (kritérium 1)	

### 11.3.4 Kritéria pro posuzování shody pevnosti v tlaku

ČSN EN 206-1 zavádí 3 kritéria pro posouzení shody:

- Kritérium 1 – průměr  $n$  výsledků zkoušek  $f_{cm}$
- Kritérium 2 – každý jednotlivý výsledek zkoušky  $f_{ci}$
- Kritérium 3 – Průměr  $z$   $n$  výsledků zkoušek ( $f_{cm}$ ) pro jednotlivý beton souboru.

#### Kritéria shody pevnosti betonu v tlaku

výroba	počet výsledků zkoušek pevnosti v tlaku ve skupině	kritérium 1	kritérium 2
		průměr z výsledků zkoušek $f_{cm}$ [MPa]	každý jednotlivý výsledek zkoušky $f_{ci}$ [MPa]
počáteční	3	$\geq f_{ck} + 4$ vysokopevnostní beton $\geq f_{ck} + 5$ betony C-/5 a C-/7,5 $\geq f_{ck}$ 7,5 10,5	$\geq f_{ck} - 4$ vysokopevnostní beton $\geq f_{ck} - 5$ betony C-/5 a C-/7,5 $\geq f_{ck}$ 3,0 4,5
průběžná	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ vysokopevnostní beton $\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ $\sigma \geq 5$ MPa	$\geq f_{ck} - 4$ vysokopevnostní beton $\geq 0,9 f_{ck}$

$f_{ck}$  – charakteristická pevnost betonu v tlaku, viz bod 7.1

$\sigma$  – vyhovující zavedená stanovená směrodatná odchylka základního souboru.

Na počátku se musí směrodatná odchylka vypočítat z nejméně 35 po sobě jdoucích výsledků za období delší než 3 měsíce a které jsou z období těsně před výrobním obdobím, ve kterém se má posoudit shoda.



### 11.3.4. Kriteria pro posuzování shody pro pevnost v tlaku

ČSN EN 206-1 zavádí 3 kritéria pro posouzení shody:

- Kriterium 1 - průměr n výsledků zkoušek  $f_{cm}$
- Kriterium 2 - každý jednotlivý výsledek zkoušky  $f_{ci}$
- Kriterium 3 - Průměr z n výsledků zkoušek ( $f_{cm}$ ) pro jednotlivý beton souboru

#### Kriteria shody pro pevnost betonu v tlaku

výroba	počet výsledků zkoušek pevnosti v tlaku ve skupině	kriterium 1	kriterium 2
		průměr z výsledků zkoušek $f_{cm}$ [MPa]	každý jednotlivý výsledek zkoušky $f_{ci}$ [MPa]
počáteční	3	$\geq f_{ck} + 4$ vysokopevnostní beton $\geq f_{ck} + 5$ betony C-/5 a C-/7,5 $\geq f_{ck}$ 7,5 10,5	$\geq f_{ck} - 4$ vysokopevnostní beton $\geq f_{ck} - 5$ betony C-/5 a C-/7,5 $\geq f_{ck}$ 3,0 4,5
průběžná	15	$\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ vysokopevnostní beton $\geq f_{ck} + 1,48 \sigma$ , $\sigma \geq 5$ MPa	$\geq f_{ck} - 4$ vysokopevnostní beton $\geq 0,9 f_{ck}$

$f_{ck}$  - charakteristická pevnost betonu v tlaku, viz bod 7.1.

$\sigma$  - vyhovující zavedená stanovená směrodatná odchylka základního souboru

11

Na počátku se musí směrodatná odchylka vypočítat z nejméně 35 po sobě jdoucích výsledků za období delší než 3 měsíce.

## Potvrzující kritéria pro členy souboru betonů

počet výsledků zkoušek pevnosti v tlaku pro jednotlivý beton souboru	kritérium 3
	průměr z výsledků zkoušek $f_{cm}$ pro jednotlivý beton souboru [MPa]
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$

### Obecně platí pro:

#### Počáteční výrobu (do získání 35 výsledků)

- posouzení průměru skupiny po sobě jdoucích překrývajících se nebo nepřekrývajících se výsledků zkoušek –  $f_{cm}$  podle kritéria 1
- posouzení každého jednotlivého výsledku zkoušky –  $f_{ci}$  podle kritéria 2.

#### Průběžnou výrobu

- zpracování min. 35 výsledků z počáteční výroby, výpočet a zavedení stanovené směrodatné odchylky základního souboru  $\sigma$
- výpočet směrodatné odchylky z posledních 15 výsledků zkoušek  $s_{15}$  z průběžné výroby
- pro průběžné hodnocení lze použít již zavedenou hodnotu  $\sigma$  (metoda 1) nebo hodnotu  $s$  vypočtenou ze všech výsledků průb. zkoušek (metoda 2), v obou případech pouze za předpokladu, že platí  $0,63 \sigma \leq s_{15} \leq 1,37 \sigma$ , jinak je nutno stanovit novou hodnotu  $s$  z posledních 35 výsledků zkoušek
- posouzení průměru skupiny po sobě jdoucích překrývajících se nebo nepřekrývajících se výsledků zkoušek –  $f_{cm}$  podle kritéria 1
- posouzení každého jednotlivého výsledku zkoušky –  $f_{ci}$  podle

## Minimální četnost odběru vzorků pro posouzení shody

výroba	prvních 50 m <sup>3</sup> výroby	následně po prvních 50 m <sup>3</sup> vyrobeného betonu <sup>a)</sup>	
		beton s certifikací řízení výroby	beton bez certifikace řízení výroby
počáteční (do získání 35 výsledků zkoušek)	3	1/ 200 m <sup>3</sup> nebo 2 během týdenní výroby	1/ 150 m <sup>3</sup> nebo 1 denně při výrobě
průběžná <sup>b)</sup> (pokud je k dispozici nejméně 35 výsledků zkoušek)	–	1/ 400 m <sup>3</sup> nebo 1 během týdenní výroby	–

a) Odběry vzorků rozložit rovnoměrně během výroby, na 25 m<sup>3</sup> výroby max. 1 vzorek.

b) Pokud směrodatná odchylka z posledních 15 výsledků  $s_{15} > 1,37 \sigma$  (zavedené směrodatné odchylky), zvýší se četnost na úroveň počáteční výroby.

### 11.3.6 Posuzování shody souboru betonů

Při zařazování betonů do souboru se doporučuje vybrat betony splňující kritéria:

- cement stejného druhu, třídy pevnosti i původu
- prokazatelně stejné kamenivo (geologicky, druh – drcené, těžené, vlastnosti) i příměs I. druhu
- betony jen s použitím nebo jen bez použití plastifikačních přísad
- úplný rozsah stupňů konzistence
- omezený rozsah tříd pevnosti
- samostatný soubor pro betony s příměsí II. druhu
- samostatný soubor pro betony s přísadami ovlivňujícími pevnost (plastifikační, urychlující, zpomalující, provzdušňující).

Pro použití koncepce souboru betonů při kontrole shody lze použít normu ČSN P 73 1309.

Pro kontrolu souboru betonů musí být odebírány vzorky z celého rozsahu složení vyráběných betonů daného souboru.

### Transformace pevností betonu v tlaku

Jako **referenční beton** se zvolí nejvíce vyráběný beton souboru nebo beton uprostřed souboru betonů.

Výsledky zkoušek jednotlivých betonů se převádějí na referenční beton pomocí předem stanovených referenčních vztahů mezi jednotlivými členy souboru a referenčním betonem.

Pro přepočítání pevnosti betonu v tlaku jednotlivých členů souboru betonu na pevnost referenčního betonu je možné využít postupy uvedené v ČSN P 73 1309. Například: přepočítání součinitelem pevnosti v tlaku.

Pro výpočet součinitele pevnosti v tlaku se nejdříve stanoví pro každý beton v souboru tzv. cílová pevnost:

- u nových betonů je to průměrná pevnost z výsledků průkazných zkoušek, případně hodnota získaná interpolací (extrapolací) z výsledků zkoušek obdobných betonů (při použití principu dlouhodobých zkušeností viz 11.2.2),
- u již vyráběných betonů průměr z výsledků zkoušek bezprostředně předcházejících.

Cílová pevnost se následně zjišťuje/upřesňuje v pravidelných intervalech.

Přepočítání dle součinitele pevnosti v tlaku:

$$\text{součinitel}_{(\text{beton } K)} = \text{cílová pevnost}_{(\text{referenční beton})} / \text{cílová pevnost}_{(\text{beton } K)}$$

Přepočítání pevností v tlaku jednotlivých betonů v souboru  $f_{ci}$ :

$$f_{ci,trans} = f_{ci}(\text{beton } K) \cdot \text{součinitel}_{(\text{beton } K)}$$

### 11.3.7 Posuzování shody pevnosti betonu v příčném tahu

Pevnost betonu v příčném tahu se posuzuje stejně jako pevnost v tlaku, pouze nelze použít posouzení na souboru betonů.

#### Kritéria shody pevnosti betonu v příčném tahu

výroba	počet výsledků zkoušek pevnosti v tlaku ve skupině	kritérium 1	kritérium 2
		průměr z výsledků zkoušek $f_{tm}$ v $N.mm^{-2}$	každý jednotlivý výsledek zkoušky $f_{ti}$ v $N.mm^{-2}$
počáteční	3	$\geq f_{tk} + 0,5$	$\geq f_{tk} - 0,5$
průběžná	15	$\geq f_{tk} + 1,48 \sigma$	$\geq f_{tk} - 0,5$

$f_{tk}$  – charakteristická pevnost betonu v příčném tahu, viz bod 7.1  
 $\sigma$  – vyhovující zavedená stanovená směrodatná odchylka základního souboru.

### 11.3.8 Posuzování shody jiných vlastností než pevnosti

Náhodný odběr vzorků musí odpovídat podle ČSN EN 12350-1, minimální počet vzorků nebo stanovení a kritéria uvádí tabulka.

#### Posuzování shody vlastností

- Všechny jednotlivé výsledky zkoušek musí být v rozmezí největší přípustné odchylky.
- Počet výsledků zkoušek mimo předepsanou limitní hodnotu nebo meze třídy nebo toleranci předepsané hodnoty nesmí být větší než přejímací číslo podle tabulky 19a nebo 19b v ČSN EN 206-1 (např. pro konzistenci jsou to 2 výsledky při 5–7 stanoveních nebo 5 výsledků při 13–19 stanoveních; pro ostatní vlastnosti 2 výsledky při 20–31 stanoveních a 5 výsledků při 50–64

stanoveních).

Legenda k následující tabulce:

- a) není-li předepsáno jinak
- b) tolerance neplatí, pokud není předepsaná dolní nebo horní mez
- c) vyšší hodnoty tolerance platí pro zkoušení na začátku vyprazdňování z automíchače.



## Kritéria shody jiných vlastností betonu

vlastnost	minimální počet vzorků nebo stanovení
objem. hmotnost těžkého betonu	jako pevnost v tlaku
objem. hmotnost lehkého betonu	jako pevnost v tlaku
vodní součinitel	1x denně
obsah cementu	1x denně
obsah vzduchu v čerstvém provzdušněném betonu	1x denně při ustálené výrobě
obsah chloridů v betonu	pro každé složení betonu a při změně obsahu ve složkách
objemová hmotnost čerstvého betonu	jako pevnost v tlaku
obsah vody v čerstvém betonu	jako pevnost v tlaku
odlučování vody	1000 m <sup>3</sup> , 1x za rok
vývin tepla během hydratace	1000 m <sup>3</sup> , 1x za rok
zpoždění počátku tuhnutí	1000 m <sup>3</sup> , 1x za rok
teplota čerstvého betonu	jako pevnost v tlaku
ztráta obrusem	1000 m <sup>3</sup> , 1x za rok
mrazuvzdornost	
odolnost povrchu betonu proti působení vody CHRL	
součinitel prostorového rozložení vzduchových pórů	10000 m <sup>3</sup> , 1x za 2 roky
obsah mikroskopického vzduchu A <sub>300</sub>	10000 m <sup>3</sup> , 1x za 2 roky
obsah vzduchu ve ztvrdlém betonu	10000 m <sup>3</sup> , 1x za 2 roky
nasákavost	1000 m <sup>3</sup> , 1x za rok
stupeň sednutí	jako pevnost v tlaku, při zkoušce provzdušnění, při pochybnostech
stupeň rozliti	
stupeň zhutnitelnosti	
stupeň Vebe	



max. dovolená odchylka jednotlivé zkoušky od mezí předepsané třídy nebo od tolerance určené hodnoty	
dolní mez	horní mez
-30 kg.m <sup>-3</sup>	neomezeno
-30 kg.m <sup>-3</sup>	+30 kg.m <sup>-3</sup>
neomezeno <sup>a)</sup>	+0,02
-10 kg.m <sup>-3</sup>	neomezeno <sup>a)</sup>
-0,5 % absolutní hodnoty	+1,0 % absolutní hodnoty
neomezeno <sup>a)</sup>	není povolena vyšší hodnota
-40 kg/m <sup>3</sup>	+40 kg/m <sup>3</sup>
-10 kg/m <sup>3</sup>	+10 kg/m <sup>3</sup>
-	1 kg/m <sup>3</sup>
-	2 K
-1 h	+1 h
-	+1 °C
-	1 cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup>
	+20 %
	+20 %
	0
0	
-0,5 % abs. hodnoty	+1,0 % absolutní hodnoty
	0
-10 mm; -20 mm <sup>c)</sup>	+20 mm; +30 mm <sup>c)</sup>
-15 mm; -25 mm <sup>c)</sup>	+30 mm; +40 mm <sup>c)</sup>
-0,05; -0,07 <sup>c)</sup>	+0,03; +0,05 <sup>c)</sup>
-4s; -6s <sup>c)</sup>	+2s; +4s <sup>c)</sup>

### 11.3.9 Kontrola shody betonu předepsaného složení

#### Posuzování shody vlastností

Podle výrobních záznamů se u každé záměsi posuzuje shoda složení betonu v daných tolerancích s obsahem specifikace. Pro normalizovaný beton platí požadavky příslušné normy.

Posuzování shody složení betonu podle rozboru čerstvého betonu lze provádět pouze podle zkušební metody předem odsouhlasené mezi odběratelem a výrobcem.

Posouzení shody konzistence se provádí stejně jako u typového betonu.

#### Tolerance dávkování složek a hodnoty vodního součinitele

složka betonu	povolená odchylka
cement	±3 %
voda	
kamenivo celkem	
příměsi v množství > 5 % hm. cementu	
příměsi a přísady v množství ≤ 5 % hm. cementu	±5 %
vodní součinitel	0,04



## PODĚKOVÁNÍ

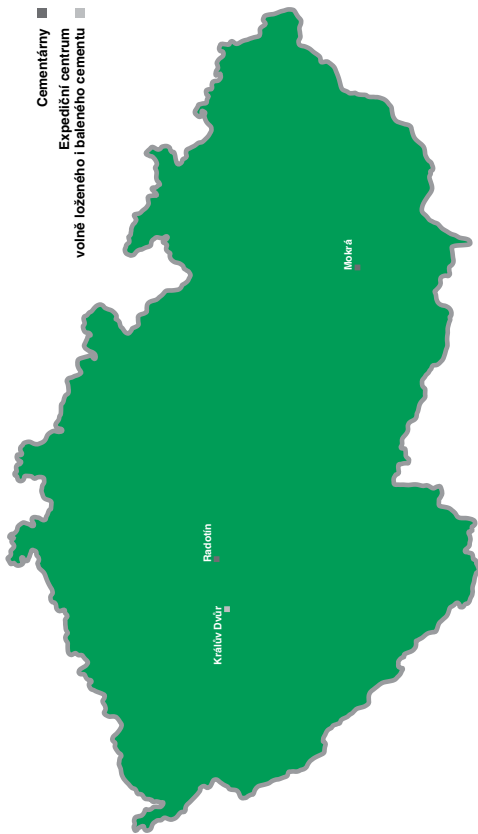
Při přípravě **Příručky technologa** nám poskytli neocenitelnou pomoc naši kolegové.

Rádi bychom poděkovali zejména Ing. Vladimíru Veselému, Ing. Stanislavu Smiřinskému a RNDr. Václavu Blížkovskému ze společnosti BETOTECH, s. r. o.

Naše poděkování také patří Ing. Lukáši Peřkovi ze Svazu výrobců cementu.

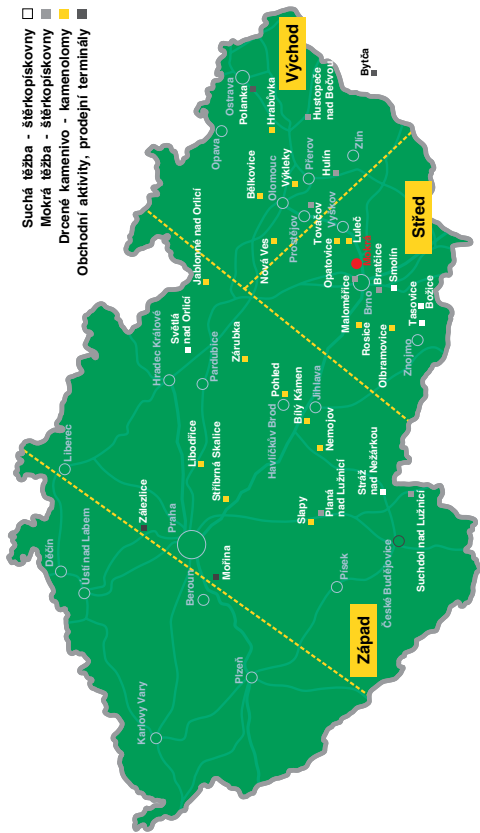
Toto vydání příručky technologa obsahuje technickou a jazykovou revizi předchozího vydání a aktualizaci názvů uvedených řídicích dokumentů, norem.

## Mapa provozů Česká republika



**ČESKOMORAVSKÝ  
CEMENT**  
HEIDELBERGCEMENT Group

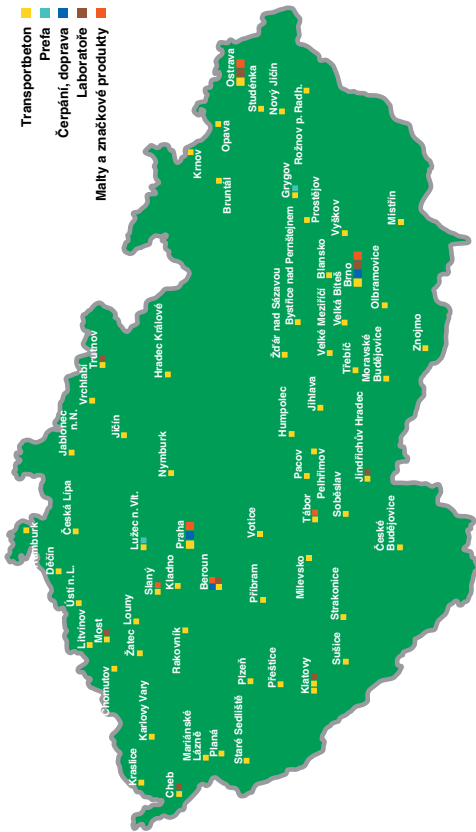
# Mapa provozů Česká republika



**ČESKOMORAVSKÝ  
ŠTĚRK**  
HEIDELBERGCEMENT Group

## Mapa provozů Česká republika

- Transportbeton
- Převa
- Čerpání, doprava
- Laboratoře
- Malty a značkové produkty

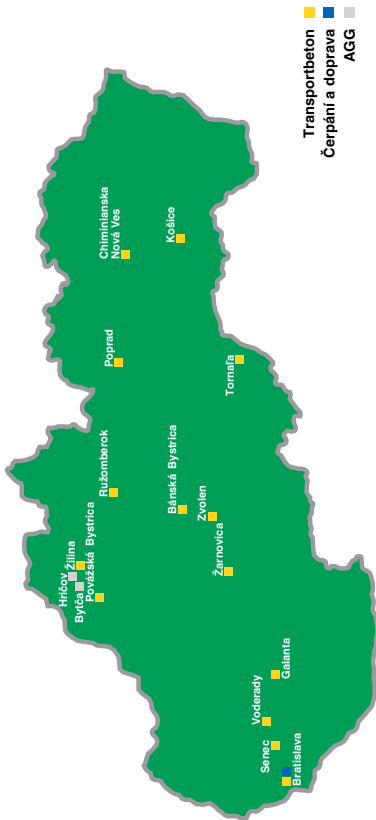


**ČESKOMORAVSKÝ  
BETON**  
HEIDELBERGCEMENT Group





## Mapa provozů Slovenská republika



## POZNÁMKY



