

# Příručka nejen o betonu



**ZAPA beton a.s.**  
**Praha 2010**

## Obsah

Úvod .....	3
Předpisy a normy platné pro výrobu betonu.....	3
Složky pro výrobu betonu.....	12
Výroba betonu .....	17
Kontrola výroby betonu .....	17
Použitá a doporučená literatura .....	19

## Úvod

S materiály na bázi hydraulických pojiv se setkáváme již od starověku. Jednalo se zejména o směsi vápna a rozdrčených cihel nebo sopečného tufu.

Od počátku 19. století byla rozvíjena výroba tzv. Portlandského cementu, jehož název vyplýval z toho, že cement svou pevností a šedou barvou připomínal oblíbený portlandský vápenec.

S rozvojem výroby hydraulických pojiv se vyvíjí i použití betonu, který umožňuje plnit nové, do té doby těžko řešitelné úkoly. V první polovině 19. století se jedná o vodní stavby všeho druhu a zakládání objektů v oblastech se spodní vodou. Ojedinele se začínají objevovat i další stavby, jako jsou obytné vily, dělnické domy, hospodářské budovy a mosty. Dalším významným mezníkem bylo propracování způsobu vyztužování betonu a rozvoj železobetonu. Od roku 1900 dochází k zásadnímu ústupu nedůvěry odborníků i veřejnosti k železobetonu a k jeho prudkému rozvoji.

## Předpisy a normy platné pro výrobu betonu

Z hlediska legislativních požadavků můžeme výrobky rozdělit do dvou skupin:

- 1) Nestanovené výrobky
- 2) Stanovené výrobky podle zákona č. 22/1997 Sb.

Ad 1) Jedná se v podstatě o všechny výrobky, které nejsou uvedené v příslušných nařízeních vlády vztahujících se k zákonu č. 22/1997 Sb. Dá se říci, že není jednotný právní názor jakým způsobem dokládat kvalitu těchto výrobků. Pro tyto výrobky je v případě potřeby vydáváno **Prohlášení výrobce** s odkazem na zákon č. 102/2001 Sb. o obecné bezpečnosti výrobků. Jedná se o následující výrobky:

- beton C-15 X0, C-17,5 X0, C8/10 X0 podle ČSN EN 206-1
- beton B12,5 podle TN SVB ČR 01-2004
- cementové potěry (potěrové betony) CP5, CP7,5, CP10, CP12,5, CP15, CP20, CP25, CP30, CP35, CP37 podle PN 03/2005
- směsi stmelené popílkem C<sub>1,5/2,0</sub>, C<sub>3/4</sub>, C<sub>6/8</sub>, C<sub>9/12</sub> podle ČSN EN 14 227-3
- mezerovitý beton MCB podle ČSN 73 6124-1

Ad 2) V roce 1997 vstoupil v platnost **zákon č. 22/1997 Sb.**, který upravuje:

- a) *“způsob stanovování technických požadavků na výrobky ( tzv. stanovené výrobky ), které by mohly ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo přírodní prostředí“*
- b) *„ práva a povinnosti osob, které uvádějí tyto výrobky na trh“.*

Z tohoto zákona vyplývá povinnost výrobců „uvést na trh výrobky jen po posouzení shody jejich vlastností s požadavky na bezpečnost stanovených tímto zákonem a technickými předpisy“.

Tento zákon doplňují nařízení vlády platná vždy pro určitý obor. Pro stavební výrobky je to v současné době platné **nařízení vlády č. 163/2002 sb. ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb.**, které uvádí mimo jiné následující skupiny výrobků:

- „*beton pevnostních tříd C12/15 ( B15 ) a vyšší*“,
- „*lehký beton pro nosné konstrukce*“

Jako postup posuzování shody pro beton je stanovena certifikace systému řízení výroby podle § 6 (případně je možné postupovat podle § 5 – certifikace výrobku). V tom případě musí tzv. autorizovaná osoba ( např. TZÚS, STAVCERT, QUALIFORM ) prověřit systém řízení výroby a vydat certifikát. Na základě dokladů vydaných autorizovanou osobou potom výrobce vydává **prohlášení o shodě**.

Na výrobky vyráběné podle tzv. harmonizovaných norem (jedná o převzaté evropské normy s přílohou ZA uvádějící systém prokazování shody) se vztahuje nařízení vlády č. 190/2002 Sb. a je na ně vydáváno evropské prohlášení o shodě (výrobky se označují CE, jedná se např. o zdící malty).

Technickými předpisy ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb. jsou **České technické normy**. „*Norma je dokument vytvořený podle tohoto zákona a označený písemným označením ČSN. Poskytuje pro obecné a opakované používání pravidla, směrnice nebo charakteristiky činností nebo jejich výsledků zaměřené na dosažení optimálního stupně uspořádání ve vymezených souvislostech*“.

## **ČSN EN 206-1: Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda ( ČSN 73 2403 )**

„*Tato norma platí pro betony 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. Tato norma předepisuje požadavky pro:*

- *složky betonu,*
- *vlastnosti čerstvého a ztvrdlého betonu a jejich ověřování,*
- *mezní hodnoty složení betonu*
- *specifikaci betonu*
- *dodávání čerstvého betonu*
- *postupy řízení výroby*
- *kritéria shody a hodnocení shody*“.

Požadavky na činnosti prováděné na stavbě ( jedná se zejména o přejímání, bednění, ukládání, ošetřování a kontrolu ), které byly ve výše zmiňovaných normách také uvedeny, tato norma neobsahuje. V návaznosti na ČSN EN 206-1 jsou tyto požadavky uvedeny v **ČSN P ENV 13670-1: Provádění betonových konstrukcí – Část 1: Společná ustanovení**.

**Tabulka 1 – porovnání pevnostních tříd betonu**

ČSN 73 1201-67	ČSN 73 2001-70	ČSN 73 2400	TN SVB ČR 01-2004	ČSN P ENV 206	ČSN EN 206-1, včetně změny Z3
0I	60	( B3,5 )			
	80	B5	B5		<b>C-/5</b>
0	105	B7,5	B7,5		<b>C-/7,5</b>
I	135	B10	B10		<b>C8/10</b>
		B12,5	B12,5		
II	170	( B13,5 )			
		B15	B15	C12/15	<b>C12/15</b>
III	250	B20	B20	C16/20	<b>C16/20</b>
		B25	B25	C20/25	<b>C20/25</b>
IV	330	( B28 )			
		B30	B30	C25/30	<b>C25/30</b>
	400	B35	B35		
				C30/37	<b>C30/37</b>
V		B40	B40		
	500	B45	B45	C35/45	<b>C35/45</b>
VI		B50		C40/50	<b>C40/50</b>
	600	B55		C45/55	<b>C45/55</b>
		B60		C50/60	<b>C50/60</b>
					<b>C55/67</b>
					<b>C60/75</b>
					<b>C70/85</b>
					<b>C80/95</b>
					<b>C90/105</b>
					<b>C100/115</b>

ČSN 73 1201-67, ČSN 73 2001-70, ČSN 73 2400: již neplatné normy

ČSN 73 2400: třídy uvedené v závorkách jsou informativní

ČSN EN 206-1: od třídy C55/67 se jedná o vysokopevnostní betony

V dubnu 2008 vstoupila v platnost **Změna Z3** výše uvedené normy. Z hlediska komunikace s odběratelem jsou podstatné následující skutečnosti:

- změna zavádí pevnostní třídy C-/5 a C-/7,5
- původní přílohu F.1 (doporučené mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu) rozděluje a rozšiřuje na :
  - o tabulku NA.F.1 – Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu platné v České republice (předpokládaná životnost 50 let)
  - o tabulku F.2 - Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu platné v ČR pro dopravní a jiné významné stavby (předpokládaná životnost 100 let)
  - o tabulku F.3 - Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu v prostředí s pohyblivým mechanickým zatížením (obrusem)

Běžné typové receptury splňují požadavky NA.F.1, případně F.3. Ve smyslu Změny Z3 jsou také označovány na dodacích listech, např:

**C25/30 XF2 (CZ,F.1) CI 0,20 D<sub>max</sub> 22 S3**

kde XF2 je stupeň vlivu prostředí

CI 0,2 je kategorie obsahu chloridů

D<sub>max</sub>22 je velikost maximální frakce kameniva v mm,

S3 je stupeň konzistence

**Tabulka 2 – doporučený převod zvláštních nároků pevnostních tříd na stupeň vlivu prostředí**

TN SVB ČR 01-2004 (ČSN 73 2400)		ČSN EN 206-1						
pevnostní třída	zvláštní nároky	pevnostní třída	stupeň vlivu prostředí					
			bez nebezpečí koroze	koroze způsobená karbonatací	koroze způsobená chloridy	působení mrazu a rozmraz.	chemicky agresivní prostředí	obrus
B5	obyčejný	C-/5	X0	-	-	-	-	-
B7,5	obyčejný	C-/7,5	X0	-	-	-	-	-
B10	obyčejný	<b>C8/10</b>	X0	-	-	-	-	-
B12,5 B15	obyčejný	<b>C12/15</b>	X0	-	-	-	-	-
B20	obyčejný	<b>C16/20</b>	X0	XC1	-	-	-	-
	V4	<b>C20/25</b>	-	XC3	-	-	-	-
B25	obyčejný		X0	XC1-3	-	-	-	-
	V4		-	XC3	-	-	-	-
B30	V8	<b>C25/30</b>	-	XC3-4	-	-	-	-
	obyčejný		X0	XC1-4	-	-	-	-
	V4		-	XC2-4	XD1-2	-	XA1-2	-
	V8		-	XC3-4	XD1-2	-	XA1-2	-
B35 B40	T50,T100	<b>C30/37</b>	-	-	-	XF1-3	-	-
	obyčejný		X0	XC1-4	-	-	-	XM1-2
	V4		-	XC2-4	XD1-3	-	XA1-2	XM1-2
	V8		-	XC3-4	XD1-3	-	XA1-3	XM1-2
B45	T50,T100	<b>C35/45</b>	-	-	-	XF1-4	-	XM1-2
	obyčejný		X0	XC1-4	-	-	-	XM1-3
	V4		-	XC2-4	XD1-3	-	XA1-3	XM1-3
	V8		-	XC3-4	XD1-3	-	XA1-3	XM1-3
B45	T50,T100	<b>C35/45</b>	-	-	-	XF1-4	-	XM1-3
	obyčejný		X0	XC1-4	-	-	-	XM1-3

Poznámka: vlastnosti ztvrdlého betonu jsou ověřovány kontrolními zkouškami krychelné pevnosti v tlaku a dále ve smyslu změny Z3 ČSN EN 206-1 (platné od dubna 2008) kontrolními zkouškami hloubky průsaku tlakovou vodou podle ČSN EN 12390-8 a odolnosti povrchu betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek podle ČSN 73 1326. Požadované hodnoty uvádí tabulky NA.F.1 a F.3 změny Z3. Tabulka F.2 potom uvádí náročnější požadavky pro stavby s předpokládanou životností 100 let.

## PN 03/2005: Cementový potěr (potěrový beton)

Podle této podnikové normy jsou vyráběny cementové potěry s označením **CP**. I když se jedná velmi rozšířené materiály je z hlediska jejich označování, platných předpisů a prokazování shody situace značně nepřehledná. Následující text uvádí přehled situace zpracovaný v únoru 2008 a aktualizovaný k současnému datu.

Na betonárnách jsou běžně vyráběny čerstvé cementové potěry (cementové malty, pískové betony, cementové mazaniny, atd.). Pro jejich výrobu jsou používány stejné složky jako pro výrobu betonu, neobsahují pouze frakce hrubého kameniva (prakticky jediné z tohoto důvodu nemohou být vyráběny a označovány podle norem pro beton (viz ČSN EN 206-1, definice 3.1.1 – *beton: materiál ze směsi cementu, hrubého a drobného kameniva,.....*). Změna ČSN EN 206-1 Z3 uvádí pouze čl. 5.3.6 *Cementová malta (jemnozrnný beton s  $D_{max}$  4 mm) pro zmonolitnění prefabrikátů. Obsah cementu třídy alespoň 32,5 musí být alespoň 400 kg/m<sup>3</sup>.*

Potěry jsou používány pro nejrůznější vnější i vnitřní použití (zásypy, podkladní vrstvy, vyrovnávací vrstvy podlah, lože pro dlažbu a obrubníky, alternativně pro najíždění čerpadel, atd.). Označování potěrů je velmi nejednotné a různé společnosti používají různé normy a předpisy.

Nejčastějším druhem reklamace u potěrů je jejich nedostatečná soudržnost, zejména z důvodu nedostatečného zhutnění vzhledem ke konzistenci (týká se suchých směsí až konzistence S2), případně z důvodu dlouhé doby zpracování. Z těchto důvodů je v cenících ZAPA a dalších dokumentech uváděno, že výrobce neručí za kvalitu po zpracování. Pro potěry byl také vydán technický list s uvedením těchto skutečností.

Označování cementových potěrů (mazanin) podle obsahu pojiva (např. P300) je výhodné pro výrobce (ručí pouze za složení a nedeklaruje konečné parametry), ale může být problematické pro odběratele, protože při stejném označení může dostat směs s naprosto rozdílnými parametry (je deklarováno pouze množství, ale ne druh pojiva, resp. Třída cementu).

Cementové potěry nejsou uvedeny v Seznamu výrobků s vyznačením postupů posouzení shody, který je přílohou k nařízení vlády č. 163/2002 Sb.

Jedině u potěrů podle ČSN EN 13813 je možné (nutné) posouzení shody provádět ve smyslu nařízení vlády č. 190/2002, protože norma je harmonizovaná a obsahuje přílohu ZA. Pro tyto výrobky s označením CE je potom nutné vydávat ES prohlášení o shodě.

### ČSN EN 13813 (72 2481) Potěrové materiály a podlahové potěry – Potěrové materiály – Vlastnosti a požadavky

Základní údaje:

- Norma je platná od listopadu 2003
- Předmět normy: „*určuje požadavky na potěrová materiály určené k použití ve vnitřních stavebních podlahových konstrukcích*“
- Platí pro potěry s různými druhy pojiv, cementové potěrové materiály se označují CT
- U cementových potěrů se ověřuje pevnost v tlaku a v tahu za ohybu, v případě určení pro povrchy odolné otěrům je nutné provádět jednu ze tří uvedených zkoušek odolnosti
- Pevnost se zkouší na trámečcích 160 x 40 x 40 mm uložených ve vlhkém prostředí (ne vodní uložení !) po 28 dnech
- Norma nestanovuje přesnou četnost kontrolních zkoušek

Z popisu normy je patrné, že i když se jmenuje „*Potěrové materiály a podlahové potěry...*“ řeší **pouze** materiály pro vnitřní podlahové konstrukce. V případě výroby potěrů podle této normy na betonárně by tedy bylo nutné (potřebné) vyrábět další skupinu potěrů pro vnější použití (obecně může být vnímáno, že materiály určené pouze pro vnitřní použití jsou z hlediska trvanlivosti méně odolné než materiály pro venkovní použití). Toto

rozdělování by mohlo přinášet problémy ve vztahu k odběratelům, protože velké množství potěrů je vyráběno v suché nebo zavlhlé konzistenci a dopravováno externími dopravci (z hlediska objednávky vstupuje dopravce mezi výrobce a objednatele–zpracovatele a velmi často „neví co chce“).

Z dostupných podkladů stavebních materiálů je patrné, že norma je využívána zejména pro suché, balené materiály nebo anhydritové potěry podle ČSN EN 13813.

## **ČSN EN 998-2: Specifikace malt pro zdivo – Část 2: Malty pro zdění**

*„Tato norma určuje požadavky na průmyslově vyráběné malty pro zdění (pro ukládání, spojování a spárování), pro používání ve zděných stěnách, pilířích a příčkách (např. lícové a omítané zdivo, zatížené a nezatížené zděné konstrukce pro stavby a stavebnictví)“.*

Podle této normy jsou na betonárnách vyráběny čerstvé zdící malty tříd **M2,5, M 5 a M10**. Jsou vyráběny z cementu, popílku, drobného kameniva (0/4) a přísad s kombinovanou funkcí (provzdušňovací a zpomalovací). Pro zdící malty je vydán technický list a CE prohlášení o shodě.

## **ČSN EN 14487-1: Stříkaný beton – Část 1: Definice, specifikace a shoda**

*„Tato norma platí pro stříkaný beton používaný pro opravu a modernizaci konstrukcí, pro nové konstrukce a zpevnování terénu.“*

Stříkané betony se v zásadě označují podle ČSN EN 206-1, tj. pevnostní třídou, stupněm vlivu prostředí a maximální frakcí kameniva, zpravidla se vyrábějí s frakcí do 8 mm. Stříkané betony jsou aplikovány dvěma základními způsoby:

**Suchou cestou:** z betonárny je dodávána suchá směs (vlhkost kameniva by neměla přesahovat 6 %), v trysce stříkacího stroje se směs mísí s vodou a urychlovačem.

**Mokrou cestou:** z betonárny je dodávána tekutá směs se superplastifikační přísadou, v trysce stříkacího stroje se směs mísí pouze s urychlovačem.

U stříkaných betonů je důležitým parametrem nárůst pevnosti mladého betonu (tj. pevnosti do 24 hodin od nastříkání), třídy rané pevnosti se označují J1, J2 a J3. Tyto třídy tedy výrazně ovlivňují dávky cementu ve stříkaném betonu (kromě požadované konečné pevnosti). Výroba stříkaných betonů (zejména mokrou cestou) vyžaduje úzkou spolupráci s odběratelem, zejména z důvodu kompatibility použitých přísad (superplastifikátoru na betonárně a urychlovače na stavbě) a při provádění průkazních zkoušek.

## **ČSN EN 1536: Provádění speciálních geotechnických prací – vrtané piloty**

**( ČSN 73 1031 )**

## **ČSN EN 1538: Provádění speciálních geotechnických prací – podzemní stěny**

**( ČSN 73 1061 )**

Tyto normy uvádějí doplňkové údaje zejména z hlediska složení ( minimální obsah cementu, max. vodní součinitel, minimální podíl jemné frakce pod 0,125 mm ) a vlastností čerstvého betonu ( zejména konzistence ) pro piloty a podzemní stěny. Uvedené údaje jsou dobrým příkladem nutnosti přesné specifikace betonu odběratelem, protože běžné typové receptury na betonárnách nemusí výše uvedené požadavky splňovat a je nutno je řešit individuálně.

## **Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, kapitola 18. Beton pro konstrukce ( TKP 18)**

Tento předpis je platný ve znění ze srpna 2005 vydaném Ministerstvem dopravy a spojů. Z hlediska betonu vychází zejména z ČSN EN 206-1. Obsahuje velké množství zpřísňujících požadavků na vybavení a provoz betonáren, složení betonů, kontrolu, atd. Přílohou TKP 18 je metodický pokyn pro provádění průkazných zkoušek konstrukčních betonů tříd C12/15 a vyšších. Velmi závažná jsou také ustanovení ohledně zadání průkazných zkoušek, která uvádějí povinnosti a vztahy mezi:

- objednatelem stavby ( ŘSD ČR )
- zhotovitelem betonové konstrukce
- výrobcem betonu
- zpracovatelem průkazných zkoušek.

Podobným předpisem jako TKP 18 jsou **Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah, kapitola 17. Beton pro konstrukce.**

## **ČSN EN 13877-2: Cementobetonové kryty Část 2: Funkční požadavky**

**(ČSN 73 6150)**

**(související normy: ČSN EN 13877-1 Část 1: Materiály, ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek – Cementobetonové kryty Část 1: Provádění a kontrola shody)**

*„Tato evropská norma platí pro cementobetonové kryty betonované na místě a hutněné vibrací. Zabývá se rovněž podkladním betonem a kryty na mostech. Je určena pro cementobetonové kryty silnic, dálnic a letišť, chodníků, cyklistických stezek, skladovacích ploch, všeobecně všech cementobetonových krytů zatěžovaných dopravou.*

Tato norma nahradila původní ČSN 73 6123: Cementobetonové kryty, podle které byly CB označovány: CB L (pro letiště), CB I (dálnice a rychlostní komunikace), CB II až CB IV (ostatní silnice až parkoviště).

Současné rozdělení je následující:

**CB I:** letištní dráhy a plochy, dálnice, rychlostní silnice, rychlostní místní komunikace, silnice I. Třídy

**CB II:** silnice II. A III. Třídy, sběrné místní komunikace, obslužné místní komunikace, odstavné parkovací plochy

**CB III:** obslužné místní komunikace, odstavné a parkovací plochy, dočasné komunikace a účelové komunikace

Norma předepisuje zpřísnující požadavky na kamenivo a cement, ale i parametry ztvrdlého betonu. Jako alternativu lze použít betony vyhovující stupni agresivity prostředí XF4 s minimální pevnostní třídou C30/37.

### **ČSN 73 6124-1: Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 1: Provádění a kontrola shody**

*„Tato norma stanovuje požadavky na provádění a kontrolu konstrukčních vrstev pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch ze směsí stmelených hydraulickými pojivy vyrobených podle ČSN EN 14227-1, 2, 3, 5 nebo za určitých podmínek podle ČSN EN 14227-10, 12, 13 a 14.“*

Vydání této normy v březnu 2008 poměrně značně zkomplikovalo požadavky na směsi vyráběné do té doby pod označením **KSC I** a **KSC II** (kamenivo stmelené cementem) podle ČSN 73 6124 a **SC I** a **SC II** (cementové stabilizace I. A II. třídy) podle ČSN 73 6125. jedná se o směsi kameniva, cementu a popílku, dodávané v zavhlhlém stavu a určené zejména pro zpracování válcováním do podkladních vrstev komunikací.

Od roku 2009 jsou v běžném sortimenty tyto směsi označovány podle **ČSN EN 14 227-3 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 3: Směsi stmelené popílkem** (toto označení znamená, že popílek není součástí cementu, hydraulickým pojivem ve směsi je samozřejmě cement). V souladu s přílohou A1, tabulka A.1 – Přirazení původních názvů technologií ke třídám pevnosti je nové značení směsí následující:

KSC I	<b>C<sub>9/12</sub></b>
KSC II	<b>C<sub>6/8</sub></b>
SC I	<b>C<sub>3/4</sub></b>
SC II	<b>C<sub>1,5/2,0</sub></b>

### **ČSN 73 6124-2: Stavba vozovek – Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy – Část 2: Mezerovitý beton**

*„Tato norma stanovuje požadavky na provádění a kontrolu drenážních vrstev a výplní při výstavbě pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch z mezerovitého betonu.“*

Mezerovitý beton je vyráběn pod označením **MCB**. Je možné se setkat také s názvem „drenážní beton“.

*„Mezerovitý beton je vrstva vytvořená ze stejnozrnného cementového betonu s velkým objemem mezer vyrobeného z frakcí hrubého kameniva, drobného*

kameniva, cementu, vody a případně přísad; kostru tvoří frakce hrubého kameniva, drobné kamenivo, cement, voda a přísady tvoří maltu pro obalení a spojení jednotlivých zrn kostry z hrubého kameniva“.

## **ČSN 73 6126-1: Stavba vozovek - Nestmelené vrstvy – Část 1: Provádění a kontrola shody**

*„Tato norma stanovuje požadavky na provádění a kontrolu konstrukčních vrstev pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch z nestmelených směsí vyrobených podle ČSN EN 13285.“*

Podle této normy lze na betonárnách v zásadě vyrábět **MZK** (mechanicky zpevněné kamenivo – minerální beton). Problémem je nutnost použití drobné **drcené** frakce kameniva, která se pro výrobu betonu nepoužívá. Vhodnější je výroba na speciálních zařízeních umístěných na staveništi případně ve výrobně drceného kameniva (v lomu). V případě výroby se MZK dodává ve vlhkém stavu vhodném pro dosažení maximálního zhutnění na stavbě.

## **ČSN 73 6127-1,4: Stavba vozovek – Prolévané vrstvy – Část 1: Vrstva ze štěrku částečně vyplněného cementovou maltou Část 4: Kamenivo zpevněné popílkovou suspenzí**

*„Tyto normy stanovují požadavky na provádění a kontrolu konstrukčních vrstev pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch ze štěrku částečně vyplněného cementovou maltou (ŠCM) a z kameniva zpevněného popílkovou suspenzí (KAPS).“*

Podle této normy lze na betonárnách v zásadě vyrábět cementové malty nebo popílkové suspenze použitelné k prolévání kamenných koster výše uvedených technologií. Z důvodu minimálních požadavků odběratelů nejsou uvedeny v běžném sortimentu (kromě směsí KAPS na Moravě), případné požadavky je nutno řešit individuálně.

## **Složky pro výrobu betonu**

### **Cement**

Cement je hydraulická maltovina (tzn. maltovina schopná tvrdnutí pod vodou) vznikající pálením vhodných surovin (vápence a jílu) při teplotách kolem 1450 °C. K vzniklému „portlandskému slínku“ se přidávají další korekční suroviny a příměsi (sádrovec, struska, popílek, atd. podle druhu požadovaného cementu) a směs se mele na jemný prášek.

V současné době je cement vyráběn podle **ČSN EN 197-1 (72 2101) Cement-Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití** platné od června 2001. Základní druhy cementů jsou:

<b>CEM I</b>	<b>Portlandský cement</b>
<b>CEM II</b>	<b>Portlandský cement směsný</b>
<b>CEM III</b>	<b>Vysokopecní cement</b>
<b>CEM IV</b>	<b>Pucolánový cement</b>
<b>CEM V</b>	<b>Směsný cement</b>

Další dělení druhů cementu dle obsahu hlavních a doplňujících složek uvádí tabulka 1 výše uvedené normy.

Změna oproti původní normě, která platila souběžně do 31.3.2002 je v označování cementů s normálními počátečními pevnostmi. Například dříve označený CEM II/B-S 32,5 je dle nové normy CEM II/B-S 32,5 **N**. Značení cementů s vysokými počátečními pevnostmi je stejné (např. CEM I 42,5 **R**).

Pevnostní třídy cementu uvedené v této normě jsou :

32,5

42,5

52,5

chybí třída 22,5 uváděná dříve v národním dodatku.

Síranovzdorné cementy jsou v současné době v ČR vyráběny podle ČSN 72 2103 platné od července 2002. Má se zato, že cementy síranovzdorné vzhledem ke svému záměrně zvolenému složení, mají dlouhodobou odolnost v chemicky agresivních prostředích zahrnutých v tabulce F.1 ČSN EN 206-1. Cementy jsou označovány zkratkou SV, např. **CEM III SV 32,5 R**.

Síranovzdorné cementy jsou ovšem nadále vyráběny a označovány podle podnikových norem, např. **CEM III/A 32,5 R – svc** z cementárny Mokrá.

Dalším příkladem speciálního cementu vyráběného dle podnikové normy může být **silniční portlandský cement SC 7**.

Starší označení druhů (např. SPC, PC, VPC) a tříd cementů (např. 250, 325, 425) již není vhodné používat.

Obecně platí, že čím je vyšší pevnostní třída cementu a čím méně obsahuje příměsí, tím rychleji probíhá jeho tvrdnutí a tuhnutí a cement je vhodný např. do konstrukcí s požadavky na krátké odbedňovací lhůty nebo pro zimní betonáže. Naopak cementy nižších tříd s vysokým obsahem příměsí tuhnou a tvrdnou pomaleji a jsou vhodné např. pro masivní konstrukce nebo do chemicky agresivního prostředí.

*Současná výroba cementu je stále více environmentálně i energeticky náročnější a je rovněž zatížena povinností snižovat emise skleníkových plynů z výpalu slínku. Z těchto důvodů probíhá trend omezování výroby a používání portlandských cementů ( s vysokým obsahem slínku) a naopak prosazování směsných cementů (obsahujících jako hlavní složky zejména vysokopecní strusku, vápenec a popílek, např. CEM II/A-M 42,5R z Čížkovic).*

## Kamenivo

Pro kamenivo do betonu platí od listopadu 2008 **ČSN EN 12620+A1: Kamenivo do betonu.**

Kamenivo se dělí do následujících skupin:

Podle velikosti částic:

- **drobné kamenivo** (písek) – nejčastěji jsou používány frakce 0/2 a 0/4 (frakce udává rozmezí velikosti částic v mm )
- **hrubé kamenivo** – nejčastěji frakce 4/8, 8/16, 11/ 22, 16/22
- široké frakce (např. 0/22, 0/32 jsou označovány jako **štěrkopísek** nebo **štěrkodrt'**, jejich použití do betonu není v zásadě možné)

Podle druhu:

- **těžené**
- **těžené předrcené**
- **drcené**

Podle původu:

- **umělé** (nejčastěji lehčené a pórovité kamenivo, např. Liapor, dřive keramzit)
- **přírodní**

Poměrně zásadní změnou oproti předchozím normám (zejména ČSN 72 1512) je, že výroková norma na kamenivo neurčuje požadované parametry. Ty jsou nově uvedeny v tabulce F.2 změny Z3 podle jednotlivých stupňů vlivu prostředí.

Při běžné výrobě je pro odběratele betonu rozhodující zejména maximální frakce použitého kameniva v závislosti na typu konstrukce a způsobu zpracování (tenkostěnné nebo masivní konstrukce, vyrovnávací potěrové vrstvy, hustota výztuže, způsob vibrace).

U staveb pozemních komunikací podle TKP 18 je kladen zvláštní důraz na **odolnost kameniva proti alkalicko křemičité reakci.**

Porušení betonu v důsledku reakce alkálií s kamenivem v betonu bylo poprvé popsáno v USA ( Kalifornii ) v roce 1940, kde se objevily trhliny na betonovém krytu dálnice. Tento způsob porušení betonu se následně objevil v celé řadě zemí po celém světě. Zmiňovaný problém postihuje zejména konstrukce mostů, přehrad a hrází, vozovek apod. Této problematice je věnován rozsáhlý výzkum a jsou pravidelně pořádány mezinárodní konference.

V bývalém Československu nebyla tomuto tématu věnována patřičná pozornost, přestože byly k dispozici určité varující výsledky, zejména chemických zkoušek kameniva.

V České republice byl první případ porušení betonu v důsledku alkalické reakce zaznamenán v roce 1998 ( betonový kryt dálnice D11 ). Od této doby je tomuto problému věnována intenzivní pozornost, hlavně ze strany Ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD ČR).

Podstatou porušení betonu je průběh složitých fyzikálně chemických reakcí mezi částicemi reaktivního oxidu křemičitého (  $\text{SiO}_2$  ) obsaženého v kamenivu a alkalickými roztoky obsaženými ve struktuře betonu. Produktem těchto reakcí je neomezeně bobtnající alkalicko-křemičitý gel ( bobtnání je vstup kapaliny do pevné látky nebo gelu ). V důsledku toho dochází k objemovým změnám betonu, postupným změnám fyzikálních vlastností betonu ( snížení pevnosti v tlaku i tahu, snížení modulu pružnosti ). Může dojít až naprosté destrukci betonové konstrukce. Doba nezbytná pro podstatné porušení konstrukcí závisí na řadě faktorů, zejména na obsahu alkálií, množství a druhu reaktivního kameniva. Nezbytnou podmínkou průběhu reakcí je také přísun

vlhkosti do betonu. Ze zahraničních pozorování vyplývá, že vznik trhlin je obvykle pozorovatelný ve stáří betonu 1 až 5 let.

Z předcházejícího popisu vyplývá, že průběh škodlivých reakcí je z hlediska použitých materiálů závislý na celkovém obsahu alkálií, které jsou do betonu vnášeny všemi jeho složkami (cement, kamenivo, přísady a příměsi a voda) a na obsahu kameniva náchylnému k těmto reakcím.

## Voda

Voda používaná pro výrobu betonu musí v současné době vyhovovat požadavkům **ČSN EN 1008 ( 73 2028 )**: **Záměsová voda do betonu – Specifikace pro odběr vzorků, zkoušení a posouzení vhodnosti vody, včetně vody získané při recyklaci v betonárně, jako záměsové vody do betonu.**

*„Jakost záměsové vody při výrobě betonu může ovlivnit dobu tuhnutí, vývoj pevnosti betonu a ochranu výztuže proti korozi“.* Pokud je používána pitná voda považuje se za vyhovující.

## Příměsi

Jako příměsi do betonu se označují jemnozrnné pevné látky, které ovlivňují vlastnosti betonu v čerstvém i ztvrdlém stavu. U čerstvého betonu se jedná zejména o konzistenci a zpracovatelnost a u ztvrdlého betonu o pevnost, hutnost, trvanlivost, odolnost proti chemicky agresivnímu prostředí, atd. Jedná se zejména o mletou strusku, vápenec, kamenné moučky a popílek.

Využíván je černouhelný nebo hnědouhelný popílek z elektrostatických odlučovačů tepelných elektráren a tepláren. Podmínkou tohoto využití je, aby vyhovoval **ČSN EN 450-1+A1 ( 72 2064 )**: **Popílek do betonu. Část 1: Definice, specifikace a kritéria shody.**

Hlavním důvodem používání popílků je nesporně ekonomický přínos, nezanedbatelný je ovšem i pozitivní vliv na vlastnosti betonu:

- zlepšení čerpatelnosti a zpracovatelnosti betonu
- zpomalení tuhnutí a tvrdnutí betonu, zpomalení vývoje hydratačního tepla (vhodné pro masivní konstrukce)
- zvýšení odolnosti ztvrdlého betonu proti chemicky agresivnímu prostředí

Obecně není vhodné používat popílek do provzdušněných betonů.

Výjimečně jsou používány tzv. **expanzní příměsi** (někdy též přísady), zabraňující smršťování betonu v průběhu jeho tvrdnutí, při kvalitním ošetřování (udržování betonu ve vlhku) může dojít i k mírné expanzi (rozepnutí) betonu. Obvyklým důvodem použití těchto příměsí je zabránění vzniku smršťovacích trhlin, často při dobetonování různých částí konstrukcí.

## Přísady

Obecným účelem dávkování přísad je zlepšení vlastností čerstvého nebo ztvrdlého betonu nebo získání zcela nových vlastností ( např. provzdušněné nebo samozhutnitelné betony ). Nejrozšířenější oblastí je používání plastifikačních, případně superplastifikačních přísad, umožňující snížení obsahu záměsové vody a tím úsporu cementu. Dávkování přísad se liší podle požadavků, typu, účinnosti, atd.,

mělo by být ověřeno průkazní zkouškou. Podle platné ČSN by nemělo být vyšší než 5 % hmotnostních z obsahu cementu.

Poznámka: důležitým parametrem složení betonu je **vodní součinitel,  $v/c$  = množství vody / množství cementu**. Při dané konzistenci má beton s nižším vodním součinitelem vyšší pevnost a vyšší trvanlivost, viz. požadavky na maximální  $v/c$  v ČSN P ENV 206 a ČSN EN 206-1. Z uvedeného vyplývá také velmi negativní vliv na beton zvýšením  $v/c$  při nedodržení požadované konzistence na betonárně případně ředění betonu vodou na stavbě.

Pro přísady do betonu platí v současné době řada evropských norem **ČSN EN 934 (72 2326): Přísady do betonu, malty a injektážní malty**.

Jak již bylo uvedeno, patrně nejrozšířenější je používání plastifikačních přísad na bázi lignosulfonanu s mírným zpomalujícím účinkem.

V současné době je velmi intenzivně rozvíjena oblast tzv. „hyperplastifikátorů“ na bázi polykarboxylátů původně používaných zejména pro výrobu **samozhutitelných** betonů (zkratka z angličtiny SCC = self compacting concrete, u nás někdy SZB). Tyto přísady ovšem postupně nahrazují běžné superplastifikátory např. na bázi naftalensulfonátu nebo melaminu.

Přísady na bázi polykarboxylátů jsou odmítány některými firmami provádějícími průmyslové podlahy, zejména u podlah se vsypem, z důvodu poněkud odlišného chování čerstvého betonu (velmi nízké odlučování vody na povrchu betonu, „houpání“ při leštění, atd.)

Samozhutitelné betony jsou vysoce tekuté betony určené zejména pro složité, tenkostěnné konstrukce s hustou výztuží, kde není možné beton zpracovat klasickou vibrací. SCC beton obsahuje výrazně vyšší podíl jemných částic (cement, popílek, drobné kamenivo), nejčastěji se používá s maximální frakcí do 8 a 16 mm. Z těchto důvodů je také vhodný pro konstrukce s požadavky na pohledovost. Výroba SCC vyžaduje zvýšené požadavky na rovnoměrnou kvalitu vstupních složek a kontrolu čerstvého betonu. Z hlediska norem a předpisů nejsou požadavky na výrobu SCC ještě dostatečně propracovány.

## Vlákna, drátky

Další materiály, které mohou být v případě požadavku používány při výrobě betonu jsou zejména **polypropylénová vlákna a ocelové drátky**.

Polypropylénová vlákna (nejčastěji délky 12 mm) zabraňují vzniku smršťovacích trhlin v raném stadiu tuhnutí a tvrdnutí betonu. Po ztvrdnutí betonu jeho vlastnosti již prakticky neovlivňují. Nejčastěji se používají u jemnozrnných potěrů a vodotěsných betonů. Dávkování se pohybuje v rozmezí 0,6 až 0,9 kg/m<sup>3</sup>. Vlákna jsou dodávána v rozpustných sáčkích a dávkuje se nejčastěji do autodomíchávače.

Ocelové drátky (tzv. rozptýlená výztuž) se používají nejčastěji do průmyslových podlah. Zcela nebo částečně nahrazují klasické síťové výztuže a ve ztvrdlém betonu příznivě působí zejména na pevnost v tahu za ohybu. Dávkování se nejčastěji pohybuje v rozmezí 20 až 40 kg/m<sup>3</sup> a je možné buď do míchačky nebo autodomíchávače. Způsob a doba míchání má zásadní vliv na homogenitu **drátkobetonu** (negativním jevem je vznik tzv. „ježků“). Dávkování drátků je zpravidla nutné zohlednit v receptuře betonu (zvýšení dávky drobného kameniva, zejména u čerpatelných betonů).

Všechny výše uvedené složky betonu jsou na betonárnách kontrolovány podle Kontrolního a zkušebního plánu, který je souvisejícím dokumentem **Příručky jakosti**.

Na všechny uvedené složky betonu (kromě vody) se vztahují požadavky zákona č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky.

## Výroba betonu

Výroba betonu probíhá na betonárnách v míchacích centrech ( míchačkách ) jejichž úroveň může být velmi rozdílná. Při sjednávání zakázek na výrobu betonu je nutné zohlednit zejména:

- kapacitu betonárny, která je dána zejména velikostí míchačky a udává se hodinovým výkonem v m<sup>3</sup>,
- počet používaných frakcí kameniva,
- možnost použití popílku, případně více druhů cementu
- uzpůsobení betonárny pro zimní provoz
- celkový technický stav betonárny
- existence záložní betonárny

Veškeré procesy probíhající při výrobě na betonárnách jsou popsány v **Příručce jakosti a souvisejících dokumentech systému jakosti**.

Receptury jsou na betonárnách uloženy v dispečerském programu betonárny. Každá receptura je jednoznačně identifikována Kódem označování receptur ZAPA.

## Kontrola výroby betonu

Zkoušky čerstvého a ztvrdlého betonu prováděné běžně na betonárně uvádí tabulka 3, která je součástí Kontrolního a zkušebního plánu jednotlivých betonáren, který je zpracován podle požadavků ČSN EN 206-1.

Vyhodnocení zkoušek ztvrdlého betonu (zejména pevnosti betonu v tlaku) je odběratelům betonu dokládáno **Souhrnnými protokoly o výsledcích kontrolních zkoušek**, v kterých je hodnoceným obdobím kalendářní měsíc. Celková výroba na betonárně je hodnocena podle požadavků ČSN EN 206-1.

Zkoušky ztvrdlého betonu je možné také provádět na tělesech vyrobených z čerstvého betonu odebraného na stavbě, kde je ovšem nutné klást důraz na dodržování normových požadavků na způsob výroby a uložení těchto těles ( v praxi je dodržování těchto požadavků poměrně problematické ). Pro takto odebraná tělesa uvádí platné normy také způsob vyhodnocení.

Hodnocení betonu na základě odběru vzorků z konstrukce ( zejména jádrových vývrtů ) je již značně sporné. Tato problematika je uvedena ve Stanovisku Doc. Dohnálka zpracovanému pro ZAPA beton a.s v roce 2001.

V červnu 2007 vstoupila v platnost **ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích**. „*Tato norma uvádí způsoby pro stanovení pevnosti betonu v tlaku v konstrukci a v prefabrikovaných betonových dílcích. Zkoušení v konstrukci uvažuje vliv jak materiálů, tak i provádění (hutnění, ošetřování)*“. Norma zavádí „*poměr charakteristické pevnosti betonu v konstrukci k charakteristické pevnosti betonu normových těles*“ 0,85. Velmi zjednodušeně lze tedy říci, že hodnoty pevnosti zjištěné v konstrukci až o 15 % nižší než charakteristická pevnost jsou vyhovující.

Nedestruktivní zkoušky Schmidovým tvrdoměrem na konstrukcích je nutno považovat spíše za orientační, časté využití mají zejména v zimním období pro stanovení nárůstu pevnosti betonu v konstrukci a možnosti jeho odbednění.

**Použitá a doporučená literatura** ( kromě výše uvedených norem ):

Svaz výrobců betonu ČR : Za betonem do Evropy, Praha 1998

Svaz výrobců betonu ČR: Speciální betony, Praha 2001

Svaz výrobců betonu ČR: Betonárny a životní prostředí, Praha 1999

Seidlerová Irena, Dohnálek Jiří: Dějiny betonového stavitelství v českých zemích do konce 19. století, Praha 1999

Dohnálek Jiří: Stanovisko k posuzování a vyhodnocování kvality zatvrdlého betonu na tělesech vyjmutých z konstrukce, Praha, prosinec 2001

ZAPA beton a.s.: Dokumenty systému jakosti