

VADEMECUM: CEMENT + BETON



Lafarge Cement, a.s.
411 12 Čížkovice čp. 27
tel.: 416 577 111

 člen skupiny
LafargeHolcim



Latinské slovo *vademecum* znamená *průvodce* či *příručka*.
V přeneseném významu též něco, co jde stále s Vámi.
Naše „VADEMECUM: CEMENT + BETON“ je abstraktem
důležitých tabelárních částí základních cementářských
a betonářských norem. Klade si za cíl být průvodcem těmito
předpisy a být příručkou, abychom nemuseli vše nosit v hlavě.
Přeneseně něčím co jde stále s námi, s výrobcí stavebních hmot.

Doufáme, že Vám naše Vademecum bude takto sloužit.

Za tým obchodního oddělení
Lafarge Cement, a.s.
Ing. Tomáš Drašnar

ČSN EN 197-1 ed. 2

■ **Cementy pro obecné použití**

- Požadavky jsou specifikovány v normě ČSN EN 197-1 ed. 2 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
- Jedná se o nejčastěji používané druhy cementů
- Používají se pro výrobu většiny druhů betonů, malt a přípravků obsahujících cement

■ **Cementy pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem**

- Hydratační teplo cementů pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem nesmí být větší než charakteristická hodnota 270 J/g při stanovení podle EN 196-8 po sedmi dnech nebo při stanovení podle EN 196-9 po 41 hodinách
- Cementy pro obecné použití s nízkým hydratačním teplem se musí označit „LH“

■ **Síranovzdorné cementy pro obecné použití**

- Síranovzdorné cementy musí odpovídat dodatkovým chemickým požadavkům uvedeným v tabulce 5. Síranovzdorné cementy pro obecné použití se musí označit „SR“

Složky cementů pro obecné použití

■ **Hlavní složky**

- Portlandský slínek – označení „K“
 - Hlavní meziprodukt při výrobě cementu
 - Obsažen ve všech cementech pro obecné použití
- Granulovaná vysokopecní struska – označení „S“
- Pucolány
 - Přírodní křemičité nebo hlinito-křemičité látky
 - Přírodní pucolán – označení „P“
 - Přírodní kalcinovaný pucolán – označení „Q“

- Popílký
 - Dle chemického složení se dělí na
 - Křemičitý popílek (obsahuje zejména aktivní oxid křemičitý SiO_2) – označení „V“
 - Vápenatý popílek (obsahuje zejména aktivní oxid vápenatý CaO) – označení „W“
- Kalcinovaná břidlice – označení „T“
- Vápenec
 - Dle obsahu TOC (total organic carbon) se dělí na
 - Vápenec s obsahem TOC max. 0,50 % hmotnosti – označení „L“
 - Vápenec s obsahem TOC max. 0,20 % hmotnosti – označení „LL“
- Křemičitý úlet – označení „D“

■ Doplnující složky

- Zvláště vybrané anorganické přírodní látky, anorganické látky pocházející z procesu výroby slínku nebo složky hlavní, pokud nejsou v cementu použity v množství větší než 5 %
- Zlepšují fyzikální vlastnosti cementu

■ Síran vápenatý

- Upravuje tuhnutí slínkových minerálů

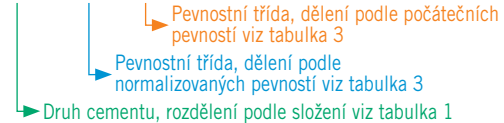
■ Přísady

- Látky přidávané pro usnadnění výroby nebo pro úpravu vlastností cementu
- Maximální obsah 1,0 % z hmotnosti cementu

Značení cementů

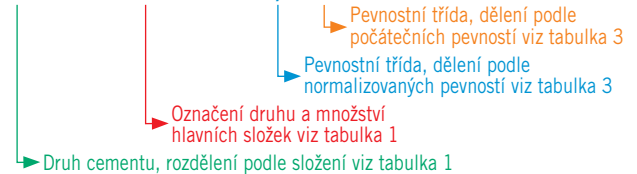
- V názvu cementu nalezneme informace o složení cementu, o počátečních a normalizovaných pevnostech
- příklady

CEM I 42,5 R



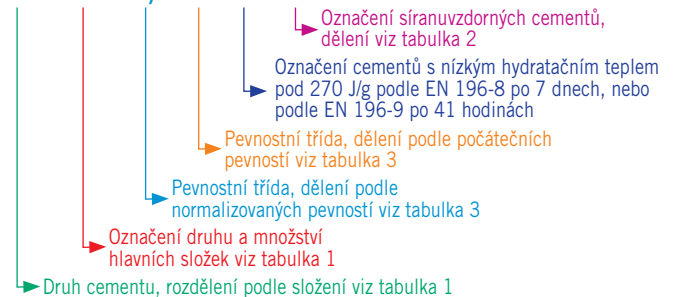
Portlandský cement podle EN 197-1, pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi.

CEM II/A-M (S-LL) 42,5 R



Portlandský směsný cement podle EN 197-1 obsahující celkové množství strusky (S) a vápence s obsahem TOC $\leq 0,20\%$ (LL) mezi 12 a 20 % hmotnosti, pevnostní třídy 42,5 s vysokými počátečními pevnostmi.

CEM III/C 32,5 N-LH/SR



Vysokopecní cement podle EN 197-1 obsahující vysokopecní granulovanou strusku (S) mezi 81 a 95 % hmotnosti, pevnostní třídy 32,5 s normálními počátečními pevnostmi, s nízkým hydratačním teplem, síranuvzdorný.

ČSN EN 197-1 ed. 2, tabulka 1 – 27 výrobků skupiny cementů pro obecné použití

Hlavní druhy	Označení 27 výrobků (druhy cementů pro obecné použití)		Složení (poměry složek podle % hmotnosti) ^{a)}										Doplňující složky	
			Hlavní složky											
			Slínek	Vysokopecní struska	Křemičitý úlet	Pucolány		Popílek		Kalcinovaná břidlice	Vápenec			
						přírodní	přírodní kalcinované	křemičitý	vápenatý		L	LL		
K	S	D ^{b)}	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	Portlandský cement	CEM I	95–100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
CEM II	Portlandský struskový cement	CEM II/A-S	80–94	6–20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-S	65–79	21–35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
	Portlandský cement s křemičitým úletem	CEM II/A-D	90–94	–	6–10	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
	Portlandský pucolánový cement	CEM II/A-P	80–94	–	–	6–20	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-P	65–79	–	–	21–35	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/A-Q	80–94	–	–	–	6–20	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-Q	65–79	–	–	–	21–35	–	–	–	–	–	–	0–5
	Portlandský popílkový cement	CEM II/A-V	80–94	–	–	–	–	6–20	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-V	65–79	–	–	–	–	21–35	–	–	–	–	–	0–5
		CEM II/A-W	80–94	–	–	–	–	–	6–20	–	–	–	–	0–5
		CEM II/B-W	65–79	–	–	–	–	–	21–35	–	–	–	–	0–5
	Portlandský cement s kalcinovanou břidlicí	CEM II/A-T	80–94	–	–	–	–	–	–	–	6–20	–	–	0–5
		CEM II/B-T	65–79	–	–	–	–	–	–	–	21–35	–	–	0–5
	Portlandský cement s vápencem	CEM II/A-L	80–94	–	–	–	–	–	–	–	–	6–20	–	0–5
		CEM II/B-L	65–79	–	–	–	–	–	–	–	–	21–35	–	0–5
		CEM II/A-LL	80–94	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6–20	0–5
CEM II/B-LL		65–79	–	–	–	–	–	–	–	–	–	21–35	0–5	
Portlandský směsný cement ^{c)}	CEM II/A-M	80–88	<----- 12–20 ----->									0–5		
	CEM II/B-M	65–79	<----- 21–35 ----->									0–5		
CEM III	Vysokopecní cement	CEM III/A	35–64	36–65	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM III/B	20–34	66–80	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
		CEM III/C	5–19	81–95	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5
CEM IV	Pucolánový cement ^{c)}	CEM IV/A	65–89	–	<----- 11–35 ----->				–	–	–	–	0–5	
		CEM IV/B	45–64	–	<----- 36–55 ----->				–	–	–	–	0–5	
CEM V	Směsný cement ^{c)}	CEM V/A	40–64	18–30	–	<----- 18–30 ----->			–	–	–	–	0–5	
		CEM V/B	20–38	31–49	–	<----- 31–49 ----->			–	–	–	–	0–5	

a) Hodnoty v tabulce se vztahují k součtu hlavních a doplňujících složek.

b) Obsah křemičitého úletu je omezen do 10 %.

c) Hlavní složky v portlandských směsných cementech CEM II/A-M a CEM II/B-M, v pucolánových cementech CEM IV/A a CEM IV/B a ve směsných cementech CEM V/A a CEM V/B mimo slínku musí být deklarovány v označení cementu.

ČSN EN 197-1 ed. 2, tabulka 3 – Požadavky na mechanické a fyzikální vlastnosti uvedené jako charakteristické hodnoty

Pevnostní třída	Pevnost v tlaku MPa			Počátek tuhnutí minut	Objemová stálost (rozeptnutí) mm
	Počáteční pevnost		Normalizovaná pevnost 28 dnů		
	2 dny	7 dnů			
32,5 L ^{a)}	–	≥ 12,0	≥ 32,5 ≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 N	–	≥ 16,0			
32,5 R	≥ 10,0	–			
42,5 L ^{a)}	–	≥ 16,0	≥ 42,5 ≤ 62,5	≥ 60	
42,5 N	≥ 10,0	–			
42,5 R	≥ 20,0	–			
52,5 L ^{a)}	≥ 10,0	–	≥ 52,5	–	
52,5 N	≥ 20,0	–			
52,5 R	≥ 30,0	–			

a) Třída pevnosti určená pouze pro cementy CEM III.

ČSN EN 197-1 ed. 2, tabulka 4 – Požadavky na chemické vlastnosti uvedené jako charakteristické hodnoty

Vlastnost	Metoda zkoušení	Druh cementu	Pevnostní třída	Požadavky ^{a)}
Ztráta žháním	EN 196-2	CEM I CEM III	všechny	≤ 5,0 %
Nerozpuštěný zbytek	EN 196-2 ^{b)}	CEM I CEM III	všechny	≤ 5,0 %
Obsah síranů (jako SO ₃)	EN 196-2	CEM I CEM II ^{c)} CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,5 %
			42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 4,0 %
		CEM III ^{d)}	všechny	
		Obsah chloridů	EN 196-2	všechny ^{e)}
Pucolanita	EN 196-5	CEM IV	všechny	musí vyhovět

- a) Požadavky jsou uvedeny jako procenta hmotnosti v hotovém cementu.
 b) Stanovení nerozpuštěného zbytku v kyselině chlorovodíkové a v uhlíčitěnané sodném.
 c) Cementy druhu CEM II/B-T a CEM II/B-M s obsahem T > 20 % smí v všech pevnostních třídách obsahovat až 4,5 % síranů (jako SO₃).
 d) Cement druhu CEM III/C smí obsahovat až 4,5 % síranů.
 e) Cement druhu CEM III smí obsahovat více než 0,10 % chloridů, avšak v tom případě musí být maximální obsah chloridů uveden na obalech a/nebo v průvodní dokumentaci.
 f) Cementy pro předpínané prvky mohou být vyráběny s nižší požadovanou hodnotou. V tom případě musí být hodnota 0,10 % nahrazena touto nižší hodnotou a ta musí být uvedena v průvodní dokumentaci.

ČSN EN 197-1 ed. 2, tabulka 2 – 7 výrobků skupiny síranovzdorných cementů pro obecné použití

Hlavní druhy	Označení 7 výrobků (druhy síranovzdorných cementů pro obecné použití)	Složení (poměry složek podle hmotnosti) ^{a)}					Doplňující složky
		Hlavní složky					
		Sílinek K	Vysokopecní struska S	Přírodní pucolán P	Křemičitý popílek V		
CEM I	Síranovzdorný portlandský cement	CEM I-SR 0	95–100				0–5
		CEM I-SR 3					
		CEM I-SR 5					
CEM III	Síranovzdorný vysokopecní cement	CEM III/B-SR	20–34	66–80	–	–	0–5
		CEM III/C-SR	5–19	81–95	–	–	0–5
CEM IV	Síranovzdorný pucolánový cement ^{b)}	CEM IV/A-SR	65–79		<----- 21–35 ----->		0–5
		CEM IV/B-SR	45–64		<----- 36–55 ----->		0–5

- a) Hodnoty v tabulce se vztahují k součtu hlavních a doplňujících složek.
 b) U síranovzdorného pucolánového cementu druhu CEM IV/A-SR a CEM IV/B-SR musí být hlavní složky, kromě sílnku, deklarovány v označení cementu (např. viz ČSN EN 197-1 ed. 2 kapitola 8).

ČSN EN 197-1 ed. 2, tabulka 5 – Dodatkové požadavky na síranovzdorné cementy pro obecné použití uvedené jako charakteristické hodnoty

Vlastnost	Metoda zkoušení	Druh cementu	Pevnostní třída	Požadavky ^{a)}
Obsah síranů (jako SO ₃)	EN 196-2	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 ^{b)}	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,0 %
		CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	42,5 N 52,5 N 52,5 R	
C ₃ A; ve sílnku ^{c)}	EN 196-2 ^{d)}	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3	všechny	= 0 %
		CEM I-SR 5		≤ 3,0 %
	– ^{e)}	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR		≤ 5,0 %
Pucolanita	EN 196-5	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	všechny	≤ 9 %
				musí vyhovět po 8 dnech

- a) Požadavky jsou uvedeny jako procenta hmotnosti v hotovém cementu nebo sílnku, jak je určeno v tabulce.
 b) Pro určené aplikace mohou být cementy CEM I-SR 5 vyrobeny s požadavkem na vyšší obsah síranů. V tomto případě musí být uvedena číselná hodnota tohoto požadavku na vyšší obsah síranů v průvodní informaci.
 c) Zkušební metoda pro stanovení C₃A v hotovém cementu je vyvíjena v CEN/TC 51.
 d) Pouze v případě cementu CEM I je povoleno vypočítat obsah C₃A ve sílnku z chemického rozboru tohoto cementu. Obsah C₃A musí být vypočítán podle vztahu: C₃A = 2,65A - 1,69F (viz ČSN EN 197-1 ed. 2 kapitola 5.2.1).
 e) Až do doby než bude dokončena zkušební metoda, obsah C₃A ve sílnku se musí stanovit na základě rozboru sílnku, který je součástí řízení výroby výrobcem (EN 197-2, 4.2.1.2).

Beton

- Základní požadavky na složení, vlastnosti a výrobu betonu jsou uvedeny ČSN EN 206 Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda.

Klasifikace konzistence

- Klasifikace podle sednutí kužele

ČSN EN 206, tabulka 3
Klasifikace podle sednutí kužele

Stupeň	Zkouška sednutí podle EN 12350-2 mm
S1	10 až 40
S2	50 až 90
S3	100 až 150
S4	160 až 210
S5	≥220

- Klasifikace podle rozlití

ČSN EN 206, tabulka 5
Klasifikace konzistence podle rozlití

Stupeň	Rozlití zkoušené podle EN 12350-5 mm
F1	≤340
F2	350 až 410
F3	420 až 480
F4	490 až 550
F5	560 až 620
F6	≥ 630

Třídy pevnosti betonu

ČSN EN 206, tabulka 12 – Třídy pevnosti v tlaku obyčejného a těžkého betonu

Třída pevnosti v tlaku	Minimální charakteristická válcová pevnost $f_{ck, cyl}$ [N/mm ²]	Minimální charakteristická krychelná pevnost $f_{ck, cube}$ [N/mm ²]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

Stupně vlivu prostředí

Bez nebezpečí koroze nebo narušení

- X0 velmi suché

Koroze vlivem karbonátace

- XC1 suché nebo stále mokré
- XC2 mokré, občas suché
- XC3 středně mokré, vlhké
- XC4 střídavě mokré a suché

Koroze vlivem chloridů, ne však z mořské vody

- XD1 středně mokré, vlhké
- XD2 mokré, občas suché
- XD3 střídavě mokré a suché

Působení mrazu a rozmrazování s rozmrazovacími prostředky nebo bez nich

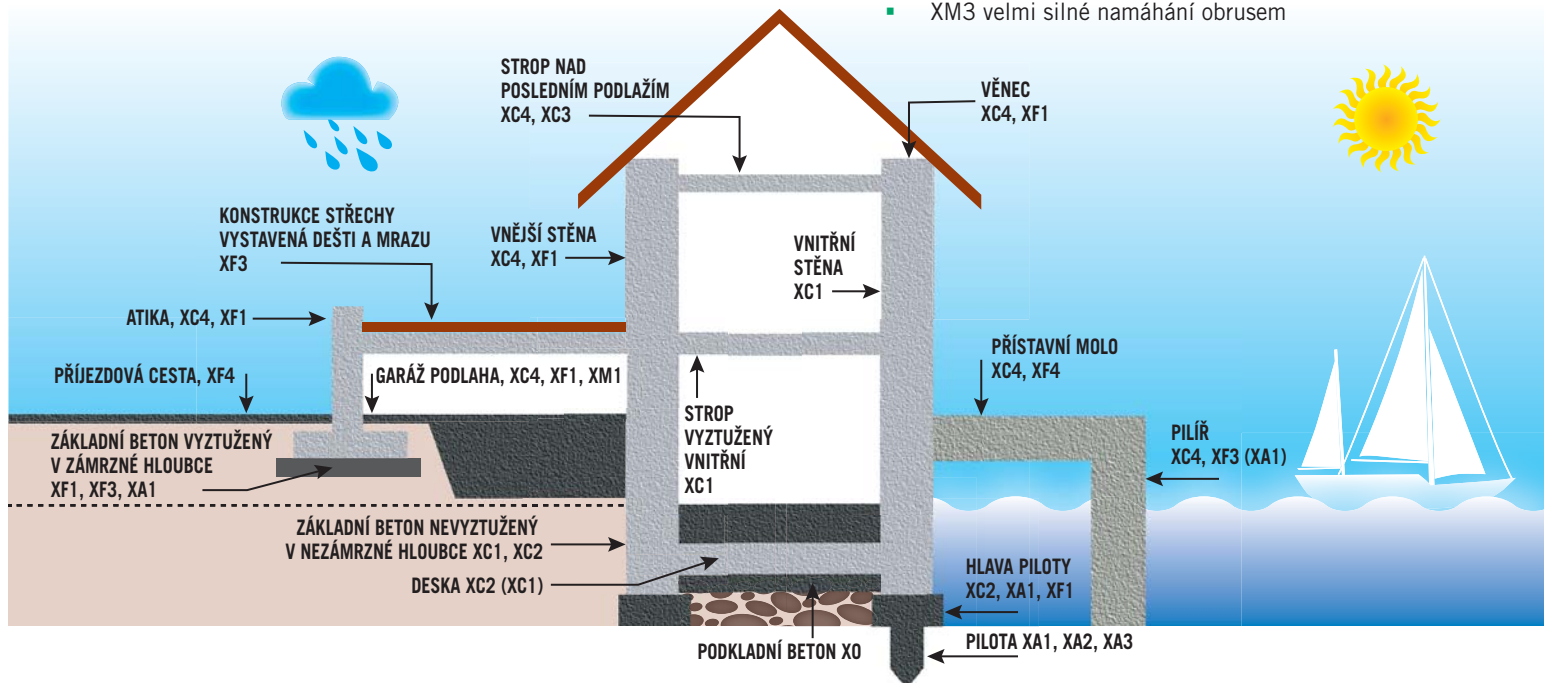
- XF1 mírně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků
- XF2 mírně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky
- XF3 značně nasycen vodou bez rozmrazovacích prostředků
- XF4 značně nasycen vodou s rozmrazovacími prostředky nebo mořskou vodou

Chemické působení

- XA1 slabě agresivní chemické prostředí
- XA2 středně agresivní chemické prostředí
- XA3 vysoce agresivní chemické prostředí

Koroze vlivem mechanického působení (obrus)

- XM1 mírné nebo střední namáhání obrusem
- XM2 silné namáhání obrusem
- XM3 velmi silné namáhání obrusem



ČSN P 73 2404, tabulka F.1.1 – Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu platné v České republice (s předpokládanou životností 50 let)

		Stupně vlivu prostředí														
		Bez nebezpečí koroze nebo narušení	Koroze způsobená karbonatací				Koroze způsobená chloridy			Působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí		
			XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
XC0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		
Maximální vodní součinitel w/c		–	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Minimální pevnostní třída ^{e)}		C12/15	C16/20	C16/20	C20/25	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37 ^{d)}	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30 ^{c)}	30/37 ^{c)}
Minimální obsah cementu [kg/m ³] ^{f)}		–	260	280	280	300	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Minimální obsah vzduchu v ČB při zkoušce dle ČSN EN 12350-7 pro beton [%]		–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	–	–	–
Jiné požadavky	Maximální průsak vody při zkoušce dle ČSN EN 12390-8 [mm] ^{b)}	–	–	–	–	50	–	50	35	50	50	35	35	50	35	20
	Odolnost betonu vůči zmrazování a rozmrazování, při zkoušce dle ČSN 73 1326 – metoda/počet cyklů/odpad [g/m ²]	–	–	–	–	–	–	–	–	–	A/75/1250 C/50/1500	–	A/100/1000 C/75/1000	–	–	–
										kamenivo podle ČSN EN 12620+A1 s dostatečnou mrazuvzdorností			Cement dle tabulky F.3 ČSN P 73 2404			

- 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 přítom 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 jiné. 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 C30/37 a C35/45 lze předepsat v případě požití síranovzdorných cementů SR 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 C25/30, pokud je beton provzdušněn dle požadavku pro XF2 až XF4.
- e) Minimální pevnostní třída je doporučena pro betony obvyčejné a těžké. Pro betony lehké (LC) je doporučena hodnota minimální válcové pevnosti, minimální krychelná pevnost je pak dána tabulkou 8 normy. Minimální pevnostní třída je doporučena s ohledem na reálně dosažitelné hodnoty pevnosti v tlaku s ohledem na maximální w/c a minimální dávku cementu.
- f) Minimální obsah cementu nebo minimální obsah cementu + k x započitatelná hmotnost dávky příměsí II typu.

ČSN P 73 2404, tabulka F.1.2 – Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu platné v České republice (s předpokládanou životností 100 let)

		Stupně vlivu prostředí														
		Bez nebezpečí koroze nebo narušení	Koroze způsobená karbonatací				Koroze způsobená chloridy			Působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí		
			XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Maximální vodní součinitel w/c		–	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,50	0,45	0,55 ^{k)}	0,50	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Doplňková specifikace min. pevnostní třídy betonu		C12/15	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30	C30/37 ^{l)}	C 25/30	C25/30	C25/30	C30/37	C25/30	C25/30 ^{g)}	C30/37 ^{g)}
Minimální obsah cementu při návrhu složení betonu [kg/m ³] ⁿ⁾		–	260	280	280	300	300	300	320	300	300 ^{d)}	320 ^{d)}	340 ^{d)}	300	320	360
Minimální obsah vzduchu v ČB při zkoušce dle ČSN EN 12350-7 pro beton se zrnitostí do (%) ^{c)}	8 mm	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,5 ^{f)}	5,0 ^{a)}	5,5 ^{a)}	–	5,5 ^{b)}	5,5 ^{b)}
	16 mm	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,5 ^{f)}	4,0 ^{a)}	4,5 ^{a)}	–	4,5 ^{b)}	4,5 ^{b)}
	22–32 mm	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,0 ^{f)}	3,5 ^{a)}	4,0 ^{a)}	–	4,0 ^{b)}	4,0 ^{b)}
Min. obsah mikropórů A ₃₀₀ ve ztvrdlém betonu při zkoušce dle ČSN EN 480-11 [%] ⁿ⁾		–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0 ^{l)}	1,0 ^{l)}	1,8 ^{l),m)}	–	–	–
Maximální součinitel rozložení vzduchových pórů (L) při zkoušce dle ČSN EN 480-11 [mm]		–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,24 ^{l)}	0,24 ^{l)}	0,20 ^{l),m)}	–	–	–
Max. průsak vody při zk. dle ČSN EN 12390-8 [mm] ^{e)}		–	–	–	50	50	50	50	20	50	35	20	20	50	35	20
Odolnost betonu vůči zmrazování a rozmrazování, při zkoušce dle ČSN 731326 – metoda/počet cyklů/odpad [g/m ²]		–	–	–	–	–	–	–	–	–	A/100/1250 C/75/1250	–	A/100/1000 C/75/1000	–	–	–
Stupeň mrazuvzdornosti (ČSN 73 1322)		–	–	–	–	–	–	–	–	T100	–	T150	–	–	–	–
Počet cyklů při PZ/KZ (ČSN 73 1322)										100/75		125/100				
Jiné požadavky										–				j)	cement podle tab. F.3 ČSN P 73 2404	

Vysvětlivky a zpřesnění závazných požadavků na beton:

- a) Beton nemusí být 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 přítom požadavkům na odolnost dle tabulky F.1.2.
- b) Pokud množství SO²4 vyvolává stupeň vlivu prostředí XA2 a XA3, je nezbytné beton provzdušnit a použít síranovzdorný cement SR.

- c) Max. obsah vzduchu pro XF2, XF3, XF4 může být nejvýše o 3 % vyšší než stanovené minimum.
- d) Použití popílku je možné do maximální dávky 11 % z hmotnosti cementu a to pouze v případě, že beton splní další požadavky stanovené v tabulce F.1.2.
- 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.

Pokračování vysvětlivek další straně

- f) Beton nemusí být provzdušněn na předepsanou hodnotu (může být částečně provzdušněn, 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 požadavkům na odolnost dle tabulky F.1.2.
- g) Pevnosti v tlaku odpovídající C 30/37 a C 35/45 lze předepsat v případě použití SR a směsných cementů až po 90 dnech tvrdnutí betonu.
- h) 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) Pokud se jedná o stupeň XA2 až XA3 vyvolaný CO₂ agresivním, nepoužijí se portlandské směsné cementy CEM II, které obsahují vápenec jako hlavní složku.
- k) Pro nosné konstrukce mostů se připouští vodní součinitel max. 0,5
- l) Při PZ musí být uvedené hodnoty součinitele prostorového rozložení vzduchových pórů dosaženy o 20 % nižší a A₃₀₀ o 20 % vyšší než je uvedeno v tab. F.1.2. A₃₀₀ 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) L a A₃₀₀ se u vlivu prostředí XF4 při průkazních zkouškách provzdušněných betonů ověřuje vždy.
- n) Minimální obsah pojiva a A₃₀₀ v tabulce platí pro největší zrna kameniva 22 mm. Při největším zrně 32 mm mohou být hodnoty sníženy o 5 %, a naopak musí být zvýšeny o 5 % při největším zrně 16 mm, o 10 % při největším zrně 11 mm, o 15 % při největším zrně 8 mm a o 25 % při největším zrně 4 mm. Nejmenší obsah pojiva se zaokrouhluje na 5 kg. Pro betonáž pod vodou je nejmenší množství pojiva 375 kg/m³.

Kompletní vysvětlivky a zbytek tabulky F.1.2. (požadavky týkající se kameniva) viz ČSN P 73 2404.

ČSN P 73 2404, tabulka F. 2 – Mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu v prostředí s pohyblivým mechanickým zatížením (obrusem)

Stupeň vlivu prostředí	Koroze působená pohyblivým mechanickým zatížením (obrusem)			
	XM1	XM2		XM3
Maximální vodní součinitel	0,55	0,55	0,45	0,45
Minimální pevnostní třída	C30/37 ^{a)}	C30/37 ^{a)}	C35/45 ^{a)}	C35/45 ^{a)}
Minimální obsah cementu [kg/m ³]	300	300	320	320
Jiné požadavky		speciální zpracování povrchu ^{b)}		úpravy povrchu odolnými materiály ^{cd)}

- a) Při použití provzdušněného betonu je pevnostní třída o jeden stupeň nižší.
- b) Například vakuováním nebo hlazením rotační hladíčkou.
- c) Například vsypy do betonu pro zušlechtnění povrchu betonu a zvýšení jeho odolnosti proti obrusu.
- d) Beton vrstev chránících vodohospodářské konstrukce proti účinkům pohyblivého mechanického zatížení (obrusu), způsobeného unášenými splaveninami nesmí obsahovat kamenivo drcené z uhlíčitánových hornin. Otlukovost kameniva stanovená podle ČSN EN 1097-2 nesmí překročit hodnotu 30.



- spolehlivě dodáváme cementy a pojiva
- optimalizujeme vlastnosti našich produktů
- neustále pracujeme na zvyšování kvality
- aktivně přistupujeme k otázkám životního prostředí

ČSN P 73 2004, tabulka F.3 – Použitelnost cementů pro stupně vlivu prostředí

Cementy dle ČSN EN 197-1 ed. 2	Stupně vlivu prostředí																	
	Bez nebezpečí koroze nebo narušení	Koroze způsobená karbonatací				Koroze způsobená chloridy (jinými než z mořské vody)			Střídavé působení mrazu a rozmrazování				Chemicky agresivní prostředí			Obrus		
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
CEM I	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/A, B-S	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/A-D	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/A, B-P, Q	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	x	0	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/A-V	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/B-V	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/A-W	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	0	0	0
CEM II/B-W	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	0	0	0
CEM II/A, B-T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/A-L	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	0	0	0	x	x	x
CEM II/B-L	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEM II/A-LL	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/B-LL	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEM II/A-M	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{c)}	x	x ^{c)}	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM II/B-M	x	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{e)}	x ^{abe)}	x ^{abe)}	x	x ^{d)}	x ^{c)}
CEM III/A	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM III/B	x	x	x	x	x	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	x	x	x
CEM III/C	x	x	x	0	0	x	x	0	0	0	0	0	x	x ^{ab)}	x ^{ab)}	0	0	0
CEM IV/A, B	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	0	x	x ^{a)}	x ^{a)}	0	0	0
CEM V/A, B	x	x	x	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	x ^{c)}	0	x	x ^{a)}	x ^{a)}	0	0	0

x Použitelný pro daný stupeň vlivu prostředí.

0 Použití pro daný stupeň vlivu prostředí je vyloučeno.

a) Při chemické síranové agresivitě se stupněm vlivu prostředí vyšším než XA1 se musí použít síranovzdorný cement SR.

b) Pokud se jedná o stupeň XA2 až XA3 vyvolaný CO₂ agresivním, nepoužijí se portlandské směšné cementy CEM II, které obsahují vápence jako hlavní složku.

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

d) Přípustné jen v případě, že obsah příměsí do betonu nepřesáhne 40 kg/m³.

e) Při použití vápence jako hlavní složky musí být jako další hlavní složky použity struska a/nebo popílek, obsah vápence (LL) nesmí překročit 20 %; vápence typu L se jako hlavní složka do cementu nesmí použít.

