

## ZMESOVÉ CEMENTY A ICH POUŽITELNOSŤ PODĽA NÁRODNEJ PRÍLOHY STN EN 206 - 1/NA, 6/2009

Janotka I.<sup>1</sup>

1) Technický a skúšobný ústav stavebný, n.o., Studená 3, 821 04 Bratislava

### 1. Úvod

V stavebníctve sa používa relatívne vysoký počet rozličných stavebných materiálov, ktoré sú v konštrukciách vystavené pôsobeniu buď prírodných alebo priemyslových agresívnych prostredí. Normovaných agresívnych prostredí je len niekoľko najdôležitejších druhov a to len vzhľadom na najčastejšie používaný stavebný materiál, ktorým je betón. Betón patrí k relatívne nízko odolným stavebným materiálom, čo vyplýva z jeho chemického zloženia; jeho spojivom je najčastejšie portlandský cement, obsahujúci rozhodujúce množstvo oxidu vápenatého (60 - 65 %).

### 2. Význam cementu pre kvalitu betónu

Kvalita betónu závisí rozhodujúcim spôsobom od druhu a množstva použitého cementu. Po styku s vodou cement hydratuje za vzniku rôzneho a rôznorodého množstva hydratačných produktov podľa podmienok, ktorým je betónový prvok vystavený. V tesnej nadväznosti na tvorbe hydratačných produktov vzniká pórová štruktúra (množstvo, veľkosť a tvar pórov), od ktorej spolu s vytvorenou hydratačnou fázou závisia mechanické vlastnosti betónu, jeho trvanlivosť a tým životnosť celej konštrukcie. Zmesové cementy zlepšujú jednak technicky významné vlastnosti betónu (pevnosti, moduly pružnosti, zmrašťovanie), jednak chemickú odolnosť proti agresívnym vplyvom chemickej (karbonátacia, chloridy, podzemné agresívne vody a zeminy) a fyzikálnej povahy (odolnosť proti zmrazovaniu a rozmrazovaniu, dynamicky sa opakujúca záťaž, obrusovzdornosť a pod.). Norma STN EN 197-1: 2002 [1] špecifikuje 5 cementových druhov CEM I a CEM II, III, IV a V a celkovo 26 zmesových cementov líšiacich sa obsahom slinku, skladbou a množstvom prímiesí.

### 3. Činitele odolnosti betónu a agresivity prostredia

Činitele odolnosti betónu rozdeľujeme na činitele vymedzujúce: agresivitu prostredia, odolnosť samotného betónu a odolnosť betónovej konštrukcie. Z činiteľov agresivity prostredia najdôležitejšie faktory predstavujú druhy a stupne agresívneho prostredia, teplota, pri kvapalnom a plynnom prostredí tlak a rýchlosť výmeny agresívneho média, prípadne súčasné pôsobenie dvoch alebo viacerých druhov agresivity.

### 4. Druhy a stupne agresivity prostredia

Tabuľka 1 definuje druhy a stupne vplyvu vonkajšieho prostredia podľa STN EN 206-1: 2002 [2]. Vonkajšie prostredie je rozdelené na 6 druhov. Klasifikácia stupňov agresivity pre karbonatáciu a pôsobenie chloridov sa týka agresivity vzhľadom k oceľovej výstuži a nie vzhľadom k prostému betónu. Zmesové cementy sú najúčinnjším prostriedkom pre zlepšenie chemickej odolnosti betónu. Medzné hodnoty pre stupne pôsobenia agresívnej zeminou a podzemnej vody prezentujú tabuľky 2 a 3. Údaje v tab. 2 a 3 tohto príspevku sú prevzaté z *tab. 2 Medzné hodnoty pre stupne chemického pôsobenia zeminou a podzemnej vody* normy STN EN 206-1: 2002.

Tab. 1 Druhy a stupne vplyvu vonkajšieho prostredia podľa STN EN 206–1: 2002

Popis prostredia		Označenie stupňa agresivity prostredia
1	Bez nebezpečenstva korózie alebo porušenia	X0
2	Korózia výstuže vplyvom karbonatácie	XC1, XC2, XC3, XC4
3	Korózia výstuže vplyvom chloridov, nie však z morskej vody	XD1, XD2, XD3
4	Korózia výstuže vplyvom chloridov z morskej vody	XS1, XS2, XS3
5	Korózia betónu - striedavé pôsobenie mrazu a rozmrazovania s rozmrazovacími prostriedkami alebo bez nich	XF1, XF2, XF3, XF4
6	Korózia betónu vplyvom chemického pôsobenia	XA1, XA2, XA3

### 5. Činitele odolnosti samotného betónu

Odolnosť betónu najviac ovplyvňujú technologické faktory ako sú druh a obsah cementu, druh prísad a prímiesí a vodný súčiniteľ. Potom nasledujú faktory súvisiace so štrukturálnymi vlastnosťami betónu, (vodotesnosť, pevnosť, pórovitosť a nasiakavosť).

## 6. Druh a obsah cementu

Limitné hodnoty pre stupne chemického pôsobenia zeminy a podzemnej vody pri návrhu betónu podľa tab. F.1 STN EN 206-1: 2002 *Odporúčané medzné hodnoty pre zloženie a vlastnosti betónu* platia pre betóny s obsahom cementu 300 - 360 kg na 1 m<sup>3</sup>.

Tab. 2 Medzné hodnoty pre jednotlivé stupne agresivity chemického pôsobenia zemín

Chemická charakteristika	Referenčná skúšobná metóda	XA1	XA2	XA3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/kg celkom <sup>a)</sup>	EN 196-2 <sup>b)</sup>	≥ 2 000 a ≤ 3 000 <sup>c)</sup>	> 3 000 <sup>c)</sup> a ≤ 12 000	> 12 000 a ≤ 24 000
Kyslosť ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann-Gully	v praxi sa nepoužíva	
<p>a) Ílovité zeminy s priepustnosťou menšou ako 10<sup>-5</sup> m/s sa priradujú do nižšieho stupňa.</p> <p>b) Skúšobná metóda predpisuje vylúhovanie SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> kyselinou chlorovodíkovou. Ak sú k dispozícii skúsenosti v mieste použitia betónu, je možné alternatívne použiť aj vylúhovanie vodou.</p> <p>c) Medzná hodnota 3 000 mg/kg sa musí zmenšiť na 2 000 mg/kg v prípade nebezpečenstva hromadenia síranových iónov v betóne pri striedavom vysušovaní a zvlhčovaní alebo v dôsledku kapilárneho nasávania.</p>				

Tab. 3 Medzné hodnoty pre jednotlivé stupne agresivity chemického pôsobenia podzemnej vody podľa STN EN 206-1: 2002

Chemická charakteristika	Referenčná skúšobná metóda	XA1	XA2	XA3
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	EN 196-2	≥ 200 a ≤ 600	> 600 a ≤ 3 000	> 3 000 a ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 a ≥ 5,5	< 5,5 a ≥ 4,5	< 4,5 a ≥ 4,0
CO <sub>2</sub> mg/liter agresívny	prEN 13577:1999	≥ 15 a ≤ 40	> 40 a ≤ 100	> 100 až do nasýtenia
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/liter	ISO 7150-1 alebo ISO 7150-2	≥ 15 a ≤ 30	> 30 a ≤ 60	> 60 a ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> mg/l	ISO 7980	≥ 300 a ≤ 1 000	> 1 000 a ≤ 3 000	> 3 000 až do nasýtenia

## 7. Použitie portlandských zmesových cementov na zvyšovanie odolnosti betónu proti účinku agresívneho

V roku 2009 sa na Slovensku začali vyrábať portlandské zmesové cementy druhu CEM II/A-M a CEM II/B-M. Sú to cementy, ktoré podľa STN EN 197-1: 2002 obsahujú pri druhu CEM II/A-M 80-94 % hmot. slinku a pri druhu CEM II/B-M 65-79 % hmot. slinku. Ako prímеси, resp. prísady sa používajú granulovaná vysokopecná troska (označenie - S), prírodný puzolán (P), popolček (V) a vápence (LL). Na základe cieleného výskumu sa pristúpilo k vypracovaniu Národnej prílohy STN EN 206-1/NA: 2009 [3]. Prehľadné tabuľky 4 až 11 dokumentujú vývoj normových predpisov o použiteľnosti cementov CEM II/A-M a CEM II/B-M na prípravu betónu, ktorý je vystavený 4 druhom agresívneho pôsobenia: karbonatácii, chloridom iným ako z morskej vody, striedavému zmrazovaniu a rozmrazovaniu a chemickému pôsobeniu. Pre toto porovnanie sa použili norma ČSN EN 206-1/Z2: 2003, už zrušená norma STN EN 206-1/Z1: 2004 a Národná príloha STN EN 206-1/NA: 2009.

### 7.1 Prípustnosť použitia portlandských zmesových cementov pri pôsobení karbonatácie

Tabuľka 4 determinuje použiteľnosť zmesového cementu CEM II/A-M z hľadiska ochrany oceľovej výstuže betónu pred účinkom karbonatácie podľa vyššie špecifikovaných noriem. Tabuľka 5 predstavuje prípustnosť použitia pre zmesový cement CEM II/B-M. Údaje k jednotlivým stupňom (XC 1 až 4) špecifikuje *Tab. 1 Stupne vplyvu prostredí* normy STN EN 206-1: 2002.

Tab. 4 Použiteľnosť zmesového cementu CEM II/A-M na prípravu betónu vystavenému pôsobeniu karbonatácie

Norma	Stupeň vplyvu karbonatácie			
	XC1	XC2	XC3	XC4
ČSN EN 206-1/Z2:2003	X	X	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	X	X	0	0
STN EN 206-1NA:2009	X	X	X	X

X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia  
0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené

Tab. 5 Použitelnosť portlandského zmesového cementu CEM II/B-M na prípravu betónu vystavenému pôsobeniu karbonatácie

Norma	Stupeň vplyvu karbonatácie			
	XC1	XC2	XC3	XC4
ČSN EN 206-1/Z2:2003	X	X	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	X	X	0	0
STN EN 206-1NA:2009	X	X	X <sup>f)</sup>	X <sup>f)</sup>
<p>X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia</p> <p>0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené</p> <p>f) - Použiteľné sú všetky kombinácie hlavných zložiek S, V, P, LL, D s obmedzením obsahu vápenca na max. 20 % (S - granulovaná vysokopecná troska, V- popolček, P - prírodný puzolán, LL - vápenec, D - kremičitý úlet)</p>				

## 7.2 Prípustnosť použitia portlandských zmesových cementov pri pôsobení chloridov iných než z morskej vody

Tabuľka 6 reprodukuje použiteľnosť portlandského zmesového cementu CEM II/A-B z hľadiska ochrany oceľovej výstuže betónu, vystavenému pôsobeniu chloridov iných než z morskej vody a tabuľka 7 dokumentuje použiteľnosť pre cement CEM II/B-M. Údaje k jednotlivým stupňom (XD 1 až 3) špecifikuje *Tab. 1 Stupne vplyvu prostredí* normy STN EN 206-1: 2002.

Tab. 6 Prípustnosť použitia portlandského zmesového cementu CEM II/A-M na prípravu betónu vystavenému pôsobeniu chloridov iných než z morskej vody

Norma	Stupeň vplyvu chloridov iných než z morskej vody		
	XD1	XD2	XD3
ČSN EN 206-1/Z2:2003	0	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	0	0	0
STN EN 206-1NA:2009	X	X	X
<p>X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia</p> <p>0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené</p>			

Tab. 7 Prípustnosť použitia portlandského zmesového cementu CEM II/B-M na prípravu betónu vystavenému účinku chloridov iných ako z morskej vody

Norma	Stupeň vplyvu chloridov iných než z morskej vody		
	XD1	XD2	XD3
ČSN EN 206-1/Z2:2003	0	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	0	0	0
STN EN 206-1NA:2009	X	X <sup>f)</sup>	X <sup>f)</sup>
<p>X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia</p> <p>0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené</p> <p>f) - Použiteľné sú všetky kombinácie hlavných zložiek S, V, P, LL, D s obmedzením obsahu vápenca na max. 20 %.</p>			

### 7.3 Prípustnosť portlandských zmesových cementov pri pôsobení mrazu a rozmrazovania

Použiteľnosť zmesového cementu CEM II/A-M na prípravu betónu, vystavenému účinku zmrazovania a rozmrazovania, ukazuje tab. 8 a cementu CEM II/B-M tab. 9. Údaje k jednotlivým stupňom (XF 1 až 4) špecifikuje Tab. 1 Stupne vplyvu prostredí normy STN EN 206-1: 2002.

Tab. 8 Použiteľnosť portlandského zmesového cementu CEM II/A-M na prípravu betónu vystaveného účinkom mrazu a rozmrazovania podľa rozličných noriem

Norma	Stupeň vplyvu pôsobenia mrazu a rozmrazovania			
	XF1	XF2	XF3	XF4
ČSN EN 206-1/Z2:2003	0	0	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	0	0	0	0
STN EN 206-1NA:2009	X	X <sup>c)</sup>	X	X <sup>c)</sup>
<p>X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia</p> <p>0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené</p> <p>c) Odolnosť proti vplyvu prostredia musí byť overená PST (počiatočnými skúškami typu).</p>				

Tab. 9 Použitelnosť portlandského zmesového cementu CEM II/B-M na prípravu betónu vystavenému účinkom mrazu a rozmrazovania podľa rozličných noriem

Norma	Stupeň vplyvu pôsobenia mrazu a rozmrazovania			
	XF1	XF2	XF3	XF4
ČSN EN 206-1/Z2:2003	0	0	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	0	0	0	0
STN EN 206-1NA:2009	X <sup>c)</sup>	X <sup>c)</sup>	X <sup>c)</sup>	X <sup>c)</sup>
X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia 0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené c) Odolnosť proti vplyvu prostredia musí byť overená PST (počiatočnými skúškami typu)				

#### 7.4 Prípustnosť použitia portlandských zmesových cementov pri chemickom pôsobení

Tabuľka 10 zaznamenáva použiteľnosť portlandského zmesového cementu CEM II/A-M na prípravu betónu, vystavenému chemickému pôsobeniu, podľa rozličných noriem; tabuľka 11 pre cement CEM II/B-M. Z tabuľky 10 vyplýva, že pokiaľ sa týka prípustnosti používania portlandského cementu CEM II/A-M v chemicky agresívnom prostredí, nastala významná zmena v prípustnosti tohto cementu.

#### 8. Záver

Národná príloha STN EN 206-1/NA: 2009 znamená progresívny krok v rámci Slovenskej republiky k zavedeniu a k používaniu CEM II/(A,B-M) cementov charakterizovaných predovšetkým zvýšenou odolnosťou proti rôznym druhom agresívneho prostredia a v nadväznosti na túto skutočnosť aj zvýšenou trvanlivosťou a životnosťou betónu. Napriek tejto veľmi pozitívnej skutočnosti Národná príloha (NA: 2009) demonštruje rozpory v tabuľkách F.2 a F.3. Tabuľka F.2/NA: 2009 (názov v <sup>a)</sup> tab. 10) odporúča prímеси S, V, P, LL, D na zlepšenie chemickej odolnosti betónu. Podľa tab. F.3/NA: 2009 *Použitelnosť cementov pre stupne vplyvu prostredia* je však cement CEM II/B-M neprípustný pre styk s chemickým agresívnym prostredím.

Tab. 10 Prípustnosť použitia portlandského zmesového cementu CEM II/A-M na prípravu betónu vystaveného chemickému agresívnemu pôsobeniu podľa rôznych noriem

Norma	Stupeň vplyvu agresívneho chemického prostredia		
	XA1	XA2	XA3
ČSN EN 206-1/Z2:2003	0	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	0	0	0
STN EN 206-1NA:2009	X	X <sup>a)b)</sup>	X <sup>a)b)</sup>

X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia  
 0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené

<sup>a)</sup> Pri chemickom pôsobení síranov musí byť pri stupni XA2 a XA3 použitý cement síranovzdorný podľa poznámky <sup>g)</sup> a <sup>h)</sup> v tab. F.2 *Odporúčané opatrenia na primárnu ochranu betónu pred koróziou vplyvom chemicky agresívneho prostredia (XA...)*

<sup>b)</sup> Ak je stupeň XA2 a XA3 vyvolaný agresívnym CO<sub>2</sub>, použije sa zmesový cement, ktorý neobsahuje vo funkcii hlavnej zložky vápenec (LL)

Tab. 11 Prípustnosť použitia portlandského zmesového cementu CEM II/B-M na prípravu betónu vystaveného chemickému pôsobeniu podľa rôznych noriem

Norma	Stupeň vplyvu chemického prostredia		
	XA1	XA2	XA3
ČSN EN 206-1/Z2:2003	0	0	0
STN EN 206-1/Z1:2004	0	0	0
STN EN 206-1NA:2009	0	0	0

X - použiteľný pre daný stupeň vplyvu prostredia  
 0 - použitie pre daný stupeň vplyvu prostredia je vylúčené

## 9. Referencie

- [1] STN EN 197-1: Cement Časť 1: Zloženie, špecifikácia a kritéria na preukazovanie zhody cementov na všeobecné použitie (2002).
- [2] STN EN 206-1: Betón Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda (2002).
- [3] STN EN 206-1/NA: Betón Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda (2002), Národná príloha (2009).