

# EVROKOD 6 - ZIDANE KONSTRUKCIJE

## EUROCODE 6 - MASONRY STRUCTURES

UDK: 006.44:624.012.04(4)EN



Prof. dr. Boško STEVANOVIĆ, dipl. građ. inž.

### REZIME

U radu je prikazan koncept Evrokoda 6 - Proračun zidanih konstrukcija, kao evropskog standarda koji obrađuje osnovnu problematiku zidanih konstrukcija. Posebna pažnja posvećena je poglavlju 3 Evrokoda 6, koji se odnosi na materijale za zidane konstrukcije. Naročito su obrađeni elementi za zidanje i malteri za zidanje sa aspekta parcijalnih koeficijenata sigurnosti, kao i sa aspekta njihovog kvaliteta čiji je osnovni pokazatelj čvrstoća pri pritisku. Takođe, su u radu izložene i neke odredbe Evrokoda 6 vezane za trajnost zidanih konstrukcija, a dato je i poređenje Evrokoda 6 sa važećim "Pravilnikom o tehničkim normativima za zidane zidove" u delu koji se odnosi na materijale za zidane konstrukcije.

**Ključne reči:** zidane konstrukcije, elementi za zidanje, materijali za zidanje.

### SUMMARY

A general concept of Eurocode 6 - Design of Masonry Structures, as European standard which deals with basic problems of masonry structures, is presented in this paper. Special attention is dedicated to Chapter 3 of the Eurocode 6 related to masonry materials for masonry structures. Masonry elements and masonry mortars are particularly dealt with from the aspect of partial safety coefficients, as well as from the aspect of their quality, whose basic indicator is a compressive strength. Also, the paper presents some provisions of the Eurocode 6 dealing with durability of masonry structures. The comparison of the Eurocode 6 with the current "Rules on Technical Norms for Masonry Walls" is also given in the section referring to masonry materials for masonry structures.

**Key words:** masonry structures, masonry units, masonry materials.

## 1. UVOD

Evrokod 6 se primenjuje za proračun zgrada i drugih građevinskih objekata ili njihovih delova, koji su formirani od nearmiranih, armiranih, prethodno napregnutih zidova i zidova uokvirenih armiranobetonskim serklažima, a odnosi se na zahteve u pogledu nosivosti, upotrebljivosti i trajnosti zidanih konstrukcija. Izvođenje je obuhvaćeno do nivoa potrebnog da se ukaže na kvalitet građevinskih materijala i proizvoda koji se mogu koristiti, kao i na standarde za izvođenje na gradilištu.

Evrokod 6 je podeljen na sledeće delove:

EN 1996-1: OPŠTE (General)

EN 1996-1-1: Opšta pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije (General rules for masonry reinforced and unreinforced masonry structures)

EN 1996-1-2: Opšta pravila za proračun konstrukcija na dejstvo požara (General rules for Structural Fire Design).

EN 1996-2: Proračunska razmatranja, izbor materijala i izvođenje radova (Design considerations, selection of materials and execution of masonry)

EN 1996-3: Pojednostavljene računске metode za nearmirane zidane konstrukcije (Simplified calculation methods for unreinforced masonry structures).

Kod nas je za sada preveden samo EN 1996-1-1, koji je od strane Tehničkog komiteta CEN/TC250 usvojen 23.06.2005. god. Ovaj Evropski standard zamenjuje standarde ENV 1996-1-1:1995. i ENV 1996-1-3:1998. Prvi od ova dva Standarda bio je, zajedno sa Standardom ENV 1996-1-2:1995., koji se odnosi na požar, kod nas preveden 1997. godine.

Deo Evrokoda 6: EN 1996-1-1:2005 daje generalnu osnovu za proračun zgrada i drugih građevinskih objekata izgrađenih od nearmiranih i armiranih zidova u kojima se armatura koristi radi obezbeđenja potrebnog nivoa duktilnosti, nosivosti i upotrebljivosti. Principi proračuna prethodno napregnutih zidova i zidova uokvirenih serklažima takođe su dati, ali pravila za njihovu primenu nisu obuhvaćena ovim dokumentom. Ovaj Standard sadrži detaljna pravila koja su uglavnom primenjiva na obične zgrade.

EN 1996-1-1: 2005 obuhvata sledeća poglavlja:

Poglavljje 1: Opšte odredbe (General)

Poglavljje 2: Osnove proračuna (Basis of design)

Poglavljje 3: Materijali (Materials)

Poglavljje 4: Trajnost (Durability)

Adresa autora: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 11000 Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73  
E-mail: bole@imk.grf.bg.ac.rs

Poglavlje 5: Analiza konstrukcija (*Structural analysis*)

Poglavlje 6: Granično stanje nosivosti (*Ultimate limit state*)

Poglavlje 7: Granično stanje upotrebljivosti (*Serviceability limit state*)

Poglavlje 8: Konstrukcijsko oblikovanje (*Detailing*)

Poglavlje 9: Izvođenje radova (*Execution*).

Pored navedenih poglavlja ovaj Standard sadrži i deset Aneksa:

Aneks A: Razmatranje parcijalnih koeficijenata sigurnosti u odnosu na izvođenje radova.

Aneks B: Metoda izračunavanja ekscentriciteta jezgra za ukrućenje.

Aneks C: Pojednostavljena metoda za izračunavanje ekscentriciteta opterećenja izvan ravni.

Aneks D: Određivanje vrednosti  $\rho_3$  i  $\rho_4$  (*Determination of  $\rho_3$  and  $\rho_4$* ).

Aneks E: Koeficijent momenta savijanja  $\alpha_2$  za bočno opterećene jednostruke zidne panele debljine jednake ili manje od 250 mm.

Aneks F: Granični odnos visine i dužine prema debljini zida za granično stanje upotrebljivosti.

Aneks G: Određivanje vrednosti koeficijenta izvijanja u sredini visine.

Aneks H: Faktor uvećanja definisan u 6.1.3.

Aneks I: Korekcija bočnog opterećenja za zidove oslonjene na tri ili četiri strane izložene horizontalnom opterećenju izvan svoje ravni i vertikalnom opterećenju.

Aneks J: Armirani zidani elementi izloženi smičućem opterećenju: povećanje faktora  $f_{vd}$ .

Ova (usvojena) verzija standarda EN 1996-1-1:2005, znatno se razlikuje od prethodnih verzija. Kao što je već napomenuto, ovaj standard zamenio je standarde ENV 1996-1-1:1995. i ENV 1996-1-3:1998. Razlika postoji, kako u formalnom (ima više poglavlja i materija je prezentovana na više strana), tako i u suštinskom smislu (izmenjeni su ili dopunjeni mnogi izrazi i formule za pro-

račun, a takođe su i brojučane vrednosti nekih koeficijenata i parametara promenjeni).

Takođe treba posebno istaći da u oblasti zidanih konstrukcija osnovnu koncepciju proračuna (kao što je to slučaj i sa ostalim Evrokodovima), predstavlja proračun prema graničnim stanjima nosivosti (Ultimat Limit State), odnosno graničnim stanjima upotrebljivosti (Serviceability Limit State), uz primenu metode parcijalnih koeficijenata sigurnosti.

## 2. MATERIJALI ZA ZIDANE KONSTRUKCIJE

Problematikom materijala koji se koriste za zidane konstrukcije bavi se poglavlje 3 standarda EN 1996-1-1:2005. Ovaj dokument razmatra sledeće osnovne materijale koji se javljaju u sklopu zidova, odnosno zidanih konstrukcija: elemente za zidanje, malter, beton, armaturni čelik i čelik za prethodno naprezanje. Veoma je važno naglasiti da u okviru zahteva koji se postavljaju pred napred navedene materijale, posebno mesto zauzimaju zahtevi u vezi sa njihovom trajnošću.

Kao što je već rečeno proračun zidanih konstrukcija vrši se prema graničnim stanjima nosivosti, odnosno graničnim stanjima upotrebljivosti, uz primenu metode parcijalnih koeficijenata sigurnosti, pri čemu treba napomenuti da se proračunska vrednost za svojstvo materijala dobija deljenjem karakteristične vrednosti sa relevantnim parcijalnim koeficijentom sigurnosti za materijale,  $\gamma_M$ .

Relevantne vrednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti za materijale  $\gamma_M$  treba uzeti za granična stanja nosivosti za stalne i incidentne situacije. Kada se analizira konstrukcija za incidentne situacije, treba uzeti u obzir verovatnoću prisutnog incidentnog dejstva.

U tabeli 1 date su relevantne vrednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti za materijale  $\gamma_M$  za granična stanja nosivosti, međutim, za granična stanja upotrebljivosti preporučena vrednost za  $\gamma_M$ , za sva svojstva materijala, je 1,0.

### 2.1. Elementi za zidanje

Kada su u pitanju elemenati za zidanje u standardu EN 1996-1-1:2005 predviđeni su sledeći elementi: od gline, od kalcijumsilikata, od kamena (prirodnog i veštačkog) i od betona. Kod betonskih elemenata, pravi se razlika između betona na bazi agregata (običnih i lakih) i tzv. autoklaviranih aeriranih betona (gas-betona). Međutim, bez obzira na materijale-sirovine koje se koriste za izradu elemenata za zidanje, standard EN 1996-1-1:2005 sve ovakve elemente rangira na kategorije i grupe. Tako, u zavisnosti od kvaliteta proizvo-

Tabela 1. Relevantne vrednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti za materijale  $\gamma_M$  za granična stanja nosivosti

Materijal		$\gamma_M$				
		Klasa				
		1	2	3	4	5
	Zid izveden sa:					
<b>A</b>	Elementima kategorije I i malterom projektovanih svojstava <sup>a</sup>	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
<b>B</b>	Elementima kategorije I i malterom projektovanog sastava <sup>b</sup>	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
<b>C</b>	Elementima kategorije II i bilo kojim malterom <sup>a, b, c</sup>	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
<b>D</b>	Usidrenim čelikom za armiranje	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
<b>E</b>	Čelikom za armiranje i čelikom za prethodno naprezanje	1,15				
<b>F</b>	Pomoćnim komponentama <sup>c, d</sup>	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
<b>G</b>	Natprozornicima i nadvratnicima u skladu sa EN 845-2	1,5 - 2,5				
<sup>a</sup> Zahtevi za maltere projektovanih svojstava dati su u EN 998-2 i EN 1996-2.						
<sup>b</sup> Zahtevi za maltere projektovanog sastava dati su u EN 998-2 i EN 1996-2.						
<sup>c</sup> Deklarisane vrednosti su srednje vrednosti.						
<sup>d</sup> Pretpostavlja se da su vodonepropusne zaštite obuhvaćene vrednošću $\gamma_M$ zida.						
<sup>e</sup> Kada koeficijent varijacije za elemente kategorije II nije veći od 25 %.						

Tabela 2. Podela elemenata za zidanje na grupe prema geometrijskim zahtevima

	Materijali i ograničenja za elemente za zidanje							
	Grupa 1 (svi materijali)	Materijal	Grupa 2		Grupa 3		Grupa 4	
			Vertikalne šupljine				Horizontalne šupljine	
Zapremina svih šupljina (% bruto zapremine)	≤ 25	glina	> 25; ≤ 55		≥ 25; ≤ 70		≥ 25; ≤ 70	
		kalcijum silikat	> 25; ≤ 55		ne koristi se		ne koristi se	
		beton <sup>b</sup>	> 25; ≤ 60		≥ 25; ≤ 70		≥ 25; ≤ 50	
Zapremina pojedinačne šupljine (% bruto zapremine)	≤ 12,5	glina	svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 2: šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 12,5		svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 2: šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 12,5		svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 30	
		kalcijum silikat	svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 15: šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 30		ne koristi se		ne koristi se	
		beton <sup>b</sup>	svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 30: šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 30		svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 30: šupljine za manipulaciju (ručke) ≤ 30		svaka od pojedinačnih šupljina ≤ 25	
Deklarisane vrednosti debljine pregrada i omotača (mm)	Nema zahteva		pregrada	omotač	pregrada	omotač	pregrada	omotač
		glina	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
		kalcijum silikat	≥ 5	≥ 10	ne koristi se		ne koristi se	
	beton <sup>b</sup>	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20	
Deklarisane vrednosti kombinovanih debljina <sup>a</sup> pregrada i omotača (% ukupne širine)	Nema zahteva	glina	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
		kalcijum silikat	≥ 20		ne koristi se		ne koristi se	
		beton <sup>b</sup>	≥ 18		≥ 15		≥ 45	

<sup>a</sup> Kombinovana debljina je ukupna debljina pregrada i omotača, merena horizontalno u relevantnom pravcu. Provera je zamišljena kao kvalifikacioni test i potrebno ju je ponoviti jedino u slučaju bitnih promena dimenzija elemenata za zidanje.

<sup>b</sup> U slučaju konusnih ili čelijskih šupljina, treba koristiti srednju vrednost debljine pregrada i omotača.

da, odnosno od primenjenog postupka kontrole kvaliteta u okviru proizvodnog procesa i od strogosti uslova za dokazivanje ostvarenog kvaliteta, elementi za zidanje se svrstavaju u kategoriju I ili kategoriju II. Podela elemenata za zidanje na grupe, vrši se uglavnom prema njihovim geometrijskim karakteristikama – na način kako je to prikazano u tabeli 2.

Standard EN 1996-1-1:2005 ne definiše glavne uslove za klasifikaciju elemenata za zidanje preko površine šupljina u odnosu na bruto presek, već preko zapremine šupljina.

Osnovni pokazatelj kvaliteta određenog elementa za zidanje predstavlja čvrstoća pri pritisku. Prema odredbama EN 1996-1-1:2005 prvo se izračunava srednja vrednost dobijena ispitivanjem propisanih uzoraka u tzv. vazdušno suvom stanju, a zatim se dobijeni rezultat množi faktorom  $\delta$  kojim se čvrstoća svodi na normativnu veličinu, tzv. normalizovanu čvrstoću  $f_b$ . Vrednosti ovog faktora date su u okviru posebnog seta standarda oznake EN 771.

## 2.2. Malteri za zidanje

Kada je reč o malterima za zidanje, standard EN 1996-1-1:2005 definiše sledeće tipove ovih maltera:

1. Malteri opšte namene (na bazi prirodnog peska);
2. Tankoslojni malteri (maksimalne debljine slojeva do 3 mm);
3. Laki (lakoagregatni) malteri.

U odnosu na način spravljanja, malteri su podeljeni u tri grupe:

1. Gotovi (fabrički pripremljeni za upotrebu, tzv. pre-mixed);
2. Polugotovi (semi-finished);
3. Malteri koji se spravljaju na gradilištu (site-made).

U vezi sa sastavom i načinom primene ovih maltera, EN 1996-1-1:2005 upućuje na odredbe posebnog seta standarda oznake EN 998-2.

Što se tiče mehaničkih svojstava, navedeni malteri se, saglasno srednjim čvrstoćama pri pritisku  $f_m$ , rangiraju u marke označene slovom M i odgovarajućim brojem koji označava čvrstoću u MPa (N/mm<sup>2</sup>) – na primer M5. Određivanje čvrstoće pri pritisku  $f_m$  vrši se u skladu sa odredbama standarda EN 1015-11.

Navedeni malteri se mogu spravljeti ili preko tzv. projektovanih mešavina (designed mix), za koje korisnik propisuje potrebnu čvrstoću, pri čemu je proizvođač odgovoran za ostvarivanje te čvrstoće, ili preko tzv. propisanih

mešavina (prescribed mix) koje podrazumevaju propisivanje sastava maltera od strane korisnika, s tim što u tom slučaju proizvođač nije odgovoran za ostvarenu čvrstoću.

Athezija između maltera i elementa za zidanje zavisi, kako od tipa korišćenog maltera, tako i od vrste elemenata kojima se zida. U vezi sa tim, EN 1996-1-1:2005 upućuje na odredbe standarda EN 1052-3 (za određivanje athezije pri smicanju), odnosno na odredbe predstandarda prEN 1052-5 (za određivanje athezije pri savijanju).

### 3. TRAJNOST ZIDANIH KONSTRUKCIJA

U prvom stavu poglavlja 4 evropskog standarda EN 1996-1-1:2005 koje se odnosi na probleme trajnosti, naglašava se da zidane konstrukcije moraju da budu projektovane tako da poseduju neophodnu trajnost u skladu sa njihovom namenom, uzimajući u obzir relevantne uslove okoline. Klasifikacija uslova sredine vrši se na osnovu odredbi standarda EN 1996-2 (tj. u drugom delu Evrokoda 6).

Što se tiče trajnosti elemenata za zidanje, kao i maltera koji se upotrebljavaju, EN 1996-1-1:2005 samo navodi da trajnost ovih komponenata mora da bude zadovoljavajuća u smislu otpornosti na relevantne uticaje sredine - u toku trajanja projektovanog "radnog veka" objekta. Za sve detaljnije informacije, predmetni dokument upućuje na standard EN 1996-2. u kome su obrađeni: proračun, izbor materijala i izvođenje zidova.

### 4. ZAKLJUČAK

Pored razvoja i unapređenja tehnologije proizvodnje materijala i elemenata za zidanje, adekvatnu pri-

menu zidanih konstrukcija mora da prati i odgovarajući - savremeni koncept proračuna. Ponašanje zida kao jedinstvene celine je izuzetno složeno. Kompleksnost se ogleda u interakciji između komponenti zida: opeke i maltera, koji se međusobno razlikuju i u fizičkim i u mehaničkim karakteristikama, uzimajući pri tome različitost opterećenja koja na objekat deluju, kao i uticaj načina izvođenja objekta, proizilazi da je proračun zidanih konstrukcija jedan veoma složen problem.

Analizom, razmatranjem i upoređivanjem rešenja datih u ovom delu Evrokoda 6: EN 1996-1-1:2005, sa odredbama domaće tehničke regulative koja se odnosi na zidane objekte i zidove u okviru njih, može se zaključiti da je naš važeći „Pravilnik o tehničkim normativima za zidane zidove“ iz 1991. godine u velikoj meri na liniji ovog Standarda. Značajnija razlika je u tome što naš Pravilnik ne obrađuje oblast armiranih i prethodno napregnutih zidova. Pored navedenog, određene razlike, između ostalog, postoje i kod odredaba koje se odnose na kontrolu kvaliteta elemenata za zidanje i na kontrolu izvođenja radova. Međutim, sve razlike koje se uočavaju ipak nisu suštinskog karaktera pa, uz izradu odgovarajućih Nacionalnih dokumenata za primenu EC 6, prelazak sa domaće regulative na evropsku regulativu u ovoj oblasti ne bi trebalo da predstavlja veće teškoće. Postoji, međutim, kao i kod ostalih Evrokodova, problem edukacije tehničara, inženjera i ostale stručne javnosti, a naročito organizovanje i finansiranje odgovarajuće proizvodnje elemenata za zidane konstrukcije i izvođenje radova saglasno ovom, ali i ostalim Evrokodovima.