

Posebno izdanje 2018.

Hercegovina – zemlja kamena



## Ziđe od prirodnog kamena prema DIN EN 1996-1-1 i BAS EN 1996-1-1 (Eurokod 6)

*Stručni rad/ Professional paper*  
*Primljen/Received: 14. 6. 2018.;*  
*Prihvaćen/Accepted: 4. 7. 2018.*

**Salko Kulukčija**

Interprojekt d.o.o. Mostar, doc. dr. sc.

**Sažetak:** U radu su predstavljeni podjela, klasifikacija i mehanička svojstva ziđa od prirodnog kamena prema DIN EN 1996-1-1 i BAS EN 1996-1-1 (Eurokod 6) s napomenom da nacionalni dodatak uz BAS EN 1996-1-1 još nije donesen.

**Ključne riječi:** ziđe, prirodni kamen, mehanička svojstva, čvrstoća ziđa

## Natural stone masonry according to DIN EN 1996-1-1 i BAS EN 1996-1-1 (Eurocode 6)

**Abstract:** This paper presents types, classification and mechanical properties of natural stone masonry according to DIN EN 1996-1-1 i BAS EN 1996-1-1 (Eurocode 6) and points out that the National Annex to BAS EN 1996-1-1 has not been worked out yet.

**Key words:** masonry, natural stone, mechanical properties, strength of masonry



## 1. UVOD

Ziđe od prirodnog kamena u našim standardima i pravilnicima nije nigdje specifično i detaljno obrađeno. Za razliku od domaće regulative, u Njemačkoj je već ranije u starim propisima za zidane konstrukcije (DIN 1053) posebno poglavlje posvećeno ziđu od prirodnog kamena. Prilikom izrade nacionalnih dodataka za DIN EN 1996-1-1 izrađen je poseban nacionalni dodatak NA.L za projektiranje, izvođenje i dimenzioniranje ziđa od prirodnog kamena. U ovom radu su predstavljeni podjela, klasifikacija i mehanička svojstva ziđa prema njemačkom dodatku te odredbe o čvrstoći ziđa od prirodnog kamena prema BAS EN 1996-1-1 uz koji još nije donesen nacionalni dodatak.

## 2. PODJELA ZIĐA OD PRIRODNOG KAMENA

Zidove zidane od prirodnog kamena možemo podijeliti prema različitim kriterijima:

- a) Prema stepenu obrade kamena:
  - zidovi od neobrađenog kamena,
  - zidovi od grubo obrađenog kamena,
  - zidovi od fino obrađenog kamena,
  - zidovi od klesanica.
- b) U zavisnosti od primjene veziva:
  - zidovi bez veziva (suhozidine),
  - zidovi sa vezivom (krečni, pucolanski ili produžni cementni malter).
- c) Prema slojevitosti ziđa:
  - jednoslojni zidovi,
  - višeslojni zidovi.
- d) Prema vrsti zidnog veza i načinu zidanja (DIN EN 1996-1-1/NA.L):
  - poligonalni zidni vez
    - zid od samaca
    - kiklopski zid od lomljenog kamena (klasa N1)
    - kiklopski zid (klasa N1)
  - ortogonalni zidni vez
    - zid od lomljenog kamena (klasa N1)
    - zid od obrađenog/tesanog kamena klase N2
    - zid od obrađenog/tesanog kamena klase N3
    - zid od fino obrađenih kvadratnih blokova/klesanica (klasa N4).

Prirodni kamen za zidane konstrukcije smije se uzimati samo iz zdravog masiva. Nezaštićen i atmosferskim promjenama izložen zid mora biti dovoljno otporan na ove uticaje. Kamene elemente od sedimentnih i metamofrnih stijena treba ugrađivati onako kako odgovara njihovoj prirodnoj uslojenosti horizontalno odnosno približno horizontalno. Dužina kamenih elemenata ne smije biti veća od pet visina, niti manja od jedne visine elementa. (DIN EN 1991-1-1/NA.L.2)

U skladu sa DIN EN 1996-1-1/NA.L.3 zidarski vez u ziđu od prirodnog kamena mora biti zanatski obrađen u čitavom poprečnom presjeku. To znači,

- a) da se na spoljnoj i unutrašnjoj površini zida nigdje ne smiju ukrstiti više od tri spojnice,
- b) da se nijedna vertikalna spojnica ne prostire kroz više od dva reda,
- c) da na dva dužnjaka dolazi jedan red vežnjaka, ili se dužnjak i vežnjak uzajamno smjenjuju,



- d) da dužina vežnjaka iznosi najmanje 1,5 visine reda i da je povezan sa poledinom za 0,4 dužine vežnjaka, a najmanje 120 mm.
- e) da je debljina (dubina) dužnjaka najmanje jednaka visini reda odnosno najmanje 100 mm,
- f) da međusobno smicanje položaja vertikalnih spojnica kod ortogonalnog zidnog veza bude najmanje 0,4 visine reda, kod ziđa od obrađenog/tesanog kamena najmanje 100 mm, a kod ziđa od fino obrađenih kvadratnih blokova najmanje 150 mm,
- g) da se u prvom redu i na uglovima ugrađuju najveći kameni elementi (čija visina može odgovarati visini dva sloja).

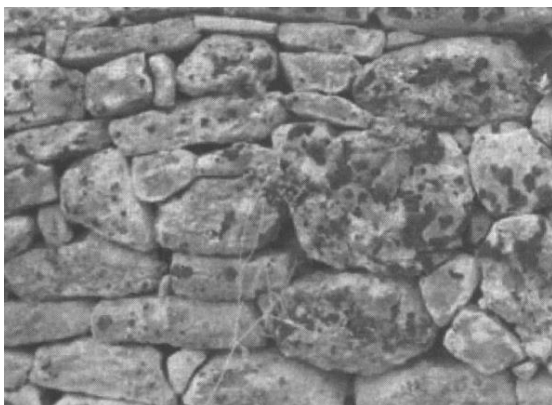
Ako se prazni prostori u unutrašnjosti zida ne mogu izbjeći, onda se oni popunjavaju sa odgovarajućim sitnim kamenjem koje je sa svih strana obavijeno malterom, tako da ne ostaju nikakve nezamalterisane šupljine. Na sličan način tretiraju se široke fuge na spoljnoj i unutrašnjoj površini kiklopskih zidova, zidova od lomljenog kamena i zidova od obrađenog/tesanog kamena. Ako su površine izložene atmosferskim uticajima, fugiranje mora biti izvedeno bez rupa, po dubini jednako najmanje debljini fuge, ali ne manje od 20 mm. Za dimenzioniranje ziđa nije mjerodavna vrsta obrade kamena u pogledu na spoljnu i unutrašnju površinu zida (lice i leđa zida). Čvrstoća maltera za zidanje ne bi trebala biti veća od čvrstoće kamena. (DIN EN 1996-1-1/NA.L.3)

## 2.1 Suhozidine

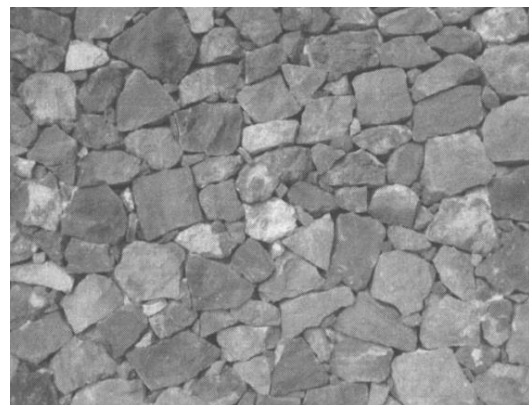
Suhozidine su u DIN EN 1996-1-1 definisane na sljedeći način: Lomljeni kamen se bez upotrebe maltera, uz manju doradu u odgovarajućem zidnom vezu slaže jedan na drugi, tako da ostaju što je moguće uže spojnice i manje šupljine. Šupljine između kamenih elemenata moraju se popuniti manjim kamenjem nabijanjem i kajlanjem. Suhozidina se upotrebljava samo kao gravitacioni (potporni) zid. Za proračunsku težinu ovakvih zidova uzima se vrijednost od 75% zapreminske mase korištene vrste kamena. (DIN EN 1996-1-1/NA.L.4.5)

## 2.2 Zid od samaca

Kod zida od samaca (Slika 1) se malo obrađeni odnosno neobrađeni kamen obliha ili neparvilnih obliha slaže u zidni vez (DIN EN 1996-1-1/NA.L.5.2a). Prema Tabeli 1a zid od smaca se nekatogorizira.



Slika 1. Primjer zida od samaca (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.1)



Slika 2. Primjer kiklopskog zida od lomljenog kamena (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.2)



### 2.3 Kiklopski zid od lomljenog kamena

Kod kiklopskog zida od lomljenog kamena (Slika 2) se pritesani lomljeni kamen pretežno poliedarskog oblika slaže u zidni vez (DIN EN 1996-1-1/NA.L.5.2b). Ako su ispunjeni svi uslovi prema Tabeli 1a, ovakav zid se kategorizira u klasu N1.

### 2.4 Kiklopski zid

Kod kiklopskog zida (Slika 3) se tesani kamen pretežno poliedarskog oblika slaže u zidni vez (DIN EN 1996-1-1/NA.L.5.2c). Ako su ispunjeni svi uslovi prema Tabeli 1a, ovakav zid se kategorizira u klasu N1.



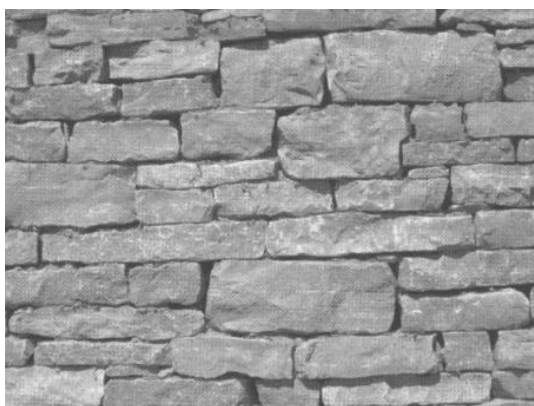
Slika 3. Primjer kiklopskog zida (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.3)



Slika 4. Primjer zida od lomljenog kamena (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.4)

### 2.5 Zid od lomljenog kamena

Lomljeni kamen obrađen u manjoj mjeri polaže se u čitavom zidu u ortogonalnom zidnom vezu (Slika 4). Ležajne plohe zida od lomljenog kamena treba izravnati po čitavoj njegovoj debljini na razmacima od najviše svakih 1,50 m (DIN EN 1996-1-1/NA.L.5.3a). Ako su ispunjeni svi uslovi prema Tabeli 1b, ovakav zid se kategorizira u klasu N1.



Slika 5. Primjer zida od obrađenog/tesanog kamena klase N2 (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.5)



Slika 6. Primjer zida od obrađenog/tesanog kamena sa nepravilnim redovima klase N3 (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.6)



## 2.6 Zid od obrađenog/tesanog kamena klase N2

Ležajne i sudarne plohe kamena obrađuju se do dubine od minimalno 120 mm i trebaju da stoje približno okomito jedna na drugu i na lice zida (Slika 5). Debljina kamena i slojeva mogu varirati, ali se ziđe čitavom svojom debljinom mora izravnati na razmacima od najviše svakih 1,50 m (DIN EN 1996-1-1/NA.L.5.3b). Ako su ispunjeni svi uslovi prema Tabeli 1b, ovakav zid se kategorizira u klasu N2.

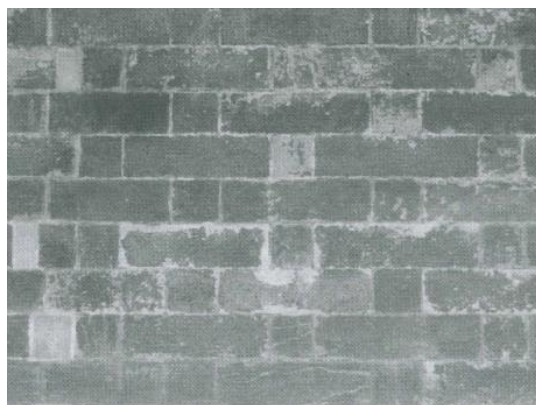
## 2.7 Zid od obrađenog/tesanog kamena klase N3

Ležajne i sudarne plohe kamena obrađuju se do dubine od najmanje 150 mm i trebaju da stoje okomito jedna na drugu i okomito u odnosu na lice zida. Debljina spojnice ne smije biti veća od 30 mm. Debljina kamena i slojeva mogu varirati u primjerenim granicama (ziđe sa nepravilnim redovima prema Slici 6), ali se tada ziđe čitavom svojom debljinom mora izravnati u razmacima od najviše svakih 1,5 m.

Kod svodova, kupola i slično spojnice moraju prolaziti kroz čitavu debljinu svoda (ziđe sa pravilnim redovima prema Slici 7). Ležajne strane kamena se moraju obraditi po čitavoj njihovoj površini, dok je kod sudarnih strana dovoljna obrada po dubini od 150 mm (DIN EN 1996-1-1/NA.L.5.3c). Ako su ispunjeni svi uslovi prema Tabeli 1b, ovakav zid se kategorizira u klasu N3.



Slika 7. Primjer zida od obrađenog/tesanog kamena sa pravilnim redovima klase N3 (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.7)



Slika 8. Primjer zida od klesanaca (DIN EN 1996-1-1, slika NA.L.8)

## 2.8 Zid od klesanaca

Kod zida od klesanaca (Slika 8) ležajne i sudarne plohe moraju biti obrađene na čitavoj površini prema zadatim dimenzijama. (DIN EN 1996-1-1/NA.L.5.3d) Ako su ispunjeni svi uslovi prema Tabeli 1b, ovakav zid se kategorizira u klasu N4.

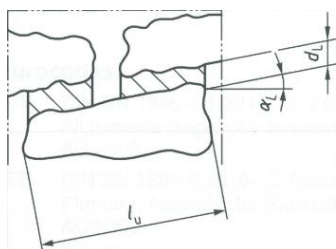


### 3. KLASIFIKACIJA ZIDA OD PRIRODNOG KAMENA PREMA DIN EN 1996-1-1

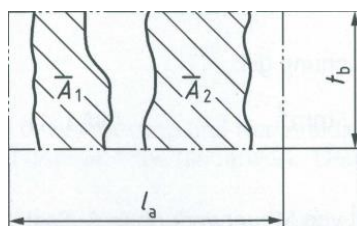
Klasifikacija zida od prirodnog kamena prema DIN EN 1996-1-1 za poligonalni zidni vez data je u Tabeli 1a, a za ortogonalni vez u Tabeli 1b. Zide se prema danim kriterijima klasificira u klase N1 do N4. Ova klasifikacija je bitna, jer je to jedan od važnijih parametara koji određuju nosivost zidane konstrukcije od prirodnog kamena. Osnovna klasifikacija proizlazi iz načina zidanja, oblika i stepena obrade kamenih blokova, a detaljna klasifikacija se može utvrditi na osnovu odnosa debljine spojnice i dužine kamena, nagiba ležajne spojnice i faktora prenosa.

Tabela 1a. Zahtjevi za poligonalni zidni vez (DIN EN 1996-1-1, tabela NA.L.1)

Zidni vez		Poligonalni zidni vez		
		Zid od samaca	Kiklopski zid od lomljenog kamena	Kiklopski zid
Kriterij				
1. Klasa zida <sup>a</sup>		-	<b>N1</b>	<b>N1</b>
2. Oblik blokova		obli	poliedarski	poliedarski
3. Obrada blokova	3.1 Obrada	nikakva-neznatna	pritesano	tesano
	3.2 Debljina ležajne spojnice $d_L$	-	-	$\leq 30$ mm
	3.3 Odnos $d_L/l_u$	-	$\leq 0,25$	$\leq 0,20$
4. Vez i spojnice	4.1 Faktor prenosa $\eta_t$	-	$\geq 0,5$	$\geq 0,5$
	4.2 Nagib spojnice $\alpha_L$	-	-	-
	4.3 Spojnice, visina blokova i redova	nepravilan poligonalni vez (opus incertum)		-
		-	poligonalni vez (opus antiquum)	
		ležajne i sudarne spojnice se ne mogu raspoznavati		
a) Ovo je osnovna klasifikacija. Moguća je klasifikacija i u drugu klasu zida prema izvođenju (posebno oblik blokova, vrste veza i oblika spojnica) u zavisnosti od odgovarajućih zahtjeva.				



Slika 9a. Pogled na zid (vertikalni presjek)



Slika 9b. Presjek kroz zid (horizontalni presjek)

$$\eta_t = \sum \frac{\bar{A}_i}{(l_a t_b)}$$



Tabela 1b. Zahtjevi za ortogonalni zidni vez (DIN EN 1996-1-1, tabela NA.L.1)

Zidni vez		Ortogonalni zidni vez			
		Zid od lomljenog kamena	Zid od obrađenog kamena		Zid od fino obrađenih blokova/klesanac
Kriterij					
1. Klasa ziđa <sup>a</sup>		<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N4</b>
2. Oblik blokova		približno kvadar do proizvoljno poliedarski	kvadar do približno kvadar	kvadar	kvadar
3. Obrada blokova	3.1 Obrada	pritesano	tesano, min. 120 mm dubine	obrađeno min. 150 mm dubine	po mjeri, po čitavoj dubini
	3.2 Debljina ležajne spojnice $d_L$	-	$\leq 30$ mm	$\leq 30$ mm	po mjeri, $\leq 20$ mm
	3.3 Odnos $d_L/l_u$	$\leq 0,25$	$\leq 0,20$	$\leq 0,13$	$\leq 0,07$
4. Vez i spojnice	4.1 Faktor prenosa $\eta_t$	$\geq 0,5$	$\geq 0,65$	$\geq 0,75$	$\geq 0,85$
	4.2 Nagib spojnice $\alpha_L$	$\text{tg } \alpha_L \leq 0,30$	$\text{tg } \alpha_L \leq 0,15$	$\text{tg } \alpha_L \leq 0,10$	$\text{tg } \alpha_L \leq 0,05$
	4.3 Spojnice, visina blokova i redova	zid sa nepravilnim redovima sa smaknutim ležajnim spojnica i promjenjivom visinom blokova i redova			
		-	zid sa pravilnim redovima sa kontinuiranim ležajnim spojnica i promjenjivom visinom redova		
		-	zid sa pravilnim redovima sa kontinuiranim ležajnim spojnica i konstantnom visinom redova		
a) Ovo je osnovna klasifikacija. Moguća je klasifikacija i u drugu klasu ziđa prema izvođenju (posebno oblik blokova, vrste veza i oblika spojnica) u zavisnosti od odgovarajućih zahtjeva.					

#### 4. KARAKTERISTIČNA ČVRSTOĆA PRIRODNOG KAMENA NA PRITISAK

Karakteristična čvrstoća prirodnog kamena na pritisak se po pravilu utvrđuje u skladu sa standardom EN 1926 s napomenom da u EN 1996-1-1 to nije eksplicitno navedeno. Prema EN 1926 probna tijela mogu biti u obliku kocke stranica  $(50 \pm 5)$  mm ili  $(70 \pm 5)$  mm ili cilindar prečnika i visine po  $(50 \pm 5)$  mm ili  $(70 \pm 5)$  mm. Najmanji broj probnih tijela je deset. Za proračun donje očekivane vrijednosti  $E$  (1) podrazumijeva se logaritamska normalna raspodjela. Donja očekivana vrijednost prema EN 1926 odgovara 5% fraktilu logaritamske normalne raspodjele za nivo povjerenja od 75%. Ovako utvrđena donja očekivana vrijednost  $E$  odgovara karakterističnoj čvrstoći kamena na pritisak  $f_{bk}$ .

$$E = e^{\bar{x}_{\ln} - k_s s_{\ln}} \quad (1)$$

gdje je



$$\bar{x}_{\ln} = \frac{1}{n} \sum_i \ln x_i \quad \text{logaritamska srednja vrijednost}$$

$$s_{\ln} = \sqrt{\frac{\sum (\ln x_i - \bar{x}_{\ln})^2}{n-1}} \quad \text{logaritamska standardna devijacija}$$

$k_s$  faktor fraktila prema Tabeli 2 ili 3

Tabela 2. Faktor fraktila ( $k_s$ ) u zavisnosti od broja mjerenih vrijednosti ( $n$ ) sa 5% fraktilom i 75% nivoom povjerenja (EN 1926:2006)

$n$	$k_s$	$n$	$k_s$
3	3,15	15	1,99
4	2,68	20	1,93
5	2,46	30	1,87
6	2,34	40	1,83
7	2,25	50	1,81
8	2,19	$\infty$	1,64
9	2,14		
10	2,10		

Napominje se da je u Eurocodu 6 za Njemačku (DIN EN 1996-1-1) propisan strožiji nivo povjerenja nego u EN 1926 (Tabela 3).

Tabela 3. Faktor fraktila ( $k_s$ ) u zavisnosti od broja mjerenih vrijednosti ( $n$ ) sa 5% fraktilom i 95% nivoom povjerenja, zahtjev prema DIN EN 1996-1-1

$n$	$k_s$	$n$	$k_s$
3	7,66	15	2,57
4	5,14	20	2,40
5	4,20	30	2,22
6	3,71	40	2,13
7	3,34	50	2,07
8	3,19	$\infty$	1,64
9	3,03		
10	2,91		





## 5. KARAKTERISTIČNA ČVRSTOĆA ZIDA OD PRIRODNOG KAMENA

### 5.1 Karakteristična čvrstoća na pritisak prema BAS EN 1996-1-1

U opštem slučaju se karakteristična čvrstoća zida na pritisak može odrediti prema izrazu

$$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta \quad (2)$$

gdje je

$K$	konstanta u zavisnosti od vrste ziđa/elementa za zidanje
$\alpha, \beta$	eksponenti u zavisnosti do vrste ziđa/elementa za zidanje
$f_b$	normalizirana srednja čvrstoća elemenata na pritisak u pravcu opterećenja
$f_m$	karakteristična čvrstoća maltera za zidanje

Prema BAS EN 1996-1-1, što je isto kao prema izvornom EN 1996-1-1, eksponenti su  $\alpha = 0,7$  i  $\beta = 0,3$  a za ziđe od obrađenog prirodnog kamena je  $K=0,45$ . Prema tome, do donošenja nacionalnog dodatka, za ziđe od obrađenog prirodnog kamena sa malterom opće namjene vrijedi

$$f_k = 0,45 \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \quad (3)$$

s tim da se u proračun uvrštava

$$f_b \leq 75 \text{ MN/m}^2$$

$$f_m \leq \begin{cases} 20 \text{ MN/m}^2 \\ 2f_b \end{cases}$$

Prilikom dimenzioniranja se karakteristična čvrstoća zida redukuje s faktorom redukcije za vitkost i ekcentričnost te parcijalnim faktorom sigurnosti za materijale.

Vitkost zida ( $h_{ef}/t_{ef}$ ) je u opštem slučaju ograničena na 27, s napomenom da je prema DIN EN 1996-1-1 za ziđe od prirodnog kamena vitkost  $h_{ef}/t_{ef} > 10$  dopuštena samo za klase N3 i N4, dok vitkost veća od 20 nije dopuštena.

Parcijalni faktor sigurnosti za materijale prema BAS EN 1996-1-1 iznosi od 2 do 3 u zavisnosti od klase kontrole izvedbe.

### 5.2 Karakteristična čvrstoća na pritisak prema DIN EN 1996-1-1/NA.L

Za razliku od EN 1996-1-1, u Eurocodu 6 za Njemačku (DIN EN 1996-1-1) za čvrstoću na pritisak za ziđe od prirodnog kamena nije dat izraz, nego su, u zavisnosti od klase ziđa i karakteristične čvrstoće kamena i maltera, u tabelama date vrijednosti karakteristične čvrstoće ziđa na pritisak (Tabela 4).

Karakteristična čvrstoća kamena na pritisak koji se koristi za ziđe klase N1 do N3 mora iznositi najmanje 20 N/mm<sup>2</sup>, a za ziđe klase N4 najmanje 5 N/mm<sup>2</sup>.



Tabela 4. Karakteristična čvrstoća ziđa na pritisak  $f_k$  za ziđe od prirodnog kamena sa malterom opće namjene (DIN EN 1996-1-1, Tabela NA.L.2)

Klasa ziđa	Karakteristična čvrstoća kamena $f_{bk}$ N/mm <sup>2</sup>	Karakteristična čvrstoća ziđa na pritisak $f_k$ (N/mm <sup>2</sup> ) u zavisnosti od marke maltera			
		M1	M2,5	M5	M10
N1	≥ 20	0,6	1,4	2,2	3,3
	≥ 50	0,8	1,7	2,5	3,9
N2	≥ 20	1,1	2,5	3,9	5,0
	≥ 50	1,7	3,0	4,4	5,5
N3	≥ 20	1,4	4,2	5,5	6,9
	≥ 50	1,9	5,5	6,9	9,7
	≥ 100	2,8	6,9	8,3	11,1
N4	≥ 20	3,3	5,5	6,9	8,3
	≥ 50	5,5	9,7	11,1	13,9
	≥ 100	8,3	12,5	15,2	19,4

Napomene:  
 Dozvoljena je linearna interpolacija vrijednosti;  
 U slučaju da su debljine spojnica preko 40 mm vrijednosti  $f_k$  treba smanjiti za 20%!

Analogno odredbama kao ranije u DIN 1053-1 i DIN 1053-100 za ziđe klase N4, ako se koristi kamen karakteristične čvrstoće manje od 20 N/mm<sup>2</sup>, ali ne manje od 5 N/mm<sup>2</sup>, mogu se odrediti karakteristične čvrstoće ziđa na pritisak prema Tabeli 5, čije su vrijednosti za  $f_{bk} \geq 5$  N/mm<sup>2</sup> jedna trećina, a za  $f_{bk} \geq 10$  N/mm<sup>2</sup> polovina karakteristične čvrstoće ziđa koja je data za  $f_{bk} \geq 20$  N/mm<sup>2</sup>.

Tabela 5. Karakteristična čvrstoća ziđa na pritisak  $f_k$  za ziđe klase N4 (tabela nije normirana)

Klasa ziđa	Karakteristična čvrstoća kamena $f_{bk}$ N/mm <sup>2</sup>	Karakteristična čvrstoća ziđa na pritisak $f_k$ (N/mm <sup>2</sup> ) u zavisnosti od marke maltera			
		M1	M2,5	M5	M10
N4	≥ 5	1,1	1,83	2,3	2,75
	≥ 10	1,65	2,75	3,45	4,15
	≥ 20	3,3	5,5	6,9	8,3
	≥ 50	5,5	9,7	11,1	13,9
	≥ 100	8,3	12,5	15,2	19,4



U tabelama 4 i 5 navedene karakteristične čvrstoće kamena  $f_{bk}$  predstavljaju karakterističnu čvrstoću prirodnog kamena na pritisak sa 5% fraktilom i 95% nivoom povjerenja. (DIN EN 1996-1-1)

Ukoliko je zid izložen izvijanju, odnosno ukoliko je  $h_{ef}/t_{ef} > 10$ , prilikom dimenzioniranja treba karakterističnu čvrstoću redukovati sa faktorom

$$\phi_m = 1,14 \cdot \left(1 - 2 \frac{e_{mk}}{t_{ef}}\right) - 0,024 \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 1 - 2 \frac{e_{mk}}{t_{ef}} \quad (\text{DIN EN 1996-1-1, NA.G})$$

gdje je

$h_{ef}$  - slobodna dužina izvijanja

$t_{ef}$  - efektivna debljina zida

$e_{mk}$  - ekscentrizitet sile u sredini visine zida

Vitkost  $h_{ef}/t_{ef} > 10$  dopuštena je samo za klase N3 i N4, dok vitkost veća od 20 nije dopuštena. (DIN EN 1996-1-1, NA.L.6.2 (3))

Napominje se da prilikom dimenzioniranja karakteristična čvrstoća redukuje sa parcijalnim faktorom sigurnosti za materijale koji prema DIN EN 1996-1-1 za obične proračunske situacije iznosi 1,5 a za izvanredne proračunske situacije 1,3.

### 5.3 Karakteristična čvrstoća ziđa na smicanje prema DIN EN 1996-1-1/NA.L

Karakteristična čvrstoća ziđa na smicanje određena je izrazom:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd} \leq 0,025 \cdot f_{bk} \leq 0,6 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{DIN EN 1996-1-1, NA.L.1})$$

gdje je

$f_{vk0}$  – karakteristična vrijednost čvrstoće neopterećenog ziđa na smicanje prema Tabeli 6

$\sigma_{Dd}$  – proračunska vrijednost napona pritiska na mjestu najvećeg napona smicanja. Po pravilu mjerodavan je minimalni uticaj  $N_{Ed} = 1,0 N_G$

$f_{bk}$  – karakteristična čvrstoća kamena na pritisak

Tabela 6. Karakteristična vrijednost početne čvrstoće na smicanje  $f_{vk0}$  N/mm<sup>2</sup> (DIN EN 1996-1-1, tab. NA.11)

Marka maltera	M1	M2,5	M5	M10
$f_{vk0}$	*)	0,08	0,18	0,22

\*) Vrijednost za M1 nije normirana u DIN EN 1996-1-1, prema EN 1996-1-1 za M1-M2 može se uzeti karakteristična vrijednost od 0,10 N/mm<sup>2</sup>

Može se primijetiti da su karakteristične vrijednosti početne čvrstoće na smicanje prema DIN EN 1996-1-1 manje nego prema EN 1996-1-1.



## 6. MODUL ELASTIČNOSTI ZIDA

Modul elastičnosti zida od prirodnog kamena nije posebno normiran u Eurokodu 6. Prema EN 1996-1-1, što je preuzeto i u BAS EN 1996-1-1, kratkotrajni sekantni modul elastičnosti zida mora se odrediti ispitivanjima u skladu s EN 1052-1. Rezultati ispitivanja se mogu uzeti iz ispitivanja za određeni projekat ili iz dostupne baze podataka. U nedostatku vrijednosti određenih ispitivanjima, kratkotrajni sekantni modul elastičnosti zida za upotrebu u proračunu konstrukcije može se uzeti kao  $E = 1000 f_k$  (BAS EN 1996-1-1, 3.7.2)

## 7. MODUL POSMIKA/SMICANJA ZIDA

Modul posmika/smicanja zida se može uzeti kao 40% modula elastičnosti zida, tj.  $G = 0,4 E$  (BAS EN 1996-1-1, 3.7.3)

## LITERATURA

1. BAS EN 1996-1-1 Eurokod 6 – Projektiranje zidanih konstrukcija – Dio 1-1: Opća pravila za armirane i nearmirane zidane konstrukcije, Sarajevo 2017
2. DIN EN 1996-1-1 Eurocode 6 – Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk mit Nationaler Anhang (NA) Kommentierte Fassung, Berlin 2013
3. EN 1926:2006 Natural stone test methods – Determination of uniaxial compressive strength, Brüssel 2006
4. DIN1053-100 Mauerwerk – Teil 100: Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts, Berlin 2007 (standard povučen)
5. DIN1053-1 Mauerwerk – Teil 1: Berechnung und Ausführung, Berlin 1996 (standard povučen)