



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
HRVATSKI CENTAR ZA POTRESNO INŽENJERSTVO



KONSTRUKCIJSKA OBNOVA OBITELJSKE KUĆE POJAČANJE KONSTRUKCIJE

MODELIRANJE – PRORAČUN -DIMENZIONIRANJE

Dragan Kovač

mr.sc.Dragan Kovač, dipl.ing.građ.

HRN EN 1998-1 – Posebna poglavlja za zidane zgrade

- Tema – POJAČANJE KONSTRUKCIJE (NOVE KUĆE PO JEDNOSTAVNIM PRAVILIMA BEZ PRORAČUNA)
- POSTOJEĆE - Zadovoljiti kriterije pravilnosti
- Zidane zgrade mogu biti neomeđene i nearmirane. Kriteriji za ploštinu ziđa su u tom slučaju strožiji (ali vrijedi samo za područja $< 0.15 g$)
- Bolje je zahvatima osigurati pravilnost (ubaciti zidove) nego složenim proračunima dokazivati da nepravilno i loše koncipirano zadovoljava

- Postojeće zadovoljavaju bez proračuna ako je :
- $a < 0.15g$
- Zahtjevi Pravilnosti

Ubrzanje na lokaciji a_s		$\leq 0,07 k g$	$\leq 0,10 k g$	$\leq 0,15 k g$	$\leq 0,20 k g$
Tip gradnje	Broj katova (n)**	Najmanji zbroj ploština presjeka nosivih zidova u svakom smjeru kao postotak ukupne ploštine stropa po katu ($p_{s,min}$)			
Nearmirano ziđe	1	2,0	2,0	3,5	n/a
	2	2,0	2,5	5,0	n/a
	3	3,0	5,0	n/a	n/a
	4	5,0	n/a*	n/a	n/a
Omeđeno ziđe	2	2,0	2,5	3,0	3,5
	3	2,0	3,0	4,0	n/a
	4	4,0	5,0	n/a	n/a
	5	6,0	n/a	n/a	n/a
Amirano ziđe	2	2,0	2,0	2,0	3,5
	3	2,0	2,0	3,0	5,0
	4	3,0	4,0	5,0	n/a
	5	4,0	5,0	n/a	n/a

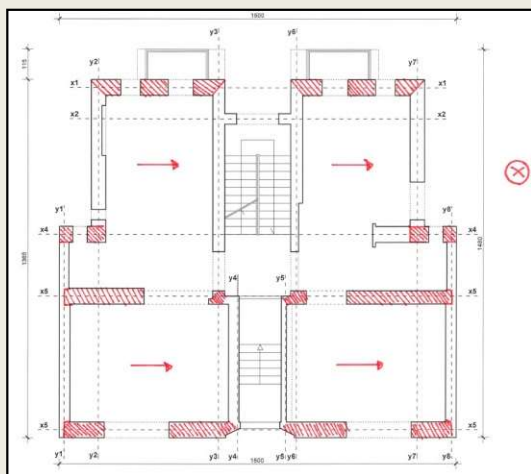
* n/a znači „nije prihvatljivo“ (en: „not acceptable“)
 ** Prostor krova iznad punoga kata nije uključen u broj katova.

KATNOST I PLOŠTINA ZIDA

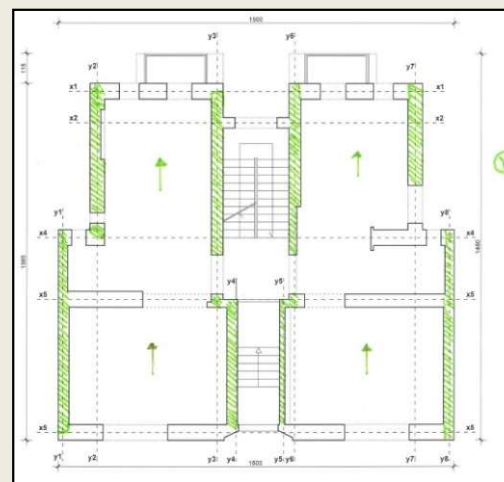
PROSJEČNO NAPREZANJE / PROSJEČNA POPREČNA SILA

- Uvijek analizirati bez obzira na dodatne proračune
- Ukupna masa = ukupna seizmička sila (%) – mora štimati

X-SMJER



Y-SMJER



Bitno !!!

DVA ZAHTJEVA KOJA MODEL UZIMA U OBZIR , A STANJE ZGRADE (KUĆE) MOŽDA NE :

-HORIZONTALNO KRUTI DISK

-VLAČNO-POSMIČNA VEZA STROPOVA I ZIDOVA

STATIČKI PRORAČUN

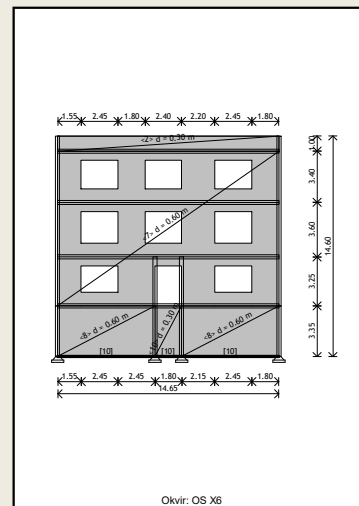
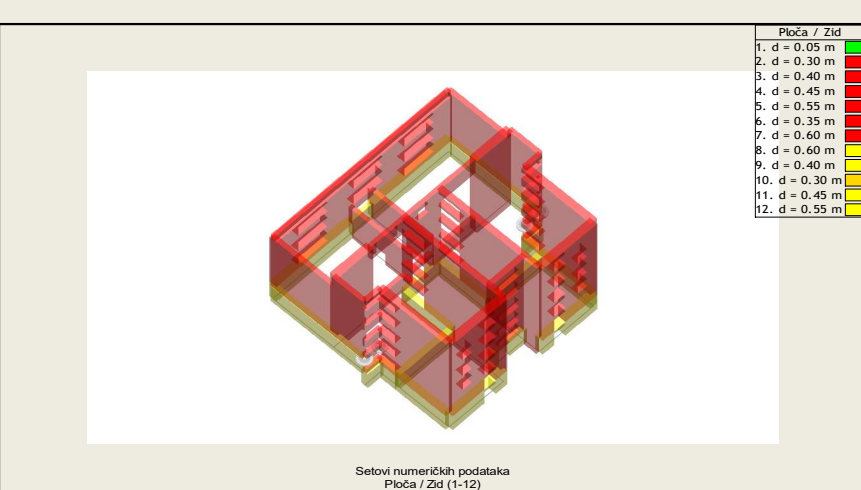
- Razina 3 – Djelovanje 0.75 od 0.15 g (proračunsko ubrzanje)
- Proračun se Mora provesti , i to kao:
 - Linearno elastični (npr. tower)
 - Jednomodalna analiza-prvi ton
 - Ekvivalentna statika
 - Uzeti za period na horizontalnoj grani spektra (na strani sigurnosti)

Tablica 4.1 – Posljedice pravilnosti konstrukcije na proračun i projekt u slučaju potresa

Pravilnost		Dopušteno pojednostavljenje		Faktor ponašanja
Tlocrt	Po visini	Model	Linearno-elastični proračun	(za linearni proračun)
da	da	ravninski	bočne sile ^a	referencijska vrijednost
da	ne	ravninski	modalni	smanjena vrijednost
ne	da	prostorni ^b	bočne sile ^a	referencijska vrijednost
ne	ne	prostorni	modalni	smanjena vrijednost

^a Ako su ispunjeni i uvjeti iz točke 4.3.3.2.1(2)a
^b Pod posebnim uvjetima navedenim u točki 4.3.3.1(8) može se upotrijebiti odvojeni ravninski model za svaki horizontalni smjer u skladu s točkom 4.3.3.1(8).

Potresno opterećenje se Može se nanijeti i „ručno“ kao punoplošno opterećenje u etažama. Raspodjela po visini - trokutno



- Dva proračuna
- 1. Zatečeno stanje
- 2. Pojačano stanje

STATIČKI PRORAČUN

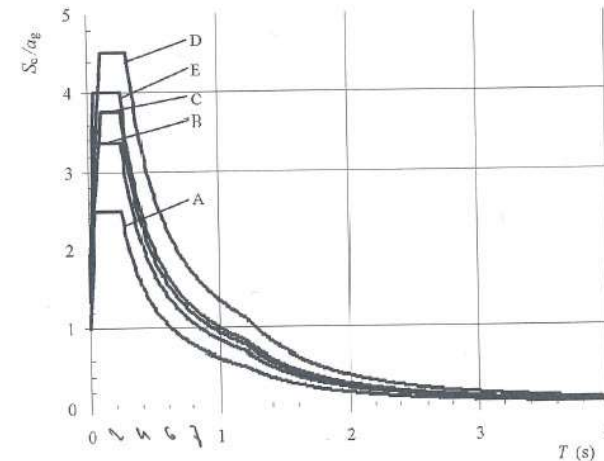
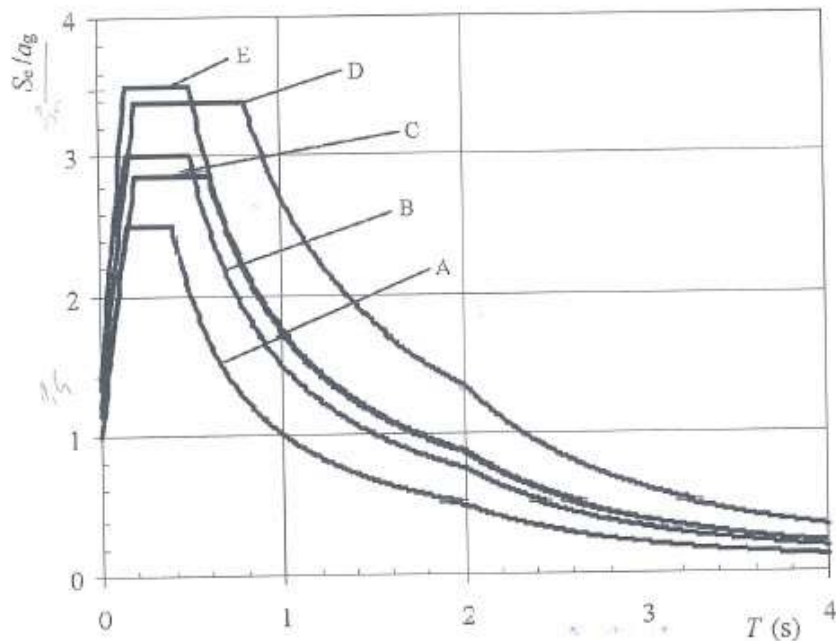
- SPEKTAR 1 = $1.15 \times 0.15 \times 2.5 / 1.5 = \underline{28.75 \% \text{ mase}}$
- SPEKTAR 2 = $1.5 \times 0.15 \times 2.5 / 1.5 = \underline{37.5 \% \text{ mase}}$

Tablica 3.2 – Vrijednosti parametara koje opisuju preporučeni elastični spektar odziva tipa 1

Tip temeljnog tla	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

Tablica 3.3 – Vrijednosti parametara koje opisuju preporučeni elastični spektar odziva tipa 2

Tip temeljnog tla	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,05	0,25	1,2
B	1,35	0,05	0,25	1,2
C	1,5	0,10	0,25	1,2
D	1,8	0,10	0,30	1,2
E	1,6	0,05	0,25	1,2

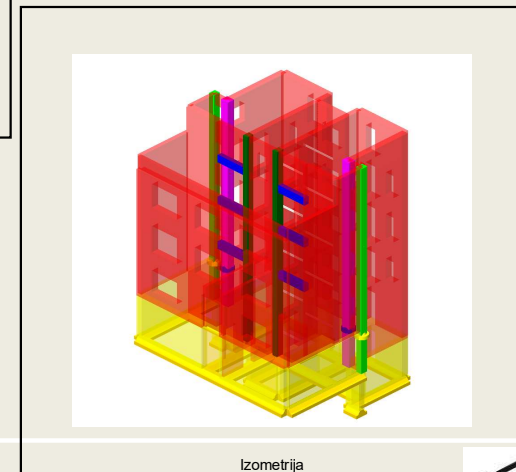
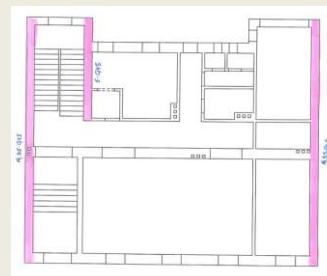
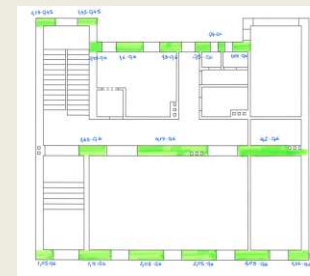
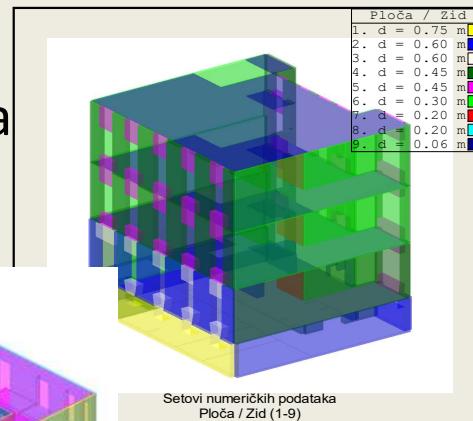
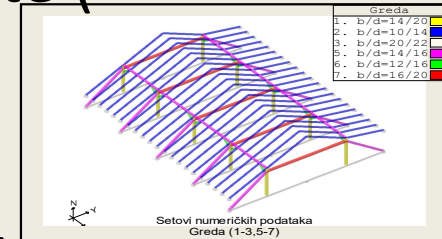


Slika 3.3 – Preporučeni elastični spektar odziva tipa 2 za temeljna tla tipa A do E (5 %-tno prigušenje)

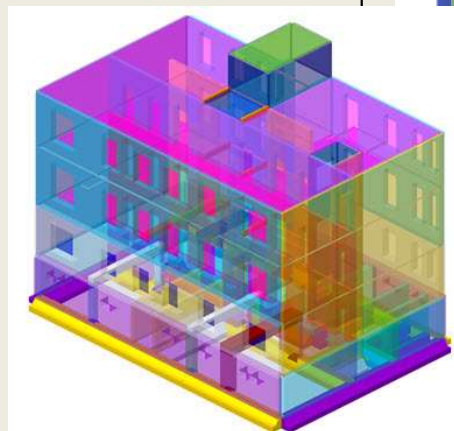
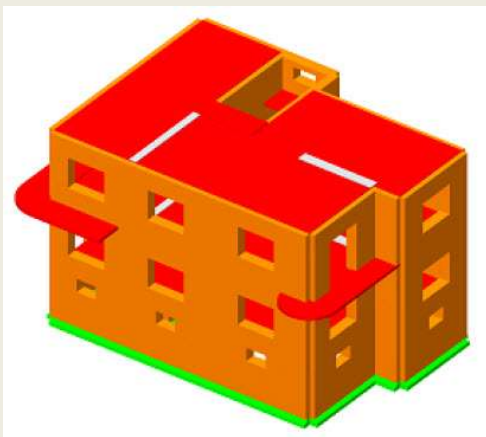
- RAZINA 3 = “ 75 % od 0.15 g ”

MODELIRANJE

- Unijeti jednostavan model . Ne crtati kao autocad crtež
- Ne ubacivati vertikalne serklaže u model zidane zgrade !!
- U model ne unositi krovništa, stubišta i ostale elemente (proračunati ih zasebno)
- Samo unijeti :
 - Stropna dijafragma – Najlakše ploča bez mase + opterećenje
 - Zidove u dva smjera
 - Linijski oslonci ispod temelja



Izometrija



STATIČKI PRORAČUN

- Modul elastičnosti zida : $E = 1000 f_k$ (2000 MPa)
- Uzeti u obzir raspucavaje – krutost 0.5 ili direktno umanjiti modul elastičnosti – 1000 MPa
- Tower uzima umanjenje krutosti preko aksijalne krutosti zidova !!!

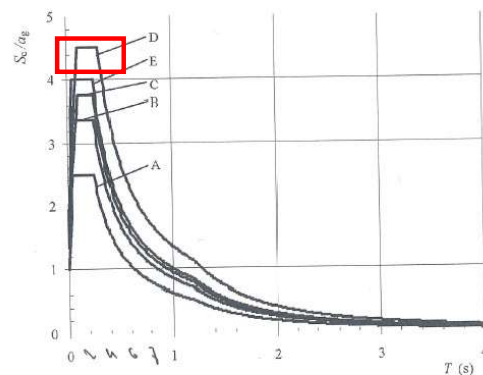


MULTIMODALNA ANALIZA

- Zahtjev HRN EN 1998 – Pokupiti 90 % mase !!!
- Paziti na periode dobivene iz modela. Često se uzmu krivi parametri - periodi ili prevelik ili premali
- Na primjer : Periodi veći od 1 sekunde i manji od 0.1 sekunde

U tom slučaju po spektru odziva model značajno umanjuje seizmičku silu – nekad i na 20% - nije na strani sigurnosti

- PAZITI !!!
- Radije raditi ekvivalentnu statiku i jednomodalnu analizu sa punim iznosom sile na horizontalnoj grani spektra – na strani sigurnosti



Slika 3.3 – Preporučeni elastični spektar odziva tipa 2 za temeljna tla tipa A do E (5 %-tno prigušenje)

KONTROLA SEIZMIČKE SILE

- Provjeriti u startu koliki (%) mase iznosi seizmička sila. Provjeriti u konačnici da li je to ispunjeno – gruba analiza
- Tlocrtno zgrada 15 x 15 metara :
 - Masa = $15 \times 15 \times 15 \text{ kN/m}^2 = 3375 \text{ kN}$
 - Seizmička ekvivalentna sila = 30% mase = $0.3 \times 3375 \text{ kN} = \text{cca } 1000 \text{ kN}$
- Zbroj seizmičkih sila u prizemlju po zidovima mora odgovarati toj ukupnoj seizmičkoj sili – za svaki smjer
- Paziti na faktor ponašanja :
- Neomeđeno zide : 1.5, Armirano i omeđeno : 2.5
- U određenim uvjetima , ako ze zgrada poveže i pojača – faktor ponašanja = 2.0 (kruti stropovi /tlačne ploče + torket ili CRM)

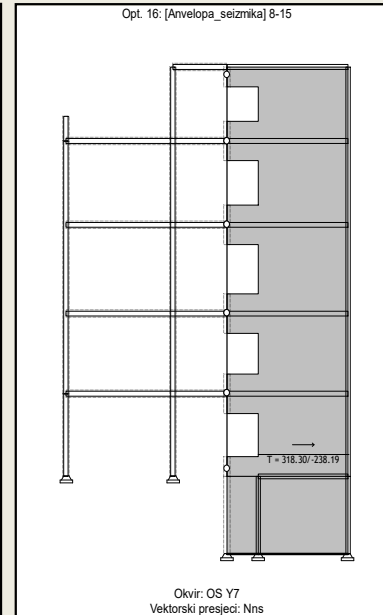
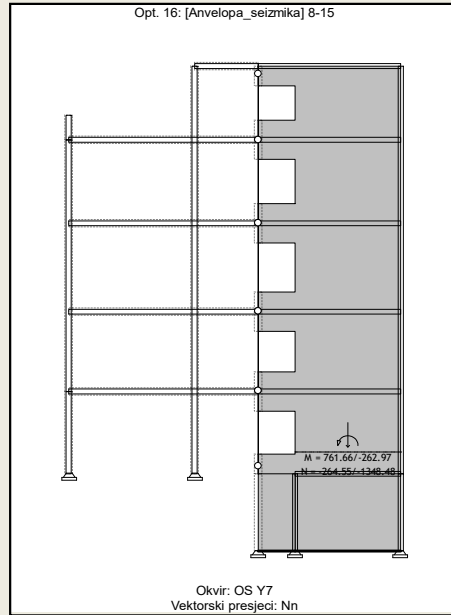
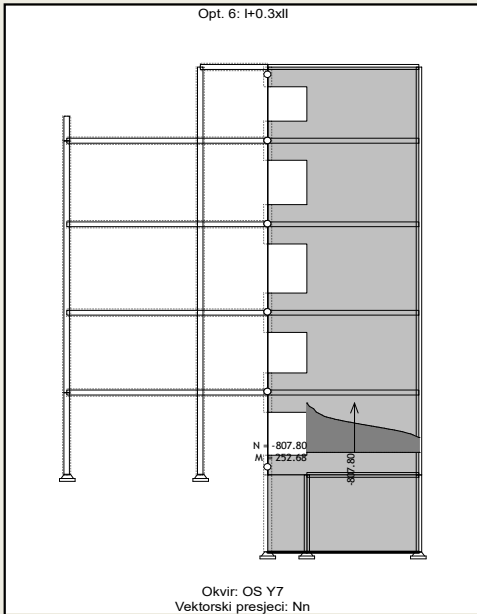


ŠTO JE IZO – Index znatnog oštećenja

- Razina 2 – Proračun provesti s djelovanjem 50% i provjeriti da je ispunjena otpornost od 100 % . To je onda u konačnici 50 % otpornosti od otpornosti za GSZO- odnosno dokazana Razina 2
- Pogrešno je proračun provesti na djelovanje od 100 % (GSZO - 475 godina) te provjeravati kod dimenziniranja otpornost 50% od tog djelovanja
- Zašto ???
- Kod LE proračuna : 50% djelovanja . Tlačna sila 100, Moment savijanja 100
- Kod LE Proračuna : 100% djelovanja : Tlačna sila 100, Moment savijanja 200
- Zgrada otkazuje pa puno manjem ubrzanju , te se nikad neće naći u stanju otpornosti na 100% djelovanje



POSMIĆNA KUĆA



Iz Tower modela:
Djelovanja na zid u
ravnini

M_{Ed}

V_{Ed}

N_{Ed}

Vertikalna tlačna sila za
osnovnu kombinaciju

$$f_{vk} = f_{vk,0} + 0,4 \sigma_d$$

Posmićna čvrstoća

$$V_{Rd} = (1/\gamma_m) \cdot f_{vk} \cdot L_c \cdot d$$

Računska nosivost zida

Moment savijanja
Seizmička kombinacija

$$\sigma_d = N_{Ed} / (L_c \cdot d)$$

Vertikalno naprezanje

Horizontalna posmićna sila
Seizmička kombinacija

$$L_c = 3 \cdot [L/2 - (M_{Ed} / N_{Ed,min})] \leq L$$

Tlačna duljina neomeđenog zida

OTPORNOST ZIDA NA HORIZONTALNU POSMIĆNU SILU - Y-SMJER											
$f_{vk,0}$	0,1	N/mm²	(za sve zidove isto)	γ_M	1,5	za seizmiku	MORT ZA ZIDANJE - vapno				
KONTROLNI PRORAČUN ZIDA NA HORIZONTALNU SILU											
$f_{vk} = f_{vk,0} + 0,4 \cdot \sigma_d$			Posmićna čvrstoća zida			$\sigma_d = N_{Ed} / (L_c \cdot d)$		Vertikalno naprezanje zida			
$V_{Rd} = (1/\gamma_m) \cdot f_{vk} \cdot L_c \cdot d$			Posmićna otpornost zida			$L_c = 3 \cdot [L/2 - (M_{Ed}/N_{Ed,min})] \leq L$			Tlačna duljina zida		
ZID	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	L [cm]	d [cm]	L_c [cm]	σ_d [kN/cm²]	f_{vk} [kN/cm²]	V_{Rd} [kN]	$V_{Rd}/V_{Rd,50\%EN98}$	$V_{Rd}/V_{Rd,100\%EN98}$
OS Y1	789,0	1095,0	466,0	745	35	701,2	0,0322	0,0229	374,0	80,26%	40,13%
OS Y2	804,0	765,0	320,0	415	55	337,1	0,0434	0,0273	338,0	105,62%	52,81%
OS Y3	1278,0	2092,0	244,0	625	45	446,4	0,0636	0,0354	474,7	194,56%	97,28%
OS Y4	253,0	125,0	115,0	200	30	151,8	0,0556	0,0322	97,8	85,06%	42,53%
OS Y5	253,0	107,0	109,0	200	30	173,1	0,0487	0,0295	102,1	93,66%	46,83%
OS Y6	1297,0	2065,0	266,0	625	45	459,9	0,0627	0,0351	483,8	181,89%	90,94%
OS Y7	808,0	762,0	318,0	415	55	339,6	0,0433	0,0273	340,0	106,91%	53,46%
OS Y8	779,0	1090,0	460,0	745	35	697,7	0,0319	0,0228	370,5	80,55%	40,28%
Srednja vrijednost nosivosti - postignuti omjer u odnosu na 50% EN 1998 iznosi - X-SMJER :									116,06%		
Srednja vrijednost nosivosti - postignuti omjer u odnosu na EN 1998 iznosi - X-SMJER :									58,03%		

DIMENZINORANJE – POSTOJEĆE / POJAČANO

OTPORNOST ZIDA NA HORIZONTALNU POSMIČNU SILU - Y SMJER											
$f_{vk,0}$	0,1	N/mm ²	(za sve zidove isto)	γ_M	1,5	za seizmiku	MORT ZA ZIDANJE - vapno				
KONTROLNI PRORAČUN ZIDA NA HORIZONTALNU SILU											
$f_{vk} = f_{vk,0} + 0,4 \cdot \sigma_d$			Posmična čvrstoća zida			$\sigma_d = N_{Ed} / (L_c \cdot d)$			Vertikalno naprezanje zida		
$V_{Rd} = (1/\gamma_M) \cdot f_{vk} \cdot L_c \cdot d$			Posmična otpornost zida			$L_c = 3 \cdot [L/2 - (M_{Ed}/N_{Ed, min})] \leq L$			Tačna duljina zida		
ZID	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	V_{Ed} [kN]	L [cm]	d [cm]	L_c [cm]	σ_d [kN/cm ²]	f_{vk} [kN/cm ²]	V_{Rd} [kN]	$V_{Rd}/V_{Rd,50\%EN98}$	$V_{Rd}/V_{Rd,100\%EN98}$
OS Y1	789,0	1095,0	466,0	745	35	701,2	0,0322	0,0229	374,0	80,26%	40,13%
OS Y2	804,0	765,0	320,0	415	55	337,1	0,0434	0,0273	338,0	105,62%	52,81%
OS Y3	1278,0	2092,0	244,0	625	45	446,4	0,0636	0,0354	474,7	194,56%	97,28%
OS Y4	253,0	125,0	115,0	200	30	151,8	0,0556	0,0322	97,8	85,06%	42,53%
OS Y5	253,0	107,0	109,0	200	30	173,1	0,0487	0,0295	102,1	93,66%	46,83%
OS Y6	1297,0	2065,0	266,0	625	45	459,9	0,0627	0,0351	483,8	181,89%	90,94%
OS Y7	808,0	762,0	318,0	415	55	339,6	0,0433	0,0273	340,0	106,91%	53,46%
OS Y8	779,0	1090,0	460,0	745	35	697,7	0,0319	0,0228	370,5	80,55%	40,28%
Srednja vrijednost nosivosti - postignuti omjer u odnosu na 50% EN 1998 iznosi - X-SMJER :										116,06%	
Srednja vrijednost nosivosti - postignuti omjer u odnosu na EN 1998 iznosi - X-SMJER :										58,03%	

$$V_{Rd} = (1/\gamma_m) \cdot f_{vk} \cdot L_c \cdot d$$

Računska nosivost zida

Dokaz otpornosti – dimenzioranje zida:

-Svaki presjek mora zadovoljiti otpornost na poprečnu silu !!!

- Ako ne zadovoljava - pojačati ga. Pojačati one koji ne zadovoljavaju !!!

-Postoje excell tablice za proračun pojačanog zida (FRCM , CRM)



NUMERIČKA BIT RAZINA !!!

- Izračunata zatečena otpornost i končano dokazana otpornost nakon pojačanja mora biti iskazana numerički !!! , brojem od 1 do 100 %

TO JE U BITI “ SEIZMIČKI CERTIFIKAT “

- PRIMJER 1 : Ako zgrada (kuća) ima 45 % zatečenu otpornost , onda se do 75% može pojačati da se ne mijenja tehničko rješenje , odnosno pojačanjem zetečenih elemenata
- Ako je zatečena otpornost 20% , nemoguće je pojačanjem zatečenog tehničkog rješenja dosegnuti 75% . Treba ubacivati nove elemente za prihvat potresa – Često to više nije “posmična kuća “ - potrebni elementi za prihvat savijanja
- Analizirati uvijek temeljne parametre. Zgrada sa 3 kata sa 7% zidova za svaki smjer - sigurno nije teže oštećena u potresu !!!
Što će pokazati sve analize i proračuni i stanje ne terenu

