

Organizatori



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva

WEBINAR

“SAVJETOVANJE 4: OBNOVA
ZAGREBA NAKON POTRESA
– ZAGREBU OD SPLITA”



Glavni pokrovitelj



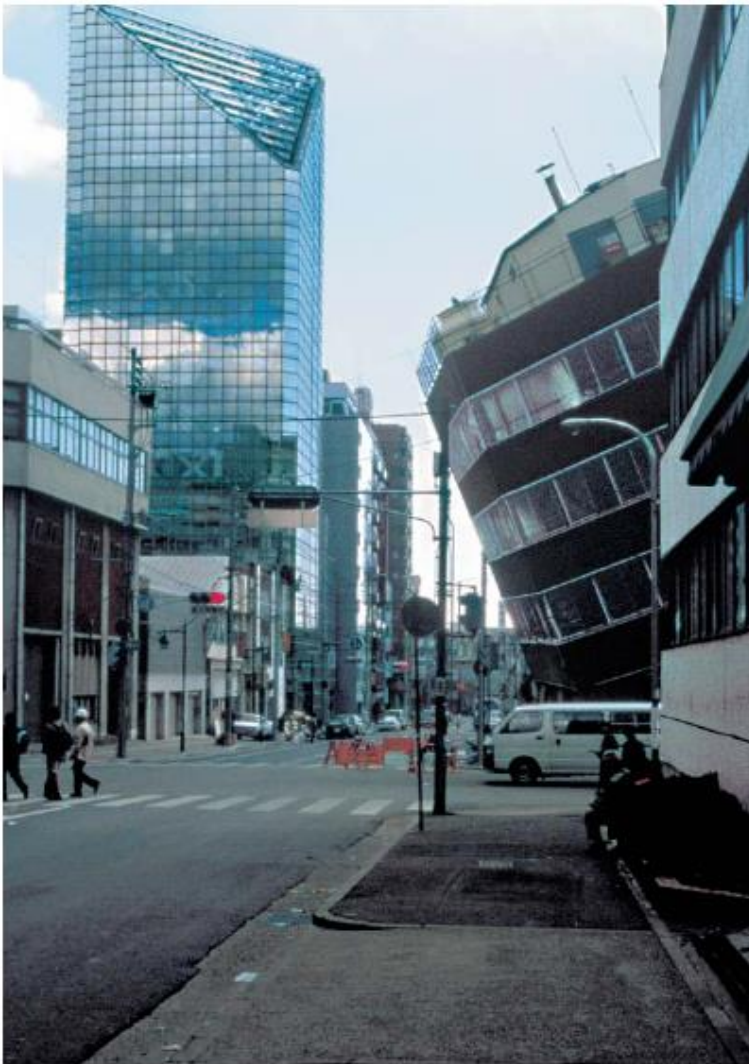
**Zagreb od Splita
uvodno izlaganje**

Prof. emeritus Ante Mihanović
Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije,
Sveučilišta u Splitu

JAPAN - KOBE – 1995



JAPAN - KOBE – 1995



SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA,
ARHITEKTURE I GEODEZIJE



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva

IMALI NADE ?

DOBAR

INŽENJERSKI

PRISTUP !

Basic principles for the seismic design of buildings

1/1

Even the cleverest calculations and detailed design cannot compensate for errors and defects in the conceptual seismic design of the structural and non-structural elements!

→ Close collaboration between architect and civil engineer from the earliest planning stage!

~~PRORAČUN?~~

**DOBAR
INŽENJERSKI
KONCEPT!**

DOBAR INŽENJERSKI PRISTUP

Izbor konstruktivnih sustava visoke potresne otpornosti-

Povoljan raspored nosivih elemenata u konstrukciji zgrade

Po mogućnosti pravilnost u tlortu i kontinuitet po visini.

Prihvatljivi udio u cijeni gradnje

Kvantifikacija osnovnih a/b sustava

Usporedbe izvršene metodom naguravanja

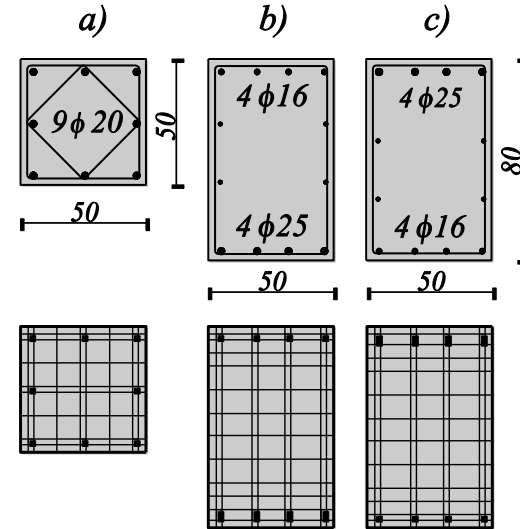
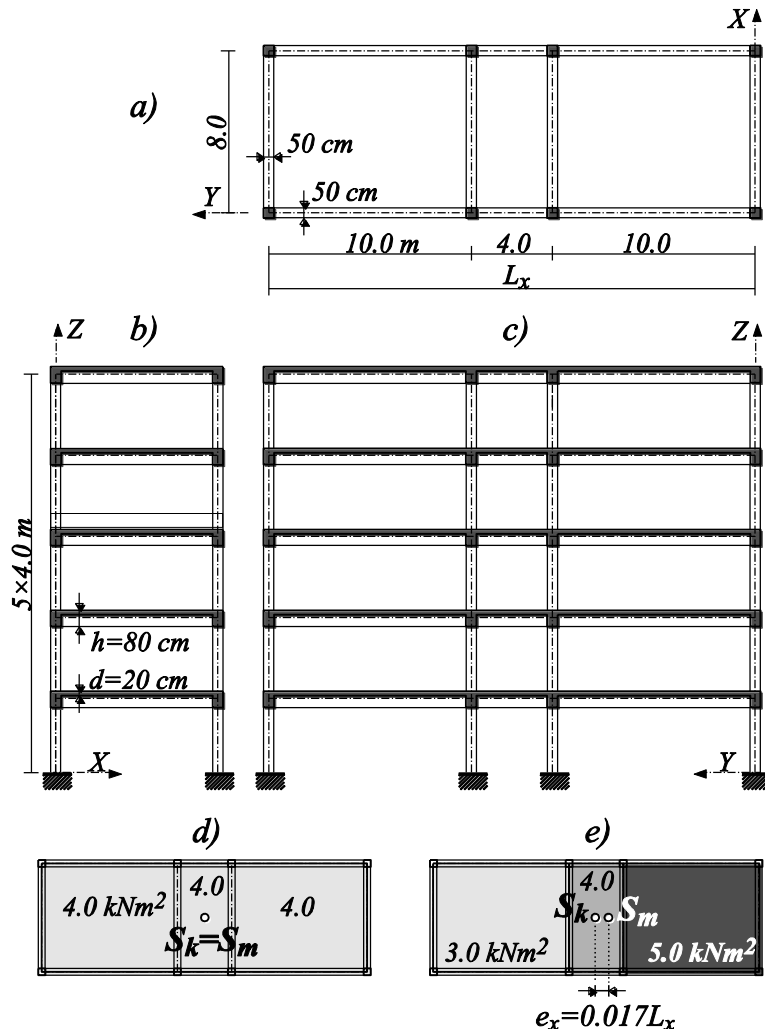
Uspoređeni

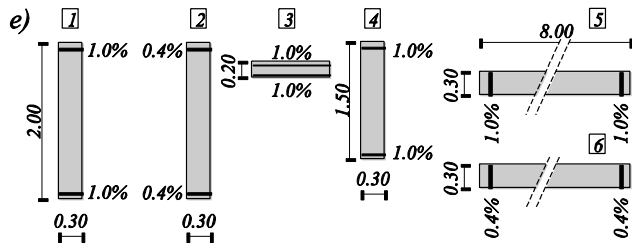
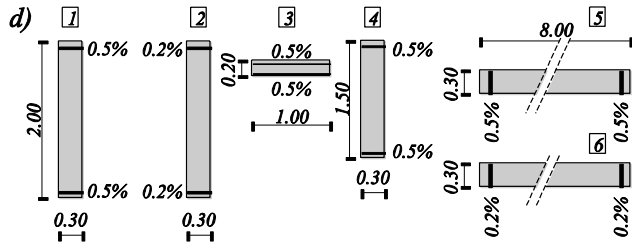
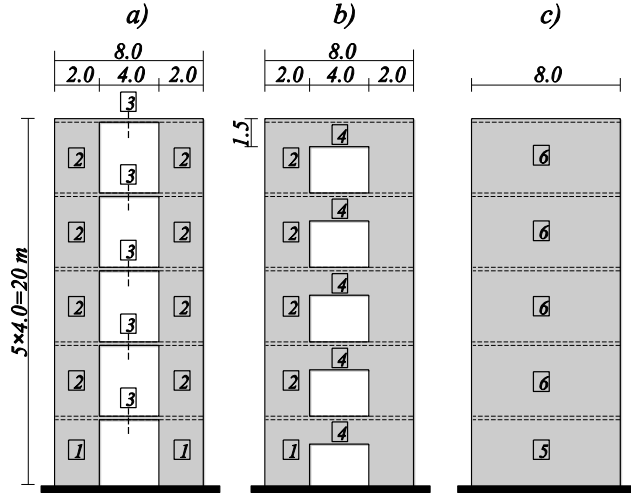
OKVIRNI SUSTAV

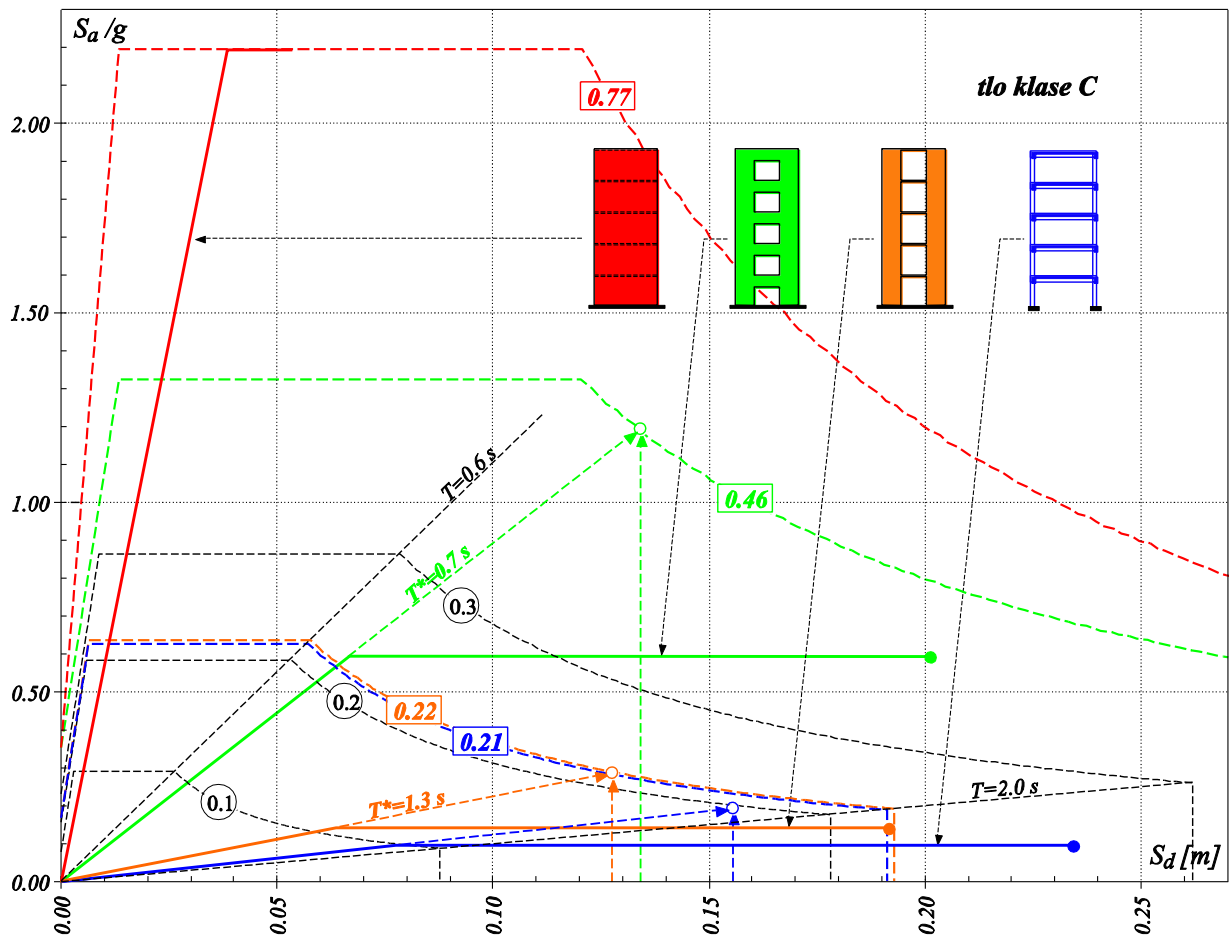
VITKI ZIDOVI

ZIDOVI S OTVORIMA

POSMIČNI ZIDOVI







Paketi za proračun prema metodi naguravanja

Slobodni za korištenje :

ZEUS

SEIZMOSTRUCT

Profesionalni paketi

SAP

ETABS

MIDAS GEN - Južna Koreja

AMQUAKE – Za zidane konstrukcije

SCIA 2011 - Konstrukcija krivulje nosivosti

Informacije o dostupnosti preko Internet tražilica

Numerika u metodi naguravanja

1. Nelinearna analiza naguravanja je vrlo zahtjevan i numerički složen postupak jako osjetljive točnosti.
2. Male varijacije svojstava poprečnih presjeka A/B elemenata ili opterećenja mogu znatno mijenjati krivulju ravnoteže i oblik mehanizma sloma ili gubitka stabilnosti.
3. U svim obrađenim primjerima kritičan je mehanizam koji slijedi iz prvoga vlastitog vektora (moda) u odnosu na konstantno ubrzanje po visini.
4. Okvirni sustavi su osjetljivi na geometrijsku nelinearnost (P- Δ efekt).
5. Slijed plastifikacije od prečki pa tek na kraju stupova samo je teorijska mogućnost. Praktični primjeri pokazuju da je to teško striktno ostvariti.
6. Zanemarivanje utjecaja momenata savijanja stalnog djelovanja kako nalaže EN EC8 nema praktičnog utemeljenja i može pokazati potpuno krivu sliku nastalih proračunskih mehanizama.
7. **Metoda precjenjuje potresnu otpornost u odnosu na višemodalno naguravanje**

2. METODA CILJANOG UBRZANJA U VIŠEMODALNOJ METODI NAGURAVANJA

wienerberger

5-katni prostorni a/b okvir – Određivanje ciljanog ubrzanja za smjer y

a_{gr}	$a_{s,1}$	F_1	$a_{gr}/2$	$a_{s,2}$	F_2	$a_{s,3}$	F_3	$a_{s,4}$	F_4	$a_{s,5}$	F_5	$F_{SRSS} = \sum F_i$	F_f	F_f / F_{SRSS}	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5
0.39	0.214	1427	0.195	0.570	517	0.731	273	0.402	76	0.342	22	2315	1898	0.82	0.55	1.46	1.87	1.03	0.88
0.32	0.211	1405	0.16	0.491	445	0.600	224	0.330	62	0.285	18	2155	1875	0.87	0.66	1.53	1.88	1.03	0.89
0.25	0.202	1345	0.125	0.415	376	0.469	175	0.255	48	0.210	14	1958	1821	0.93	0.81	1.66	1.88	1.02	0.84
0.23	0.198	1319	0.115	0.383	347	0.431	161	0.233	44	0.200	13	1884	1808	0.96	0.86	1.67	1.87	1.01	0.87
0.21	0.192	1279	0.105	0.355	322	0.394	147	0.213	40	0.190	12	1800	1800	1.00	0.91	1.69	1.88	1.01	0.90

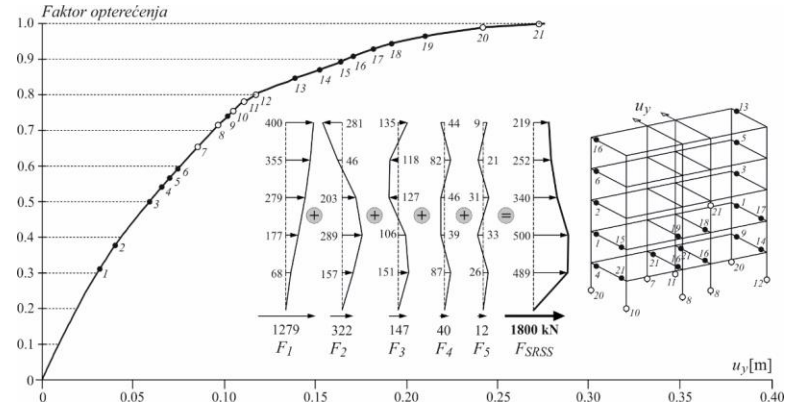
Ciljano ubrzanje pri **korijenskoj (SRSS) kombinaciji modova** za smjer y

$$\sum F_i = \pm m_{ei} a_{s,i} (a_{gr}) F_{fi} / |F_{fi}| + \sum_{i=2}^n \pm m_{ei} a_{s,i} (a_{gr}/2) F_{fi} / |F_{fi}|$$

$$a_{gr,t} = 0.21 \text{ g}$$

$$F_{SRSS} = 1800 \text{ kN}$$

Viši modovi u naguravanju donose znatan utjecaj
U obliku sloma prvi mod nije dominantan



Usporedba rezultata:

a/b okvir	smjer	Pomak = $d_t = 2/3 d_u$						
		prigušenje [%]	$a_{gr,1}$	F_1 [kN]	$a_{gr,t}$	F_L [kN]	$a_{gr,t}$	F_{SRSS} [kN]
5-katni	y	5	0.39	1427	0.17	1934	0.21	1800

Krivulja nosivosti za **korijensku (SRSS) kombinaciju modova** za smjer y

5. CILJANO UBRZANJE VIŠEMODALNE METODE NAGURAVANJA U USPOREDBI S DINAMIČKIM ODGOVOROM SUSTAVA

- **Metode ciljanog ubrzanja** pri linearnoj (L) kombinaciji modova uz 3/3 iskoristivosti pomaka na krivulji nosivosti, uz spektre s izračunatim ekvivalentnim viskoznim prigušenjem
- **Dinamički odgovor sustava** (inkrementalna dinamička analiza)

a/b okvir	smjer	Pomak = $d_t = 3/3 d_u$			Dinamički odgovor	
		prigušenje [%]	$a_{gr,u}$	F_L [kN]	$a_{gr,d}$	F_d [kN]
5-katni	x	28	0.46	2145	0.46	1821
5-katni	y	29	0.455	1914	0.43	1695
9-katni	x	34	0.34	1842	0.33	1554
9-katni	y	27	0.34	1888	0.32	1527

- **Vrlo dobro slaganje s rezultatima provjere prema spektralnoj višemodalnoj analizi**

RAZINA ULAGANJA U POTRESNU ZAŠTITU

Promatra se široki teritorij na kojemu su raspoređene građevine, pojedinačno, blok ili gradski predio, tako da potres pogađa samo po jednu.

Potresnu opasnost definira odnos povratni period, životni vijek i vjerojatnost prekoračenja pojave

$$T_R = -\frac{T_L}{\ln(1 - P_R)}$$

Iz vjerojatnosti prekoračenja pojave $(1 - P_R)$ proizlazi da će od ukupnog broja građevina I_G potres povratnog perioda T_R pogoditi samo jednu prema izrazu

$$I_G = \frac{T_R}{(1 - P_R)T_L}$$

Primjeri: $T_R = 475$ god., i $P_R = 10\%$.

za	$T_L = 475$ god.	$I_G = 1.11$
	$T_L = 200$ god.	$I_G = 2.64$
	$T_L = 100$ god.	$I_G = 5.28$
	$T_L = 50$ god.	$I_G = 10.55$
	$T_L = 1$ god.	$I_G = 527.78$

Ulog u potresnu zaštitu c_{po} se odnosi na sve građevine I_G a povrat uloga u samo jednoj

Racionalno je

$$c_{po} I_G < 1$$

$$c_{po} < (1-P_R)T_L/T_R$$

Konkretno za $T_R=475$ god., $T_L=50$ god. $c_{po} < 0.0985 = 9.85\%$

Povećanje koeficijenta važnosti bez produljenja životnog vijeka

Primjer javne građevine s parcijalnim koef. $\gamma=1.2$, ekvivalentni

$$T_R = 684 \text{ god.} \quad c_{po} < 6.90 \%$$

Duži životni vijek - mostovi

Konkretno za $T_R=475$ god., $T_L=100$ god. $c_{po} < 0.197 = 19.7\%$

Sličnim, nešto složenijim pristupom, dolazi se do ocjene racionalnosti ulaganja u povećanje potresne otpornosti postojećih građevina.

ISKUSTVA O ULAGANJU U POTRESNU ZAŠTITU

Prema nizu autora smatra se da se u zgradarstvu vrlo visoka potresna otpornost može postići uz cijenu od

$$c_{po} = 0.20 C_{konstr} \cdot$$

Danas se cijene konstrukcije zgrada kreću 25% - 50% cijene građevine

Stoga je područje cijene vrlo visoke potresne otpornosti u odnosu na cijenu građevine
 $5\% < c_{po} < 10\%$

Prethodna procjena se odnosi na najviša potresna ubrzanja cca $a_G=0,30$ g. U Hrvatskoj se to reducira ovisno ubrzanjima na konkretnoj lokaciji.

Procjena vrijednost osiguranja građevine od potresa

Životni vijek je tada jedna godina. Cijena osiguranja mora biti najmanje

$$c_o \geq \frac{T_L}{T_R} e - \exp(T_L / T_R)$$

Za $T_R=475$ god. i $T_L=1$ god.

$$c_o \geq 0,0021, \quad (0,21\%)$$

Prethodni iznos ne sadržava proviziju osiguravajućeg društva odnosno banke.

Veličine su relativne prema vrijednosti novoizgrađenog.

NACIONALNI FOND ZA OSIGURANJE OD POTRESNE UGROZE !!

Osnovna iskustva u rekonstrukcijama i nadogradnjama zgrada i obiteljskih kuća

Područje obale, otoka i zagore

Mjerodavno djelovanje za provjere redovito je potresno djelovanje

Najvažniji zahvati

Pretvaranje dotrajalih međukatnih konstrukcija u sustave krutih dijafragmi.

a/b ploče

tlačne ploče nad drvenim grednicima i sitnorebrastim sustavima

umetanje sitnorebrastih susatva s tlačnim pločama

lakobetonski polumontažni sustavi

U svakoj kombinaciji osiguranje obosmjernog horizontalnog povezivanja
mjestimičnim armaturnim vezama do vanjskog lica zidova

S obzirom da su potkrovlja gotovo redovito korištena kao stambeni prostori uz rijetke drvene
krovove, vrijedi isto kao i za međukatne konstrukcije s nešto manje učešća a/b krovnih streha.



Iskustva u sanacijama i rekonstrukcijama zidova kamenih građevina

Fugiranja vanjskog i unutrašnjeg lica

Mjestimično injektiranje

Kod nadogradnji po mogućnosti ubacivanje ponekog a/b zida ili stupa

Velika dilema – kolika je čvrstoća kamenog zida

Iz iskustva Crnogorskog potresa, Podgorskog potresa, Stonskog potresa zbog relativno niske kvalitete mortova ako ga uopće ima smatralo se da je moguće ostvariti najmanje

$$\tau_{rd} = 0.1 \text{ MPa}$$



Nedostatak tehničkih normi

Zahvati u graditeljstvu su toliko široki i kompleksni da norme nikada neće moći obuhvatiti sve situacije koje se u životu struke događaju.

Sukladno Zakonu o standardizaciji

NORME NISU OBVEZATNE

Ali ste u svakom drugom pristupu dužni **osigurati i dokazati** pouzdanost u gradnji koju predviđa Zakon, tehnički propis i norme

Kada norme ne pokrivaju predmetno područje nastupa

Odgovor na slobodan inženjerski pristup (Zašto smo studirali)

U projektiranju konstrukcija dovoljna je suglasnost projektanta i revidenta.

LITERATURA

Balić, Ivan; *Ciljano ubrzanje u višemodalnoj metodi naguravanja u potresnoj analizi a/b konstrukcija, Disertacija Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split 2013.*

Balić, Ivan; Trogrlić, Boris; Mihanović, Ante, *Simplified multimodal pushover target acceleration method for seismic resistance analysis of medium-rise RC structures* // *KSCE Journal of Civil Engineering*, **21** (2017), 1; 378-388.

Trogrlić, Boris, *Potresna otpornost zidanih konstrukcija, materijali s predavanja Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split 2018.*

Mihanović, Ante, *Odabrana poglavlja potresnog inženjerstva, Doktorski studij, materijali s predavanja Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Split 2016.*

POZDRAV ZAGREBU

HVALA NA PAŽNJI