

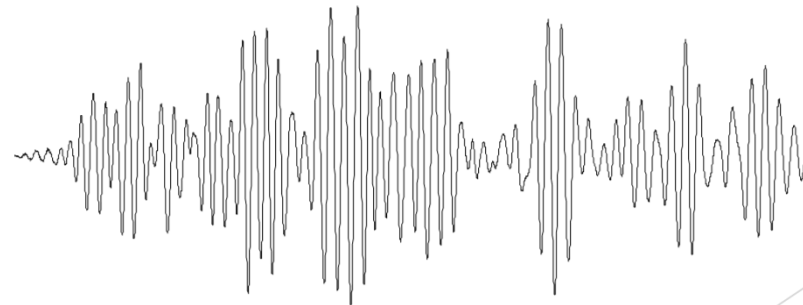


Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek
Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek



PARAMETRI ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJA

Prof. dr. sc. Marijana Hadzima-Nyarko



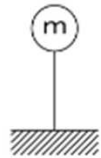
Zagreb, 09.11.2022.



SADRŽAJ

1. *Najbitniji parametri SDOF sustava*
2. *Osnovni period armiranobetonskih okvirnih konstrukcija*
3. *Osnovni period armiranobetonskih zidova*
4. *Poprečna sila u prizemlju kod popuštanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija*
5. *Poprečna sila u prizemlju kod popuštanja armiranobetonskih zidova*

ALGORITAM METODOLOGIJE



Input parameters:

- period
- elastic base shear capacity
- post-elastic stiffness
- damping

STRUCTURE → SDOF SYSTEM

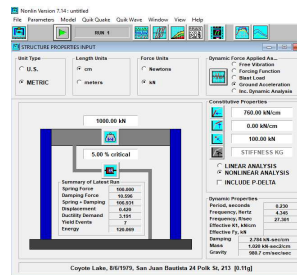
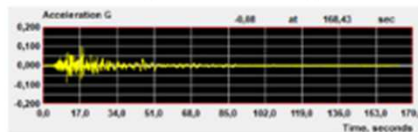
$$DI = \frac{1}{30} \left[D + \Delta K + \sqrt[3]{N_y E_H / W} \right]$$



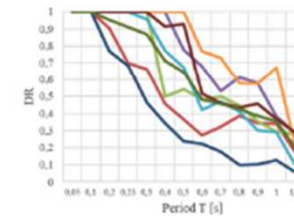
**NONLINEAR DYNAMIC
STEP-BY-STEP ANALYSIS**

Input parameters:

- accelograms of earthquakes

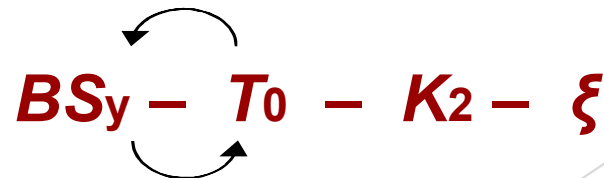
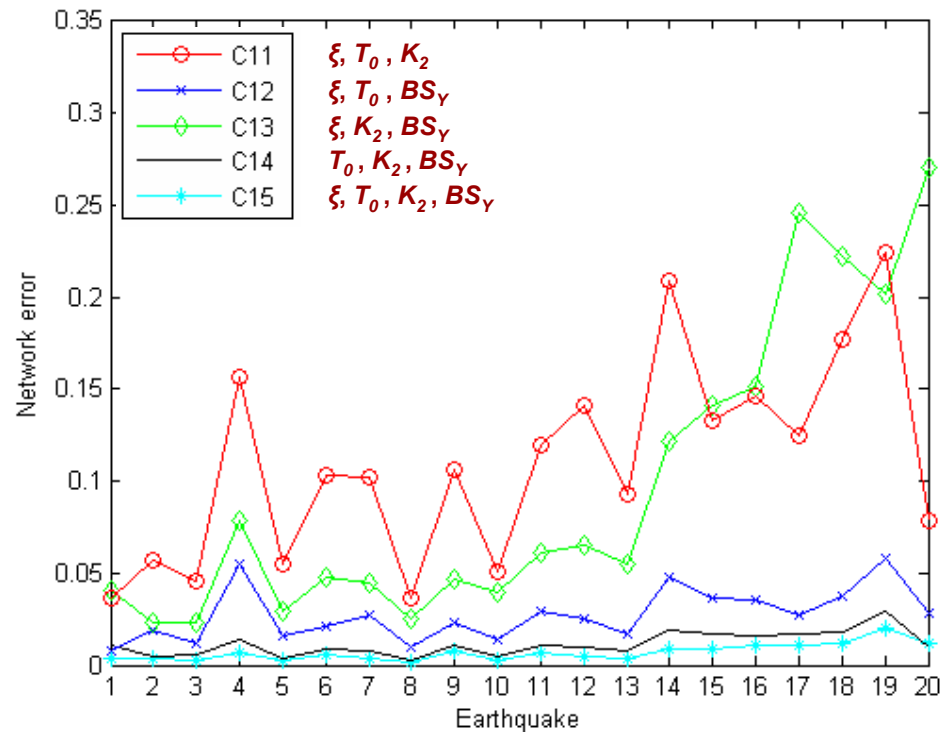


**DI SPECTRAL
FUNCTIONS**



Analiza osjetljivosti parametara SDOF modela na koeficijent oštetljivosti

Kombinacija	Ulazni parametri
C1	ξ
C2	T_0
C3	K_2
C4	BS_Y
C5	ξ, T_0
C6	ξ, K_2
C7	ξ, BS_Y
C8	T_0, K_2
C9	T_0, BS_Y
C10	K_2, BS_Y
C11	ξ, T_0, K_2
C12	ξ, T_0, BS_Y
C13	ξ, K_2, BS_Y
C14	T_0, K_2, BS_Y
C15	ξ, T_0, K_2, BS_Y



OSNOVNI PERIOD

Osnovni period armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

UBC-97, ATC3-06, SEAOC-96 i NEHRP-94

$C_t = 0,03$ - za ab momentno otporne okvire
 $C_t = 0,025$ - za ab momentno otporne okvire (ATC3-06)
 H - visina zgrade [ft]

$$T = C_t H^{0,75}$$

Euronorma 8

$C_t = 0,075$ - za prostorne armiranobetonske okvire
 $C_t = 0,050$ - za sve druge građevine
 H - visina zgrade [m]

$$T = 0,1 \cdot N$$

Opći empirijski izraz NEHRP-094, NBC

N - broj katova

$$T = 0,105 \cdot N$$

Empirijski izraz prema Kobayashi

Empirijski izraz prema Navarro

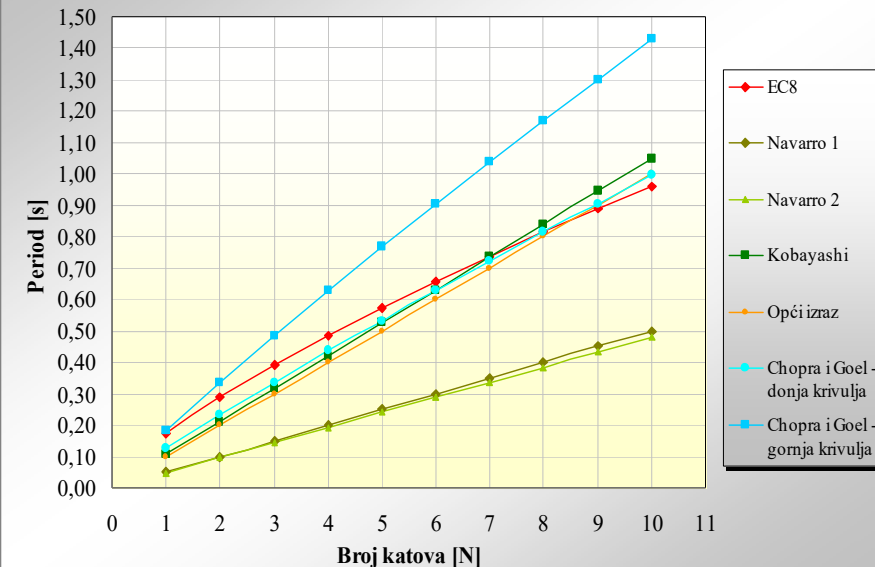
$$T = (0,049 \pm 0,001) \cdot N$$

Empirijski izraz prema Goel i Chopra

$$T_L = 0,0466 H^{0,9}$$

$$T_U = 0,067 H^{0,9}$$

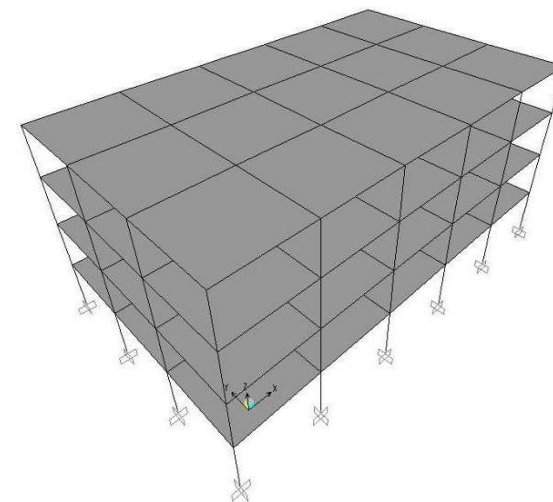
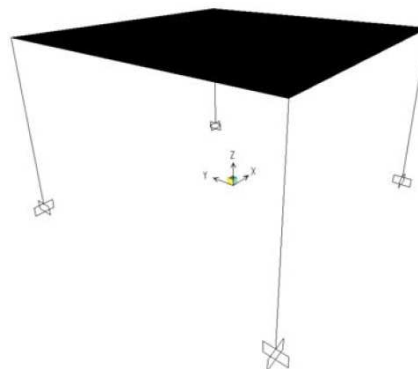
Usporedba empirijskih izraza



OSNOVNI PERIOD

Osnovni period armiranobetonских okvirnih konstrukcija

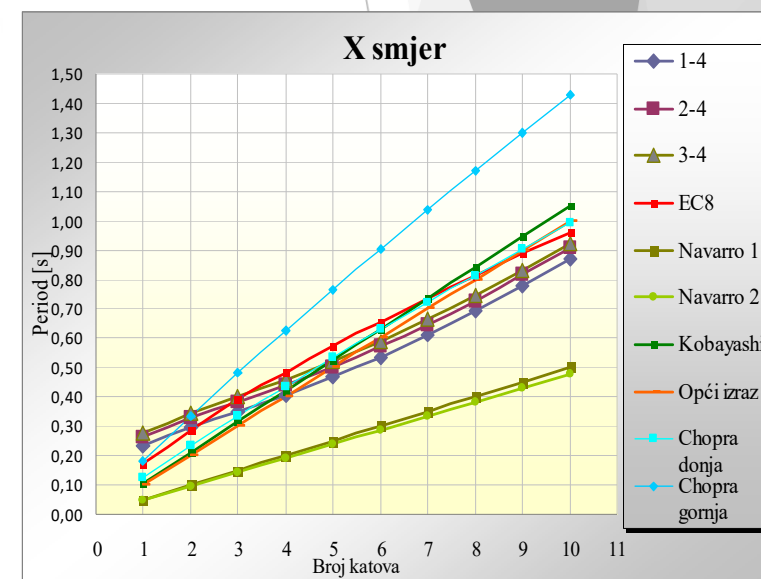
Broj katova	Dimenzija stupa	Dimenzija stupa
1	25/25	30/30
2	30/30	35/35
3	35/35	40/40
4	40/40	45/45
5	45/45	50/50
6	50/50	55/55
7	55/55	60/60
8	60/60	65/65
9	65/65	70/70
10	70/70	75/75
	Ukupno 300 modela	Ukupno 300 modela



- tloris - 5 m osnovog razmaka stupova u smjeru osi x i y
- katna visina - 3 m
- generiranje osnovnog modela u dužinu - do 10 osnovnih modela
 širinu - do 3 osnovna modela
 i visinu - do 10 katova

600 modela ab okvira

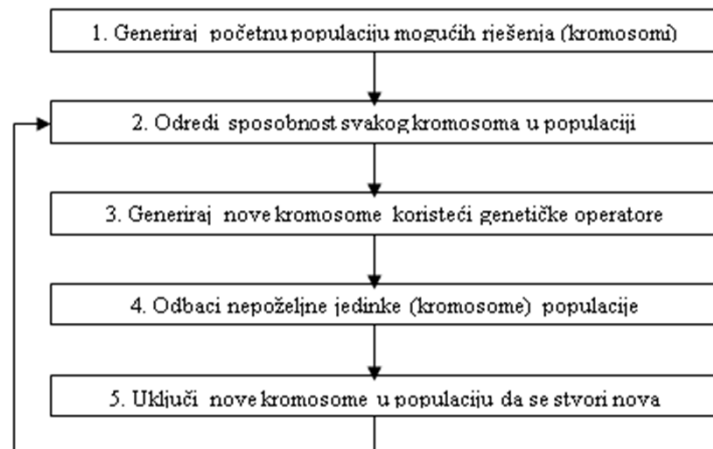
oznaka: npr. 1-4 → model s 1 širinom i 4 dužine



Osnovni period armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

Genetički algoritam - heuristička metoda optimiranja koja oponaša prirodni evolucijski proces

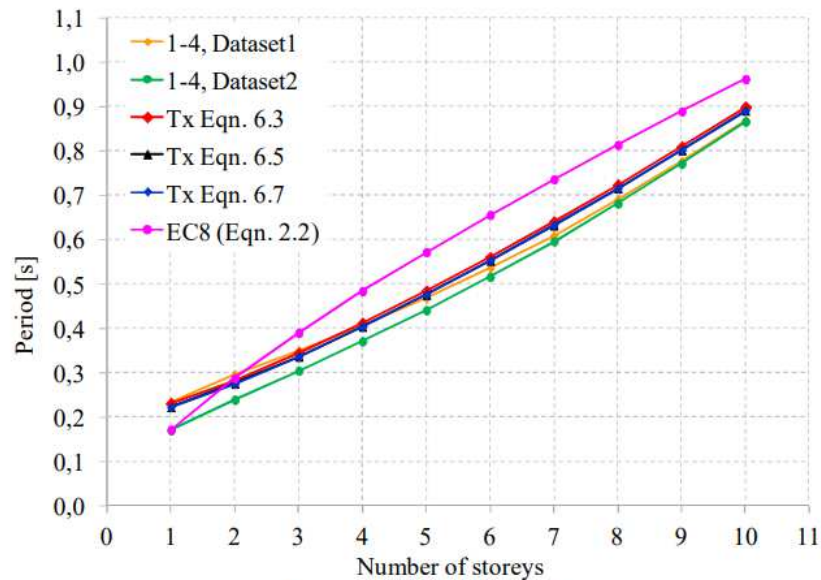
- uspješno primjenjuje u optimizacijskim problemima, problemu pretraživanja, problemu raspoređivanja, problemu određivanja parametara sustava, itd.
- prednost genetičkog algoritma jest u činjenici da je sposoban odrediti položaj globalnoga optimuma u prostoru s više lokalnih ekstrema, u tzv. višemodalnome prostoru
- MATLAB toolbox – Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox



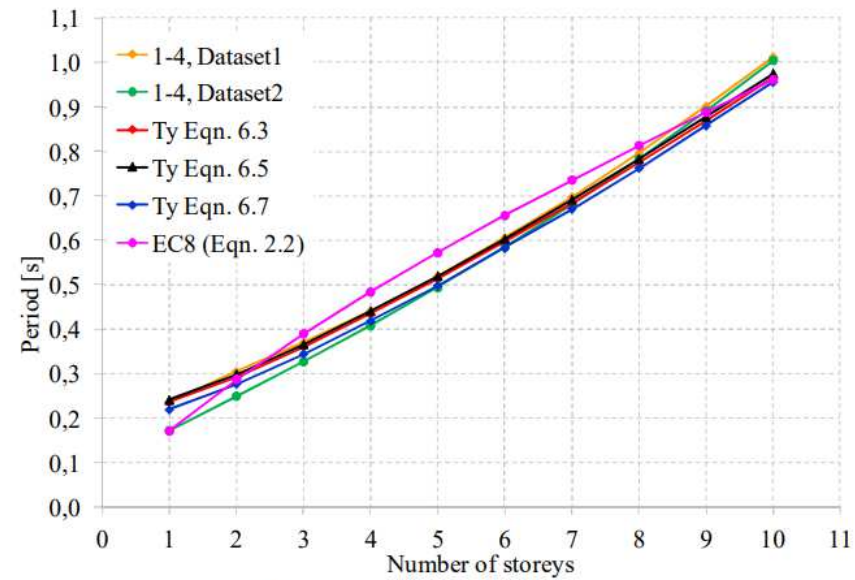
Osnovna struktura GA (Nyarko 2001)

Empirijski izraz	Smjer	Srednja kvadratna pogreška
$T_{rcf1,x} = 0,1518 \cdot N^{0,7534}$	x	0,0021
$T_{rcf,x} = \frac{20,464}{100} \cdot \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{\frac{8,3404}{100}} + \frac{3,8425}{100} \cdot N^{\frac{126,31}{100}}$	x	0,0008
$T_{rcf1,y} = 0,1518 \cdot N^{0,7846}$	y	0,0021
$T_{rcf,y} = \frac{16,495}{100} \cdot \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{\frac{11,881}{100}} + \frac{4,3552}{100} \cdot N^{\frac{124,93}{100}}$	y	0,0007

Osnovni period armiranobetonskih okvirnih konstrukcija



a) longitudinal direction



b) transversal direction

Calculated periods for RC frame models with 1 bay in transversal direction and 4 bays in longitudinal direction

Osnovni period armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima

Euronorma 8 $C_t = \frac{0,075}{\sqrt{A_c}}$ $A_c = \sum \left[A_i \left(0,2 + \frac{l_{wi}}{H} \right)^2 \right]$ $l_{wi}/H \leq 0,9$

A_c – ukupna proračunska ploština nosivih zidova u prvom katu zgrade u [m²]

A_i – proračunska ploština presjeka nosivog zida „i“ u prvom katu zgrade [m²]

l_{wi} – dužina nosivog zida „i“ u prvom katu u smjeru usporednom s djelovanjem sila

H – visina zgrade [m]

$$T = C_t \cdot H^{\frac{3}{4}}$$

NEHRP-94

H – visina zgrade iznad temelja [ft]

C_t – brojčani koeficijent $C_t=0,02$.

UBC-97 i SEAOC96 $C_t = \frac{0,1}{\sqrt{A_c}}$ $A_c = \sum_{i=1}^{NW} A_i \left[0,2 + \left(\frac{D_i}{H} \right)^2 \right]$ $\frac{D_i}{H} \leq 0,9$

A_i – horizontalna ploština poprečnog presjeka [ft²]

D_i – dimenzija u promatranom smjeru i -tog nosivog zida prvog kata konstrukcije [ft]

NW – ukupan broj nosivih zidova

ATC3-06 i ranije verzije drugih američkih normi

D – dimenzija zgrade pri temelju u promatranom smjeru [ft]

$$T = \frac{0,05H}{\sqrt{D}}$$

Empirijski izraz prema Chopra i Goel

donja krivulja

$A_e = \sum_{i=1}^{NW} \left(\frac{H}{H_i} \right)^2 \left[\frac{A_i}{1 + 0,83 \left(\frac{H_i}{D_i} \right)^2} \right]$ gornja krivulja

A_e – ekvivalentna ploština nosivih zidova

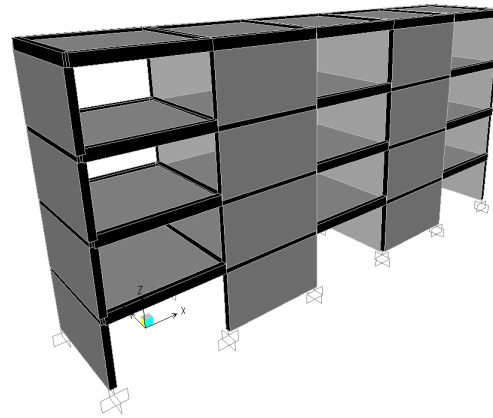
NW – broj nosivih zidova

A_i , H_i , i D_i – ploština, visina i dimenzija u promatranom smjeru i -tog nosivog zida (SW)

$$T_L = 0,0019 \frac{1}{\sqrt{A_e}} H$$

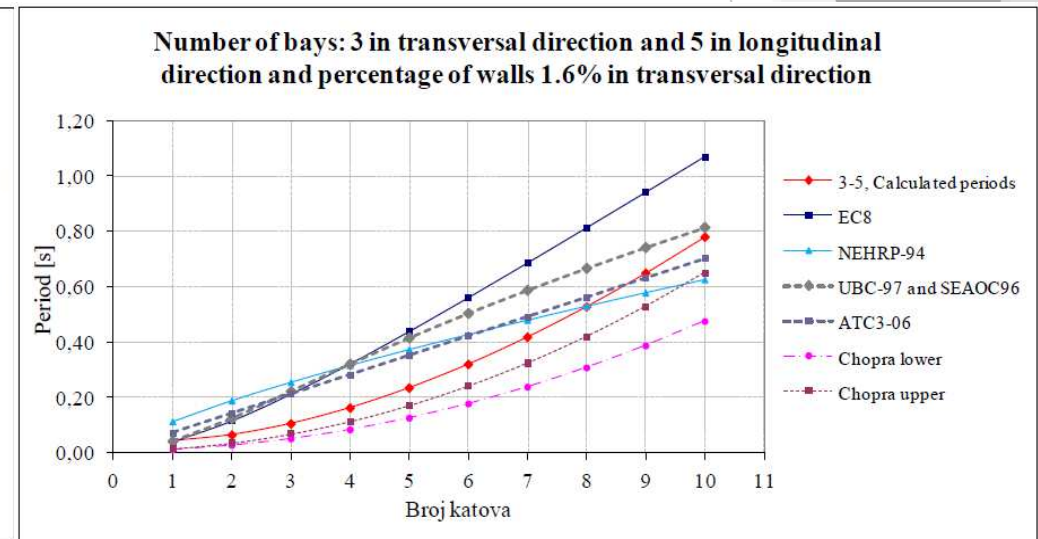
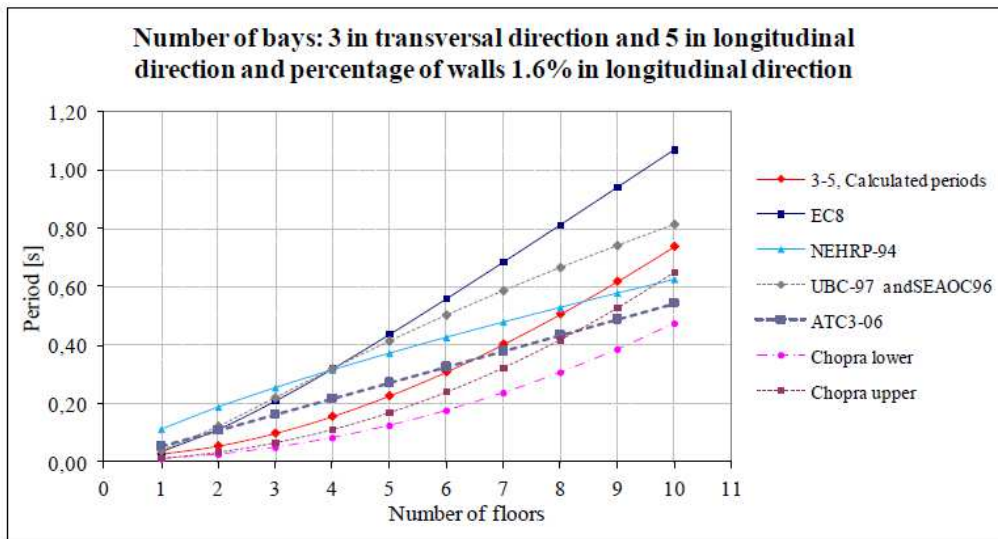
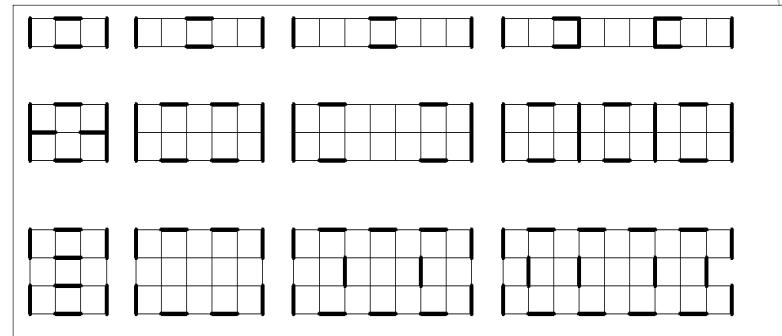
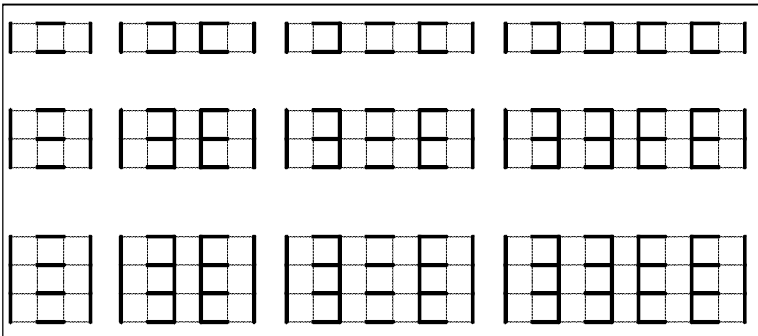
$$T_D = 0,0026 \frac{1}{\sqrt{A_e}} H$$

Osnovni period armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima



- tloris – 5 m osnog razmaka u smjeru osi x i y
- katna visina – 3 m
- generiranje osnovnog modela u dužinu - do 10 osnovnih modela
širinu - do 3 osnovna modela
i visinu - do 10 katova
- 230 modela - 2 skupine – veći i manji postotak ploštine zidova

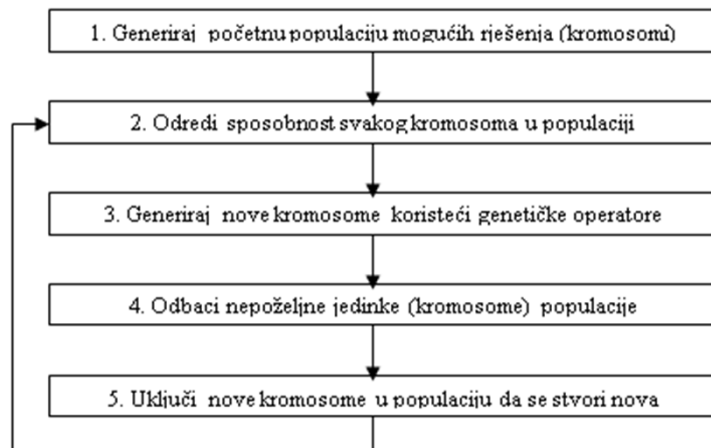
Osnovni period armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima



Osnovni period armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima

Genetički algoritam - heuristička metoda optimiranja koja oponaša prirodni evolucijski proces

- uspješno primjenjuje u optimizacijskim problemima, problemu pretraživanja, problemu raspoređivanja, problemu određivanja parametara sustava, itd.
- prednost genetičkog algoritma jest u činjenici da je sposoban odrediti položaj globalnoga optimuma u prostoru s više lokalnih ekstrema, u tzv. višemodalnome prostoru
- MATLAB toolbox – Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox



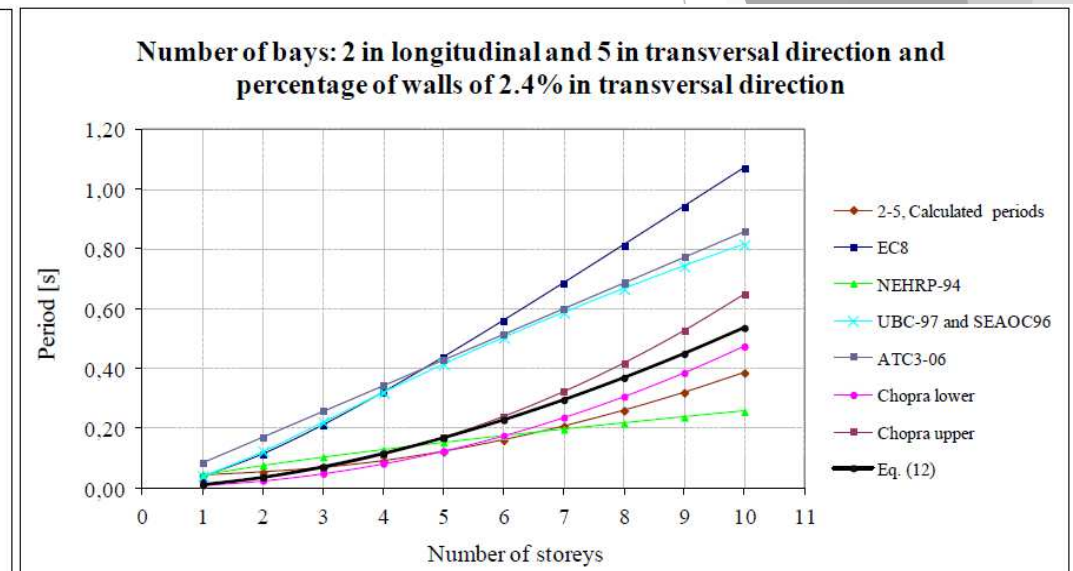
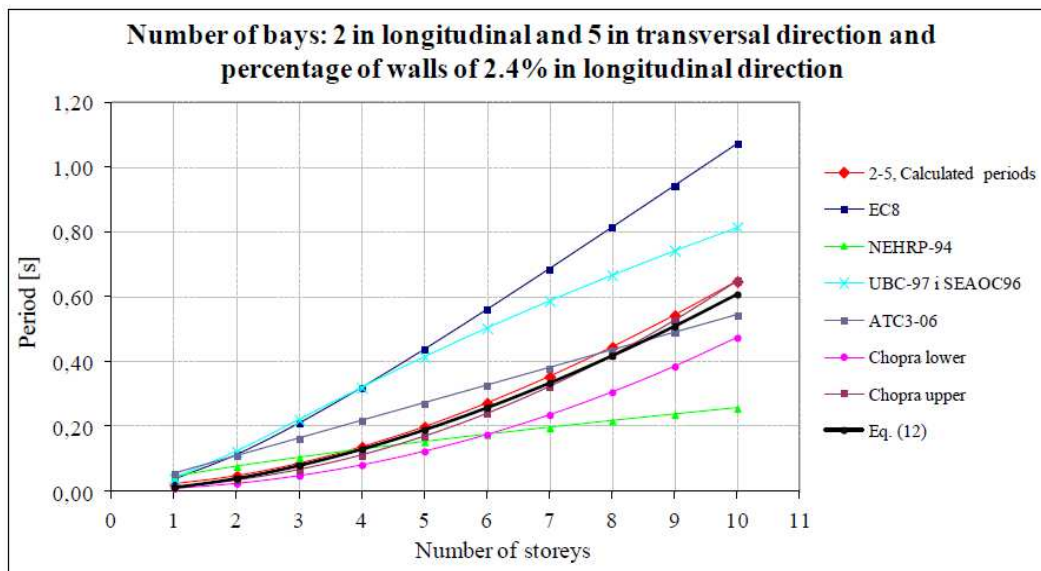
Osnovna struktura GA (Nyarko 2001)

Empirijski izraz	Smjer	Srednja kvadratna pogreška
$T_{rcfw1,x} = 0,0014 \cdot \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{\frac{1,42}{100}} \cdot u_x^{\frac{58,99}{100}} \cdot N^{\frac{171,45}{100}}$	x	0,0012
$T_{rcfw2,x} = 0,0013 \cdot u_x^{-0,5915} \cdot N^{1,7146}$	x	0,0013
$T_{rcfw3,x} = 0,0023 \cdot \frac{H^{1,7136}}{D_x^{0,0908}}$	x	0,00577
$T_{rcfw1,y} = 0,0003 \cdot \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{\frac{2,67}{100}} \cdot u_y^{\frac{98,72}{100}} \cdot N^{\frac{159,23}{100}}$	y	0,0051
$T_{rcfw2,y} = 0,0003 \cdot u_y^{-0,9871} \cdot N^{1,5933}$	y	0,0051
$T_{rcfw3,y} = 0,0031 \cdot \frac{H^{1,5820}}{D_y^{0,2160}}$	y	0,01242

Hadzima-Nyarko, M.; Morić, D.; Nyarko, E.K.; Draganić, H. Direction Based Elastic Period Expressions of Reinforced Concrete Shear Wall Dominant Structures using Genetic Algorithms. Second European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Ansal, Atilla (ur.), Istanbul: EAEE, 2014. str. 1205-1216

Nastavi sve dok nije zadovoljen unaprijed određeni uvjet

Osnovni period armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima



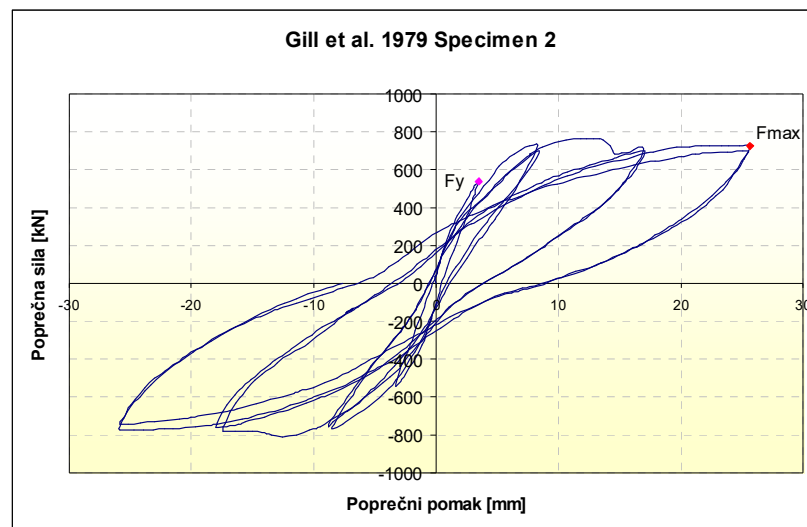
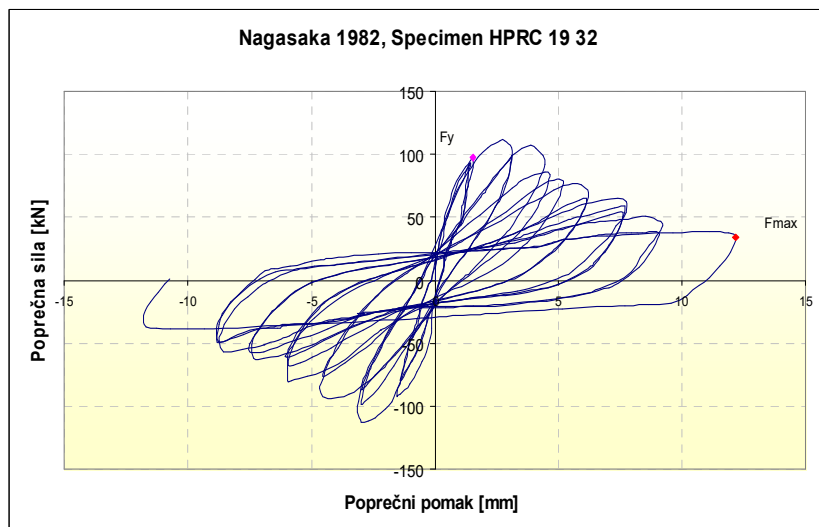
POPREČNA SILA U PRIZEMLJU KOD POPUŠTANJA

Poprečna sila prizemlja kod popuštanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

Baza podataka rezultata provedenih testova armiranobetonskih stupova

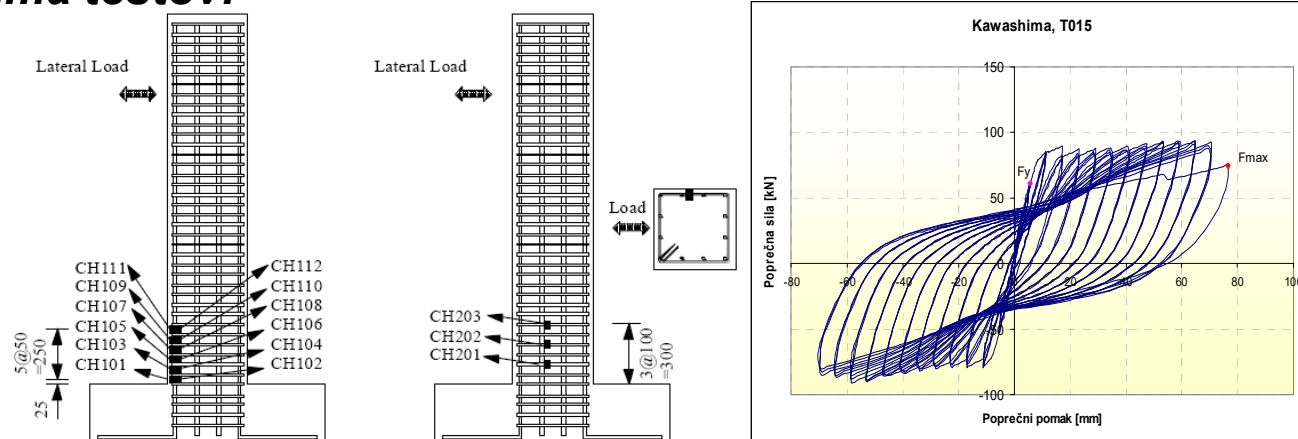
Pacific Earthquake Engineering Research Center, PEER

- za svaki test: geometrija stupa,
značajke gradiva,
značajke opterećenja
rezultati testa – krivulja sila-pomak



Poprečna sila prizemlja kod popuštanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

Kawashima testovi



Oznaka uzorka	TP-10	TP-11	TP-12	TP-13
Presjek	Kvadratni			
Veličina presjeka [mm]	400 x 400			
Djelotvorna visina [mm]	1450			
Djelotvorna širina [mm]	360			
Omjer visine i dužine	4.03			
Omjer armiranja uzdužnom armaturom [%]	1.07	0.95	0.99	0.95
Volumenski omjer armiranja poprečnom armaturom [%]	0.77			
Čvrstoća betona na cilindrima σ_{c0} [MPa]	21.0	20.6	20.3	21.0
Uzdužna armatura	SD295A D10 (377 MPa)	SD295A D13 (367 MPa)	SD295A D16 (364 MPa)	SD345 D13 (375 MPa)
Poprečna armatura	SD295A D6 (Granica popuštanja=376 MPa)			
Uzdužna sila [kN]	160 (1.05 MPa pri dnu)			

Poprečna sila prizemlja kod popuštanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

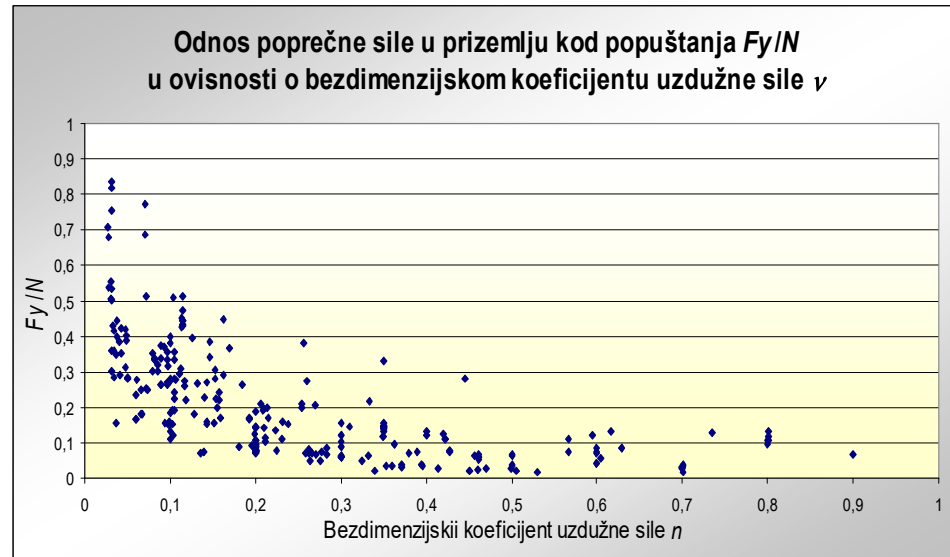
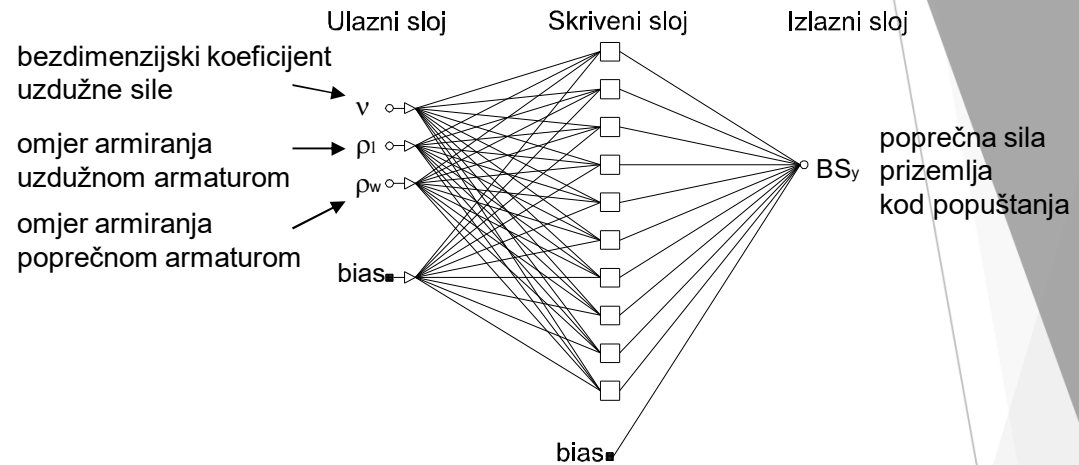
Usvojena baza

- za upotrijebljenih 207 ispitivanja poznati podatci:
 - jasno određeno cikličko opterećenje,
 - čvrstoće betona i čelika,
 - geometrijske značajke stupa,
 - poznata razina aksijalnog opterećenja,
 - postotak armiranja uzdužnom armaturom,
 - postotak armiranja poprečnom armaturom.

Poprečna sila prizemlja kod popuštanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

Kombinacija	Ulazni parametri
C1	v
C2	ρ_l
C3	ρ_w
C4	v, ρ_l
C5	v, ρ_w
C6	ρ_l, ρ_w
C7	v, ρ_l, ρ_w

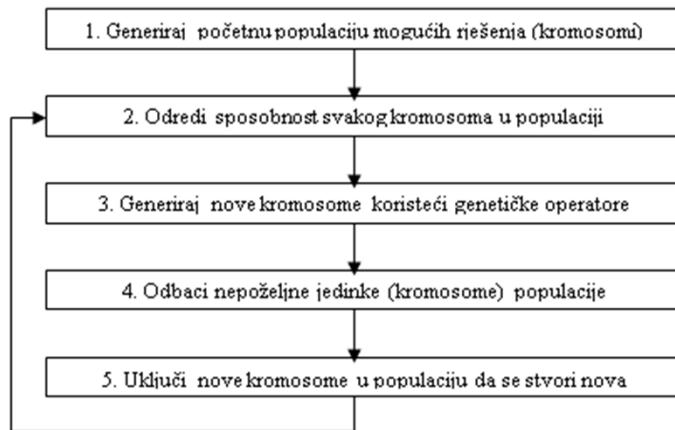
$$v \rightarrow \rho_l \rightarrow \rho_w$$



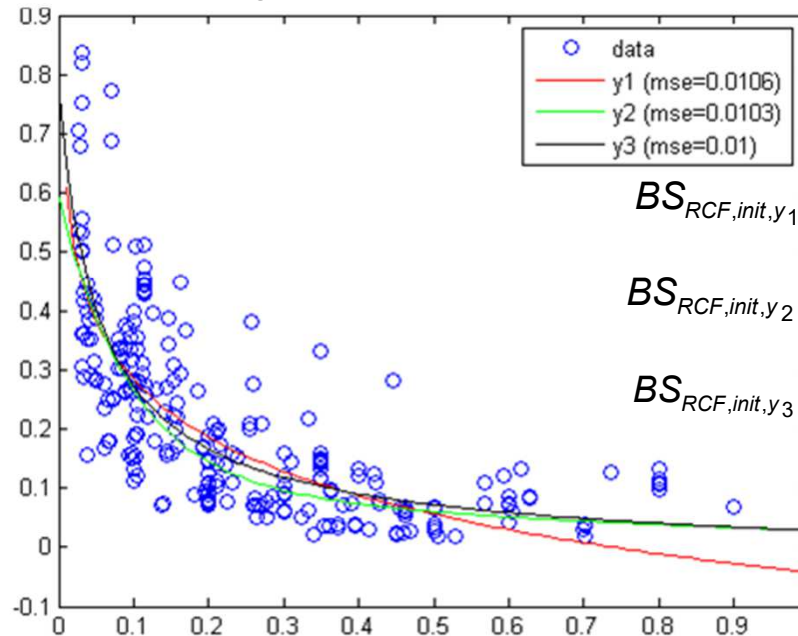
Poprečna sila prizemlja kod popuštanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

Genetički algoritam - heuristička metoda optimiranja koja oponaša prirodni evolucijski proces

- uspješno primjenjuje u optimizacijskim problemima, problemu pretraživanja, problemu raspoređivanja, problemu određivanja parametara sustava, itd.
- prednost genetičkog algoritma jest u činjenici da je sposoban odrediti položaj globalnoga optimuma u prostoru s više lokalnih ekstrema, u tzv. višemodalnome prostoru
- MATLAB toolbox – Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox



Osnovna struktura GA (Nyarko 2001)



$$BS_{RCF,init,y_1} = y_1 = -0,1417 \ln(1,3525v)$$

$$BS_{RCF,init,y_2} = y_2 = 0,1163e^{-1,3935v} + 0,476e^{-10,6992v}$$

$$BS_{RCF,init,y_3} = y_3 = \frac{0,1304}{0,9889e^{1,5447v} - 0,8189e^{-1,9135v}}$$

POSILIJEELASTIČNA KRUTOST

Poslijeelastična krutost armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima

Baza podataka rezultata provedenih testova armiranobetonskih zidova

Za svaki su test analizirani:

materijal i

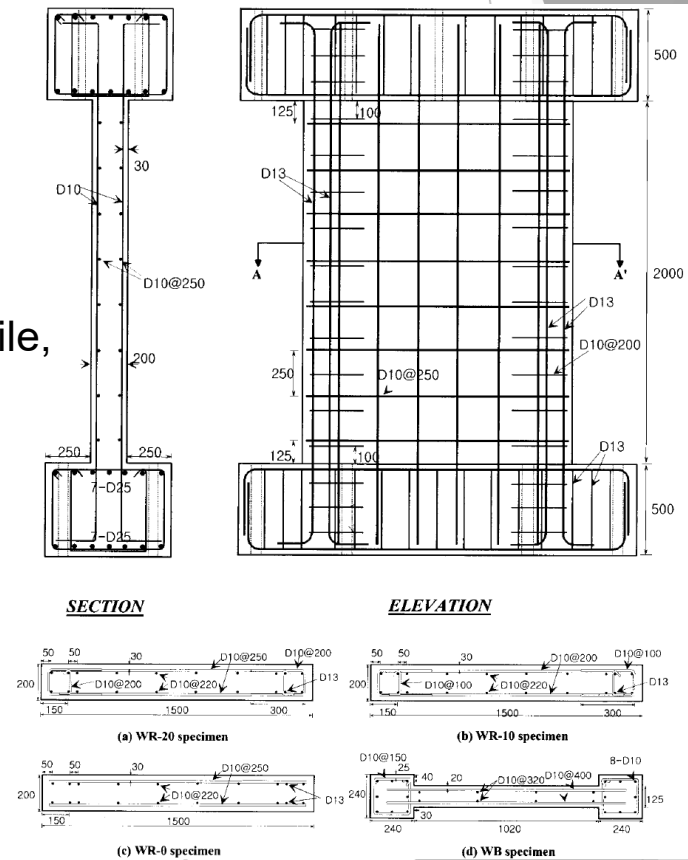
geometrija zidova - visina, dužina i debljina hrpta zida,

omjer visine prema dužini zida,

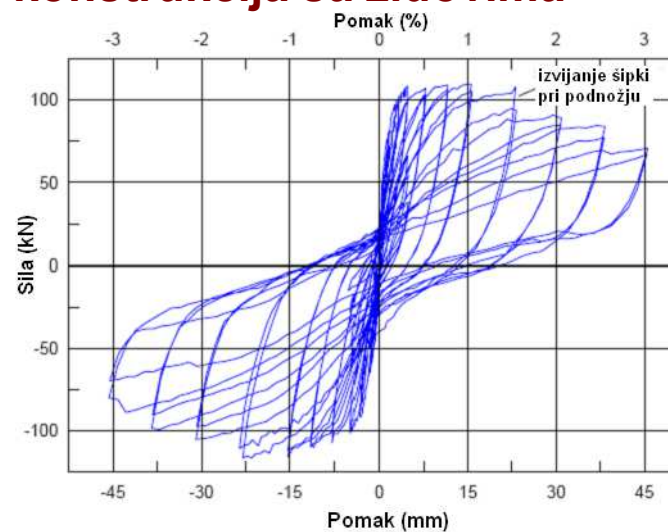
primijenjena uzdužna sila i bezdimenzijski koeficijent uzdužne sile,

omjer armiranja uzdužnom i

omjer armiranja poprečnom armaturom



Poslijeelastična krutost armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima



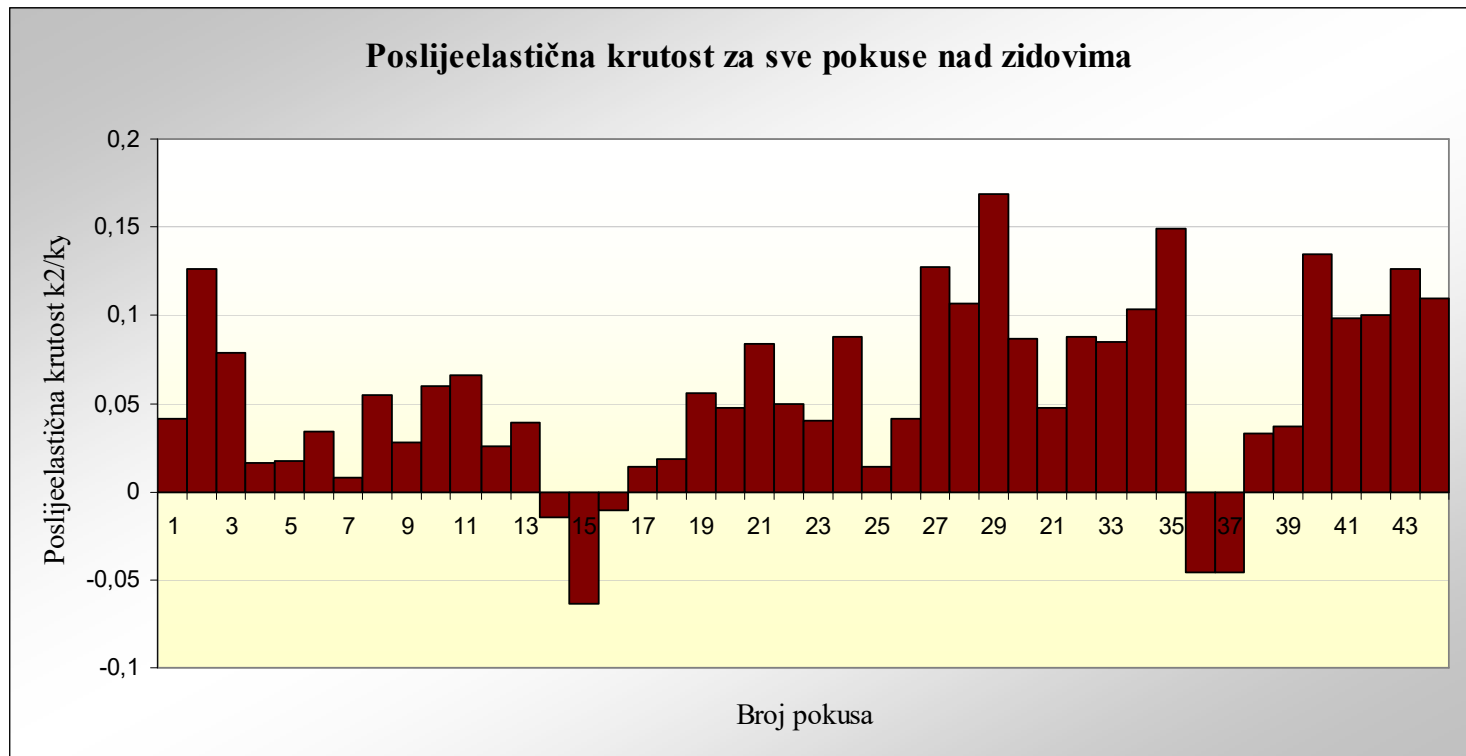
Tablica 1: Dimenzije i detalji armiranja za uzorke (jedinice dužina = mm)

Uzorak	Poprečni presjek i detalji	Odnos visine prema dužini	Uzd. naprezanje ($N/A_g f'_c$)	(1) f'_c (MPa)	(2) ρ_b (%)	(3) ρ_{bh} (%)	(4) ρ_v (%)	(5) ρ_s (%)
WR-20		2.0	0.10	27.6	4-D13 (1.27)	D10@250 (0.28)	D10@220 (0.32)	D10@200 (0.99)
WR-10		2.0	0.10	27.6	4-D13 (1.27)	D10@250 (0.28)	D10@220 (0.32)	D10@100 (1.97)
WR-0		2.0	0.10	27.6	4-D13 (1.27)	D10@250 (0.28)	D10@220 (0.32)	None
WB		2.0	0.10	27.6	8-D10 (0.99)	D10@400 (0.28)	D10@320 (0.36)	D10@150 (0.94)

Oznake:

- (1) Računska tlačna čvrstoća betona
- (2) Omjer armiranja uzdužnom armaturom ruba zida
- (3) Omjer armiranja horizontalnom armaturom lupta
- (4) Omjer armiranja vertikalnom armaturom lupta
- (5) Volumenski omjer poprečnom armaturom ruba zida

Poslijeelastična krutost armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima



Razina poslijeelastične krutosti ne prelazi 20 % početne elastične horizontalne krutosti

Hvala na pozornosti!

Graduate university study programme information:
<http://www.gfos.unios.hr/teaching-and-education>

Full professor Marijana Hadzima-Nyarko
Department for materials and structures
mhadzima@gfos.hr;



<http://www.gfos.unios.hr/cv/preddiplomski-sveucilisni-studij-gradevinarstvo/marijana-hadzima-nyarko>