

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON POTRESA zakonodavni i tehnički okvir

Pristup popravku i pojačanju građevinske konstrukcije višestambene zgrade

Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.

STUDIO ARHING d.o.o.



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Kačićeva 26, Zagreb
www.grad.unizg.hr

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON
POTRESA - zakonodavni i tehnički okvir

15. srpnja 2020., Zagreb

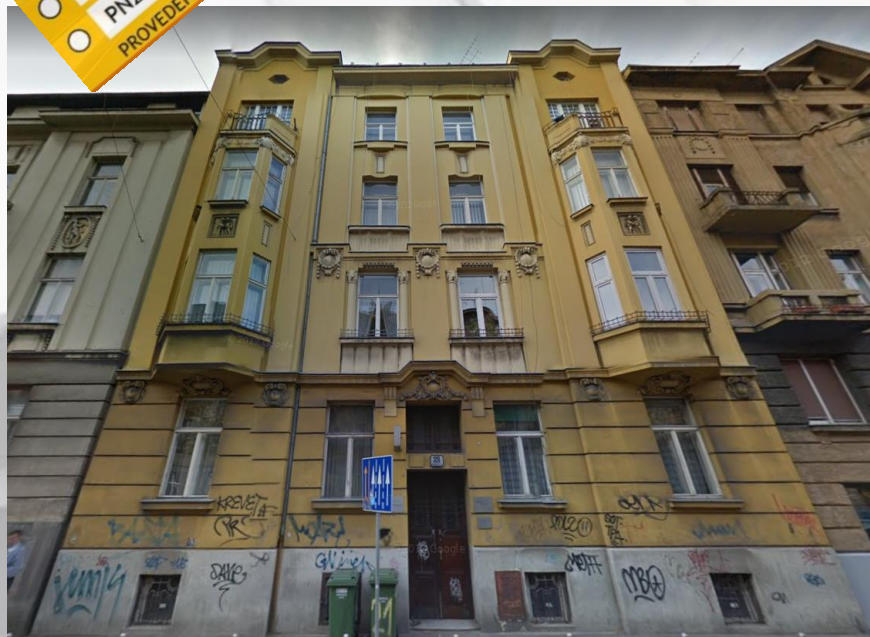
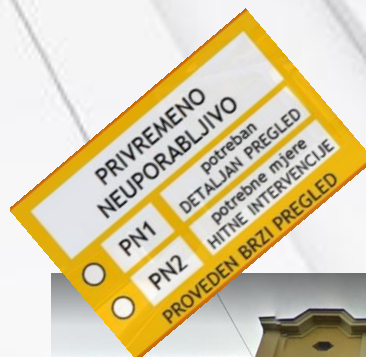
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Osnovni podaci

Osnovni podaci o zgradi:

- Ulična 'ugrađena' zgrada u bloku s početka 20. stoljeća
- 5-etaža – poluukopani suteren, prizemlje, 3 x kat i potkrovlje
- Tlocrtna dimenzija 16,3 x 19,6 m
- Nosiva konstrukcija: dvostrešno drveno krovništvo u potkrovlju, neomeđeno zidano zid, na većem dijelu katova drveni grednici, betonske ploče na čeličnim gredama u stropu suterena i dijelovima katova (ispod mokrih čvorova), stubište sa čeličnim tetivama i podvlakama

Oštećenja od potresa:

- Djelomično urušavanje oba zabatna zida u potkrovlju i odvajanje od zgrade po cijeloj visini
- Dijagonalne pukotine u poprečnim (nenosivim) zidovima
- Pukotine u nadvojima i parapetima uzdužnih nosivih zidova
- Stubišni elementi bez većih oštećenja



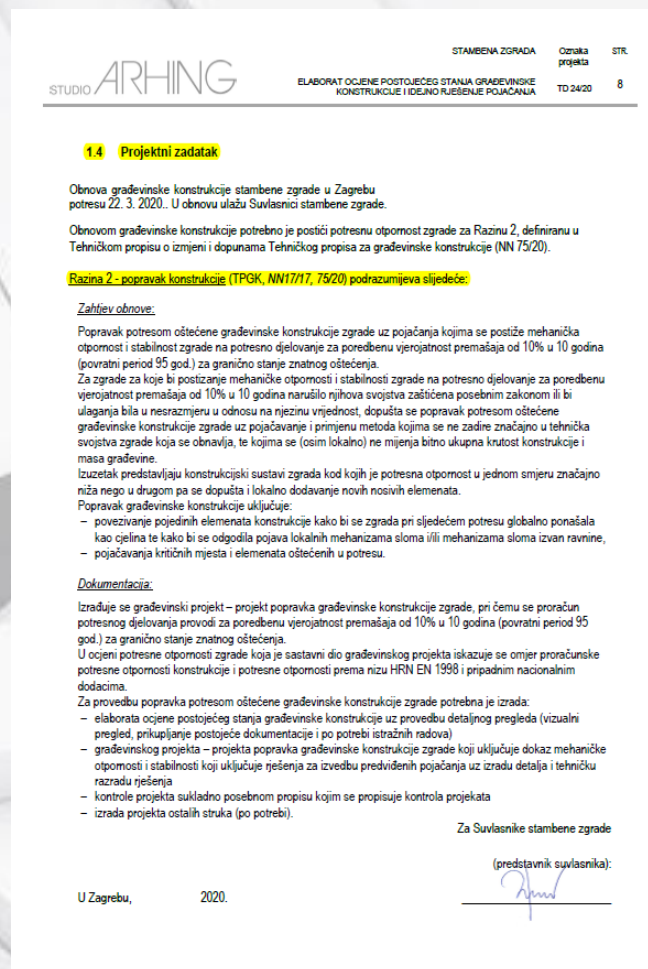
Višestambena zgrada u Boškovićевой ulici | Osnovni podaci

Projektni zadatak:

- Izvesti potpuni popravak uz prihvatljivo pojačanje konstrukcije i to:
 - Odabrana Razina 2 obnove prema TPGK (NN 17/17 i 75/20)
 - bez iseljavanja starana (namještaj se skupi na sredinu prostorija i prekrije zaštitnim najlonom)
 - bez zadiranja u podove
 - poštivajući konzervatorske uvjete

Važno:

Upoznati vlasnike o mogućim razinama obnove definiranim važećom tehničkom regulativom, ali odluku o odabranoj razini donosi isključivo vlasnik.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Kačićeva 26, Zagreb
www.grad.unizg.hr

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON
POTRESA - zakonodavni i tehnički okvir
15. srpnja 2020., Zagreb

Višestambena zgrada u Boškovićевой ulici | Faze projekta

1. Faza – istražne aktivnosti :

Ishođenje konzervatorskih uvjeta

- Dobava arhivskih nacrtā zgrade
- Izrada arhitektonske snimke postojećeg stanja
- Detaljan stručni pregled
- Istražni radovi na nosivoj konstrukciji
- Grafički prikaz utvrđenih oštećenja
- Izrada Elaborata detaljnog pregleda s ocjenom stanja
- idejno rješenje popravka i pojačanja

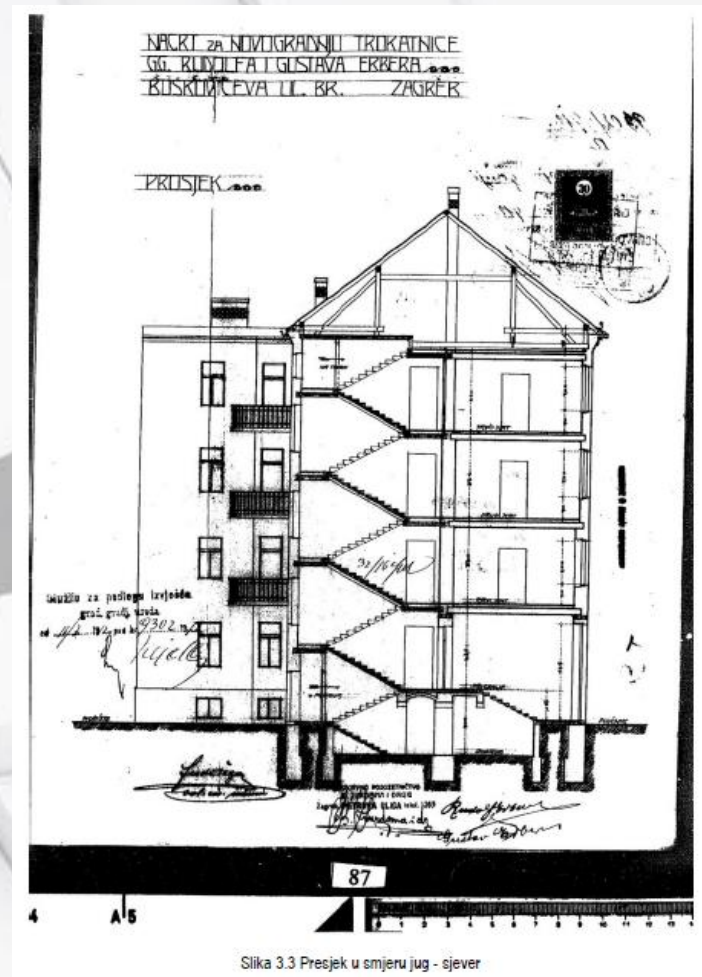
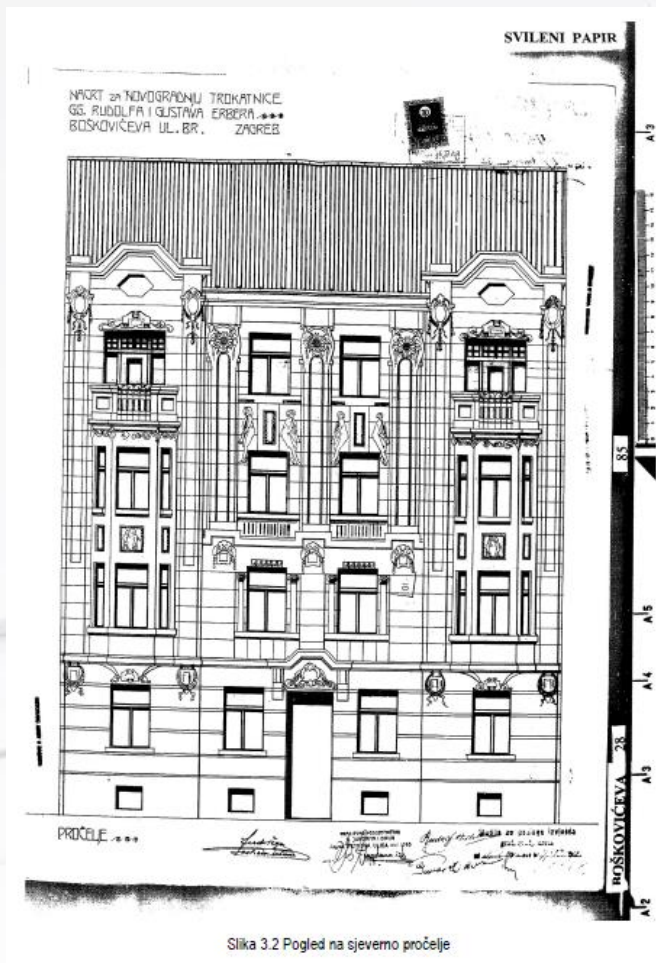
2. Faza – projekt :

- Građevinski projekt popravka i (ili) pojačanja konstrukcije:
 - Tehnički opis
 - Analiza opterećenja
 - Seizmička analiza
 - Kontrola nosivosti zidova
 - Nacrti
 - Troškovnik
 - Izračun parametara za seizmički certifikat zgrade

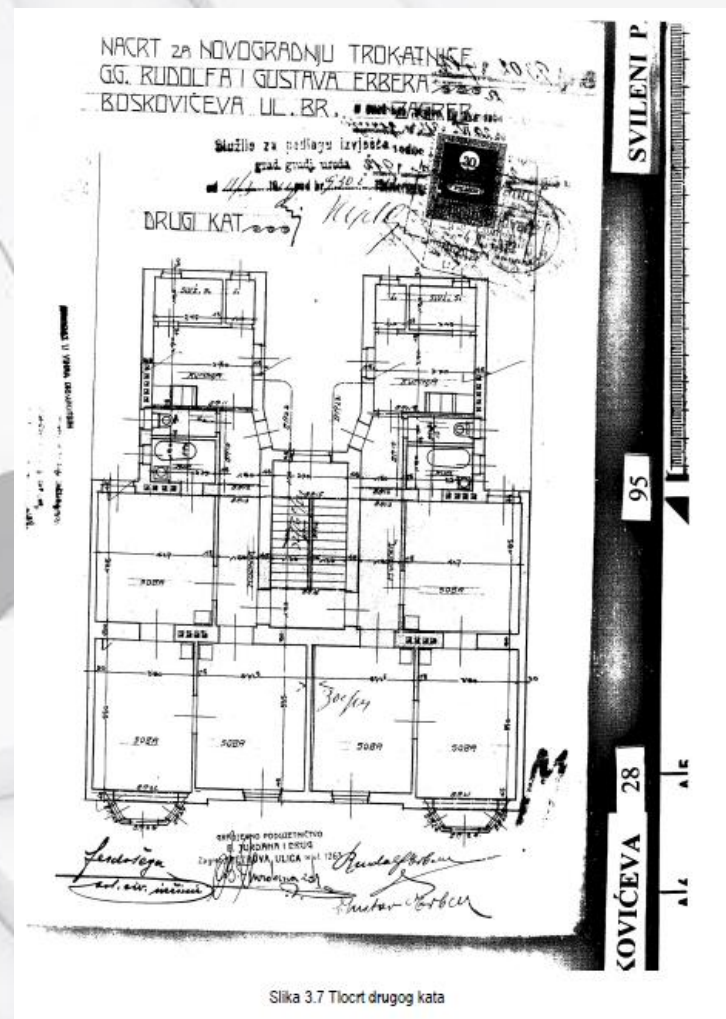
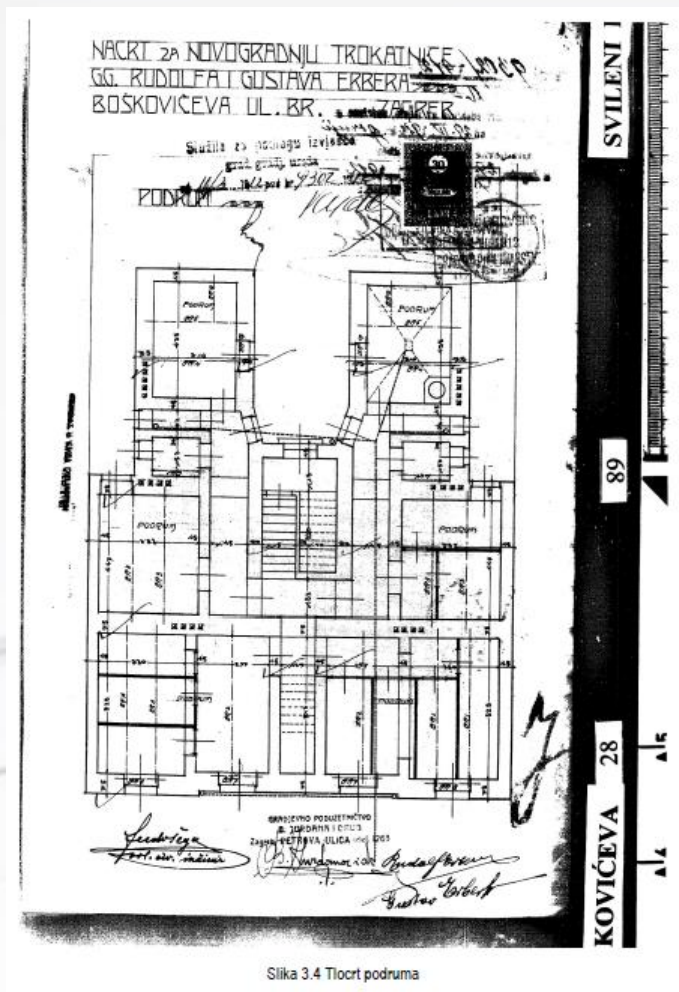
Ishođenje suglasnosti konzervatora



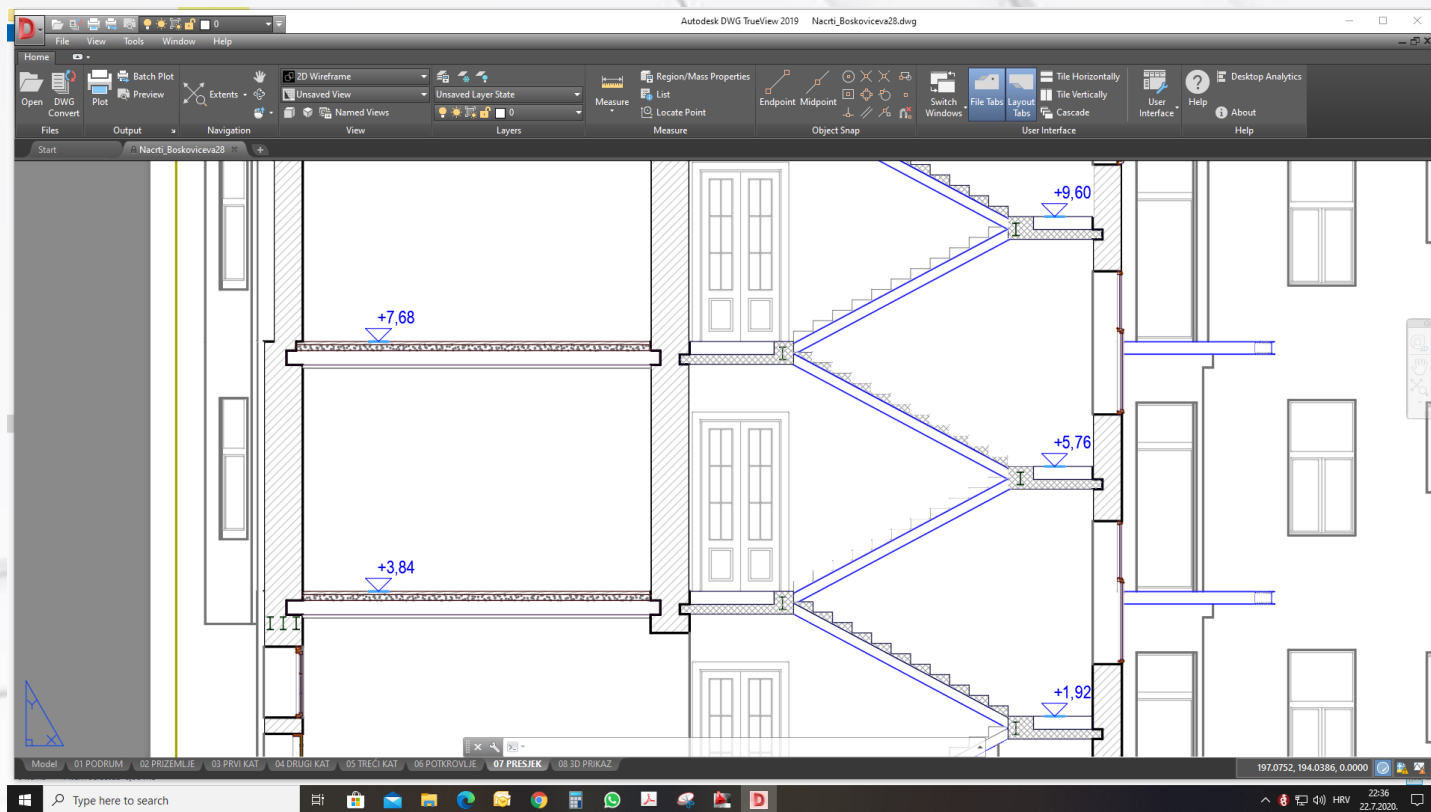
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Arhivski nacrti zgrade



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Arhivski nacrti zgrade



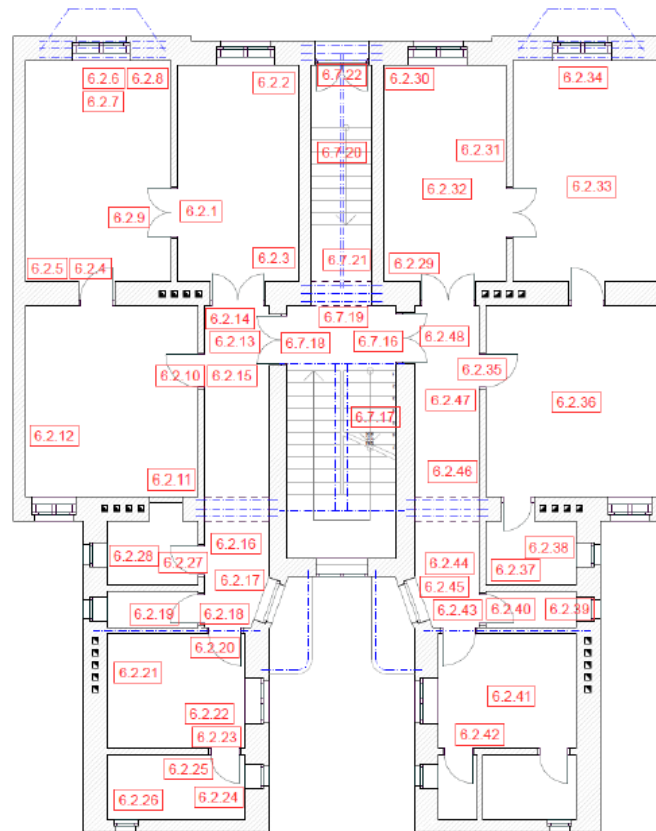
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Arhitektonska snimka postojećeg stanja



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Detaljan stručni pregled

Legenda oznaka:

- 6.1.X** pozicija oštećenja u podrumu
- 6.2.X** pozicija oštećenja u prizemlju
- 6.3.X** pozicija oštećenja na prvom katu
- 6.4.X** pozicija oštećenja na drugom katu
- 6.5.X** pozicija oštećenja na trećem katu
- 6.6.X** pozicija oštećenja na potkrovlju
- 6.7.X** pozicija oštećenja na stubištu



Slika 6.0. 2. Pozicije oštećenja na tlocrtu prizemlja

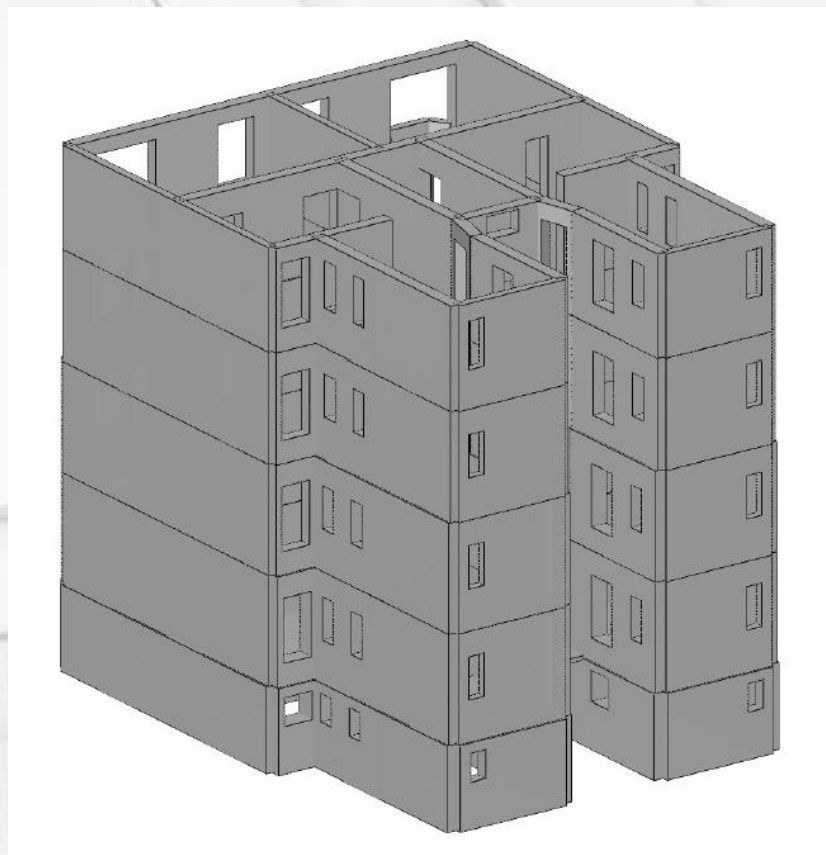
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Detaljan stručni pregled



Slika 6.4. 44

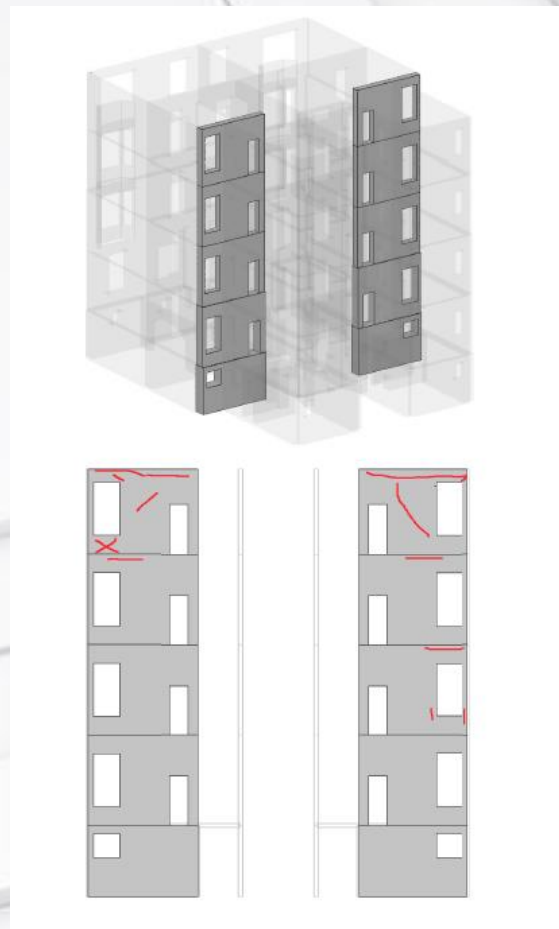
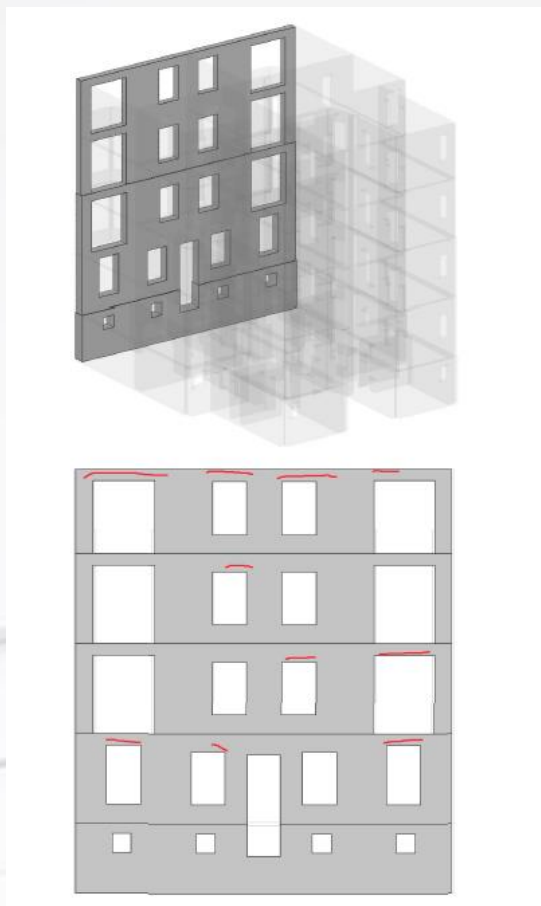
Stan drugog kata
desno, dijagonalna
pukotina na
pregradnom zidu

Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Grafički prikaz oštećenja



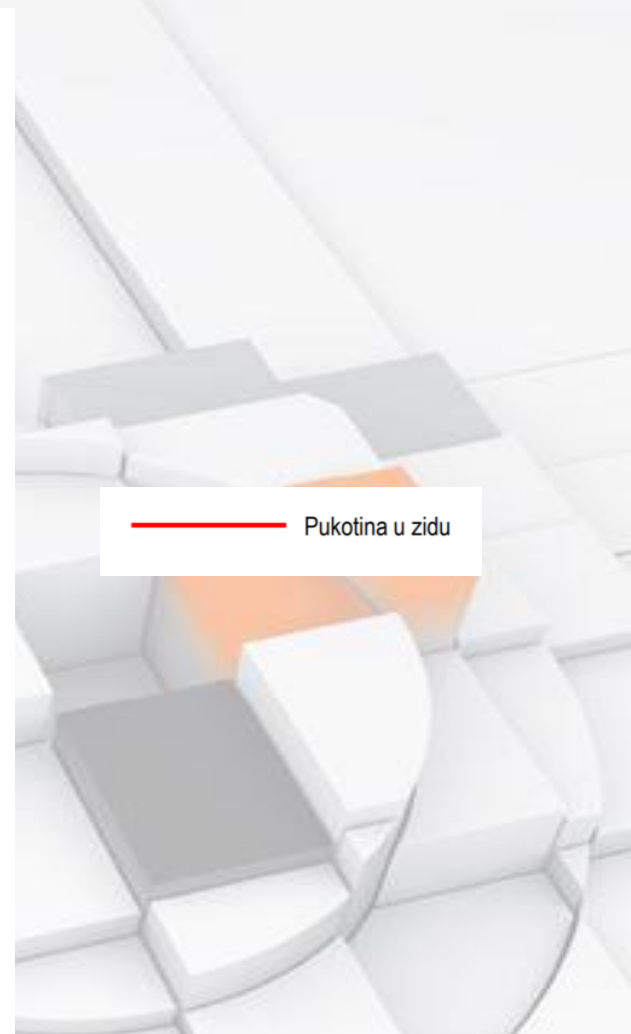
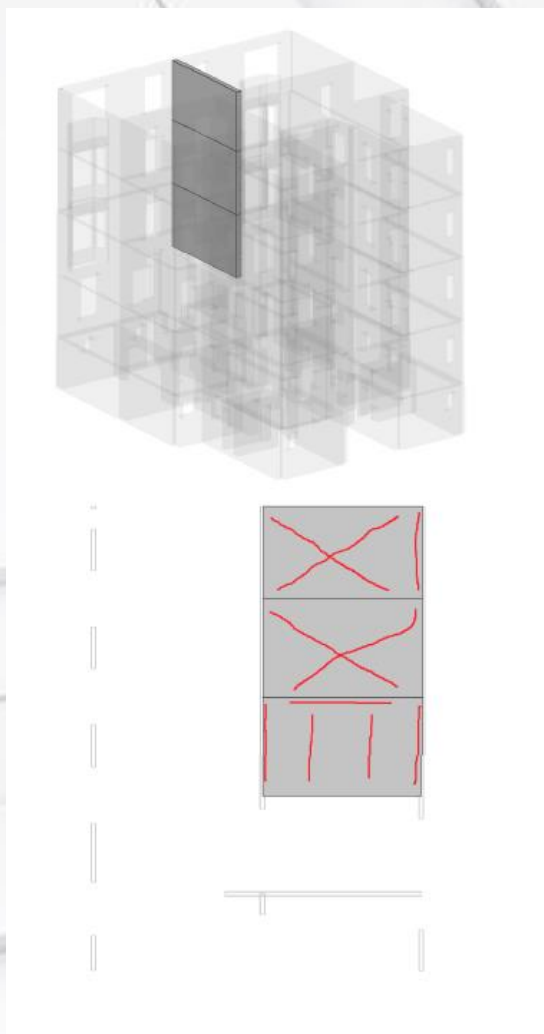
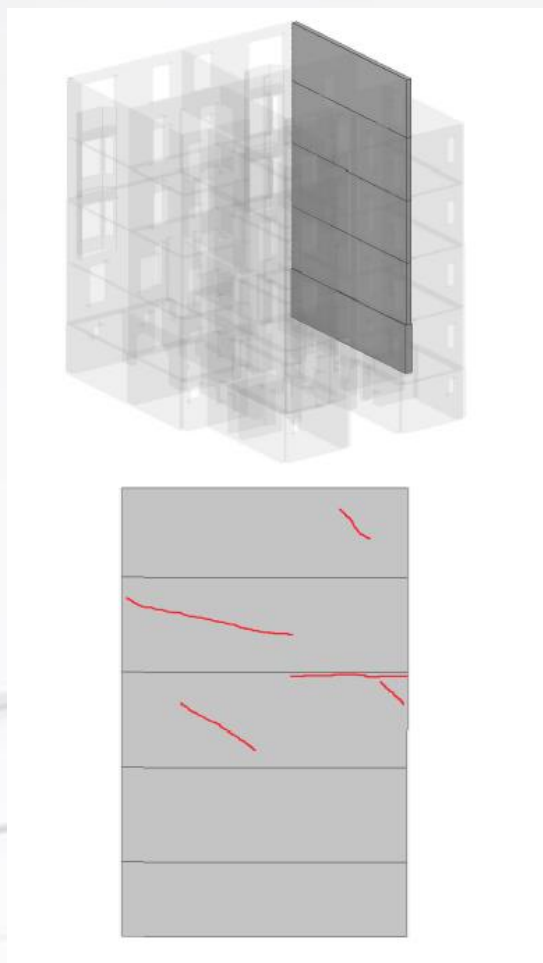
Prostorni 3D model za grafički prikaz oštećenja

Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Grafički prikaz oštećenja

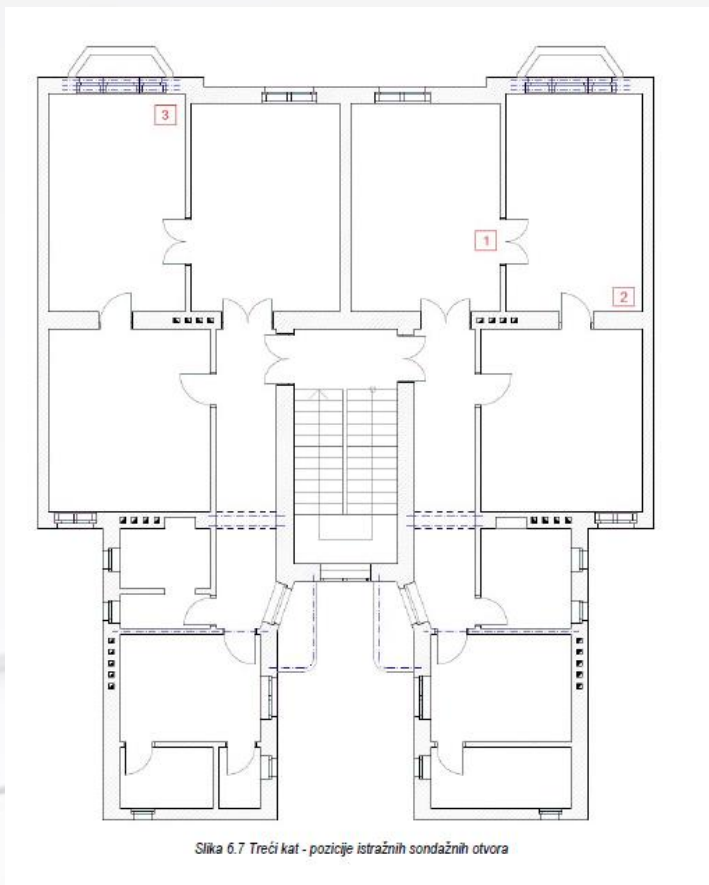


— Pukotina u zidu

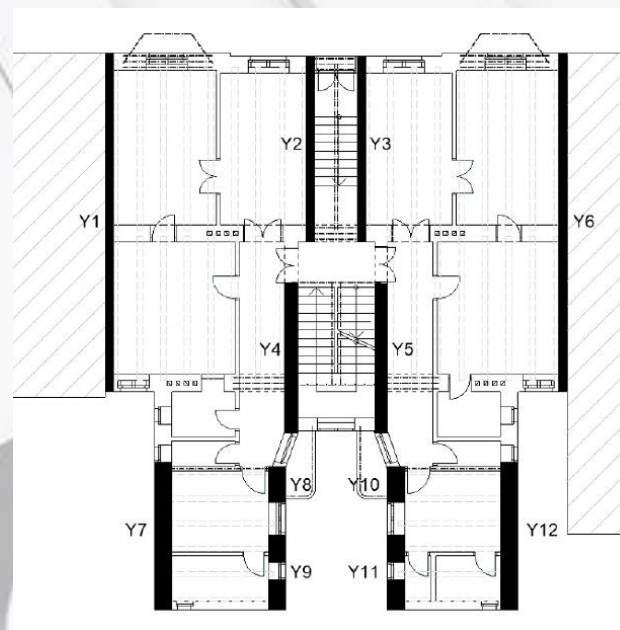
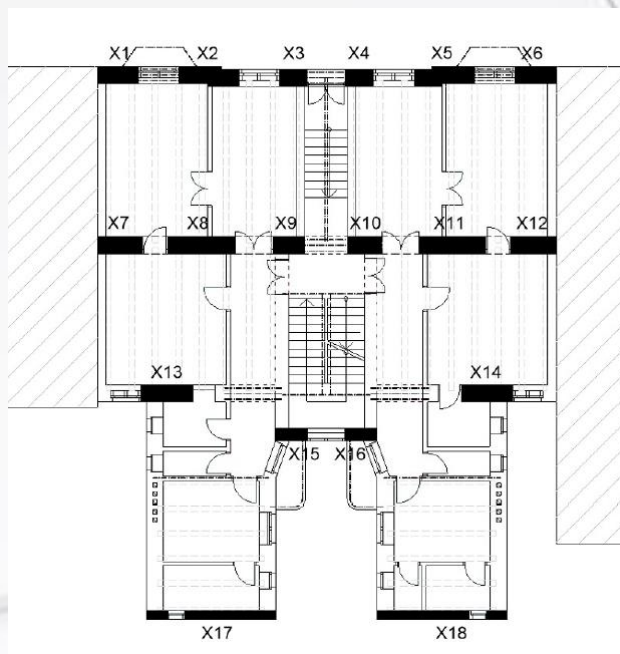
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Grafički prikaz oštećenja



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Istražni radovi



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Seizmički proračun

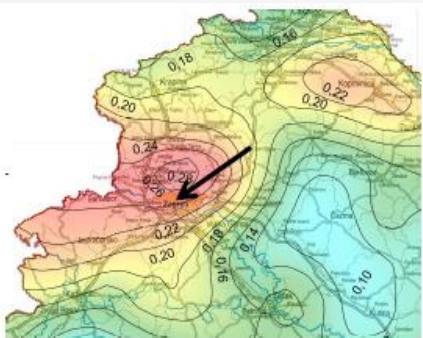


Zidovi

Površina zidova u smjeru X $A_x = 15,99 \text{ m}^2$
Površina zidova u smjeru Y $A_y = 27,12 \text{ m}^2$

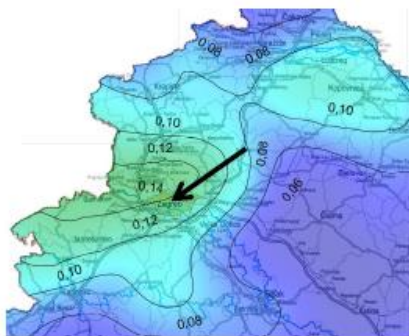
$p_{A,x} = A_x / A = 0,059$ **5,9 %**
 $p_{A,y} = A_y / A = 0,1008$ **10,1 %**

Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Seizmički proračun



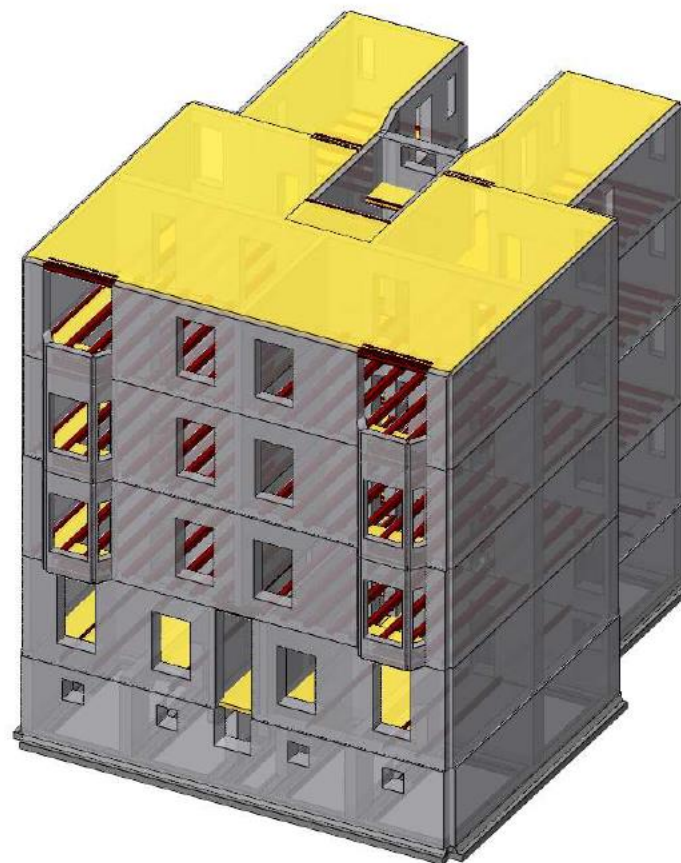
Karta potresnih područja Hrvatske, za povratno razdoblje 475 g. (dio) (PMF Zagreb + HZN)

- potresno područje: → $a_g = 0,26 \text{ g}$
- razred tla (pretpostavka): C → $S = 1,15$
- razred važnosti: II → $\gamma_1 = 1,0$
- faktor ponašanja - nearmirano zidine: → $q = 1,50$



Karta potresnih područja Hrvatske, za povratno razdoblje 95 g. (dio) (PMF Zagreb + HZN)

- potresno područje: → $a_g = 0,12 \text{ g}$



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Seizmički proračun

Dimenzioniranje zidova

$$\begin{aligned} f_{td} &= 0.10 \text{ N/mm}^2 & \sigma_d &= N_{Ed}/A & V_{Rd} &= t L_z f_{td} & f_{td} &= f_{td}/\gamma_M & \gamma_M &= 1.5 \\ f_t &= 0.09 \text{ N/mm}^2 & \tau_{Rd} &= (f_{td}/1.5) (1 + \sigma_d/f_{td})^{0.5} & V_{Rd} &= C_1 A_n \tau_{Rd} & f_{td} &= f_{td}/\gamma_M & C_1 &= 0.9 \end{aligned}$$

zid	L_w [cm]	t [cm]	A [cm ²]	V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	σ_d [N/mm ²]	$0.4\sigma_d$	f_{td} [N/mm ²]	τ_{Rd} [N/mm ²]	L_z [cm]	V_{Rd} [kN]	V_{Ed}/V_{Rd}	V_{RdHd} [kN]	V_{Ed}/V_{RdHd}	ΔV_{Ed} [kN]
X1	144	59	8496	32.3	254.6	69.0	0.300	0.120	0.220	0.098	135	116.5	0.28	74.9	0.43	
X2	213	59	12567	145.1	338.9	212.7	0.270	0.108	0.208	0.094	131	107.3	1.35	106.1	1.37	39.0
X3	98	59	5782	51.3	204.5	48.6	0.364	0.141	0.241	0.105	76	71.8	0.71	54.7	0.94	
X4	98	59	5782	44.5	199.5	51.3	0.345	0.138	0.238	0.104	70	65.4	0.68	54.1	0.82	
X5	213	59	12567	148.3	322.4	206.3	0.267	0.103	0.203	0.092	128	101.6	1.46	103.9	1.43	46.7
X6	144	59	8496	32.6	250.6	61.4	0.295	0.118	0.218	0.097	143	122.2	0.27	74.4	0.44	
X7	160	59	9440	127.3	273.3	89.5	0.290	0.116	0.216	0.097	142	120.4	1.06	82.0	1.55	45.3
X8	177	59	10443	266.9	618.4	313.3	0.592	0.237	0.337	0.132	114	150.4	1.77	123.9	2.15	143.0
X9	115	59	6785	52.7	210.1	39.2	0.310	0.124	0.224	0.099	115	101.3	0.52	60.6	0.87	
X10	120	59	7080	53.2	215.7	41.1	0.306	0.122	0.222	0.099	120	104.7	0.51	62.8	0.85	
X11	172	59	10148	272.6	609.4	333.6	0.601	0.240	0.340	0.133	94	125.5	2.17	121.2	2.25	151.4
X12	160	59	9440	132.1	275.3	91.1	0.292	0.117	0.217	0.097	141	120.0	1.10	82.3	1.61	49.8
X13	177	59	10443	198.1	421.2	46.8	0.403	0.161	0.261	0.111	177	181.9	1.09	104.5	1.90	93.6
X14	177	59	10443	181.7	423.1	46.2	0.405	0.162	0.262	0.111	177	182.5	1.00	104.7	1.74	77.0
X15	115	44	5060	96.5	66.8	18.7	0.132	0.053	0.153	0.072	89	39.7	2.43	32.6	2.96	63.9
X16	115	44	5060	95.9	68.2	19.3	0.135	0.054	0.154	0.072	87	39.5	2.43	32.8	2.92	63.1
X17	325	29	9426	224.1	260.9	121.3	0.277	0.111	0.211	0.095	325	132.4	1.69	80.4	2.79	143.7
X18	325	29	9426	224.2	260.6	121.4	0.276	0.111	0.211	0.095	325	132.3	1.69	80.3	2.79	143.8

V_{Ed} - posmična nosivost zida

V_{RdHd} - nosivost zida pri vlačnom slomu

$R_z = \min(V_{Ed}, V_{RdHd}) / V_{Ed}$ - omjer mjerodavne nosivosti i horizontalne sile na zid

R_z	$R_z \times A$
2,317	19685,71
0,731	9187,46
1,065	8157,23
1,214	7020,99
0,685	8613,39
2,283	19399,74
0,644	6061,61
0,464	4849,66
1,150	7804,87
1,181	8360,08
0,445	4512,71
0,623	5680,83
0,527	5506,86
0,576	6016,41
0,338	1708,18
0,342	1731,58
0,369	3381,30
0,358	3377,93

$$\Sigma(R_z \times A) / \Sigma A = 0,824$$

zid	L_w [cm]	t [cm]	A [cm ²]	V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	M_{Ed} [kNm]	σ_d [N/mm ²]	$0.4\sigma_d$	f_{td} [N/mm ²]	τ_{Rd} [N/mm ²]	L_z [cm]	V_{Rd} [kN]	V_{Ed}/V_{Rd}	V_{RdHd} [kN]	V_{Ed}/V_{RdHd}	ΔV_{Ed} [kN]
Y1	1192	29	34568	457.1	1133.1	1381.7	0.328	0.131	0.231	0.102	1192	532.6	0.86	316.4	1.44	140.7
Y2	655	29	18995	238.7	152.4	118.8	0.080	0.032	0.132	0.061	655	167.3	1.43	104.5	2.28	134.2
Y3	655	29	18995	239.6	152.4	104.1	0.080	0.032	0.132	0.061	655	167.3	1.43	104.5	2.29	135.0
Y4	527	44	23188	301.6	733.7	427.3	0.316	0.127	0.227	0.100	527	350.2	0.86	209.1	1.44	92.5
Y5	533	44	23452	299.7	733.7	431.8	0.313	0.125	0.225	0.100	533	352.0	0.85	210.5	1.42	89.2
Y6	1192	29	34568	453.6	1130.9	1381.2	0.327	0.131	0.231	0.102	1192	532.0	0.85	316.1	1.43	137.5
Y7	633	59	37347	425.3	940.6	1290.0	0.252	0.101	0.201	0.091	538	424.8	1.00	306.5	1.39	118.8
Y8	130	59	7870	72.5	195.7	39.2	0.255	0.102	0.202	0.092	130	103.3	0.70	63.3	1.15	9.3
Y9	205	59	12095	108.1	234.4	77.3	0.194	0.078	0.178	0.082	205	143.1	0.76	89.5	1.21	18.8
Y10	130	59	7870	72.5	196.3	39.1	0.256	0.102	0.202	0.092	130	103.5	0.70	63.4	1.14	9.2
Y11	205	59	12095	109.5	232.8	79.7	0.192	0.077	0.177	0.082	205	142.7	0.77	89.3	1.23	20.1
Y12	633	59	37347	421.5	928.5	1292.8	0.249	0.099	0.199	0.091	532	417.2	1.01	304.9	1.38	118.5

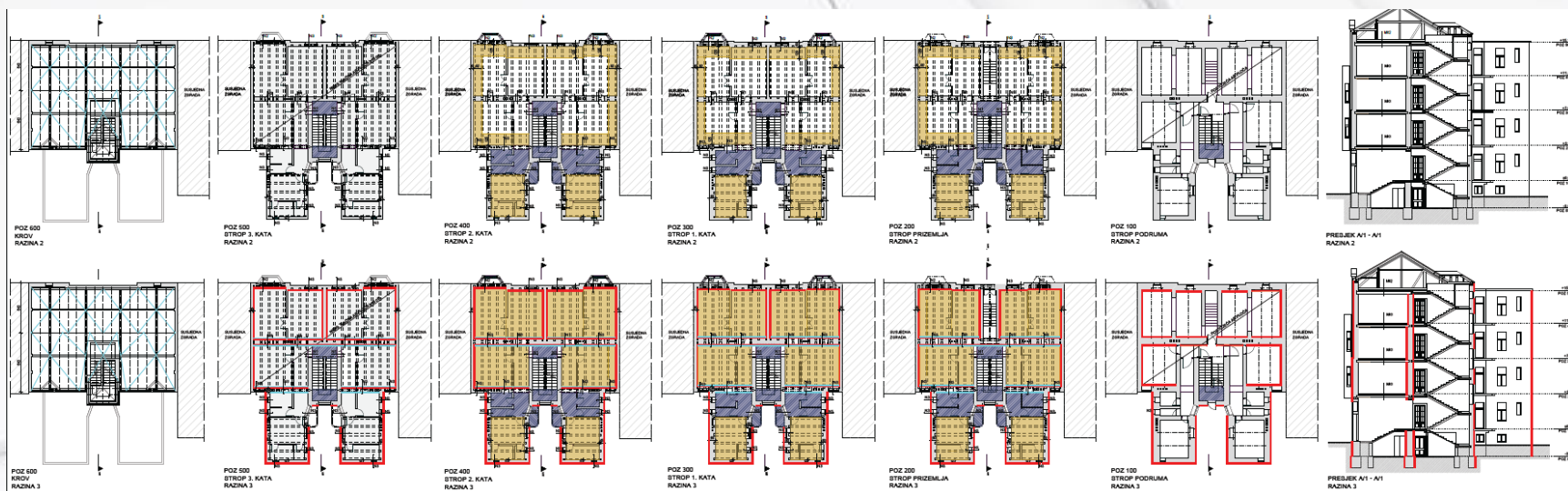
R_z	$R_z \times A$
0,692	23925,54
0,438	8319,06
0,436	8289,19
0,693	16073,80
0,702	16469,65
0,697	24091,24
0,721	26914,73
0,872	6690,43
0,828	10018,03
0,873	6699,28
0,816	9869,14
0,723	27019,77

$$\Sigma(R_z \times A) / \Sigma A = 0,688$$

U tabličnoj kontroli nosivosti analizira se zidani opečni zid. Stupac ΔV_{Ed} prikazuje iznos sile koju zidani zid ne može preuzeti – taj dio bi se preuzeo elementima ojačanja.

Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - dispozicije

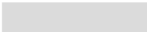
Razina 2 - popravak



Razina 3 – popravak i pojačanje

Višestambena zgrada u Boškovićевой ulici | Nacrti - dispozicije

LEGENDA:

	POSTOJEĆI ZIDANI ZID (PUNA OPEKA)
	NOVA AB PLOČA - h = 8 cm
	POSTOJEĆA AB PLOČA
	KROVNI AB SERKLAŽ - b/h = 29/20 cm
	FURNIRSKE PLOČE (h = 2x1,2 cm)
	TORKRET - JEDNOSTRANI d = 6 cm
N1	SANACIJA NADVOJA - AB NADVOJ
N2	SANACIJA NADVOJA OD ČELIČNIH "I" PROFILA
N3	SANACIJA NADVOJA - ZIDANI RAVNI LUK

MATERIJALI:

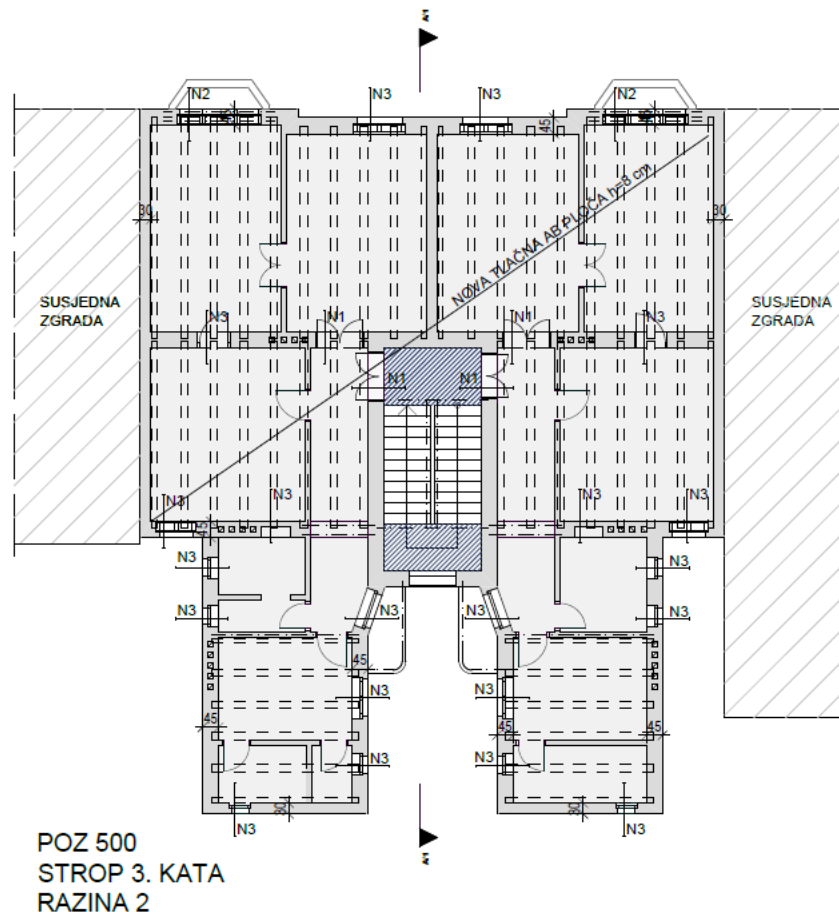
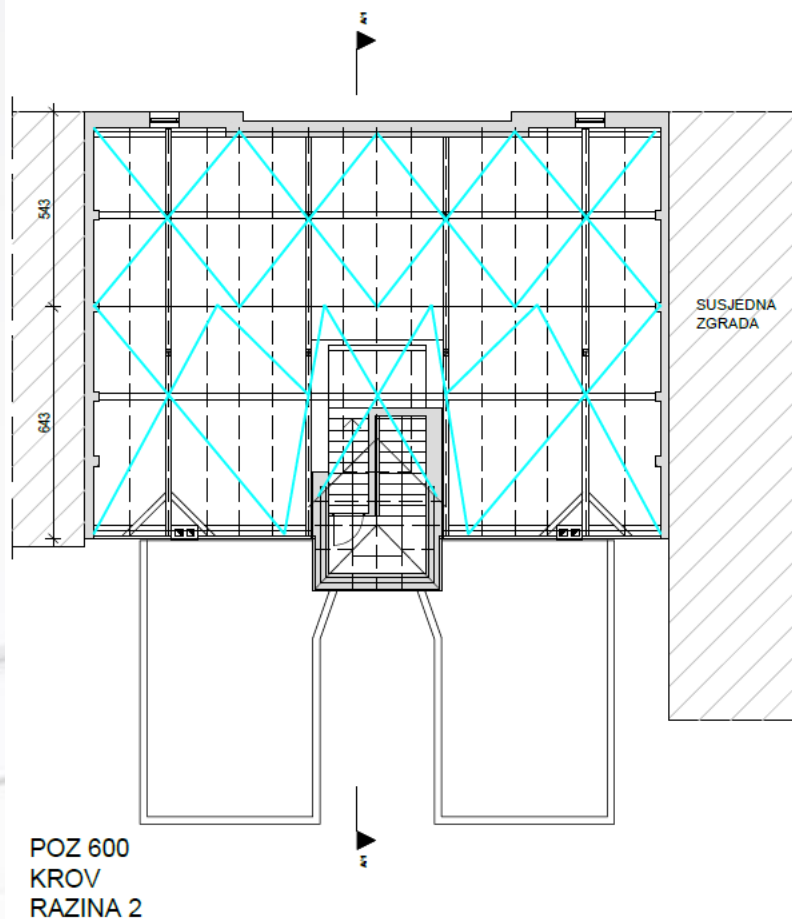
DRVO: C24
DRVENE FURNIRSKE PLOČE: RAZRED 1 (suhi uvjeti)
VIJCI ZA DRVO ZA SPREZANJE: SFS-VB-48-7,5x165 ili jednakovrijedno
ČELIČNE TRAKE: S 350GD + Z275 ili jednakovrijedno
BLOK-OPEKA: SKUPINA 2
MORT: M5
BETON: C25/30
ARMATURNI ČELIK: B500B
KONSTRUKCIJSKI ČELIK: S 235 JR
VIJCI: K. V. 5.6



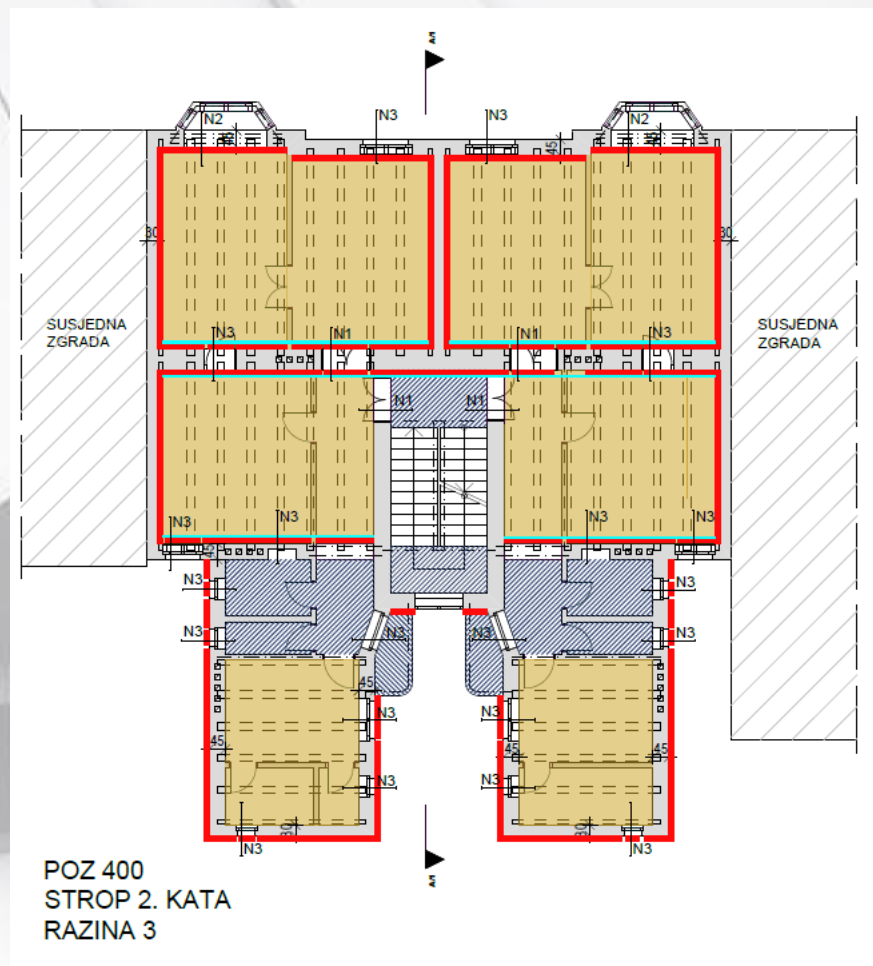
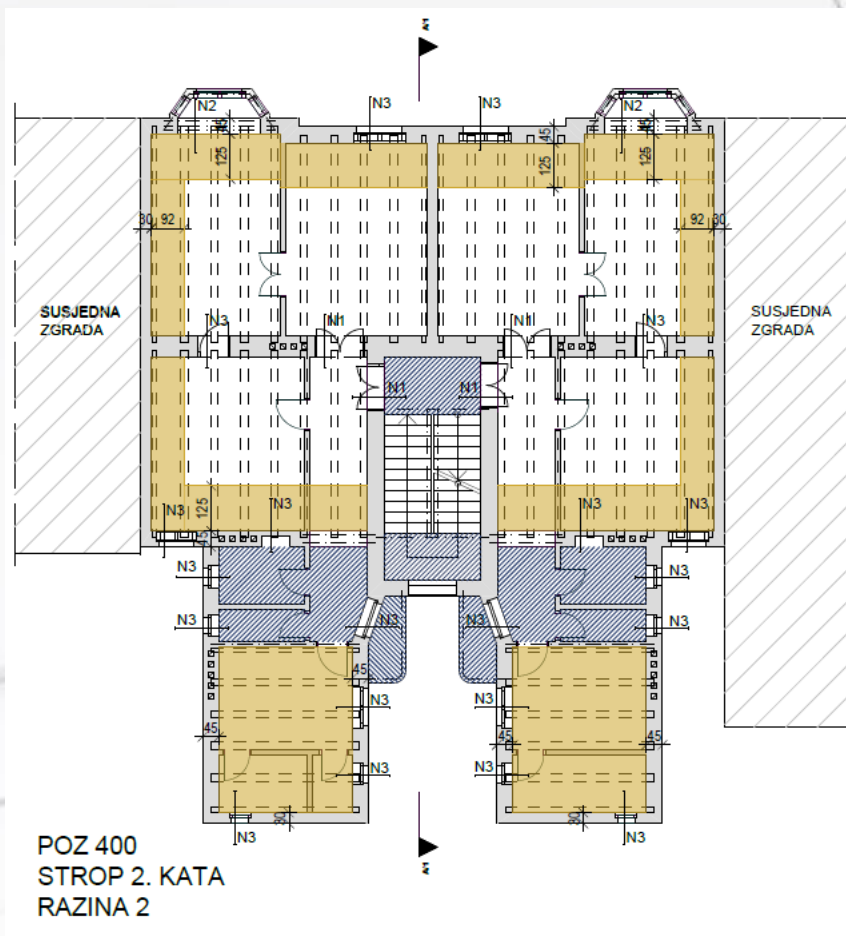
SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Kačićeva 26, Zagreb
www.grad.unizg.hr

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON
POTRESA - zakonodavni i tehnički okvir
15. srpnja 2020., Zagreb

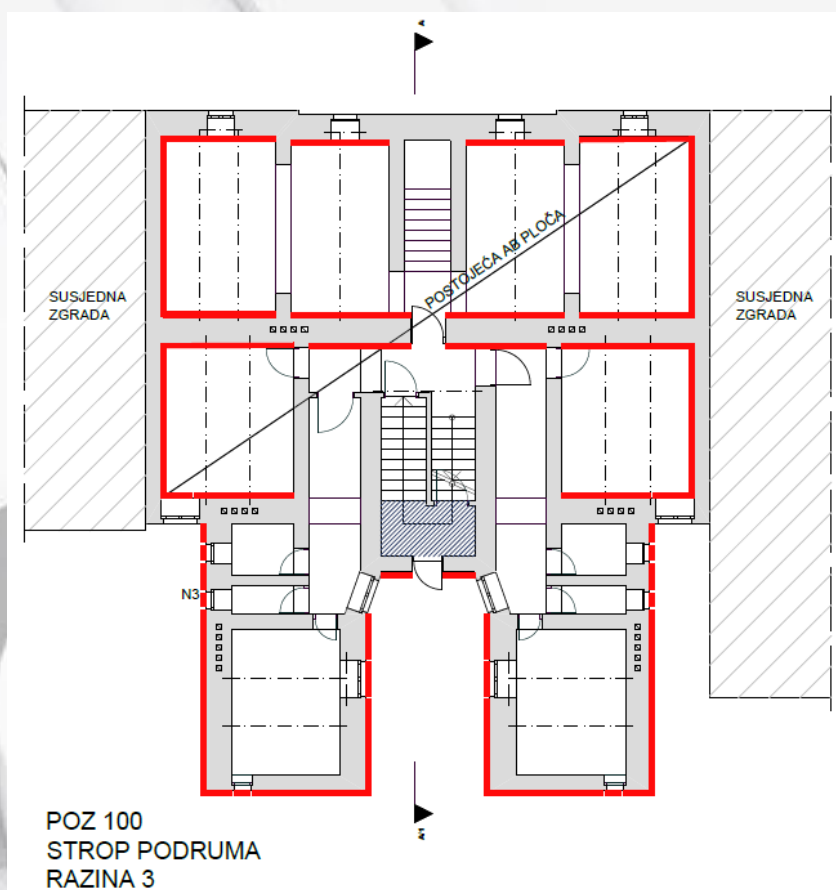
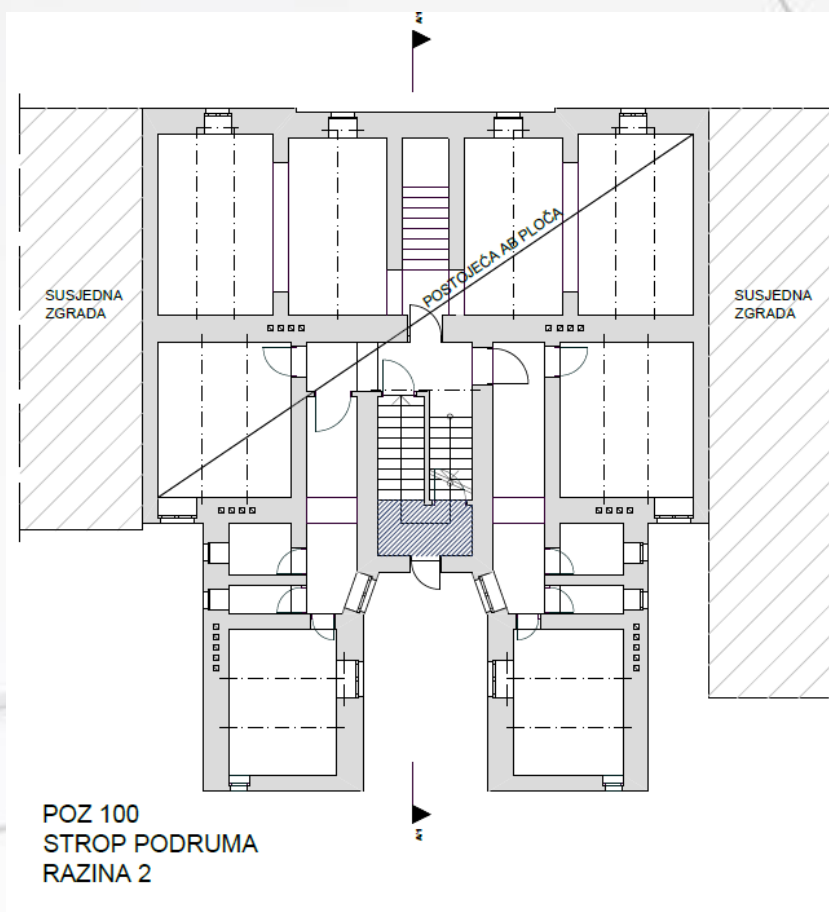
Višestambena zgrada u Boškovićевой ulici | Nacrti / Razina 2



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

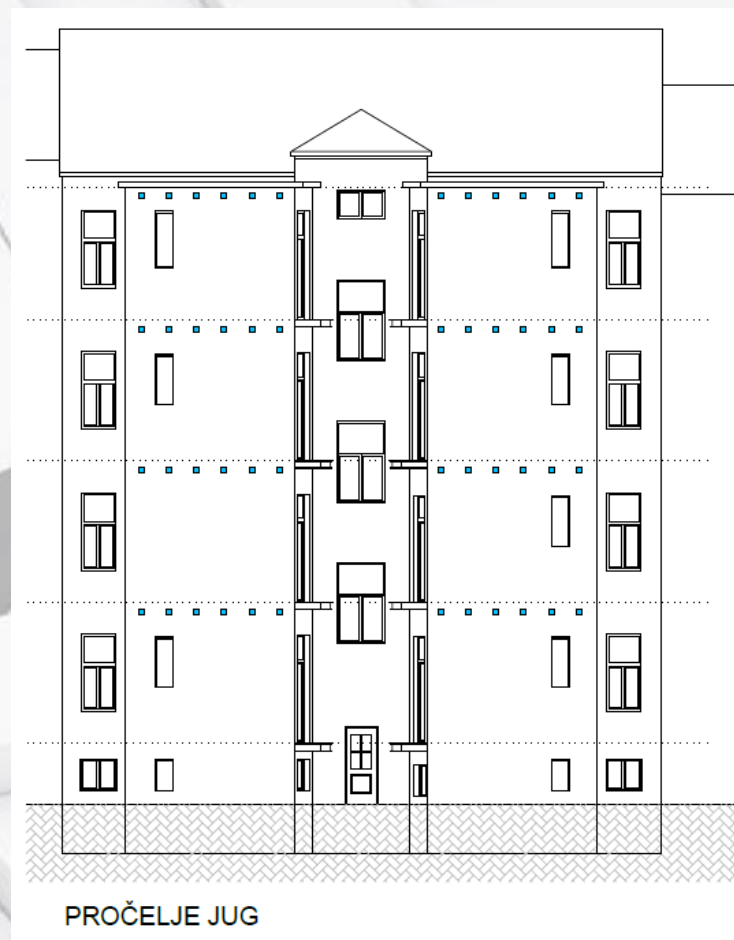


PRESJEK A/1 - A/1
RAZINA 2

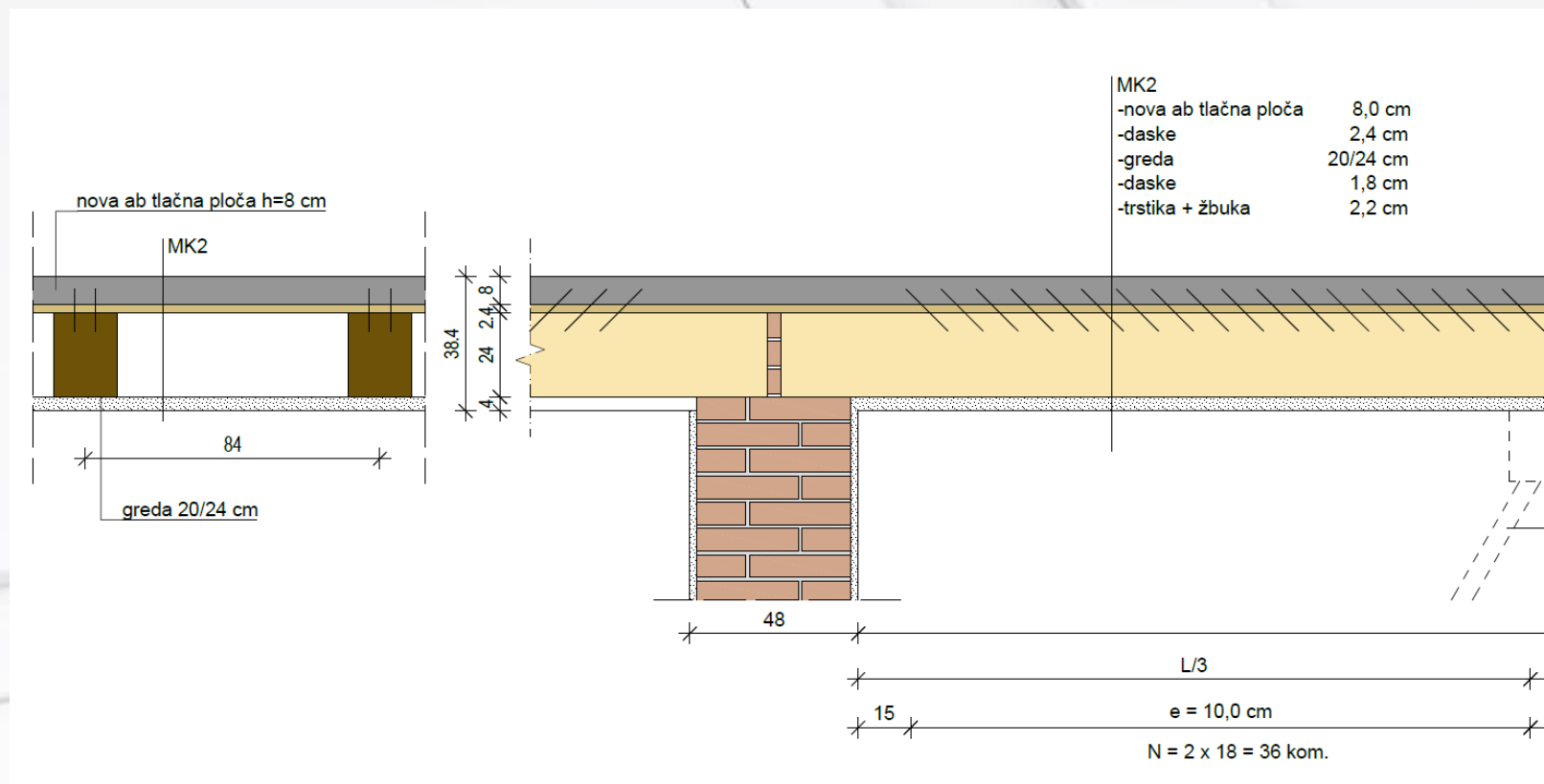


PRESJEK A/1 - A/1
RAZINA 3

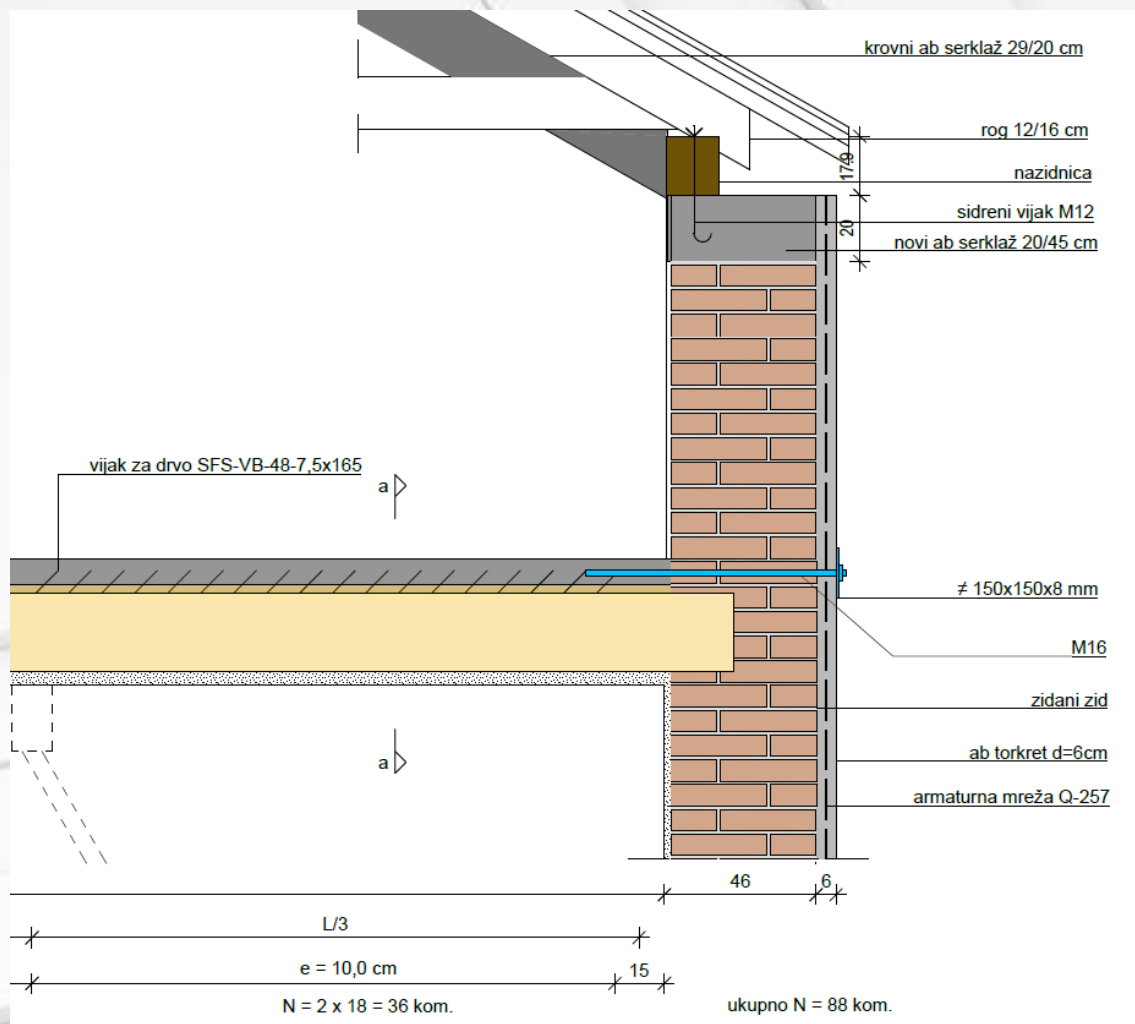
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

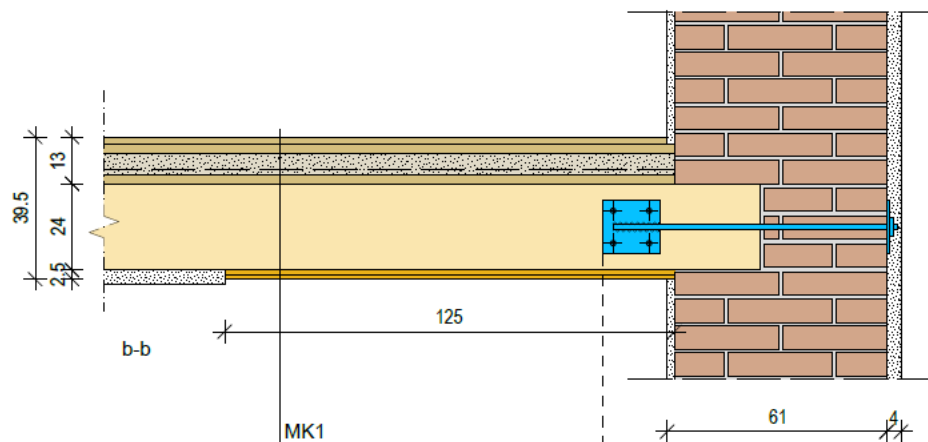
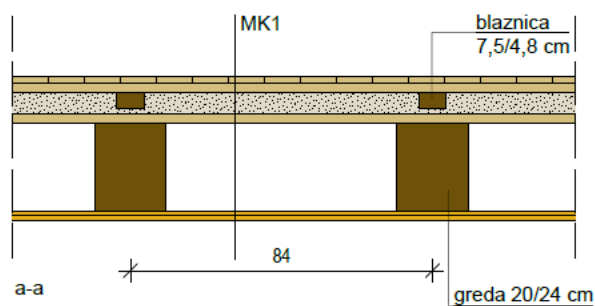


Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

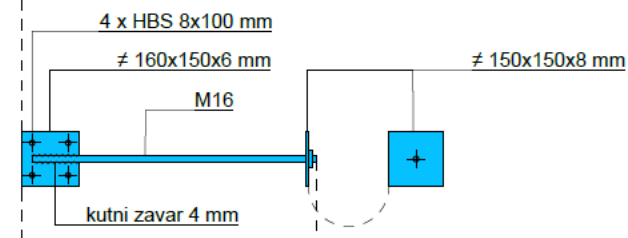


Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

DETALJ PRIHVATA VANJSKOG UZDUŽNOG ZIDA ZA GREDNIK
POZ 400, POZ 300, POZ 200

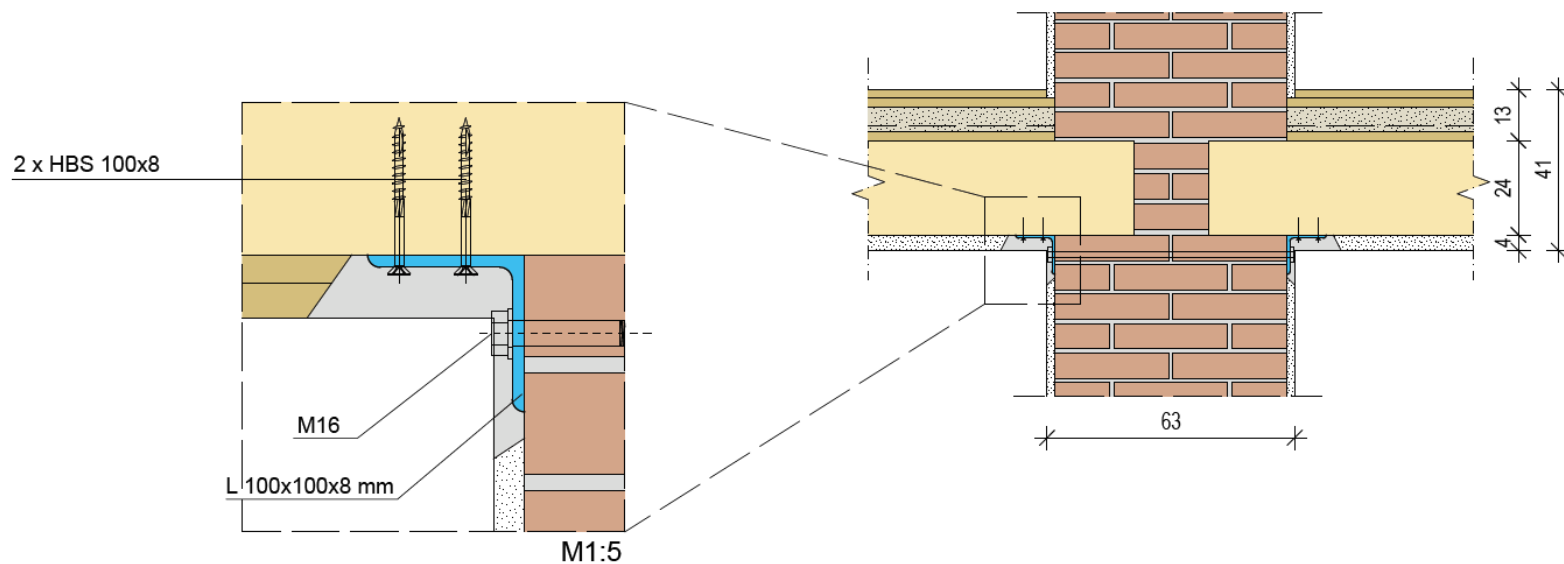


MK1
-parket 2,0 cm
-daske 2,4 cm
-nasip 6,2 cm
-daske 2,4 cm
-greda 20/24 cm
-furnirske ploče 2x1,2 cm



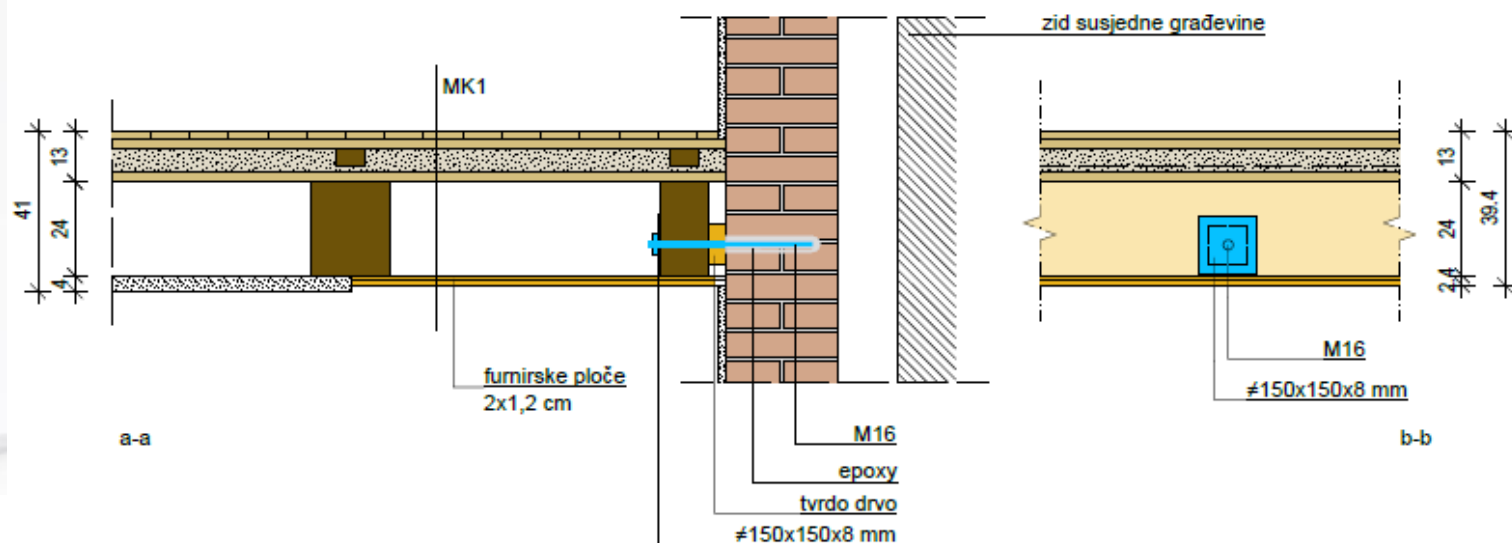
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

DETALJ PRIHVATA UNUTARNJEG UZDUŽNOG ZIDA I GREDNIKA
POZ 400, POZ 300, POZ 200



Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

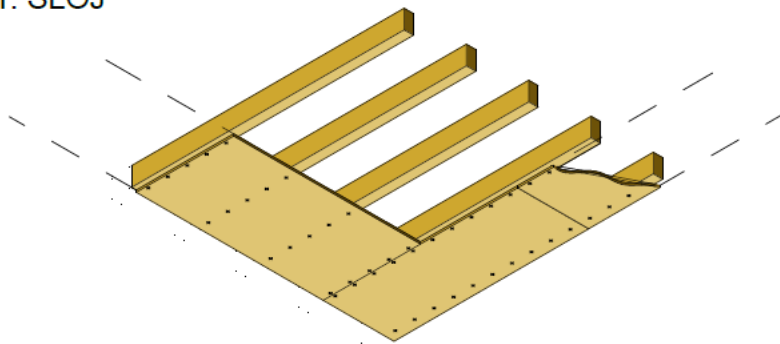
DETALJ PRIHVATA ZABATNOG ZIDA ZA GREDNIK
POZ 400, POZ 300, POZ 200



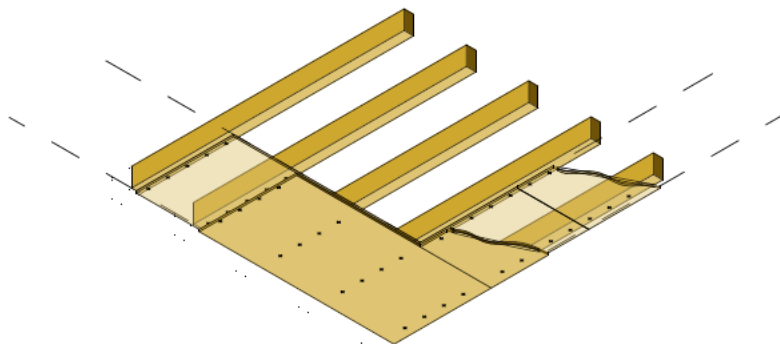
Višestambena zgrada u Boškovićevoj ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

FURNIRSKE PLOČE - SHEMA M1:100

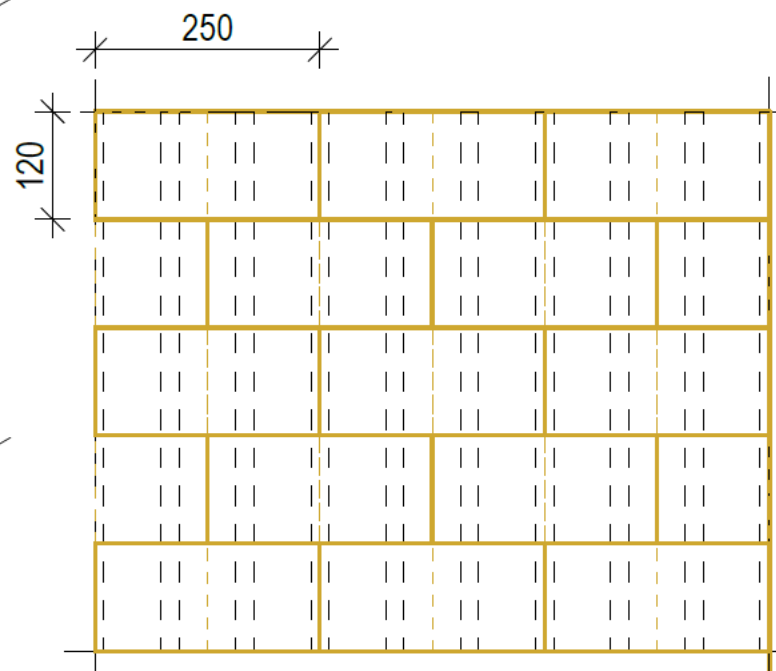
1. SLOJ



2. SLOJ



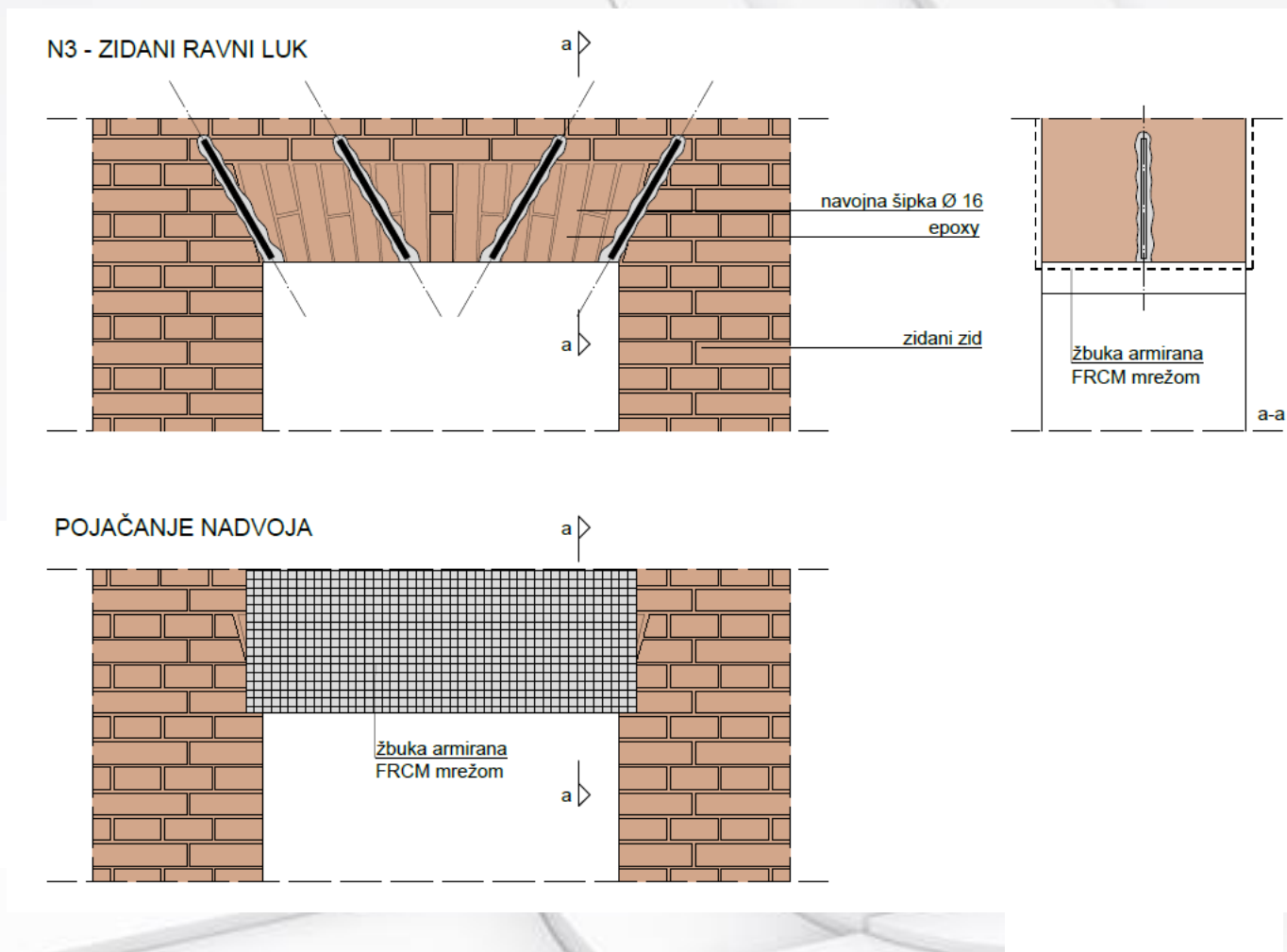
TLOCRT SLAGANJA FURNIRSKIH PLOČA



— 1. SLOJ FURNIRSKIH PLOČA

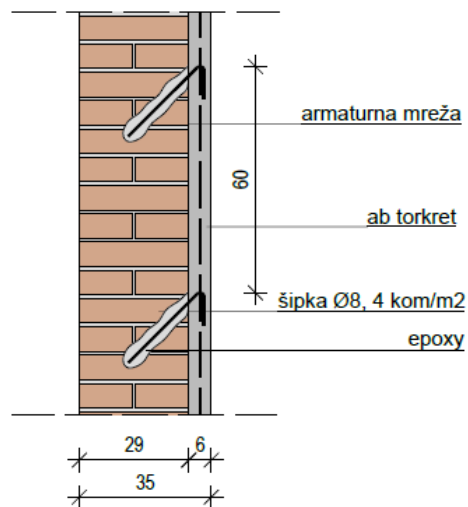
- - - 2. SLOJ FURNIRSKIH PLOČA

Višestambena zgrada u Boškovićевой ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

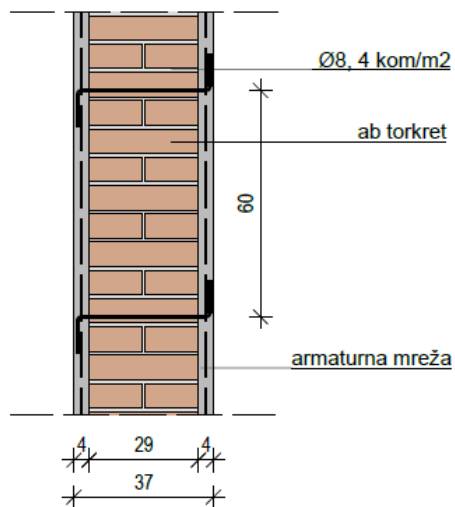


Višestambena zgrada u Boškovićевой ulici | Nacrti - Razina 2 i 3

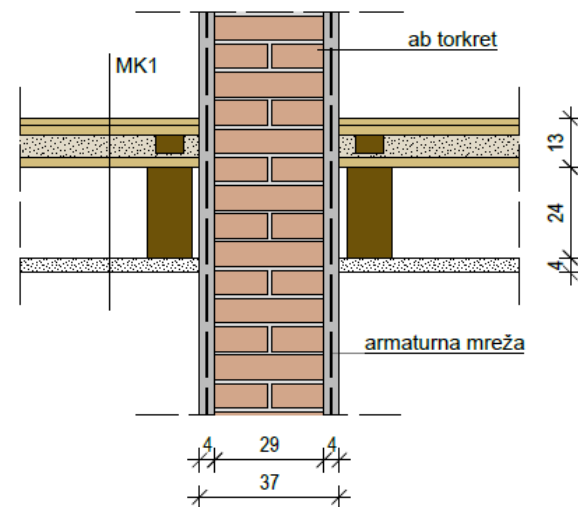
AB TORKRET NA VANJSKOM
ZABATNOM ZIDU



AB TORKRET NA UNUTARNJEM ZIDU



AB TORKRET NA UNUTARNJEM ZIDU
-PROLAZ KROZ MEĐUKATNU
KONSTRUKCIJU



Višestambena zgrada u Boškovićевой ulici | Rekapitulacija

Odabrana razina obnove	Razina 2 - popravak	Razina 3 - popravak i pojačanje
Postignuta razina otpornosti zgrade u odnosu na zahtjevanu otpornost prema važećim propisima	$OZ - V = 0,38 = 34 \%$	$OZ - V = 0,75 = 75 \%$
Cijena	140 eur/m ² (visoki rohbau)	260 eur/m ² (visoki rohbau)

Projektantski tim:

Juraj Pojatina, dipl.ing.građ.

David Anđić, mag.ing.aedif.

Petar Aleraj, dipl.ing.građ.

Domagoj Stamać, univ.bacc.ing.aedif.

Lucija Zrinjski, univ.bacc.ing.arch.

Studio Arhing d.o.o.

Ćire Truhelke 49, Zagreb

Mob. 099 5500771

Mail: juraj@studio-arhing.com



Hrvatska komora
inženjera građevinarstva



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Kačićeva 26, Zagreb
www.grad.unizg.hr

OBNOVA GRADA ZAGREBA NAKON
POTRESA - zakonodavni i tehnički okvir
15. srpnja 2020., Zagreb