

Organizatori



WEBINAR
"SAVJETOVANJE 4: OBNOVA
ZAGREBA NAKON POTRESA
– ZAGREBU OD SPLITA"



**PRAKTIČNI PRIMJERI SEIZMIČKOG OJAČANJA
OPEČNOG ZIDA KONSTRUKCIJE ČELIČNIM OKVIRIMA I
MREŽAMA STAKLOPLASTIKE GFRP U MORTU NA
ZGRADAMA GRADA ZAGREBA**

**Nikola Miletić,
Antonio Šafranko**
KAP4 d.o.o.
Zagreb, Hrvatska

Sanacija – Plućna bolnica Jordanovac

- Dana 02.04.2020 napravljen je izvanredni vizualni pregled građevine
- Građevina je djelomično oštećena u potresu te je dio građevine postao nesiguran za korištenje
- Najveću štetu je pretrpio izdvojeni volumen (nadogradnja strojarnice i lifta)
- Pristupa se izvidu terena te snimanje građevine (iznutra i izvana) FARO 3D scannerom kako bi se dobile podloge za razradu tehničkog rješenja



Nadogradnja vertikala, strojarnice i lifta

Klinika za plućne bolesti Jordanovac

KBC Jordanovac



Prikaz oštećenja na spoju visokog objekta upravljačkog dijela lifta sa ostatkom konstrukcije koja se proteže u punoj visini do nosivog sklopa temelja.







Potpuni gubitak vertikalne povezanosti posmikom



Postojeći raspored dilatacija i raspored krutosti i masa nije adekvatan za potresno ponašanje objekta.

Na par pozicija se stvaraju nova mjesta oslabljenja odnosno razdvajanja konstrukcije. U određenim pozicijama je pukotina u punoj visini i pravocrtna u određenim drugim mjestima je lokalnog karaktera između etaža ali uz ponavljanje.

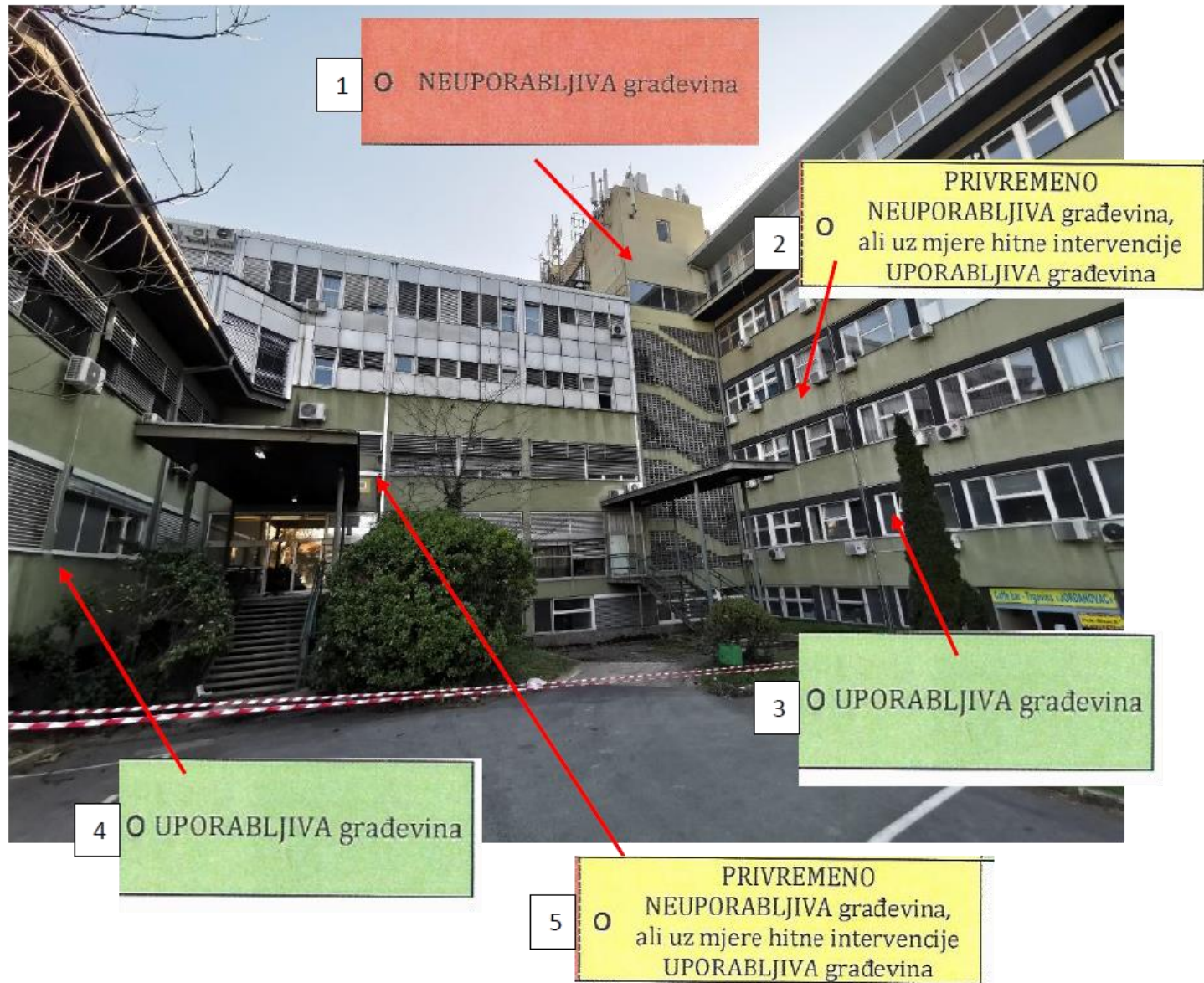
Prikaz pozicije odvajanja spoja dvaju ortogonalnih zidova. Pozicija spoja krila.



Prikaz pozicije odvajanja spoja dvaju ortogonalnih zidova. Pozicija spoja krila.

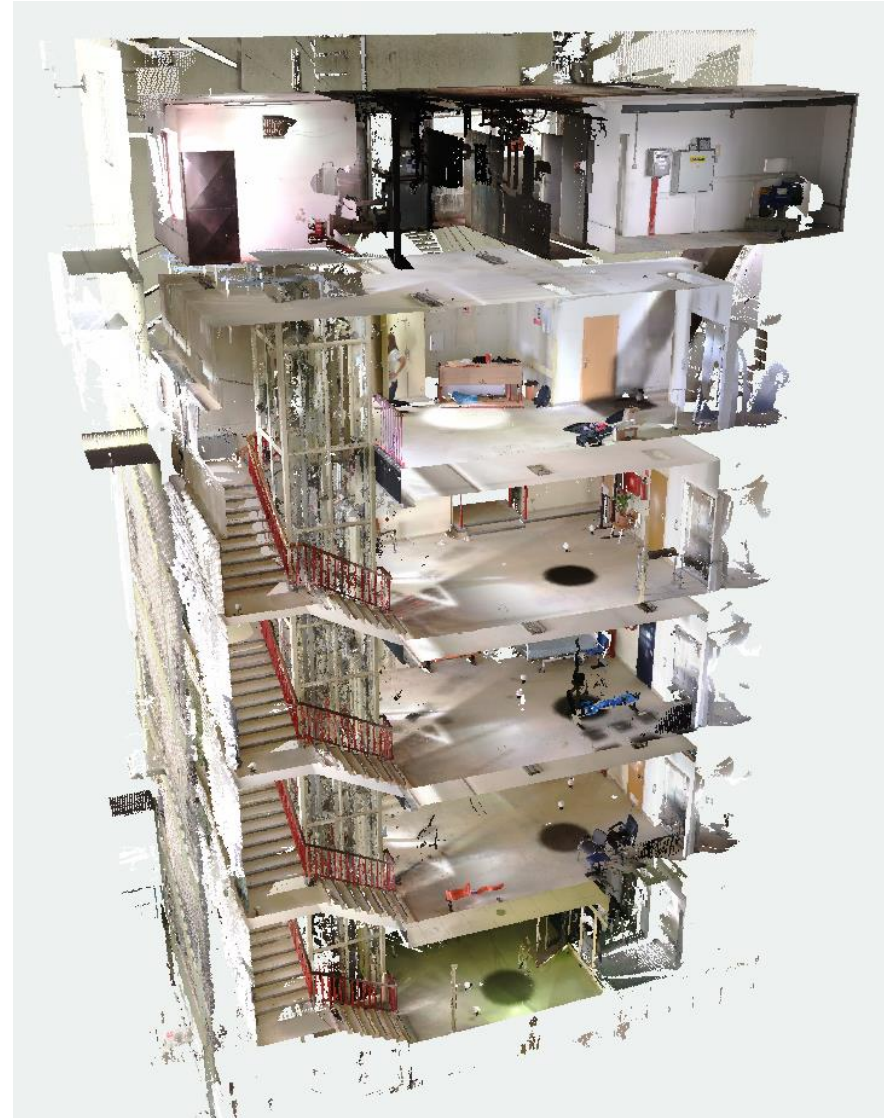


Konačni zaključak izvanrednog pregleda



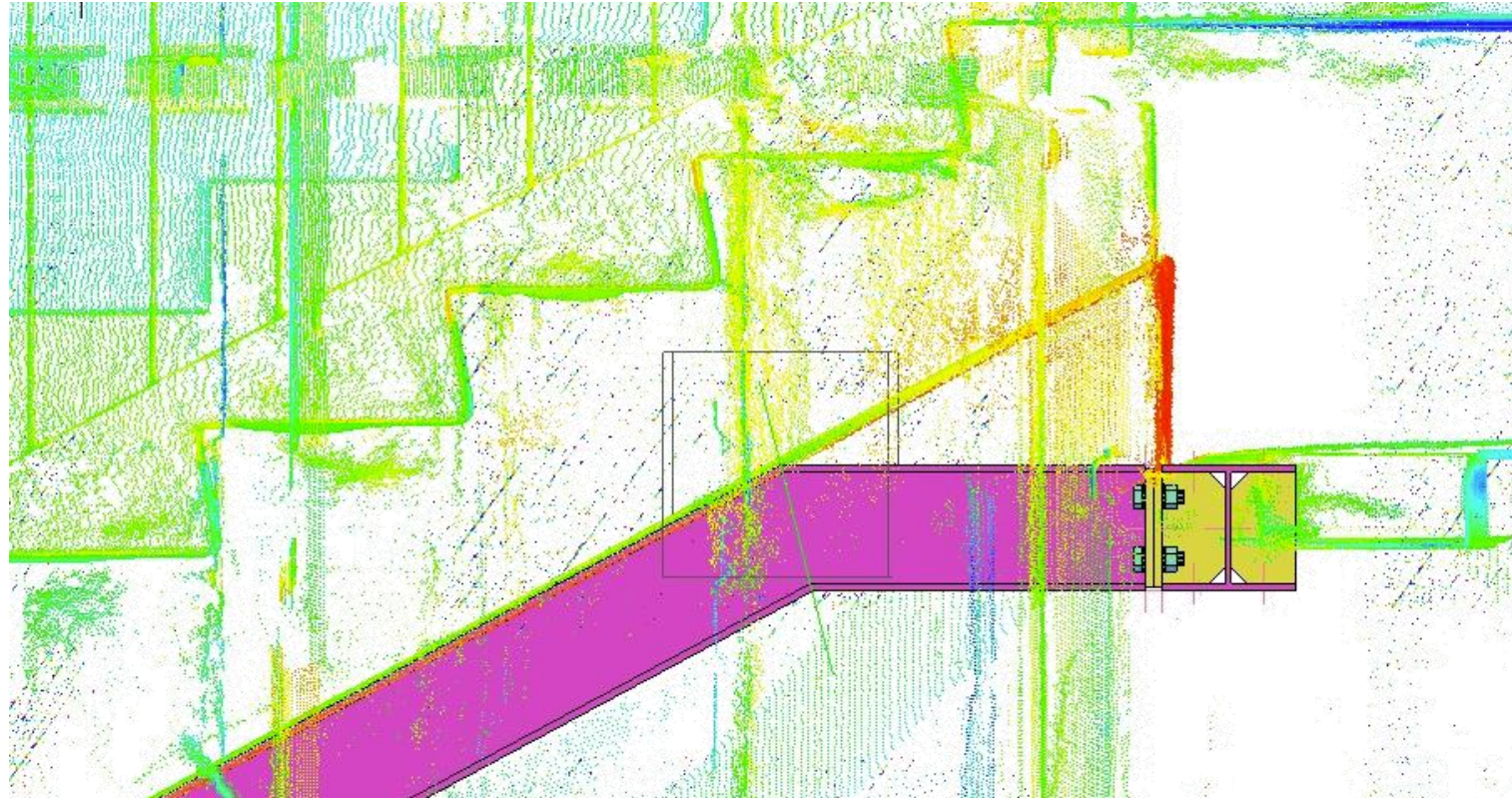
Faro 3D snimka bolnice (oblak točaka)

Za potrebe izrade tehničkog rješenja 3D snimak korišten je kao osnovna podloga.

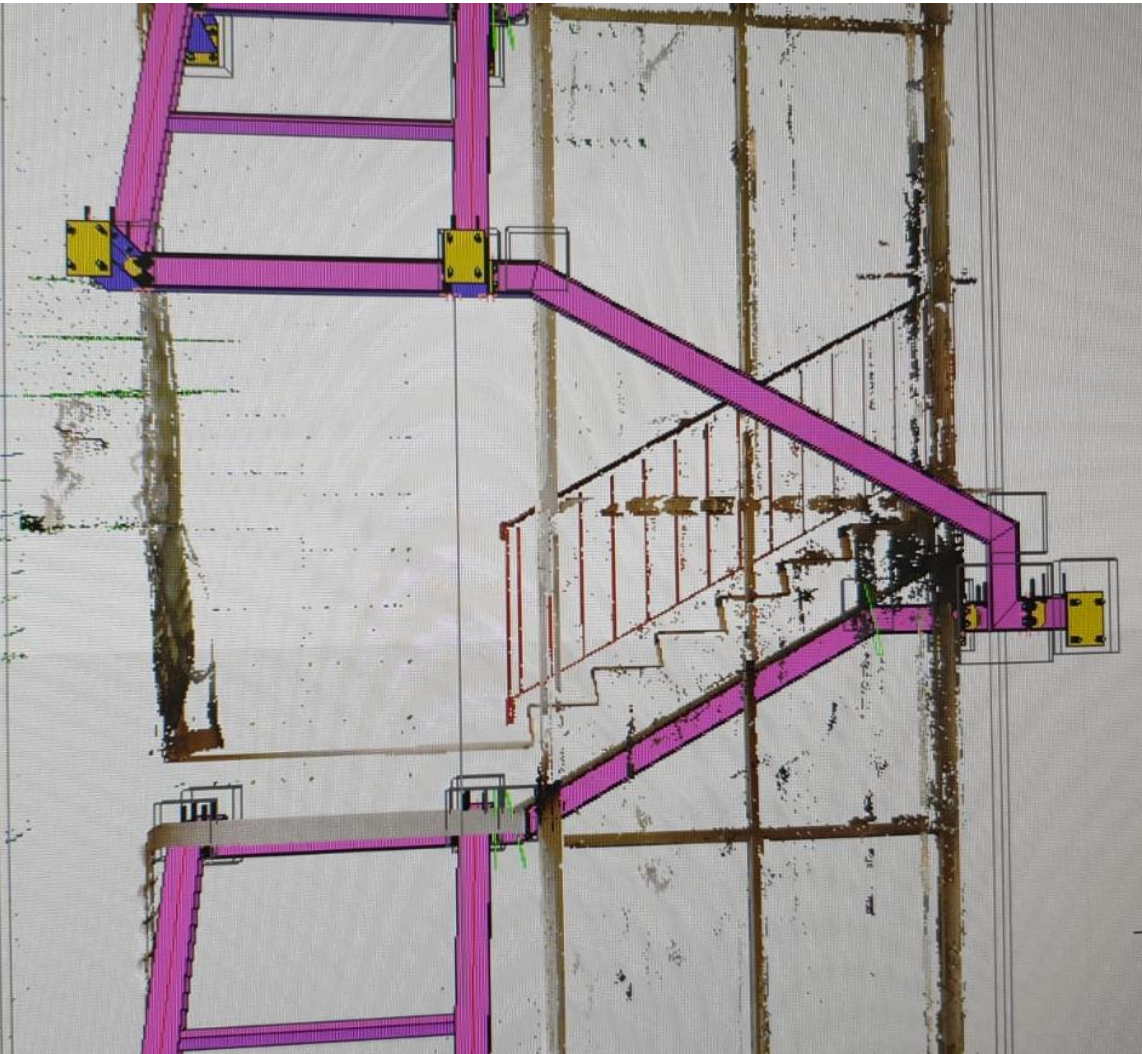


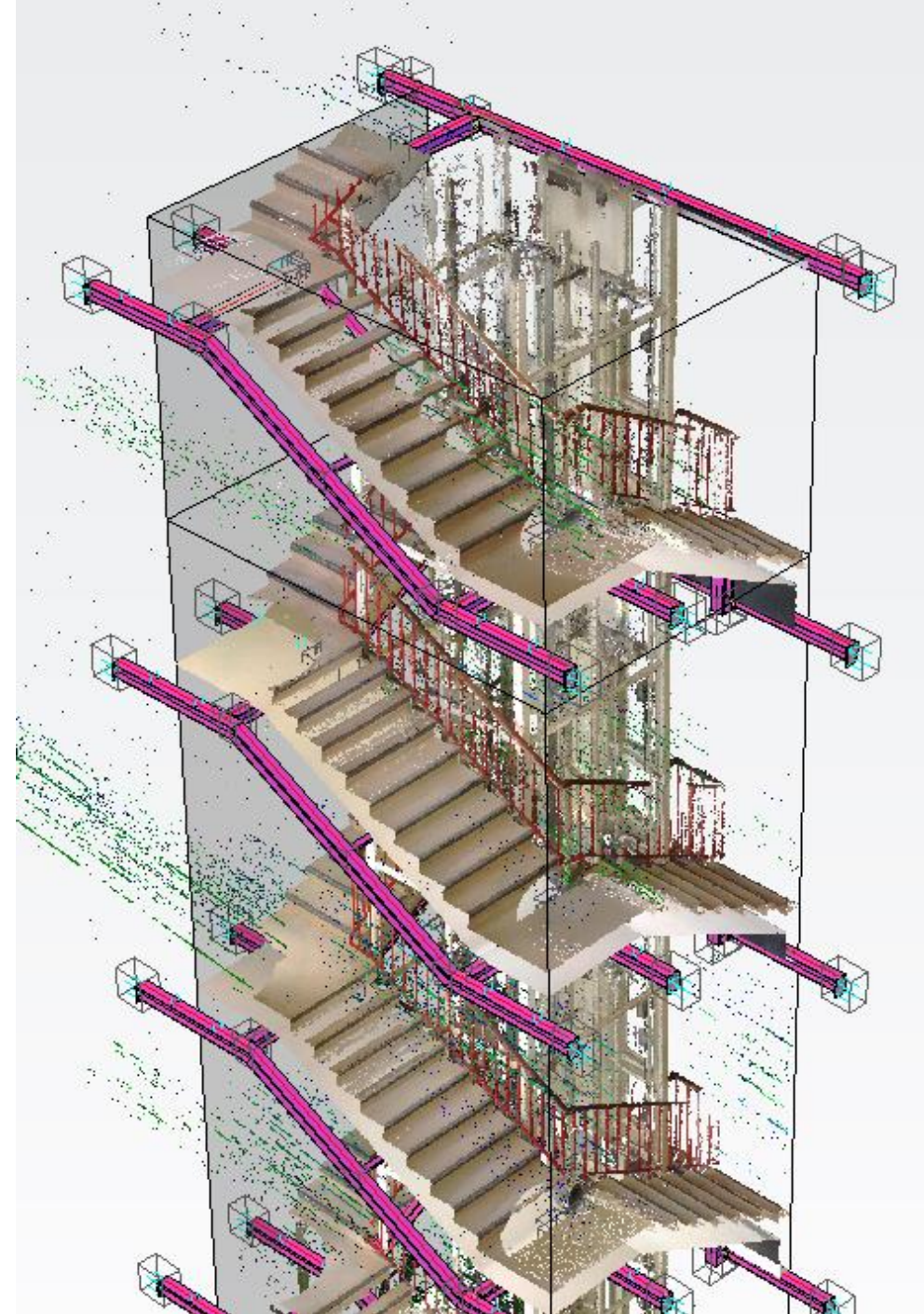
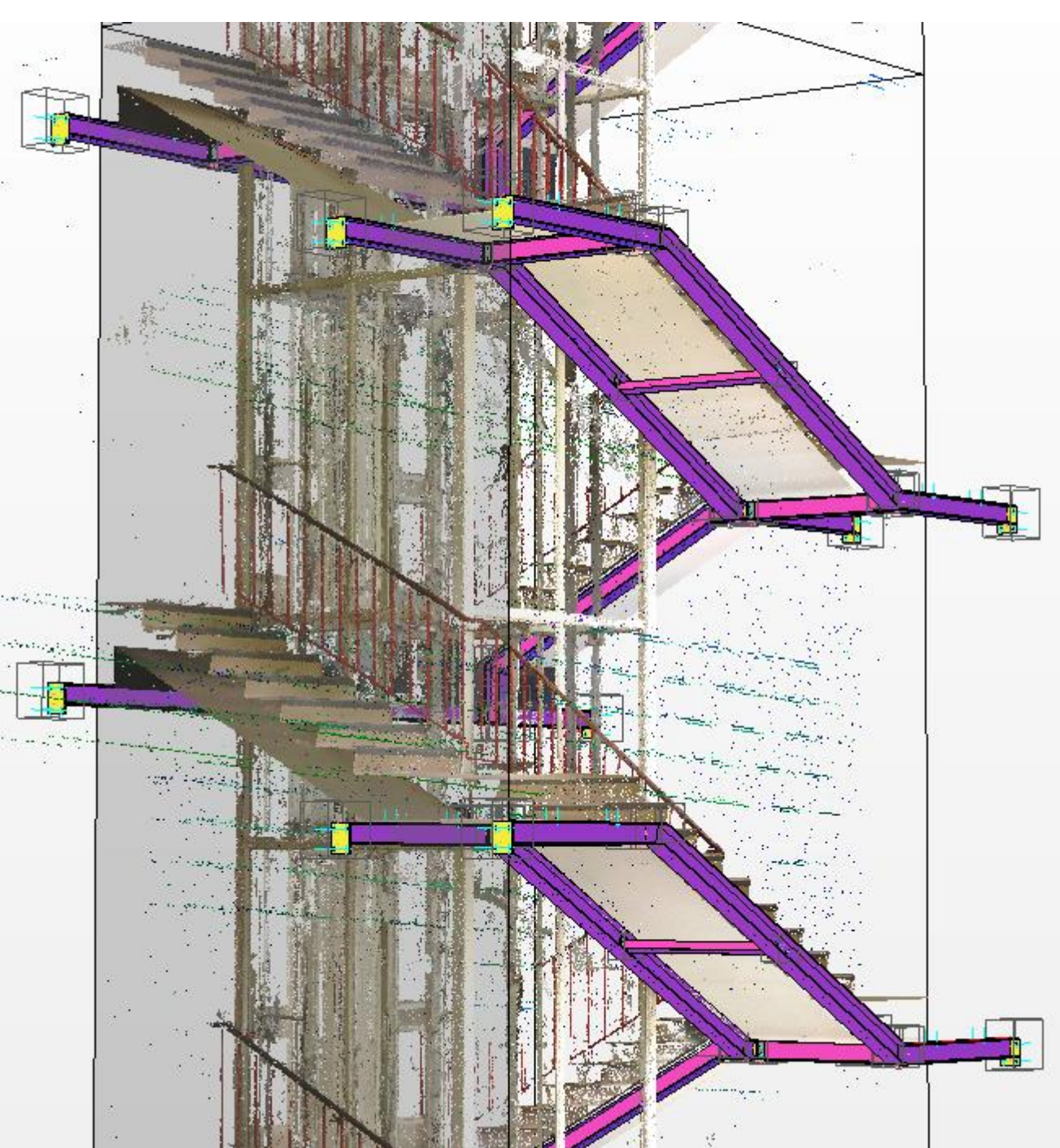
1. Korak sanacije – Ojačanje stubišta

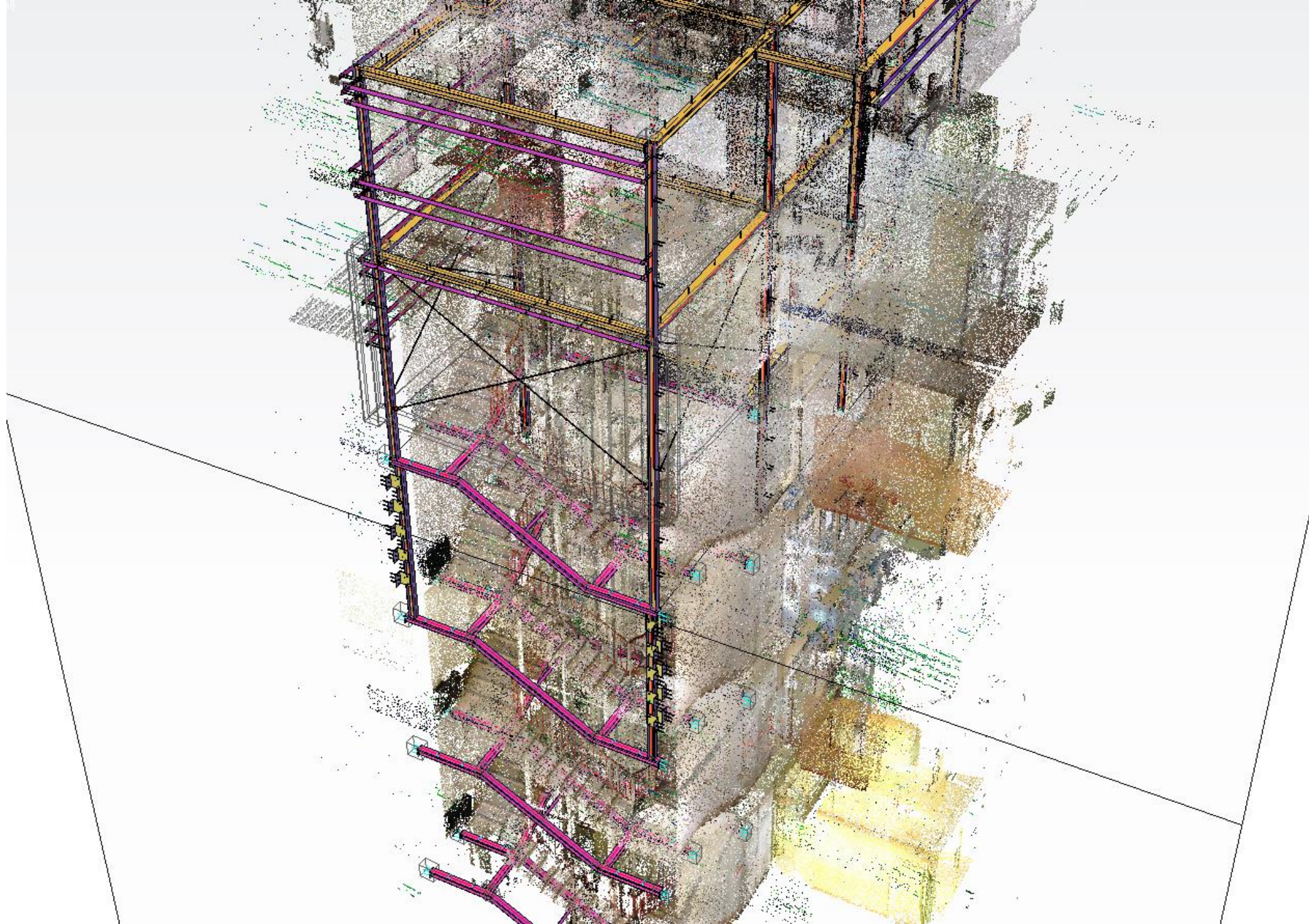
- Čeličnim nosačima osigurana je stabilnost narušenog sustava stubišta te je osiguran kompletan prijenos sila na zidove preko sustava čeličnih nosača.
- Svi podesti i tetive su vezani na čelične nosače mehaničkim vijcima pri čemu se osigurava i prijenos lateralnih sila uz osnovni prijenos vertikalnih sila oslanjanjem stubišta na čelik.



Izvadak iz 3D modela – Advance steel s oblakom točkica od snimanja FARO 3D scannerom (Audodesk ReCap datoteka)





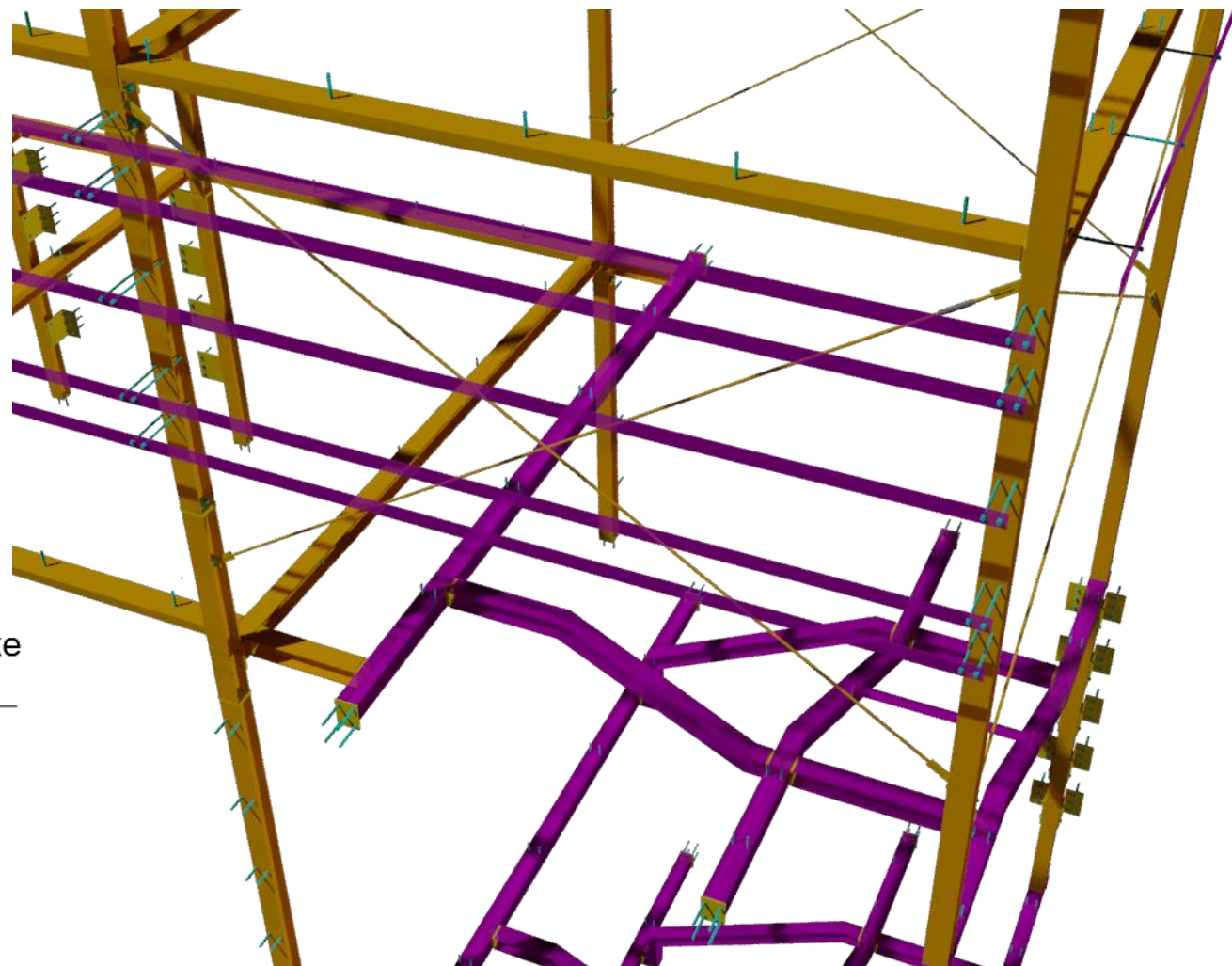
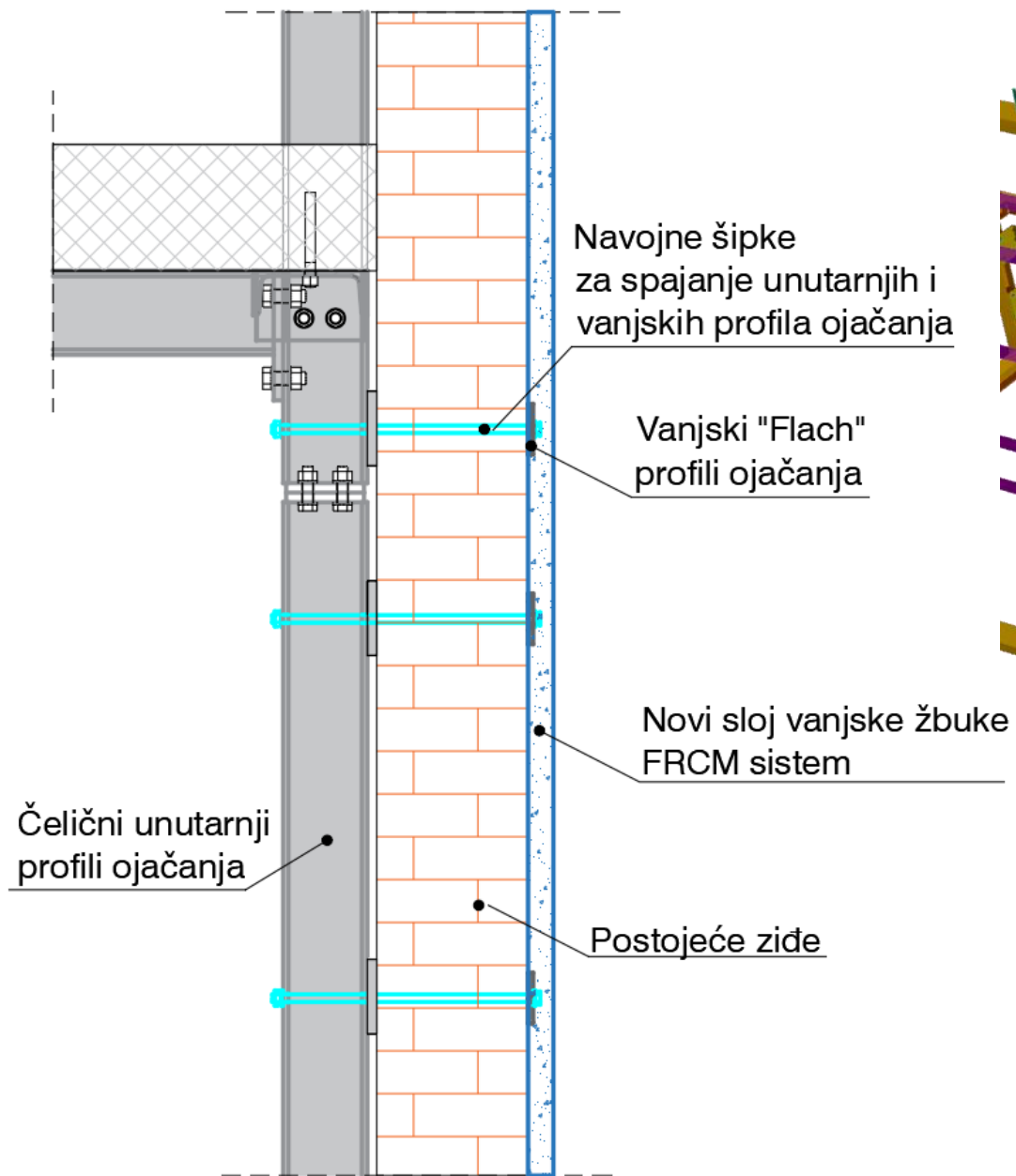


Izvedeno stanje



2. Korak sanacije – Ojačanje izdvojenog volumena

- Primjenjuje se ojačanje i protupotresna stabilizacija građevine čeličnim skeletom s unutarnje strane građevine koji se sidri u stabilizirane etaže.
- Skelet se sastoji od stupova koji prolaze kroz međukatnu konstrukciju te grednika koji se polažu pod međukatnu konstrukciju.
- U odabranim poljima ugrađuju se spregovi.
- S vanjske strane fasada obavijena FRCC sustavom u kombinaciji sa Roefix Sismadur 20 NHL mortom
- Unutarnji skelet povezan je s vanjskom plohom preko flahova kojima se „omotava” građevina u pozicijama stupova







Odabir mrežice i morta za sustav

- Odabrana FRCM mrežica od alkalno otpornih staklenih vlakana proizvođača Gavazzi Tesutti Tecnici S.p.A. S.U.
- Korišteni proizvod: AR0245-A (FRCM mrežica)
- Alternativa: AR0355-EP (CRM mrežica)



AR0245-A.pdf



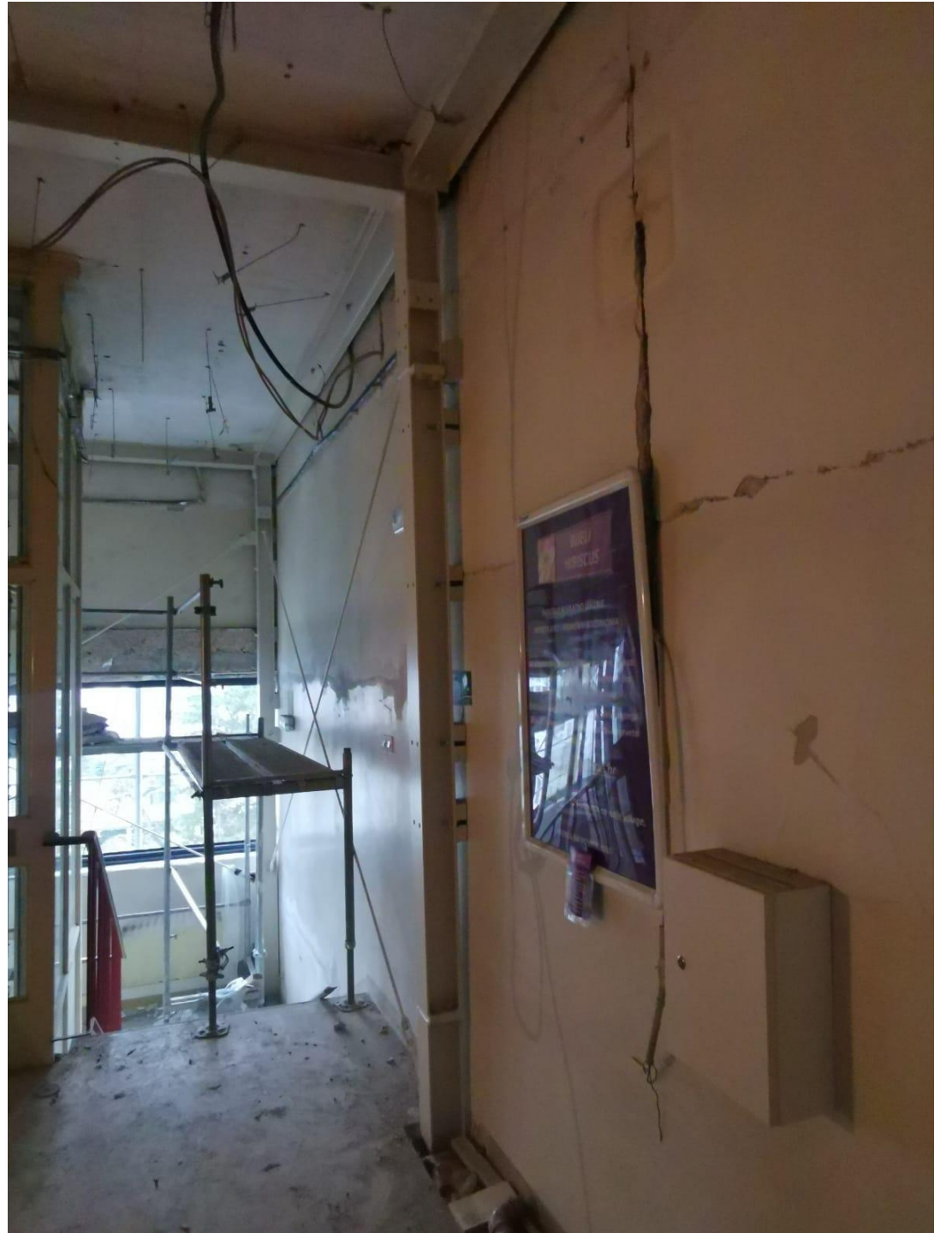
AR0355EP.pdf

- Odabrani mort: Roefix Sismadur 20 - Mort za konsolidiranje na bazi NHL-a
- Prirodno hidraulično vapno - NHL 5 prema EN 459-1, hidraulično vezivo i vlakna
- Visokokvalitetni lomljeni vapnenac



Sismadur 20.pdf





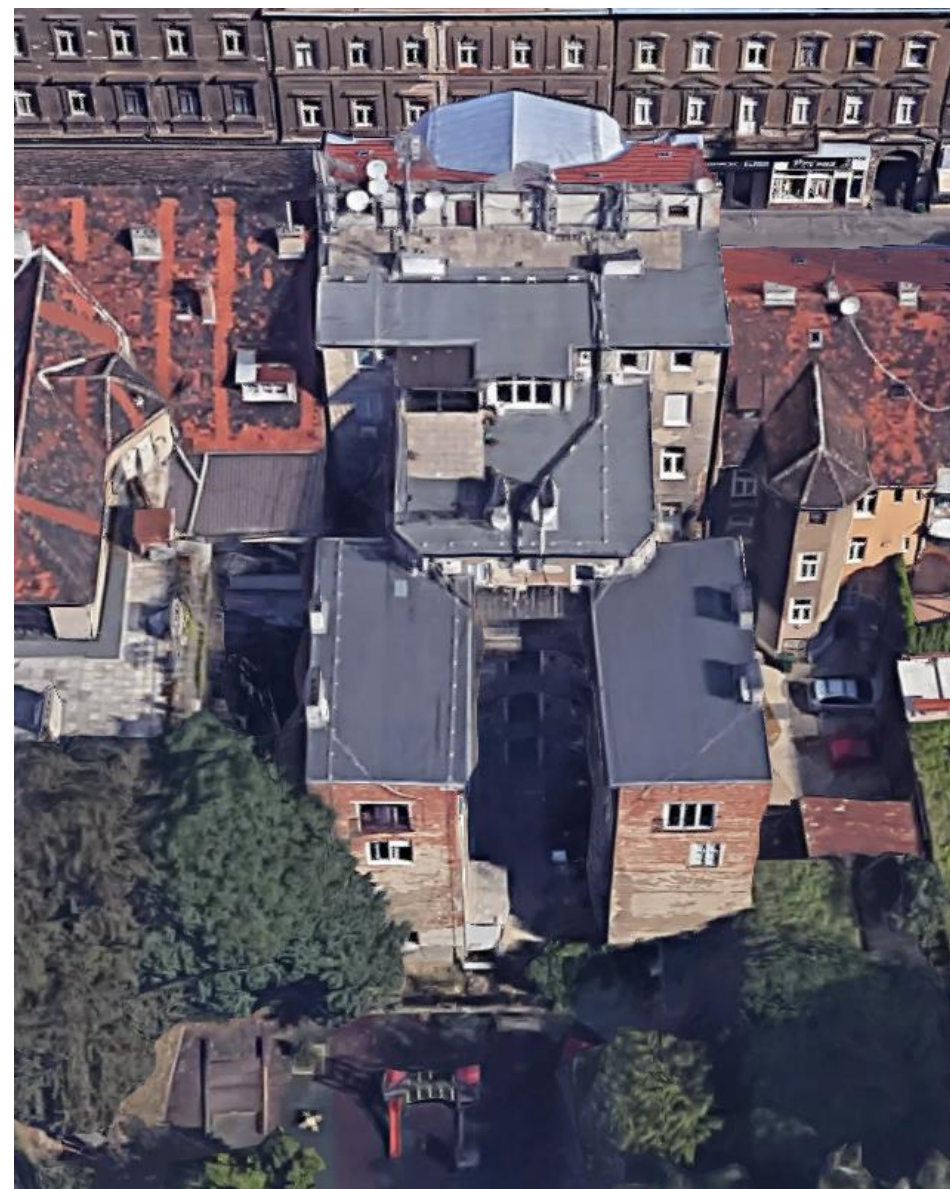






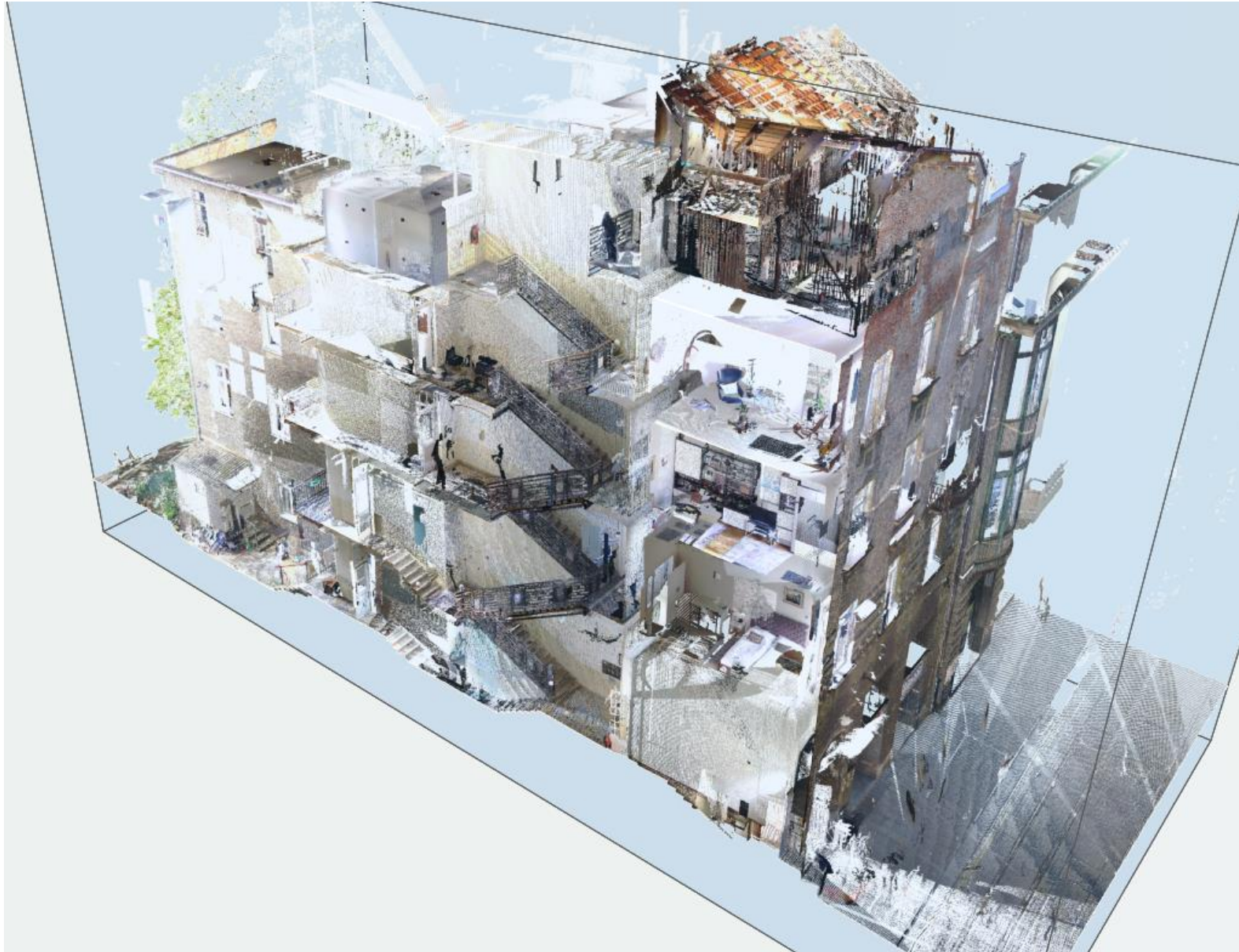
Projekt Jurišićeva 26

- Dana 29.04.2020., 30.04.2020. te 04.05.2020. izvršen je vizualni pregled i 3D laserski snimak stanja stambenog objekta i njegove vidljive konstrukcije na adresi Jurišićeva ulica 26, 10 000 Zagreb.
- Građevina je djelomično oštećena u potresu te je dio građevine postao nesiguran za korištenje
- Prilikom pregleda unutrašnjosti konstrukcije uočene su nepravilnosti i pukotine na ulaznom i stubišnom dijelu konstrukcije, hodnicima, u prostorijama stanova, kao i na tavanском području krovne konstrukcije.
- Najviše su stradala dva dvorišna dijela konstrukcije koja su zbog svoje fleksibilnosti u odnosu na ostatak konstrukcije doživjeli velike pomake



Pozicija i oblik građevine

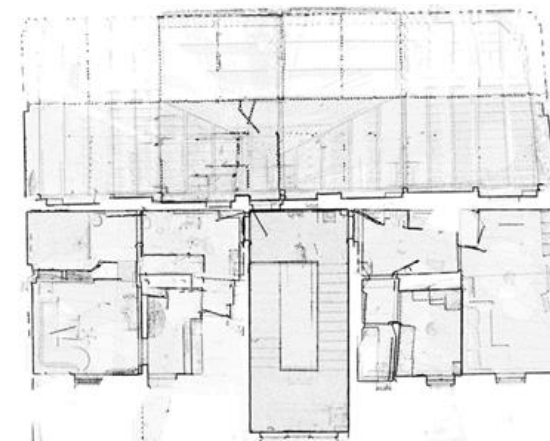
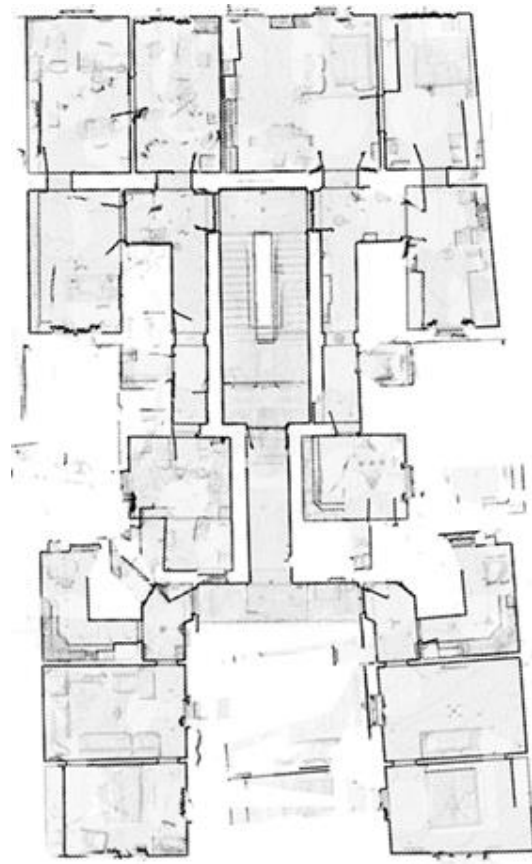
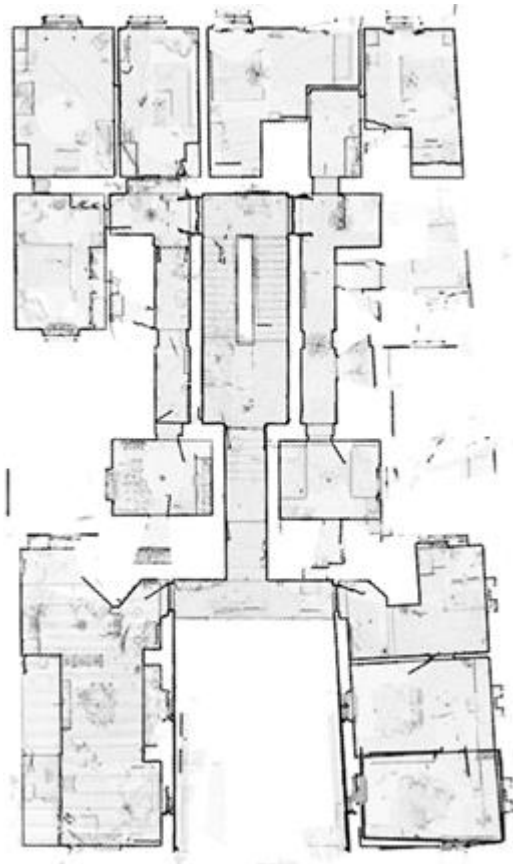
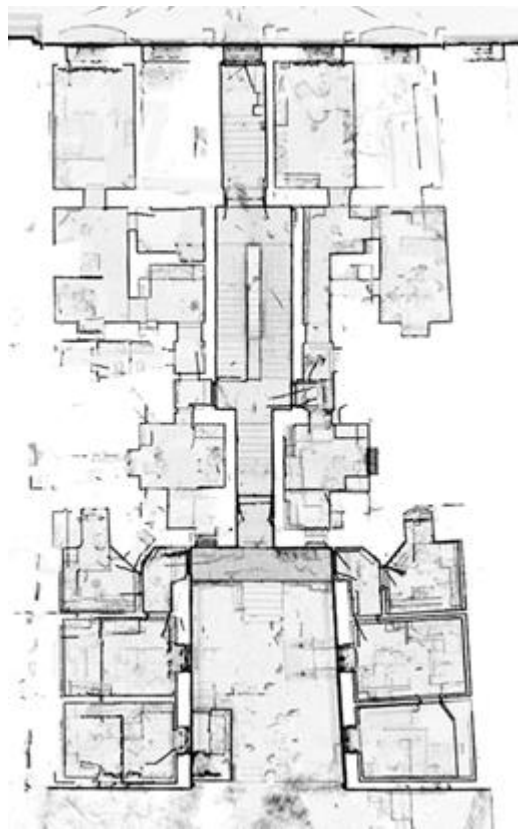
Faro scan



3D FARO Scan model sastavljen od
point cloud točaka

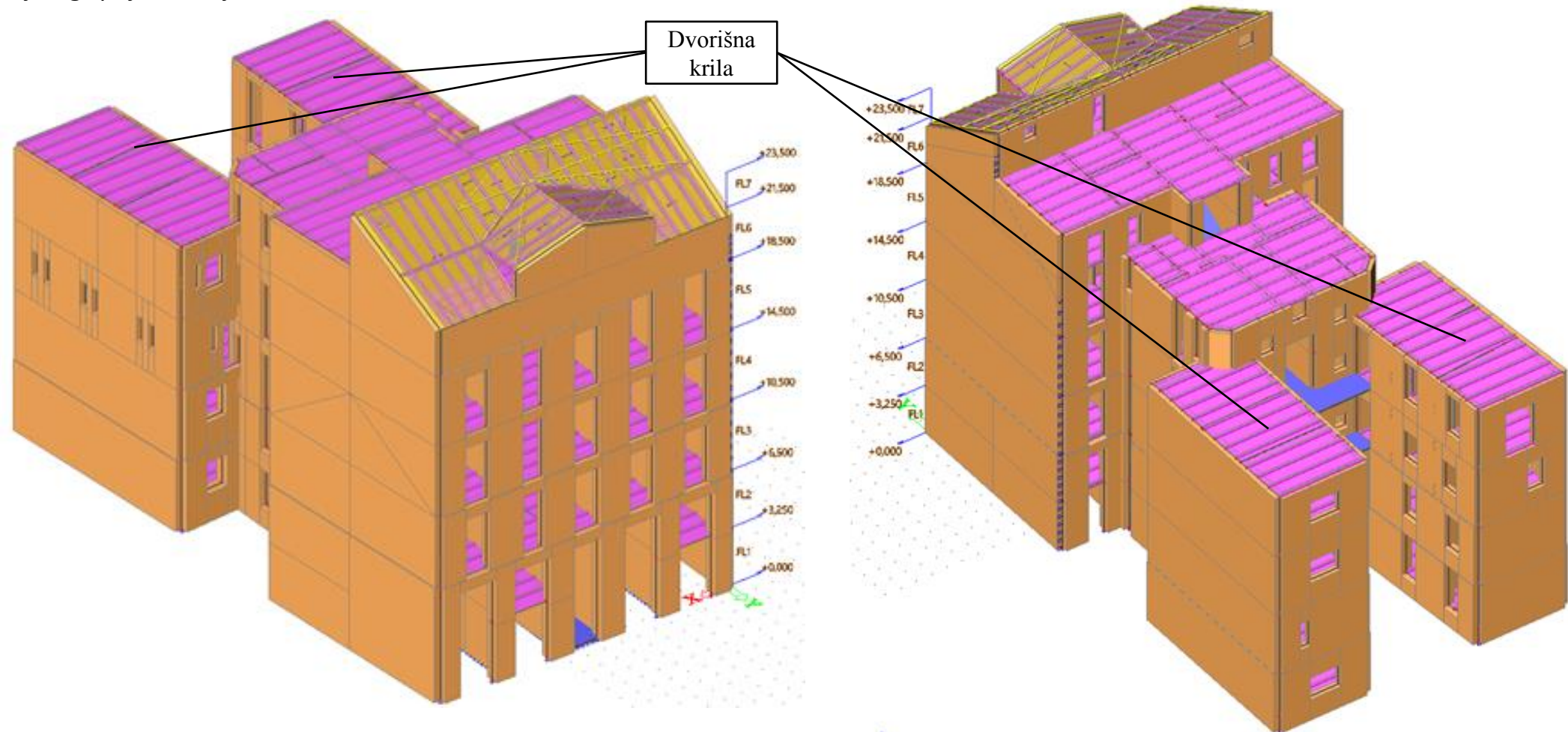
Presjek kroz model

FARO laserski scan – tlocrti po etažama

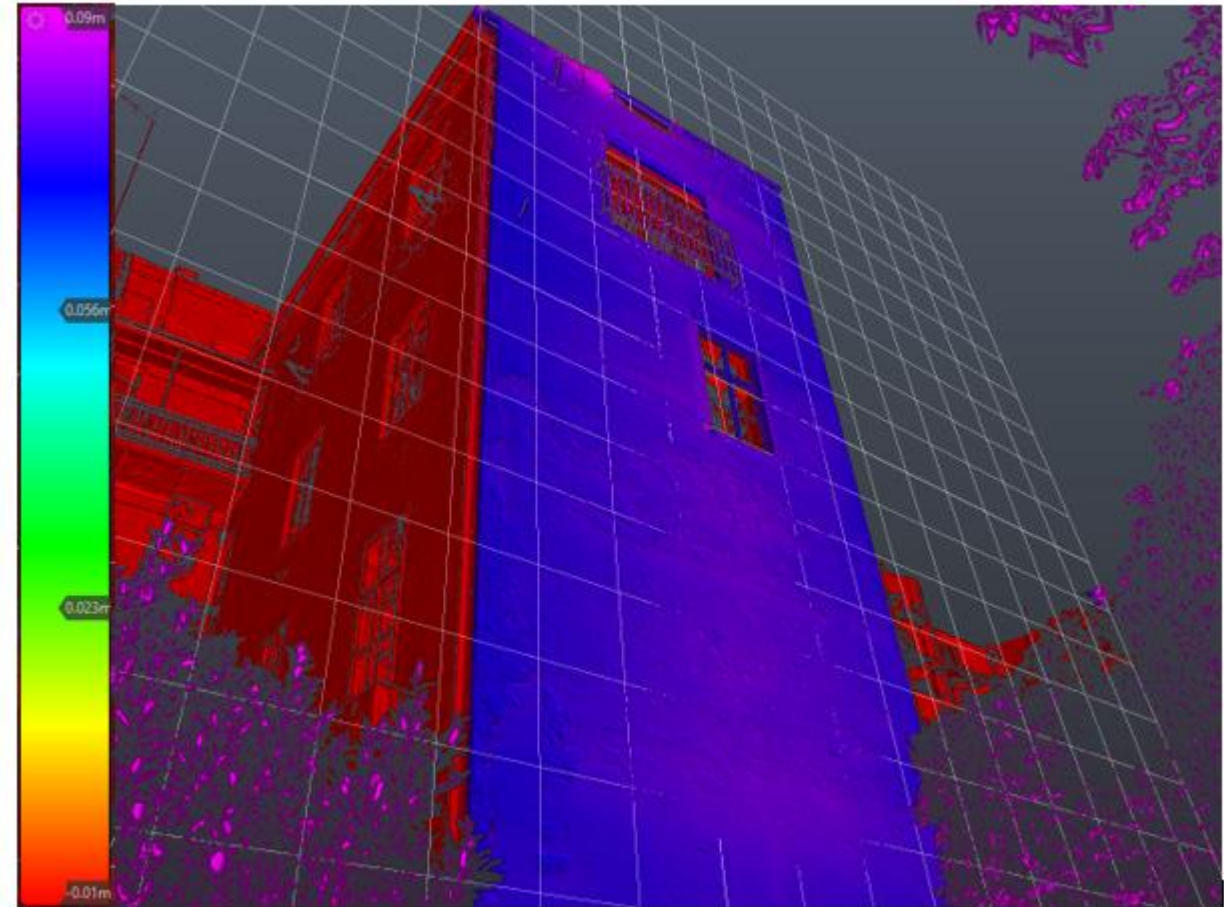


SCIA model

S obzirom na to da je predmetna građevina ugrađena između dvije građevine, na mjestu dilatacije postavljeni su nelinearni „press only“ ležajevi koji simuliraju nepomičnost konstrukcije u smjeru dodira sa susjednim građevinama. Krutost opruge dilatacijskog spoja uzeta je sa iznosom od 10 MN/m^3 .

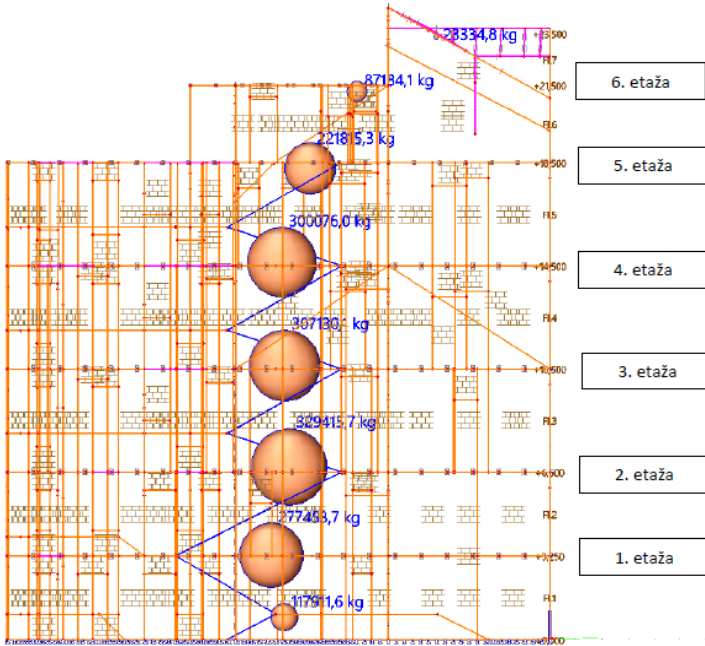


Prikaz ravnosti plohe – izvadak iz programa SCENE



Proračun potresnih sila

Mase potresne kombinacije po etažama za središnji i sjeverni dio zgrade:



Težina 1. etaže:

$$W_{1s} = 117912 \text{ kg} + 277454 \text{ kg} = 395366 \text{ kg} = 3954 \text{ kN}$$

Težina 2. etaže:

$$W_{2s} = 329416 \text{ kg} = 3294 \text{ kN}$$

Težina 3. etaže:

$$W_{3s} = 307130 \text{ kg} = 3071 \text{ kN}$$

Težina 4. etaže:

$$W_{4s} = 300076 \text{ kg} = 3001 \text{ kN}$$

Težina 5. etaže:

$$W_{5s} = 221815 \text{ kg} = 2218 \text{ kN}$$

Težina 6. etaže:

$$W_{6s} = 87184 \text{ kg} + 23335 \text{ kg} = 110519 \text{ kg} = 1105 \text{ kN}$$

Ukupna težina zgrade:

$$W_{uk} = W_{1s} + W_{1j} + W_{2s} + W_{2j} + W_{3s} + W_{3j} + W_{4s} + W_{4j} + W_{5s} + W_{5j} + W_{6s} = 22400 \text{ kN}$$

Ukupna seizmička sila:

$$F_b = S_d(T_1) * W * \lambda$$

$$F_b = 0,375 * 22400 * 0,85 = 7140 \text{ kN} \rightarrow \text{RAZINA 1}$$

$$F_b = 0,75 * 22400 * 0,85 = 14280 \text{ kN} \rightarrow \text{RAZINA 2}$$

Ukupna seizmička sila za južni dio zgrade:

$$F_{b,j} = S_d(T_1) * W * \lambda$$

$$F_{b,j} = 0,375 * 5860 * 0,85 = 1868 \text{ kN} \rightarrow \text{RAZINA 1}$$

$$F_{b,j} = 0,75 * 5860 * 0,85 = 3735 \text{ kN} \rightarrow \text{RAZINA 2}$$

Ukupna seizmička sila za središnji i sjeverni dio zgrade:

$$F_{b,j} = S_d(T_1) * W * \lambda$$

$$F_{b,j} = 0,375 * 16540 * 0,85 = 5273 \text{ kN} \rightarrow \text{RAZINA 1}$$

$$F_{b,j} = 0,75 * 16540 * 0,85 = 10545 \text{ kN} \rightarrow \text{RAZINA 2}$$

Raspored seizmičkih sila po katovima (južni dio) za proračunsko potresno opterećenje RAZINA 1:

$$F_{b,1} = S_d(T_1) * W_1 * \lambda = 298 \text{ - 1. etaža}$$

$$F_{b,2} = S_d(T_1) * W_2 * \lambda = 408 \text{ - 2. etaža}$$

$$F_{b,3} = S_d(T_1) * W_3 * \lambda = 425 \text{ - 3. etaža}$$

$$F_{b,4} = S_d(T_1) * W_4 * \lambda = 403 \text{ - 4. etaža}$$

$$F_{b,5} = S_d(T_1) * W_5 * \lambda = 335 \text{ - 5. etaža}$$

Raspored seizmičkih sila po katovima (južni dio) za proračunsko potresno opterećenje RAZINA 2:

$$F_{b,1} = S_d(T_1) * W_1 * \lambda = 595 \text{ - 1. etaža}$$

$$F_{b,2} = S_d(T_1) * W_2 * \lambda = 815 \text{ - 2. etaža}$$

$$F_{b,3} = S_d(T_1) * W_3 * \lambda = 850 \text{ - 3. etaža}$$

$$F_{b,4} = S_d(T_1) * W_4 * \lambda = 805 \text{ - 4. etaža}$$

$$F_{b,5} = S_d(T_1) * W_5 * \lambda = 670 \text{ - 5. etaža}$$

Raspored seizmičkih sila po katovima (središnji i sjeverni dio) za proračunsko potresno opterećenje RAZINA 1:

$$F_{b,1} = S_d(T_1) * W_1 * \lambda = 1260 \text{ - 1. etaža}$$

$$F_{b,2} = S_d(T_1) * W_2 * \lambda = 1050 \text{ - 2. etaža}$$

$$F_{b,3} = S_d(T_1) * W_3 * \lambda = 980 \text{ - 3. etaža}$$

$$F_{b,4} = S_d(T_1) * W_4 * \lambda = 958 \text{ - 4. etaža}$$

$$F_{b,5} = S_d(T_1) * W_5 * \lambda = 708 \text{ - 5. etaža}$$

$$F_{b,6} = S_d(T_1) * W_6 * \lambda = 353 \text{ - 6. etaža}$$

Raspored seizmičkih sila po katovima (središnji i sjeverni dio) za proračunsko potresno opterećenje RAZINA 2:

$$F_{b,1} = S_d(T_1) * W_1 * \lambda = 2520 \text{ - 1. etaža}$$

$$F_{b,2} = S_d(T_1) * W_2 * \lambda = 2100 \text{ - 2. etaža}$$

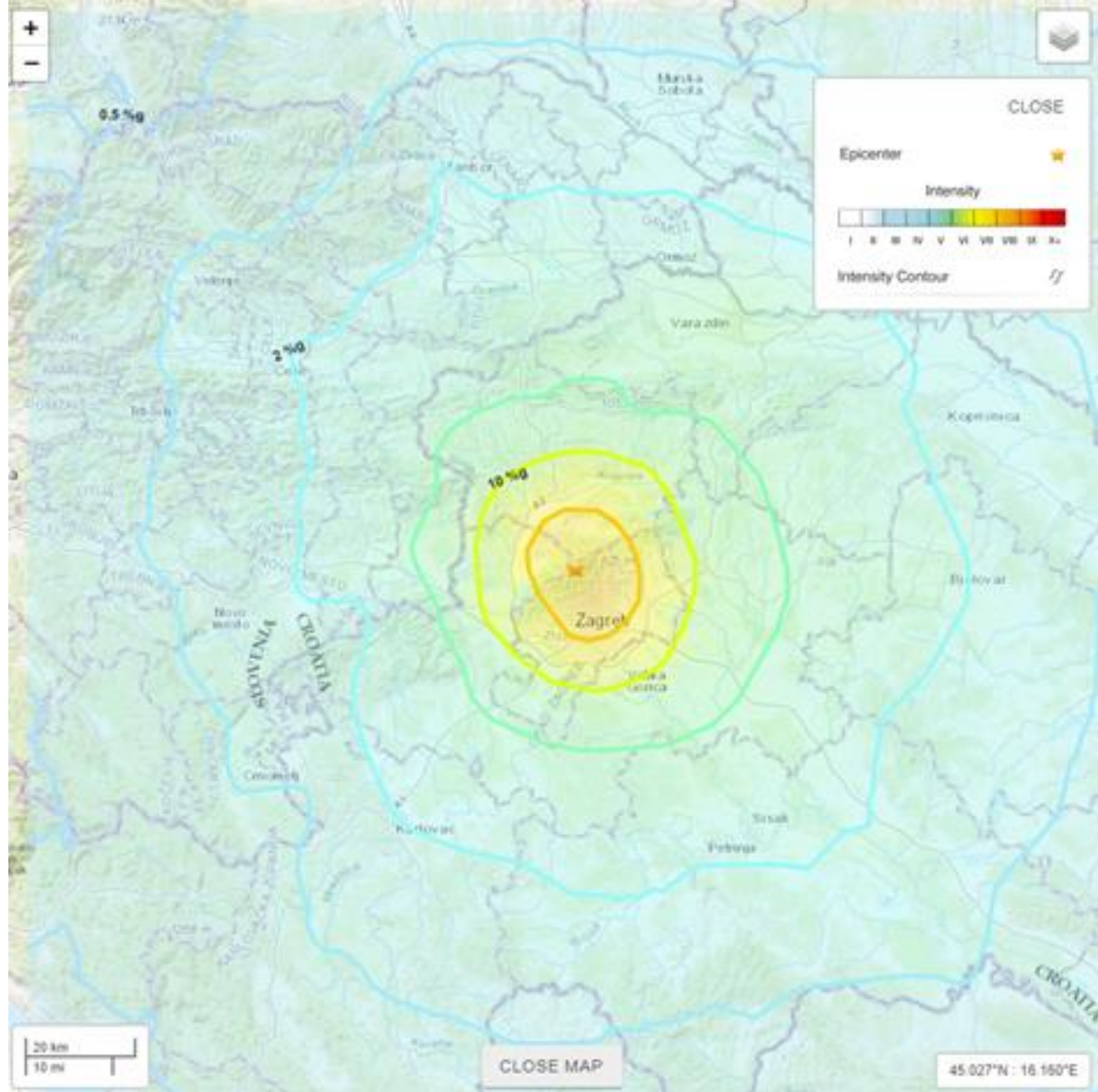
$$F_{b,3} = S_d(T_1) * W_3 * \lambda = 1960 \text{ - 3. etaža}$$

$$F_{b,4} = S_d(T_1) * W_4 * \lambda = 1915 \text{ - 4. etaža}$$

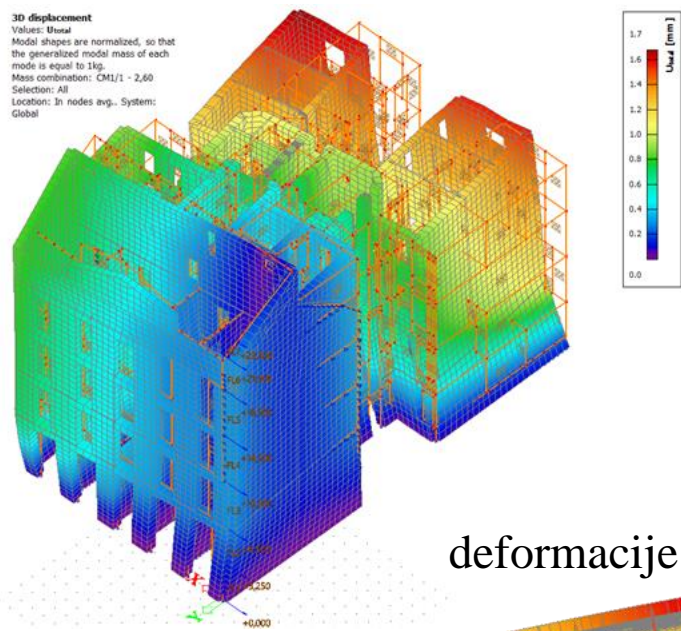
$$F_{b,5} = S_d(T_1) * W_5 * \lambda = 1415 \text{ - 5. etaža}$$

$$F_{b,6} = S_d(T_1) * W_6 * \lambda = 705 \text{ - 6. etaža}$$

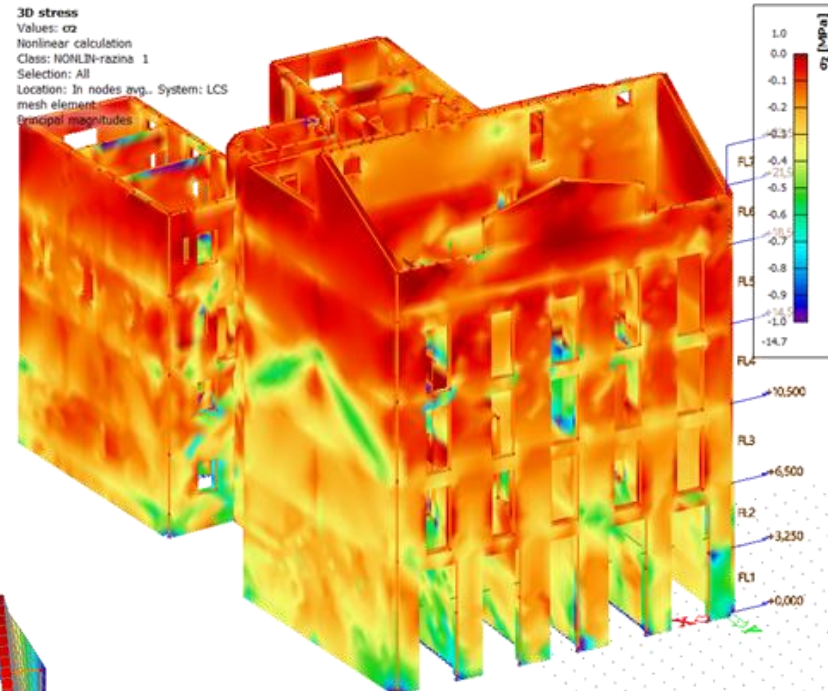
Opterećenje po etažama nanosi se kao uzdužna linijska ili površinska sila u međukatnim konstrukcijama.



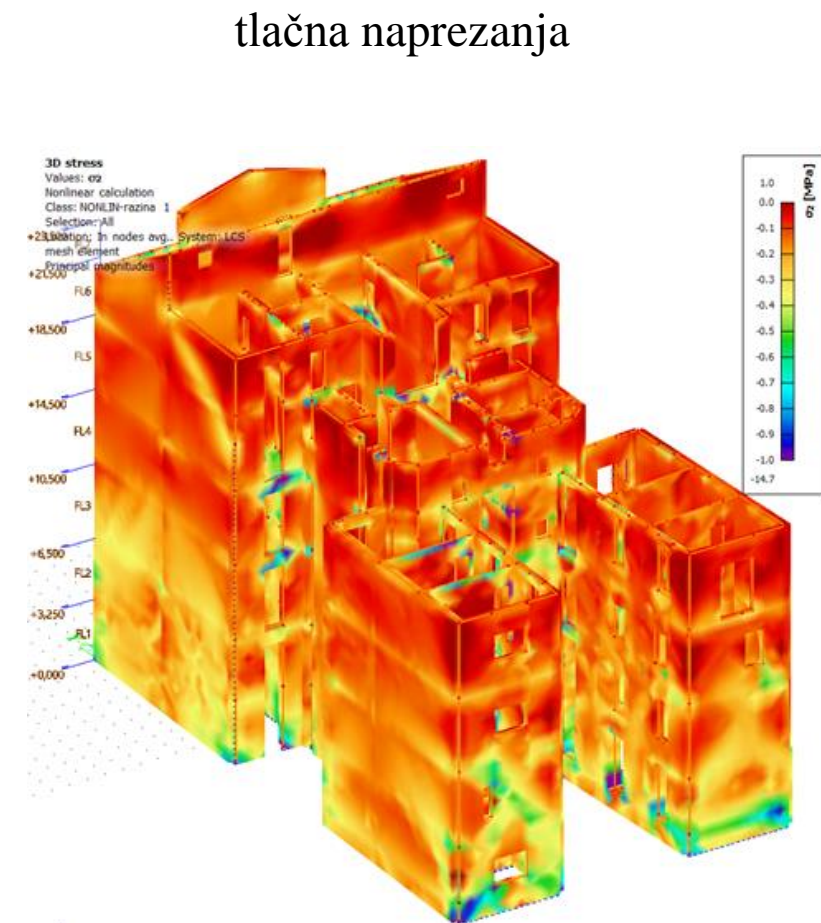
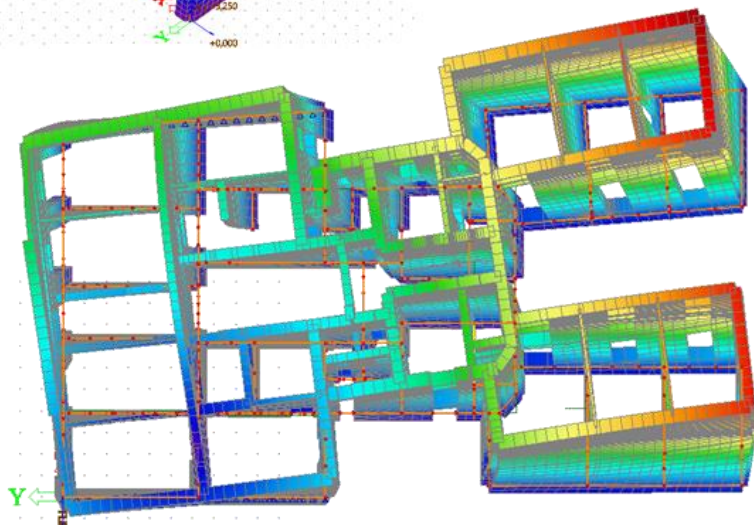
Rezultati postojećeg stanja



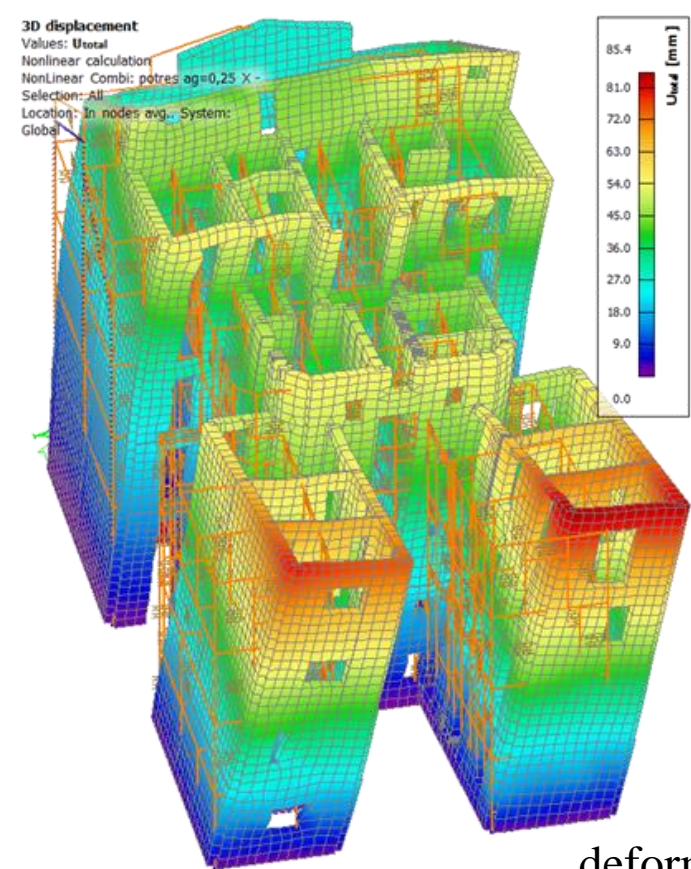
deformacije



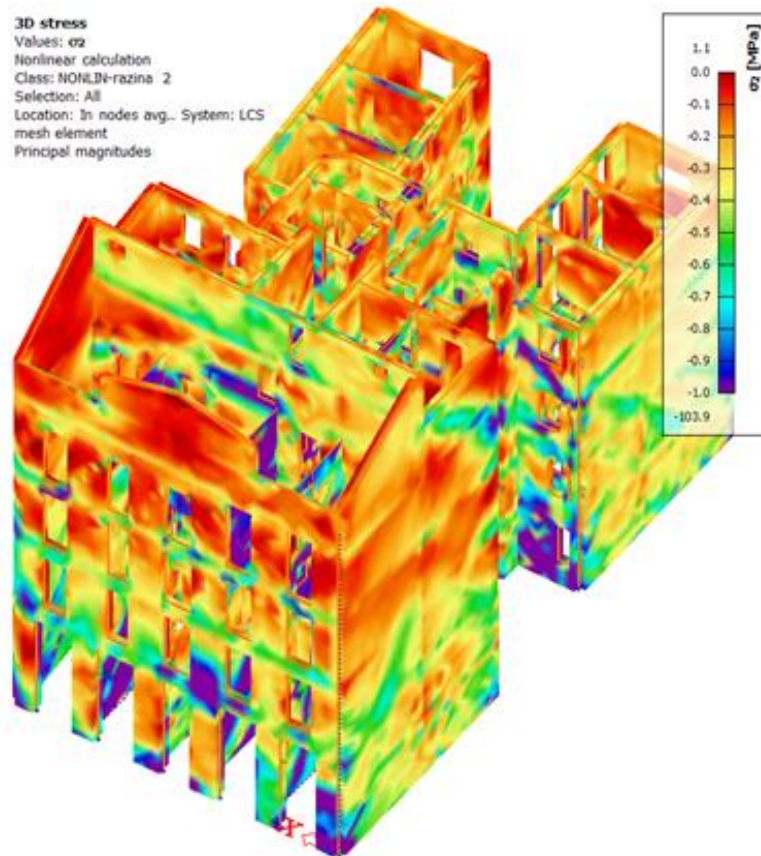
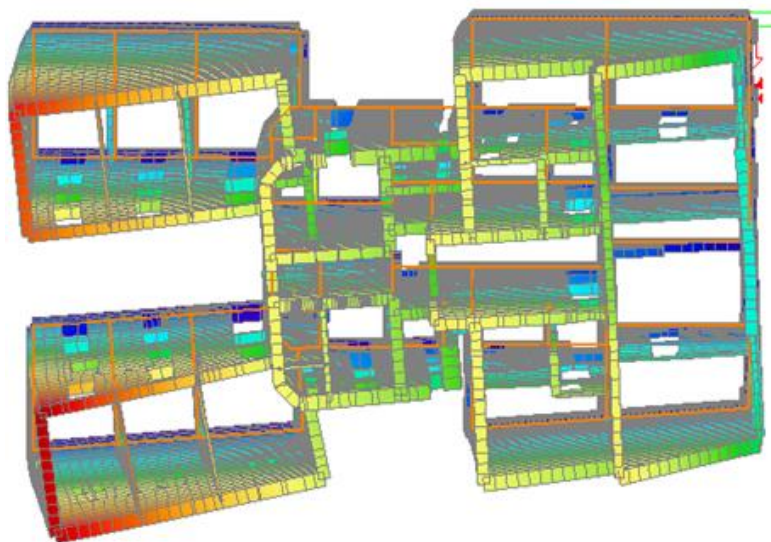
Potres 0,125 g



Rezultati postojećeg stanja

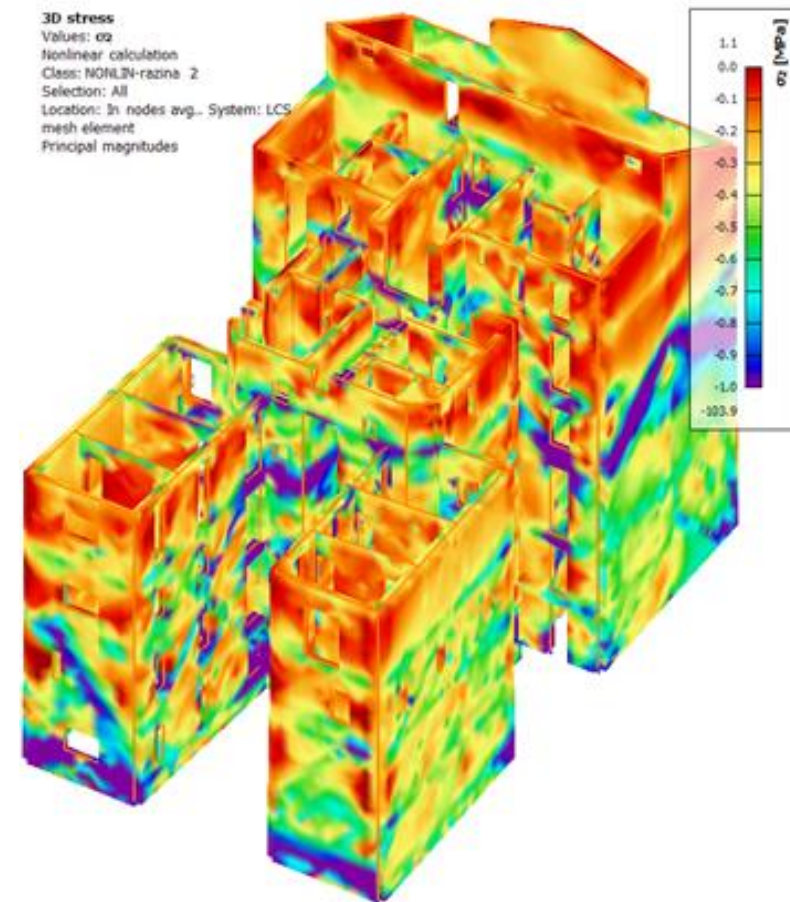


deformacije

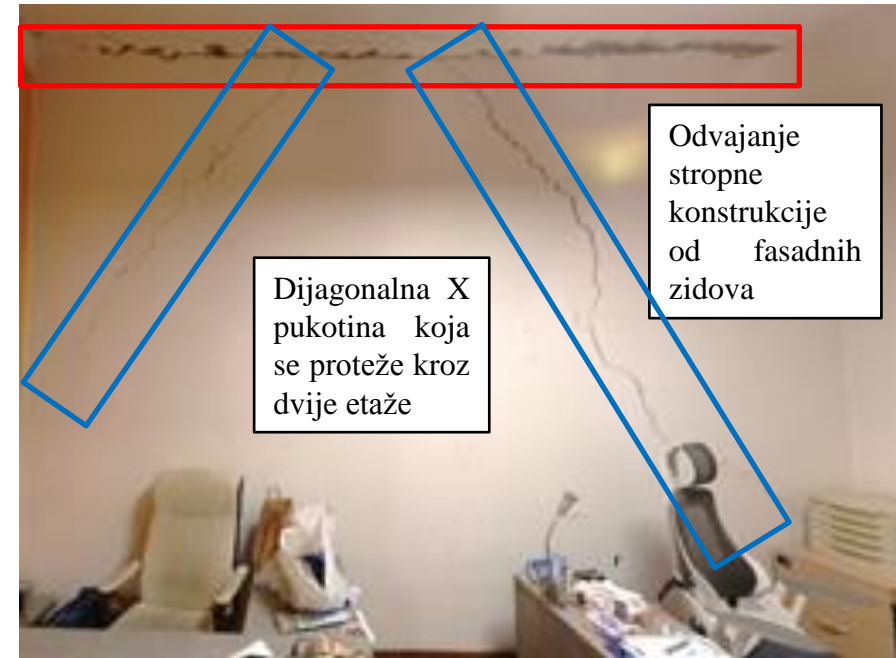
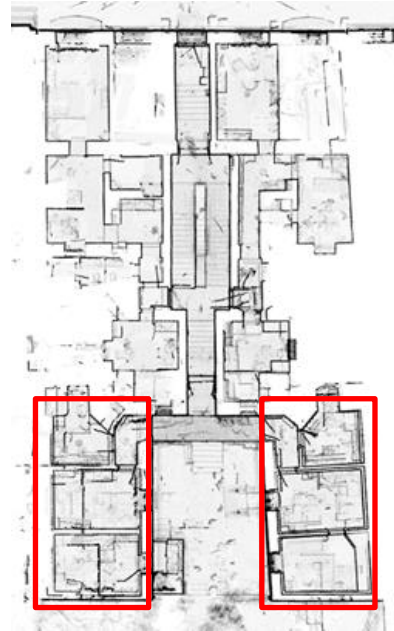


Potres 0,25 g

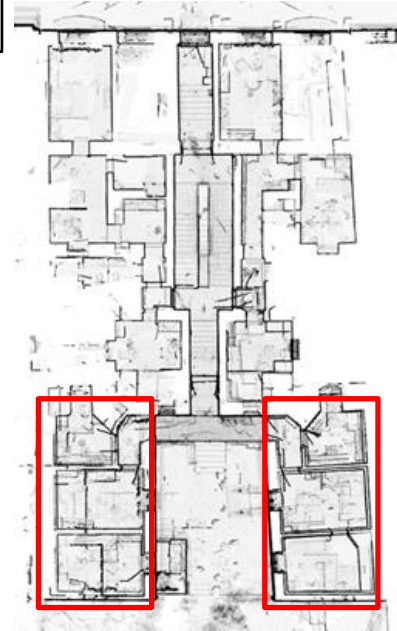
tlačna naprezanja



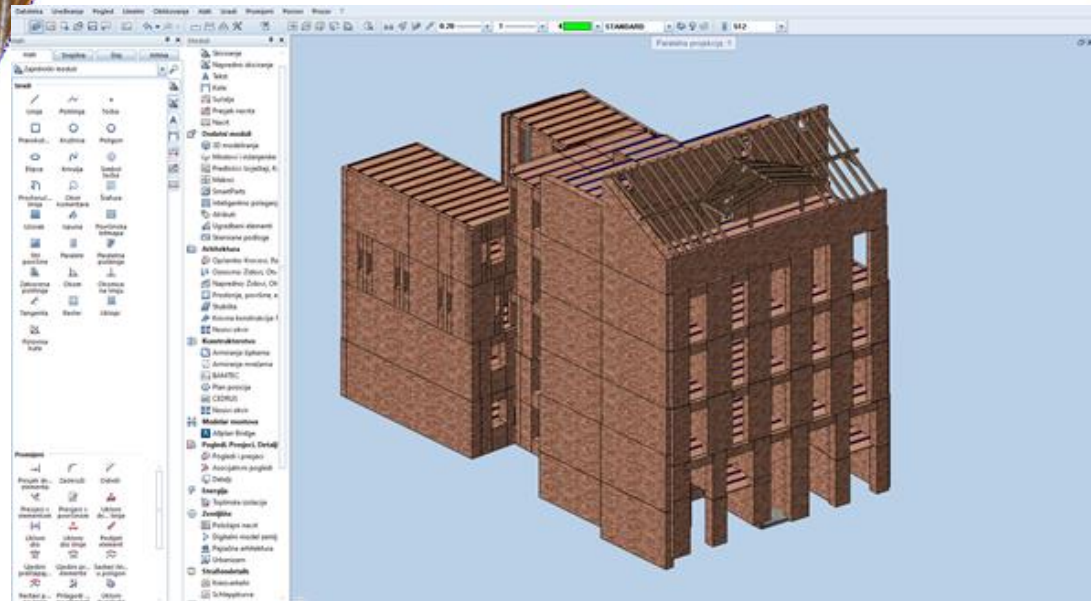
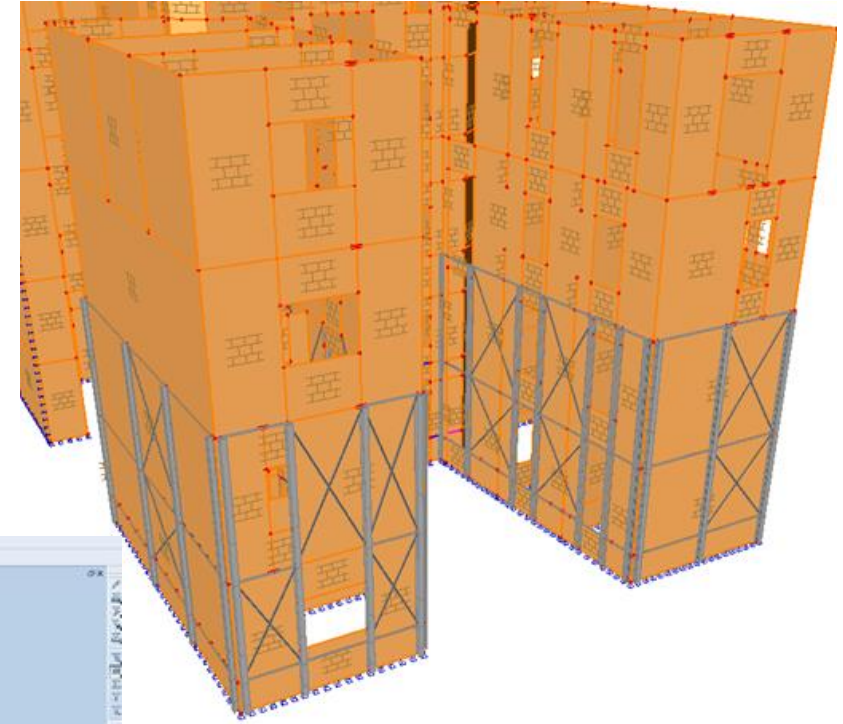
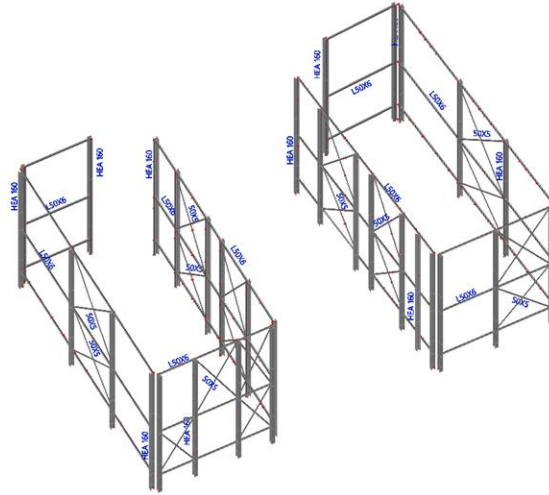
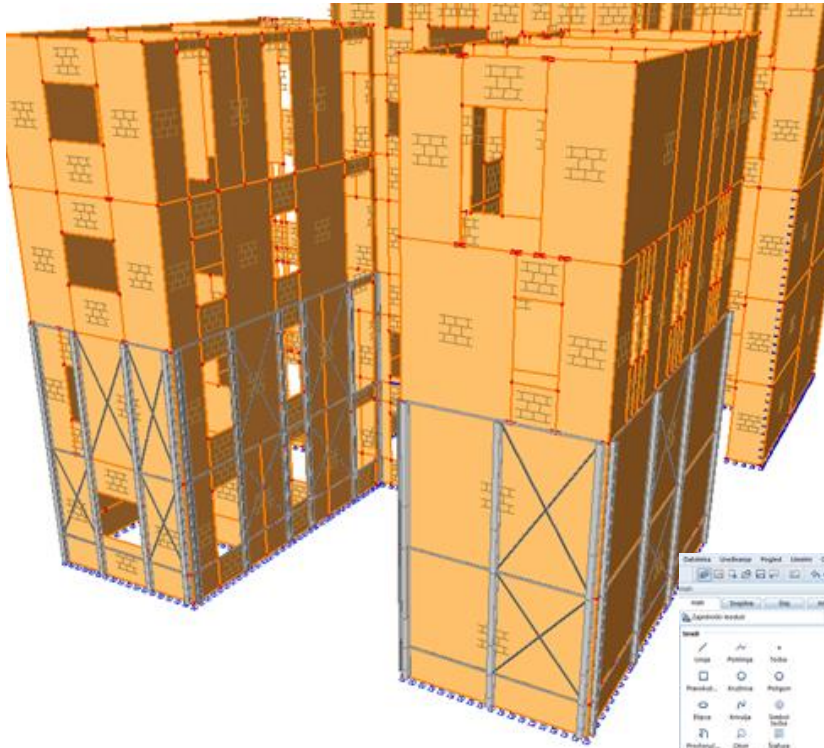
Prikaz pukotina zidova dvorišnog dijela



Prikaz pukotina zidova dvorišnog dijela



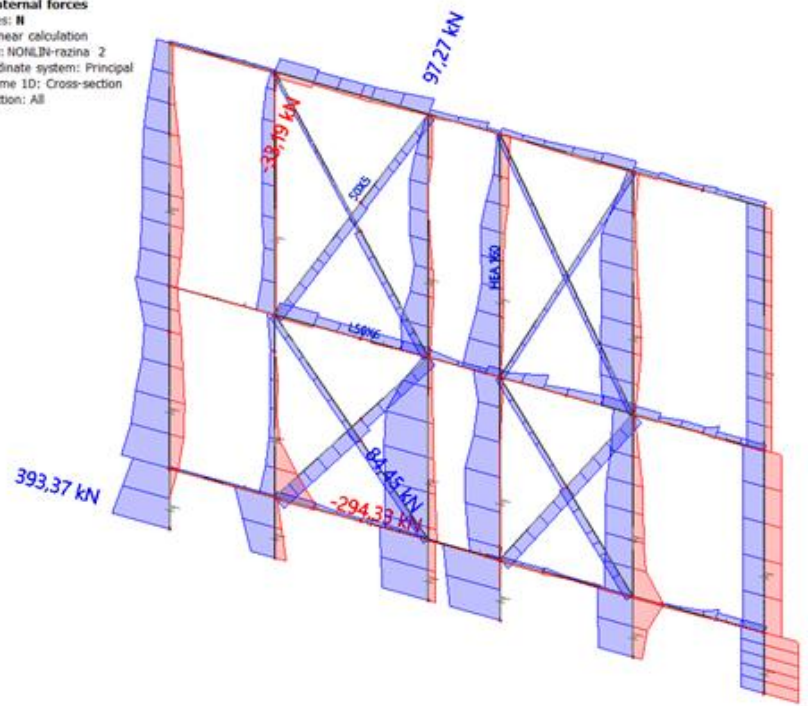
JURIŠIĆEVA 26



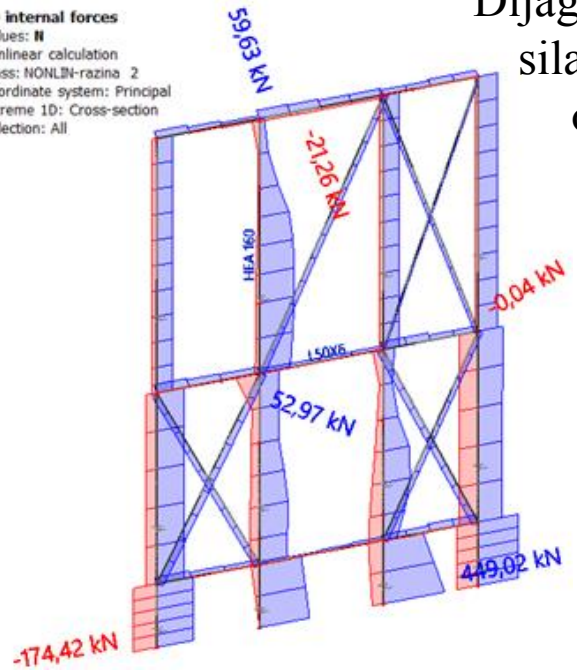
Stupovi - HEA 160
Horizontalne grede - L50x6
Dijagonale (trake) – 50x5

Rezultati ojačane konstrukcije

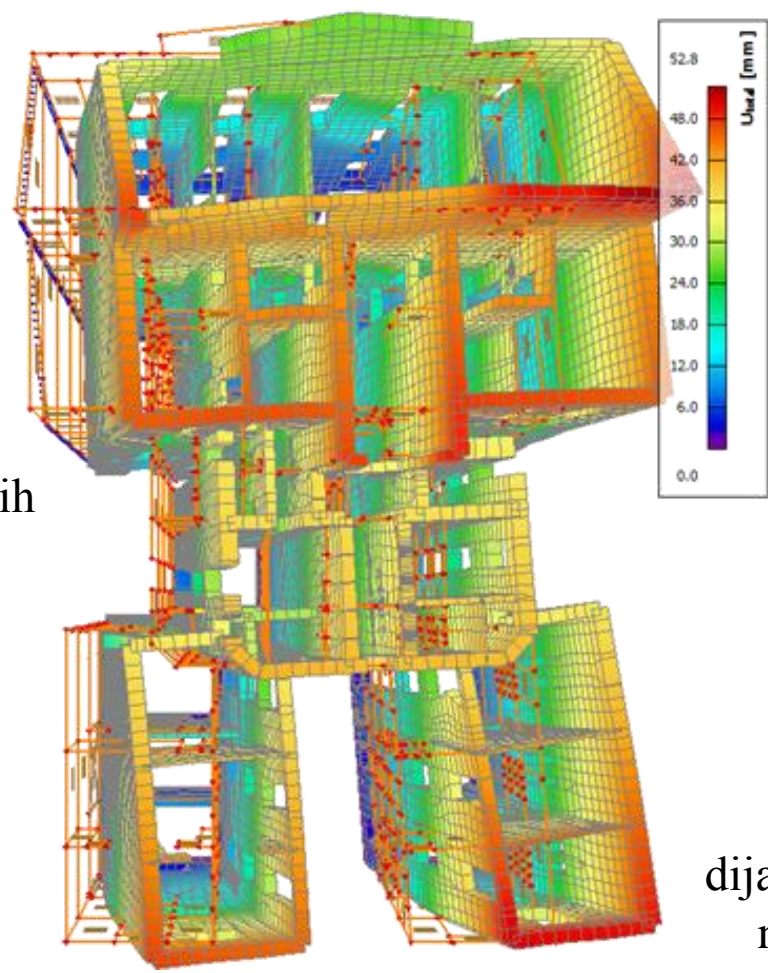
1D internal forces
Values: N
Nonlinear calculation
Class: NONLIN-razina 2
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: All



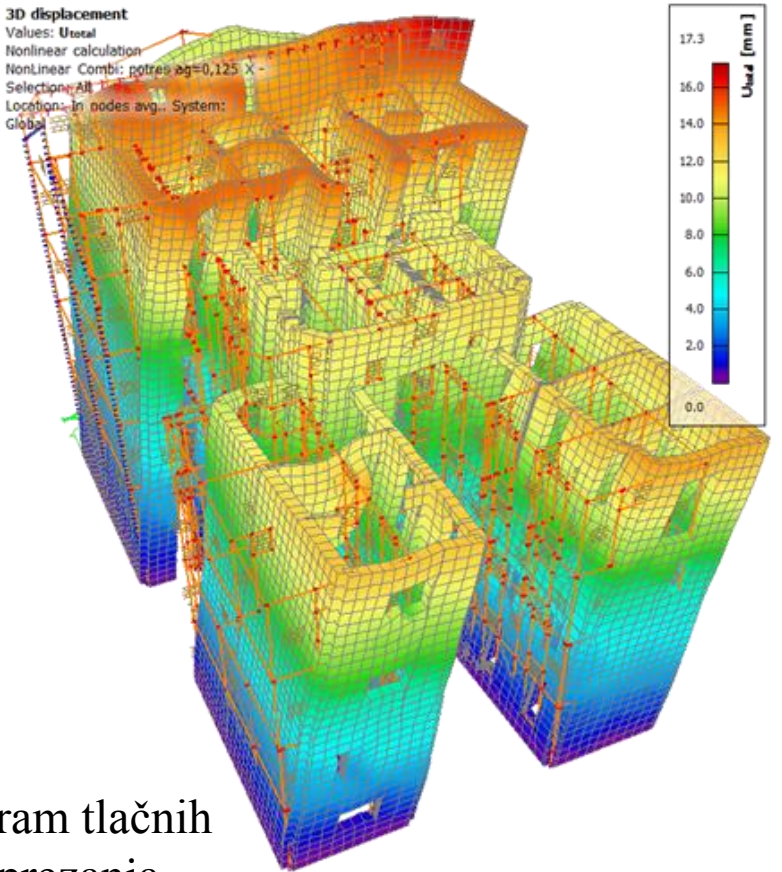
1D internal forces
Values: N
Nonlinear calculation
Class: NONLIN-razina 2
Coordinate system: Principal
Extreme 1D: Cross-section
Selection: All



Dijagram uzdužnih sila u čeličnim okvirima



3D displacement
Values: Utotal
Nonlinear calculation
NonLinear Combi: potres og=0,125 X
Selection: All
Location: In nodes avg. System:
Global

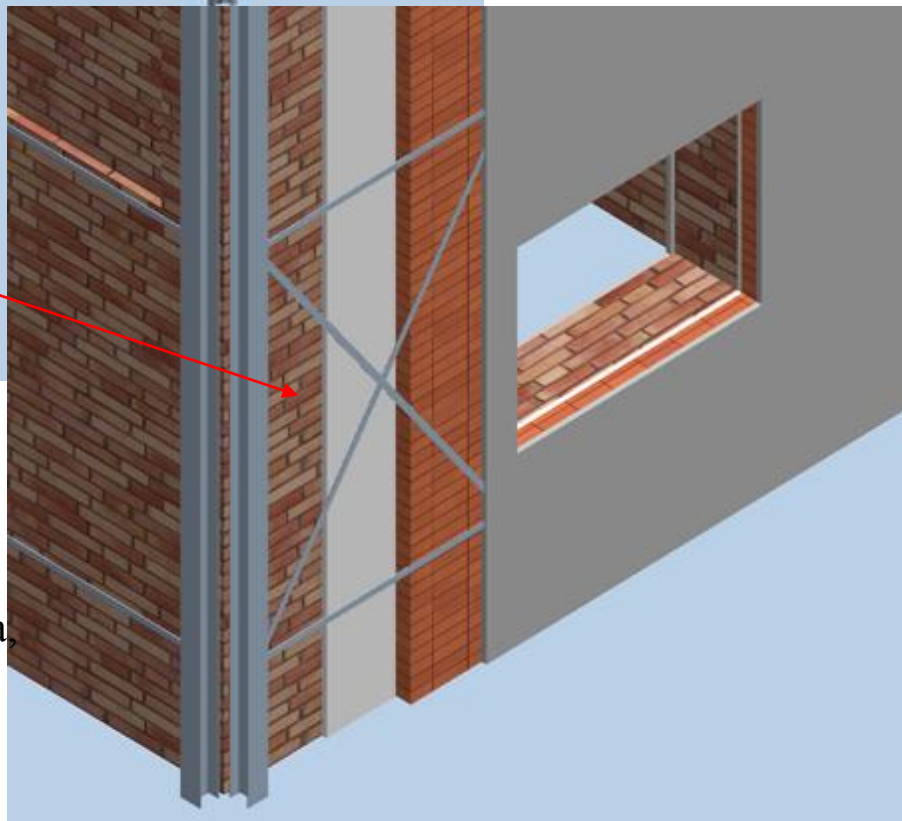


dijagram tlačnih naprezanja

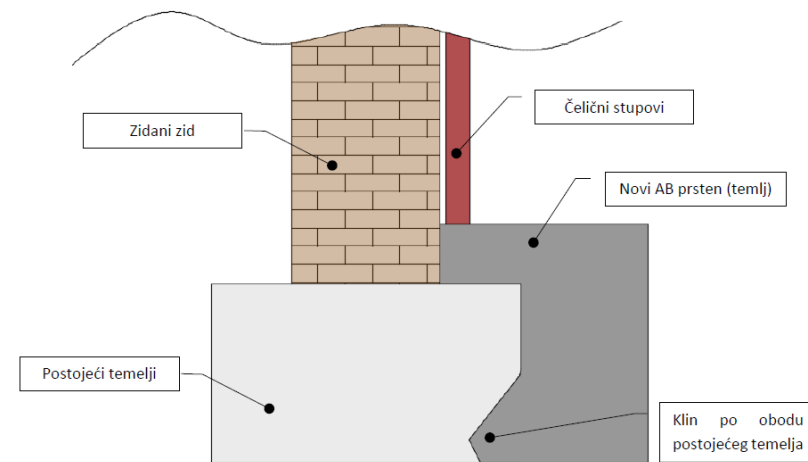


Slojevi redom iznutra prema van:

- FRCM sustav
- Postojeći zidani zid
- 2-4 cm XPS-a (izravnajući sloj)
- Čelični okvirni sustav
- Puna opeka 12 cm (ispuna čeličnom okviru)
- FRCM sustav

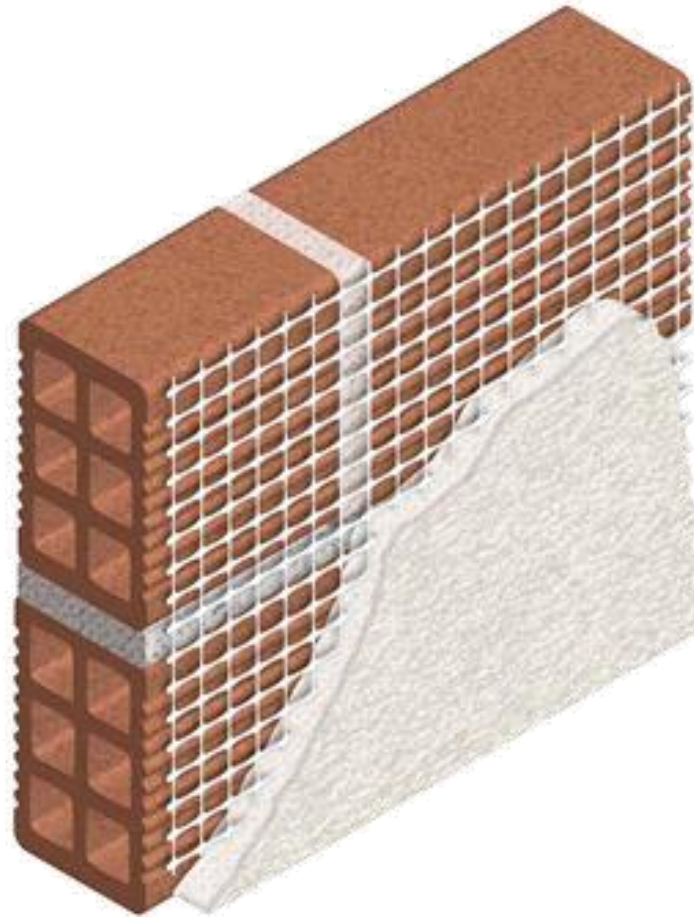


Sustav ojačanje južnih dvorišnih krakova građevine
 Sustav obuhvaća spregnuto djelovanje postojećeg zida, novog sloja opeke, čelika, FRCM sustava i AB rubnih serklaža

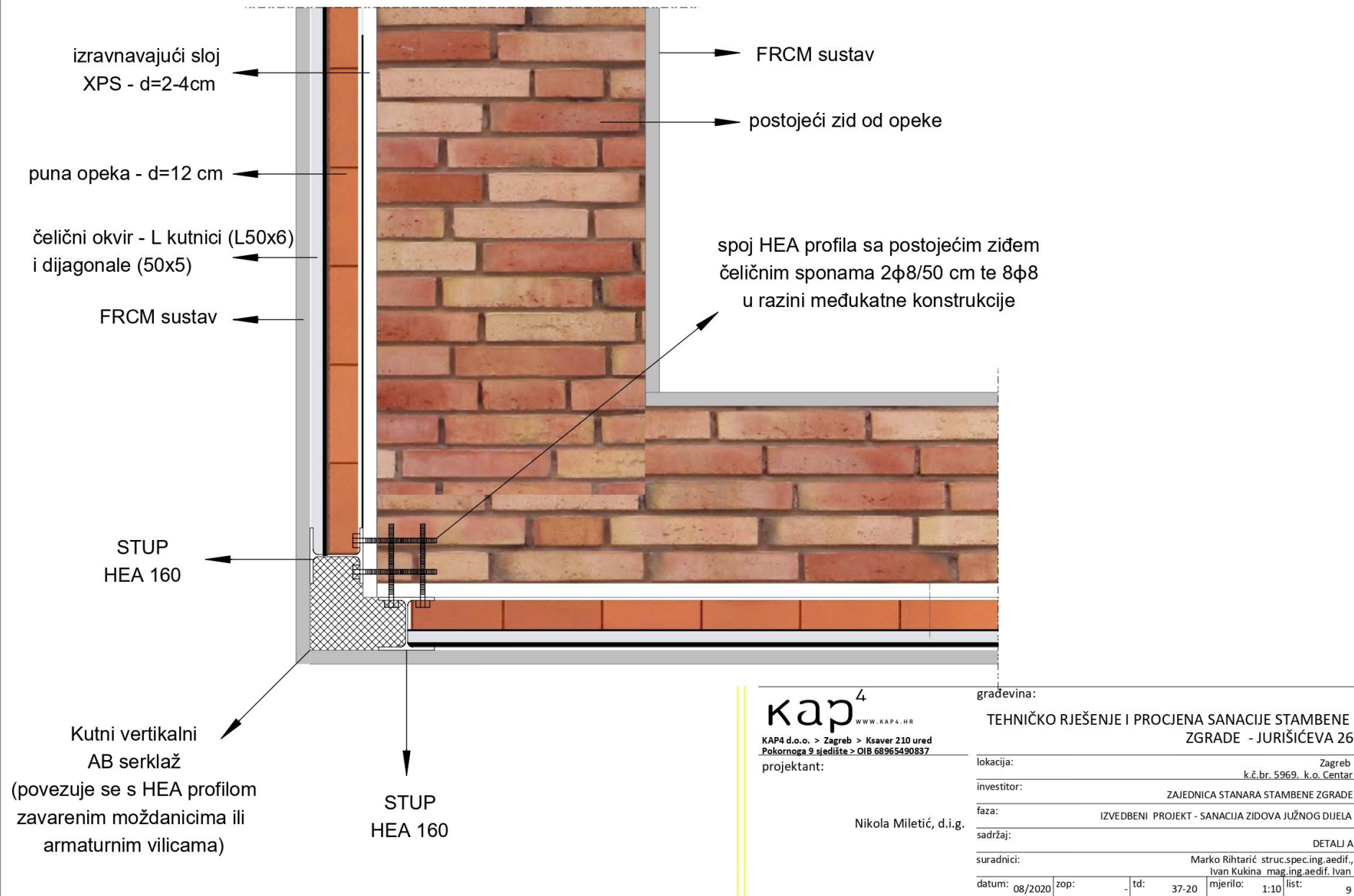


- Ojačanja se postavljaju u sjevernom i središnjem dijelu - FRCM sustav stakloplastike otvorenu tkanina postavljenu u dva ortogonalna smjera
- FRCM sustav je kompozitni materijal koji se sastoji od matrice na bazi cementa i sloja „otvorene“ mreže
- Mreža „otvorene“ strukture omogućuje veću dodirnu površinu vlakana i matrice te time osigurava bolje zajedničko djelovanje materijala u kompozitnom sustavu
- Svrha vlakana je da preuzimaju vlačne sile nakon pojave mikropukotina u matrici
- Uloga matrice je distribucija sila na vlakna te da poveže FRCM sustav sa zidnim elementom koji se ojačava.

FRCM sustav



DETALJ A
MJ 1:10



izravnavajući sloj
XPS - d=2-4cm

puna opeka - d=12 cm

čelični okvir - L kutnici (L50x6)
i dijagonale (50x5)

FRCM sustav

STUP
HEA 160

Kutni vertikalni
AB serklaž
(povezuje se s HEA profilom
zavarenim moždanicima ili
armaturnim vilicama)

STUP
HEA 160

FRCM sustav

postojeći zid od opeke

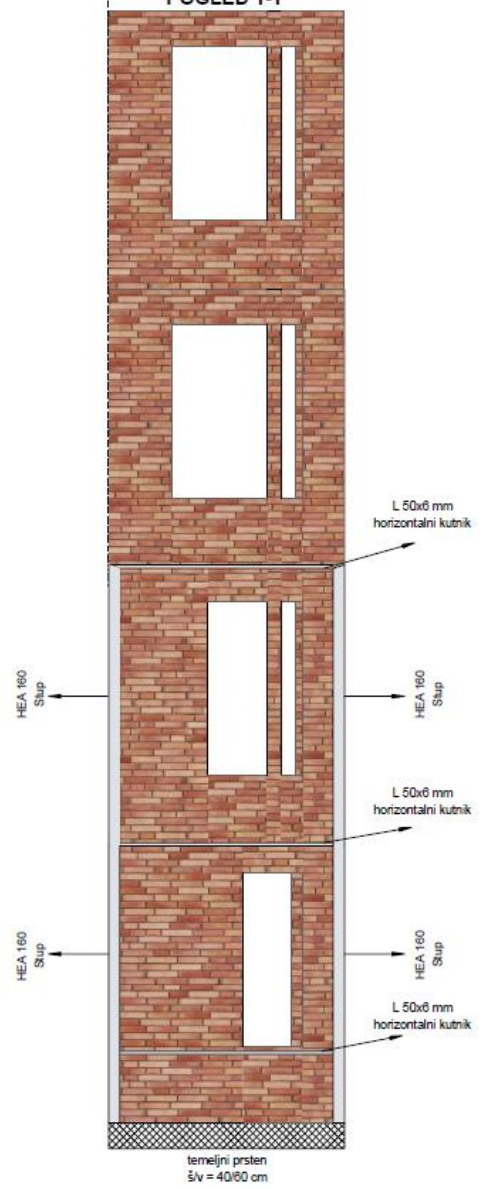
spoj HEA profila sa postojećim zidom
čeličnim sponama 2φ8/50 cm te 8φ8
u razini međukatne konstrukcije

kap⁴
WWW.KAP4.HR
KAP4 d.o.o. > Zagreb > Ksaver 210 ured
Pokornoga 9 sjedište > OIB 68965490837
projektant:

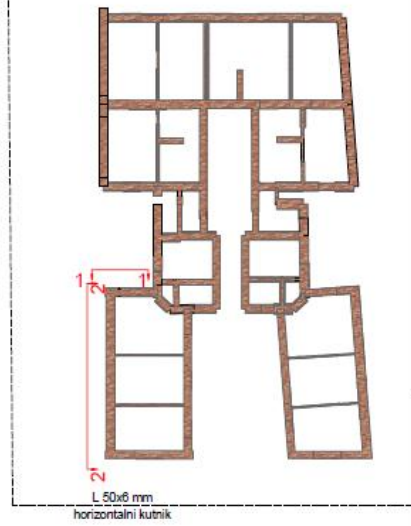
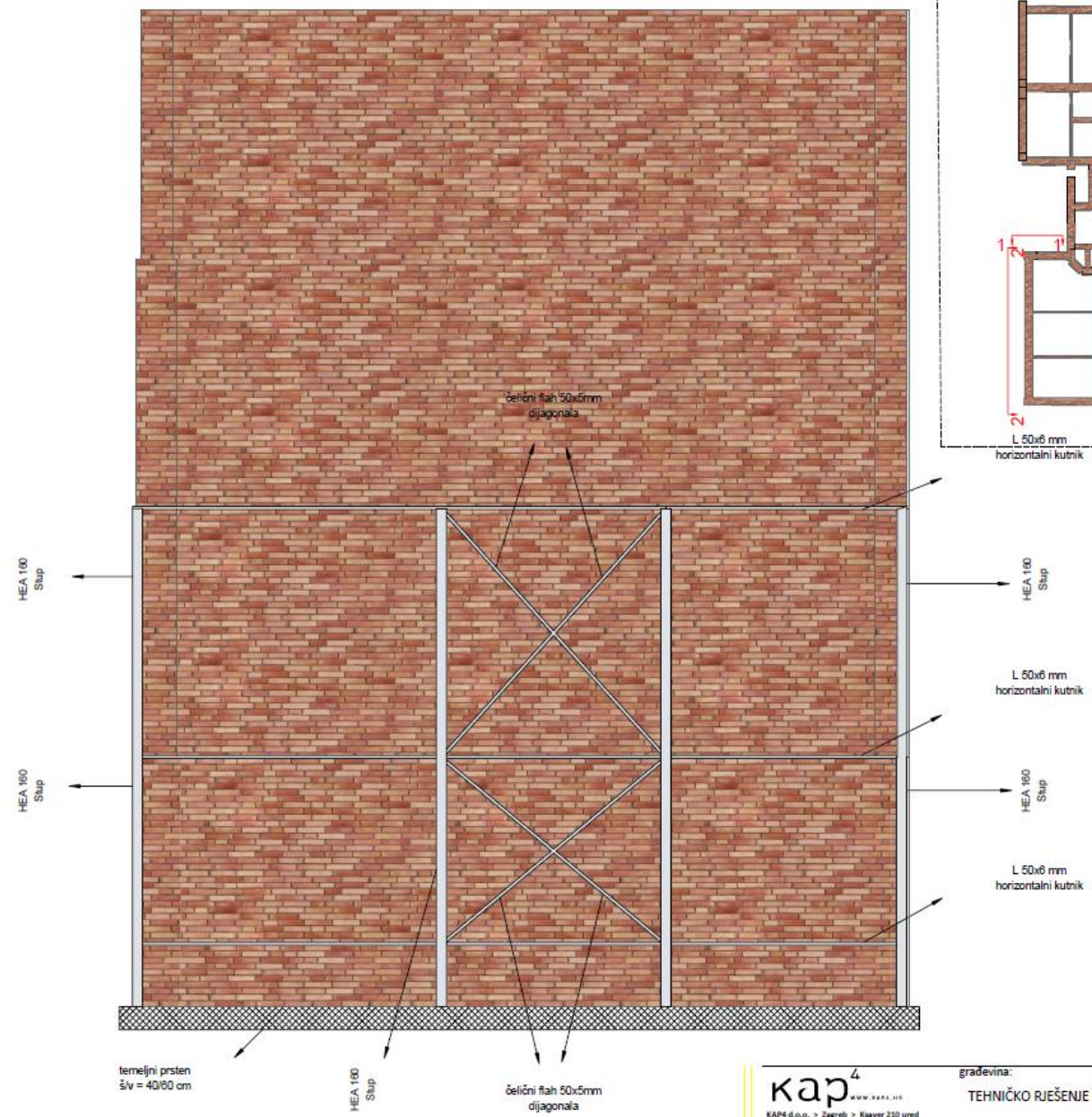
Nikola Miletić, d.i.g.

građevina:	TEHNIČKO RJEŠENJE I PROCJENA SANACIJE STAMBENE ZGRADE - JURJIŠIĆEVA 26		
lokacija:	Zagreb	k.č.br. 5969. k.o. Centar	
investitor:	ZAJEDNICA STANARA STAMBENE ZGRADE		
faza:	IZVEDBENI PROJEKT - SANACIJA ZIDOVA JUŽNOG DIJELA		
sadržaj:	DETALJ A		
suradnici:	Marko Rihtarić struc.spec.ing.aedif., Ivan Kukina mag.ing.aedif. Ivan		
datum:	08/2020	zop:	-
td:	37-20	mjerilo:	1:10
list:	9		

POGLED 1-1



POGLED 2-2



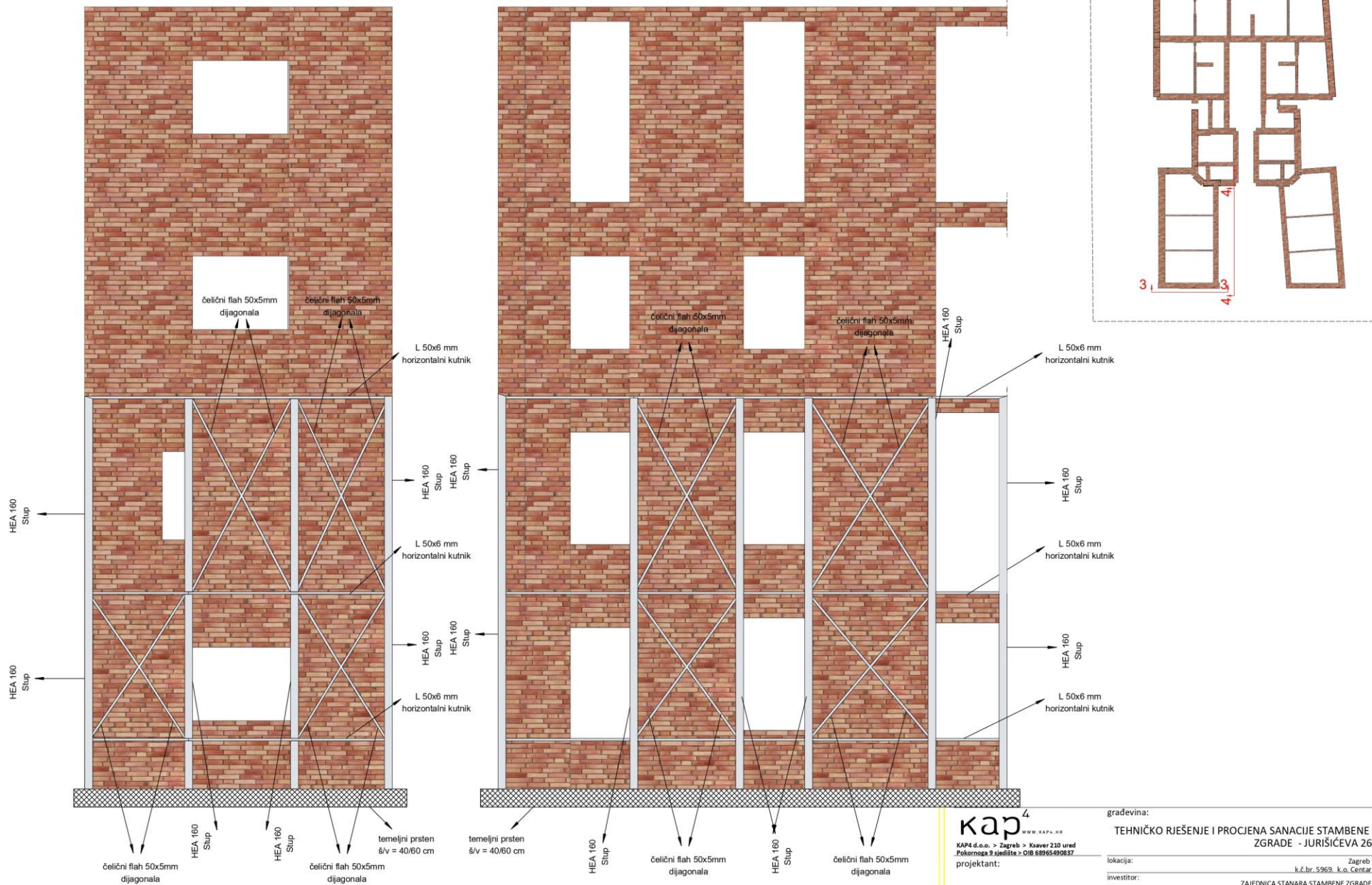
kap⁴ www.kap4.hr
 KAP4 d.o.o. • Zagreb • Kavear 230 ured
 Poljoprivna 9 susedike • OIB: 6295490837

Nikola Miletić, d.i.g.

gradjevina:	Zagreb
lokacija:	k.č.br. 9969, k.o. Čentar
investitor:	ZAJEDNICA STANARA STAMBENE ZGRADE
faza:	IZVEDBENI PROJEKT - SANACIJA ZIDOVA JUŽNOG DIELA
sadržaj:	POGLED 1-1, POGLED 2-2
suradnici:	Marko Riharić struc.spec.ing.aedif., Ivan Kuklina mas.ing.aedif.ivan
datum:	08/2020
zop:	
ltd:	37-20
myerilo:	1:50
ltd:	10

POGLED 3-3

POGLED 4-4



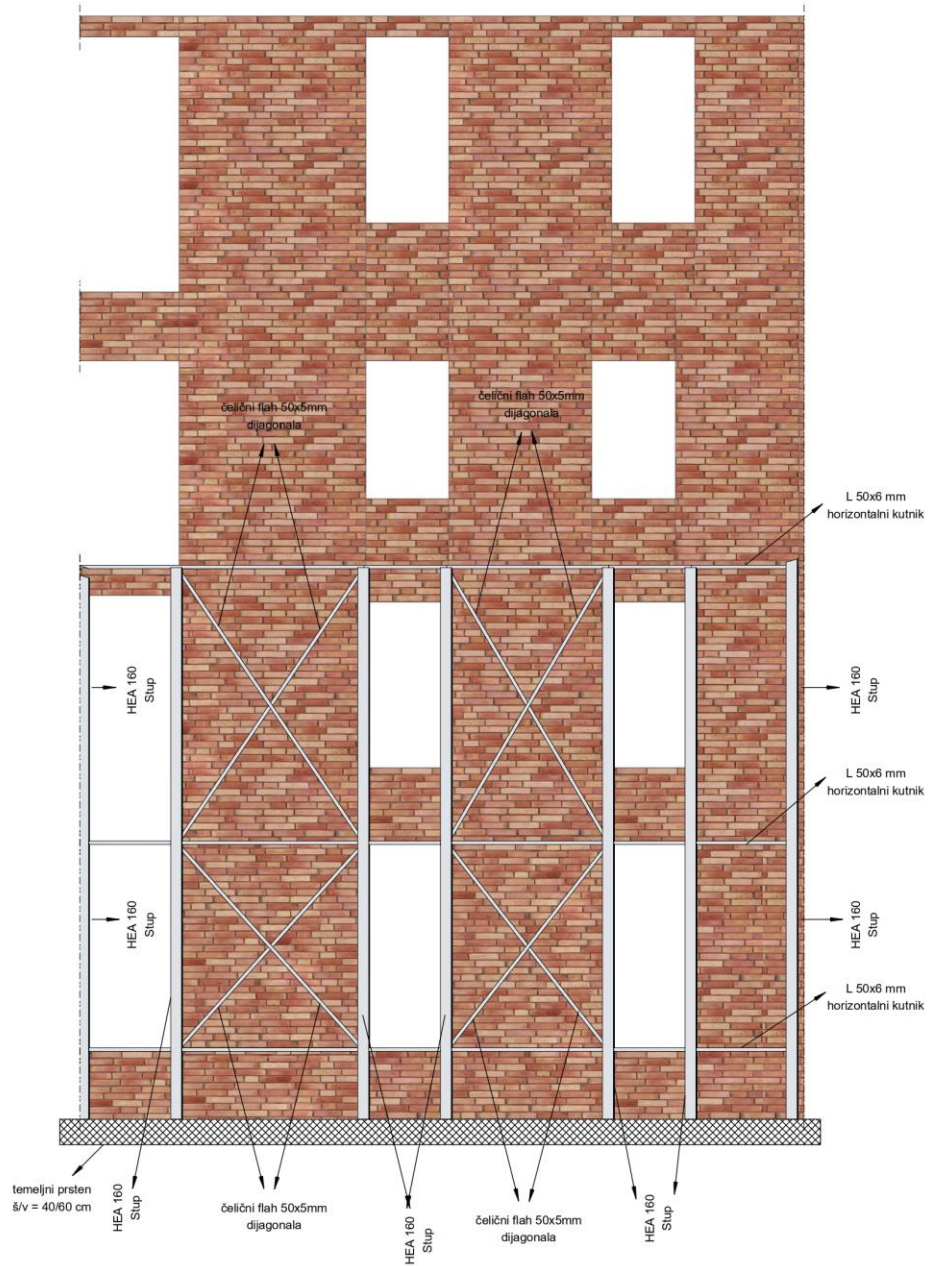
kap⁴
www.kap4.hr
 KAP4 d.o.o. - Zagreb - Ksaver 210 ulud
 Poljana 5, Jelića - 018 4965490837

projektant:
 Nikola Miličić, d.i.g.

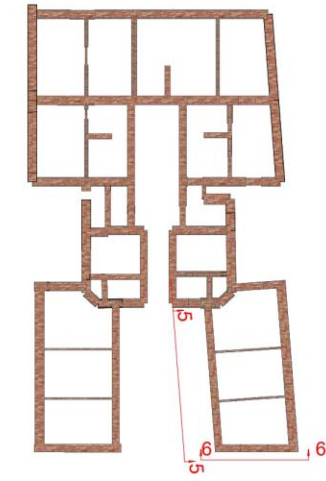
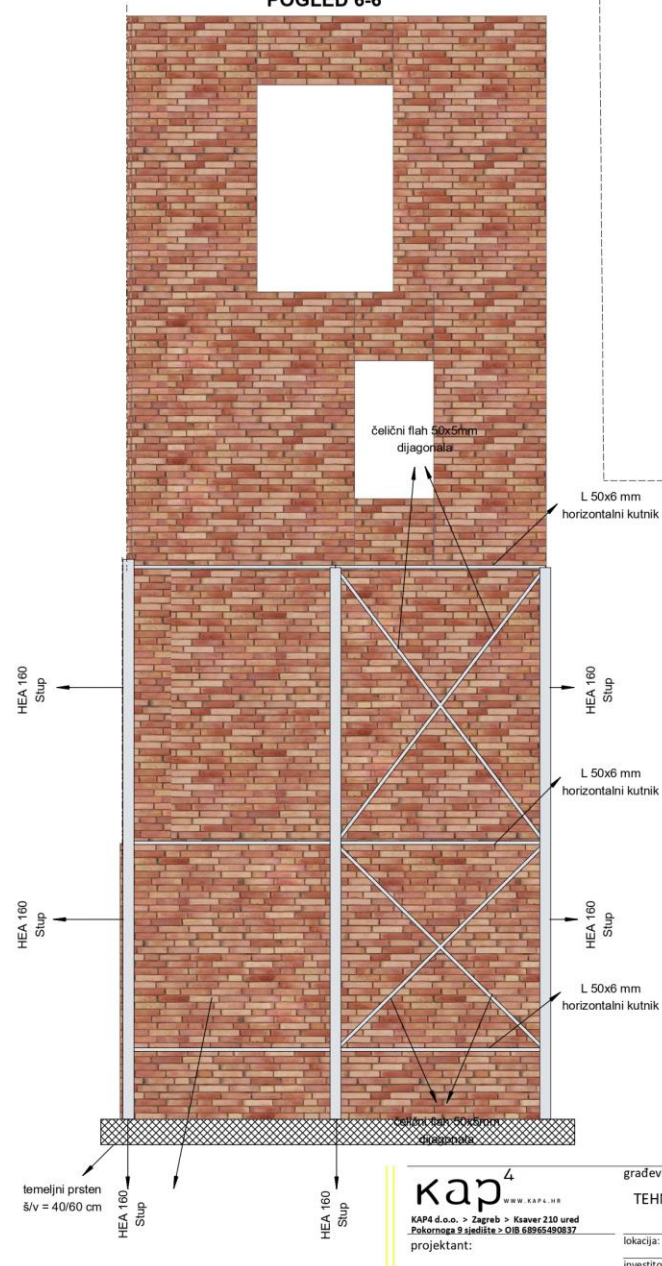
građevina:
TEHNIČKO RJEŠENJE I PROCJENA SANACIJE STAMBENE ZGRADE - JURJIŠIĆEVA 26

lokacija:	Zagreb k.č.br. 5969, k.o. Centar
investitor:	ZAJEDNICA STANARA STAMBENE ZGRADE
faza:	IZVEDBENI PROJEKT - SANACIJA ZIDOVA JUŽNOG DIJELA
sadržaj:	POGLED 3-3, POGLED 4-4
suradnici:	Marko Rihrtić struc.spec.ing.aedif., Ivan Kukina mag.ing.aedif. Ivan
datum:	08/2020
zop:	
td:	37-20
mjerilo:	1:50
list:	11

POGLED 5-5



POGLED 6-6

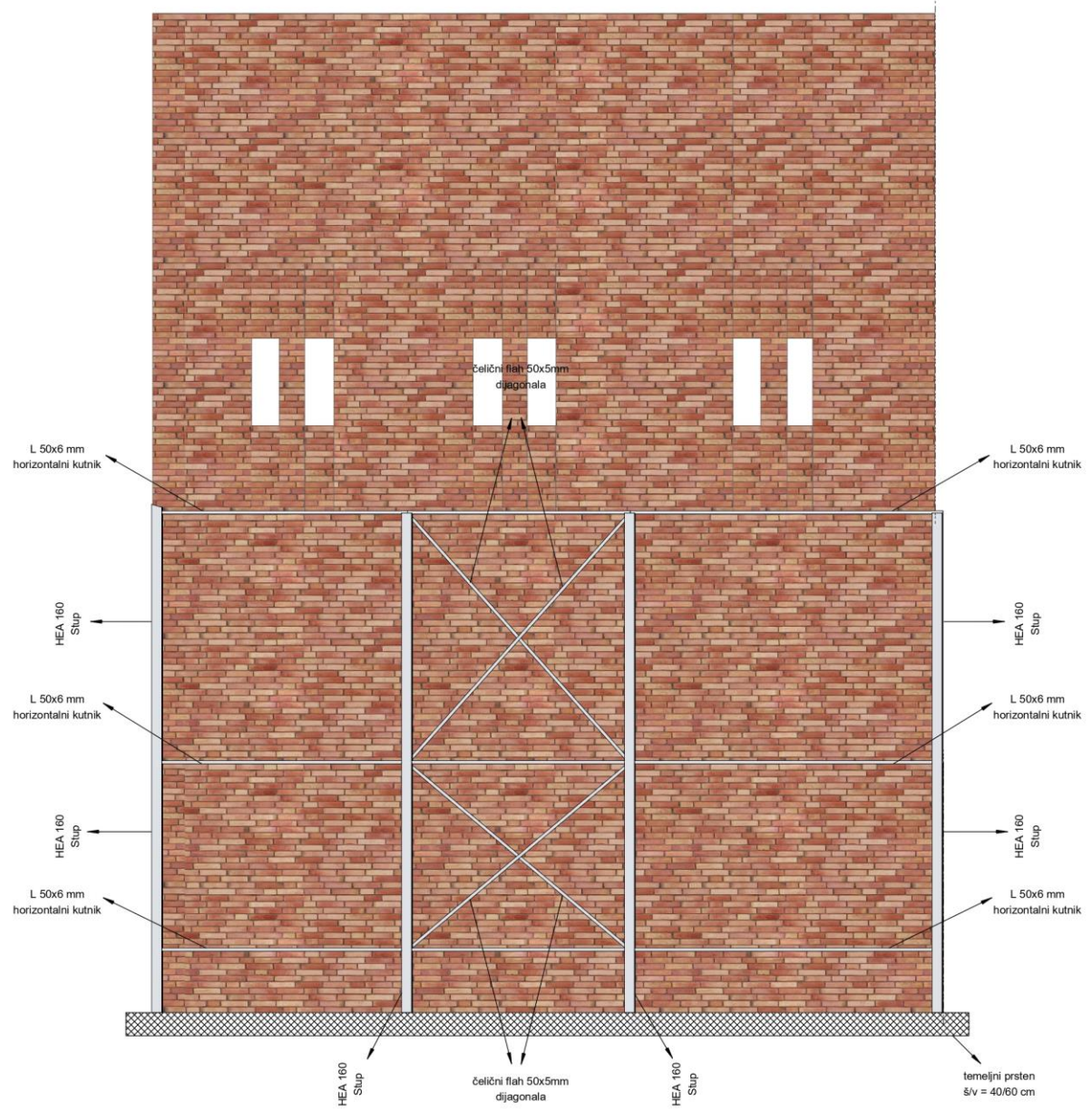


kap
PROJEKCIJSKI BUREAU
 KAP4 d.o.o. - Zagreb - Ksaver 210 uređ
 Poljska 3, Jelićite - OIB: 68965490837
 projektant:

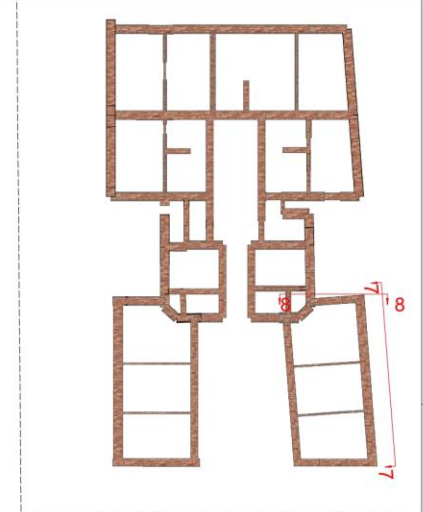
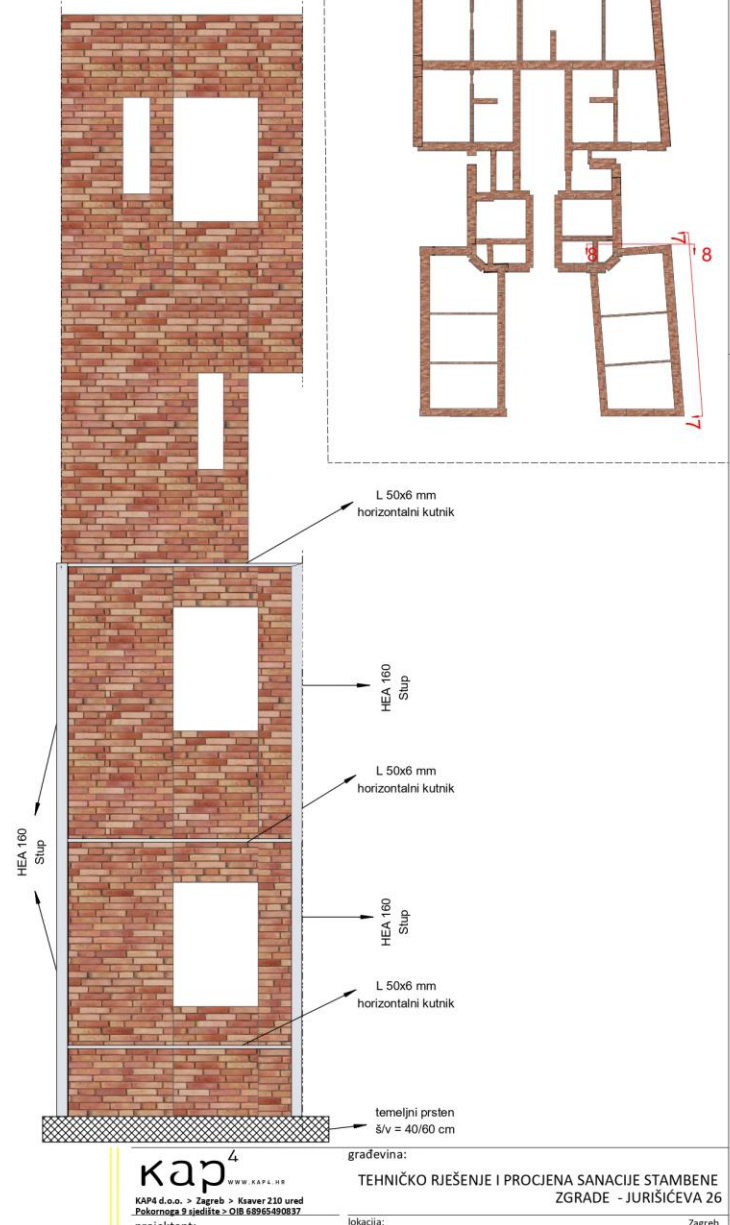
Nikola Miletić, d.i.g.

građevina:	TEHNIČKO RJEŠENJE I PROCJENA SANACIJE STAMBENE ZGRADE - JURJIŠIĆEVA 26		
lokacija:	Zagreb, k.č. br. 5969, k.o. Centar		
investitor:	ZAJEDNICA STANARA STAMBENE ZGRADE		
faza:	IZVEDBENI PROJEKT - SANACIJA ZIDOVA JUŽNOG DIJELA		
sadržaj:	POGLED 5-5, POGLED 6-6		
suradnici:	Marko Rihrtarić struc.spec.ing.aedif., Ivan Kukina mag.ing.aedif. Ivan		
datum:	08/2020	zop:	td: 37-20 mjerilo: 1:50 list: 12

POGLED 7-7



POGLED 8-8



kap⁴
 www.kap4.hr
 KAP4 d.o.o. - Zagreb - Ksaver 210 ulaz
 Pokornoga 9 sjedište - OIB 68965490837
 projektant:

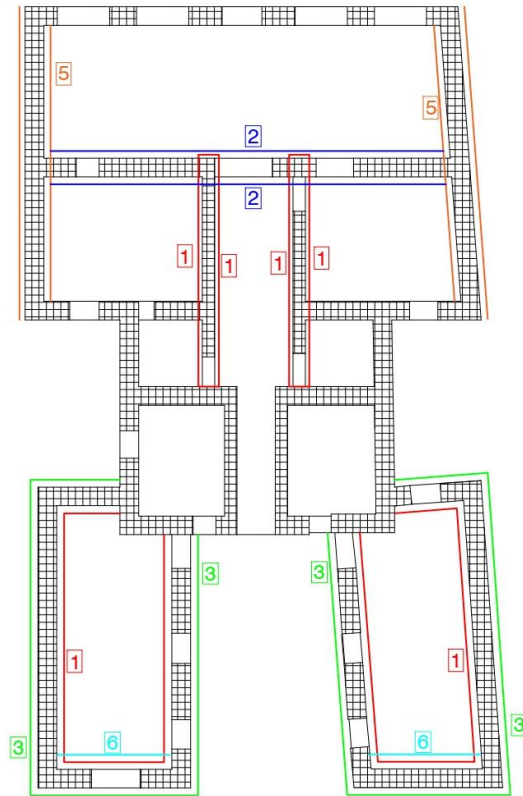
Nikola Miletić, d.i.g.

gradevina:
TEHNIČKO RJEŠENJE I PROCJENA SANACIJE STAMBENE ZGRADE - JURJIŠEVA 26

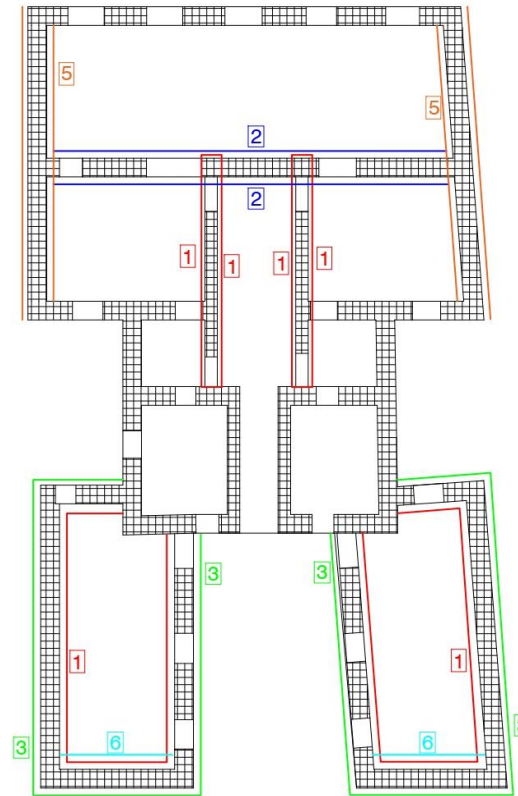
lokacija:	Zagreb
investitor:	k.č.br. 5969, k.o. Centar
faza:	ZAJEDNICA STANARA STAMBENE ZGRADE
projekt:	IZVEDBENI PROJEKT - SANACIJA ZIDOVA JUŽNOG DIJELA
sadržaj:	POGLED 7-7, POGLED 8-8
suradnici:	Marko Rihtarić struc.spec.ing.aedif., Ivan Kukina mag.ing.aedif., Ivan
datum:	08/2020
zop:	-
td:	37-20
mjerilo:	1:50
list:	13

VARIJANTE OJAČANJA

PRIZEMLJE



1. KAT



- 1** OJAČANJE ZIDOVA FRCM SUSTAVOM
- 2** OJAČANJE NADVOJA I ZIDOVA OKO OTVORA FRCM SUSTAVOM
- 3** OJAČANJE VANJSKOG DIJELA ZIDA - XPS + ČELIČNI PROFILI + OPEKA + FRCM SUSTAV
- 5** OJAČANJE VANJSKOG I UNUTARNJEG DIJELA ZIDA - FRCM SUSTAV + KUTNI PROFILI NA UGLOVIMA
- 6** OJAČANJE I SPAJANJE ZIDA SA STROPOM ČELIČNIM PROFILIMA

kap⁴
WWW.KAP4.HR

KAP4 d.o.o. > Zagreb > Ksaver 210 ured
Pokomoga 9 sjedište > OIB 68965490837

projektant:

Nikola Miletić, d.i.g.

građevina:

TEHNIČKO RJEŠENJE I PROCJENA SANACIJE
STAMBENE ZGRADE - JURIŠIĆEVA 26

lokacija: Zagreb
k.č.br. 5969 k.o. Centar

investitor: GRAD ZAGREB

faza: IZVEDBENI PROJEKT - VARIJANTE OJAČANJA

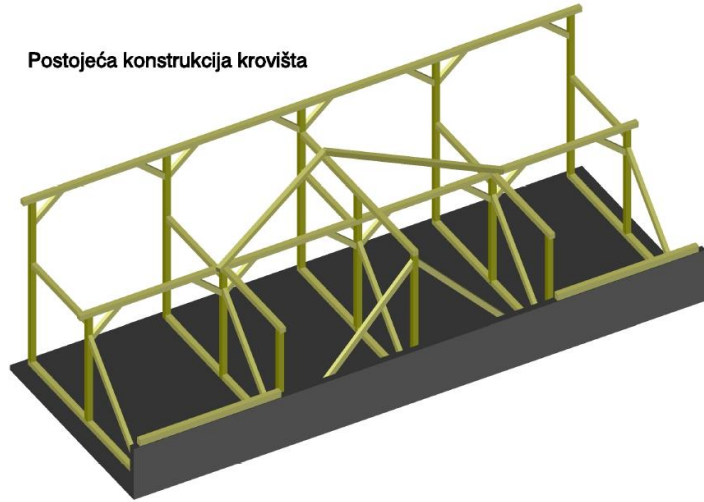
sadržaj: TLOCRTI

suradnici: Marko Rihtarić struc.spec.ing.aedif.,
Ivan Kukina mag.ing.aedif.

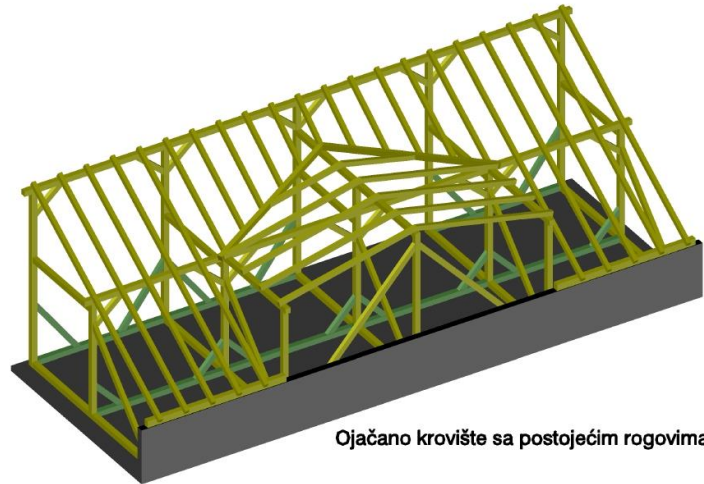
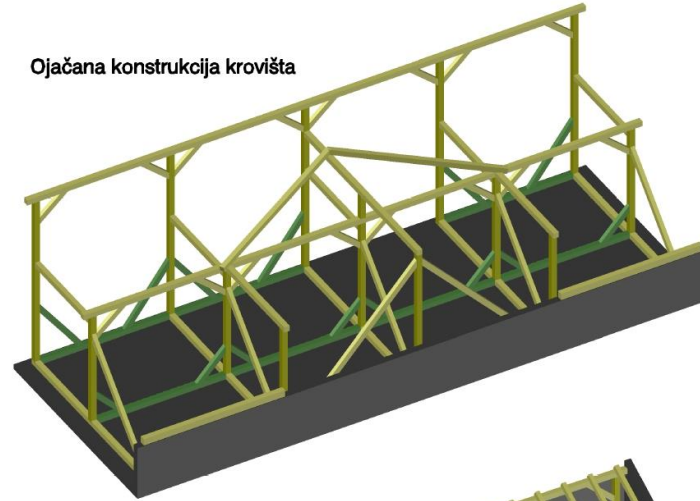
datum: 08/2020 zop: _ td: 37-20 mjerilo: _ list: 14

SANACIJA I OJAČANJE KROVIŠTA - 3D PRIKAZ

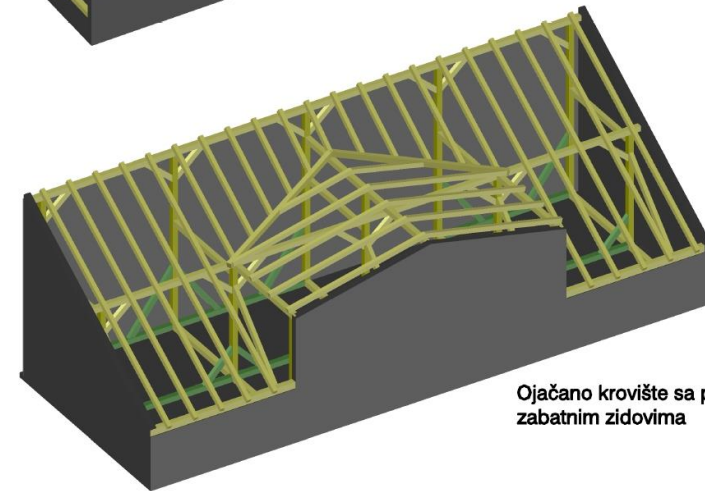
Postojeća konstrukcija krovišta



Ojačana konstrukcija krovišta



Ojačano krovište sa postojećim rogovima



Ojačano krovište sa postojećim zabatnim zidovima

LEGENDA:

- Postojeća konstrukcija krovišta
- Novi drveni elementi - ojačanje postojećeg krovišta

kap⁴
WWW.KAP4.HR

KAP4 d.o.o. > Zagreb > Kašver 210 ured
Pokornoga 9 sjedište > OIB 68965490837

projektant:

Nikola Miletić, d.i.g.

građevina:

**TEHNIČKO RJEŠENJE I PROCJENA SANACIJE
STAMBENE ZGRADE - JURIŠIĆEVA 26**

lokacija:

Zagreb
k.č.br. 5969 k.o. Centar

investitor:

ZAJEDNICA STANARA STAMBENE ZGRADE

faza:

IZVEDBENI PROJEKT - PROJEKT KROVIŠTA

sadržaj:

TLOCRTI, PRESJEK

suradnici:

Marko Rihtarić struc.spec.ing.aedif.,
Ivan Kukina mag.ing.aedif.

datum: 08/2020 zop:

td:

37-20

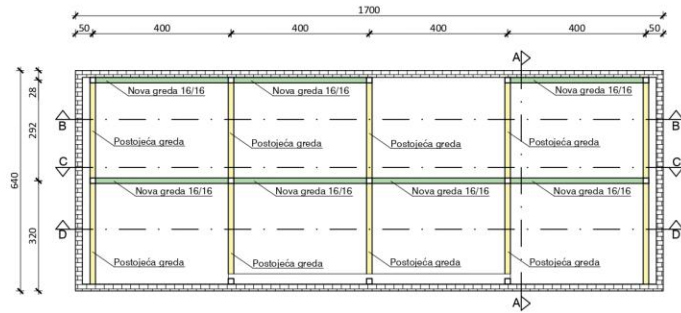
mjerilo:

list:

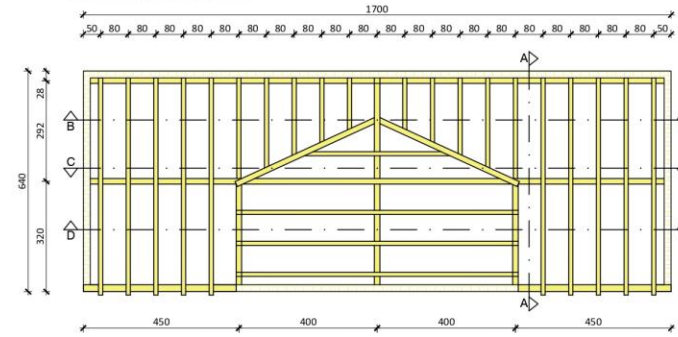
2

SANACIJA I OJAČANJE KROVIŠTA

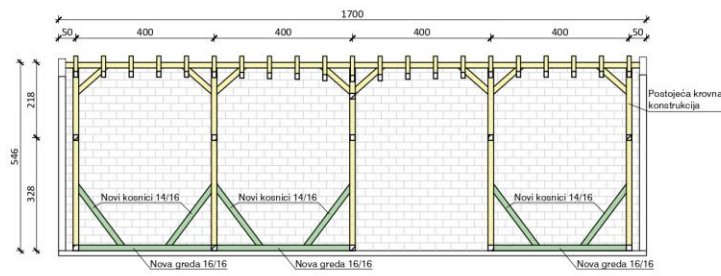
TLOCRT POTKROVLJA M 1:100



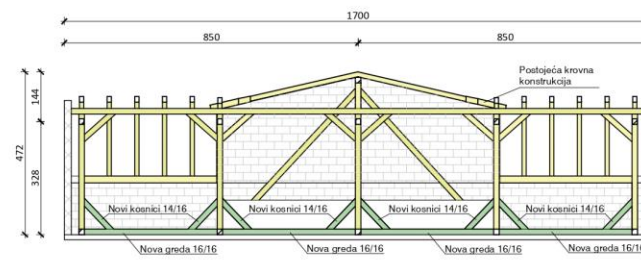
TLOCRT KROVIŠTA M 1:100



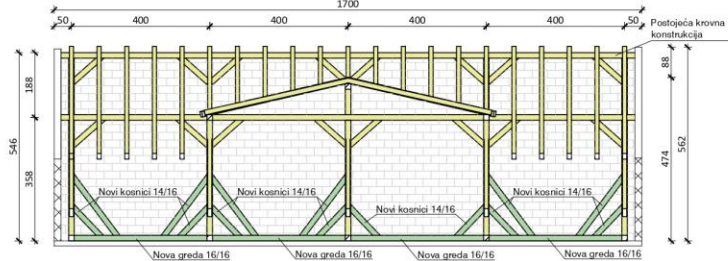
PRESJEK A-A M 1:100



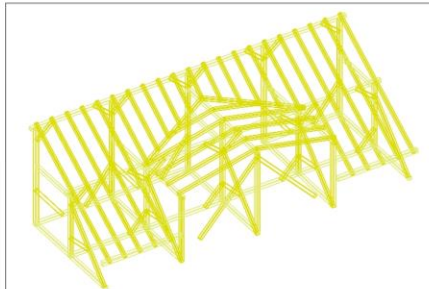
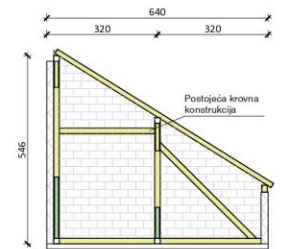
PRESJEK B-B M 1:100



PRESJEK C-C M 1:100



PRESJEK D-D M 1:100



OJAČANJE:
Grede - 16/16 cm
Kosnici - 14/16 cm

LEGENDA:

- Postojeća konstrukcija krovišta
- Novi drveni elementi - ojačanje postojećeg krovišta

kap⁴

KAP4 d.o.o. > Zagreb > Ksaver 239 ured
Pokunoga 9 sjedište > OIB: 68565490837
projektant:

Nikola Miletić, d.i.g.

građevina:

TEHNIČKO RJEŠENJE I PROCJENA SANACIJE
STAMBENE ZGRADE - JURIŠIĆEVA 26

lokacija: Zagreb

investitor: ZAJEDNICA STANARA STAMBENE ZGRADE

faza: GLAVNI PROJEKT - PROJEKT KROVIŠTA

sadržaj: TLOCRTI, PRESJECI

suradnici: Marko Rihtarić struc.spec.ing.aedif.,
Ivan Kukina mag.ing.aedif.

datum: 08/2020 zop: . | td: 37-20 mjerilo: 1:100 list: 1

Kompozitni materijali u seizmičkim ojačanjima

```
graph TD; A[Kompozitni materijali u seizmičkim ojačanjima] --> B[FRP – Fiber Reinforced Polymers]; A --> C[FRCM i CRM];
```

FRP – Fiber Reinforced Polymers

CFRP (karbon), AFRP (aramid), BFRP (bazalt), GFRP (staklo)

Uglavnom tkanine i trake

Ljepilo: epoksi smola

FRCM i CRM

Karbon, aramid, bazalt, kevlar, staklo

Mrežice, konektori i kutnici

Ljepilo: NHL mort (na bazi hidrauličnog vapna)

FRCM - Fiber Reinforced Cementitious Matrix

- Sustav se sastoji od:
 - FRCM mrežice (karbon, aramid, kevlar, bazalt, staklo)
 - Odgovarajućeg NHL morta
 - Konektora (prema proračunu projektanta sanacije)

CRM - Composite Reinforced Mortar

- Sustav se sastoji od
 - CRM mrežice (karbon, aramid, kevlar, bazalt, staklo)
 - NHL morta
 - Konektora od kompozitog materijala (prema procjeni projektanta)
 - Kutnih elemenata od kompozitnog materijala

FRCM/CRM vs FRP

- Prednosti FRCM-a/CRM-a u odnosu na FRP:
 - NHL mort kao ljepilo je prikladniji za upotrebu u starim objektima od epoksi smole
 - NHL mort omogućuje progresivno popuštanje (klizanje) FRCM mrežice pod opterećenjem, dok se kod FRP-a događa naglo pucanje veze FRP-a sa saniranom površinom
 - Utapanjem mrežice u mort dobivamo površinu koju možemo dalje obrađivati, dok je kod sanacije FRP-om gotova površina sloj tekstila kojeg je potom potrebno opet žbukati kako bi ga se obradilo do pune gotovosti

FRCM vs CRM

- Ključna razlika između CRM i FRCM – vrsta smole u kojoj je mrežica impregnirana
 - FRCM je impregniran sa styrene butadien smolom što za posljedicu ima nešto slabije povezivanje sa mortom u kojeg se ugrađuje, ali omogućuje mrežici da ostane savitljiva što pojednostavljuje ugradnju
 - CRM je impregniran sa epoksi smolom zbog čega gubi savitljivost kakvu ima FRCM te se njime ne može obilaziti oko kutova pod 90° , već su potrebni kutni elementi
- Druga razlika: debljina sloja mort u kojeg se mrežica ugrađuje
 - FRCM – dva sloja ukupne debljine do 2 cm
 - CRM - dva sloja ukupne debljine 2-5 cm

Test – usporedba FRCM i CRM mrežice

- Test pokazuje poboljšano svojstvo vezivanja mrežice i morta sa saniranom površinom kod CRM sustava u odnosu na FRCM
- Korištene mrežice od alkalno otpornih staklenih vlakana

INFLUENCE OF THE COATING MESH NATURE: EPOXY RESIN vs SBR LATEX



TENSILE STRENGTH REALIZED ON MORTAR REINFORCED BY AR GLASS MESHES

Test Parameters:

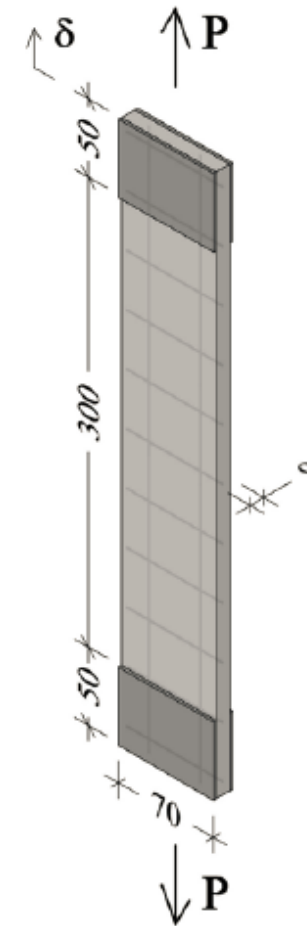
Constant stroke rate: 0,5mm/min

Clamping on the extremity

Target:

Understand the behaviour of the composite during stress

Appreciate the mesh contribution on final performances



INFLUENCE OF THE COATING MESH NATURE: EPOXY RESIN vs SBR LATEX



Tensile strenght test realized on HPC mortar reinforced by AR0355 meshes

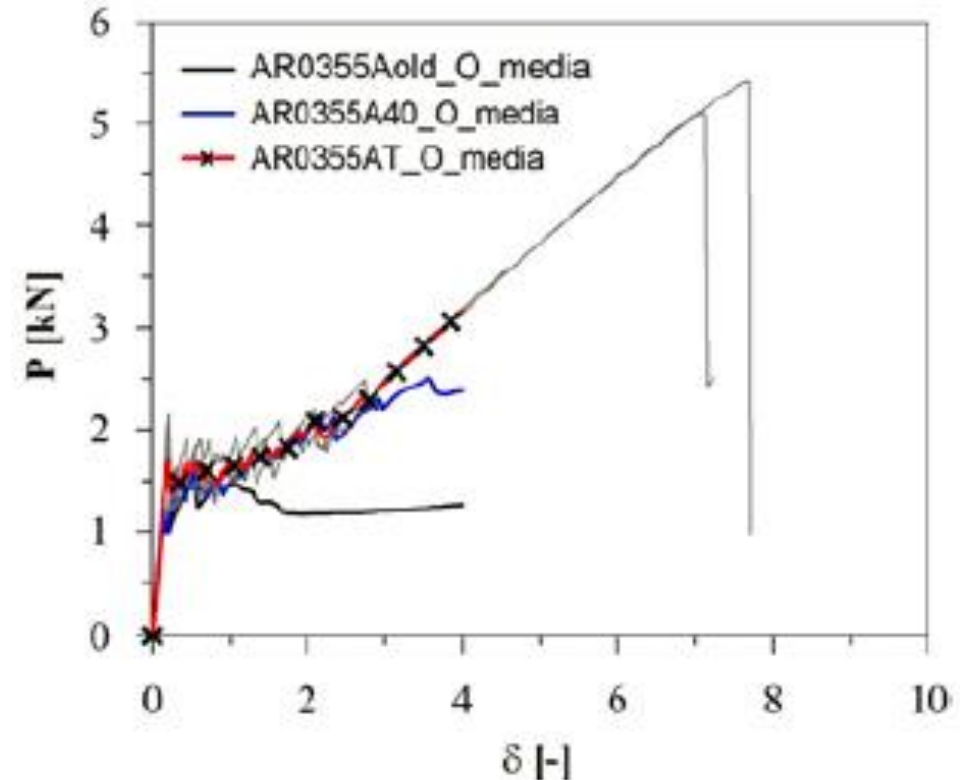
Reference:

Epoxy version → AR0355AT (*our actual AR0355EP*)

SBR version → AR0355A and AR0355A40

Epoxy benefits:

- Multi crack branch development after mortar cracking (stress transfer from the mortar to the fiber)
- Reduced sliding between mesh and matrix
- Increased system ductility
- Increased direct anchorage



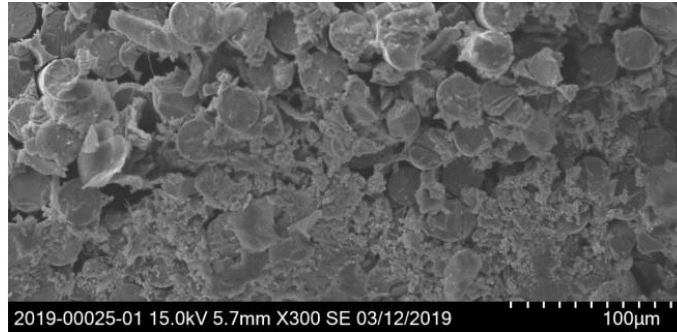
(a) RETE MAGLIA LARGA
38 x 38 mm



INFLUENCE OF THE COATING MESH NATURE: EPOXY RESIN vs SBR LATEX



EPOXY RESIN BENEFITS



Impregnation of the individual filaments
to prevent the
internal sliding during exercise.



AR0355A AR0355A40 AR0355AT

CONCLUSION:

Significant differences due to coating nature are observed using wide opening meshes (> 25 mm) on the final performances of the reinforced composite.

Slighted differences are noted the more the opening mesh is closed due to a wider contact surface between fiber and mortars



Test – rezultati nakon popravka betona sa CRM-om (alkalno otporna mrežica od staklenih vlakana)

- Prvi test: usporedba armirano-betonske ploče sa istom takvom pločom koja je oštećena i potom popravljena CRM sustavom
- Drugi test: usporedba armirano-betonske grede sa istom takvom gredom koja je oštećena i potom popravljena CRM sustavom

EVALUATION ACCORDING TO ITALIAN GUIDE LINE



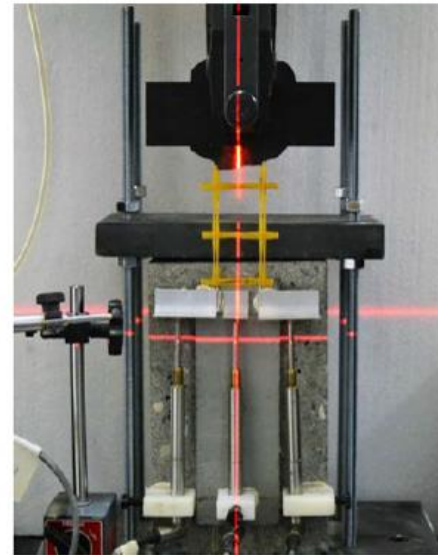
Tensile Strength Test



Constant stroke rate
0.02 mm/s

0.3 kN preloaded

Single Lap Test



Constant stroke rate
0.01 mm/s

0.1 kN preloaded

DEWS test



Precracking
(w=2.5 - 3 mm)

Test on reinforced support



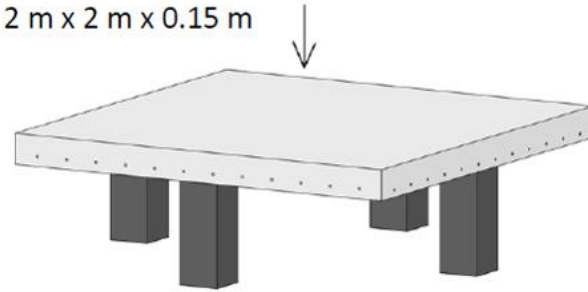
Based on laboratory result we decided to pass into real scale.



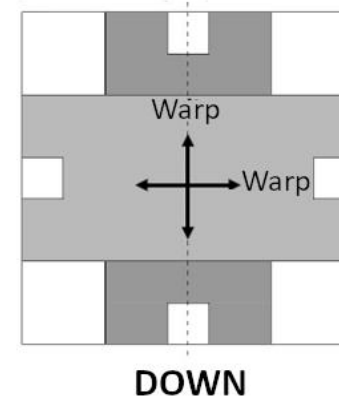
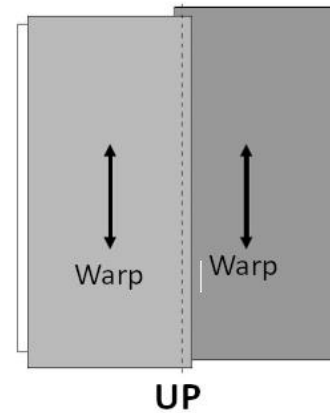
FULL SCALE TEST ON PRE-CRACKED AND REINFORCED PLATES

Pre-damaged FRC plates

2 m x 2 m x 0.15 m



Reinforcing mesh application (M3 + AR0590EP)

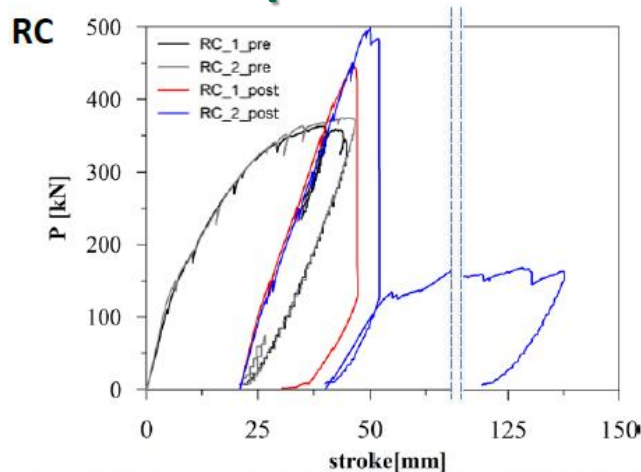


* M3: Tixotropic cementitious Mortar



2 different types of slabs have been subject to pre-damaged + retrofitting action:

- RC (metal reinforce concrete)
- FRC (fiber reinforce concrete)

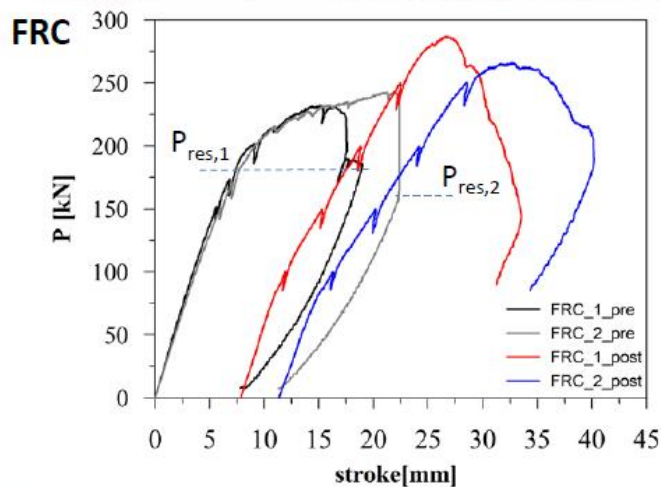


RC slabs:
 $P_{max,av} = 375 \text{ kN}$

RC (pre-damaged) + FRCM retrofitting:
 $P_{max,av} = 472 \text{ kN (+33\%)}$

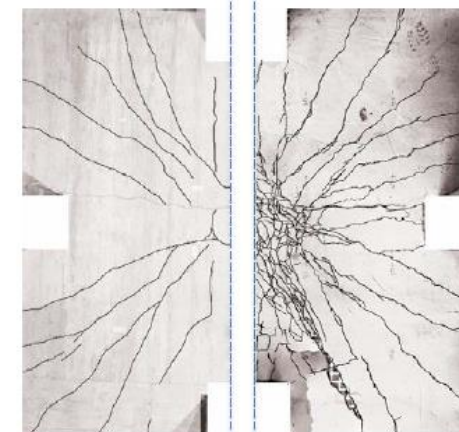


RC_2 collapse (punching cone zone)



FRC slabs:
 $P_{max,av} = 237 \text{ kN}$
 $P_{res,av} = 173 \text{ kN}$

FRC (pre-damaged) + FRCM retrofitting:
 $P_{max,av} = 277 \text{ kN (+17\%)}$
 $(+59\% P_{res,av})$



(A) Pre-damaged

(B) Retrofitted

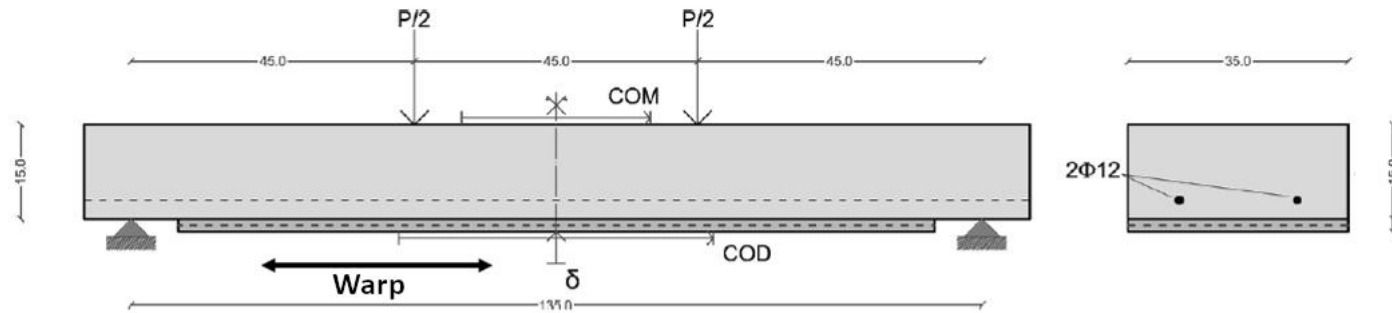


Same method are conducted to reinforce beams.



FULL SCALE TEST ON PRE-CRACKED AND REINFORCED BEAMS

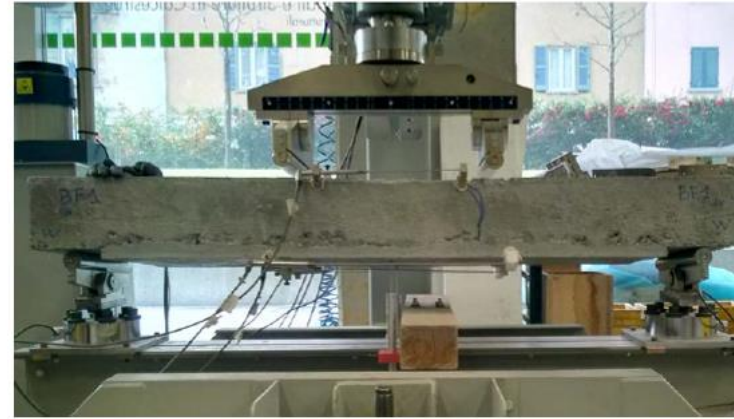
Fiber-reinforced concrete beams (FRC) + hybrid reinforcement (FRC+longitudinal bars)



Reinforcing mesh application (M3 + AR0590EP)



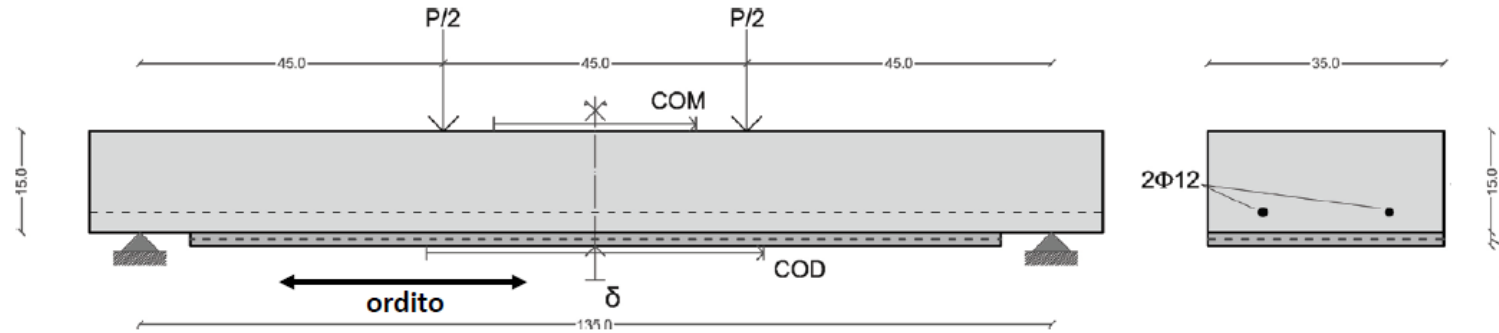
4 point bending test



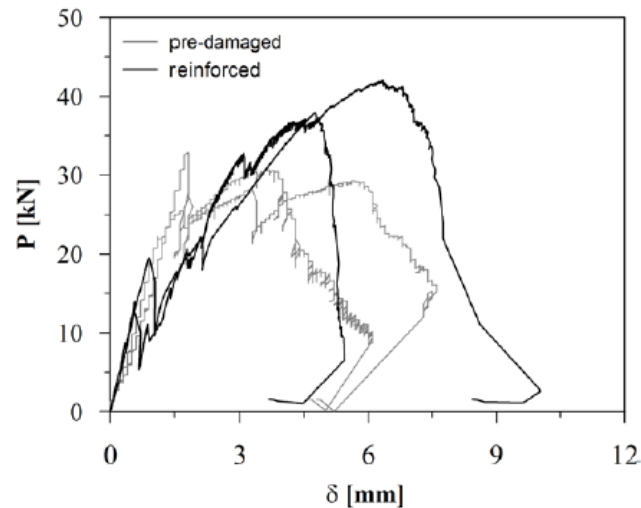
* M3: Tixotropic cementitious Mortar



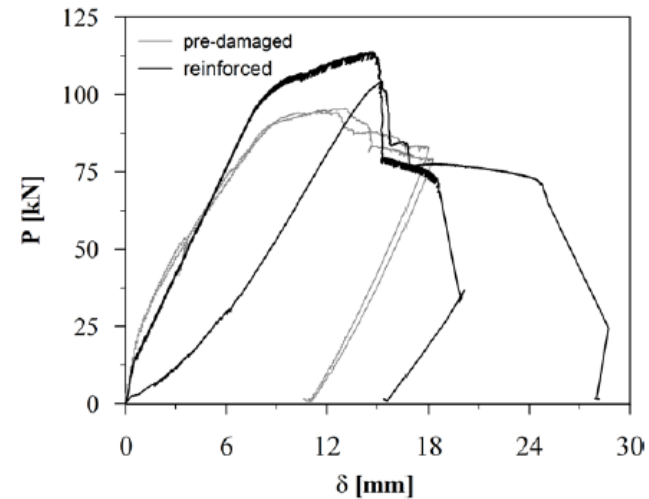
We also noted a huge maximal load improvement in both cases...



FRC: $P_{\max, \text{avg.}} = 39.69 \text{ kN (+27.8\%)}$



HyB: $P_{\max} = 108.97 \text{ kN (+14.4\%)}$



ZAKLJUČAK

- Tehničko rješenje sanacije treba uskladiti s potrebama funkcioniranja građevine i željama i mogućnostima investitora
- Primjena čeličnih skeleta s unutarnje ili vanjske strane primjenjuje instantnu privremenu stabilizaciju građevine imajući u vidu podrhtavanje tla nakon glavnog potresa
- Primjena mrežica umjesto platana omogućuje bolju povezanost i elastičnost zida dok sloj morta doprinosi tlačnoj nosivosti zida
- Uporaba 3D skenera omogućila je brzu reakciju i tehnička rješenja spremna za izvedbu u korak s projektiranjem