

# Tehnologija izvođenja protupotresnih ojačanja konstruktivnih elemenata Klinike za ženske bolesti i porode u Zagrebu

---

Čović, Josipa

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:519423>

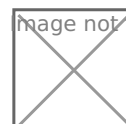
Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Josipa Čović

Tehnologija izvođenja protupotresnih ojačanja konstruktivnih elemenata Klinike za ženske  
bolesti i porode u Zagrebu

Završni rad

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Stručni prijediplomski studij građevinarstva  
Tehnologija građenja

Josipa Čović  
0114034270

Tehnologija izvođenja protupotresnih ojačanja konstruktivnih elemenata Klinike za ženske  
bolesti i porode u Zagrebu

Završni rad

Rijeka, srpanj 2024.

## IZJAVA

Završni rad izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

Ime i prezime

U Rijeci, srpanj 2024.



**Sažetak:**

Na temelju postojećeg stanja bolnice prikazat će se tehnologija izvođenja protupošresne obnove konstrukcije kroz različita i prikladna ojačanja. Kako odgovor konstrukcije na potresno djelovanje ovisi o nizu parametara među kojima je jedan od najznačajnijih vlastita težina konstrukcije, zgrada je olakšana te su za sustav ojačanja birani lakši sustavi ojačanja povoljnih mehaničkih svojstava pa su tako temelji, temeljne ploče, zidovi i međukatne konstrukcije ojačane armiranim betonom, dok su neki od zidova ojačani FRCM (tkaninom ojačan mort) sustavom, a grede i unutarnji stupovi FRP (vlaknima ojačani polimeri) sustavom. Treba istaknuti kako je obnova predmetne građevine još uvijek u postupku, no navedena su predviđena ojačanja završena kako ovaj rad jedini uz projektnu dokumentaciju obrađuje tematiku obnove Klinike za ženske bolesti i porode u Zagrebu.

**Ključne riječi:** armirani beton, FRCM sustav, FRP sustav

**Abstract:**

Based on the existing condition of the hospital, the technology of carrying out anti-seismic reconstruction of the structure through different and suitable reinforcements will be presented. As the structure's response to seismic action depends on a number of parameters, one of the most significant of which is the structure's own weight, the building was lightened and lighter reinforcement systems with favorable mechanical properties were chosen for the reinforcement system, so the foundations, foundation slabs, walls and mezzanine structures were reinforced with reinforced concrete, while some of the walls are reinforced with the FRCM (fabric-reinforced mortar) system, and the beams and internal columns with the FRP (fiber-reinforced polymers) system. It should be pointed out that the renovation of the building in question is still in progress, but the planned reinforcements have been completed, and that this work is the only one with project documentation that deals with the renovation of the Klinika za ženske bolesti i porode in Zagreb.

**Keywords:** reinforced concrete, FRCM system, FRP system

## Popis slika

Slika 1: Kraljevsko zemaljsko rodilište i primaljsko učilište (preuzeto s <https://www.flickr.com/>)

Slika 2: Smještaj građevine u prostoru (preuzeto s <https://oss.uredjenazemlja.hr/> )

Slika 3: Klinika za ženske bolesti i porode, Petrova 13 (preuzeto iz Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 2/2, TD 2506-07-GP (20))

Slika 4: Presjek jednostranog ojačanja temelja (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 4.dio, TD 2506-07-IP/mapa 1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, lipanj 2023. (10))

Slika 5: Armaturni koš u jami za temelj (foto autorica, 2023.)

Slika 6: Presjek temeljne ploče (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 9.dio, TD 2506-07-IP/mapa 1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, rujan 2023. (11))

Slika 7: Karakteristični poprečni presjek temeljne ploče (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 9.dio, TD 2506-07-IP/mapa 1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, rujan 2023. (10))

Slika 8: Jahači (*Planovi savijanja armature* 9.dio, TD 2506-07-IP/mapa 1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, rujan 2023. (11))

Slika 9: Postavljena sidra kroz sitnorebričastu međukatnu konstrukciju (foto autorica, 2023.)

Slika 10: Detalj povezivanja AB obloge i postojećeg ziđa (nepoznati autor)

Slika 11: Detalj učvršćenja armature (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 13.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (20))

Slika 12: S kuke (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 13.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (20))

Slika 13: Mokri postupak torkretiranja (preuzeto iz *Mlazni beton*, [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PBT\\_6\\_-\\_Mlazni\\_beton.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PBT_6_-_Mlazni_beton.pdf), (30), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 14: Nabacivanje mlaznog betona (preuzeto iz *Tehnologije obnove i ojačanja zgrada*, [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/TOOZ\\_ojavanja\\_1.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/TOOZ_ojavanja_1.pdf)(32), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 15: Smjer pomicanja mlaznice prilikom torkretiranja (preuzeto iz *Mlazni beton*, [https://www.grad.unizg.hr/\\_download/repository/PBT\\_6\\_-\\_Mlazni\\_beton.pdf](https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/PBT_6_-_Mlazni_beton.pdf), (44), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 16: Detalj sprezanja tlačne ploče s postojećom međukatnom konstrukcijom (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10))

Slika 17: Povezivanje tlačne ploče s unutarnjim zidovima (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10))

Slika 18: Povezivanje tlačne ploče s vanjskim zidovima (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10))

Slika 19: Postavljena mreža Q-257 na betonskim odstojnicima (foto autorica, 2023.)

Slika 20: Presjek grede (preuzeto iz *Planovi savijanja armature* 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10))

Slika 21: Armaturni koš za gredu (foto autorica, 2023.)

Slika 22: Postavljena armatura za izradu nove međukatne konstrukcije (foto autorica, 2023.)

Slika 23: Staklena sidra (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*, <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (7), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 24: Pripremljena podloga (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*, <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (9), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 25: Nanošenje prvog sloja morta na pripremljeni zid (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*, <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (9), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 26: Utiskivanje tkanine u mort (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*,



<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (9), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 27: Nanošenje drugog sloja morta na zid (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*,

<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (9), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 28: Skica i presjek zida ojačanog FRCM-om (preuzeto iz *FRCM SUSTAVI ZA OJAČANJE ZIDA*

<https://www.mc-bauchemie.hr/assets/downloads/products/hr-HR/Nacrti/FRCM%20nacrti.pdf>(1), zadnji pristup 18.06.2024. )

Slika 29: Zid predmetne građevine ojačan FRCM sustavom (foto autorica, 2023.)

Slika 30: Postavljanje FRP lamela (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*,

<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (12), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 31: Ravnanje podloge mortom (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*,

<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (13), zadnji pristup 18.06.2024.)

Slika 32: Utiskivanje FRP tkanine u nanešeni sloj epoksidnog ljepila (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*,

<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (13), zadnji pristup 18.06.2024. )

Slika 33: Nanošenje završnog sloja epoksidnog ljepila (preuzeto iz *MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*,

<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (13), zadnji pristup 18.06.2024.)

## Sadržaj:

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Uvod.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. Postojeće stanje predmetne građevine.....</b>                    | <b>2</b>  |
| <b>2.1. Plan protupotresnih ojačanja.....</b>                          | <b>7</b>  |
| <b>3. ARMIRANO BETONSKA OJAČANJA KONSTRUKTIVNIH<br/>ELEMENATA.....</b> | <b>9</b>  |
| <b>3.1. Ojačanja temelja.....</b>                                      | <b>10</b> |
| <b>3.2. Ojačanja zidova.....</b>                                       | <b>18</b> |
| <b>3.3. Ojačanja ili izvođenje novih međukatnih konstrukcija.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>4. OJAČANJA KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA FRCM<br/>SUSTAVOM.....</b>     | <b>36</b> |
| <b>5. OJAČANJA KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA FRP<br/>SUSTAVOM.....</b>      | <b>42</b> |
| <b>6. Zaključak.....</b>   | <b>47</b> |
| <b>7. Literatura.....</b>  | <b>49</b> |
| <b>8. Prilozi.....</b>   | <b>50</b> |

## 1. Uvod

Prema projektu Ignjata Fischera, hrvatskog arhitekta, sagrađena je 1918. godine Klinika za ženske bolesti i porode u Petrovoj 13 u Zagrebu, a utemeljena je 1921. godine u zgradi Kraljevskog zemaljskog rodilišta i primaljskog učilišta. Ista ta klinika oštećena je u potresu magnitude  $M_w=5,5$  prema Richteru koji se dogodio 22.03.2020. s epicentrom u Markuševcu te u potresu 29.12.2020. s epicentrom u Petrinji. Nakon oštećenja, koja su se dogodila na zgradi, donesen je i dogovoren projekt obnove konstrukcije zgrade koji između ostalog predviđa: olakšanje konstrukcije, mjestimično ojačanje postojećih temelja, ojačanje nosive konstrukcije dodavanjem novih AB zidova, AB oblogom postojećih zidova, izvedbu pojačanja zidova torkretiranjem te oblaganjem pojedinih zidova od opeke FRCM (tkaninom ojačani mort) sustavom, ojačanje stupova i greda FRP (vlaknima ojačani polimeri) sustavom te ojačanje postojećih međukatnih konstrukcija novim tlačnim pločama, ali i izgradnja novih.

Cilj samoga rada je na temelju postojećeg stanja bolnice prikazati tehnologiju izvođenja obnove konstrukcije kroz različita ojačanja. Budući da su predviđena različita ojačanja konstrukcija kao što su: AB ojačanja, FRCM i FRP sustavi ojačanja, bit će objašnjeni u posebnim poglavljima kako bi rad bio pregledniji i jednostavniji. Budući da je fokus na samoj tehnologiji obnove konstrukcije prvo će biti riječ o povijesti bolnice, zatim o postojećem stanju i planu protupotresnih ojačanja te na samom kraju nalazit će se pregled navedenih ojačanja i izgradnja novih koja nisu bila obuhvaćena prvotnim planom obnove.

## 2. Postojeće stanje predmetne građevine

Klinika za ženske bolesti i porode u Petrovoj 13 u Zagrebu utemeljena je 1921. godine u zgradi Kraljevskog zemaljskog rodilišta i primaljskog učilišta sagrađenoj 1918. godine prema projektu hrvatskog arhitekta Ignjata Fischera.<sup>1</sup> Spoznaje graditelja o potresnoj gradnji u vremenu izgradnje ove bolnice bile su minimalne. Za vrijeme Prvog svjetskog rata, u tada nedovršenu zgradu, uselila je vojska, a gradnju je nakon rata dovršio građevinski inženjer Iso Menzer.<sup>2</sup> Središnja (stara) zgrada vanjskim je izgledom ostala ista u svih 70 godina postojanja. Prema potrebama preuređivali su se i dograđivali pojedini dijelovi Klinike. Centar za ginekološki karcinom klinike za ženske bolesti i porode izgrađen 1976. godine prema projektu arhitektice Zoje Dumengjić.<sup>3</sup> Osim njega 1981. godine napravljen je projekt adaptacije tavana, 1987. sagrađen je novi dio Klinike u dvorištu stare zgrade, a 2016. godine preuređen je Odjel patologije trudnoće 1.<sup>4</sup> Klinika je oštećena u potresu magnitude Mw=5,5 prema Richteru koji se dogodio 22.03.2020. s epicentrom u Markuševcu te u potresu 29.12.2020. s epicentrom u Petrinji.



Slika 1: Kraljevsko zemaljsko rodilište i primaljsko učilište<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Kraljevsko zemaljsko rodilište i primaljsko učilište, *Arhitektura Zagreba*. <https://www.arhitektura-zagreba.com/zgrade/petrova-13>, 30.05.2024.

<sup>2</sup>Isto.

<sup>3</sup>Isto.

<sup>4</sup>*Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 2/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023.*

<sup>5</sup>Preuzeto sa <https://www.flickr.com/>

Klinika za ženske bolesti i porode nalazi se na k.č.br. 5556, a smještena je na pravilnoj parceli čija je površina 17 990 m<sup>2</sup>.<sup>6</sup> Tlocrtno ima oblik slova U, vidljiv na slici 2, s orijentacijom dulje stranice u smjeru sjeveroistok-jugozapad i sastoji se od pet etaža. Tlocrtna površina zgrade prema izvodu iz katastra iznosi 2449 m<sup>2</sup> i ona čini prostor glavne zgrade predmetne bolnice dok je njezina ukupna bruto površina približno 9 592.89 m<sup>2</sup>.<sup>7</sup> Navedena čestica okružena je ostalim česticama koje se nalaze unutar kompleksa predmetne građevine. Klinika za ženske bolesti i porode sastoji se od više zgrada: glavne zgrade (koja se sastoji od dva dijela – stare i nove zgrade), poliklinike, zgrade Zavoda za ginekološku onkologiju i banke humanog mlijeka. Samo je stari dio zgrade, vidljiv na slici 3, predmet projekta cjelovite obnove zgrade oštećene potresom. Prema generalnom urbanističkom planu grada Zagreba, predmetna čestica nalazi se u zoni D3 - javna i društvena namjena - zdravstvena.<sup>8</sup> Građevina, kao kulturno dobro i dio povijesne urbane cjeline grada Zagreba, pripada konzervatorski šticenoj cjelini što znači da su mjere i uvjeti rekonstrukcije, sanacije i zaštite postojećih elemenata propisani posebnim uvjetima nadležnog Gradskog zavoda za zaštitu spomenika kulture i prirode te konzervatorskorestauratorskim izvještajem.<sup>9</sup> Klinika za ženske bolesti i porode pripada zgradama razreda važnosti IV, čija je cjelovitost neposredno nakon potresa od životne važnosti za zaštitu ljudi. Prema smjernicama propisa projektom obnove zgrade mora se pristupiti cjelovitoj obnovi, odnosno seizmičkoj sanaciji građevine na razinu 4.<sup>10</sup> Glede zadovoljenja temeljnoga zahtjeva mehaničke otpornosti i stabilnosti razina 4 pretpostavlja da se obnova zgrade dovodi do razine otpornosti na djelovanje potresa propisane važećim tehničkim propisom za građevinske konstrukcije normama za projektiranje konstrukcija niza HRN EN 1998.<sup>11</sup>

---

<sup>6</sup>Isto (19).

<sup>7</sup>Isto.

<sup>8</sup>Projekt obnove zgrade za cjelovitu obnovu zgrade—arhitektonski projekt, TD 2506-07-GP/mapa 1- knjiga 1, arhitektonski projekt, 118-22 / 118-22/Zagreb, 06/2023 (46).

<sup>9</sup>Isto.

<sup>10</sup>Isto (35).

<sup>11</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 2/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023.(24).



Predmetna građevina –stari dio glavne zgrade Klinike za ženske bolesti i porode, projektirana je u obliku izduženog slova U gdje je duži centralni dio položen paralelno s Petrovom ulicom (slika 2). Broj etaža različit je na pojedinim dijelovima građevine pa se tako centralni dio s glavnim stubištem, istočno i zapadno krilo, sastoje od pet etaža, sjeverni dio istočnog i zapadnog krila sastoji se od dvije etaže, dok se aneksi sastoje od 4 etaže. Svijetla visina suterena iznosi 3,60m, etaže prizemlja, 1. i 2. kata 4,00 m, dok je ukupna visina potkrovlja u najvišoj točki približno 11,0 m.

Zidana konstrukcija neomeđenih zidova od pune opeke formata 29 x 14 x 7 cm, na koje se oslanjaju postojeće monolitne sitnorebraste jednosmjerne i ravne međukatne armiranobetonske ploče, čini trenutnu nosivu konstrukciju zgrade. Nosivi zidovi debljine su 25 – 80 cm te im se debljina smanjuje u višim etažama. Što se tiče međukatne konstrukcije, one su izvedene kao krute dijafragme, stropovi hodnika i glavnog ulaza u bolnicu izvedeni su kao puna armiranobetonska ploča, stropovi soba izvedeni su kao sitno rebro, a strop predavaonice na drugom katu izveden je kao AB kazetirani strop.<sup>14</sup> Puna AB ploča debljine je  $d = 12-14$  cm, dok se sitnorebričasti stropovi u sobama sastoje od tlačne ploče  $d = 2-6$  cm, rebra  $b/h = 8/13$  cm na rasteru od 30 cm, rebra  $8/30$  cm u drugom dok  $5/30$  na rasteru od 50 cm, rebra  $10-12/30$  cm na rasteru od 50 cm. Različite dimenzije i rasteri rebara koji su gore navedeni ovise o prostorijama i njezinim prijašnjim namjenama i projektiranim opterećenjima. Većina sitnorebričastih stropova zatečena je u zadovoljavajućem stanju, bez vidljivih pukotina. Nadalje, u središnjem dijelu građevine nalazi se okvirni sustav stupova i greda u kojem je smješteno glavno stubište koje služi za vertikalnu komunikaciju, a vidljivo je u prilogu 2 na nacrtima broj 07 i 08. Dimenzije AB stupova su  $b/h = 50/50$  cm,  $50/75$  cm dok su dimenzije greda  $b/h = 50/40$  cm. Postojeći temelji, čije su dimenzije  $b/h = 30/70$  cm (označeni žutom bojom u prilogu 1),  $b/h = 45/70$  cm (označeni zelenom bojom u prilogu 1),  $b/h = 60/70$  cm (označeni ružičastom bojom u prilogu 1),  $b/h = 75/70$  cm (označeni svijetloplavom bojom u prilogu 1),  $b/h = 90/70$  cm (označeni narančastom bojom u prilogu 1),  $b/h = 90/150$  cm (označeni tamnocrvenom šrafurom u prilogu 1), izvedeni su kao betonski trakasti temelji ispod svih nosivih zidova i kao betonske temeljne stope ispod stupova te su njihove dimenzije  $90/90$  cm,  $100/100$  cm i  $130/130$  cm (označeno tamnoplavom bojom u prilogu 1), ovisno o poprečnom presjeku stupa.<sup>15</sup> Trakasti temelji zatečeni su u dobrom stanju, bez vidljivih deformacija ili pukotina istih, kao i bez

---

<sup>14</sup>Projekt obnove zgrade za cjelovitu obnovu zgrade – arhitektonski projekt, TD 2506-07-GP/mapa 1- knjiga 1, arhitektonski projekt, 118-22 / 118-22/Zagreb, 06/2023 (35).

<sup>15</sup>Isto.

pukotina u zidovima koje bi upućivale na slijeganje. Adaptacijom tavana napravljenom 1981. godine napravljeni su novi AB zidovi kakone bi dodatno opteretili postojeću AB sitnorebričastu ploču, oslonjeni su na čelične nosače koji njihovo opterećenje prenose na obodne nosive zidove.<sup>16</sup> Krovšte je drveno dvostrešno i četverostrešno. Što se tiče pregradnih zidova, oni su od opeke ili gips-kartona. Nadalje, fasada je žbukana cementno vapnenom žbukom s reljefnim elementima, a podnožje fasade obrađeno je kamenom žbukom s reljefnim elementima.

---

<sup>16</sup>Isto.



## 2.1. Plan protupotresnih ojačanja

Budući da je zgrada izgrađena prije postojanja prvih protupotresnih propisa, nosivost konstrukcije bila je daleko ispod razine zahtijevane današnjim propisima. Analizom nosivosti na horizontalna djelovanja pokazano je da zgrada nema dostatnu otpornost na horizontalna seizmička djelovanja za punu potresnu otpornost prema HRN EN 1998.<sup>17</sup> Dobivenim rezultatima zaključeno je da konstrukcija ne može zadovoljiti osnovne zahtjeve mehaničke otpornosti i stabilnosti bez invazivnih zahvata. Iako je bolnica izgrađena 1918. godine njezina građevinska dozvola datira još iz 1913. godine za stari dio zgrade.<sup>18</sup> Uzimajući u obzir okolnost da je predviđeni vijek trajanja građevinske konstrukcije znatno manji, a da je sadašnja starost građevine premašila taj vijek, može se zaključiti da su potrebni zahvati na konstrukciji i sveukupnom građevinskom dijelu koji će ju učiniti sigurnom za korištenje. Problematika zgrade poprilično je razvedeni tlocrt bez izvedenih dilatacija gdje je dodatno osjetljiva na djelovanje potresa. Zbog razvedenosti tlocrta dolazi do značajnijeg utjecaja torzijskih učinaka. Uslijed zagrebačkog potresa (22.03.2020.) vizualnim pregledom utvrđeno je oštećenje nosive konstrukcije zidova. Nakon petrinjskog potresa (29.12.2020.) utvrđeno je širenje postojećih pukotina te degradacija postojećih zidova nakon naknadnih podrhtavanja tla. Zbog velikog broja otvora, na konstrukciji, značajno je smanjena površina zidanih zidova koji služe za prijenos horizontalnih sila potresa. S obzirom na stanje građevine, vrijeme izgradnje, koncept te otpornost postojećih zidanih zidova predlaže se cjelovita obnova konstrukcije s ciljem dovođenja građevinske konstrukcije u stanje potpune proračunske potresne otpornosti u odnosu na propise.<sup>19</sup>

Projekt obnove konstrukcije zgrade predviđa: olakšanje konstrukcije, mjestimično ojačanje postojećih temelja, ojačanje nosive konstrukcije dodavanjem novih AB zidova, AB oblogom postojećih zidova, izvedbu pojačanja zidova torkretiranjem te oblaganjem pojedinih zidova od opeke FRCM-om, ojačanje stupova i greda FRP trakama, ojačanje postojećih međukatnih konstrukcija novim tlačnim pločama.<sup>20</sup> Navedeni predviđeni postupci bit će detaljnije objašnjeni u nastavku rada u zasebnim poglavljima. Olakšanje konstrukcije postići će se uklanjanjem AB zidova u potkrovlju umjesto kojih će se izvesti gips-kartonski pregradni

---

<sup>17</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (28).

<sup>18</sup>Projekt obnove zgrade za cjelovitu obnovu zgrade – arhitektonski projekt, TD 2506-07-GP/mapa 1- knjiga 1, arhitektonski projekt, 118-22 / 118-22/Zagreb, 06/2023 (36).

<sup>19</sup>Isto(37).

<sup>20</sup>Isto (40).

zidovi, uklanjanjem postojećih slojeva poda međukatnih konstrukcija te uklanjanjem žbuke s unutarnjih zidova.<sup>21</sup> Temelji kod kojih se pojavljuju veće koncentracije naprezanja ojačat će se izvođenjem novih temeljnih traka koje će se sidriti u postojeće temelje.<sup>22</sup> Nove AB trake, na dubini postojećih temelja, izvest će se ispod zidova debljine 25 cm.<sup>23</sup> Novi AB zidovi izvest će se u poprečnom smjeru debljine  $d = 25$  cm, dok se AB obloge zidova u debljini  $d = 15, 20$  i  $25$  cm izvode na ostalim dijelovima konstrukcije uz uzdužne i poprečne zidove u jednostranoj oplati s SCC (samozbijajućim betonom).<sup>24</sup> Međukatne konstrukcije zadržat će se i rasteretiti, a ovisno o stanju, neke od njih bit će zamijenjene novim AB pločama.<sup>25</sup>

---

<sup>21</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (25).

<sup>22</sup>Isto (26).

<sup>23</sup>Isto.

<sup>24</sup>Isto (25).

<sup>25</sup>Isto.

### 3. ARMIRANOBETONSKA OJAČANJA KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA

Ojačanje konstrukcije označava dovođenje elementa u stanje povećane nosivosti, funkcionalnosti i/ili trajnosti u odnosu na projektirano (izvedeno) stanje. Osim ojačanja armiranim betonom, postoje i ojačanja elemenata FRCM, FRP ili CRM sustavom, od kojih će FRCM i FRP biti detaljnije objašnjeni u ovom radu, što je ranije i spomenuto. Također, postoje i ojačanja AB ljuskama (torkreti, armirani mortovi i sl.), ojačanja dodavanjem serklaža, dodatnim armiranjem i sl. Što se tiče AB ojačanja predmetne građevine, armiranim betonom ojačani su postojeći temelji od kojih su neki zadržani i jednostrano ojačani/prošireni, a neki uklonjeni te napravljeni novi.<sup>26</sup> Predviđeno je i ojačanje temeljnih stopa, no nakon iskopa istih i obavljenog pregleda na terenu utvrđeno je da su stope u veoma dobrom stanju te da ojačanje ipak nije potrebno. Armiranim betonom ojačani su i uzdužni i poprečni zidovi u vidu AB obloga uz zidove u debljini  $d = 15, 20$  i  $25$  cm te su izvedeni novi poprečni zidovi u debljini  $d = 25$  cm.<sup>27</sup> Međukatne konstrukcije također su ojačane armiranim betonom, a ovisno o stanju neke od njih zamijenjene su novim armiranobetonskim pločama. Navedena ojačanja odabrana su prema Projektu obnove konstrukcije jer postojeći konstruktivni elementi ne zadovoljavaju zahtjeve mehaničke otpornosti i stabilnosti u slučaju potresa.

---

<sup>26</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023(101-102).

<sup>27</sup>Isto (102).

### 3.1. Ojačanja temelja

Postojeći temelji nalaze se ispod svih vanjskih odnosno nosivih zidova te ispod „glavnih“ pregradnih zidova od opeke, stubišta te ispod svih postojećih stupova. Visina temelja najvećim je dijelom bila 70 cm uz iznimku jednog temelja visine 150 cm, dok je širina temelja, ovisno o poziciji, iznosila između 30 i 90 cm, što je naznačeno u prilogu 1.<sup>28</sup> Za protupotresno ojačanje odabrani su neki od temelja ispod zidova s novom AB oblogom te temelji ispod novih AB poprečnih zidova.<sup>29</sup> Od ukupno 6 postojećih („starih“) temelja ispod novih poprečnih AB zidova, njih 5 u potpunosti je uklonjeno te su na tim pozicijama napravljeni novi temelji, dok je jedan temelj (šesti po redu, gledajući s lijeva na desno u prilogu 1 (svijetlocrvena šrafura) zadržan i ojačan AB proširenjem s lijeve strane u visini postojećeg temelja. Temelji ispod zidova s novom AB oblogom ojačavaju se dodavanjem proširenja širine 50 cm, visine jednake onoj postojećeg temelja uz kojega se ojačanje izvodi.

Za armiranje ojačanja temelja korištena je armatura B500B, od fi 10 do fi 20.<sup>30</sup> Prva oznaka *B* daje nam do znanja da je riječ o betonskom čeliku, 500 je vrijednost karakteristične granice popuštanja u  $N/mm^2$ , dok posljednja oznaka *B* označava duktilnost, u ovom slučaju veliku duktilnost, pri čemu vrijedi da je karakteristična granica popuštanja ( $f_{yk}$ )  $\geq 500 N/mm^2$ .<sup>31</sup>

Za izradu zatvorenih vilica većinom je korišten fi 10, uzdužne šipke na bočnim stranama zatvorenih vilica su fi 12, uzdužne šipke gornje zone su najvećim dijelom fi 14, uz nekoliko pozicija gdje je korištena fi 16 ili fi 20. Uzdužne šipke donje zone armature također su i uglavnom fi 14, dok je na mjestima povećano na fi 16. Sidra za povezivanje s postojećim temeljima su fi 16, dok su sidra koja su postavljena za zidove od fi 20 ili fi 16 u kutovima i lomovima većih zidova, fi 14 u kutovima manjih komada zidova (do 2 m širine) te fi 10 na središnjem dijelu zida. Sva armatura izrađena je u armiračkom pogonu po specifikaciji te dostavljena na gradilište. Zbog specifičnosti obnove i nedostatka točnih dimenzija u određenim dijelovima dio armature morao se prekrojiti na gradilištu kako bi odgovarao stvarnim dimenzijama. Od armaturnih pozicija treba izdvojiti ravne armaturne šipke, „L“ šipke, zatvorene vilice te ankere (sidra) kojima se ojačanje povezivalo s postojećim temeljima.

---

<sup>28</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (410).

<sup>29</sup>Isto.

<sup>30</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (27).

<sup>31</sup>Gukov I.: *Betonske konstrukcije I*, <https://nastava.tvz.hr/gukov/pdf/predavanja-beton.pdf> zadnji pristup 18.06.2024. (27-28).

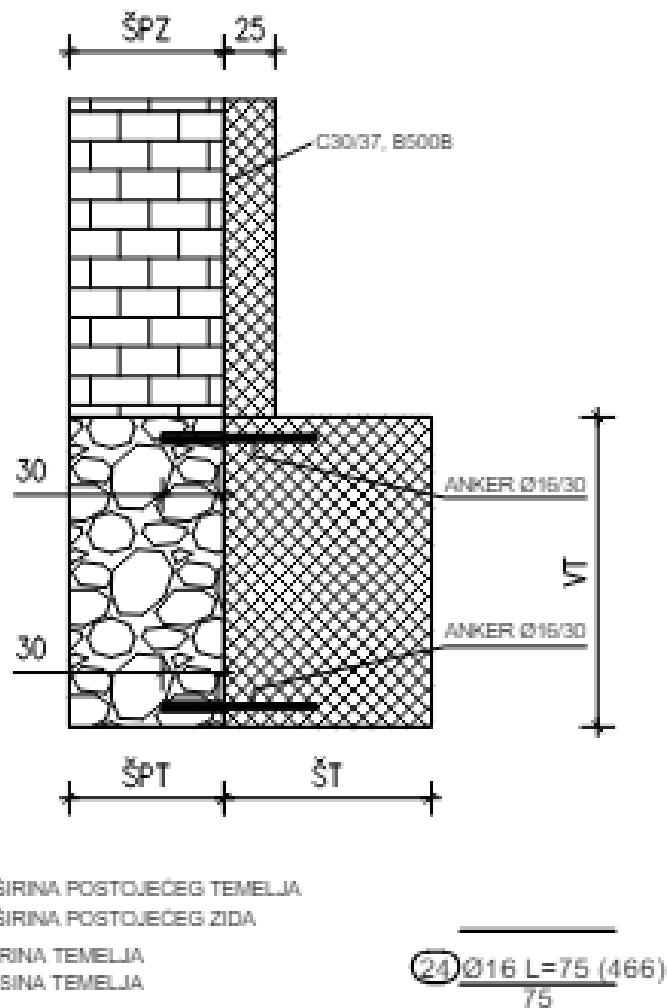
Projektom odabrani beton bio je klase C25/30, bez posebnih dodataka.<sup>32</sup> Zbog procesa gradnje i otežane nabave betona, dio temelja ipak je betoniran SCC betonom klase 30/37 koji se koristio za betonažu zidova.

Ojačanje temelja (prikazano svijetlocrvenom šrafurom u prilogu 1) započinjalo je iskopom uz postojeći temelj ili na poziciji novog temelja. Iskop se vršio u širini predviđenoj projektom s odstupanjem od +5-10 cm ovisno o košari bagera do dubine postojećeg temelja. Na nekim dijelovima bilo je postojećih komada temelja i nepovezanog betona koji su se morali ukloniti razbijanjem hidrauličnim čekićem na bageru ili ručnim udarnim čekićima. Nakon strojnog iskopa površina jame za temelj dodatno se ručnim alatima ravna i oblikuje. Zbog karakteristika tla u kojem se vršio iskop nije bilo potrebno nabijanje tla. Nakon oblikovanja jame za temelj, ista je obložena slojem geotekstila, višenamjenskog građevinskog materijala koji je robustan, vodootporan i dugotrajan. U ovom slučaju korišten je geotekstil perdura T 200 GR, standardni geotekstil, izrađen od poliesterskih recikliranih vlakana netkanim postupkom. Proizvod djeluje kao razdjeljni sloj između različitih materijala (u ovom slučaju zemlje i betona) te filtrira tlo. Na postavljeni sloj geotekstila položeni su odstoynici za armaturu, točnije trakasti podmetači, puni s bočnim rupama. Uloga odstoynika za armaturu održavanje je udaljenosti armature u AB elementima prije i tokom betoniranja kako bi se zadržala propisana debljina zaštitnog sloja betona, u ovom slučaju 4 cm te su shodno tome odabrani i odgovarajući odstoynici. Armaturni koševi dijelom su vezani van jame, dijelom unutar jame, ovisno o širini temelja. Proces vezanja koša sastoji se od vezanja zatvorenih armaturnih vilica, posebno oblikovanih armaturnih šipki, na dvije šipke postavljene u gornje kutove kako bi se osigurao pravilan raspored, a nakon toga se povezuju i ostale horizontalno postavljene šipke. Preklop šipki određen je kao 60 \* fi šipke na pozicijama gdje se preklop nije mogao izbjeći.

Prije spuštanja gotovog koša u jamu unutar jame izbušile bi se rupe za sidrene vijke dubine 30 cm u postojećem temelju, na razmaku od 30 cm horizontalno, u dva reda vertikalno. Rupe su bušene minimalno 4 mm veće od predviđenog sidrenog vijka pa je tako rupa za anker fi 16 barem fi 20. Navedeno je vidljivo u presjeku jednostranog ojačanja postojećih temelja na slici 4.

---

<sup>32</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (27).



Slika 4: Presjek jednostranog ojačanja temelja<sup>33</sup>

Nakon spuštanja armaturnog koša u jamu, kao na slici 5, postavljaju se sidra (ankeri) u prethodno izbušene rupe. Na sidra se prije ugradnje nanosi sloj „Anchorfix-a“, brzovezujućeg ljepila za sve vrste sidrenja te se sidro dodatno čekićem zabije u rupu. Potom se vertikalno povezuju L šipke koje će kasnije služiti kao sidra za zid koji dolazi iznad temelja. Nakon postavljanja armature ona je pregledana od strane nadzornog inženjera koji je prema zatečenom stanju odobrio betoniranje.

<sup>33</sup>Preuzeto iz Planova savijanja armature 4.dio, TD 2506-07-IP/mapa 1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, lipanj 2023. (10).



Slika 5: Armaturni koš u jami za temelj (foto autorica, 2023.)

Projektom odabrani beton bio je klase C25/30, bez posebnih dodataka.<sup>34</sup> Klasifikacija razreda betona temelji se na njihovoj čvrstoći na tlak. Svaki razred betona, npr. C25/30, karakterizira dvije ekvivalentne čvrstoće, koje su u ovom specifičnom primjeru 25 MPa i 30 MPa. Prva je karakteristična čvrstoća standardnog betonskog cilindra, a druga je karakteristična čvrstoća standardne betonske kocke ispitane 28 dana nakon ugradnje betona.<sup>35</sup> Zbog procesa gradnje i otežane nabave betona, dio temelja ipak je betoniran SCC (eng. *self compacting concrete*) betonom klase 30/37 koji se koristio za betonažu zidova. Samozbijajući beton, tečenjem, u potpunosti popunjava presjek konstruktivnog elementa bez upotrebe vibracijskih uređaja, dakle, kao što mu samo ime kaže, za razliku od običnog betona nema potrebe za zbijanjem. Prednosti ovakvog betona u odnosu na običan brže su građenje, smanjenje potrebne radne snage na gradilištu, lakša ugradnja te poboljšana trajnost.<sup>36</sup> Neki od mogućih nedostataka primjene samozbijajućeg betona jesu pojačana kontrola kvalitete izvedenih oplatnih sustava koji trebaju biti dobro zabrtvljeni kako ne bi došlo do procurivanja betona kroz spojeve te njegova cijena,

---

<sup>34</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (27)

<sup>35</sup>Gukov I.: *Betonske konstrukcije I*, <https://nastava.tvz.hr/gukov/pdf/predavanja-beton.pdf> zadnji pristup 18.06.2024. (9).

<sup>36</sup>Samozbijajući beton, [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/04\\_PBT\\_Samozbijajuci\\_beton\\_MS.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/04_PBT_Samozbijajuci_beton_MS.pdf) (6) zadnji pristup 18.06.2024.

budući da je skuplji od običnog betona.<sup>37</sup> Beton je na gradilište dolazio u kamionu-mješalici za beton zapremnine do 9 m<sup>3</sup>. Ovisno o poziciji i pristupačnosti temelja beton bi se ugrađivao ili direktno iz mješalice ili uz pomoć auto pumpe za beton ruke duljine 24 m. Tijekom ugradnje, običan beton klase C25/30, dodatno je vibriran pervibratorom s vibro iglom kako bi se osigurala konsolidacija smjese. Vibrator se polako uranja u beton, okomito na betonsku površinu i još sporije vadi iz iste kako iza njega ne bi ostale šupljine. Vibriranjem betona postiže se njegova najveća moguća gustoća. Zrna agregata svježe mješavine međusobno se približavaju, šupljine se popunjavaju, zračni mjehurići se istiskuju, kao i određen višak vode, što bi u suprotnom loše utjecalo na kvalitetu betona. Gornji rub temelja dodatno je poravnat letvom za ravnanje/gleterom.

Zbog betoniranja u ljetnim mjesecima treba uzeti u obzir da je sušenje površine betona ubrzano visokim temperaturama i samim time je povećan rizik od pojave pukotina uslijed plastičnog skupljanja betona. Iz tog razloga vrši se hidratacija betona, točnije njegovanje betona polijevanjem vodom koje je u ovom slučaju vršeno narednih 7 dana nakon ugradnje.

---

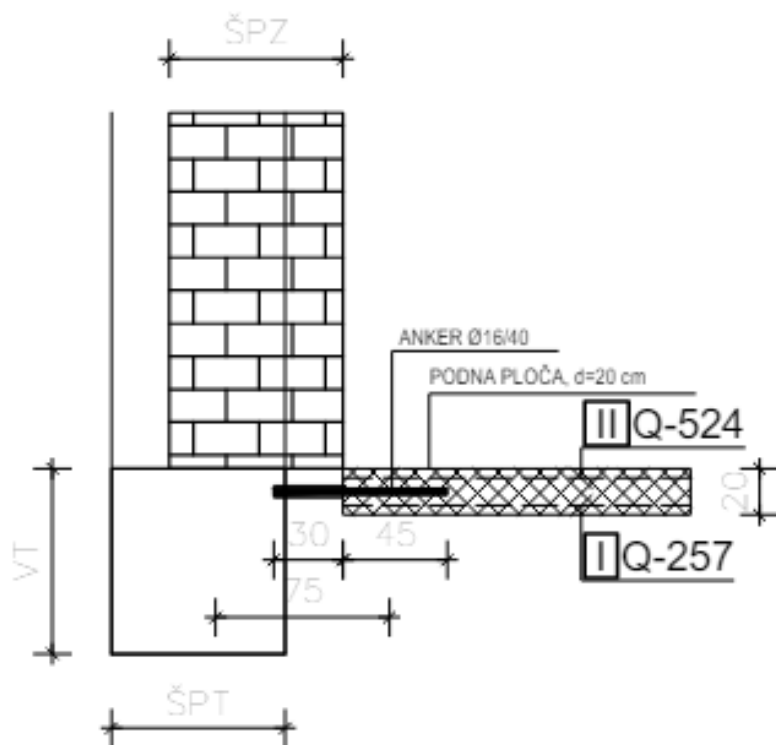
<sup>37</sup>Isto, (13).



Postojeće temeljne ploče bile su debljine 15-20 cm, bez armature i u potpunosti su uklonjene. Budući da su stare uklonjene, na cijeloj površini izrađena je nova temeljna ploča.

Armatura temeljnih ploča većinski se dijelom sastoji od armature mreže Q-257 (promjer žica 7 mm, razmak žica 150 x 150 mm, težina 4,11 kg/m<sup>2</sup>) u donjoj zoni te Q-524 (promjer žica 10 mm, razmak žica 150 x 150 mm, težina 8,32 kg/m<sup>2</sup>) u gornjoj zoni. Između dvije zone mreže postavljeni su jahači, savijene šipke koje razdvajaju dvije zone armature na određenu visinu te osiguravaju da obje zone imaju zadovoljavajući zaštitni sloj betona, a prikazani su na slici 8. Obje zone obuhvaćene su U-vilicama fi 8, vidljivim na presjeku na slici 7, raspoređenih na svakih 15 cm cijelom dužinom. Također, cijelim opsegom postavljena su sidra fi 16 (slika 6 i 7), koja su dijelom ubušena u postojeće temelje te šipke fi 12 uz rub ploče po jedna u svakoj zoni, rezane na odgovarajuću duljinu prateći oblik zgrade, a vidljive su na slici 7.

Proces izrade temeljnih ploča započeo je razbijanjem postojećih temeljnih ploča bagerom s hidrauličnim čekićem. Nadalje, iskopom na potrebnu dubinu i ravnanjem površine. Nakon toga bušili su se postojeći temelji na visini od 10 cm od tla, ručnom bušilicom borera fi 20, na svakih 40 cm minimalno 30 cm unutar starog temelja cijelim opsegom ploče. Zatim je postavljen sloj geotekstila i na njega trakasti odstožnik, puni s bočnim rupama, kako bi se osigurao zaštitni sloj betona od 4 cm. Na odstožnike postavlja se donja zona armature, mreža Q-257 (oznaka I na slici 6) cijelom površinom te se cijelim rubom ploče na tu mrežu povezuju U vilice na svakih 15 cm. Potom se postavljaju sidrene šipke (ankeri) fi 16 (slika 6 i 7) u prethodno izbušene rupe, no prije toga na njih se nanosi sloj Anchorfix-a. Kad su sidra postavljena, oba reda armaturnih šipki fi 12 postave se rubom ploče u kutove U vilice fi 15 i povezuju se s njom, kao što je prikazano na slici 7. Nakon toga slijedi postavljanje jahača po 2 komada na 1m<sup>2</sup> (slika 8) te ih se povezuje s mrežom donje zone i na njih se konačno postavlja mreža gornje zone Q-524, označena kao II na slici 6. Nakon što je armatura postavljena, nadzorni inženjer izvršio bi pregled kako bi potvrdio da je odrađena po projektu te dozvolio betoniranje koje se odvijalo istim postupkom kao i gore navedeni.

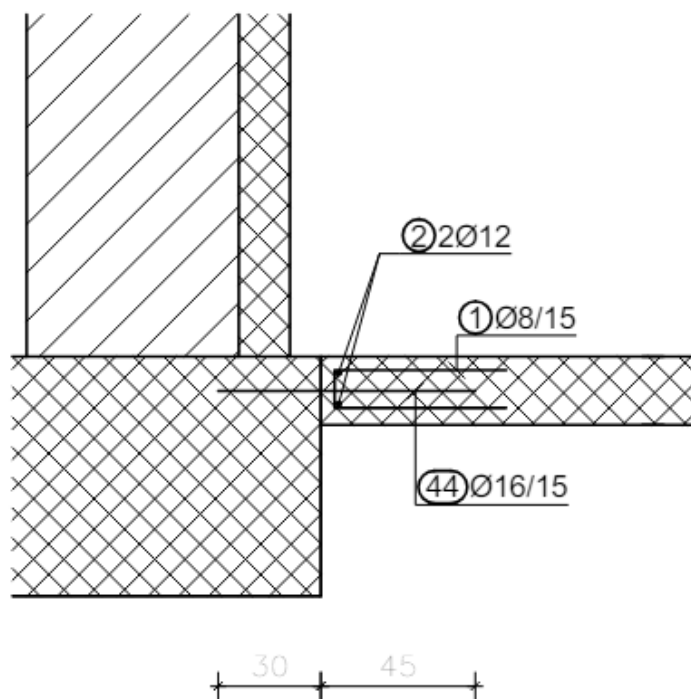


ŠPT - ŠIRINA POSTOJEĆEG TEMELJA  
 ŠPZ - ŠIRINA POSTOJEĆEG ZIDA  
 VT - VISINA TEMELJA

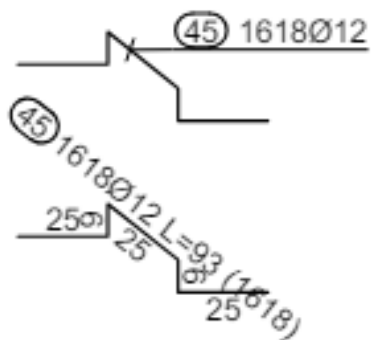
BETON - C30/37  
 ARMATURA - B500B  
 ZAŠTITNI SLOJ - c= 4cm

Slika 6: Presjek temeljne ploče <sup>38</sup>

<sup>38</sup>Preuzeto iz Planova savijanja armature 9.dio, TD 2506-07-IP/mapa 1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, rujan 2023. (11).



Slika 7: Karakteristični poprečni presjek temeljne ploče<sup>39</sup>



Slika 8: Jahači<sup>40</sup>

<sup>39</sup>Preuzeto iz Planova savijanja armature 9.dio, TD 2506-07-IP/mapa 1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, rujan 2023. (10).

<sup>40</sup>Isto, (11).

### 3.2.

### Ojačanja

### zidova

Kao što je već navedeno u tehničkom opisu građevine, postojeći opečni nosivi zidovi debljine su između 25 i 80 cm. Na zidovima ne postoje niti vertikalni niti horizontalni serklaži, no na nekima od njih mogle su se pronaći čelične zatege za ukrutu ziđa. Glavni poprečni zidovi također su rađeni ciglom, ali debljine u prosjeku 30 cm, visina jednakih nosivim zidovima na određenoj etaži. Opečni zidovi (neomeđeno ziđe) tablično su dimenzionirani na sile dobivene proračunom u 3D modelu (Tower).<sup>41</sup> Proračunom postojećeg stanja dobivena su prekoračenja posmične nosivosti i preko 200%, što pokazuje da je nosivost postojeće konstrukcije na potres daleko ispod zadovoljavajuće.<sup>42</sup> Nosivost zgrade prije oštećenja je oko 30% u x i y smjeru u odnosu na maksimalno mogući potres prema EC-8 uz faktor važnosti građevine IV.<sup>43</sup> Uzevši u obzir oštećenja uočena svim nadzemnim etažama, na njima je potrebno izvesti konstruktivna ojačanja.

U prilogu 2 možemo vidjeti da su za konstruktivno ojačanje zidova AB oblogom odabrani zidovi duž pročelne strane zgrade, unutarnji uzdužni nosivi zid hodnika, vanjski zidovi aneksa zgrade, te uzdužni zidovi uz bočna stubišta.<sup>44</sup> Izrada novih AB zidova odnosi se na poprečne zidove iznad novoizrađenih temelja koji su objašnjeni ranije, a označeni su crvenom bojom u prilogu 2. AB obloga u debljini od 15 cm odnosi se na zidove ojačane torkret betonom koji su označeni zelenom bojom u prilogu 2, obloga zidova običnim betonom u debljini od 20 cm označena je plavom, dok je obloga unutarnjih zidova običnim betonom u debljini od 25 cm označena crvenom bojom. Gotovo sva armatura izrađivana je u armiračkom pogonu po specifikacijama te dostavljena na gradilište, osim mreža koje su dostavljane u komadu, dimenzija 6 x 2,15 m koje su rezane na gradilištu prema planu rezanja. Korišteni beton klase SCC 30/37, bez posebnih dodataka, odabran je projektom kako bi se osigurao prolazak betona i u dijelove na kojima je armatura najgušća, odnosno kako bi se uz minimalno korištenje pervibratora osigurala kvalitetna ugradnja betona.<sup>45</sup>

---

<sup>41</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (28).

<sup>42</sup>Isto.

<sup>43</sup>Isto.

<sup>44</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (403-408).

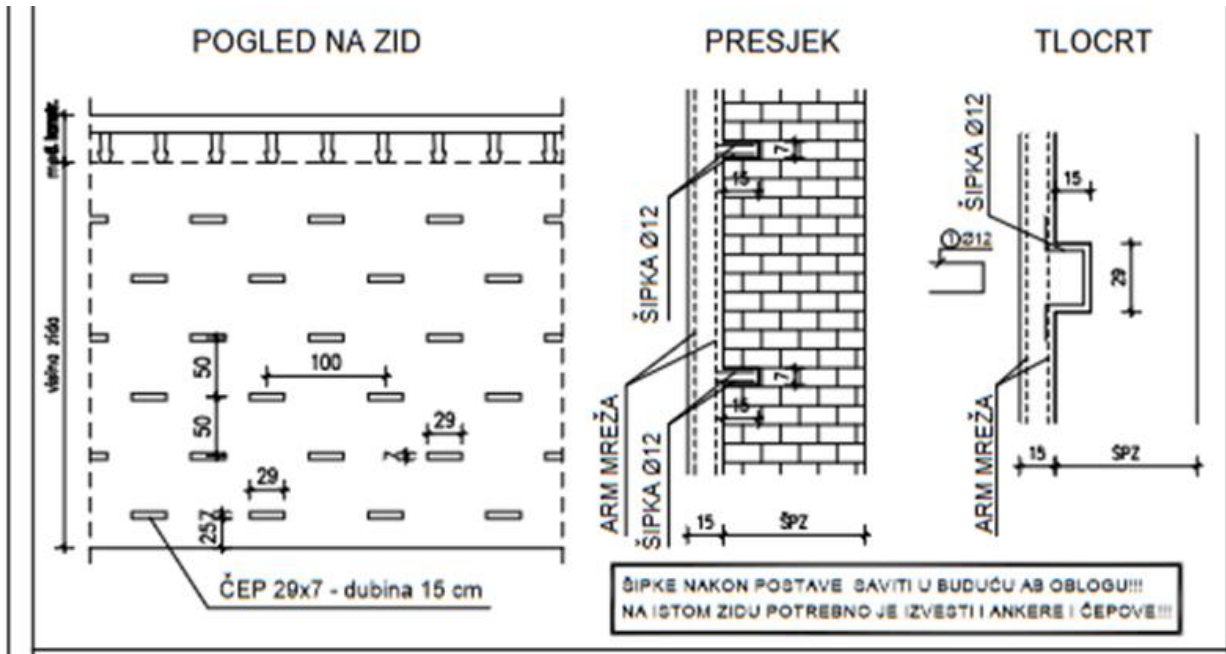
<sup>45</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (43).

AB obloga izvodila se na dva načina – klasičnim izlivanjem betona u oplatu ili nanošenjem tzv. „torkret“ betona. Izrada AB obloga krenula je od najniže etaže prema najvišoj kako bi se osigurala povezanost obloge s temeljima te kroz sve etaže. Velik dio samog procesa ugradnje jednak je kod oba slučaja. AB obloga predviđena je kao dodatan sloj na postojeće zidove od opeke, u 3 različite debljine ovisno o poziciji- 15, 20 i 25 cm. Prvi korak bio je uklanjanje žbuke sa zidova te postavljanje podupirača na rasponu od 70 do 100 cm, u dva reda, kako bi preuzeli opterećenje međukatne konstrukcije s dijela zida koji se stanjuje. Dva paralelna zida u istoj prostoriji nisu se stanjivala istovremeno, nego bi se prvo završila jedna strana nakon koje bi se započela druga. Nakon podupiranja stropne konstrukcije, bilo je potrebno stanjiti zidove, u ovom slučaju ručnim udarnim čekićima, najčešće na rasponu između dva poprečna zida okvirno 10 m. Nakon stanjivanja zida cijelom visinom, potrebno je stanjiti i početni metar zida na etaži iznad zbog nastavka armature na iduću etažu. Na etaži iznad ponovio bi se isti postupak. Kako bi se osigurao prolazak armature, kroz međukatnu konstrukciju, kroz nju su probijene rupe, najvećim dijelom na tanjem dijelu betona između „rebara“ sitnorebričaste ploče, kao na slici 9. U rijetkim slučajevima gdje je sitnorebričasta konstrukcija paralelna sa smjerom pružanja zida, uklonilo bi se prvo rebro uz zid, te bi se na istom dijelu kasnije izradila nova AB greda.



Slika 9 : Postavljena sidra kroz sitnorebričastu međukatnu konstrukciju (foto autorica, 2023.)

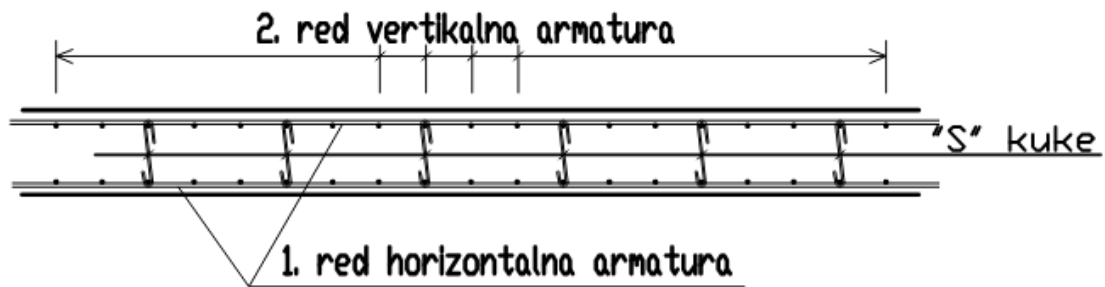
Nakon stanjivanja i čišćenja zida od nečistoća i/ili olabavljenih dijelova na njemu su izrađeni „čepovi“, tj. rupe koje bi se napravile izbijanjem cigle po određenom uzorku, vidljivom na slici 10, kako bi se obloga povezala s opečnim zidovima.



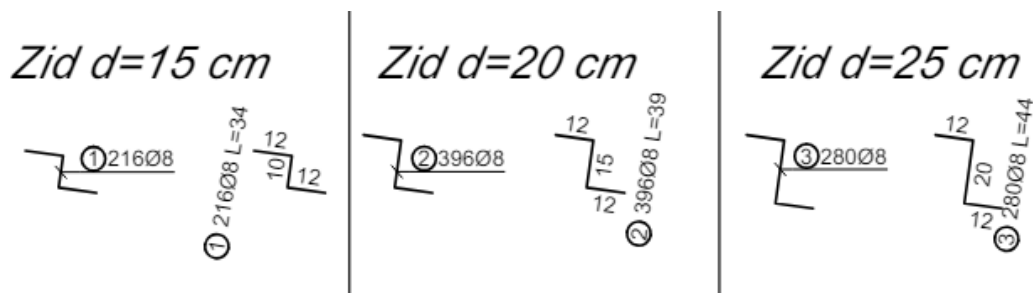
Slika 10: Detalj povezivanja AB obloge i postojećeg zida (nepoznati autor)

Nakon što je zid u najnižoj etaži stanjen, na donjem dijelu otkrio bi se i dio temelja u koji je bilo potrebno postaviti sidra na koja će se vezati armatura. Na onim dijelovima gdje je zid nalijegao na novi temelj nije bilo potrebe za bušenjem istog jer su u novim temeljima već ostavljena sidra za tu svrhu. Rupe je bilo potrebno bušiti po danom planu pozicija, na mjestima gdje je zid nalijegao na postojeći, „stari“ temelj, promjera za 2 mm većeg od promjera predviđenih sidara (ovisno o dijelu zida od fi 10 do fi 20). Rupe su bušene na dubini od 30 do 40 cm u postojeći temelj, na rasponu od 15 cm po duljini zida u dva reda. Prije postavljanja sidra u predviđenu rupu, potrebno ga je obložiti slojem AnchorFix-a. Nakon postavljanja sidara krenulo bi se s vezanjem armature. Najprije su postavljene vertikalne šipke koje se vežu direktno na postavljena sidra, nakon čega se na njih veže druga zona armaturne mreže te horizontalna ojačanja u obliku ravnih šipki. Nakon navedenog postavljale su se „U“ vilice u prethodno izrađene čepove vidljive u tlocrtu na slici 10. Potom slijedi postavljanje prve zone mreže te postavljanje „U“ vilica na bočnim stranicama na koje se povezuju vertikalne šipke u kutovima zida te obuhvaćaju armaturnu mrežu. Zatim se postavljaju i „S“ kuke koje povezuju

dvije zone armature na način prikazan na slici 11. Na slici 12 prikazane su S kuke korištene kod opečnih zidova ojačanim različitim vrstama i debljinama obloge. Sve kuke istog su promjera (fi 8), no različitih dimenzija.



Slika 11: Detalj učvršćenja armature<sup>46</sup>



Slika 12: S kuke<sup>47</sup>

Naposljetku, povezuju se horizontalna ojačanja na prvoj zoni armature, postavljaju se sidra kroz stropnu konstrukciju za zid na etaži iznad radi nastavljanja armature kao na slici 9 te se obrađuje armatura oko otvora u zidu, ukoliko ih ima. Nakon postavljene armature, uz pregled i dopuštenje nadzornog inženjera pristupilo bi se sljedećim koracima koji se razlikuju ovisno o vrsti ugrađivanog betona.

<sup>46</sup>Preuzeto iz Planovi savijanja armature 13.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (20).

<sup>47</sup>Preuzeto iz Planovi savijanja armature 13.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (20).

## Ojačanje zidova torkret betonom (AB obloga d=15cm)

Vrsta betona koja se ugrađuje prskanjem pod tlakom pri čemu se beton zbija uz površinu u samonosivom sloju do 50 mm na vertikalnoj i stropnoj površini naziva se torkret ili mlazni beton, a ovisno o projektiranom zahtjevu u sustavu s armaturnom mrežom mogu se postići veće debljine.<sup>48</sup> Prolaskom torkret betona kroz mlaznice stroja pod tlakom na površinu omogućava se prionjivost nabačenog sloja te se tako dobiva kompozitni zid u kojem vanjski, odnosno armirano-betonski sloj omogućava prihvat posmičnih sila i osigurava kompaktnost zida. Najčešće primjenjivana metoda u sanacijama i ojačanjima zidanih konstrukcija upravo je primjena mlaznog betona u kombinaciji s prethodno postavljenom armaturom. Takvim načinom povećava se tlačna, vlačna i posmična čvrstoća zida, kao i otpornost cijele konstrukcije na potresna opterećenja.<sup>49</sup> Torkretiranjem zidane konstrukcije dobiva se kompozitni zid u kojemu vanjski armiranobetonski sloj omogućava prihvat posmičnih sila i osigurava kompaktnost zida. Isto tako, torkretiranje odlikuje brzina i jednostavnost izvedbe budući da se ugrađivanje torkret betona vrši bez oplata, što je ujedno i prednost s obzirom na druge načine.

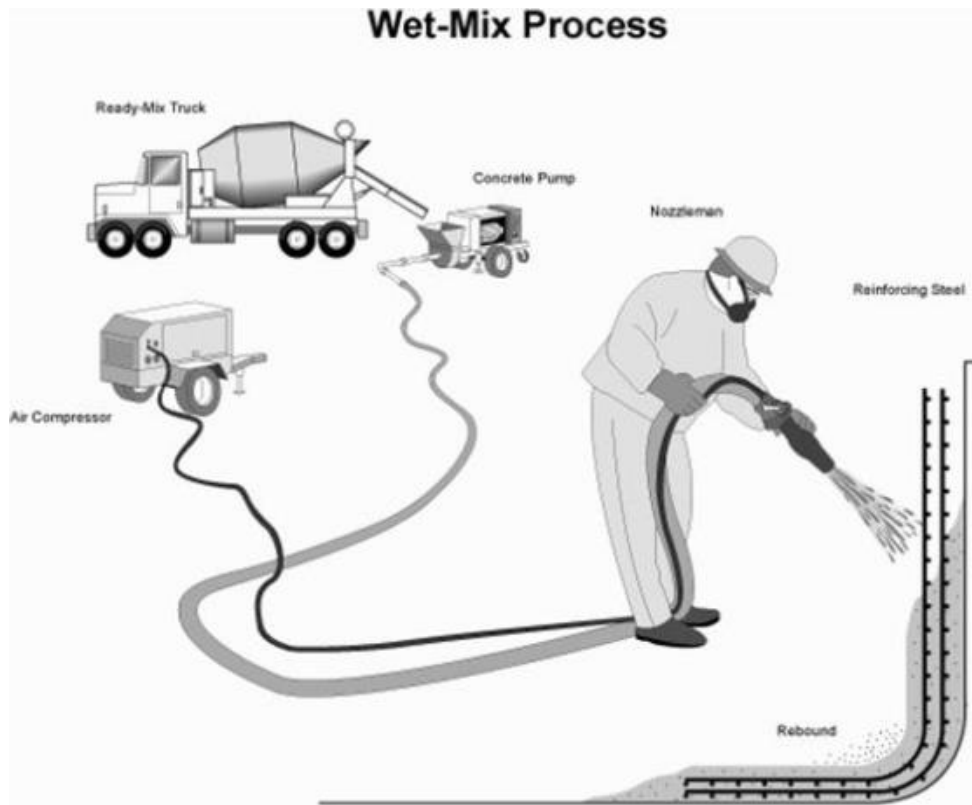
Razlikujemo dva postupka ugradnje torkreta, suhi i mokri postupak. Kod mokrog postupka cijela se mješavina, prethodno homogenizirana u mješalicama, ubacuje u strojeve za torkretiranje odakle se transportira putem cijevi i pod tlakom izbacuje na mjesto ugradnje. Neke od prednosti ovog postupka su veći kapacitet strojeva koji izbacuju torkret, pri nabacivanju se stvara vrlo malo prašine te veća debljina nabačenog sloja u jednom nabacivanju. Navedeni način torkretiranja pogodan je za korištenje u zgradama kod kojih nije moguć pristup velikih strojeva te za prekrivanja velikih površina uz postizanje visoke kvalitete izvedbe. Iako je projektom zadano oblaganje zidova suhim torkretom, na zahtjev izvođača izveden je mokri postupak.

---

<sup>48</sup>Jakopač, D.: *Torkret beton, cementne žbuke i reparaturni mortovi u protupotresnoj obnovi* <https://korak.com.hr/torkret-beton-cementne-zbuke-i-reparaturni-mortovi-u-protupotresnoj-obnovi/> zadnji pristup 18.06.2024.

<sup>49</sup>*Torkret beton u protupotresnoj obnovi* <https://www.samoborka.hr/torkret-beton-u-protupotresnoj-obnovi> zadnji pristup 18.06.2024.





Slika 13 : Mokri postupak torkretiranja<sup>50</sup>

Nakon postavljene armature, postavljene su jednostavne oplaste oko otvora, vidljive na slici 14 (primjerice prozora ili vrata) u vidu daščanih okvira izrađenih po mjeri koje bi se podupiralo sredinom i povezivalo žicom na postavljenu armaturu kako bi se izbjegao eventualni pomak navedene oplaste. Prije nanošenja mlaznog betona, podloga je navlažena te su zapunjene veće rupe i pukotine. Nakon toga, kao i na slici 13, kamion mješalica dovozi gotov beton odabrane marke na gradilište, svježi beton ubacuje se u prijemni koš pumpe, a zatim se obavlja nabacivanje. Kako bi se izbjeglo odvajanje od podloge, novi sloj ne smije se nabacivati na još nestvrdnuti prethodni sloj mlaznog betona. Nabacivanje mlaznog betona izvodi se u slojevima.

<sup>50</sup>Preuzeto s [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PBT\\_6 - Mlazni beton.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PBT_6_-_Mlazni_beton.pdf), (30).

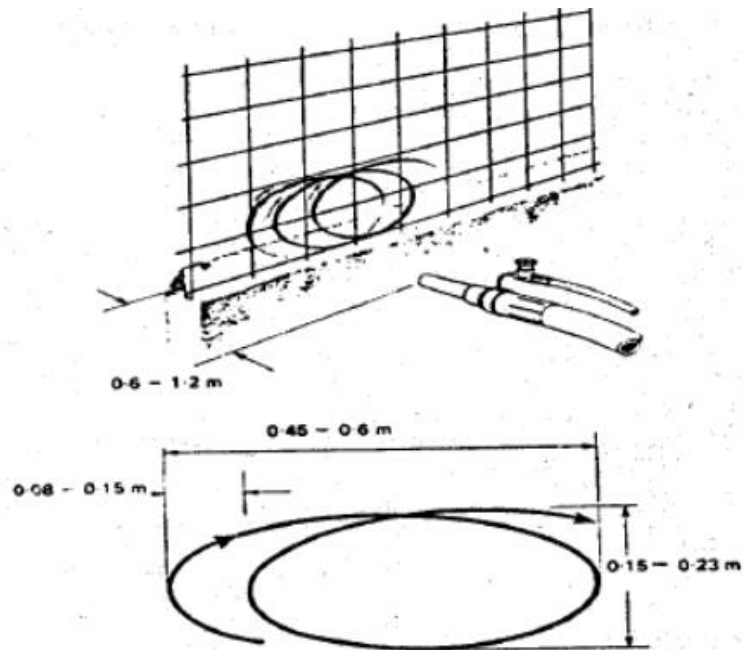


Slika 14: Nabacivanje mlaznog betona<sup>51</sup>

Transport betona iz pumpe obavljao se pomoću komprimiranog zraka kojeg se umjesto vode ubrizgava na mlaznici zbog raspršivanja betona i formiranja mlaza. U pumpu su dodavani cement i tekući aditivi koji pospješuju konzistenciju betona. Zbog štetnosti aditiva radnici koji nanose torkret moraju nositi zaštitna odijela i maske kako bi smanjili doticaj sa štetnim parama. Mlaznicu je potrebno držati okomito na podlogu na optimalnoj udaljenosti, od 0,6 do 1,2 m i spiralno ju pomicati, kao što je prikazano na slici 15.

---

<sup>51</sup>Preuzeto s [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/TOOZ\\_ojacija\\_1.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/TOOZ_ojacija_1.pdf)(32).



Slika 15 : Smjer pomicanja mlaznice prilikom torkretiranja<sup>52</sup>

Sve dok se ne dobije potrebna konzistencija, mlazni beton nabacuje se na površine koje nisu predviđene oblaganjem istim. Dok je mlazni beton još u svježem stanju, potrebno je probadanjem sloja vršiti kontrolu debljine sloja. Ukoliko su uočeni viškovi, potrebno ih je otkloniti mistrijom prije početka vezivanja. Nakon nanošenja betona isti se ravna letvom za ravnanje. Dovođeni sloj betona sljedećih se nekoliko dana (minimalno 7) njegovao polijevanjem vodom, održavajući površinu mlaznog betona vlažnom kako bi se spriječilo njegovo pucanje. Zbog tehnologije ugradnje izrada AB obloge od torkreta bila je prikladna samo na dijelovima gdje je predviđena obloga debljine 15 cm.

<sup>52</sup>Preuzeto s [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PBT\\_6 - Mlazni beton.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/PBT_6_-_Mlazni_beton.pdf),(44)

## Ojačanje zidova običnim betonom (AB obloga $d = 20$ i $25\text{cm}$ )

Za debljine obloge zidova od 20 i 25 cm pristupilo se klasičnom izlivanju betona u oplatu. Zbog postojanja zida od opeke s jedne strane AB obloge predviđena je jednostrana oplata, no zbog lošeg stanja zidova, uzrokovanog potresima i brojnim otvorima, zidovi su osigurani oplatom s jedne strane (na mjestu gdje dolazi betonska obloga) i drvenim gredama na strani postojećeg opečnog zida kako bi se spriječilo popuštanje opeke na nekom dijelu. Nakon postavljene oplata, dodatnim pregledom traže se eventualne manje rupe ili pukotine koje se zapunjavaju ekspanzirajućom pjenom. Prije samog betoniranja s obje strane zida dodatno su postavljani Doka podupirači na rasponu 50 cm u dva reda po visini zbog značajnog pritiska kojeg SCC beton stvara. Ovaj način osiguranja inače nije predviđen, no odrađivao se zbog dodatne sigurnosti. Betoniranje se vršilo pumpom za beton ruke od 24 m kojom bi se ulazilo u zgradu kroz postojeće otvore te bi se unutar zgrade postavile cijevi do zidova koji se betoniraju. Beton je na gradilište dolazio s betonare udaljene 11 km, kamionima-mješalicama kapaciteta do  $8\text{ m}^3$  zbog konzistencije SCC betona. Zidovi su betonirani bez prekida po visini uz postepeno pomicanje cijevi pumpe kako bi se beton ravnomjerno rasprostirao po visini. Pri jednom betoniranju ugrađeno je od 50 do  $100\text{ m}^3$  betona. Prilikom betoniranja zidova minimalno je korištena vibro igla zbog izrazito guste armature i samozbijajućeg betona. Dan nakon betoniranja demontirana je oplata, ploče se premazuju uljem za oplatae koje sprječava prijanjanje betona za oplatu i prenose na idući zid. Zid se nekoliko dana nakon njeguje polijevanjem vodom. Proces izrade novih AB zidova debljine 25 cm prilično je sličan izradi AB obloge betonom. Očita razlika je nepostojanje zida od opeke zbog čega je naravno korištena klasična dvostrana oplata.

### 3.3. Ojačanja ili izvođenje novih međukatnih konstrukcija

Postojeća međukatna konstrukcija sastoji se od sitnorebričaste stropne konstrukcije i na nekim dijelovima od pune AB ploče.<sup>53</sup> Rebra su u većem dijelu armirana s po dvije šipke glatke armature fi 18 do fi 24, širine rebara varirale su između 8 i 12 cm, visine od 30 do 35 cm, raspona između rebara od 40 do 50 cm. Iznad rebara izvedena je tlačna ploča u debljini od 6 do 8 cm.

Nakon obavljenog vizualnog pregleda međukatne konstrukcije nisu uočene deformacije niti pukotine koje bi ukazivale na nedovoljnu nosivost konstrukcije. Na temelju toga moglo se zaključiti da je međukatna konstrukcija u zadovoljavajućem stanju. Iz tog razloga projektom je predviđeno samo sanirati i rasteretiti tj. olakšati međukatnu konstrukciju uklanjanjem postojećih slojeva i zamjenom novim, lakšim materijalima. Sanacija podrazumijeva zaštitu armature na mjestima gdje je uklonjen ili oštećen zaštitni sloj. Nakon rasterećenja i ponovnog pregleda međukatne konstrukcije, odlučeno je da neke pozicije treba srušiti te umjesto njih izraditi nove AB ploče debljine 25 cm. Kao metoda ukrućenja konstrukcije, iznad 6 novih poprečnih AB zidova, vidljivih u prilogu 2, dodane su i AB grede, čiji je presjek vidljiv na slici 20, koje dodatno povezuju te zidove s međukatnom konstrukcijom. Ojačanje međukatne konstrukcije provodilo se u više faza. Prva faza sanacije, odnosno zaštita armature provodila se na cijeloj zgradi, po svim etažama, osim na dijelovima gdje je postojeća konstrukcija puna ploča. Završna faza je izrada nove tlačne ploče debljine 6 cm na postojeću međukatnu konstrukciju cijelom površinom na svim etažama.

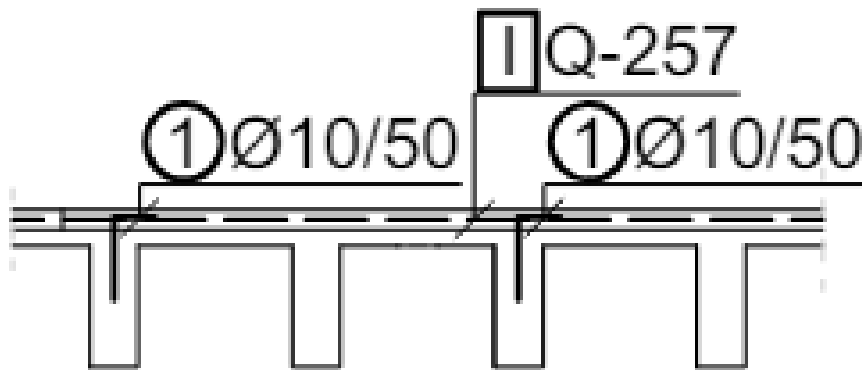
Za armiranje korištena je armatura B500B, armaturne šipke promjera od fi 8 do fi 20 te armaturne mreže Q-257, Q-335 i Q-524.

---

<sup>53</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 2/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (23).

## Tlačne ploče

Za armiranje tlačne ploče korištena je armaturna mreža Q-257 (samo jedna zona, vidljivo na slici 16) te sidra bez pločevine duž zidova unutar zgrade i sidra s čeličnom pločevinom duž vanjskog ruba zgrade promjera  $\varnothing 16$ , uz dodatna L sidra promjera  $\varnothing 10$  (slika 16) kojima se tlačna ploča povezala s postojećom međukatnom konstrukcijom.

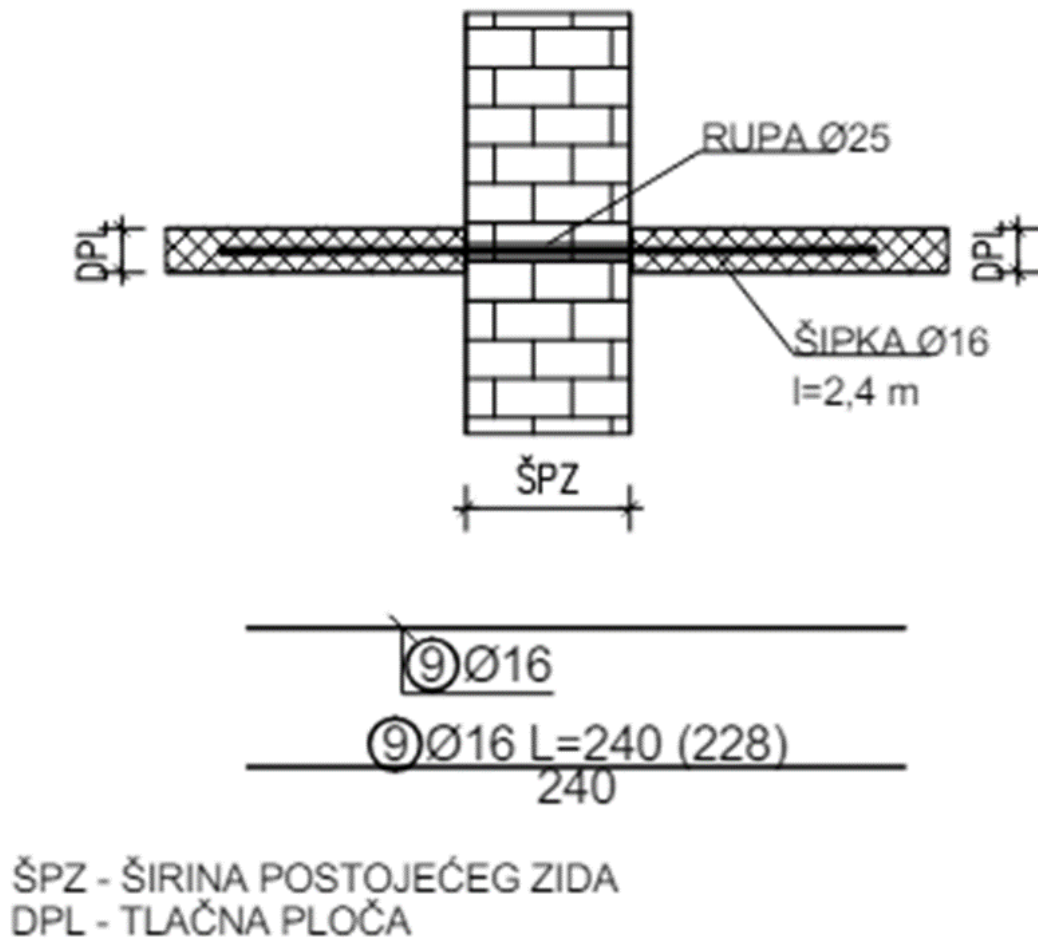


Slika 16: Detalj spreznja tlačne ploče s postojećom međukatnom konstrukcijom<sup>54</sup>

Nakon uklanjanja postojećih slojeva poda, poput parketa i glazure, površina poda detaljno je očišćena. Prije postavljanja armature, ručnom bušilicom izbušene su rupe u postojećim zidovima za postavljanje sidara (ankera). Rupe  $\varnothing 25$  bušene su kroz vanjske i unutarnje zidove na rasteru od 80 cm kako bi se u njih postavila sidra koja će povezati tlačne ploče sa zidovima. Kod povezivanja tlačne ploče s unutarnjim zidovima korištene su šipke  $\varnothing 16$ , duljine 2,4 m, što je prikazano na slici 17. Slika 18 prikazuje povezivanje tlačne ploče s vanjskim zidom gdje su korištena sidra  $\varnothing 16$ , duljine 1,6 m zavarena s vanjske strane sučelnim zavarom s čeličnim pločicama dimenzija 200x200x15 mm. Rupe  $\varnothing 12$  bušene su u postojeću rebrastu konstrukciju na rasteru od 50 cm. Nakon bušenja, na površinu poda, postavljeni su kockasti betonski odstojnici od 2.5 cm kako bi se osigurao traženi zaštitni sloj betona te je potom na njih postavljena armaturna mreža Q-257 cijelom površinom kako je prikazano na slici 19.

<sup>54</sup>Preuzeto iz Planovi savijanja armature 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10).

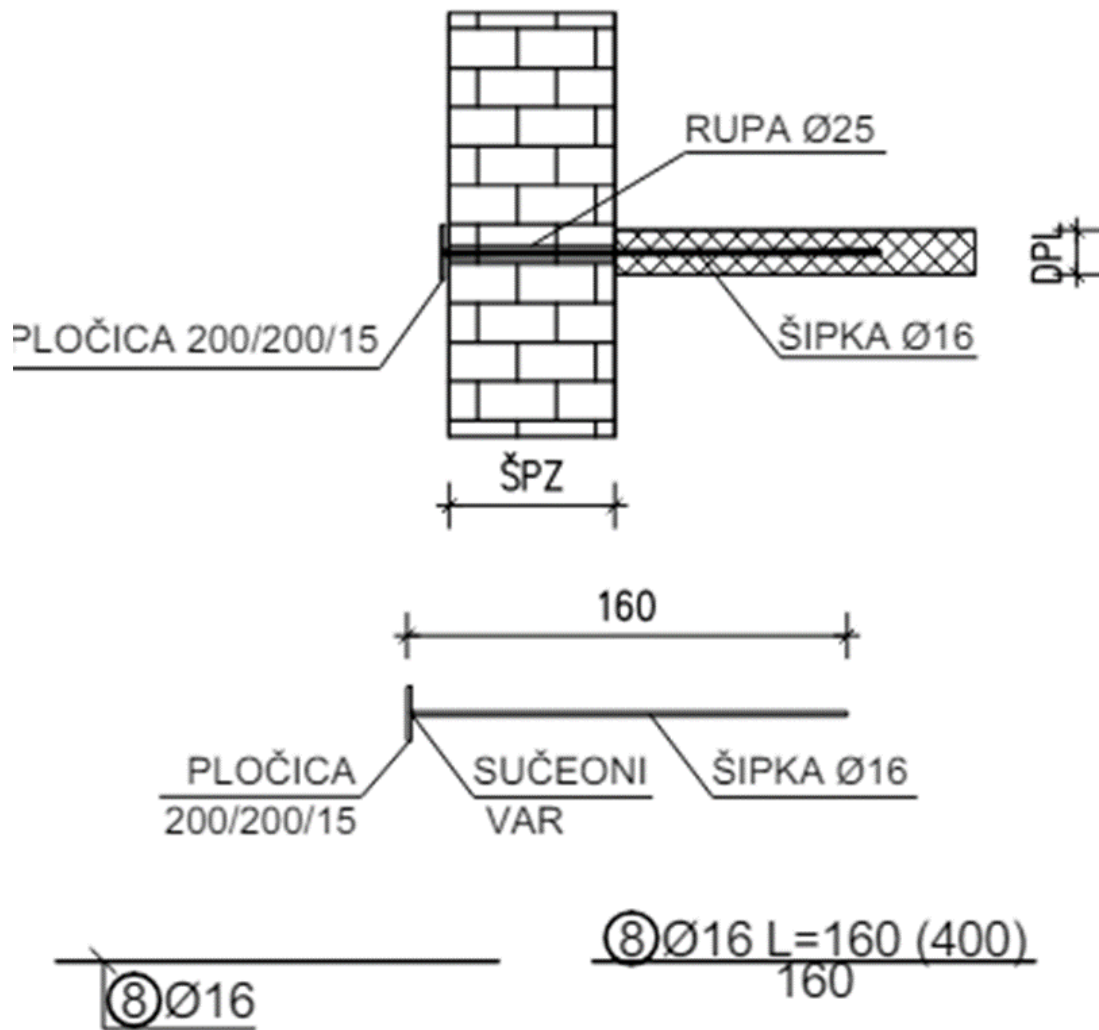
Nakon što su mreže postavljene i međusobno povezane, u prethodno izbušene rupe postavljaju se sidra na koje je nanesen sloj Anchorfix-a, a zatim se i njih povezuje s mrežama.



Slika 17: Povezivanje tlačne ploče s unutarnjim zidovima<sup>55</sup>

<sup>55</sup>Preuzeto iz Planovi savijanja armature 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10).

PRESJEK - VANJSKI ZID



ŠPZ - ŠIRINA POSTOJEĆEG ZIDA  
DPL - AB PLOČA

Slika 18: Povezivanje tlačne ploče s vanjskim zidovima<sup>56</sup>

<sup>56</sup>Preuzeto iz Preuzeto iz Planovi savijanja armature 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10).





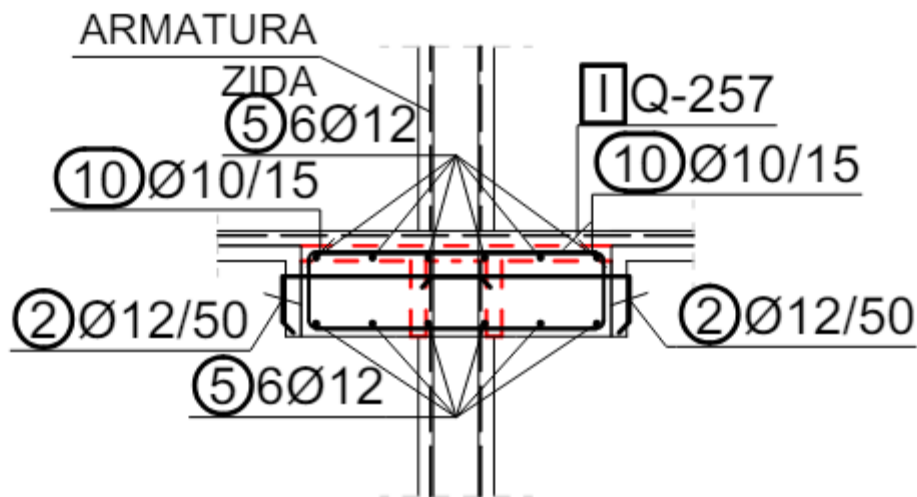
Slika 19 : Postavljena mreža Q-257 na betonskim odstožnicima (foto autorica, 2023.)

Armaturu nakon vezanja pregledava nadzorni inženjer i odobrava betoniranje. Betoniranje je vršeno pumpom kraka 24 m kroz otvore na zgradi, a korišten je SCC beton 30/37 zbog lakše ugradnje i izravnjanja. Zbog dozvoljenog prekida betoniranja, betoniralo se do 300 m<sup>2</sup> dnevno. Beton se izljevao pomoću cijevi na pumpi te bi se nakon toga ručno ravnao daskom za ravnanje. Nakon ugradnje bila je potrebna hidratacija betona kako bi se spriječilo nastajanje pukotina.

## Grede

Armatura greda sastoji se od zatvorenih vilica, promjera  $\varnothing 10$ , unutar kojih je uzdužno postavljeno po 6 šipki promjera  $\varnothing 12$  s donje i gornje strane vilice, što je vidljivo u presjeku na slici 20. Uloga armaturnih vilica je povećati nosivost betona na zatezanje te ih postavljamo u zonama zatezanja betonskih elemenata.

### PRESJEK POPREČNI ZID U SREDINI



Slika 20: Presjek grede<sup>57</sup>

Kod greda su također korištena L sidra kojima se novu gredu povezivalo sa susjednim rebrima međukatne konstrukcije. Novoprojektirane grede bile su vezane s novim poprečnim AB zidovima čija je lokacija vidljiva u prilogu 2 (poprečni zidovi debljine 25cm označeni crvenom bojom). Prije izrade zidova bilo je potrebno ukloniti dio postojeće međukatne konstrukcije iznad zida kako bi se otvorio prostor za novu gredu. Prvo bi se zidovi betonirali do 10-15 cm ispod grede kako bi se kasnije mogla montirati oplata za gredu. Oplata grede bila je vrlo jednostavna, činile su ju na mjeru odrezane crne opladne ploče povezane čavlima u oblik grede. Bilo je potrebno poduprijeti gredu (s donje strane) uz pomoć podupirača, a eventualne rupe u

<sup>57</sup>Preuzeto iz Preuzeto iz Planovi savijanja armature 14.dio, TD 2506-07-IP/mapa1/izvedbeni projekt/građevinski projekt, Zagreb, studeni 2023. (10).

oplatti zapunile bi se ekspanirajućom pjenom. Prije postavljanja armature, izbušile bi se rupe fi 14 u rebra s obje strane grede na svakih 50 cm kako bi se nova greda povezala s postojećom konstrukcijom. Po završetku bušenja postavlja se armatura. Kao što je ranije spomenuto, kroz zatvorene vilice provlači se 12 kom šipki fi 12, po 6 za svaku zonu (slika 20). Šipke se povezuju vilicama koje su postavljene na svakih 15 cm. Nakon povezivanja armaturnog koša, čiji je primjer vidljiv na slici 21, postavljaju se ankeri premazani Anchorfix-om u prethodno izbušene rupe i povezuju se s košem.



Slika 21 : Armaturni koš za gredu (foto autorica, 2023.)

Nakon odobrenja nadzornog inženjera pristupilo se betoniranju. Grede su najčešće betonirane zajedno s tlačnom pločom oko njih. Betoniranje je vršeno pumpom kraka 24 m kroz prozore zgrade, beton je dovezen u mikserima do 8 m<sup>3</sup>, a korišten je SCC beton 30/37 zbog lakše ugradnje i izravnjanja. Beton se izlijevao pomoću cijevi na pumpi te bi se nakon toga ručno poravnalo daskom za ravnjanje. Nakon ugradnje beton se njegovao polijevanjem vodom kako bi se spriječilo nastajanje pukotina.

## Nove međukatne konstrukcije

Kod armature novih ploča korištena je mreža Q-524 u donjoj zoni, mreža Q-257 u gornjoj zoni te jahači promjera  $f_i$  12 koji su ih odvajali na zadanu visinu. Rubom ploče postavljane su U vilice promjera  $f_i$  10 te po dvije šipke  $f_i$  12 u gornjoj i donjoj zoni armature. U slučajevima krovnih ploča, na rubovima su predviđene grede koje su armirane slično kao i prethodno spomenute nove grede, U vilice s uzdužno postavljenih 3-5 šipki  $f_i$  12 s gornje i donje strane vilice. Projektom je odabran beton klase SCC 30/37, bez posebnih dodataka.<sup>58</sup>

Prije početka izrade nove međukatne konstrukcije u potpunosti se uklonila postojeća međukatna konstrukcija na toj poziciji. Nakon demontaže postavljali su se Doka Staxo tornjevi u svrhu podupiranja, a zatim bi se na njih postavila klasična drvena oplata, vidljiva u žutoj boji na slici 22, premazana oplatnim uljem koje omogućava lako odvajanje oplata od betona. Nakon postavljanja oplata slijedilo bi bušenje rupa  $f_i$  20 za sidra kroz sve zidove oko ploče na toj poziciji i  $f_i$  12 kroz eventualna susjedna rebra. Potom bi se postavili plastični distanceri od 4 cm te na njih mreža Q-524. Na pozicijama na kojima je predviđena greda/serklaž, armatura bi se izradila jednakim procesom kao i prethodno objašnjene grede. Mreža bi se povezala međusobno te s prethodno vezanim gredama, a zatim bi se postavile U vilice po duljini vanjskog ruba na svakih 15 cm te po 2 šipke u kutove tih vilica. Nakon što se sve to poveže, postavljaju se ankeri premazani Anchorfix-om u prethodno bušene rupe, te nakon njih dolazi gornja zona mreže Q-257 koja se povezuje s U vilicama i međusobno. Primjer postavljene armature za novu međukatnu konstrukciju možemo vidjeti na slici 22.

---

<sup>58</sup>Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023. (27).



Slika 22 : Postavljena armatura za izradu nove međukatne konstrukcije (foto autorica, 2023.)

Nakon odobrenja nadzornog inženjera pristupilo se betoniranju. Ploče su bile debljine 16-20 cm, ovisno o poziciji, a betonirane su bez prekida. Betoniranje je vršeno pumpom kraka 24 m kroz prozore zgrade, osim na dijelovima krovnih ploča koje su betonirane kranom s kiblom (mikser naspe beton u kibli, kran dignu na poziciju, radnici otvore kibli i tako u krug). Beton je dovezen u mikserima do 8 m<sup>3</sup>, a korišten je SCC beton 30/37 zbog lakše ugradnje i izravnjanja. Beton se izljevao pomoću cijevi na pumpi te bi se nakon toga ručno poravnao daskom za ravnjanje. Nakon ugradnje beton se njegovao polijevanjem vodom kako bi se spriječilo nastajanje pukotina.

#### 4. OJAČANJA KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA FRCM SUSTAVOM

FRCM sustav (engl. fabric reinforced cementitious matrix), odnosno tkaninom armirani mort, sustav je za ojačanje zidanih konstrukcija koji se sastoji od tkanina u vidu mreža i anorganskih matrica.<sup>59</sup> Anorgansku matricu čini mort koji je na bazi hidrauličnog vapna ili trass cementa, a mreža može biti proizvedena od ugljičnih, alkalno-otpornih staklenih ili bazaltnih vlakana.<sup>60</sup> Adhezijom matrice za podlogu i mehaničkim uklinjavanjem matrice (tj. impregnacijom morta kroz otvore u mreži vlakana) i mreže ostvaruje se veza između matrice i vlakana te se postiže prijenos naprezanja. U području vlačnih naprezanja vidljiv je najveći doprinos kojeg ova vrsta pojačanja ostvaruje. Uloga matrice, tj. mreže jest prijenos naprezanja sa zidane ili betonske podloge na vlakna te zaštita istih (vlakana, tj. mreže). Prijenos naprezanja postiže se međusobnim mehaničkim povezivanjem između tkanine i matrice te lijepljenjem između podloge i matrice. Za izvedbu FRCM sustava presudan je sastav matrice.<sup>61</sup> Važno je da se mort ne skuplja odnosno da je obradiv kako bi se lako nanosio gleterom te prodirao kroz otvore mreža. Svrha vlakana prijenos je vlačnih naprezanja.<sup>62</sup> Tkanine koje se obično koriste u FRP sustavu zamjenjuju se mrežom koja je tkana u najmanje dva smjera koju su općenito pravokutna kada je riječ o kompozitnim FRCM sustavima. Takozvana „zatvorena” FRP tkanina nije prikladna budući da cementna matrica ne može prodrijeti i impregnirati vlaknaste niti, a otvorena struktura mreže pruža veće područje potrebno za postizanje složenog djelovanja između matrice i sustava za ojačanje. Mrežaste tkanine najčešće su izrađene od ugljika ili karbona, alkalno otpornog stakla i bazalta. Uže od polimera razvijeno je za sidrenje mreža u element koji se ojačava, a ojačano je ugljičnim ili karbonskim vlaknima. Takva tehnika nudi mnogobrojna poboljšanja u čvrstoći i duktilnosti veze. Na jednoj strani za sidrenje zida koristi se karbonsko uže koje je ukrućeno epoksidnim ljepilom s jedne strane, dok su s druge strane vlakna slobodna. Za sidrenje se na obje strane zida koristi karbonska užad koja je na dva kraja slobodna dok je u sredini ukrućeno, kao na slici 23. Lokacije zidova i stupova predmetne građevine ojačanih FRCM sustavom vidljive su u prilogu 2, na nacrtima 07-11. Na legendi nacrtu možemo vidjeti kako su navedene lokacije označene isprekidanim crticama ljubičaste boje.

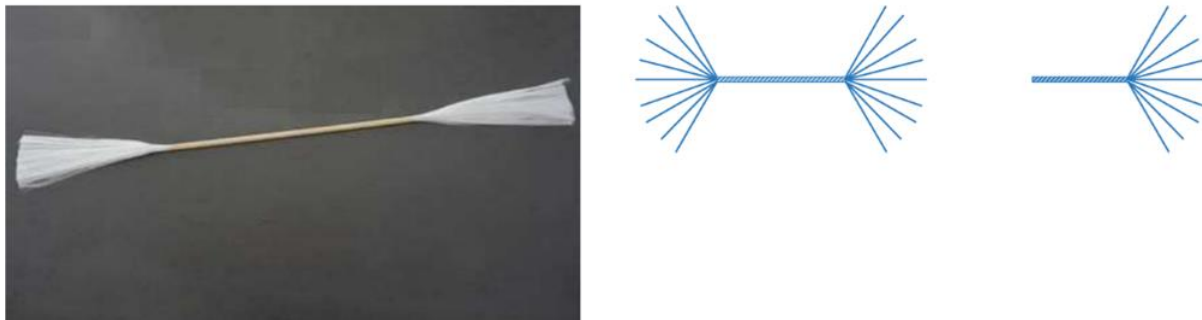
---

<sup>59</sup>MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja,  
[https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf\(6\)](https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf(6)) zadnji pristup 18.06.2024.

<sup>60</sup>Isto.

<sup>61</sup>Isto.

<sup>62</sup>Isto.



Slika 23 : Staklena sidra<sup>63</sup>

Na svojstva FRCM sustava temperatura utječe u trenutku ugradnje. Razlika je između niskih i visokih temperatura. Naime, niske temperature, ispod 5°C, utječu na takozvano odgođeno očvršćivanje, dok porast temperature iznad 30°C negativno utječe na obradivost morta.<sup>64</sup> Prije, a i tokom same gradnje kontroliraju se uvjeti koji uključuju površinsku temperaturu podloge, temperaturu zraka, relativnu vlažnost i brzinu vjetra. Ako i kad se temperatura površine podloge spusti ispod minimalne razine treba obustaviti radove da ne bi došlo do nepravilne ugradnje

---

<sup>63</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(7).

<sup>64</sup>MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja, <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (8) zadnji pristup 18.06.2024.

Prvi korak procesa ugradnje jest priprema podloge. Potrebno je ukloniti žbuku sa zidova lakim ručnim alatima te mort iz sljubnica (fuga) opeke u dubini od 20 mm. Sljubnice se moraju produbiti pažljivo i bez razaranja bočnih stijenki opeke i kamena. Zidove je potrebno očistiti od ostataka prašine, masnoće, hrđe i slabo prionjivih dijelova, koji onemogućuju kvalitetno prijanjanje morta, kao na slici 24.



Slika 24 : Pripremljena podloga<sup>65</sup>

Nakon čišćenja podloge potrebno ju je navlažiti kako bi se spriječila ubrzana dehidracija morta. Mort u debljini od 5 mm nanosi se na prethodno pripremljenu i navlaženu podlogu kao na slici 25 u kojeg se u svježem stanju lagano utiskuje mreža od staklenih vlakana, a u jednom radnom koraku popunjavaju se sljubnice i prvi sloj morta.

---

<sup>65</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(9).





Slika 25 : Nanošenje prvog sloja morta na pripremljeni zid<sup>66</sup>

Adekvatno utiskivanje tkanine u mort, prikazano na slici 26, od presudnog je značenja za učinkovitost ove tehnike zbog čega tkaninu treba lagano utisnuti valjkom ili sličnim alatom kako bi se osigurala njegova potpuna impregnacija te istisnule eventualne šupljine u matrici.



Slika 26 : Utiskivanje tkanine u mort<sup>67</sup>

---

<sup>66</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(9).

<sup>67</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(9).

Potrebno je osigurati preklapanje mreže od 30 cm u uzdužnom smjeru, kao što je prikazano na slici 28, i 10 cm u poprečnom. Nakon što je mreža utisnuta u prvi sloj morta, nanosi se drugi sloj u debljini 5mm dok je prvi sloj još uvijek u svježem stanju. Može se nanositi ručno ili strojno pužnom pumpom

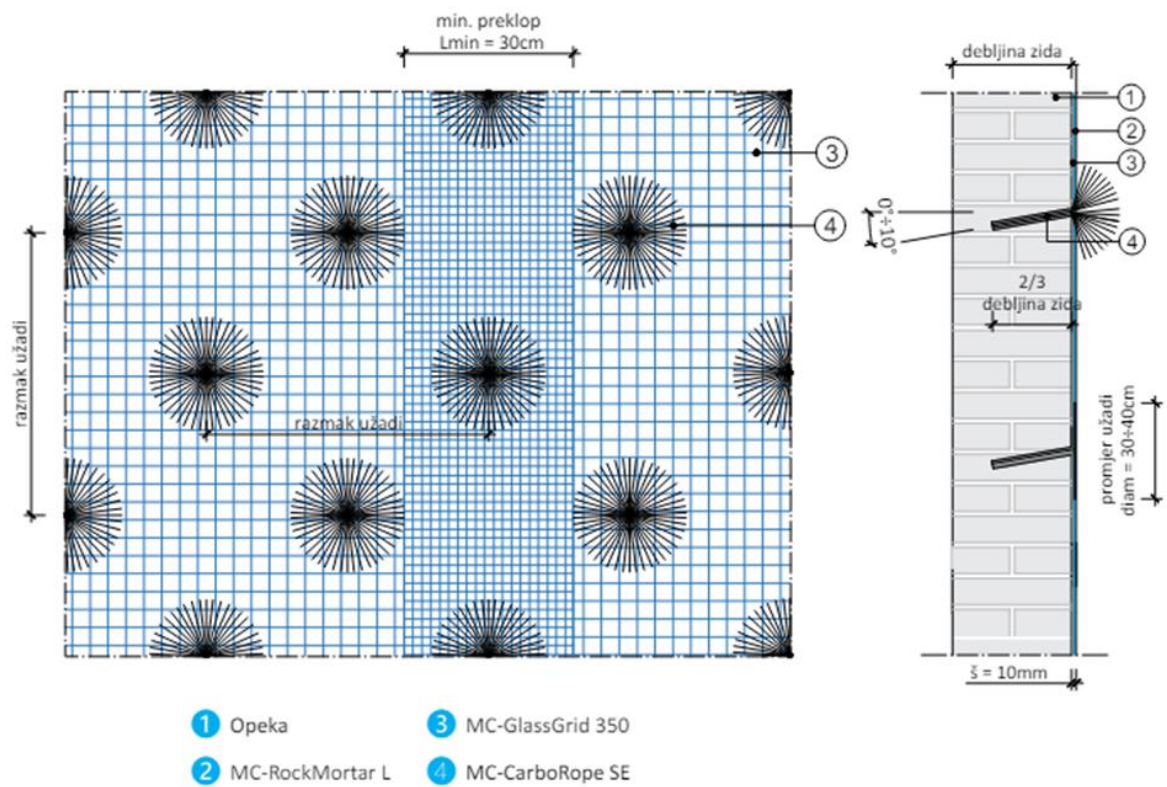


Slika 27 : Nanošenje drugog sloja morta na zid<sup>68</sup>

Sidrenje mrežice u zid izvedeno je staklenim sidrima (slika 23) , količine sidara određene su projektom, a preporuka je koristiti minimalno jedno sidro po metru kvadratnom. Nakon prvog sloja morta potrebno je izbušiti rupe za sidra promjera 12 mm i dubine 2/3 debljine zida, kao što je prikazano na slici 28, ili s obje strane ako je zid deblji od 60 cm. Kako bi se uklonila prašina koja umanjuje adheziju epoksidnog ljepila rupe je, nakon bušenja, potrebno ispuhati zrakom pod pritiskom. U pripremljene rupe ubrizgava se epoksidno ljepilo te umeće kruti dio karbonskog užeta u zid, dok se fleksibilni/slobodni dio užeta raspliće i lijepi na površinu staklene mrežice epoksidnim ljepilom. Potrebno je, u svježem stanju, nanijeti kvarcni pijesak zbog stvaranja veze za daljnju završnu obradu. Na slici 29 vidljiv je konkretan primjer zida predmetne građevine ojačanog FRCM sustavom.

---

<sup>68</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(9).



Slika 28 : Skica i presjek zida ojačanog FRCM-om<sup>69</sup>



Slika 29 : Zid predmetne građevine ojačan FRCM sustavom (foto autorica, 2023.)

<sup>69</sup>Preuzeto s <https://www.mc-bauchemie.hr/assets/downloads/products/hr-HR/Nacrti/FRCM%20nacrti.pdf>(1).

## 5. OJAČANJA KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA FRP SUSTAVOM

Ojačanje ugljičnim, tj. karbonskim tkaninama jedan je od načina (protupotresnih) ojačanja konstrukcije. Sukladno vrsti konstruktivnog elementa određuje se način ojačanja. Stupovi, grede i ploče glavni su konstruktivni elementi koji se obično ojačavaju karbonskim tkaninama. Nadalje, karbonskim tkaninama mogu se ojačavati propusti i urezi u pločama i gredama. Budući da svaka konstrukcija ima vlastitu metodu armiranja treba naglasiti da je bez obzira na to glavni cilj isti, a to je koristiti karbonska vlakna u usmjeravanju vlačnih napreznja. FRP trakama ojačavane su grede i stupovi predmetne građevine, a njihove su lokacije vidljive u prilogu 2 na nacrtima broj 07-11 te su označene punom svijetloplavom linijom.

### Ojačanje greda

Ojačanje grednih konstrukcija predmetne građevine provelo se lijepljenjem karbonskih tkanina na krajevima grede u smjeru okomitom na smjer pružanja grede, na projektom zadanom rasteru. Prije lijepljenja FRP traka, na donjem rubu grede postavljene su dvije površinski lijepljene FRP lamele duž čitave grede kao što je prikazano na slici 30. FRP lamele učinkovita su i ekonomična metoda za ojačavanje i popravak konstrukcijskih elemenata. Zbog svoje visoke čvrstoće i krutosti, male težine i dobrih svojstava kod zamora prikladna je alternativa za tradicionalne tehnike ojačanja i popravljivanja. Nakon postavljanja spomenutih FRP lamela tkanine se lijepe na donji rub grede s vlaknima okrenutim duž osi grede



Površinski lijepljena lamela

Slika 30: Postavljanje FRP lamela<sup>70</sup>

<sup>70</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(12).

## Ojačanje stupova

Stup je konstruktivni element opterećen u svom uzdužnom smjeru koji je znatno veći od ostalih dimenzija. Glavni ciljevi ojačanja stupa FRP sustavom su: omogućiti bočnu potporu uzdužnoj čeličnoj armaturi i povećati čvrstoću i deformacijske sposobnosti betona.<sup>71</sup> Shodno tome, omatanjem stupova karbonskim tkaninama povećavamo njihovu čvrstoću i duktilnost, a ujedno povećavamo nosivost i sposobnost elastičnosti i sposobnost apsorpcije energije. Ojačanje stupova predmetne građevine provelo se lijepljenjem karbonskih tkanina u vertikalnom i horizontalnom smjeru, na projektom zadanom rasteru. Uloga horizontalnih tkanina jest preuzimanje poprečne sile, dok vertikalne trake preuzimaju naprezanje od savijanja.

## Priprema podloge i temperatura ugradnje

Priprema podloge započinje označavanjem linija na konstrukciji prema projektu sanacije. Zatim se površina mora očistiti od boje, ulja, cementnog mlijeka i drugih nečistoća. Čišćenje se vrši metalnim četkama ili vodom pod pritiskom, najčešće s tlakom iznad 100 bar-a. Ukoliko je podloga neravna potrebno ju je izravnati reparaturnim mortom ukoliko se radi o ziđu. Debljina tog morta ne smije biti manja od 6 mm, a vlaga u podlozi prije nanošenja epoksidnog ljepila mora biti manja ili jednaka šest posto.

Lijepljenje tkanina na konstrukciju može se izvoditi na temperaturi okoline od + 8°C do + 40°C dok bi temperatura površine koja se ojačava trebala biti veća od +8°C i veća od točke rosišta minimalno 3°C.<sup>72</sup> Ako je potrebno podizanje temperature mogu se koristiti fenovi. Konstrukcija za ojačanje treba biti suha, a vlažnost površine manja od šest posto. Vrijeme obradivosti pri 20°C iznosi 50 minuta. Kako bi se povećala otpornost na požar, trajnost i estetičnost, ojačavajuća konstrukcija može biti prekrivena različitim slojevima kao što su: polimer-cement, poliuretan i sredstva za usporavanje požara koja su kompatibilna s ljepilom. Da bi se osigurala dobra kohezija nanešenog sloja s ojačavajućim elementom na zadnji sloj epoksidnog ljepila treba nanijeti kvarcni pijesak dok je još u svježem stanju.

---

<sup>71</sup>MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja,  
<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (10) zadnji pristup 18.06.2024.

<sup>72</sup>MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja,  
<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (12) zadnji pristup 18.06.2024.

## Postupak ugradnje

Prvi korak ugradnje jest priprema podloge. Podloga mora biti čista, dok vlaga u podlozi mora biti ispod šest posto, bez prljavštine, ulja ili dijelova koji se odvajaju. Ukoliko je podloga neravna potrebno ju je izravnati reparaturnim mortom (slika 31), čija debljina ne smije biti manja od 6 mm.

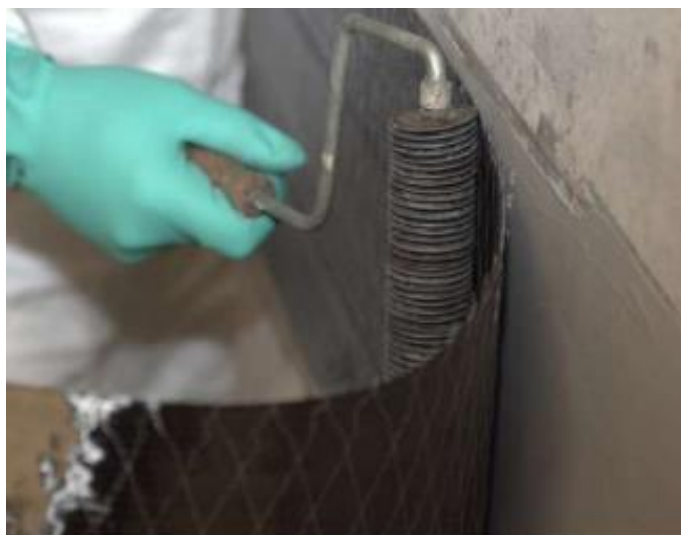


Slika 31: Ravnanje podloge mortom<sup>73</sup>

Nakon pripreme i ravnjanja podloge, slijedi ugradnja FRP tkanina i epoksidnog ljepila velur valjkom. Nakon nanesenog epoksidnog ljepila, ugrađuje se tkanina koja se utiskuje valjkom u prethodno nanešeni sloj epoksidnog ljepila, na način prikazan na slici 32, kako bi se istisnuli zaostali mjehurići zraka.

---

<sup>73</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(13).



Slika 32: Utiskivanje FRP tkanine u nanešeni sloj epoksidnog ljepila<sup>74</sup>

Nakon ugrađene tkanine na nju se nanosi završni sloj epoksidnog ljepila velur valjkom (slika 33) te se posipava kvarcnim pijeskom do potpune zasićenosti dok je ljepilo još u svježem stanju. Za kvarcni pijesak poželjno je da bude granulacije 0.4-0.8 mm, a njegova je uloga stvaranje podloge na koju se mogu nanositi sljedeći slojevi.



Slika 33: Nanošenje završnog sloja epoksidnog ljepila<sup>75</sup>

---

<sup>74</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(13).

<sup>75</sup>Preuzeto s <https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf>(13).

FRCM sustav kompatibilan je sa zidanim podlogama koje su često izložene kontinuiranoj vlazi koja prirodno migrira po presjeku zida, dok polimerne matrice FRP-a mogu djelovati kao termohigrometrijskebarijere što znači da mogu uzrokovati zadržavanje vlage unutar zida te dovesti do odljepljivanja materijala za ojačanje.<sup>76</sup> S druge strane, poroznost i paropropusnost matrica FRCM-a slični su zidanoj podlozi i vlaga se ne zadržava unutar same zidane podloge. Povećanje čvrstoće AB greda, ploča i zidanih zidova ojačanih FRCM sustavom može se usporediti s onima sličnih elemenata ojačanih FRP-om. Iako, treba naglasiti kako je njihovo cjelokupno ponašanje nešto drugačije. Kod elemenata ojačanih FRP-om, otkazivanje je najčešće posljedica odljepljivanja od zidane ili betonske podloge.<sup>77</sup> Ta vrsta krto g loma kod elemenata ojačanih FRCM-om gdje se pojavljuje manje krto otkazivanje nastalo proklizavanjem vlakana unutar cementne matrice ili raslojavanjem na spoju vlakno-matrica uglavnom se ne događa.

Ipak, valja naglasiti prednosti FRCM sustava, a to su: visoka vlačna čvrstoća, brza i jednostavna ugradnja, mala debljina nanošenja, značajno povećanje nosivosti i čvrstoće, povećanje otpornosti na seizmička djelovanja, izvrsna kompatibilnost sa zidom, izvrsna mehanička kompatibilnost matrice izamjena nedostatka armature. S druge strane, prednosti FRP sustava su, osim male težine i značajnog povećanja nosivosti i čvrstoće, minimalna invazivnost zahvata na konstruktivnim elementima te prilagodljivost karbonskih tkanina i poprimanje bilo kojeg traženog oblika.

---

<sup>76</sup>MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja,  
<https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf> (7) zadnji pristup 18.06.2024..

<sup>77</sup>Isto.



## 6. Zaključak

Na koncu možemo zaključiti kako je potres koji je uzrokovao oštećenja na Klinici za ženske bolesti i porode u Petrovoj 13 u Zagrebu potaknuo obnovu same klinike. Projekt obnove konstrukcije zgrade između ostalog predviđa: olakšanje konstrukcije, mjestimično ojačanje postojećih temelja, ojačanje nosive konstrukcije dodavanjem novih AB zidova, AB oblogom postojećih zidova, izvedbu pojačanja zidova torkretiranjem te oblaganjem pojedinih zidova od opeke FRCM-om, ojačanje stupova i greda FRP trakama, i ojačanje postojećih međukatnih konstrukcija novim tlačnim pločama. Budući da su izvedena različita ojačanja, u radu su objašnjena neka od njih kako bi se objasnilo zašto su baš ta predviđena samim projektom.

Prva ojačanja koja su izvedena jesu AB ojačanja temelja i temeljnih ploča, zatim zidova i međukatnih konstrukcija. Neki od postojećih temelja ojačani su dodavanjem proširenja, dok su neki uklonjeni i zamijenjeni novima. Nadalje, zidovi su ojačani AB oblogom u debljini od 15 do 25 cm ovisno o vrsti korištenog betona, a napravljeni su i novi AB zidovi u debljini od 25cm. Obloga debljine 15 cm odnosi se na oblogu torkret betonom, dok se obloga debljine 20-25 cm odnosi na klasičan beton lijevan u oplatu. Osim toga, armiranim betonom ojačane su i postojeće međukatne konstrukcije (tlačna ploča), dok su neke u potpunosti uklonjene i zamijenjene novima. FRCM sustavom ojačani su opečni zidovi i neki od stupova, dok su FRP trakama ojačane grede i stupovi unutar zgrade.

Uzevši u obzir da je cilj obnove predmetne građevine protupotresno ojačanje, u skladu s time zgrada je olakšana (za 6%) uklanjanjem betonskih zidova u potkrovlju te zamjenom postojećih slojeva međukatnih konstrukcija novim, lakšim slojevima, budući da vlastita težina građevine igra znatnu ulogu prilikom potresnih djelovanja. Dakle, odgovor konstrukcije na potresno djelovanje ovisi o nizu parametara među kojima je jedan od najznačajnijih vlastita težina konstrukcije. Iz navedenog se može zaključiti da je korištenje lakših materijala prilikom gradnje povoljno i poželjno. U skladu s time i proračunom konstrukcije, za ojačanja konstruktivnih elemenata odabrani su sustavi ojačanja manje težine, a povoljnih mehaničkih svojstava pa je tako kod ojačanja nekih od zidova odabran FRCM sustav čija je spomenuta težina veoma mala, a povećanje nosivosti i čvrstoće značajno. Isto tako, zbog male težine i povoljnih mehaničkih svojstava odabrani FRP sustav prikladan je odabir za ojačanje konstruktivnih elemenata poput greda i stupova, dok je AB ojačanje nekih elemenata bilo neizbježno. Treba naglasiti da je obnova predmetne građevine još u postupku, ali da su navedena predviđena ojačanja završena

te kako ovaj rad, jedini, uz projektnu dokumentaciju obrađuje tematiku obnove Klinike za ženske bolesti i porode u Zagrebu.

## 7. Literatura

Internetski izvori

Gukov I.: *Betonske konstrukcije I*, <https://nastava.tvz.hr/gukov/pdf/predavanja-beton.pdf> zadnji pristup 18.06.2024. (27-28).

Jakopač, D.: *Torkret beton, cementne žbuke i reparaturni mortovi u protupotresnoj obnovi*, <https://korak.com.hr/torkret-beton-cementne-zbuke-i-reparaturni-mortovi-u-protupotresnoj-obnovi/> zadnji pristup 18.06.2024.

Kraljevsko zemaljsko rodilište i primaljsko učilište, *Arhitektura Zagreba*. <https://www.arhitektura-zagreba.com/zgrade/petrova-13>, 30.05.2024.

*MC-Bauchemie sustavi za protupotresna ojačanja*, [https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf\(6\)](https://crocee.grad.hr/event/1/attachments/14/34/MC%20Building%20Chemicals%20-%20Sustavi%20ojacanja.pdf(6)) zadnji pristup 18.06.2024

*Samozbijajući beton*, [https://www.grad.unizg.hr/\\_download/repository/04\\_PBT\\_Samozbijajuci\\_beton\\_MS.pdf\(6\)](https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/04_PBT_Samozbijajuci_beton_MS.pdf(6)) zadnji pristup 18.06.2024.

*Torkret beton u protupotresnoj obnovi* <https://www.samoborka.hr/torkret-beton-u-protupotresnoj-obnovi> zadnji pristup 18.06.2024.

Projektna dokumentacija

*Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 1/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023.*

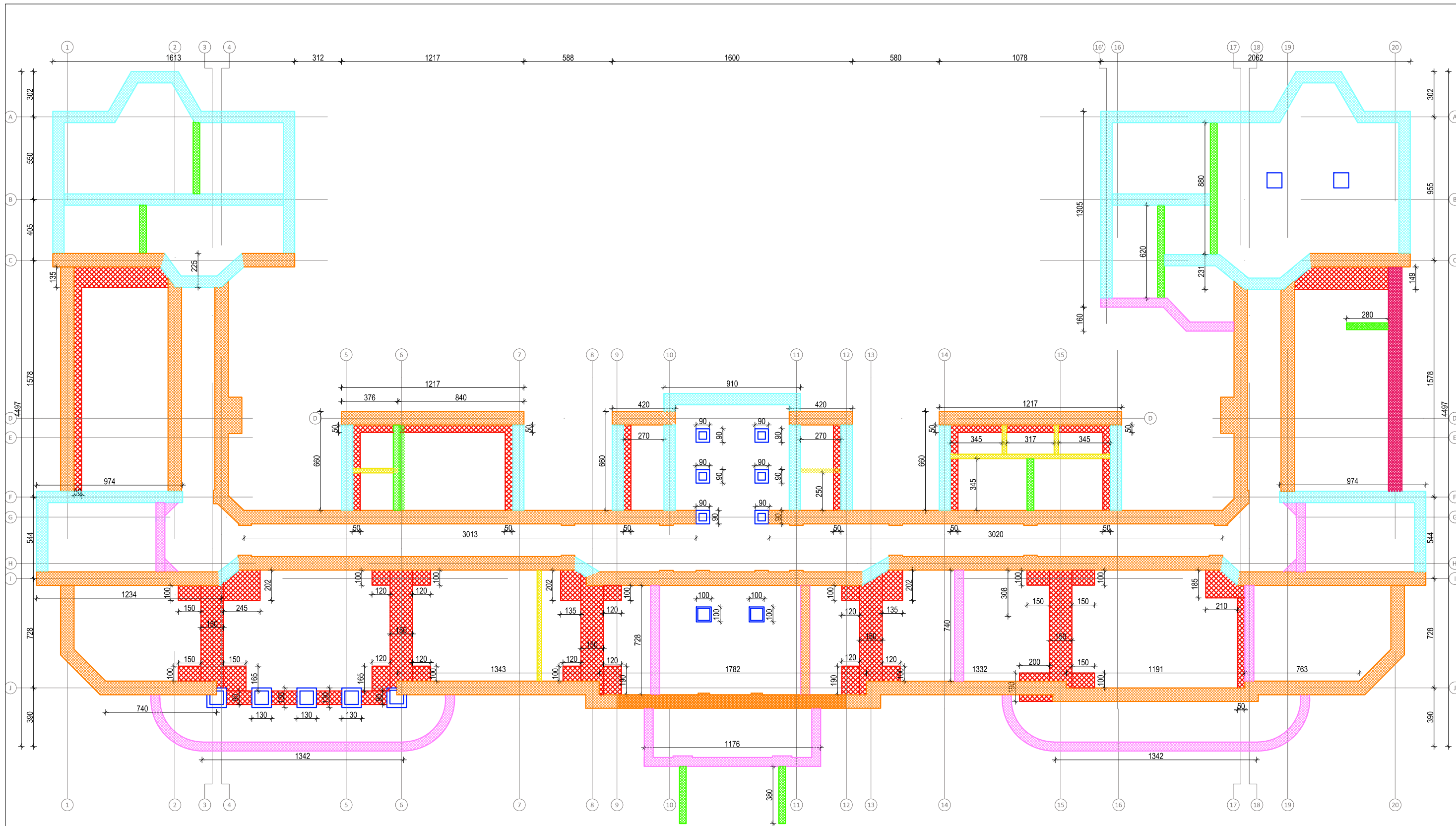
*Projekt mehaničke otpornosti i stabilnosti konstrukcije, dio 2/2, TD 2506-07-GP/mapa 1/glavni projekt/građevinski projekt, Zagreb, listopad 2023.*

*Projekt obnove zgrade za cjelovitu obnovu zgrade–arhitektonski projekt, TD 2506-07-GP/mapa 1- knjiga 1, arhitektonski projekt, 118-22 / 118-22/Zagreb, 06/2023*

## **8. Prilozi**

Prilog 1 : Temelji - novoprojektirano stanje, 1:250

Prilog 2 : Novoprojektirano stanje zidova i međukatnih konstrukcija, 1:250



- TEMELJ b/h = 30/70
- TEMELJ b/h = 45/70
- TEMELJ b/h = 60/70
- TEMELJ b/h = 75/70
- TEMELJ b/h = 90/70
- TEMELJ b/h = 90/150
- TEMELJNA STOPA
- OJAČANJE TEMELJA

## KONSTRUKTA

**KONSTRUKTA d.o.o.**, za projektiranje i nadzor  
 Desinička 20, ZAGREB, OIB: 06674378579  
 ŽR: PRIVREDNA BANKA 2340009-1110164468  
 TEL: 01/36 43 828; FAX: 01/36 43 829  
 MAIL: info@konstrukta.hr

|             |  |
|-------------|--|
| INVESTITOR: | KBC Zagreb<br>Kišpatičeva 12, 10000 Zagreb<br>OIB: 46377257342 |
| GRADEVINA:  | KBC - ZAGREB<br>LOKACIJA PETROVA                               |
| FAZA:       | TEMELJI  |
| SADRZAJ:    | TEMELJI - NOVOPROJEKTIRANO<br>STANJE                           |

PEČAT I POTPIS:

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRADEVINARSTVA  
**Antonio Maglov**  
 dipl. inž. građ.  
 Ovlašteni inženjer građevinarstva  
 G 3775

|             |                                  |              |
|-------------|----------------------------------|--------------|
| PROJEKTANT: | Antonio Maglov, dipl. inž. građ. |              |
| MJERILO:    | 1:250                            | NACRT BR: 14 |



- LEGENDA:**
- PLOČE**
- POS #01 - postojeći sitnorebričasti strop + tlačna ploča 6 cm
  - POS #02 - postojeća puna ploča + tlačna ploča 6 cm
- NOVI ZIDOVI**
- AB ZID d= 15 cm
  - AB ZID d= 20 cm
  - AB ZID d= 25 cm
- OJAČANJA**
- ojačanje FRCM-om
  - ojačanje FRP-om

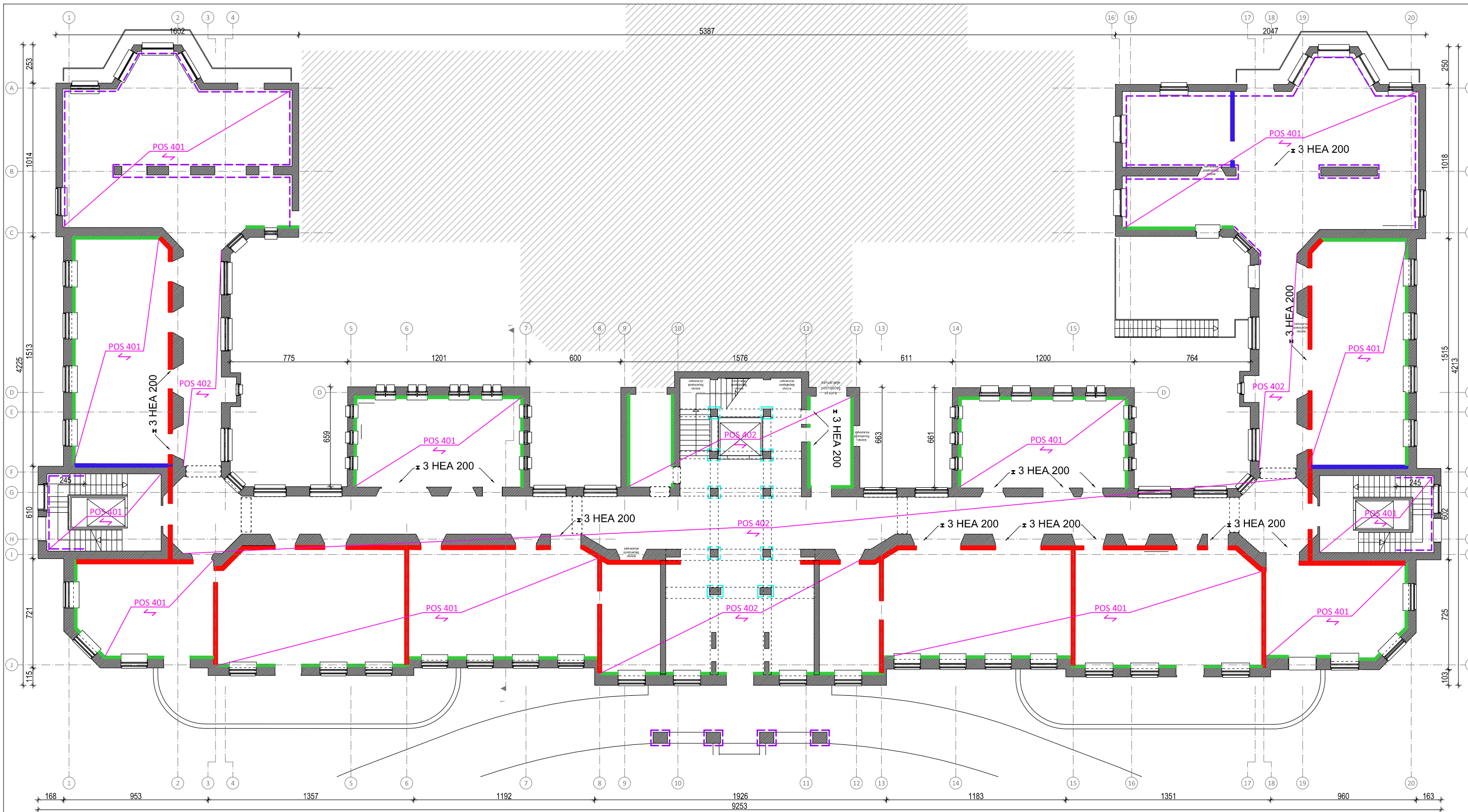
**KONSTRUKTA**

**KONSTRUKTA d.o.o., za projektiranje i nadzor**  
 Desinička 20, ZAGREB, OIB: 06674378579  
 ŽR: PRIVREDNA BANKA 2340009-1110164468  
 TEL: 01/36 43 828; FAX: 01/36 43 829  
 MAIL: info@konstrukta.hr

|             |  |
|-------------|--|
| INVESTITOR: | KBC Zagreb<br>Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb<br>OIB: 46377257342 |
| GRADEVINA:  | KBC - ZAGREB<br>LOKACIJA PETROVA                               |
| FAZA:       | NOVOPROJEKTIRANO STANJE  |
| SADRZAJ:    | SUTEREN  |

PEČAT I POTPIS:

|             |                                  |              |
|-------------|----------------------------------|--------------|
| PROJEKTANT: | Antonio Maglov, dipl. ing. građ. |              |
| MJERILO:    | 1:250                            | NACRT BR: 07 |



- LEGENDA:**
- PLOČE**
- POS #01 - postojeći sitnorebričasti strop + tlačna ploča 6 cm
  - POS #02 - postojeća puna ploča + tlačna ploča 6 cm
- NOVI ZIDOVI**
- AB ZID d= 15 cm
  - AB ZID d= 20 cm
  - AB ZID d= 25 cm
- OJAČANJA**
- ojačanje FRCM-om
  - ojačanje FRP-om

# KONSTRUKTA

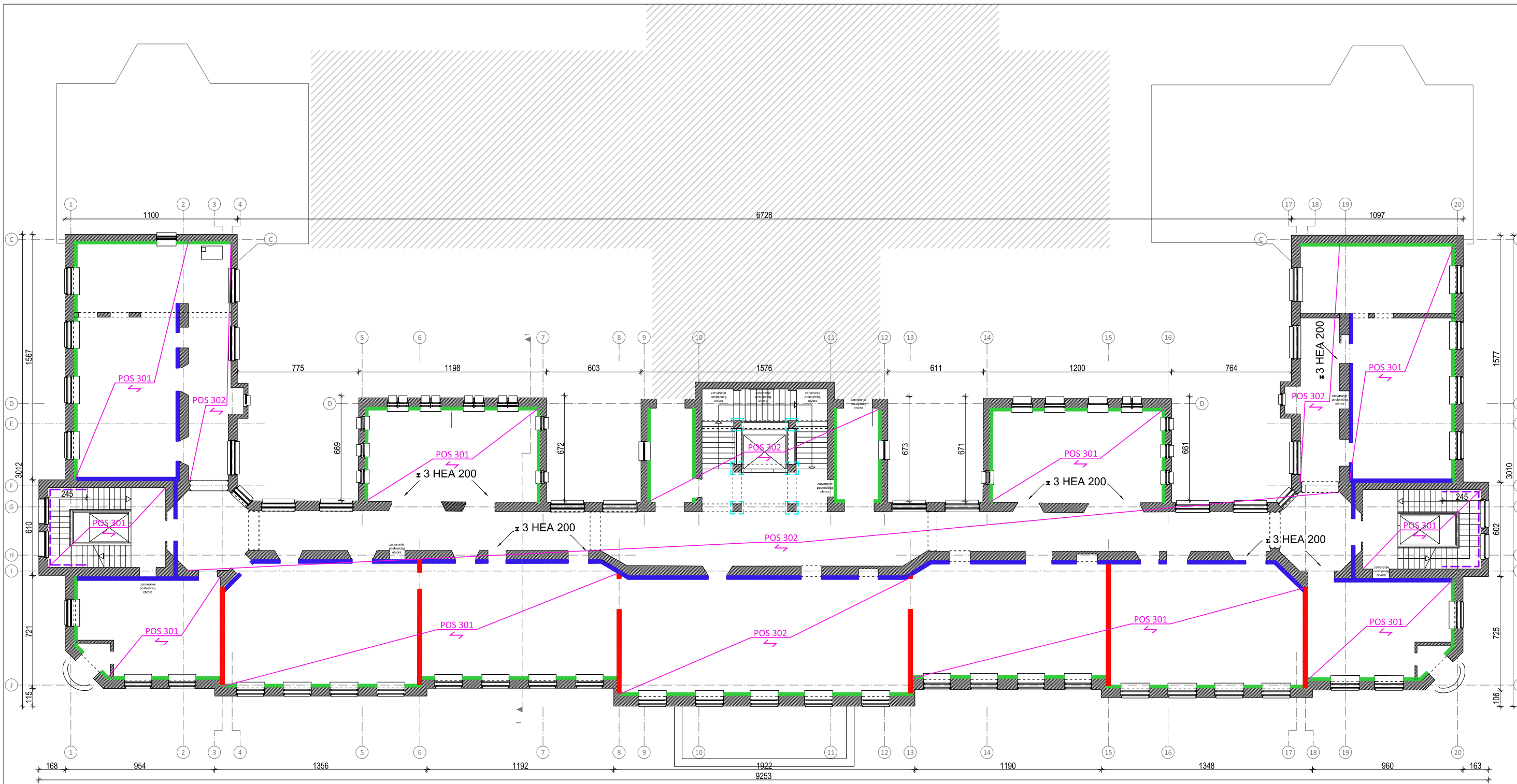
**KONSTRUKTA d.o.o.**, za projektiranje i nadzor  
 Desinička 20, ZAGREB, OIB: 06674378579  
 ŽR: PRIVREDNA BANKA 2340009-1110164468  
 TEL: 01/36 43 828; FAX: 01/36 43 829  
 MAIL: info@konstrukta.hr

|             |  |
|-------------|--|
| INVESTITOR: | KBC Zagreb<br>Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb<br>OIB: 46377257342 |
| GRADEVINA:  | KBC - ZAGREB<br>LOKACIJA PETROVA                               |
| FAZA:       | NOVOPROJEKTIRANO STANJE  |
| SADRZAJ:    | PRIZEMLJE  |

PEČAT I POTPIS:

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRADEVINARSTVA  
**Antonio Maglov**  
 dipl. ing. građ.  
 Ovlašteni inženjer građevinarstva  
 G 3776

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| PROJEKTANT: | Antonio Maglov, dipl. ing. građ. |
| MJERILO:    | 1:250                            |
| NACRT BR:   | 08                               |



**LEGENDA:**

**PLOČE**

- POS #01 - postojeći sitnobrežičasti strop + tlačna ploča 6 cm
- POS #02 - postojeća puna ploča + tlačna ploča 6 cm

**NOVI ZIDOVI**

- AB ZID d= 15 cm
- AB ZID d= 20 cm
- AB ZID d= 25 cm

**OJAČANJA**

- ojačanje FRCM-om
- ojačanje FRP-om

**KONSTRUKTA**

**KONSTRUKTA d.o.o.**, za projektiranje i nadzor  
 Desinička 20, ZAGREB, OIB: 06674378579  
 ŽR: PRIVREDNA BANKA 2340009-1110164468  
 TEL: 01/36 43 828; FAX: 01/36 43 829  
 MAIL: info@konstrukta.hr

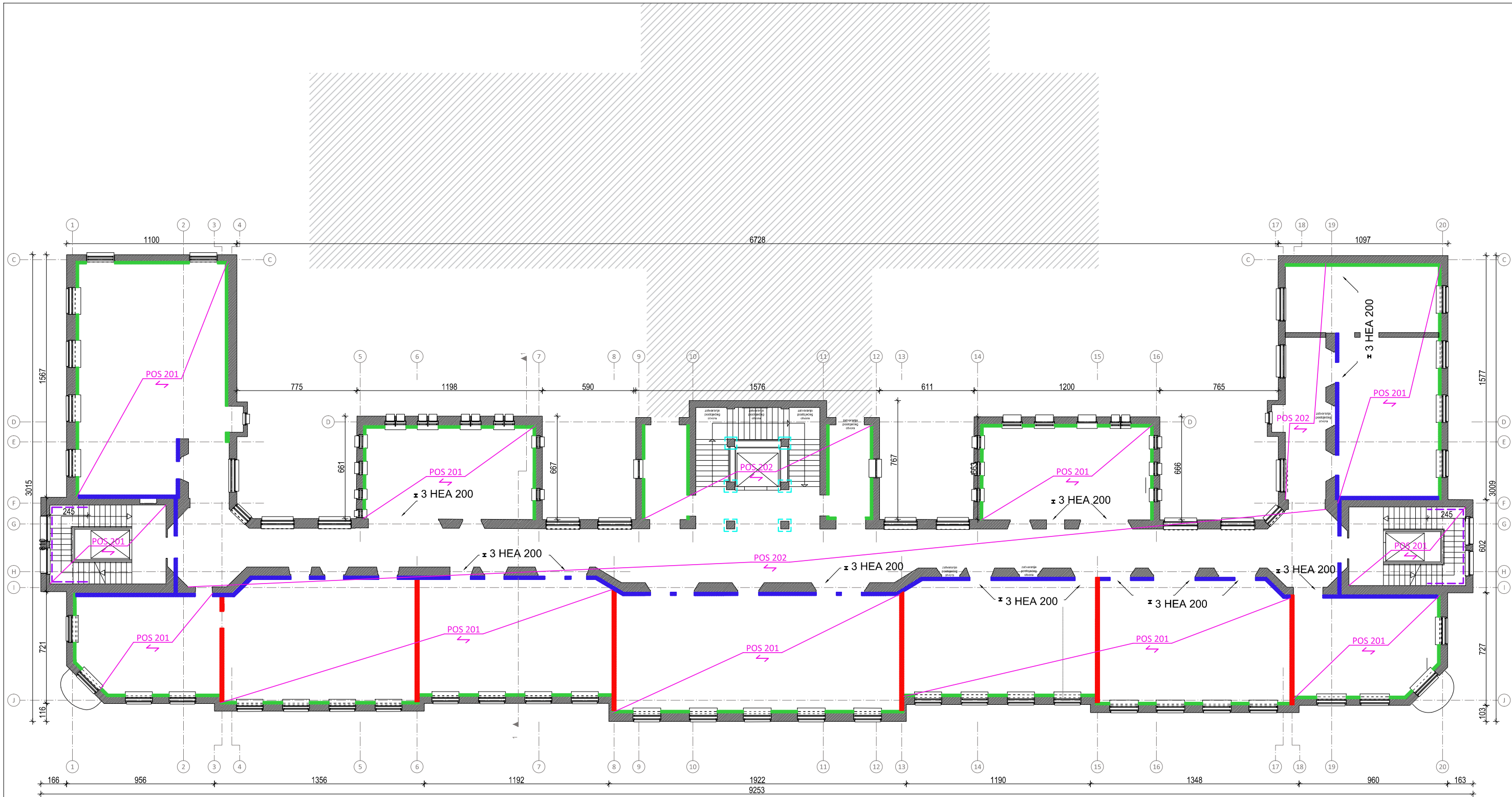
|             |  |
|-------------|--|
| INVESTITOR: | KBC Zagreb<br>Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb<br>OIB: 46377257342 |
| GRADEVINA:  | KBC - ZAGREB<br>LOKACIJA PETROVA                               |
| FAZA:       | NOVOPROJEKTIRANO STANJE  |
| SADRZAJ:    | 1.KAT  |

PEČAT I POTPIS:

  
 HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA  
 Antonio Maglov  
 dipl. ing. građ.  
 Ovlašteni inženjer građevinarstva  
 G 3776

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| PROJEKTANT: | Antonio Maglov, dipl. ing. građ. |
| MJERILO:    | 1:250                            |
| NACRT BR:   | 09                               |





**LEGENDA:**

**PLOČE**

- POS #01 - postojeći sitnobrežičasti strop + tlačna ploča 6 cm
- POS #02 - postojeća puna ploča + tlačna ploča 6 cm

**NOVI ZIDOVI**

- AB ZID d= 15 cm
- AB ZID d= 20 cm
- AB ZID d= 25 cm

**OJAČANJA**

- ojačanje FRCM-om
- ojačanje FRP-om

**KONSTRUKTA**

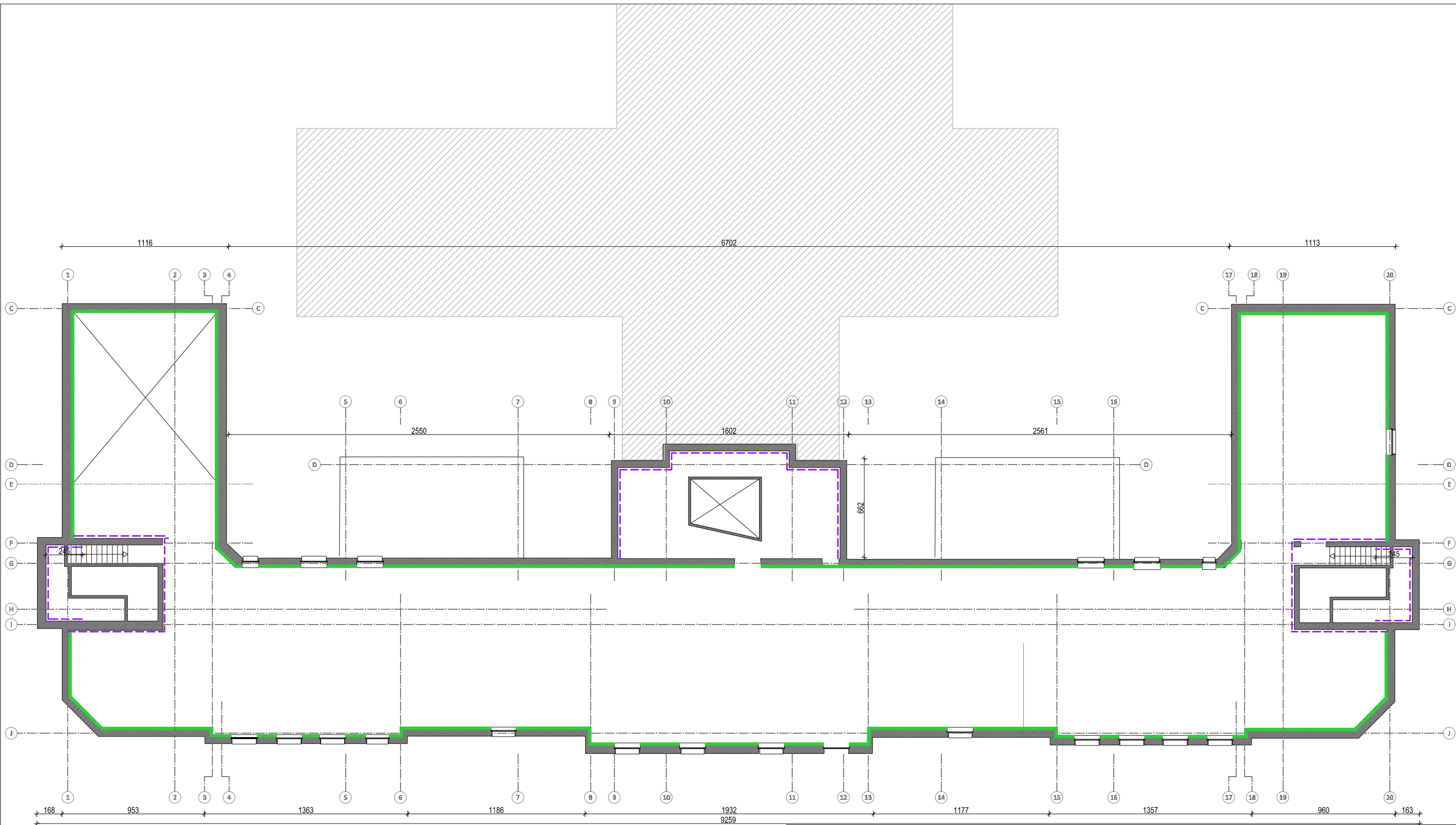
**KONSTRUKTA d.o.o.**, za projektiranje i nadzor  
 Desinička 20, ZAGREB, OIB: 06674378579  
 ŽR: PRIVREDNA BANKA 2340009-1110164468  
 TEL: 01/36 43 828; FAX: 01/36 43 829  
 MAIL: info@konstrukta.hr

|             |  |
|-------------|--|
| INVESTITOR: | KBC Zagreb<br>Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb<br>OIB: 46377257342 |
| GRADEVINA:  | KBC - ZAGREB<br>LOKACIJA PETROVA                               |
| FAZA:       | NOVOPROJEKTIRANO STANJE  |
| SADRZAJ:    | 2.KAT  |

**PEČAT I POTPIS:**

HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRADEVINARSTVA  
**Antonio Maglov**  
 dipl. ing. građ.  
 Ovlašteni inženjer građevinarstva  
 G 3776

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| PROJEKTANT: | Antonio Maglov, dipl. ing. građ. |
| MJERILO:    | 1:250                            |
| NACRT BR:   | 10                               |



**LEGENDA:**

**PLOČE**

- POS #01 - postojeći sitnorebričasti strop + tlačna ploča 6 cm
- POS #02 - postojeća puna ploča + tlačna ploča 6 cm

**NOVI ZIDOVI**

- AB ZID d= 15 cm
- AB ZID d= 20 cm
- AB ZID d= 25 cm

**OJAČANJA**

- ojačanje FRCM-om
- ojačanje FRP-om

**KONSTRUKTA**

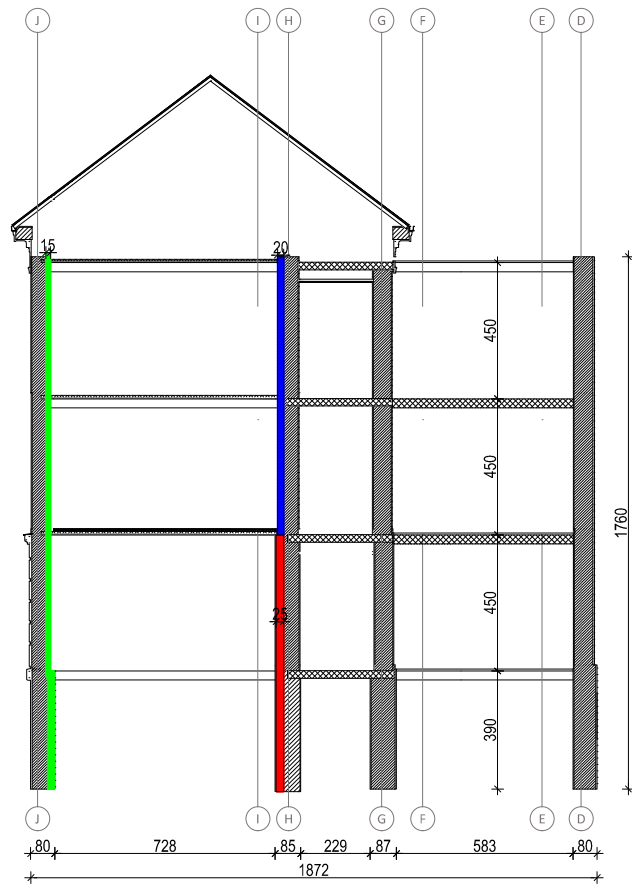
**KONSTRUKTA d.o.o.**, za projektiranje i nadzor  
 Desinička 20, ZAGREB, OIB: 06674378579  
 ŽR: PRIVREDNA BANKA 2340009-1110164468  
 TEL: 01/36 43 828; FAX: 01/36 43 829  
 MAIL: info@konstrukta.hr

|             |  |
|-------------|--|
| INVESTITOR: | KBC Zagreb<br>Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb<br>OIB: 46377257342 |
| GRADEVINA:  | KBC - ZAGREB<br>LOKACIJA PETROVA                               |
| FAZA:       | NOVOPROJEKTIRANO STANJE  |
| SADRZAJ:    | POTKROVLJE   |

**PEČAT I POTPIS:**



  
 HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRADEVINARSTVA  
**Antonio Maglov**  
 dipl. ing. građ.  
 Ovlašteni inženjer građevinarstva  
 G 3776

|             |                                  |           |    |
|-------------|----------------------------------|-----------|----|
| PROJEKTANT: | Antonio Maglov, dipl. ing. građ. |           |    |
| MJERILO:    | 1:250                            | NACRT BR: | 11 |






**LEGENDA:**



**PLOČE**

-  POS #01 - postojeći sitnobrečasti strop + tlačna ploča 6 cm
-  POS #02 - postojeća puna ploča + tlačna ploča 6 cm

**NOVI ZIDOVI, NOVE GREDE, NOVI STUPOVI**

-  AB ZID d= 15 cm
-  AB ZID d= 20 cm
-  AB ZID d= 25 cm

**OJAČANJA**

-  ojačanje FRCM-om
-  ojačanje FRP-om

# KONSTRUKTA

**KONSTRUKTA d.o.o.**, za projektiranje i nadzor  
 Desinička 20, ZAGREB, OIB: 06674378579  
 ŽR: PRIVREDNA BANKA 2340009-1110164468  
 TEL: 01/36 43 828; FAX: 01/36 43 829  
 MAIL: info@konstrukta.hr

|             |  |
|-------------|--|
| INVESTITOR: | KBC Zagreb<br>Kišpatićeva 12, 10000 Zagreb<br>OIB: 46377257342 |
| GRADEVINA:  | KBC - ZAGREB<br>LOKACIJA PETROVA                               |
| FAZA:       | NOVOPROJEKTIRANO STANJE  |
| SADRZAJ:    | PRESJEK 1-1  |

**PEČAT I POTPIS:**

*Antonio Maglov*  
 HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRADEVINARSTVA  
 dipl. inž. građ.  
 Ovlašteni inženjer građevinarstva  
 G 3775

|             |                                  |           |    |
|-------------|----------------------------------|-----------|----|
| PROJEKTANT: | Antonio Maglov, dipl. ing. građ. |           |    |
| MJERILO:    | 1:250                            | NACRT BR: | 12 |