



ZAVOD ZA  
GRADBENIŠTVO  
SLOVENIJE

SLOVENIAN  
NATIONAL BUILDING  
AND CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE

# studiokrištof

Univerza v Ljubljani  
*Filozofska* fakulteta



Raziskovalni projekt

## Protipotresne rečitve za 15 stolpnic v Ljubljani

**Analiza potresne odpornosti starejših stolpnic in predlogi  
rečitve za izboljšanje**

Zaključno poročilo - celotno skupno poročilo  
št. 810/18-610-8

---

**Naročnik:** Mestna občina Ljubljana  
Mestni trg 1, 1000 Ljubljana

---

**Naročilo/pogodba:** pogodba št. C7560-18-210047 (ZAG št. 7862/18) z dne 14.08.2018 in dodatek št. 1 z dne 20.03.2019

---

Ljubljana, oktober 2019

## Raziskovalni projekt

# Protipotresne rečitve za 15 stolpnic v Ljubljani

## Analiza potresne odpornosti starejših stolpnic in predlogi rečitve za izboljšanje

Zaključno poročilo - celotno skupno poročilo  
št. 810/18-610-8

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Naročnik:</b>         | Mestna občina Ljubljana<br>Mestni trg 1, 1000 Ljubljana                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Naročilo/pogodba:</b> | pogodba št. C7560-18-210047 (ZAG št. 7862/18) z dne 14.08.2018 in dodatek št. 1 z dne 20.03.2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Vodja projekta:</b>   | mag. Marjana Lutman, univ.dipl.inž.grad. (ZAG)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Sodelavci:</b>        | dr. Andrej Rebec, univ.dipl.inž.grad. (ZAG)<br>Franci Smrtnik, univ.dipl.inž.grad. (ZAG)<br>Barbara Likar, univ.dipl.inž.grad. (ZAG)<br>Andraž Geršak, univ.dipl.inž.grad. (ZAG)<br>Matej Lenarčič, dipl.inž.grad. (zunanji sodelavec ZAG)<br>dr. Boris Azinovič, univ.dipl.inž.grad. (ZAG)<br>Tomaž Krištof, univ. dipl. inž. arh. (Studio Krištof)<br>Gpela Zore, univ. dipl. inž. arh. (Studio Krištof)<br>Andraž Hrovat, abs. arh. (Studio Krištof)<br>Taja Dehman, mag. inž. arh. (Studio Krištof)<br>prof. dr. Matija Svetina (UL, Filozofska fakulteta)<br>zasl. prof. dr. Marko Polič (UL, Filozofska fakulteta)<br>doc. dr. Boštjan Bajec (UL, Filozofska fakulteta) |

### Vodja projekta:

mag. Marjana Lutman, univ.dipl.inž.grad.

### Zavod za gradbeništvo Slovenije

#### Direktor:

doc.dr. Aleš Hnidarič, univ.dipl.inž.grad.

### Studio Krištof arhitekti, d.o.o.

#### Direktor:

Tomaž Krištof, univ.dipl.inž.arh.

### Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta

#### Dekan:

red.prof.dr. Roman Kuhar

Ljubljana, oktober 2019

## **ZAHVALA**

Izvajalci študije se posebej zahvaljujemo vsem lastnikom, ki so nam in našim sodelavcem dovolili dostop do svojih stanovanj da smo lahko opravili pregled in odvzeli vzorce opeke, malte in betona, ter za tiste, ki so ga namenili za sodelovanje v anketah, fokusnih skupinah in pri drugih srečanjih, ki smo jih izvajali v okviru priprave študije. Opravičujemo se za morebitne neugodnosti in verjamemo, da bo tisti in trud vložen v to študijo pripomogel v višji potresni varnosti prebivalcev teh in tudi drugih potresno ogroženih stavb v Ljubljani. Zahvaljujemo se tudi Mestni občini Ljubljane za pobudo pri urejanju varnosti stanovalcev potresno ogroženih stavb v MOL in pripravljenost, da se ta problem začne reševati.

## Vsebina

### Zahvala

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod .....                                                     | 5  |
| 2. Obstoječe stanje .....                                         | 6  |
| 2.1 Zgodovinski podatki, arhitektura, pomen za mesto .....        | 6  |
| 2.2 Nosilna konstrukcija in potresna odpornost stolpnice .....    | 7  |
| 2.3 Pošarna zaščita .....                                         | 10 |
| 3. Odnos lastnikov do reševanja potresne ogroženosti .....        | 12 |
| 4. Rešitve za ustrezno potresno odpornost .....                   | 13 |
| 4.1 Utrditev nosilne konstrukcije in temeljenja .....             | 13 |
| 4.2 Arhitekturne rešitve .....                                    | 17 |
| 4.3 Izboljšanje pošarne zaščite .....                             | 19 |
| 4.4 Naravna osvetljenost prostorov .....                          | 19 |
| 4.5 Energijska učinkovitost .....                                 | 20 |
| 4.6 Ocena stroškov .....                                          | 20 |
| 4.7 Priporočila za Občinski prostorski načrt - OPN MOL .....      | 21 |
| 5. Grafiki na priloga - tabela .....                              | 22 |
| 6. Povzetki in priporočila za MOL .....                           | 23 |
| 7. Seznam izdelanih zaključnih poročil in drugih dokumentov ..... | 25 |

## 1. Uvod

Slovenija je potresom izpostavljena bolj kot večina evropskih držav. Na pretehnem delu naše države lahko v povratni dobi 475 let pričakujemo potrese z intenziteto VII EMS ali več. V širšem ljubljanskem območju, ki je obenem najgostejše naseljeno, pa lahko pričakujemo najmočnejše potrese, z intenziteto VIII EMS.

Učinkovito in edino zanesljivo zaščito pred potresi zagotavljajo potresno odporni objekti, ki jo v fazi projektiranja in izvedbe zagotavlja upoštevanje ustreznih tehničnih predpisov. Medtem ko imamo danes znanje in predpise za projektiranje in gradnjo potresno odpornih objektov, ki morajo njihovim prebivalcem in uporabnikom v primeru potresa zagotoviti varovanje njihovih življenj, tega ne moremo trditi za objekte, zgrajene pred uvedbo prvih predpisov. V Sloveniji je bila to Odredba iz leta 1963, sprejeta tik pred katastrofalnim potresom v Skopju v Makedoniji. Po tej prelomnici je bil leta 1964 sprejet prvi Pravilnik, po katastrofalnih potresih v Banja Luki, Furlaniji in Ljubljani pa je drugi Pravilnik iz leta 1981 vključil nova spoznanja stroke. Od leta 2008 je v Sloveniji v obvezni uporabi evropski standard Evrokod 8. Uporablja se skupaj s Kartom potresne nevarnosti Slovenije iz leta 2002, ki za posamezna območja določa projektni pospešek tal. Njegova vrednost se giblje med 10% in 25% pospeška prostega pada, najvišjo vrednost pa dosega prav v Ljubljani in njeni okolici.

Med potresno najbolj ranljivimi objekti so predvsem tisti, ki so bili grajeni pred uvedbo potresnih predpisov. To so mnoge večetažne stanovanjske stavbe z zidano nosilno konstrukcijo, večina od njih ima do štiri nadstropja. Znatno preboj nad to višino se je v slovenski prestolnici odvil v obdobju med letoma 1959 in 1965, ko so zgradili petnajst stolpnic, ki imajo od 9 do 12 nadstropij. Zgrajene so po treh tipskih načrtih, med njimi je bil pri enem uporabljen nov polmontažni sistem gradnje. Tipi so različni predvsem po vrsti navpične konstrukcije, ki je ključna za prevzem vodoravnih potresnih sil in prenos teh sil v temeljna tla. Da obravnavanih 15 stolpnic v Ljubljani sodi v skupino potresno najbolj ranljivih, so pokazale tudi primerjalne študije potresne odpornosti večjega števila stavb. Po Evropski potresni lestvici se uvrščajo v najvišji razred ranljivosti - razred A, za katerega se pri potresu intenzitete VIII ocenjuje 10%-na verjetnost porušitve in 30%-na verjetnost zelo hude poškodovanosti.

Zato smo v priloženem projektu opravili poglobljeno interdisciplinarno raziskavo, v okviru katere smo najprej opravili pregled in preiskave gradiv iz obravnavanih stolpnic, izdelali analize potresne odpornosti, ki jo imajo stolpnice v obstoječem stanju, nato pa za vsakega od treh tipov A, B in C zasnovali in analizirali po dva različna načina za povečanje potresne odpornosti. Tisti način, ki se je izkazal kot močna rešitev oziroma dosego zahtevane potresne odpornosti smo nadgradili z arhitekturo in sklopom ukrepov za izboljšanje požarne zaščite. Za primerjavo in kot priporočljivo alternativo smo analizirali tudi nadomestitev stolpnic z novimi. V okviru projekta smo opravili tudi psihološko raziskavo, v kateri smo ugotavljali poglede lastnikov stanovanj na potresno ogroženosti, sprejemljivost različnih gradbenih in drugih ukrepov za zagotavljanje večje potresne varnosti, ter pričakovanja glede močne sanacije, zaupanje v institucije in njihovo pripravljenost za sodelovanje pri posegih.

## 2. Obstoječe stanje

### 2.1 Zgodovinski podatki, arhitektura, pomen za mesto

Obravnavanih 15 stanovanjskih stolpnic, zgrajenih med leti 1959 in 1965, so del prvega zamaha gradnje ambicioznejših stanovanjskih stolpnic v Ljubljani, ki so pomenile prelom s standardi tedaj še desetletje in pol trajajoče povojne prenove in začetek novega obdobja stanovanjske gradnje za potrebe povečevanja mestnega prebivalstva, ki je sprva pomenila predvsem zgoščevanje giralnega območja mestnega središča, kasneje pa gradnjo stanovanjskih naselij na robu mesta.

Obdobje, ki se je začelo tik pred koncem 50ih let prejšnjega stoletja, je prineslo prve višinske preboje tedaj prevladujoče štirinadstropne stanovanjske gradnje in sploh prve stanovanjske stolpnice v Ljubljani po Čubičevem nebotiku iz leta 1933. Približno v istem času (1957-1962) so bile zgrajene tudi stolpnice Savskega naselja ob Linhartovi, arhitektov Milana Miheliča in Ilije Arnautoviča, ki v razvoju tlorisa predstavljajo predhodnika stolpnic tipa A, ki jih obravnava ta študija.

Obravnavane stolpnice docela sledijo modernističnim principom urbanizma s paviljonsko postavitvijo objektov, torej s prosto stojelimi objekti postavljenimi sredi parcele, ki ne gradijo uličnega niza. Ob tem so predvsem Ravnikarjeve stolpnice na Cigaletovi, Čtefanovi in Komenskega ulici (tip B) postavljene neposredno v historično mestno tkivo, ki ga višinsko bistveno presehejo, s čimer kažejo smelost tega obdobja, verjetno pa tudi željo tedanje oblasti ponažati se z gradnjo v višino. Uspeh gradenj tega obdobja je predstavljal tudi osnovo za kasnejšo postavitev celotnih stanovanjskih naselij s prevladujočo višinsko gradnjo, kot so Fušine, Stošice, Savsko naselje ob Topniški, BS3 in tako naprej.

15 obravnavanih stolpnic je bilo narejenih po treh tipskih načrtih, v tej študiji označenih kot tipi A, B in C. Stolpnice so:

| Tip | Podtip | Naselje        | Naslovi                                                 |
|-----|--------|----------------|---------------------------------------------------------|
| A   | A1     | Roške stolpice | Hudovernikova ulica 2, 4, 8, 13,<br>Streliška ulica 37a |
|     | A2     | Streliška      | Streliška 1, 3, 5                                       |
| B   | B1     | Hrvatski trg   | Hrvatski trg 2, Rozmanova ulica 2                       |
|     | B2     | -              | Čtefanova ulica 15                                      |
|     | B3     | Praškova       | Praškova ulica 6, Cigaletova ulica 8                    |
| C   | C1     | Vodmat         | Grablovičeva ulica 32, Sketova ulica 6                  |

Zasnova vseh 15 stolpnic je podobna. Gre za 9-12 nadstropne stavbe, po štiri oziroma pet stanovanj na nadstropje je razporejenih okrog centralnega vertikalnega jedra, ki ima odprto stopnišče in eno oziroma dve dvigali. Z nekaj izjemami imajo vsa stanovanja dvostransko orientacijo preko vogala in so brez balkonov ali loh, oblikovanje zunanosti stavb pa je v prvi vrsti podrejeno tlorisu. Arnautovičevi stanovanjski tlorisi s centralnim sanitarnim vozlom (tip A) veljajo za ene izmed najlepših stanovanjskih tlorisov pri nas, tudi v poznejših obdobjih n danes so še neponovljiva, saj imajo stanovanja premajhno globino in bi za investitorja predstavljali premajhen finančni izplen. Tlorisi drugih dveh tipov so bolj obilnejni, je pa potrebno poudariti, so stanovalci oziroma lastniki stanovanj večinoma zelo zadovoljni s funkcionalno razporeditvijo prostorov.

## 2.2 Nosilna konstrukcija in potresna odpornost stolpníc

Malo pred oziroma tik po uvedbi prvih predpisov, ki so po 2. svetovni vojni na območju Slovenije prišli regulirati projektiranje in gradnjo potresno odpornih objektov visoke gradnje (leta 1963), je bilo v Ljubljani v obdobju med 1959 in 1965 projektiranih oziroma zgrajenih petnajst stolpníc, ki zaradi svoje višine (od 9 do 12 nadstropij) in vrste navpične konstrukcije (zidovi oziroma betonske stene so v nadstropjih brez armature) sodijo med potresno najbolj ogrožene stavbe v Ljubljani. Glede na vrsto navpične konstrukcije so stolpnice razvrščene v tipe A, B in C.

Za **osem stolpníc tipa A**, ki se nahajajo med Streliško ulico in Roško ceto, je znano, da imajo nad pritličjem 10 nadstropij, nosilne stene v nadstropjih pa so grajene iz polnih opekih zidakov normalnega formata. Glede na čas projektiranja in zgraditve ter določene razlike v pogojih temeljenja in lastnostih konstrukcije so stolpnice razvrščene v podtipa A1 (Hudovernikova ulica 2, 4, 8, 13 in Streliška ulica 37a) in A2 (Streliška ulica 1, 3, 5).

Iz opečnega zidovja smo odvzeli in v laboratoriju s preiskavami ocenili tlačno trdnost skupno 9 vzorcev iz zidakov in 9 vzorcev malte. Za tri vzorce iz zidakov najvišjega trdnostnega razreda (MO20) je ocenjena trdnost manjša od projektne trdnosti ( $15.0 \text{ MPa} < 20 \text{ MPa}$ ). Za srednji in nižji trdnostni razred sta ocenjeni tlačni trdnosti vzorcev večji od projektnih trdnosti (MO15:  $15.8 \text{ MPa} > 15.0 \text{ MPa}$ ; MO11:  $29.2 \text{ MPa} > 11 \text{ MPa}$ ). Pri maltah pa so s preiskavami ocenjene tlačne trdnosti v sorazmerju z vrsto malte in priporočenimi vrednostmi.



Slike 2.1. Tip A: ena od stolpníc (levo), odvzem vzorcev opeke in malte (sredina) in tlačni preskus vzorca malte (desno).

Za **pet stolpníc tipa B**, ki se nahajajo na treh lokacijah v centru Ljubljane, je znano, da imajo nad pritličjem 10 oziroma 12 nadstropij, nosilne stene v nadstropjih pa so grajene po sistemu ing. Umeka, po katerem so stene sezidali iz betonskih oziroma cilindričnih votlakov, nato pa njihove votline zapolnili z betonom. Glede na čas projektiranja in zgraditve, lokacijske posebnosti, razlike v številu nadstropij in konstrukcijske značilnosti so stolpnice razvrščene v podtipa B1 (Hrvatski trg 2, Rozmanova ulica 2), B2 (Čtefanova ulica 15) in B3 (Cigaletova ulica 8 in Pračakova ulica 6).

Iz nosilnih sten smo odvzeli in v laboratoriju s preiskavami ocenili tla'no trdnost skupno 13 vzorcev betona in 2 vzorcev ñlindrinega betona iz votlakov. Vzorci betona najviñjega razreda MB22 izkazujejo niñjo trdnost kot vzorci MB16, nadaljnja analiza pa je pokazala, da je karakteristi'na tla'na trdnost betona MB22, ocenjena po tedaj veljavnem pravilniku, nekoliko prenizka ñe po 56 letih (21.9 MPa). Pri skupinah vzorcev ostalih trdnostnih razredov pa so danañnje tla'ne trdnosti betona vel'je od tedaj zahtevanih.



Slike 2.2: Tip B: ena od stolpnic (levo), sondno vrtanje v nosilno steno (sredina) in pregled sestave stene (desno).

Za **dve stolpnici tipa C**, ki se nahajata na severovzhodnem robu soseske Vodmat (Sketova ulica 6 in Grablovi'eva ulica 32), je zna' ilno, da imata nad pritli'jem 9 nadstropij, nosilne stene v nadstropjih pa so grajene iz monolitnega betona, velika vel'ina od njih je brez armature.

Iz nosilnih sten smo odvzeli in v laboratoriju s preiskavami ocenili tla'no trdnost skupno 10 vzorcev betona. Ocenjene trdnosti so sicer sorazmerne predvidenim razredom, vendar so pri srednjem in niñjem razredu prenizke oziroma nizke. Nadaljnja analiza je pokazala, da sta karakteristi'ni tla'ni trdnosti betona srednjega in niñjega razreda, ocenjeni po tedaj veljavnem pravilniku, prenizki ñe po 54 letih (14.5 MPa za MB16 in 9.8 za MB11). Le pri vzorcih viñjega razreda je danañnja tla'na trdnost betona vel'ja od tedaj zahtevane.

S skeniranjem armiranobetonskih sten na 15 mestih smo ugotovili, da se ñtevilo in raster armaturnih palic dobro ujema s podatki iz projekta. Premeri armaturnih palic, ugotovljeni s sondiranjem na dveh mestih pa so enaki ali vel'ji od predvidenih v projektu.



Slike 2.3: Tip C: ena od stolpnic (levo), skeniranje ene od armiranobetonskih sten - pogled in posnetek (sredina in desno).

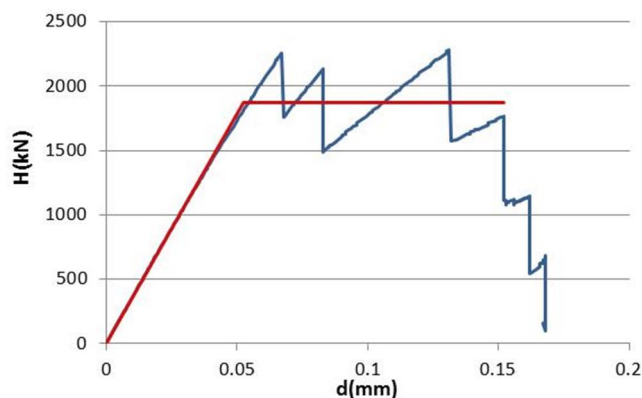
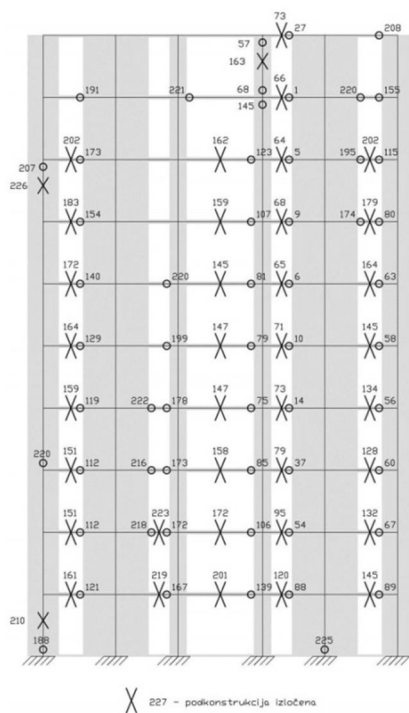
Geomehanski pregled smo izvedli na lokacijah vseh petnajstih stolpnic, v območju stolpnic podtipov A2 in B2 pa tudi tri geološko-geomehanske vrtime. Na tej osnovi smo ocenili tipe tal in nosilnosti temeljnih tal oz. dopustne napetosti. Ob upoštevanju podatkov iz projekta je analiza mejnega stanja nosilnosti pokazala, da so pri vseh stolpnicah A1, B in C ocenjeni tlaki pod temelji, ki so posledica same navpične obtežbe, manjši od dopustnih napetosti. Pri podtipu A2 pa projektna obremenitev posameznega vodnjaka presega projektno odpornost. Okoli vseh treh stolpnic podtipa A2 je opazno poseđanje tal, ki je najverjetnejši vzrok za velje gtevílo razpok, ki jih zabeležíli na nosilni konstrukciji v kleti in pritlíl ju.



Slike 2.4: Geološko-geomehansko vrtanje (levo), del jedra, odvzetega iz vrtime (sredina) in opažene razpoke (desno).

**Potresno odpornost**, ki jo imajo **stolpnice tipov A, B in C v obstojel'em stanju**, smo analizirali ob upoštevanju lastnosti gradiv, ocenjenih na podlagi opravljenih preiskav, in podatkov iz projektov za izgradnjo stolpnice. Pri tipu A smo analizirali stolpnico osnovnega podtipa A1, pri čemer ocenjujemo, da rezultati in ugotovitve ne bi bili bistveno drugačni pri podtipu A2. Pri tipu B smo analizirali stolpnico osnovnega podtipa B1. Pri tem ocenjujemo, da bi bili rezultati in ugotovitve pri podtipu B2 drugačni zaradi nepravilnosti v konstrukciji v pritličju, pri podtipu B3 pa zato, ker ima 10 nadstropij namesto 12. Na razlike pa bi poleg tega vplivala morebitna odstopanja v lastnostih gradiv.

Na računalniških modelih konstrukcije smo za tipe stolpnice A, B in C opravili nelinearno potisno analizo za vzdolžno in prečno tlorisno smer. Mehanizmi obnažanja konstrukcij pri potresu, ki opisujejo nastanek in razvoj poškodb, so se večinoma izkazali kot ugodni. Nizka nosilnost elementov konstrukcije pa je ključni vzrok, da je potresna odpornost stolpnice vseh treh tipov prenizka, bistveno nižja, kot zahteva obvezni standard Evrokod 8. Stolpnice tipov A, B in C imajo v obstojel'em stanju le 9.6%, 7.7% oziroma 8.2% predpisane potresne odpornosti.



Slika 2.5: Rezultat nelinearne potisne analize z računalniškim programom NASK sta:

- prikaz nastajanja l'enkov in odpovedi elementov, kar ponazarja razvoj poškodb (na sliki levo za tip A, za podkonstrukcijo v osi A, ki je pri tem tipu ena od 14 podkonstrukcij).
- odvisnost med prečno silo in etajnim pomikom v spodnji etaži. Na sliki zgoraj je prikazana odvisnost H-d v pritličju stolpnice tipa C, za vzdolžno smer.

## 2.3 Požarna zaščita

Posamezna stolpnica arhitekturno zajema: eno oziroma dve kleti, pritličje, 9-12 stanovanjskih nadstropij in teraso. Tipičen tloris nadzemnega dela vseh stolpnice je podoben; sestavljen je iz štiri/peti stanovanj in centralnega stopnišča s hodnikom, dvigali in inštalacijskimi jaški. Podzemni del stolpnice ima eno klet (osem stolpnice: tipa A in C), oziroma dve kleti (sedem stolpnice: tipa A in B). V podzemnem delu so servisni prostori (trafo postaja, vodni hidtoforji, plinski ventili in gtevcji) in shrambe stanovanj.

V okviru naloge smo analizirali naslednje bistvene parametre požarne zaščite obstojel'ih stolpnice:

1. požarno odpornost nosilne konstrukcije,
2. razdeljenost stolpnice na požarne sektorje s požarno odpornim obodom,

3. onemogoč enost gibanja požara tako po zunanosti kot po notranosti stavbe,
4. omogoč enost evakuaciji prisotnih,
5. omogoč anju hitrega gašenja zaletnega požara in
6. hitri in učinkoviti akciji gasilcev.

Ugotovili smo, da so stopnišča "odprta", brez predprostorov, oziroma se do stanovanj dostopa neposredno iz stopnišča in hodnika (neizpolnjevanje bistvenih parametrov od 2 do 6). Ker vhodna vrata v stanovanja in servisne prostore v kleti niso požarna in niso opremljena s samozapirali, posamezna stanovanja ne delujejo kot požarni sektorji proti stopnišču (neizpolnjevanje bistvenih parametrov od 2 do 6); s tem so neposredno ogrožena stanovanja v posameznih etažah in stopnišče samo. Obstojelci parapeti, francoski balkoni in balkoni v nekaterih primerih dopuščajo nekontroliran prenos požara iz etaže v etažo. Zato bistveni parametri od 1 do 3 niso izpolnjeni. Vse stolpnice so zgrajene v obliki mestnega središča, kjer dostopne in dovozne poti za gasilce ter delovne in postavitvene površine za gasilska vozila niso vzpostavljene, zato učinkovito posredovanje gasilske brigade ni mogoče.

Za vsakega od treh tipov stolpnic (A, B in C) so bili požarna odpornost in ostali elementi požarne zaščite obravnavani za primer nadomestitve stolpnic z novimi in za tisto različico utrditve, za katero je analiza konstrukcije pokazala možnost doseganja zahtevane potresne odpornosti po veljavnih predpisih Evrokod 8.

### 3. Odnos lastnikov do regevanja potresne ogroženosti

Izhajajoč iz ocene potresne varnosti stavb v Ljubljani iz leta 2015 in aktivnosti dela stanovalcev ogroženih stolpnic, je MOL leta 2018 razpisala študijo, ki naj bi odgovorila na vpražanja njihove potresne ogroženosti in moñnih regejev z vidika razliñ nih strok, gradbene, arhitekturne in psihološke. Priñ ujoñ e poroñ ilo zajema psihološki del te raziskave. Ocenjevali smo staligñ a lastnikov izbranih stolpnic glede njihovega zaznavanja potresne ogroženosti, sprejemljivosti razliñ nih gradbenih in drugih ukrepov ter priñ akovanja stanovalcev glede moñne sanacije, zaupanja v institucije in njihove pripravljenosti za sodelovanje. V okviru raziskave smo izvedli anketo in tri fokusne skupine. K sodelovanju v anketi so bili povabljeni lastniki vseh stanovanjskih enot, odzvalo pa se jih je 193, kar predstavlja 29 % ciljne populacije.

Rezultati so pokazali, da okrog polovico lastnikov precej ali zelo skrbi potresna varnost njihovih stolpnic. Okrog 80 % lastnikov podpira gradbene ukrepe za sanacijo njihovih stavb in menijo, da bi bilo treba z ukrepi zañ eti hitro. Pripravljenost na sanacijo, tudi finanñ no participacijo, je odvisna od vrste dejavnikov, npr. obsega del, priñ akovanih strokov, starosti lastnikov, l'asovnih in finanñ nih shem sanacije. Okrog 15 do 20 % vpražanih lastnikov je proti gradbenim posegom v njihovo stolpnico; ti lastniki ne bi bili pripravljeni prenağati gradbenih del ali se zañ asno preseliti in bi tudi nasprotovali velñ inskim odloñ itvam solastnikov glede velñ jih gradbenih posegov na stolpnici. Med razlogi proti sanaciji navajajo predvsem finanñ na vpražanja in neprijetnosti povezane z gradbenimi deli. Podatki ankete so pokazali, da je zaupanje v (gradbeno) stroko viğje kot do MOL, približno l'etrina stanovalcev je glede projekta sanacije stolpnic do MOL nezaupljiva. Študija je pokazala tudi na pomanjkljivosti v komunikaciji med stanovalci in MOL. Dve tretjini lastnikov meni, da so bili premalo in preslabo obveğñ eni o projektu. Podatki kañejo, da bi bilo treba informacijske in komunikacijske kanale med stanovalci in MOL v nadaljevanju projekta spremeniti, stanovalcem predstaviti jasne finanñ ne, l'asovne in organizacijske okvire moñne sanacije ter, kar se tiñ e izvedbe projekta, tudi okrepiti zaupanje lastnikov do MOL.

## 4. Rečitve za ustrezno potresno odpornost

### 4.1 Utrditev nosilne konstrukcije in temeljenja

Za vse tri tipe stolpnic (A, B, C) smo zasnovali dva na'ina utrditve nosilne konstrukcije, ki smo ju ocenili za primerna za pove'anje potresne odpornosti stolpnic. Čele na podlagi rezultatov pa smo lahko ugotovili, ali je pove'anje potresne odpornosti stolpnic zadostno za doseg zahtev veljavnih predpisov Evrokod 8.

T.i. **notranja utrditev** je prvi na'in utrditve, ki smo ga analizirali. Pri tem na'inu se vsi nosilni zidovi oziroma vse betonske stene in nosilni parapeti utrdijo z obojestranskimi armiranimi oblogami. Pri stolpnicah tipa B se poleg tega utrdijo obstoje'e a.b. pre'e, obstoje'e nadsvetlobe nad notranjimi vrati se nadomestijo z nosilnimi a.b. pre'kami, obstoje'i nenosilni parapeti pa se nadomestijo z nosilnimi a.b. parapeti. Pri tipu C pa se poleg tega utrdijo obstoje'e a.b. pre'e, obstoje'e nadsvetlobe nad notranjimi vrati se nadomestijo z nosilnimi a.b. pre'kami, tri obstoje'e predelne stene pa se nadomestijo z nosilnimi armiranobetonskimi stenami od temeljev do vrha stolpnice, od katerih se eno novo a.b. steno priklju'i na utrjeno obstoje'o steno s pre'kami v vseh eta'ah. Nove pre'ne a.b. stene se na obeh koncih z ustreznimi veznimi elementi togo pove'ejo z vzdol'nimi stenami.

Armirane obloge bi bile lahko v primeru stolpnic tipov A in B izvedene na dva na'ina: a) kot obloge iz jeklenih armaturnih mre' in brizganega cementnega ometa, ali b) kot obloge iz mre' iz steklenih vlaken v polimerni matrici (GFRP), vgrajenih v sloju malte visoke trdnosti. Analiza tako utrjene nosilne konstrukcije je pokazala, da bi se potresna odpornost stolpnic od obstoje'ega stanja pove'ala za 85% v primeru tipa A in 35% v primeru tipa B, kar pa ěe zdale' ne bi zado'lo zahtevam Evrokod 8. Tako utrjene stolpnice tipa A bi lahko dosegle 18.9%, tipa B pa 17.8% zahtevane potresne odpornosti.

Pri stolpnicah tipa C bi bile armirane obloge izvedene kot armiranobetonske obloge, vgrajene neposredno na betonsko povr'ino sten, parapetov in preklad. Obdelava betonskih povr'gin pred vgradnjo a.b. obloge bi morala zagotavljati togo povezavo med obstoje'im betonskim elementom in a.b. oblogo ter monolitnost utrjenega elementa. Analiza tako utrjene nosilne konstrukcije je pokazala, da bi se potresna odpornost stolpnic tipa C od obstoje'ega stanja pove'ala za 11.3-krat in bi dosegla zahtevano po Evrokod 8.

T.i. **zunanja utrditev** je drugi na'in utrditve, ki smo ga analizirali. Pri tem na'inu obstoje'o konstrukcijo togo pove'emo z novo konstrukcijo, ki se nahaja na obodu obstoje'ega tlorisa. Nova konstrukcija je sestavljena iz armiranobetonskih sten, katerih debelina se z vi'ino stolpnice zmanj'uje. Togo povezavo med novo obodno in obstoje'o notranjo konstrukcijo bi omogo'ala sidra ali drugi ustrezni vezni elementi. Obstoje'e a.b. plo' e bi bilo potrebno vzdol'h vseh stikov povezati z novimi medeta'nimi konstrukcijami oziroma a.b. stenami v obodu. Obstoje'e zidove oziroma stene pa bi bilo potrebno povezati z novimi a.b. stenami vzdol'h vseh navpi' nih stikov po celotni vi'ini stolpnice. Poleg nove a.b. konstrukcije na obodu bi bilo potrebno pri stolpnicah tipa A utrditi obstoje'e betonske stene v kletih in pritli' ju, in sicer z obojestranskimi armiranobetonskimi oblogami.

Analize stolpnice tipa A so pokazale, da bi z zunanjo utrditvijo lahko dosegli zahteve Evrokod 8. Pri zadnji od analiziranih razli'ic (sliki 4.1 in 4.2) bi bila nova a.b. konstrukcija dovolj toga, da bi lahko prevzela 98% potresne obte'e, predpisane z obveznim standardom Evrokod 8, vodoravni pomiki pa pri tem ne bi presegli meje, ki jo obstoje'a konstrukcija stolpnice ěe lahko prenese.

Pri stolpnica<sup>h</sup> tipov B in C pa nove a.b. stene v obodu, ki bi bile spodaj debele tudi do 1.2 oziroma 0.9 m, celotni konstrukciji ne bi mogle zagotoviti potrebnih lastnosti. Skupna konstrukcija bi lahko ob neutrjeni notranji konstrukciji prevzela le 13.1% z Evrokod 8 predpisane potresne obte<sup>h</sup>be v primeru tipa B oziroma 33% v primeru tipa C.

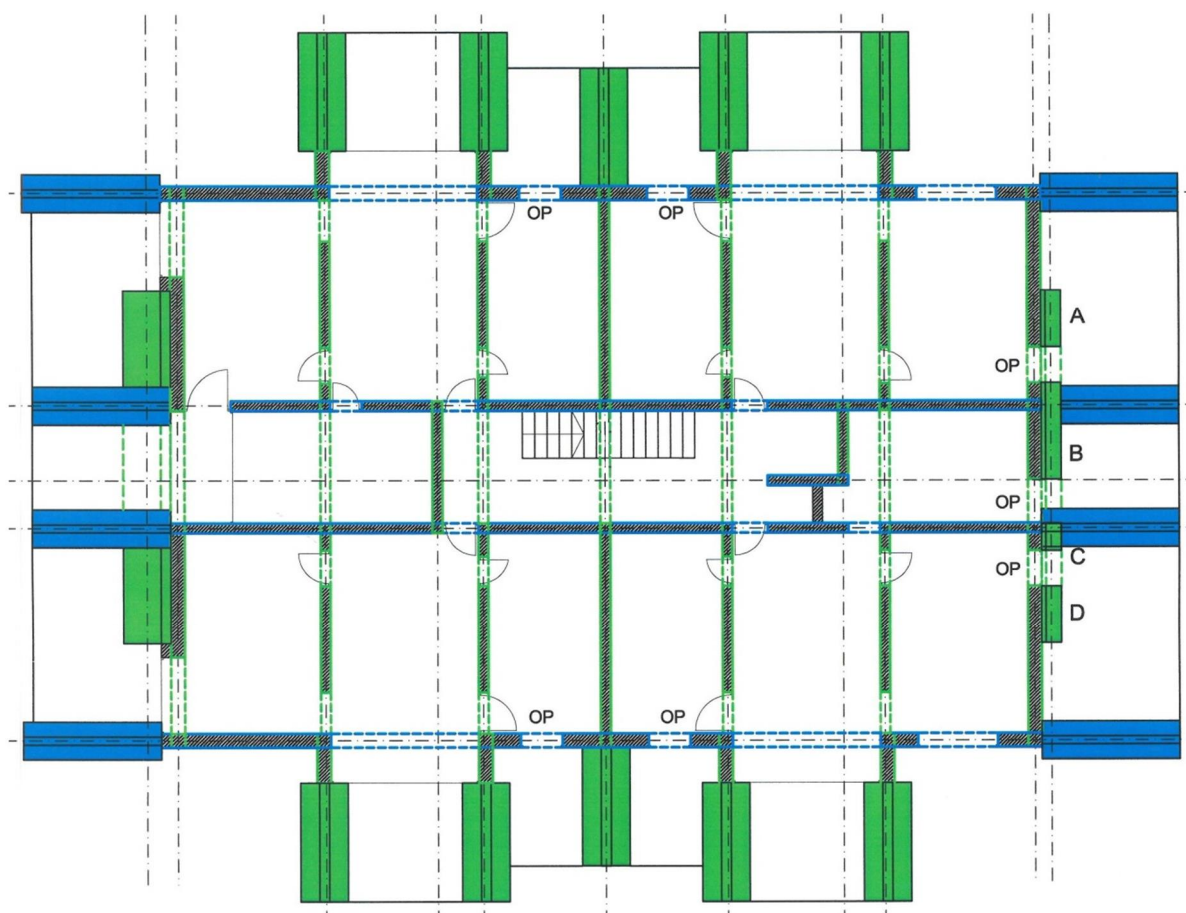
**Stolpnica<sup>m</sup> tipa A** bi predpisano potresno odpornost glede na rezultate analiz lahko zagotovili:

- t.i. zunanja utrditev - nove konstrukcije iz a.b. sten na novih temeljih, vse na obodu stolpnice (sliki 4.1 in 4.3), utrditev obstoje<sup>h</sup>ih betonskih sten v klet<sup>h</sup> in pritli<sup>h</sup>ju z a.b. oblogami in utrditev obstoje<sup>h</sup>ih temeljev (podroben opis v osnovnih poro<sup>h</sup>ilih [A.3, A.6]), ali
- nadomestitev stolpnic z novimi.

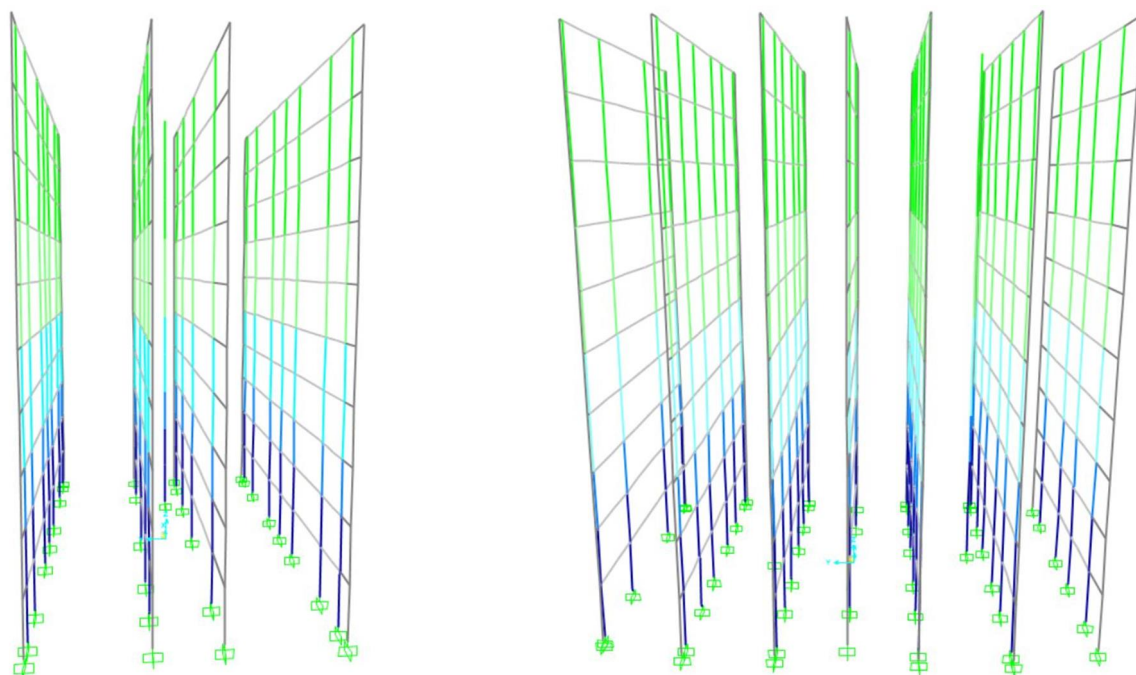
**Stolpnica<sup>m</sup> tipa B** bi predpisano potresno odpornost glede na rezultate analiz lahko zagotovila le nadomestitev stolpnic z novimi.

**Stolpnica<sup>m</sup> tipa C** bi predpisano potresno odpornost glede na rezultate analiz lahko zagotovili:

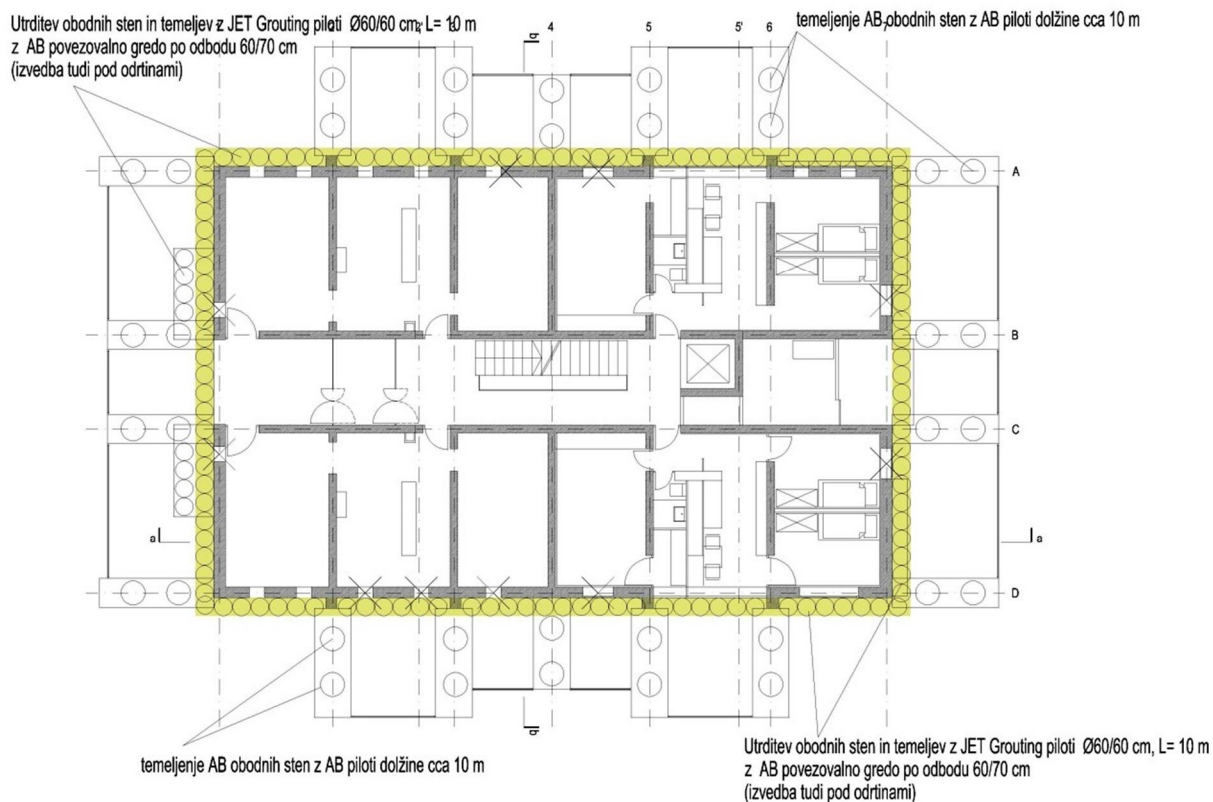
- t.i. notranja utrditev - a.b. obloge na obstoje<sup>h</sup>ih stenah in tri nove a.b. stene v notranjosti stolpnice, vse na utrjenih temeljih (sliki 4.4 in 4.5 ter podroben opis v osnovnih poro<sup>h</sup>ilih [C.3, C.5]), ali
- nadomestitev stolpnic z novimi.



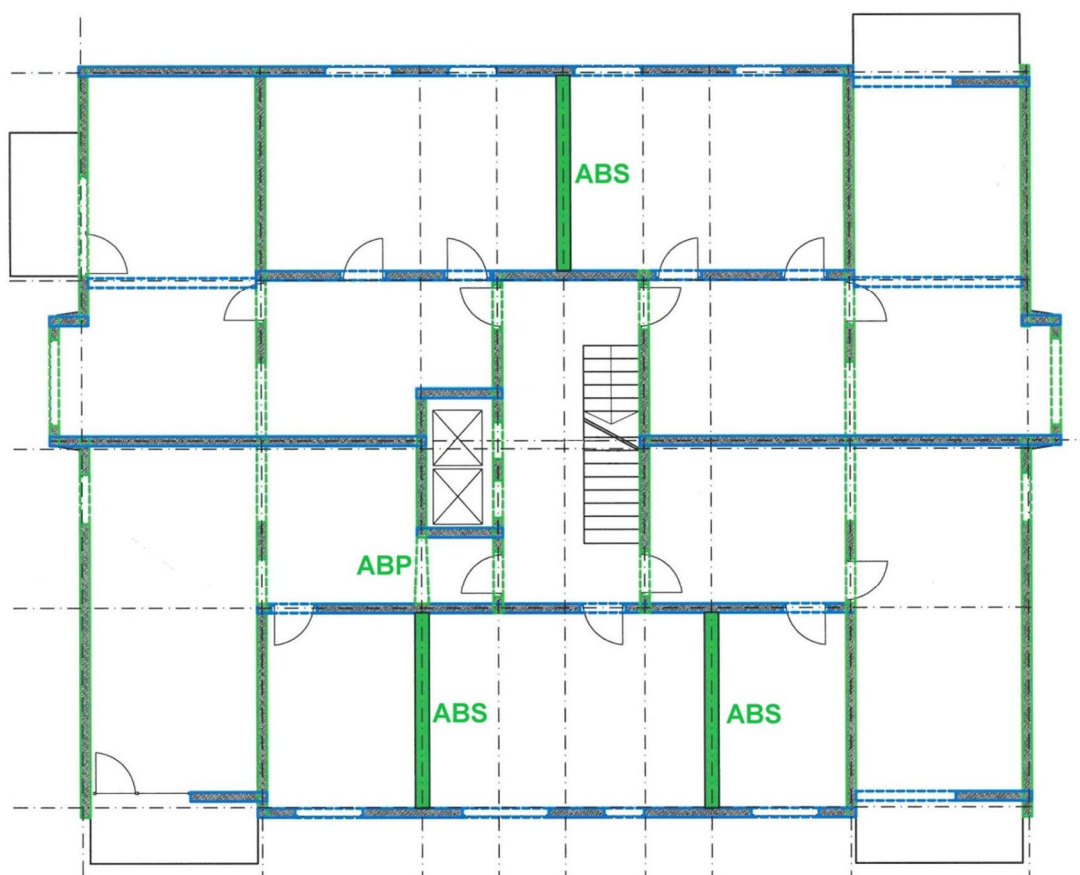
Slika 4.1: Tip A, tloris rekonstruirane obstoječe stolpnice in novih a.b. sten v obodu  
- zadnja analizirana različica (OP: odstranjen parapet).



Slika 4.2: Tip A, model celotne konstrukcije - obstoječe in nove v obodu (računalniški program SAP 2000); barve stebrov od modre do zelene ponazarjajo trdnosti zidovja, s sivo so nove a.b. stene v obodu (leva slika: okviri v vzdolžni smeri, desna slika: okviri v prečni smeri).



Slika 4.3: Tip A, shema utrditve obstoječega temeljenja in novih temeljev pod a.b. stenami v obodu.



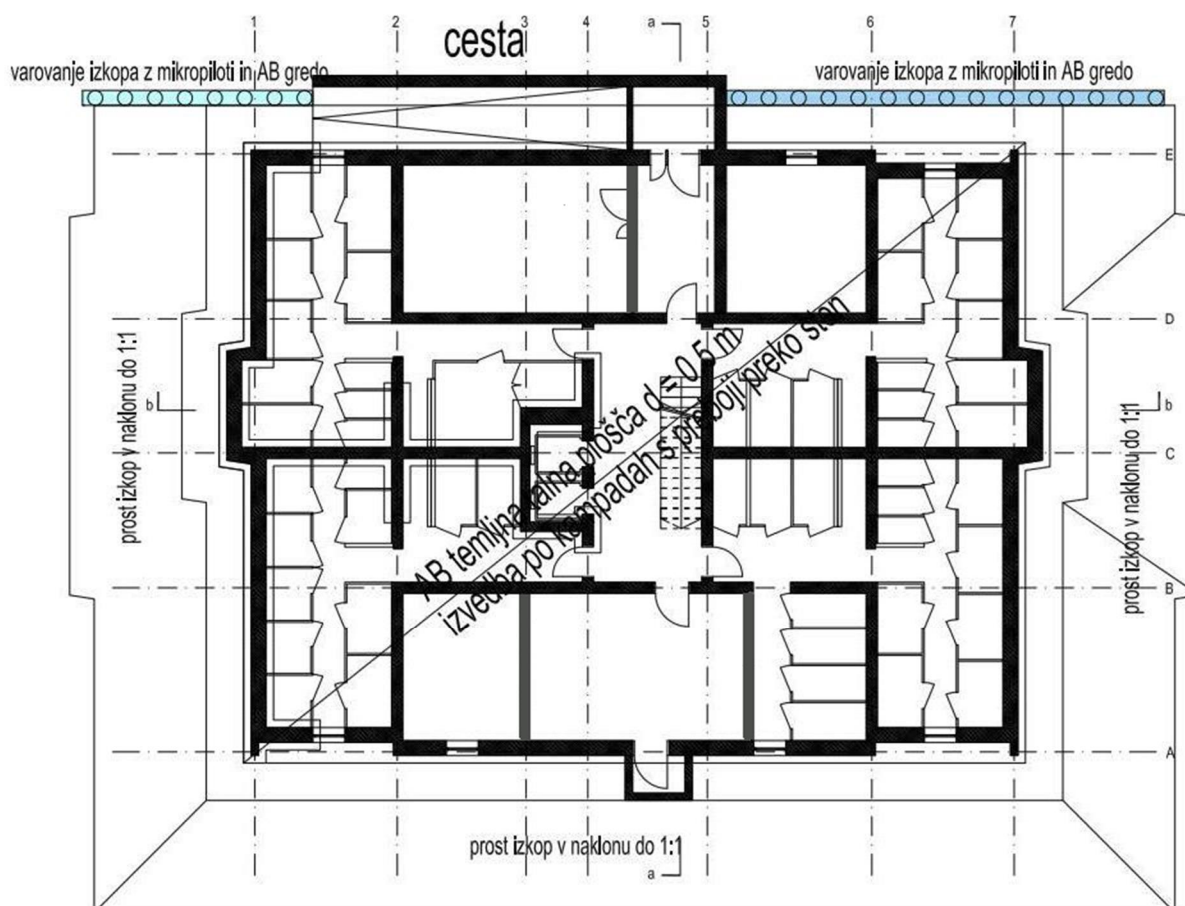
Slika 4.4: Tip C: t.i. notranja utrditev - obojestranske a.b. obloge vseh obstoječih betonskih sten, parapetov in prečk in 3 nove a.b. stene (označene z ABS), ki so v vseh etažah od kleti do vrha stolpnice brez odprtih, leva a.b. stena s novimi a.b. prečkami v vseh etažah (označene z ABP) povezana z obstoječo in utrjeno betonsko steno za dvigalnim jačkom.

Izhodišča za projektiranje novih stolpnice so podana v osnovnih poročilih za posamezne tipe stolpnice.

Pri **stolpnica**h tipa **A** in **C** bi bilo v primeru, da bi se lastniki odločili za utrditev stolpnice, v okviru projektiranja potrebno storiti sledeče:

- detajlni pregled in preiskave konkretne stolpnice, vključno z geomehanskimi raziskavami,
- preiskave vgrajenih gradiv vseh tipov (opeljenih zidaki, malta, beton iz sten in a.b. plošč) in vseh trdnostnih razredov v obsegu, ki ga predpisuje veljavni standard Evrokod 8 - 3. del,
- analizo potresne odpornosti projektirane stolpnice, z vsemi ugotovljenimi lastnostmi in posebnosti, s katerimi konkretna stolpnica odstopa od tipa, analiziranega v tem projektu,

nato pa pristopiti k projektiranju. V okviru projektiranja bo potrebno najprej optimizirati utrditvene posege, kot so predvsem debeline novih a.b. sten pri tipu A oziroma armaturo v a.b. oblogah pri tipu C, in sicer na podlagi rezultatov zgoraj navedenih pregleda, preiskav, analiz in izhodišč, podanih v osnovnih poročilih [A.3, C.3], izhodišč za utrditev temeljnih konstrukcij pa v [A.6, C.5].



Slika 4.5: Tip C, shema ojačitev in utrditve temeljev.

## 4.2 Arhitekturne rešitve

Kot izhaja iz poročila o konstrukcijskih rešitvah, je notranja utrditev možna zgolj za tip stolpnice C, zunanja utrditev pa zgolj za tip stolpnice A; pri vsakem tipu je možna nadomestna novogradnja, ki je pri tipu B izmed vseh treh obravnavanih načinov reševanja potresne problematike tudi edina možna rešitev.

**Notranja utrditev** (tip C) zajema obbetoniranje obstoječih nosilnih sten, postavitve treh dodatnih nosilnih betonskih sten namesto obstoječih nenosilnih sten in utrditev temeljev oziroma novo temeljno ploščo. Predvideno je, da se stavbo v celoti izprazni in odstrani vse omete nosilnih sten, talne estrije in stavbno pohištvo, kar na nek način pomeni, da se jo vrne v t.i. tretjo gradbeno fazo. To omogoča tudi, da se zamenja vse strojne in električne inštalacije, po izvedbi utrditve pa se na novo izvede tudi finalizacija vseh notranjih površin, okna, notranja vrata, sanitarna keramika, in tako naprej. Stanovalci bodo v času gradnje morali stanovati v nadomestnih stanovanjih, po vrnitvi pa bodo imeli obliž utek, da so vstopili v nova, pravkar zgrajena stanovanja, v katerih pa bodo prostori zaradi novih nosilnih oblog iz armiranega betona nekoliko manjši, kot so bili pred izselitvijo. Tri nove nosilne stene bodo nadomestile predelne stene med stanovanji, stanovalci bodo posledično opazili bistveno izboljšanje zvočne izolativnosti. Nove stene iz konstrukcijskih razlogov ne bodo povsem na istih mestih, kot so bile prej, razlike pa so do 20 cm. Podoba stavbe se bo spremenila na podoben način, kot se spremeni pri klasičnih energetskih sanacijah, kjer okna bodo globlje v fasadi, površina fasade pa bo nekaj let čakala na novo patino.

**Zunanja utrditev** (tip A) predstavlja obodno dozidavo, ki obstoječe bloke gori v vse smeri za približno 3.5 m. Osnovo te dozidave predstavljajo močne armiranobetonske stene, katerih naloga je prevzeti horizontalne obtežbe obstoječega objekta v primeru potresa. Postavljene so pravokotno na fasado (delno tudi ob fasadi), v podaljku notranjih nosilnih sten obstoječega objekta, v pritličju so debele do 1.20 m, z vsakim nadstropjem pa se nekoliko stanjšajo. Z obodno dozidavo se površina obstoječih stanovanj poveča za 30 do 40 m<sup>2</sup>, ki jih je po potrebah in željah lastnikov stanovanj mogoče izvesti kot notranji (dodatna soba) ali kot zunanji prostor (balkon). V fazi gradnje bodo lahko stanovalci že naprej uporabljali svoja stanovanja, seveda z določenimi omejitvami, saj je ta rešitev edina izmed obravnavanih, ki ne vključuje začasne izselitve stanovalcev. Izjema sta dve stanovanji v pritličju obstoječe stene v pritličju in kleti bo tudi pri zunanji utrditvi potrebno obbetonirati na podoben način, kot je opisan pri rešitvi z notranjo utrditvijo.

**Nadomestne novogradnje** ohranjajo urbanistično umestitev stolpnice in njihove osnovne lastnosti: gtevalo nadstropij, gtevalo stanovanj in njihovo razporeditev. Nove stolpnice bodo torej postavljene na istih mestih kot obstoječe stavbe, kar pomeni, da jih bo potrebno najprej porušiti in potem graditi na novo, stanovalci pa bodo ves ta čas morali živeti na nadomestnih lokacijah. Preizkušena je bila tudi možnost, da novogradnja ni na istem mestu, pri čemer bi med gradnjo nove stavbe stanovalci že naprej živeli v stari, po zaključku gradnje bi se preselili in šele potem bi porušili staro stavbo. Takšna rešitev bi zmanjšala stroške nadomestnih stanovanj in dodatnih selitev, vendar pa iz urbanističnih razlogov ni mogoča - za dodatne stolpnice v naseljih ni prostora.

Pri načrtovanju novih stanovanj je vodilo bilo zadovoljstvo lastnikov s funkcionalno razporeditvijo prostorov, ter predvsem pri tipu A tudi lepota obstoječih tlorisov stanovanj. Pri vseh treh tipih stolpnice je zato zastavljena naloga bila modifikacija obstoječih tlorisov tako, da ustrezajo današnjim standardom. Pri tem je največ sprememb doživelo vertikalno jedro bloka, ki mora danes imeti ločeno stopnišče, dodaten predprostor pred stanovanji in pooharno dvigalo. Znotraj stanovanja je sprememb manj, glavne pa so dodaten sanitarni prostor v večjih stanovanjih, nekoliko večje dimenzije vrat in opreme ter prilagoditev dela stanovanj za uporabo invalidov.

V načrtovanju podobe nadomestne gradnje je osnovna dilema bila, ali naj stavba ohrani reminiscenco na prvotni objekt (podobno kot je to storjeno s tlorisno zasnovo), ali pa naj bo povsem sodobna in svobodna, brez ohranjanja elementov podobe obstoječih stavb. Pri razlikih tipih stavb smo se na to dilemo različno odzvali. Nadomestna novogradnja tipa C je povsem brez spomina na prvotno stavbo, saj izvirne podobe nismo ocenjevali kot arhitekturno uspešno, nadomestna novogradnja tipa A pa ohranja zgolj nekatere elemente fasade prvotnih stavb. Druga pa je bila odločitev v primeru nadomestnih novogradenj za stolpnice tipa B, kjer bila želja narediti vizualno sodoben objekt, ki pa ohranja nedvoumno reminiscenco na star objekt. Tej odločitvi je botroval predvsem urbanizem stolpnice v centru, ki danes takšno preseganje višine okoliških objektov ne bi bilo mogoče, zelo vprašljiva bi bila tudi postavitev pod kotom 45° glede na okoliško tkivo. Stavba, ki ne bi vsebovala tudi spomina na prvotni objekt, bi sporno napala stvar, to pa je, da je višino zmogla prebiti današnja doba.

### 4.3 Izboljšanje požarne zaščite

Poleg ukrepov za protipotresno utrditev smo v projektu izdelali predlog ukrepov za izboljšanje požarne odpornosti konstrukcije in izboljšanje ostalih elementov požarne zaščite.

Obravnavane stolpnice so bile stolpnice zgrajene pred približno šestdesetimi leti, ko niso veljali danes aktualni predpisi, danes pa v požarnem smislu sodijo med visoke objekte. Požarna definicija visokega objekta je relativna višinska kota zadnje pohodne namenske etaže +21 m. Zahteve za visoke objekte so strožje kot za "obilajne" objekte, zato so obravnavane stolpnice v požarnem smislu relativno zelo ranljive stavbe.

Bistveni parametri požarne zaščite, ki smo jih analizirali za obstoječe stanje stolpnice (točka 2.3) predstavljajo tudi cilje, ki smo jih zasledovali pri oblikovanju ukrepov pasivne in aktivne požarne varnosti v primeru utrditve stolpnice oziroma nadomestitve stolpnice z novimi. Predlogi protipožarnih ukrepov so podrobneje opisani v osnovnih poročilih [A.7, B.8, C.6].

Za primere ohranitve in utrditve stolpnice smo nabor ukrepov pasivne in aktivne požarne zaščite predlagali tako, da se obstoječe stanje požarne zaščite ne bi poslabšalo oziroma bi se stanje s čim manj invazivni ukrepi izboljšalo. To je v smislu veljavne zakonodaje (Tehnična smernica: Požarna varnost v stavbah). Pri oblikovanju ukrepov smo izhajali iz arhitekturnih danosti in rešitev (rešitev), ki so prilagojeni ukrepom za protipotresno utrditev stolpnice posameznega tipa.

Za primer nadomestitve stolpnice z novimi pa bo potrebno poleg osnovnih izvesti tudi dopolnilne ukrepe. Nove stolpnice bodo morale biti zgrajene po veljavnih predpisih za visoke stavbe, z relativno koto zadnje etaže nad 21 m, z uporabo nemške smernice: Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern (MHR). Pri tem želimo poudariti, da bo požarna varnost pri novih stolpniceh večja, kot jo je mogoče zagotoviti z ukrepi požarne zaščite pri utrjenih stolpniceh, seveda pa tudi bistveno večja kot jo imajo stolpnice v obstoječem stanju.

### 4.4 Naravna osvetljenost prostorov

Naravna osvetljenost notranjih prostorov je v obstoječem stanju zadostna, čeprav večina stolpnice ni tako radodarna z okenskimi površinami, kot je to v navadi v sodobni gradnji. V primeru notranje utrditve, ki predstavlja obbetoniranje obstoječih nosilnih sten, tudi fasadnih, bi se naravna osvetljenost prostorov zmanjšala podobno, kot se zmanjša ob obilnejnih energetskih sanacijah. Posebno situacijo pa bi glede naravne osvetljenosti predstavljala zunanja utrditev z obodno dozidavo, ki obstoječe prostore postavlja približno 3.5 m v notranjost. Obstoječi prostori, ki jih obodna dozidava zakrije, so takorekoč v temi, zato je za doseganje ugodnih bivalnih pogojev skoraj nujno, da se ti prostori prestavijo ali razširijo v obodno dozidavo, kjer je svetlobe dovolj.

Osvetljenost merimo s t.i. količnikom dnevne svetlobe. Priporočila, ki sicer ne veljajo kot obveza, so podana glede na tip prostora (dnevna soba, spalnica, soba, jedilni kot) in glede na točko meritve (na sredini ali na temnejšem robu prostora). Za potrebe te študije smo opravili analizo celote z dodatno meritvijo vrednosti naravne osvetlitve na sredini obodnih prostorov stanovanj. Za sredino dnevne sobe velja optimalna osvetlitev med 2% in 7% KDS (količnik dnevne svetlobe), več kot 7% predstavlja bleščanje, ki potrebuje dodatna senčila, manj kot 2% pa pomanjkanje svetlobe, zaradi katerega je potrebna dodatna umetna osvetlitev prostorov.

V stolpnica $\acute{h}$  tipa A imajo obstoje $\acute{c}$ e dnevne sobe ve $\acute{c}$  kot 4% KDS, z zunanjo utrditvijo ta vrednost pri tistih dnevni $\acute{h}$  sobah, ki jim obodna pozidava zakrije edino okno, pade pod 1% KDS, zato pa imajo prostori v obodni pozidavi ve $\acute{c}$  kot zadosti dnevne svetlobe (celo nad 20% KDS). V stolpnica $\acute{h}$  tipa B imajo obstoje $\acute{c}$ e dnevne sobe med 2.9% in 3.6% KDS, protipotresna utrditev pa ni bila obravnavana, ker nobena izmed re $\acute{g}$ itev ne izbolj $\acute{g}$ a potresne varnosti v zadostni meri. V stolpnica $\acute{h}$  C imajo obstoje $\acute{c}$ e dnevne sobe okrog 3.5% KDS, z izjemo ene, ki dose $\acute{h}$ e celo 5.7% KDS. Notranja utrditev te vrednosti zmanj $\acute{g}$ a na okrog 3.0% oziroma 5.1% KDS. Pri vseh tipih stolpnic bi nadomestne novogradnje imele zadostno naravno osvetljenost, v dnevni $\acute{h}$  prostorih med 5% in 7% KDS, mestoma celo ve $\acute{c}$ .

#### 4.5 Energijska u $\acute{l}$ inkovitost

Z izjemo ene izmed stolpnic na Vodmatu obravnavane stolpnice  $\acute{g}$ e niso bile energetsko sanirane oziroma izolirane. Za  $\acute{g}$ est stolpnic je na voljo energetska izkaznica, ki ka $\acute{h}$ e, da so neizolirane stolpnice razreda D do F, s potrebno toploto za ogrevanje 95ñ150 kWh/m<sup>2</sup>a. Z energetsko sanacijo stolpnice na Grablovl $\acute{e}$ vi ulici je bil dose $\acute{h}$ en razred C s 49 kWh/m<sup>2</sup>a. Danes je za novogradnje zahtevano doseganje 23 kWh/m<sup>2</sup>a potrebne toplote za ogrevanje (razred B1), kar bi morale zagotavljati tudi nadomestne novogradnje. Posebni izra $\acute{l}$ uni za nadomestne novogradnje zato niso bili narejeni, saj vrednost dolol $\acute{a}$   $\acute{h}$ e pravilnik (PURES). Obe re $\acute{g}$ itvi z utrditvijo se tej vrednosti precej pribli $\acute{h}$ ata ñ na 29 oziroma 33 kWh/m<sup>2</sup>a. Lahko torej ra $\acute{l}$ unamo, da se bo ob odlol $\acute{i}$ tvi za utrditev ali novogradnjo toplota, potrebna za ogrevanje stanovanj, precej zmanj $\acute{g}$ ala (na 25 do 30% sedanje vrednosti).

#### 4.6 Ocena stro $\acute{g}$ kov

Ocena stro $\acute{g}$ kov je bila za vsako varianto protipotresne utrditve narejena na podlagi ocene stro $\acute{g}$ kov izvedbe gradenj (ru $\acute{g}$ itvena dela, gradbena, in $\acute{g}$ talacijska in obrtni $\acute{g}$ ka dela), eksternih stro $\acute{g}$ kov (izdelava projektne dokumentacije, komunalni prispevek, itd) in dodatnih stro $\acute{g}$ kov, povezani $\acute{h}$  s selitvijo stanovalcev in nadomestnimi stanovanji v l $\acute{a}$ su gradnje. Ocena stro $\acute{g}$ kov je pav $\acute{g}$ alna, saj je dokumentacija narejena na ravni idejne zasnove; za zanesljiv projektantski predra $\acute{l}$ un bi bilo potrebno narediti projekt za izvedbo z vsemi potrebnimi detajli.

Glede na izdelano oceno stro $\acute{g}$ kov bi bilo obravnavane stolpnice  $\acute{g}$ e vedno ceneje protipotresno utrditi in prenoviti, kot pa jih podreti in zgraditi nove, kar je presenetljivo glede na obseg posegov, ki so potrebni pri protipotresni utrditvi. Vendar je pri tem potrebno upo $\acute{g}$ tevati, da se z nadomestno novogradnjo dejansko pridobi novo stavbo, na $\acute{l}$ rtovano in grajeno ob upo $\acute{g}$ tevanju vseh standardov potresne odpornosti in po $\acute{h}$ arne varnosti, bivanjskih in drugih standardov, medtem ko  $\acute{g}$ e tako dobro protipotresno utrjena stavba ostane v osnovi  $\acute{g}$ e vedno stara stavba, nastala po bivanjskih standardih iz 60ih let, z nizkimi stropovi, majhnimi prostori in pomanjkljivo po $\acute{h}$ arno varnostjo, protipotresna utrditev pa prinese tudi dodatne omejitve: v primeru notranje utrditve se dodatno zmanj $\acute{g}$ ajo obstoje $\acute{c}$ i prostori, v primeru zunanje utrditve pa novi obodni prostori zmanj $\acute{g}$ ajo osvetljenost obstoje $\acute{c}$ ih prostorov.

Ocenjene stro $\acute{g}$ ke izvedbe posameznih re $\acute{g}$ itev smo primerjali tudi s pove $\acute{l}$ anjem ocenjenih vrednosti stanovanj po utrditvi oziroma novogradnji. S tem smo  $\acute{h}$ eleti preveriti, ali pove $\acute{l}$ ana vrednost stanovanj v finan $\acute{l}$ nem smislu upravi $\acute{l}$ i nastale stro $\acute{g}$ ke pri re $\acute{g}$ evanju potresne problematike stavb. Ocenjujemo, da se vrednost stanovanj po utrditvi oziroma novogradnji pove $\acute{l}$ a, spremenijo pa se tudi velikost stanovanj in ostali parametri, ki vplivajo na ceno.

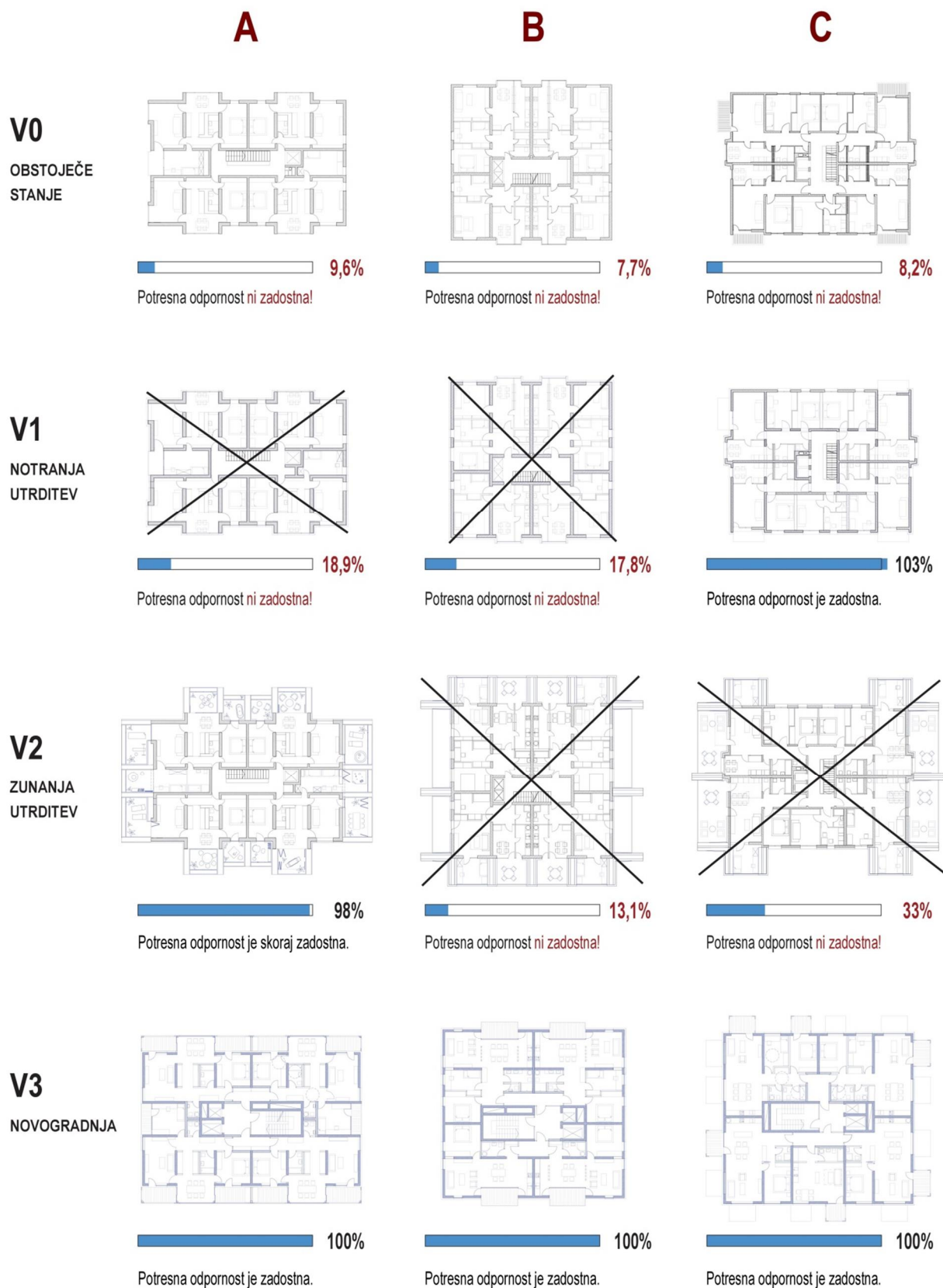
Primerjalna analiza ocenjenih stroškov in ocenjenih vrednosti stanovanj je v primeru nadomestne novogradnje pokazala, da so skupni izvedbeni in drugi stroški vel'ji od pove'ane vrednosti stanovanj. V primeru notranje utrditve je stroškov precej vel', kot pa znaša pove'ana vrednost stanovanj, v primeru zunanje utrditve pa pove'ana vrednost stanovanj, predvsem zaradi dodatnih kvadratur, vel' kot pokrije vse nastale stroške. Ob tem je potrebno opomniti, da se problematika pomanjkljive potresne varnosti objektov ne rešuje zaradi pove'anja vrednosti stanovanj in drugih finan'nih vidikov, ampak v prvi vrsti zaradi varovanja življenj. Temu je namenjena tudi celotna pril' ujo' a študija.

#### 4.7 Priporo'ila za Ob'inski prostorski na'rt - OPN MOL

Za uspešno implementacijo predlaganih rešitev predlagamo tudi dolo'ene spremembe Ob'inskega prostorskega na'rta MOL:

1. V 3. l'en OPN naj se vnese izraz »nadomestna novogradnja«, ki pomeni novogradnjo, ki nadomesti odstranjen objekt, a zaradi prilagoditve današnjim predpisom ni povsem enaka odstranjenemu objektu. Pri spremembah gre predvsem za pove'anje gabaritov iz naslednjih razlogov:
  - a. Pove'anje vertikalnih komunikacijskih jeder zaradi zahtev požarne varnosti;
  - b. Pove'anje prostorov zaradi prilagoditev Pravilniku o minimalnih tehni'nih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj (Uradni list RS, št. 1/11 in 61/17 št. GZ) in drugim podobnim pravilnikom v primeru stavb druge namembnosti;
  - c. Pove'anje svetle višine prostorov stanovanj zaradi prilagoditev Pravilniku o minimalnih tehni'nih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj (Uradni list RS, št. 1/11 in 61/17 št. GZ), Pravilniku o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Uradni list RS, št. 89/99, 39/05 in 43/11 št. ZVZD-1), in drugim podobnim pravilnikom;
  - d. Odebelitev medetah'nih konstrukcij zaradi zagotavljanja konstrukcijske stabilnosti;
  - e. Odstranitev arhitektonskih ovir.
2. Za nadomestne novogradnje naj se predvidijo dolo'ene izjeme glede izpolnjevanja zahtev prostorskih aktov:
  - a. Dovoljeno preseganje dovoljene višine v primeru, da se ne pove'a šte'ilo eta'h;
  - b. Dovoljeni manjši odmiki od sosednjih objektov in parcelnih meja v primeru, da so odmiki enaki kot pri odstranjenem objektu ali da se zmanjšajo izklju'no zaradi razlogov, našt'etih v prvi to'ki;
  - c. Toleranca glede zagotavljanja naravne osvetljenosti sosednjih objektov;
  - d. Toleranca glede zagotavljanja zadostnega šte'ila parkirnih mest v primeru, da še v obstoje'em stanju parkirnih mest ni bilo dovolj.
3. V OPN naj se doda zahteva, da je v primeru rekonstrukcij in energetskih sanacij vseh vel'stanovanjskih in javnih stavb, grajenih pred letom 1984, obvezna predhodna izdelava študije potresne ogroženosti stavbe. (Opomba: študija ni draga, jo je pa nujno izvesti, preden se razpoke na fasadi zakrijejo s toplotno izolacijo). Predlagamo tudi, da se v OPN postavi sistem kriterijev in zahtev za obvezno pove'anje potresne odpornosti.
4. Podrobni prostorsko izvedbeni pogoji (PIIP) za posamezne enote urejanja prostora (EUP) naj se prilagodijo predlaganim oziroma izbranim rešitvam (umik gradbenih linij, pove'anje dovoljenih urbanisti'nih faktorjev in tako naprej), v kolikor so te sprejemljive za MOL.

## 5. Grafič na priloga - tabela



**POTRESNA ODPORNOST STOLPNIC TIPOV A, B IN C ZA RAZLIČNA STANJA**  
 - delež ocenjene potresne odpornosti glede na zahtevano po standardu Evrokod 8

## 6. Povzetki in priporočila za MOL

Podroben pregled, preiskave in analize potresne odpornosti stolpnice so pokazale, da imajo stolpnice vseh treh tipov visoko potresno ogroženost, saj dosegajo manj kot 10% zahtevane potresne odpornosti po veljavnem standardu Evrokod 8 (grafil na tabela v točki 5 in opis v točki 2.2). Z Evrokod 8 predpisano potresno odpornost bi obravnavanim stolpnicom lahko zagotovile naslednje rečitve:

Stolpnice tipa A bi predpisano potresno odpornost lahko zagotovili:

- zunanja utrditev - na obodu stolpnice se zgradi nova konstrukcija iz armiranobetonskih sten na novih temeljih (sliki 4.1 in 4.3), utrdijo se obstoječe betonske stene v kletih in pritličju in utrdijo se obstoječi temelji (podroben opis je v osnovnih poročilih [A.3, A.6]), ali
- nadomestitev stolpnice z novimi.

Stolpnice tipa B bi predpisano potresno odpornost lahko zagotovila le nadomestitev stolpnice z novimi.

Stolpnice tipa C bi predpisano potresno odpornost lahko zagotovili:

- notranja utrditev - na vseh obstoječih betonskih stenah se izvedejo armiranobetonske obloge, v notranjosti stolpnice se tri predelne stene nadomestijo z nosilnimi a.b. stenami in izvede se utrditev obstoječih temeljev (prikazano na slikah 4.1 in 4.2, podroben opis pa je v osnovnih poročilih [C.3, C.5]), ali
- nadomestitev stolpnice z novimi.

Za zgornje rečitve potresne ogroženosti stolpnice so bile v okviru tega projekta izdelane arhitekturne rečitve in smernice za izboljšanje oziroma zagotovitev ustrezne požarne zaščite. Za lažjo implementacijo izdelanih rečitev in tudi morebitnih podobnih rečitev za druge potresno ogrožene stavbe smo v poglavju 4.7 predlagali tudi določene spremembe splošnega dela Občinskega prostorskega načrta.

Predlagane rečitve so izdelane kot podlaga za nadaljnje odločanje - lastnikov stanovanj in Mestne občine Ljubljana. Samo ob vsej potrebni podpori mesta in države bo mogoče s temi rečitvami pristopiti k projektiranju utrditve oziroma nadomestitve stolpnice z novimi. Ker pa je pred tem potrebno vzpostaviti pogoje za izvedbo, kot so npr. opredelitev spomeniške zaščite, zagotavljanje finančnih sredstev in nadomestnih stanovanj, morebitne zakonodajne spremembe, prilagoditev lokacijskih pogojev in podobno, za kar bo potrebna velika podpora in interes Mestne občine Ljubljana ter pripravljenost lastnikov in stanovalcev, je k ukrepanju priporočljivo pristopiti šele po prej. Le šele po prej zaloge aktivnosti bo omogočil srednjeročno rečitev in zaščito hišljenj v primeru potresa.

Trenutne okoliščine terjajo šele prej ukrepanje. Lastniki si sicer verjetno želijo rešiti problem potresne ogroženosti, a hkrati želijo koristiti finančne spodbude za energetsko preno. V okviru prenove bi pri stolpnice tipa B želeli rešiti tudi problem poškodovanih fasadnih plošč, ki ogrožajo stanovalce in mimoidoče. Zaradi izredne zahtevnosti zgoraj predlaganih rečitev se bodo lastniki morda raje odločili za minimalne utrditvene ukrepe. Morebitne obljube, da bodo za preprečitev porušitve zadostovali še minimalni ukrepi, bistveno manj obsejni od tistih, ki jih je kot potrebne pokazala prištudija, pa so zavajajoče in škodljive. 100% potresna odpornost stavbe po Evrokodu 8 ne pomeni, da v primeru potresa na stavbi ne bo razpok, ampak pomeni zgolj to, da se stavba v primeru potresa ne bo porušila. Manjša odpornost tega ne zagotavlja. Izvedba zgolj minimalnih

ukrepov pomeni investiranje sredstev v reģitve, ki v primeru potresa ne prepreĳijo poruĳitve stavbe in ne zaĳĳitijo ĳloveĳkih ĳivljenj.

Tako ravnanje pa omogoĳa tudi trenutna gradbena zakonodaja. Gradbeni zakon namreĳ s svojim 15. ĳlenom omogoĳa, da se rekonstrukcije stavb in drugih objektov izvajajo brez potrebnih utrditev, ki bi zagotovile ustrezno potresno odpornost. Celo velĳ - potresne odpornosti sploh ni potrebno preverjati.

Da bodo izsledki tega projekta lahko koristno uporabljeni in bodo stolpnice lahko zaĳĳitile ĳloveĳka ĳivljenja v primeru potresa, bodo spremembe gradbene zakonodaje nujne. Do tedaj pa bo potrebno poiskati druge mehanizme, ki bodo prepreĳili, da se potresno najbolj ogroĳene stavbe rekonstruira brez ustreznega poveĳanja potresne odpornosti. V ta namen smo v poglavju 4.7 predlagali dodatna doloĳila v OPN MOL, predlagamo pa tudi zagotavljanje subvencij za utrditve potresno najbolj ogroĳenih stavb in intenzivno osveĳanje prebivalstva o resnosti problema.

## 7. Seznam izdelanih zaključnih poročil in drugih dokumentov

### Za vse tipe stolpnice

- S.1 Protipotresne rečitve za 15 stolpnice v Ljubljani, Analiza potresne odpornosti starejših stolpnice in predlogi rečitve za izboljšanje, Zaključno poročilo - celotno skupno poročilo (št. 810/18-610-8), Zavod za gradbeništvo Slovenije, Studio Krištof d.o.o., Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, oktober 2019.
- S.2 Pregledni katalog obstoječih stolpnice, Studio Krištof d.o.o., oktober 2019.
- S.3 Psihološki vidiki poveljanja potresne odpornosti stolpnice v Ljubljani (poročilo s prilogama Vprašalnik in Sumarnik), Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, september 2019.

### Stolpnice tipa A

- A.1 Protipotresne rečitve za 15 stolpnice v Ljubljani, Analiza potresne odpornosti starejših stolpnice in predlogi rečitve za izboljšanje, Zaključno poročilo - skupno poročilo za stolpnice tipa A, (št. 810/18-610-5), Zavod za gradbeništvo Slovenije, Studio Krištof d.o.o., Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, oktober 2019.
- A.2 Katalog stolpnice tipa A z načrti obstoječega stanja (št. 180411-A-7), Studio Krištof d.o.o., oktober 2019.
- A.3 Pregled in preiskave nosilnih zidov, analiza potresne odpornosti v obstoječem in različnih utrjenih stanjih ter predlog rečitev, Stolpnice tipa A (št. 810/18-610-2), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 10. 09. 2019.
- A.4 Geomehansko poročilo o sestavi in oceni nosilnosti temeljnih tal na objektih Streljška ulica 1, 3 in 5 (št. 810/18-710-1), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 07. 2019.
- A.5 Geomehansko poročilo o sestavi in oceni nosilnosti temeljnih tal na objektih Hudovernikova ulica 2, 4, 8 in 13 ter Streljška ulica 37a (št. 810/18-710-2), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 07. 2019.
- A.6 Poročilo o geotehničnih razmerah in pogojih pri utrditvi stolpnice tipa A za potrebe projekta "Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rečitve izboljšanja le-te" (št. 810/18-710-7), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 03. 09. 2019.
- A.7 Pošarna zažgita starejših stolpnice v Ljubljani na osnovi predlogov za izboljšanje potresne odpornosti, Stolpnice tipa A (št. 810/18-530-1), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 09. 2019.
- A.8 Arhitekturne rečitve za stolpnice tipa A (št. 180411-A-8), Studio Krištof d.o.o., oktober 2019.
- A.9 Urbanistična analiza za stolpnice tipa A - obstoječa situacija, predlog utrditve in novogradnja v naseljih A1 in A2 (št. 180411-A-9), Studio Krištof d.o.o., oktober 2019.
- A.10 Podrobnejša poročila za stolpnice tipa A (št. 180411-A-10), Studio Krištof d.o.o., oktober 2019.

### Stolpnice tipa B

- B.1 Protipotresne rečitve za 15 stolpnice v Ljubljani, Analiza potresne odpornosti starejših stolpnice in predlogi rečitve za izboljšanje, Zaključno poročilo - skupno poročilo za stolpnice tipa B, (št. 810/18-610-6), Zavod za gradbeništvo Slovenije, Studio Krištof d.o.o., Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, oktober 2019.
- B.2 Katalog stolpnice tipa B z načrti obstoječega stanja (št. 180411-B-2), Studio Krištof d.o.o., oktober 2019.

- B.3 Pregled in preiskave nosilnih sten, analiza potresne odpornosti v obstoječem in razlihih utrjenih stanjih ter predlog rešitev, Stolpnice tipa B (št. 810/18-610-3), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 10. 09. 2019.
- B.4 Geomehansko poročilo o sestavi in nosilnosti temeljnih tal na objektu Črtefanova ulica 15 (št. 810/18-710-3), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 7. 2019.
- B.5 Geomehansko poročilo o sestavi in nosilnosti temeljnih tal na objektih Hrvatski trg 2 in Rozmanova ulica 2 (št. 810/18-710-4), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 7. 2019.
- B.6 Geomehansko poročilo o sestavi in nosilnosti temeljnih tal na objektih Pračakova ulica 6 in Cigaletova ulica 8 (št. 810/18-710-5), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 7. 2019.
- B.7 Poročilo o geotehničnih razmerah in pogojih pri utrditvi stolpnice tipa B za potrebe projekta "Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-te" (št. 810/18-710-8), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 03. 09. 2019.
- B.8 Počrta zaščita starejših stolpnice v Ljubljani na osnovi predlogov za izboljšanje potresne odpornosti, Stolpnice tipa B (št. 810/18-530-2), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 09. 2019.
- B.9 Arhitekturne rešitve za stolpnice tipa B (št. 180411-B-9), Studio Križtof d.o.o., oktober 2019.
- B.10 Urbanistična analiza za stolpnice tipa B - obstoječa situacija in novogradnja v naseljih B1, B2 in B3 (št. 180411-B-10), Studio Križtof d.o.o., oktober 2019.
- B.11 Podrobnejša poročila za stolpnice tipa B (št. 180411-B-11), Studio Križtof d.o.o., oktober 2019.

## **Stolpnice tipa C**

- C.1 Protipotresne rešitve za 15 stolpnice v Ljubljani, Analiza potresne odpornosti starejših stolpnice in predlogi rešitve za izboljšanje, Zaključno poročilo - skupno poročilo za stolpnice tipa C, (št. 810/18-610-6), Zavod za gradbeništvo Slovenije, Studio Križtof d.o.o., Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, oktober 2019.
- C.2 Katalog stolpnice tipa C z načrti obstoječega stanja (št. 180411-C-2), Studio Križtof d.o.o., oktober 2019.
- C.3 Pregled in preiskave nosilnih sten, analiza potresne odpornosti v obstoječem in razlihih utrjenih stanjih ter predlog rešitev, Stolpnice tipa C (št. 810/18-610-4), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 10. 09. 2019.
- C.4 Geomehansko poročilo o sestavi in nosilnosti temeljnih tal na objektih Sketova ulica 6 in Grablovičeva ulica 32 (št. 810/18-710-6), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 7. 2019.
- C.5 Poročilo o geotehničnih razmerah in pogojih pri utrditvi stolpnice tipa C za potrebe projekta "Analiza potresne odpornosti zidanih stolpnice in predlogi rešitve izboljšanja le-te" (št. 810/18-710-9), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 03. 09. 2019.
- C.6 Počrta zaščita starejših stolpnice v Ljubljani na osnovi predlogov za izboljšanje potresne odpornosti, Stolpnice tipa C (št. 810/18-530-3), Zavod za gradbeništvo Slovenije, 12. 09. 2019.
- C.7 Arhitekturne rešitve za stolpnice tipa C (št. 180411-C-7), Studio Križtof d.o.o., oktober 2019.
- C.8 Urbanistična analiza za stolpnice tipa C - obstoječa situacija, notranja utrditev in novogradnja v naseljih C1 in C2 (št. 180411-C-8), Studio Križtof d.o.o., oktober 2019.

C.9 Podrobnejša poročila za stolpnice tipa C (št. 180411-C-9), Studio Krištof d.o.o., oktober 2019.