

**SMJERNICE ZA IZRADU ANALIZE POSTOJEĆEG STANJA ZGRADE S
PRIJEDLOGOM MJERA I PROCJENOM INVESTICIJE U DIJELU – MEHANIČKA
OTPORNOST I STABILNOST, POTRESNA OTPORNOST ZGRADE**

(2/3)

I. dio

rujan 2024.

Sadržaj

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Uvod | 3 |
| a. | Potresno područje u kojem se nalazi zgrada | 3 |
| b. | Period izgradnje zgrade | 3 |
| c. | Vrsta konstrukcije | 5 |
| 2. | Preporuke za procjenu postojeće potresne otpornosti i potrebna pojačanja | 15 |
| a. | Osnovni podaci za procjenu potresne otpornosti i potrebnih pojačanja | 16 |
| b. | Dodatni podaci o vrsti nosive konstrukcije | 17 |
| c. | Procjena postojeće potresne otpornosti i potrebna pojačanja potresom oštećenih zgrada | 20 |
| 3. | Tehnike protupotresnog pojačanja konstrukcije i procjena troškova | 21 |
| a. | Tehnike i procjena troškova pojačanja konzolnih dimnjaka | 21 |
| b. | Tehnike i procjena troškova pojačanja krovnih zabata | 22 |
| c. | Tehnike i procjena troškova pojačanja krovne konstrukcije | 23 |
| d. | Tehnike i procjena troškova pojačanja stropnih konstrukcija | 23 |
| e. | Tehnike i procjena troškova pojačanja zidanih zidova | 24 |
| f. | Tehnike i procjena troškova pojačanja nearmiranih betonskih zidova | 26 |
| g. | Tehnike i procjena troškova pojačanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija | 26 |
| h. | Tehnike i procjena troškova pojačanja armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima | 26 |
| i. | Tehnike i procjena troškova pojačanja čeličnih konstrukcija | 27 |
| j. | Tehnike i procjena troškova pojačanja drvenih konstrukcija zgrada | 27 |
| k. | Procjena troškova uklanjanja postojeće zgrade i izvedba nove konstrukcije zgrade | 27 |
| 4. | Sanacija postojećih oštećenja na nosivoj konstrukciji | 28 |
| a. | Oštećenja uslijed dotrajalosti i neodržavanja i procjena troška sanacije | 28 |
| b. | Manja oštećenja uslijed nedavnih potresa | 29 |
| 5. | Pojačanje obnovljenih potresom oštećenih građevina | 30 |
| 6. | Literatura | 30 |

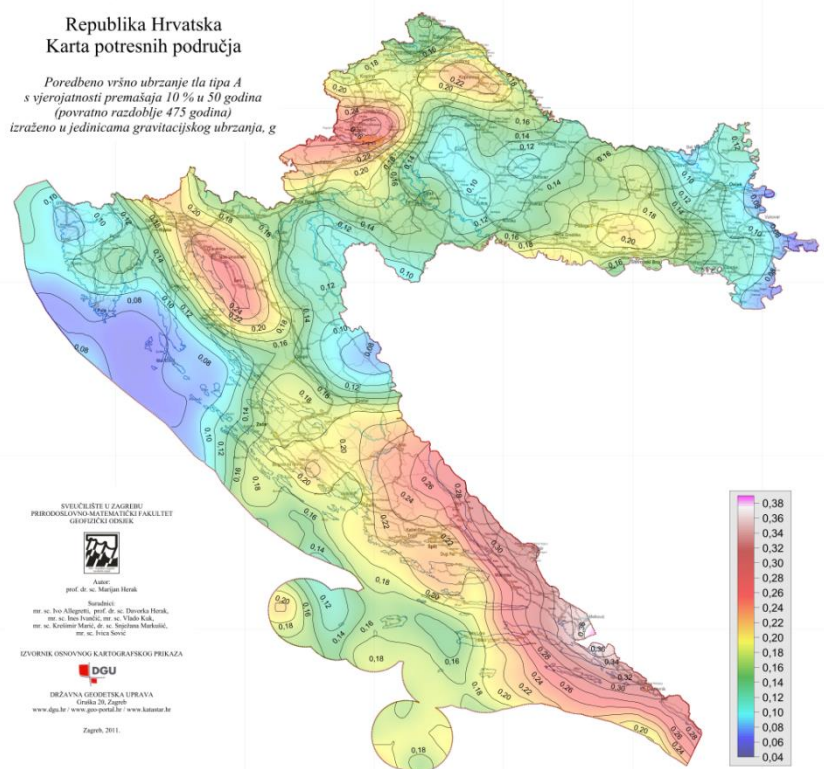
1. Uvod

Točna procjena potresne otpornosti postojećih zgrada je složen postupak zbog niza parametara koje treba uzeti u obzir. U ovom dokumentu će se dati pojednostavljeni postupak provedbe pregleda postojeće zgrade i utvrđivanja je li za pojedinu zgradu postoji potreba za protupotresnim pojačanjem, te ako postoji potreba, koje bi to intervencije bile nužne za izvesti i procjenu troškova tih nužnih intervencija.

Otpornost postojeće zgrade prvenstveno ovisi o nekoliko najvažnijih parametara kao što su:

a. Potresno područje u kojem se nalazi zgrada

Rizik od pojave potresa i očekivane maksimalne jakosti potresa nisu jednake na cijelom području Hrvatske. To se najbolje vidi na karti vršnog ubrzanja temeljnog tla (a_g) za povratno razdoblje potresa $T_{NCR} = 475$ godina, koji je izradio Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu i prema kojoj se projektiraju potresno otporne zgrade u Hrvatskoj. Prema toj karti može se vidjeti da postoje područja manjeg seizmičkog intenziteta ($a_g < 0,10g$), kao što je zapadni dio Istre, istočna Slavonija, područja Korenice, Kutine i Čazme, te područja s visokog seizmičkog intenziteta ($a_g > 0,20g$), kao što su područja Zagreba, južne Dalmacije, Dubrovnika, Rijeke i Senja. Stoga se u područjima niskog seizmičkog intenziteta može se očekivati da većina zgrada niske i umjerene katnosti imaju dostatnu potresnu otpornost, dok u područjima visokog seizmičkog intenziteta za očekivati je da većina zgrada, izgrađenih prije usvajanja suvremenih seizmičkih propisa, nemaju dostatnu potresnu otpornost i potrebno im je povećati otpornost na potres.



Slika 1 Karta potresnih područja Republike Hrvatske (izvor: <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php>)

b. Period izgradnje zgrade

Projektiranje i izgradnja potresno otpornih zgrada u Hrvatskoj se provodi tek zadnjih 50-tak godina. Također u zadnjih 50-tak godina događalo se stalno osuvremenjivanje propisa za građenje u seizmičkim područjima (u daljnjem tekstu - protupotresni propisi) vezanih za projektiranje i izvođenje zgrada, pri čemu svaki novi propis je „stroži“ odnosno postrožuje zahtjeve i u pogledu projektiranja i u pogledu izvođenja nosivih konstrukcija.

Prvi protupotresni propis u Hrvatskoj, *Pravilnik o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima*, donesen je nakon potresa u Skoplju, tj. 1964.g. Realno gradnja zgrada do 1965.g. je bila gradnja bez protupotresnih propisa i za očekivati je da većina zgrada iz perioda do 1965.g. nema dostatnu potresnu otpornost i da ih treba protupotresno pojačati, osim ako zgrada naknadno nije bila rekonstruirana i pojačavana.

Stambene, poslovne i javne zgrade izgrađene do 1965.g. su uglavnom bile zidane bez vertikalnih serklaža. Također većina zgrada, pogotovo stambene namjene, su izgrađene s mekim stropovima od drvenih grednika bez kvalitetnih veza s nosivim zidovima što je izrazito nepovoljno u potresu. Zgrade s krutim betonskim stropovima i nosivim zidanim zidovima iz tog perioda su često imale veliku i neprimjerenu katnost za zidane konstrukcije. U periodu do 1965.g. ima i betonskih zgrada, ali uglavnom se radi o zgradama s nearmiranim ili slaboarmiranim betonskim zidovima ili neadekvatno armiranim okvirnim betonskim konstrukcijama.

Usvajanjem *Pravilnika o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima* donesena su iznimno važna ograničenja za projektiranje i izvođenje potresno otpornih zgrada i to prvenstveno za zidane zgrade. Uvedena su ograničenja u pogledu, rastera ukrutnih zidova, katnosti i visina u projektiranju i izgradnji zidanih zgrada. Međutim svakako su najvažniji zahtjev da u razni svih stropova moraju biti izvedeni horizontalni serklaži i da stropne konstrukcije moraju biti povezane sa zidovima. Također uvedena je obveza izvedbe serklaža na zabatnim zidovima te povezivanje zabatnih zidova i dimnjaka s krovnom konstrukcijom, koja mora biti izvedena da osigura stabilnost zidova. Također u zonama većeg intenziteta uvedena je obveza izvedbe vertikalnih serklaža, dok u zonama manjeg intenziteta je i dalje dopuštena gradnja bez serklaža.

Projektiranje prema predmetnom *Pravilniku o privremenim tehničkim propisima za građenje u seizmičkim područjima* iz 1964.g. traje do 1981.g. kada je u Hrvatskoj usvojen *Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima*. U periodu od 1965.g. do 1982.g. je izgrađen veliki broj zgrada. Generalno se može zaključiti da je u tom periodu gradnja potresno otpornih zgrada bitno unaprjeđena. Međutim i u tom periodu izvedeno je dosta zgrada nedovoljne potresne otpornosti. To se prvenstveno odnosi na zidane zgrade veće katnosti u područjima umjerenog i visokog seizmičkog intenziteta (preko 4 etaže), te visoke okvirne armiranobetonske zgrade. Stoga kod većine zgrada s većim brojem etaža od Pr. + 3K u područjima umjerenog i visokog seizmičkog intenziteta je za očekivati potreba za njihovim protupotresnim pojačanjem. Naravno i kod tih zgrada potresna otpornost je znatno veća nego kod zgrada izgrađenih prije 1965.g.

Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima donesen 1981.g. možemo shvatiti kao prvi suvremeni protupotresni propis koji je izrađen i donesen u skladu sa tadašnjim trendovima u svijetu. Taj propis dodatno povećava potresno djelovanje na koje se zgrade trebaju proračunavati i izvoditi, ali ono što je najvažnije po prvi puta dosta detaljno propisuje protupotresno oblikovanje zgrada i pravila armiranja armiranobetonskih konstrukcijskih elemenata zgrada. Predmetni Pravilnik u dijelu betonskih i zidanih zgrada je bio na snazi do 2007. g. a u dijelu čeličnih i drvenih konstrukcija do 2012. g., kada se usvajaju suvremeni protupotresni propisi koji uz sitne korekcije i usklađenje s europskim normama su na snazi i danas.

Svakako je važno imati u vidu da većina zgrada projektiranih i izgrađenih u periodu 1982. g. – 2007. g. u skladu s Pravilnikom iz 1981. g. ima dostatnu potresnu otpornost. Kod većine zgrada iz tog perioda povećanje potresne otpornosti u cilju postizanja suvremenih protupotresnih svojstava ili nisu potrebna ili njihova izvedba nije optimalna, odnosno opseg i trošak intervencija nije proporcionalan povećanju potresne otpornosti. Svakako i u ovom periodu postoje projektirane i izgrađene zgrade kod kojih bi bilo potrebno izvesti određena protupotresna pojačanja. To se prvenstveno odnosi na zidane zgrade bez vertikalnih serklaža ili zgrade veće katnosti u područjima većeg seizmičkog intenziteta. U tom periodu je izgrađeno dosta i obiteljskih kuća bez serklaža, stambenih zgrada veće katnosti (Pr.+3K i više), te ozbiljnih nadogradnji starijih postojećih zgrada.

Usvajanjem suvremenih protupotresnih propisa 2005. g. i 2007. g., betonske i zidane zgrade su građene u skladu s najsuverenijim protupotresnim propisima, koji su na snazi i danas i po kojima se projektiraju i izvode nove suvremene zgrade.

Za betonske i zidane zgrade projektirane i izgrađene nakon 2007. g., te za čelične i drvene konstrukcije projektirane i izgrađene nakon 2012. g. može se zaključiti da te zgrade nije potrebno protupotresno pojačavati, osim ako se ne radi o zgradama koje imaju pogreške u projektiranju i izvođenju, tj. imaju odstupanja od važećih protupotresnih propisa po kojima su trebale biti izgrađene.

Treba imati u vidu da u Hrvatskoj postoji veliki broj legaliziranih zgrada od kojih veliki broj nije bio izgrađen prema projektnoj dokumentaciji, nego često samo čistom improvizacijom izvođača i investitora. Stoga kod tih zgrada potrebno je provesti ozbiljniji pregled, te se može očekivati da veliki broj tih zgrada nema dostatnu potresnu otpornost i potrebno im je povećati otpornost na potres premda su izgrađene nakon 1982. g., odnosno nakon 2007. g.

c. Vrsta konstrukcije

Vrsta konstrukcije i katnost zgrade su izrazito važni za ocjenu potresne otpornosti zgrade. Svaka vrsta konstrukcije ima svoja pravila u konstruiranju, kao i limite glede potresne otpornosti. Stoga je potrebno prvo utvrditi koju vrstu nosive konstrukcije ima zgrada i osnovna svojstva te nosive konstrukcije.

c1. Zidane konstrukcije

Zidane zgrade su najosjetljivije na djelovanje potresa i poznato je da najveći broj urušavanja i oštećenja se odnosi na zidane zgrade. Stoga kada se radi o zgradi sa zidanom konstrukcijom potrebno je voditi računa o nekoliko bitnih parametara:

1. Ima li zgrada „meke“ drvene stropove od drvenih grednika, opečnih svodova, ili ima armiranobetonske krute stropne konstrukcije, te kakva je povezanost stropnih konstrukcija s nosivim zidanim zidovima. Krutost i povezanost stropnih konstrukcija je najvažniji parametar kod potresne otpornosti zidanih konstrukcija. Povezanost stropnih konstrukcija sa zidovima je nužna, jer sprječava odvajanje vanjskih zidova i slom zidova okomito na ravninu. Također povezanost stropne konstrukcije sa zidovima omogućava unos potresnog djelovanja sa stropnih konstrukcija na nosive zidove, dok krute stropne konstrukcije osiguravaju ravnomjernu raspodjelu potresnog djelovanja na sve zidove, sukladno krutosti zidova.



Slika 2 Gubitak cjelovitosti konstrukcije i odvajanje zidova od stropova zbog nedovoljne povezanosti

Zidane zgrade izvedene s „mekim“ drvenim stropnim konstrukcijama, slabe povezanosti sa zidovima, treba pojačati na način da se stropne konstrukcije ukrute u svojoj ravnini, ili izvedu nove krute zamjenske stropne konstrukcije, te da se izvede adekvatno povezivanje stropne konstrukcije sa svim zidovima. Ovo vrijedi za sva seizmička područja i za sve zgrade neovisno o vremenu njihove izgradnje.

2. Ima li zgrada zidane zidove s horizontalnim i vertikalnim serklažima (omeđeno ziđe), ili su bez serklaža (neomeđeno ziđe), te međusobna povezanost zidova. Poznato je da horizontalni i vertikalni serklaži značajno povećavaju potresnu otpornost zidanih zgrada, a ono što je izrazito važno, da i u slučaju sloma zidanog zida u potresu sprečavaju globalni kolaps zgrade. Zidane zgrade izvedene bez vertikalnih serklaža izrazito su osjetljive i sklone oštećenjima u potresu, pa čak i kada su proračunate na očekivano potresno djelovanje. To nije samo karakteristično za stare zidove od pune opeke u vapnenom mortu ili zidove od kamena, nego i za novije zidove izvedene od opečnih blokova u produžnom mortu. Iskustva iz potresa su pokazala da oštećenja zidanih zgrada bez vertikalnih serklaža su prisutna i kod potresa slabijeg intenziteta, pa čak i kod zgrada koje imaju krute armiranobetonske stropne konstrukcije.

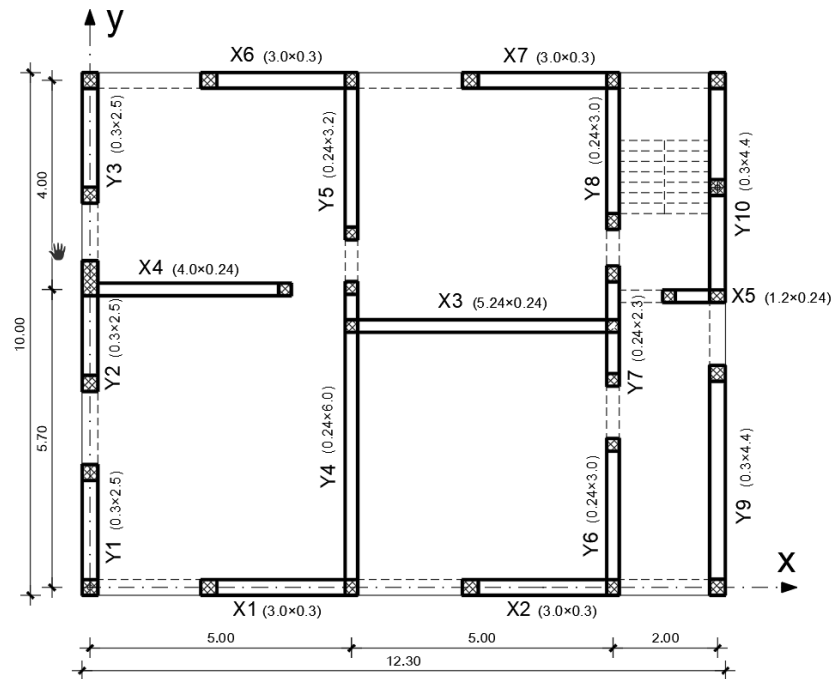


Slika 3 Fotografije oštećenja zgrada od nearmiranog ziđa s betonskim stropovima

Zidane zgrade izvedene od neomeđenog ziđa, tj. bez serklaža, neovisno o vrsti stropnih konstrukcija i vremena izgradnje, svakako treba pojačati izvedbom serklaža. Kod zgrada veće katnosti zidane zidove potrebno je pojačati plošnim pojačanjem zidova, izvedbom FRCM (skraćena od Fabric Reinforced Cementitious Matrix) ili AB obloge (torkretiranje), odnosno izvedbom zamjenskih AB zidova. Ovo vrijedi za sva seizmička područja i za sve zgrade neovisno o vremenu izgradnje.

Zidane zgrade, koje su izvedene s horizontalnim i vertikalnim serklažima (omeđeni zidovi) i imaju krute armiranobetonske stropove, značajno su potresno otpornije od zidanih zgrada bez vertikalnih serklaža (neomeđeni zidovi) i s „mekim“ stropovima. Za manju katnost (Pr.+K) zidane zgrade s krutim stropnim konstrukcijama i omeđenim zidovima uglavnom imaju dostatnu potresnu otpornost i nije ih potrebno pojačavati. Kod zidanih zgrada veće katnosti, a pogotovo ako se radi o zgradama u području većeg seizmičkog intenziteta, potrebno je provesti ocjenu potresne otpornosti. Pojednostavljena ocjena se provodi na način da se prvo provjeri je li raspored zidanih zidova u oba smjera pravilan, te utvrdi odnos površine presjeka zidova u svakom smjeru i površine prizemlja.

Ako je raspodjela omeđenih zidanih zidova tlocrtno približno jednolika i simetrična (slika 4), te ako je zgrada pravilna po visini (približno ujednačenih dimenzija tlocrta po etažama), tada u slučaju da je omjer površine zidova u odnosu na tlocrtnu površinu prizemlja veća od vrijednosti u tablici 1, predmetna zgrada ima dostatnu potresnu otpornost i nije ju potrebno pojačavati. Ako je taj omjer površine presjeka zidova u odnosu na tlocrtnu površinu prizemlja manja od vrijednosti danih u tablici 1 ili ako se radi o nepravilnoj konstrukciji s izrazito nejednolikim i neujednačenim rasporedom zidova, tada u tom slučaju je potrebno protupotresno pojačanje zgrade za sve zidane zgrade izgrađene prije 2007. g.



Slika 4 Tlocrt pravilno izvedenih zidova s prikazom površine zida u X i Y smjeru

Tablica 1 Potrebna površina zidova u prizemlju s obzirom na katnost i ubrzanje tla a_g

| Broj etaža | $\leq 0,10 g$ | 0,10 - 0,15 g | 0,15 - 0,20 g | 0,20 - 0,25 g | $a_g \geq 0,25 g$ |
|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| 1 | 2,0 % | 2,0 % | 2,0 % | 2,5 % | 3,0 % |
| 2 | 2,0 % | 2,0 % | 2,0 % | 2,5 % | 3,0 % |
| 3 | 2,0 % | 2,5 % | 2,5 % | 4,0 % | 6,5 % |
| 4 | 2,0 % | 2,5 % | 3,0 % | 6,0 % | - |
| 5 | 2,0 % | 3,5 % | 5,0 % | - | - |

Ako se pogleda tablica 1 za područje niskog seizmičkog intenziteta, zgrade izvedene sa serklažima i krutim stropovima zadovoljavaju glede potresne otpornosti čak do 5 etaža i nije ih potrebno pojačavati. Zgrade u području visokog seizmičkog intenziteta, kao što je područje Zagreba, Dubrovnika i sl., praktično ako imaju više od nadzemne 2 etaže nemaju dostatnu potresnu otpornost i potrebno ih je protupotresno pojačati.

Kod zgrada koje imaju izvedene zidane zidove s vertikalnim i horizontalnim serklažima, te krutim stropnim konstrukcijama u slučaju nedovoljne površine zidova u prizemlju s obzirom na katnost moguće je pojačati:

- dodavanjem dodatnih zidanih zidova sa serklažima na način da se neki pregradni zidovi pretvore u ukрутne nosive zidove na potres i time se poveća površina zidova.
- izvedbom pojačanja postojećih zidanih zidova dodavanjem FRCM ili AB (torkret) obloge u cilju povećanja nosivosti.
- zamjenom postojećih, ili izvedbom novih AB zidova veće krutosti i nosivosti, koji će omogućiti posmično rasterećenje postojećih zidanih zidova i preuzeti veći dio potresnog djelovanja zgrade.
- kombinacijom prethodno navedenih intervencija.

- Utvrđiti od čega su izvedeni zidani zidovi. Zidani zidovi su zidani različitim materijalima i zidnim elementima. U pogledu nosivosti i potresne otpornosti zidovi zidani različitim zidnim elementima i vrstom zidanja mogu se bitno razlikovati. Stoga je bitno prvo utvrditi jesu li zidani zidovi zidani kamenim, opečnim ili betonskim zidnim elementima, te način zidanja. U prošlosti zidani zidovi su često zidani kamenom. Zidani zidovi od lomljenog kamena su u pravilu

najlošiji u pogledu potresne otpornosti. To se posebno odnosi na višeslojne zidove od lomljenog kamena prikazanih na slici 5.



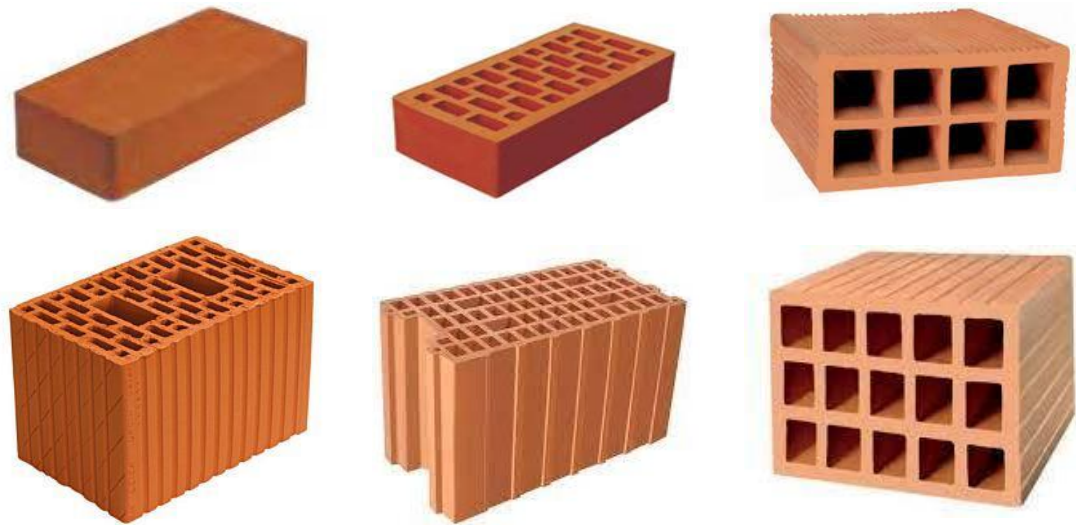
Slika 5 Fotografije zidanog zida od lomljenog kamena

Kod takvih zidova u potresu lako dolazi do raslojavanja i degradacije strukture zida, a samim tim i urušavanja zida i dijela zgrade (slika 6). Kod takvih zidove neophodno je izvesti pojačanje zidova. U pravilu kod takvih zidova nije dostatno izvesti samo vertikalne i horizontalne serklaže, nego je potrebno pojačati strukturu ziđa, radi povećanja kompaktnosti u vidu injektiranja zidova, ugradnje veznih elemenata, te izvedbe FRM ili AB (torkret) obloge. Znači kada se radi o kamenim zidovima od lomljenog kamena, pa i kada imaju vertikalne serklaže, nužni su prethodno navedeni radovi pojačanja.



Slika 6 Fotografije degradacije zida zidanog od lomljenog kamena u potresu

Zidani zidovi zidani s opečnim zidnim elementima su generalno potresno otporniji zidovi od zidova zidanih kamenom. Međutim postoji jako puno različitih zidnih elemenata (slika 7).



Slika 7 Neki primjeri različitih opečnih zidnih elemenata

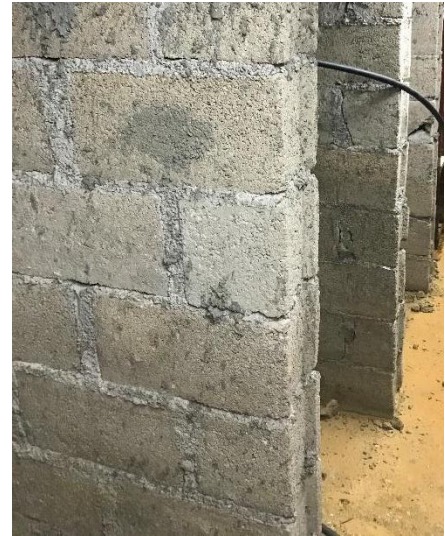
Zidovi zidani od blok opeke s velikim horizontalnim šupljinama, te šuplji zidovi zidani od pune opeke zidane na kant (slika 8) su izrazito osjetljivi jer u potresu lako dolazi do pucanja zidnih elemenata i urušavanja zidanog zida. Stoga u slučaju zidanih zidova izvedenih na takav način, neovisno je li postoje serklaži i krute stropne konstrukcije potrebno je pojačati. Pojačanje takvih zidanih zidova se u pravilu izvodi zamjenom postojećeg zida s novim od pune opeke, ili blok opeke s vertikalnim šupljinama, ili eventualno zamjenom s AB zidovima u slučaju da površina zidanih zidova nije dostatna. Jednostavnija pojačanja u vidu FRCM ili AB (torkret) obloge nisu primjenjiva, jer takvo ziđe se u potresu degradira slično višeslojnim kamenim zidovima, te bilo kakva vanjska obloga nema učinka.



Slika 8 Primjer seizmički neprimjerenih zidanih zidova s blok opekama s horizontalnim šupljinama i šupljeg zidanog zida od pune opeke

Često su zidovi zidani s betonskim, plinobetskim i pjenobetskim zidnim elementima. Plinobetski i pjenobetski zidni elementi (često naziva: ytong ili siporeks) premda imaju manje tlačne čvrstoće su protupotresno povoljni zidni elementi, jer su kompaktni i bez velikih nepovoljnih šupljina. Međutim u prošlosti su se dosta koristili betonski blokovi velikih vertikalnih šupljina (često naziva: betonski kvadri) kao na slici 9. Takvi betonski zidni elementi premda imaju veliku tlačnu čvrstoću su protupotresno nepovoljni, jer u potresu lako raspucaju i dolazi do degradacije zida. Stoga u slučaju da je zgrada zidana s takvim zidnim elementima svakako treba predvidjeti pojačanje zidova. Kao i kod opečnih zidanih zidova s horizontalnim velikim šupljinama i kod ovih zidova optimalno rješenje pojačanja je zamjena postojećeg zida s

novim od prikladnih zidnih elemenata, ili AB zidom. Također nisu moguća pojačanja torkretiranjem ili FRCC sustavima jer u potresu ti zidovi se u potpunosti degradiraju i obloga nema kompaktnu jezgru za koju se pričvršćuje.

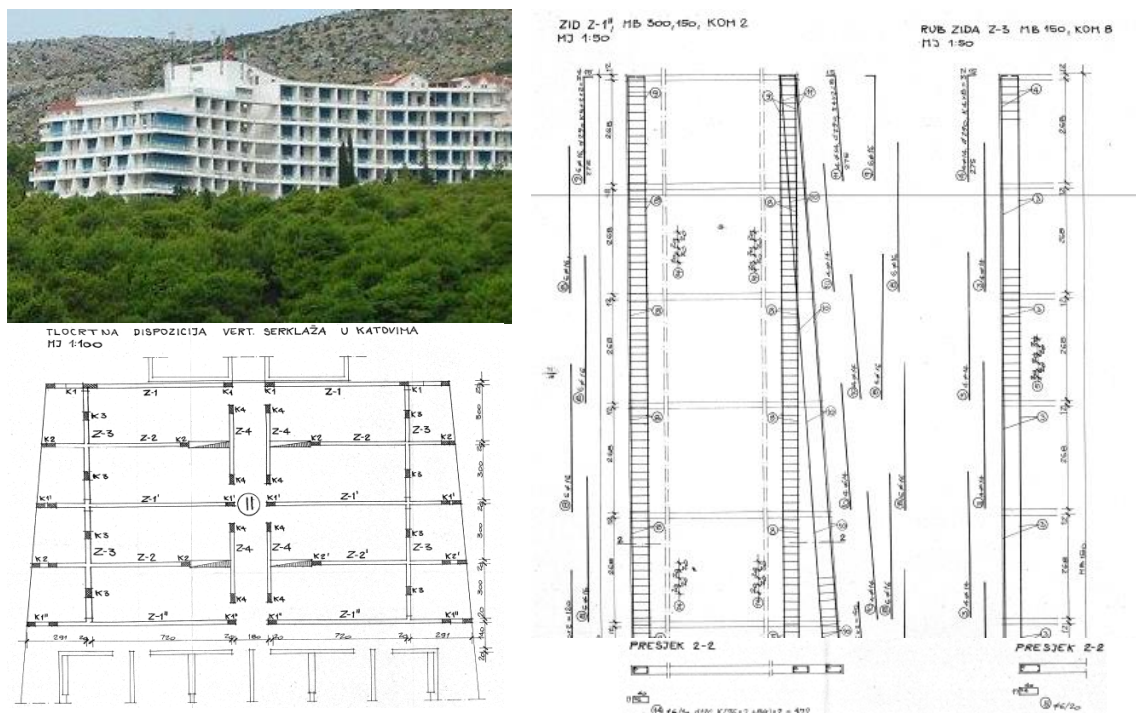


Slika 9 Izgled betonskih zidnih elemenata velikih šupljina i izgleda neprimjerenog zidanog zida

c2. Betonske konstrukcije

Betonske konstrukcije su u pravilu protupotresno puno bolje konstrukcije od zidanih. Međutim i kod njih potrebno je obratiti pozornost na nekoliko bitnih parametara:

1. Radi li se o betonskoj konstrukciji koja je armirana ili nije armirana. Nearmirane betonske konstrukcije su se dosta radile u period do 1965.g. i to kod svih vrsta zgrada (stambenih, poslovnih i u industriji). U periodu od 1965 – 1982.g. zgrada s nearmiranom betonskom konstrukcijom su se puno rjeđe gradile, ali ima primjera. U tom periodu se radi uštede radile kombinacije nearmiranih i armiranih betonskih konstrukcijskih elemenata, kao što je primjer Hotela Medena u Trogiru iz 1971.g. koja ima betonske zidove armirane samo rubno (serklažno), kao što se može vidjeti na slici 10.



Slika 10 Primjer betonske konstrukcije sa zidovima „serklažno“ armirane na rubovima

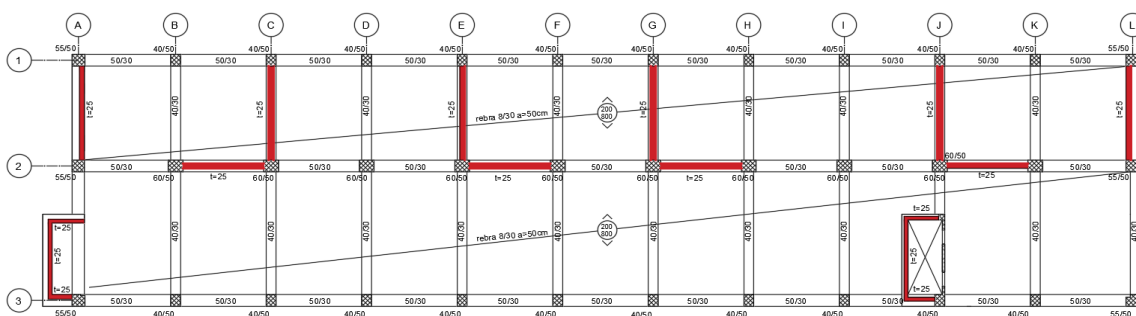
Nakon 1982.g. nisu se radile nearmirane betonske konstrukcije, a ako se i izvodila nearmirana betonska konstrukcija, nije se radilo o glavnoj nosivoj konstrukciji, koja preuzima potresno djelovanje.

Ako se utvrdi da se radi o nearmiranoj betonskoj konstrukciji pristup i analiza su identične kao i za zidane konstrukcije. Sve glade načina pojačanja koja se primjenjuju kod zidanih konstrukcija mogu se primijeniti i kod nearmiranih betonskih konstrukcija. Najčešći načini pojačanja nearmiranih betonskih konstrukcija su: zamjena nearmiranih elemenata s novim armiranobetonskim elementima, izvedba novih AB konstrukcijskih elemenata (zidova), plošno pojačanje s FRP sustavima ili izvedba armiranobetonske obloge.

Načini utvrđivanja je li se radi o armiranoj ili nearmiranoj betonskoj konstrukciji su različiti. Moguće je utvrditi pregledom izvorne tehničke dokumentacije, ako postoji, gdje se već iz arhitektonskih nacрта na temelju šrafure presjeka može vidjeti radi li se o nearmiranom betonu. Drugi načini su ispitivanja, koja mogu biti: razorna - štemanjem dijela konstrukcijskog elementa, ili nerazorna - utvrđivanjem posebnim uređajima (profometar i sl.).

2. Ako se radi o armiranobetonskoj konstrukciji važno je utvrditi radi li se o okvirnoj konstrukciji ili nosivoj konstrukciji s AB zidovima. Kod okvirnih armiranobetonskih konstrukcija važno je utvrditi je li se radi o pravilnoj okvirnoj konstrukciji koja ima okvire u oba smjera ili o „manjkavoj“ okvirnoj konstrukciji koja ima prave okvire samo u jednom smjeru. U periodu do 1965.g. često su se radile okvirne konstrukcije sa ili bez zidane ispune, a koje su imale prave AB okvire samo u jednom smjeru. Stropne konstrukcije su im bile uglavnom jednosmjerni stropovi (sitnorebričasti strop ili tanka ploča nosiva u jednom smjeru) koji se oslanjaju na okomite grede okvira. Međutim u smjeru jednosmjernog stropa (rebara sitnorebričastog stropa) nema greda pa tako nema ni formiranog pravog okvira. Takvi konstrukcijski sustavi su najslabiji jer imaju pravu okvirnu konstrukciju samo u jednom smjeru, dok drugi smjer realno nema jasnog konstrukcijsko sustava, nego je kombinacija tankih opečnih zidova ispune uz indirektno upinjanje stropne konstrukcije u okomite grede okvira. Primjer takve konstrukcije je Hotel Plitvice, HEP Zagreb i dr. Takve konstrukcije je nužno pojačati na način da se dodaju AB zidovi u smjeru kojem nisu pravi okviri, dok u smjeru pravih okvira se mogu primijeniti pravila pojačanja okvira.

Kod „pravih“ okvirnih konstrukcija potrebno je sagledati broj etaža i naravno gdje se zgrada nalazi glede seizmičkog intenziteta. U pravilu zgrade s okvirnom konstrukcijom izgrađene u periodu do 1982.g. imaju dostatnu armaturu na vertikalno opterećenje. Ta armatura je u pravilu dostatna i za preuzimanje potresnog djelovanja za područja niskog seizmičkog intenziteta. Glavni nedostatak je slaba posmična armatura (rijetko postavljene vilice). Stoga ako se radi o okvirnim betonskim zgradama u području niskog seizmičkog intenziteta, izgrađenim do 1982.g. katnosti do Pr+2k, dostatno je izvesti pojačanje ovijanjem stupova i greda u zonama spoja stupova i greda. Ovijanje stupova i greda se može izvesti FRP tkaninom ili metalnim pločevinama i vezicama. Za veću katnost, a pogotovo kada se radi o zgradama u područjima većeg seizmičkog intenziteta, okvirne konstrukcije izgrađene do 1982.g. pored posmične armature nemaju niti dostanu glavnu vlačnu armaturu, a vrlo često niti dostanu krutost. To su potvrdili i potresi u Zagrebu i Petrinji, gdje su takve konstrukcije zbog velikih horizontalnih pomaka uzrokovale velika oštećenja na pregradnim zidovima i pročeljima, te imali značajna oštećenja na stupovima i gredama. Okvirne konstrukcije veće katnosti u područjima srednjeg i većeg seizmičkog intenziteta izgrađene prije 1982.g. potrebno je pojačati. Optimalno pojačanje takvih konstrukcija je dodavanjem ukrutnih zidova u osima postojećih okvira između stupova i greda kao na slici 11.

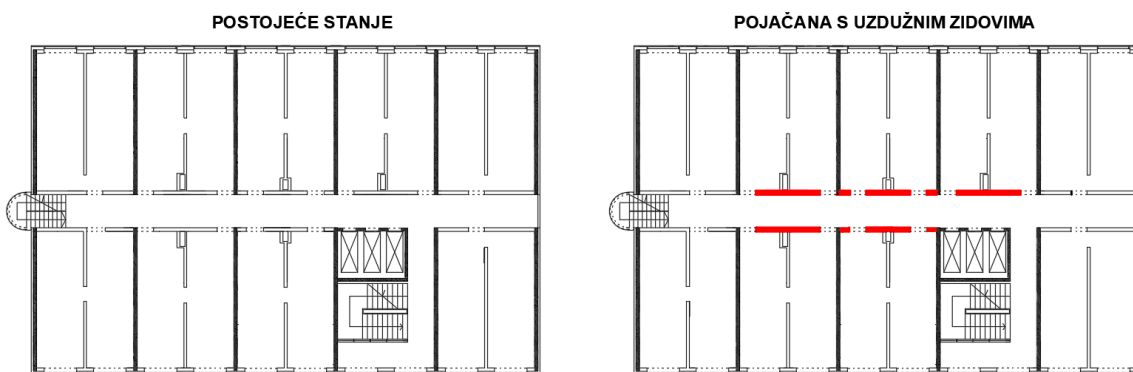


Slika 11 Primjer pojačanja AB okvirnih konstrukcija dodavanjem ukrutnih AB zidova

Kod zgrade izvedenih s AB zidovima prije 1982.g. najvažnije je voditi računa o katnosti zgrade, pravilnosti zidova u tlocrtu i visini, kao i o površini zidova u dva okomita smjera. U pravilu zgrade katnosti do Pr.+4K izvedene s AB zidovima, armiranih minimalnom armaturom, površine zidova veće od 1,5% tlocrtne površine zgrade, imaju dostatnu otpornost ili pojačanje takvih zgrada nije ekonomski opravdano.

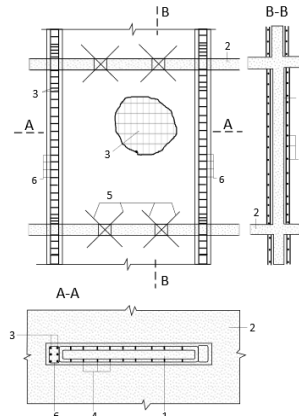
U slučaju da se radi o zgradama veće katnosti, ili zgradama s nedovoljnom površinom zidova (manjom od 1,5%) u bilo kojem smjeru, ili tlocrtno nepravilnim rasporedom zidova, preporuka je da se izvede pojačanje nosive konstrukcije.

Kod zgrada s AB zidovima izvedenih prije 1982.g. čest slučaj je da zgrada u jednom smjeru (najčešće poprečnom) ima dosta zidova, dok u drugom (najčešće uzdužnom) smjeru ima iznimno malo AB zidova ili ima zidane zidove (slika 12- lijevo). U tom slučaju najoptimalnije rješenje pojačanja nosive konstrukcije je dodavanjem novih AB zidova u smjeru kojem je potrebno (slika 12- lijevo). Novi zidovi se mogu izvesti izvan osi okvira, ali u tom slučaju su sigurno potrebni i novi temelji, a mogu se izvesti umjesto postojećih pregradnih, ili zidanih zidova ispune, čime se ne utječe na prostor i obično nisu potrebni novi temelji.



Slika 12 Primjer pojačanja AB konstrukcija dodavanjem ukrutnih AB zidova umjesto pregradnih u smjeru kojem nedostaje

Kod zgrada s AB zidovima koje su izvedene prije 1965.g. često se može dogoditi situacija da zgrada ima dostatnu površinu zidova, ali da su zidovi slabo armirani, tj. nemaju ugrađenu niti minimalnu potrebnu armaturu. U tom slučaju je potrebno postojeće zidove pojačati. Najoptimalniji načini pojačanja postojećih zidova je dodavanjem ovijanjem FRP-om ili izvedbom dodatnog AB sloja u kojem se nalazi dodatna potrebna armatura za preuzimanje potresnog djelovanja.



1. Postojeći zid
2. Postojeća ploča
3. Dodatna uzdužna armatura
4. Dodatna mrežasta armatura
5. Dodatne kose šipke za povezivanje zidova po visini
6. Dodatne vilice na krajevima zida

Kod izvedbe rupa u ploči armatura se ne smije oštetiti.

Slika 13 Primjer pojačanja postojećih AB konstrukcija ovijanjem FRP-om ili izvedbom dodatne AB obloge

C3. Čelične konstrukcije

Čelične konstrukcije su protupošresno najpovoljnije konstrukcije i to prvenstveno zbog manje mase u odnosu na zidane i betonske, te zbog činjenice da je čelik duktilni materijal. Također u Hrvatskoj je izveden mali broj stambenih, poslovnih i javnih zgrada s čeličnom konstrukcijom. Većina čeličnih konstrukcija se odnosi na krovne konstrukcije i konstrukcije u industriji (hale). Kod čeličnih konstrukcija svakako treba utvrditi radi li se o konstrukciji s čeličnim okvirima ili je horizontalna stabilnost osigurana vertikalnim veznim sustavom (vezovima).

Kod zgrada s vertikalnim vezovima u područjima visokog seizmičkog intenziteta često postojeći vezovi nemaju dostatnu nosivost da preuzmu potresno djelovanje. Stoga za zgrade u područjima visokog seizmičkog intenziteta trebalo bi predvidjeti pojačanje postojećih vertikalnih vezova ili dodavanje novih. Kod hala uglavnom postojeći vezovi zadovoljavaju potrebnu nosivost, jer se radi o zgradama malih masa, osim ako u tim halama nisu posebno velika opterećenja na krovnoj konstrukciji. Svakako kod zgrada s vertikalnim vezovima potrebno je provjeriti da tijekom uporabe neki izvorno izvedeni vezovi nisu demontirani radi pregrađivanja, izvedbe prolaza i novih otvora. Na žalost to je čest slučaj da su neki postojeći ukrutni vezovi demontirani ili prerezani.



Slika 14 Fotografije otkazivanja dijagonala vezova u potresu, te oštećenja pročelja i stakala zbog velike fleksibilnosti okvirnih konstrukcija

Glede okvirnih konstrukcija one uglavnom imaju dostatnu potresnu otpornost osim u slučaju zgrada veće katnosti u područjima visokog seizmičkog intenziteta. Okvirne konstrukcije su u pravilu fleksibilne i često u potresu zbog svoje fleksibilnosti i većih horizontalnih pomaka u potresu uzrokuju oštećenje sekundarnih elemenata kao što su pregradni zidovi, zidne ispune i fasade. Stoga u slučaju

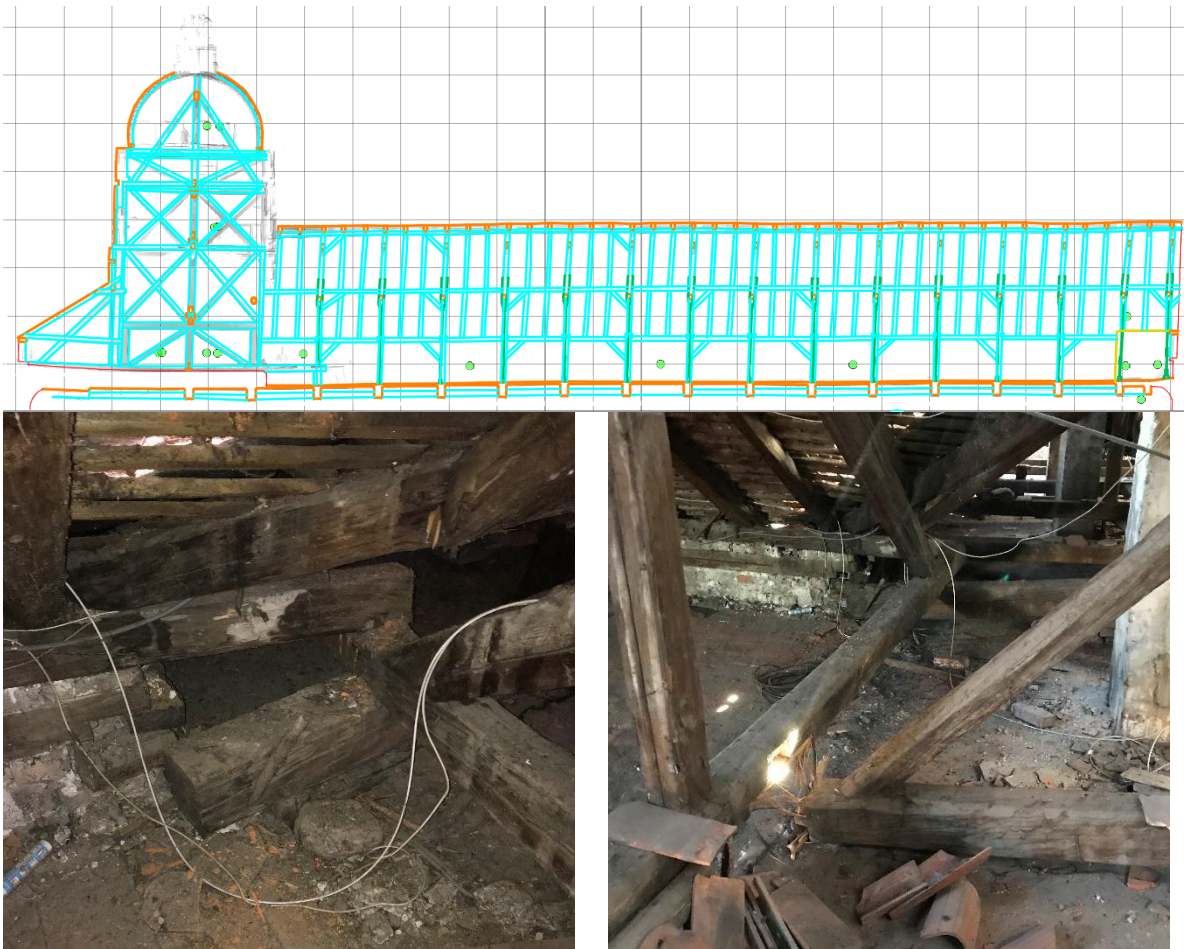
okvirnih konstrukcija zgrada, a pogotovo u područjima visokog seizmičkog intenziteta potrebno je predvidjeti povećanje krutosti i pojačanje čelične okvirne konstrukcije. Pojačanje okvirnih konstrukcija se ostvaruje ili povećanjem presjeka (dodavanjem pločevina i elemenata) ili dodavanjem vertikalnih vezova za povećanje krutosti i nosivosti. Eventualno povećanje krutosti i nosivosti se u nekim slučajevima mogu izvoditi i izvedbom, čeličnih, odnosno spregnutih i AB posmičnih stijena (zidova).

C4. Drvene konstrukcije

Drvene konstrukcije su kao i čelične protupotresno povoljne konstrukcije u odnosu na zidane i betonske, zbog svoje male mase, fleksibilnosti, ali i zbog metalnih spojeva na kojima se troši energija. U Hrvatskoj drvene konstrukcije su se uglavnom primjenjivale kod gradnje niskih i manjih obiteljskih kuća, te kao krovne konstrukcije. Oštećenja u potresu drvenih konstrukcija su u pravilo rijetka i uglavnom se odnose na oštećenja koja su rezultat dotrajalosti drvenih elemenata uslijed neodržavanja (truljenje drva), gdje dolazi do loma pojedinih drvenih elemenata, slabih spojeva gdje dolazi do razdvajanja elemenata, nedostatka ukrutnih elemenata gdje dolazi do gubitka stabilnosti. Stoga u pregledu drvenih konstrukcija nužno je pregledati sljedeće:

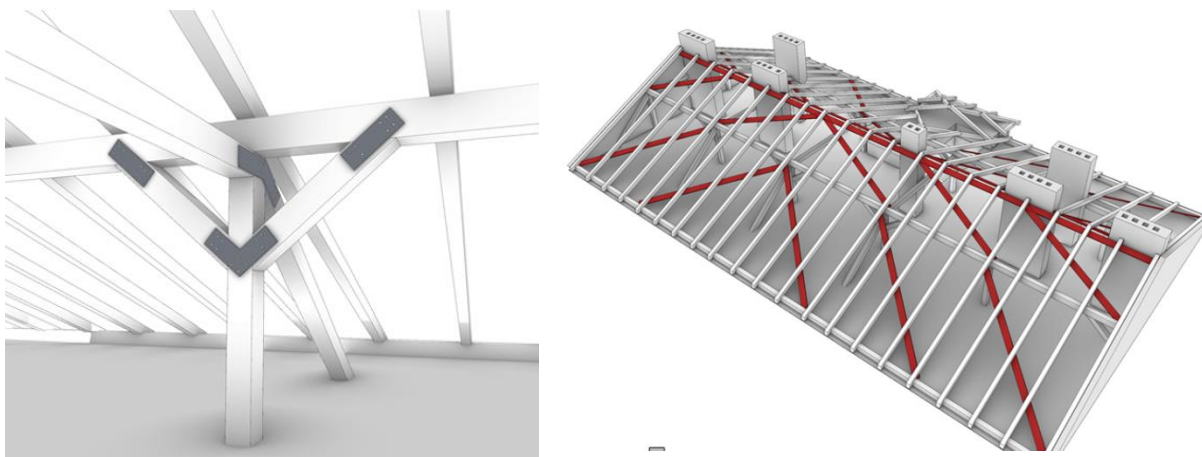
1. Ima li trulih i dotrajalih konstrukcijskih elemenata koje je potrebno zamijeniti.
2. Jesu li spojevi kompaktni i izvedeni s metalnim spojnim sredstvima.
3. Ima li konstrukcija potrebne stabilizacije u vidu vezova ili kosnika koji osiguravaju potrebnu stabilnost.

Na temelju iskustva potresa u Zagrebu i Petrinji najveći dio štete je nastao na krovnim konstrukcijama. Krovne konstrukcije kod puno zgrada izvedenih prije 1982.g. imaju ili loše izvedene spojeve ili su ti spojevi dotrajali. Zbog toga, ali i činjenice da se krovnom konstrukcijom stabiliziraju teške zidane istake kao što su zabati i dimnjaci u potresu se često dogode oštećenja drvene krovne konstrukcije, pa čak i njenog urušavanja (slika 15).



Slika 15 Skica deformacije i fotografije oštećenja krovih drvenih konstrukcija

Tijekom pregleda potrebno je obvezno pregledati krovište, stanje drvene građe, stanje spojeva i prisutnost ukruta koje osiguravaju stabilnost krovne konstrukcije. U pravilu kod velikog broja zgrada izgrađenih prije 1982.g. za očekivati je da će biti neophodni radovi na sanaciji i pojačanju drvene krovne konstrukcije, osim ako u nedavnoj prošlosti nije izvedena rekonstrukcija istog. Radovi na povećanju otpornosti na potres krovne konstrukcije u pravilu obuhvaćaju zamjenu ili pojačanje oštećenih drvenih elemenata (rogova, podrožnica, visulja i sl.), izvedbu novih metalnih spojeva, povezivanje nazidnica sa zidovima na koje se oslanjaju, te daščanje krovne plohe ili izvedbu dijagonalnih ukruta (slika 16). U slučaju starijih krovišta u kojima je građa prosušena i smanjene elastičnosti, planirati metalna spajala koja neće uzrokovati cijepanje elemenata pri ugradnji (nazubljene ploče, samourezni vijci i sl.)



Slika 16 Skica uobičajenih pojačanja krovne konstrukcije

2. Preporuke za procjenu postojeće potresne otpornosti i potrebna pojačanja

Ocjena potresne otpornosti je složen posao i konačna ocjena može se utvrditi tek nakon provedbe istražnih radova i numeričke analize predmetne zgrade. Međutim u uvodnom dijelu su prikazani osnovne zakonitosti u pogledu potresne otpornosti zgrade s obzirom seizmički intenzitet područja na kojem se nalazi, vrijeme građenja i tip konstrukcije. U ovom poglavlju će se skraćeno prikazati postupak procjene potresne otpornosti, tj. provedbe pregleda stanja zgrade i kako utvrditi je li zgradu protupotresno pojačati, te koje mjere predložiti. Bitno je da vizualni pregled i ocjenu provodi stručna osoba iz područja projektiranja nosivih konstrukcija.

Vizualni pregled stanja postojeće zgrade je neophodno provesti da bi se mogli donijeti bilo kakvi zaključci. Nikako nije dopušteno donositi procjenu na temelju fotografija ili podataka gdje je i kolika je zgrada. Također je poželjno prije provedbe vizualnog pregleda pregledati dostupnu tehničku dokumentaciju po kojoj je zgrada izvedena kako bi se lakše utvrdio konstrukcijski sustav i nosiva konstrukcija općenito. Tijekom vizualnog pregleda poželjno je imati priručni alat u vidu baterije, čekića, skalpela i odvijača, kako bi se minimalnim otvaranjem i udarom čekića moglo provjeriti o kojem tipu zidova se radi, pogotovo u slučaju kada je kompletna nosiva konstrukcija skrivena oblogom.

Procjena se donosi nakon pregleda dostupne tehničke dokumentacije zgrade (ako postoji) i provedenog vizualnog pregleda analizirajući osnovne i dodatne podatke.

a. Osnovni podaci za procjenu potresne otpornosti i potrebnih pojačanja

Osnovni podaci o zgradi su opći i prvi uočeni podaci, koji su neophodni i za procjenu potrebe za pojačanjem konstrukcije, ali i za procjenu troška potrebnih radova pojačanja. Radi se o sljedećim podacima:

a1. Lokacija zgrade i područje seizmičkog intenziteta (a_g)

Prvi podatak je gdje se zgrada nalazi i u kojem je području seizmičkog intenziteta. Na temelju karte na slici 1 ili preko web stranice: <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php> se utvrdi vršno ubrzanje tla tipa A za predmetnu lokaciju. Ako je vršno ubrzanje tla veće od 0,20g tada se radi o području visokog seizmičkog intenziteta i za očekivati je da ako se radi o starijoj zgradi ili zgradi veće katnosti da zgrada nema dostatnu potresnu otpornost i da ju je poželjno pojačati.

a2. Vrijeme izgradnje zgrade (T_g)

Drugi podatak je vrijeme izgradnje zgrade. Naravno da ako se radi o zgradi koja je izgrađena prije 1965.g. za očekivati je da zgrada vjerojatno nema dostatnu potresnu otpornost i da ju je poželjno pojačati. Isto tako ako je zgrada izvedena nakon 1981.g. vjerojatno ima prihvatljivu potresnu otpornost i povećanja potresne otpornosti u cilju postizanja suvremenih protupotresnih svojstava, ili nisu potrebna, ili njihova izvedba nije optimalna, odnosno opseg i trošak intervencija nije proporcionalan povećanju potresne otpornosti u skladu s danas važećim propisima.

a3. Vrsta zgrade – obiteljska kuća, stambena zgrada, poslovna zgrada, škola, bolnica i dr.

Ovaj podatak je bitan da se utvrdi važnost zgrade. Obiteljske kuće su manje i najmanje važnosti, dok su škole i bolnice izrazito važne. Stoga ako se radi o važnijim zgradama tipa škole, bolnice, vatrogasne postaje i sl. starije od 1982.g. njih bi svakako trebalo pojačati, ili razmisliti o njihovom izmještanju, te eventualno o gradnji nove zamjenske zgrade, ako nije moguće provesti njihovo pojačanje, ili je ono financijski neopravdano. Obiteljske kuće i manje stambene zgrade, pogotovo u područjima manjeg seizmičkog intenziteta za očekivati je da imaju prikladnu potresnu otpornost i da nije potrebno pojačanje nosive konstrukcije.

a4. Etažnost zgrade i pravilnost etaža (npr. Pr+2K+Po i sl.)

Kao što je u poglavlju 1 opisano, zgrade niske katnosti protupotresno su povoljnije. Ako se radi o prizemnici, ili o zgradi Pr+K, koja nije jako stara, tj. izgrađena je nakon 1965.g. za očekivati je da ju nije potrebno pojačavati i da ima prikladnu potresnu otpornost. Naravno ako se radi o zgradi veće katnosti, npr. Pr+5K, pogotovo u području velikog seizmičkog intenziteta, za očekivati je da zgrada nema dostatnu potresnu otpornost i da ju je potrebno pojačati. Također je važna i tlocrtna pravilnost zgrade, odnosno pravilnost zgrade po visini. Zgrade su tlocrtno pravilne ako su im tlocrti pojedinih etaža približno pravokutnog ili trapeznog oblika, dok su nepravilne one koje imaju tlocrte L i U oblika. Također zgrade su pravilne po visini, ako su im etaže približno jednake i ako nema značajnijeg uvlačenja pojedinih etaža, tj. ako su sve etaže približno tlocrtno jednake i ima nekakvih naglih promjena tlocrta i sl.

a5. Bruto površina pojedinih etaža, krovništva i ukupna bruto površina zgrade

Radi se o podacima bruto površina: A_{Po} ; A_{Priz} ; A_{nK} ; A_{Krov} ; A_{Strop} i A_{bruto}

Sama bruto površina pojedinih etaža i ukupna bruto površina ne daje direktne smjernice kod procjene potresne otpornosti, ali su bitni kod izračuna procjene investicije pojačanja.

a6. Površina konzolnih zabata u slučaju potkrovlja i tavana (A_{Zabat})

Radi se o podacima površina samostojećih zabata, koje će vjerojatno trebati pojačati, ako nisu povezani za krovnu konstrukciju ili ako nisu izvedeni s pravim sustavom AB serklaža.

a7. Duljina dimovodnih cijevi - dimnjaka

Potrebno je utvrditi postoje li konzolni dimnjaci, a zatim o koliko dimovodnih cijevi se radi i kolika je ukupna duljina dimnjaka svedena na jednu dimovodnu cijev. U pravilu na krovu je više dimnjaka koji

mogu imati jednu ili više dimovodnih cijevi. Na temelju iskustva iz potresa u Petrinji i Zagrebu ako su na zgradi izvedeni konzolni samostojeći dimnjaci, neophodno ih je pojačati i pridržati. Da bi se mogao izračunati trošak njihova pojačanja, potrebno je utvrditi ukupnu duljinu dimnjaka svedenu na jednu dimovodnu cijev prema izrazu: $L_{dimnj} = \sum_{i=1}^n h_i$

b. Dodatni podaci o vrsti nosive konstrukcije

Podaci o vrsti nosive konstrukcije su ključni za procjenu potrebe za protupotresnim pojačanjem i utvrđivanje vrste pojačanja. Radi se o sljedećim podacima:

b1. Ima li zgrada nepridržane dimnjake

Ako zgrada ima dimnjake visine veće od 1,0 m, koji su konzolni i nisu pridržani krovnom, ili nekom zasebno konstrukcijom, preporuka je izvesti pojačanje konstrukcije dimnjaka i povezivanje s krovnom konstrukcijom.

b2. Ima li zgrada nepridržane zabatne zidove u tavanu ili potkrovlju

Ako zgrada ima zabatne zidove iznad stropa zadnje etaže visine veće od 1,0 m i ako su zidani i nepridržani, preporuka je izvesti pojačanje i povezivanje zabatnih konzolnih zidova za ostatak konstrukcije (krovište ili okomite zidove).

b3. Ima li zgrada drveno krovište

Ako zgrada ima drveno krovište i ako se radi o starijoj zgradi izgrađenoj prije 1982.g. preporuka je da se provede pregled konstrukcije, provede detaljna analiza, te prema potrebi popravak, povezivanje i dodatna stabilizacija krovišta.

b4. Ima li zgrada „meke“ drvene stropove, svodove ili krute armiranobetonske stropove

Ako zgrada ima stropne konstrukcije od drvenih grednika ili zidane svodove preporuka je da se izvede pojačanje predmetnih stropova povećanjem krutosti u ravnini i povezivanjem sa svim nosivim zidovima. Ako zgrada ima krute betonske stropove tada nije potrebno pojačavati stropne konstrukcije, osim ako nisu oštećene zbog neodržavanja ili neadekvatne uporabe.

b5. Nosiva konstrukcija je zidana bez serklaža (neomeđeno ziđe)

Ako je zgrada zidana i nema vertikalnih serklaža preporuka je da se zidani zidovi pojačaju neovisno o katnosti i području seizmičkog intenziteta. Način pojačanja odabrati na sljedeći način:

1. Ako površina zidova u oba smjera je veća od vrijednosti danih u tablici 1 i ako se ne radi o kamenim zidovima od lomljenog kamena, pojačanje se može izvesti izvedbom vertikalnih serklaža sukladno važećim normama.
2. Ako je površina zida u jednom ili oba smjera manja od vrijednosti danih u tablici 1 i ako se ne radi o kamenom zidovima od lomljenog kamena pojačanje se može izvesti na sljedeće načine:
 - a) Izvedbom vertikalnih serklaža na postojećim zidovima uz izvedbu dodatnih zidanih zidova s vertikalnim serklažima kako bi se postigle vrijednosti površina zidova danih u tablici 1.
 - b) Izvedbom FRCM ili AB obloge (torkret) na svim zidovima
 - c) Izvedbom novih ili zamjenskih AB zidova + vertikalni serklaži, ili FRCM / AB obloga na onim zidovima umjesto kojih se ne izvode zamjenski AB zidovi.
 - d) Izvedbom zatega i dodatno povezivanje zidova na neki od uobičajenih tehnika u praksi.
 - e) Kombinacijom prethodno navedenih u slučaju kada zbog posebnosti nije moguće odabrati jednostavno tehničko rješenje (npr. stare urbane jezgre pod zaštitom).
3. Ako se radi o starim kamenim zidovima od lomljenog kamena, neovisno o njihovoj površini, preporuka je da se prvo izvede injektiranje i konsolidacija zidanih zidova, te pojačanje FRCM ili AB oblogom (torkret). Ako se radi o povijesnim zgradama kod kojih nije moguće provesti preporučeni način pojačanja moguće je primijeniti neku od uobičajenih tehnika u praksi, kao što su: povezivanje zidova na spojevima ugradnjom metalnih spojnih elemenata (zatega,

limova i sl.) , izvedbom skrivenih čeličnih okvira oko otvora, povezivanje zidova sa stropnim i krovnim konstrukcijama, parcijalno postava FRCM obloge i dr.

b6. Nosiva konstrukcija je zidana sa serklažima (omeđeno žiđe)

Ako je zgrada zidana sa serklažima potrebno je usporediti površinu zidova i katnost zgrade s tablicom 1. Ako zgrada ima vertikalne serklaže i površinu zidova u oba smjera veću nego zahtijevanu u tablici 1, tada nije nužno pojačavati omeđene zidane zidove. Ako u jednom ili oba smjera ima manju površinu zidova nego je u tablici 1, preporuka je da se izvede pojačanje zidane konstrukcije.

1. Ako je površina zida u jednom ili oba smjera manja od vrijednosti danih u tablici 1 pojačanje se može izvesti na sljedeće načine:
 - a) Izvedbom dodatnih zidanih zidova s vertikalnim serklažima kako bi se postigle vrijednosti površina zidova danih u tablici 1.
 - b) Izvedbom FRCM ili AB obloge (torkret) na svim zidovima
 - c) Izvedbom novih ili zamjenskih AB zidova.
 - d) Izvedbom zatega i dodatno povezivanje zidova na neki od uobičajenih tehnika u praksi.
 - e) Kombinacijom prethodno navedenih u slučaju kada zbog posebnosti nije moguće odabrati jednostavno tehničko rješenje.
2. Ako se radi o zgradama veće katnosti u području visokog seizmičkog intenziteta, preporuka je izvedba AB zamjenskih zidova.

b7. Nosiva konstrukcija je od nearmiranih betonskih zidova (nearmirane konstrukcije)

Ako je zgrada izvedena od nearmiranog betona, tj. nearmiranih betonskih zidova, neovisno o katnosti i površini zidova, preporuka je da se izvede pojačanje takve konstrukcije. Pojačanje nearmiranih betonskih zidova može se pojačati na sljedeće načine:

- a) Izvedbom FRP pojačanja ili AB obloge na svim zidovima
- b) Izvedbom zamjenskih i novih AB zidova umjesto postojećih nearmiranih zidova.

FRP pojačanje, kao jedini način pojačanja, prihvatljiv je kod zgrada manje katnosti i u područjima umjerenog do niskog seizmičkog intenziteta. Za veće seizmičke intenzitete preporuka je izvedbe AB obloge veće debljine ili zamjenskih AB zidova.

b8. Nosiva konstrukcija je okvirna armiranobetonska konstrukcija

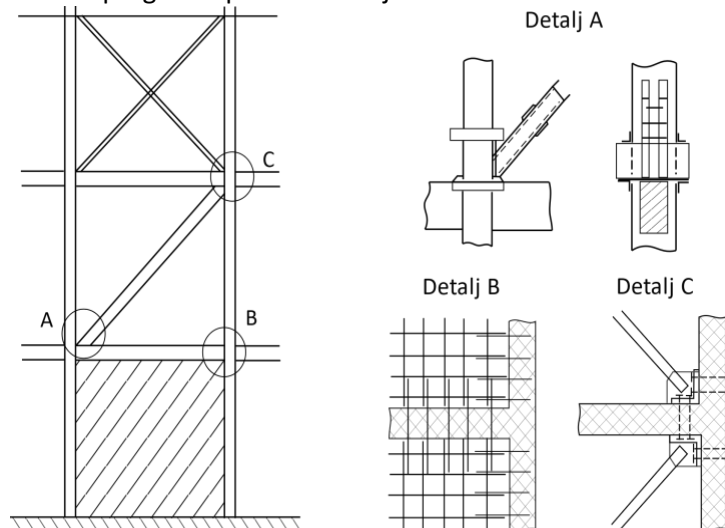
Zgrade s armiranobetonskim okvirima izgrađene prije 1982.g. u pravilu nemaju dostatnu potresnu otpornost i preporuka je da ih se pojača. Pri tome potrebno je razlikovati sljedeće:

1. Ako se radi o niskim zgradama, katnosti Pr.+2K u područjima niske i umjerene seizmičnosti tada je u pravilu dostatno izvesti pojačanje ovijanjem stupova i greda u zonama spoja stupova i greda FRP tkaninom ili metalnim pločevinama i vezicama.



Slika 17 Skice pojačanja AB okvirnih konstrukcija ovijanjem čvorova FRP tkaninom i čelikom

2. Za veću katnost, a pogotovo u područjima većeg seizmičkog intenziteta, okvirne konstrukcije potrebno pojačati u cilju povećanja i nosivosti i krutosti, na sljedeće načine:
- Izvedbom ukrutnih AB zidova ili jezgri. Poželjno je zidove izvesti u osima okvira kako bi se iskoristila postojeća temeljna konstrukcija. Novi AB zidovi mogu imati otvore.
 - Izvedbom čeličnih vertikalnih vezova između postojećih stupova i greda.
 - Izvedbom čeličnih ili spregnutih posmičnih stijena.



Slika 18 Skice načina pojačanja okvirnih AB konstrukcija dodavanjem AB zidova ili čeličnih vezova

Zgrade s AB okvirima, koje su izvedene nakon 1982. g., u pravilu imaju dostatnu potresnu otpornost i pojačanje potresne otpornosti u cilju postizanja suvremenih protupotresnih svojstava ili nisu potrebna, ili njihova izvedba nije optimalna, odnosno opseg i trošak intervencija nije proporcionalan povećanju seizmičke otpornosti u skladu s danas važećim propisima. Međutim, ako se radi o izrazito važnim zgradama, kao što su kliničko-bolnički centri, sjedišta vatrogasni postrojbi (4 kategorija zgrada), onda u tom slučaju i za zgrade izgrađene nakon 1982. g. do 2007. g. potrebno je pojačati dodavanjem AB ukrutnih zidova ili čeličnih vezova.

b9. Nosiva konstrukcija je od armiranobetonskih zidova

U pravilu zgrade izgrađene prije 2007. g. katnosti do Pr.+4K izvedene s AB zidovima, armiranih minimalnom armaturom, površine zidova veće od 1,5% tlocrtne površine zgrade, imaju dostatnu otpornost, ili pojačanje takvih zgrada nije ekonomski opravdano. Naravno ovo vrijedi za većinu zgrada osim za iznimno važne zgrade 4 kategorije, kao što su kliničko bolnički centri i sl.

U slučaju da se radi o zgradama veće katnosti, ili zgradama s nedovoljnom površinom zidova (manjom od 1,5%) u bilo kojem smjeru, ili nepravilnim rasporedom zidova, preporuka je da se izvede pojačanje nosive konstrukcije, jer vjerojatno zgrada nema dostatnu potresnu otpornost. Pojačanje nosive konstrukcije se može izvesti na jedan o sljedećih načina:

- Pojačanjem postojećih zidova FRP oblogom (ovijanje) ili ojačanje postojećih zidova dodavanjem čeličnih lamela i pločevina.
- Pojačanje postojećih AB zidova izvedbom dodatnog AB sloja u kojem se nalazi dodatna potrebna armatura za preuzimanje potresnog djelovanja.
- Izvedbom novih AB zidova u cilju povećanja ukupne površine zidova i rasterećenja postojećih.
- Kombinacijom prethodno navedenih postupaka.

b10. Nosiva konstrukcija je čelična (okviri i/ili okvir s vertikalnim veznim sustavom (vezovima))

Kod zgrada u visokogradnji (zgrada) s čeličnom skeletnom okvirnom konstrukcijom u područjima visokog seizmičkog intenziteta katnosti veće od Pr+K uglavnom nemaju dostatnu nosivost na potresno djelovanje ili nemaju potrebnu krutost (previše su fleksibilne). Stoga je preporuka sve čelične skeletne konstrukcije u visokogradnji (ne industrijske hale i inženjerske zgrade) veće katnosti

od Pr+K u zonama umjerenog i visokog seizmičkog intenziteta pojačati. Pojačanje nosive konstrukcije se može izvesti na jedan o sljedećih načina:

- a) Povećanjem presjeka vijčanim spajanjem ili zavarivanjem dodatnih čeličnih limova i profila.
- b) Zamjenom postojećih vertikalnih vezova s jačim (prvenstveno se odnosi na dijagonale i spojeve).
- c) Izvedbom novih dodatnih vertikalnih vezova.
- d) Izvedbom novih ukrutnih AB zidova između postojećih okvira.

Svakako pozornost obratiti kod pregleda, jer čest slučaj je da su tijekom uporabe zgrade pojedini vertikalni vezovi uklonjeni ili oštećeni. Provjeriti je li postoji dostatan broj vertikalnih ukruta.

Ovdje su dane grube procjene, a konačni način pojačanja konstrukcije projektant određuje kroz izradu projektne dokumentacije gdje treba voditi računa i o načinu i mjestima pojačanja kako se ne bi dogodio neželjeni način otkazivanja, npr. formiranje plastičnog zgloba u stupu, itd.

b11. Nosiva konstrukcija je drvena (cijela nosiva konstrukcija je drvena)

Kod drvenih konstrukcija pojačanje konstrukcije je potrebno ako se tijekom pregleda utvrdi: da su elementi konstrukcije oštećeni uslijed truljenja, da su spojna sredstva oštećena ili neadekvatna, te da nema dostatan broj ukrutnih elemenata koji osiguravaju prostornu stabilnost konstrukcije.

Ako tijekom pregleda ništa od prethodno navedenog nije uočeno tada u tom slučaju u pravilu drvenu konstrukciju nije potrebno pojačavati.

c. Procjena postojeće potresne otpornosti i potrebna pojačanja potresom oštećenih zgrada

Ove smjernice obuhvaćaju sve zgrade u Hrvatskoj, uključujući i zgrade na nedavno potresom pogođenim područjima. Prethodno opisane preporuke za procjenu postojeće potresne otpornosti i potrebna pojačanja vrijede i za zgrade na tim područjima. To znači da kod svih zgrada, i oštećenih i neoštećenih zgrada, na nedavno potresom pogođenom području, potrebno je primjenjivati prethodno prikazane preporuke za procjenu postojeće potresne otpornosti i potrebna pojačanja.

Budući da je značajan broj zgrada na tim područjima oštećeno to samo olakšava donošenje procjene postojeće potresne otpornosti i potrebe za sanacijom i pojačanjem nosive konstrukcije zgrade. Za zgrade koje su u potresu oštećene podrazumijeva se da nemaju potrebnu potresnu otpornost i da ih je potrebno pojačati. Također vrste oštećenja nastalih u potresu upućuju na kritične elemente nosive konstrukcije, koje je potrebno pojačati. Preporuka je kod pregleda oštećenih zgrada koristiti prethodno navedene preporuke glede procjene postojeće potresne otpornosti, jer na pojedinim zgradama se može dogoditi da zgrada zbog parcijalnog oštećenja i parcijalnog urušavanja dijela konstrukcije ima manja oštećenja na drugom dijelu zgrade. To može ponekad dovesti do zaključka da takve zgrade je potrebno pojačati samo u dijelu oštećenih konstrukcijskih elemenata, pri tome zaključujući da neoštećeni elementi imaju potrebnu nosivost. Postoji mogućnost da pojačanjem oštećenih konstrukcijskih elemenata pri istom potresu bi se oštetili trenutno neoštećeni konstrukcijski elementi.

Treba imati u vidu da intenzitet potresa u velikom dijelu nedavno potresom pogođenom području nije bio maksimalni očekivani, pogotovo na zagrebačkom području. Veliki broj zgrada na tim potresom pogođenim područjima nije značajno oštećen u nedavnim potresima, međutim to ne znači da slabo oštećene, ili neoštećene zgrade imaju potrebnu potresnu otpornost. Preporuka je da se i za njih provede procjena potrebe za protupotresnim pojačanjem kako bi se postigla potrebna otpornost za slučaj maksimalno očekivanog intenziteta potresa.

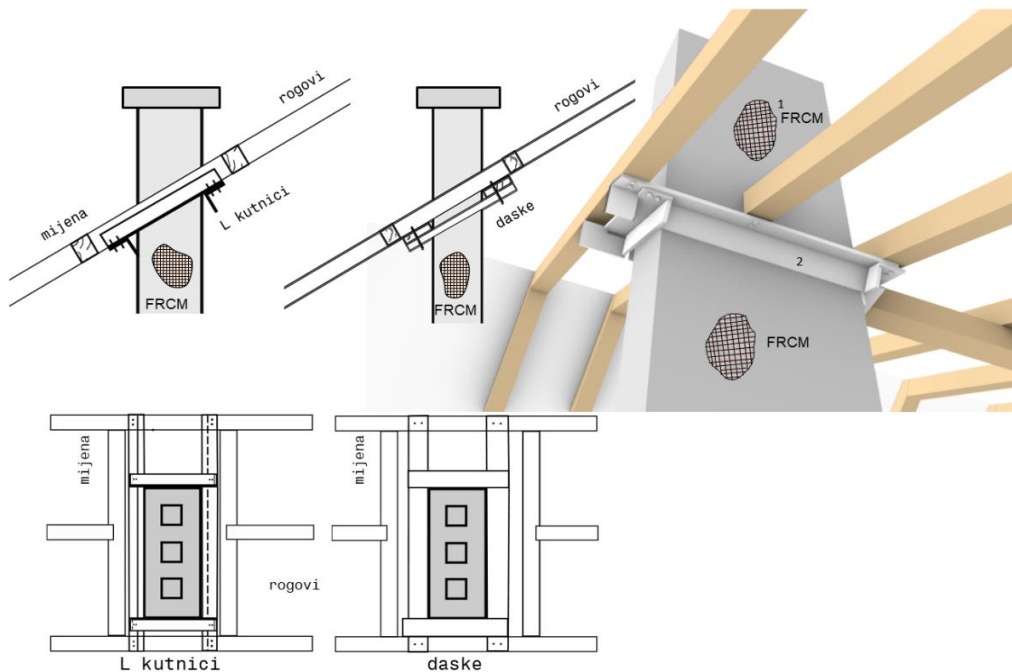
3. Tehnike protupotresnog pojačanja konstrukcije i procjena troškova

U ovom poglavlju će se navesti najčešće primjenjivane tehnike pojačanja pojedinih konstrukcijskih elemenata i sklopova, na temelju kojih je određena procjena koštanja pojačanja. Pored navedenih postoji još čitav niz tehnika koje se mogu primjenjivati i koje se nalaze u literaturi. Svakako će se kod pojedinih zgrada, a posebno koje su zaštićeno nepokretno kulturno dobro, primjenjivati i druge tehnike. Međutim ovdje će se skraćeno prikazati najčešće korištene tehnike dostatne za procjenu troškova i uvida koje bi to intervencije bile nužne, ali tijekom procjene stručnjak koji provodi procjenu može navesti i druge tehnike i procjenu investicije.

a. Tehnike i procjena troškova pojačanja konzolnih dimnjaka

a1. Pojačanje dimnjaka izvedbom FRCM obloge i povezivanjem za drvenu krovnu konstrukciju

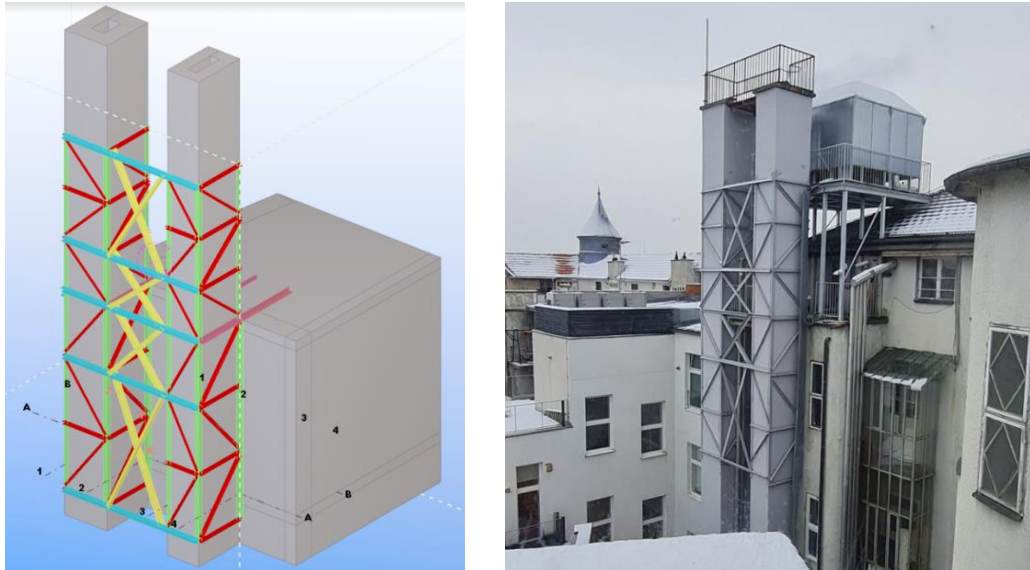
Predmetna tehnika je najjednostavnija jer obuhvaća uklanjanje postojeće žbuke i čišćenje sljubnica, te izvedbu FRCM obloge i povezivanje drvenim ili metalnim elementima za krovnu konstrukciju. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za dimnjak s jednom cijevi presjeka 45×45 cm i 1 m visine.



Slika 19 Pojačanje dimnjaka FRCM oblogom

a2. Pojačanje dimnjaka ovijanjem čeličnom rešetkom i povezivanjem za krov ili strop

Predmetna tehnika se izvodi na način da se prvo izvede popravak sljubnica i žbuke oko dimnjaka, te oko dimnjaka izvede prostorna čelična rešetkasta konstrukcija koja osigurava potrebnu stabilnost. Predmetna tehnika je prihvatljivija kod većih ili visokih dimnjaka. Važno je uzeti u obzir izgled pojačanog dimnjaka i eventualnu potrebu za završnom oblogom (maskom). U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena cijene je određena za dimnjak s jednom cijevi presjeka 45×45 cm i 1m visine.



Slika 20 Pojačanja dimnjaka čeličnim rešetkama

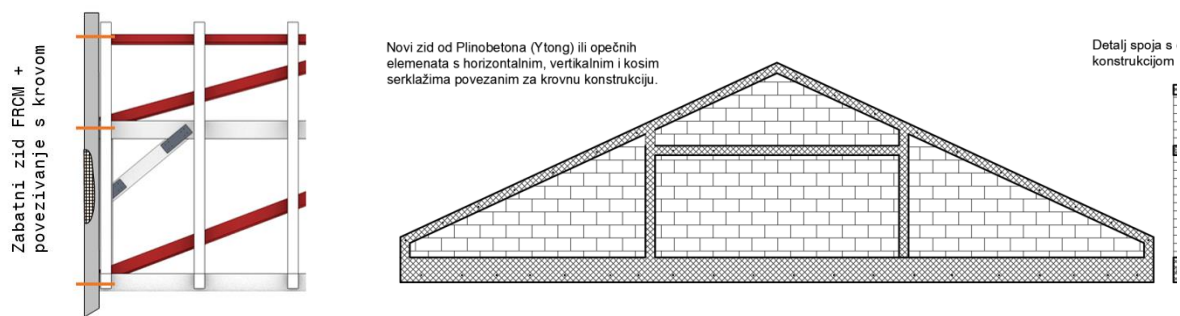
a3. Pojačanje dimnjaka izvedbom novog zamjenskog dimnjaka nekog od tipskih sustava.

Predmetna tehnika podrazumijeva uklanjanje postojećeg dimnjaka i izvedbu novog zamjenskog dimnjaka jednog od poznatih sustava dostatne stabilnosti. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za dimnjak s jednom cijevi presjeka 45×45 cm i 1 m visine i obuhvaća razgradnju postojećeg i izvedbu novog bez završne obrade.

b. Tehnike i procjena troškova pojačanja krovnih zabata

b1. Pojačanje zabata izvedbom obostrane FRCM obloge i povezivanjem za drvenu krovnu konstrukciju

Predmetna tehnika je najjednostavnija za izvedbu jer obuhvaća uklanjanje postojeće žbuke i čišćenje sljubnica, te izvedbu FRCM obloge i povezivanje u razini krovne konstrukcije. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² površine zabatnog zida i ne uključuje završnu oblogu zida (fasadu).



Slika 21 Pojačanja zabata FRCM-om (lijevo) ili zamjenska izvedba novog sa serklažima

b2. Pojačanje zabata izvedbom novog zamjenskog zida sa serklažima

Predmetna tehnika predstavlja varijantu da se postojeći zabati razgrade i izvede novi zabatni zid od plinobetona ili blok opeke sa serklažima i povezivanjem za krovnu i stropnu konstrukciju. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² površine zabatnog zida bez završne obloge.

c. Tehnike i procjena troškova pojačanja krovne konstrukcije

c1. Pojačanje krovne konstrukcije zamjenom oštećenih drvenih elemenata, popravkom/pojačanjem spojeva metalnim spojnim sredstvima i dodavanjem ukrutnih elemenata.

Predmetna tehnika je najjednostavnija jer obuhvaća zamjenu oštećenih krovnih elemenata, popravak i pojačanje spojeva ugradnjom dodatnih metalnih spojnih sredstava, te izvedbu stabilizacijskih elemenata (kosnika, dijagonala i sl.). Vidi sliku 16. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² površine krovne plohe.

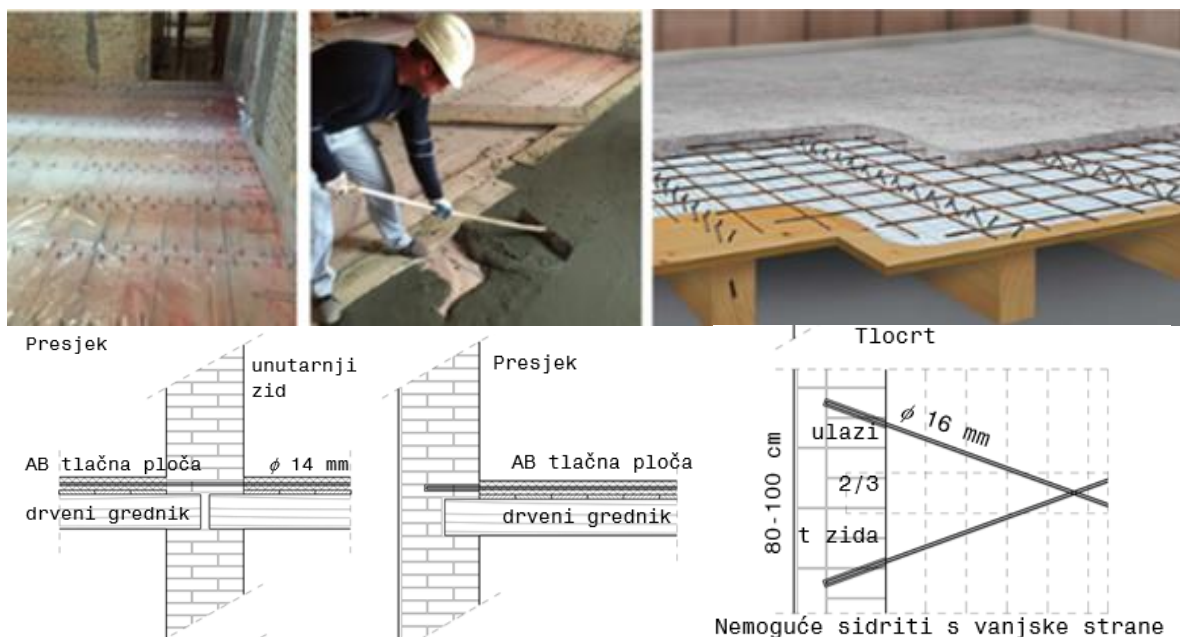
c2. Pojačanje krovne konstrukcije izvedbom nove zamjenske krovne konstrukcije

Predmetna tehnika se primjenjuje kada je drveno krovište zaista u lošem stanju i kada bi zamjena ili pojačanje pojedinih elemenata bila prekomplikirana i neadekvatna. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² površine krovne plohe i obuhvaća uklanjanje postojeće krovne konstrukcije s pokrovom i izvedbom nove konstrukcije, ali bez pokrova.

d. Tehnike i procjena troškova pojačanja stropnih konstrukcija

d1. Pojačanje stropne konstrukcije izvedbom tlačne AB ploče spregnute s postojećim grednicama ili svodom i povezivanje sidrima za zidove.

Predmetnom tehnikom se postiže najbolje povećanje krutosti stropne konstrukcije, povezivanje sa zidovima, ali i povećanje krutosti i nosivosti na savijanje. Predmetna tehnika podrazumijeva uklanjanje slojeva poda, izvedbu pojačanja tlačnom pločom i veznim sidrima za zidove, te ponovnu izvedbu slojeva poda. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² površine stropne konstrukcije i obuhvaća uklanjanje slojeva i izvedbu pojačanja, ali bez izvedbe novih slojeva poda.

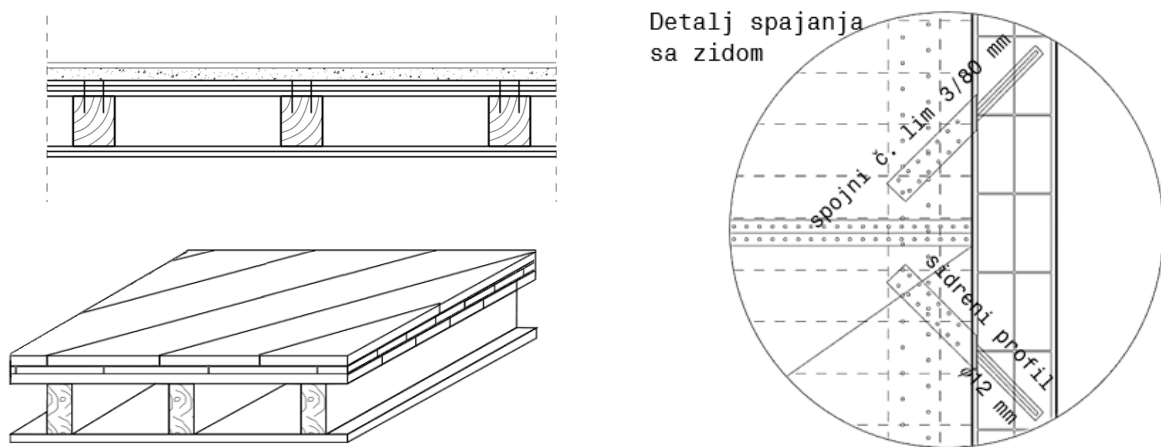


Slika 22 Pojačanje stropne konstrukcije izvedbom tlačne ploče i povezivanje sa zidovima

d2. Pojačanje stropne konstrukcije izvedbom više slojeva daščane oplata s donje ili gornje strane i povezivanjem sa zidovima.

Predmetna tehnika se primjenjuje kada nije moguće ukloniti slojeve s gornje strane i izvesti tlačnu ploču ili uvjeti zaštite zgrada sa statusom kulturnog dobra ne dopuštaju izvedbu betonske tlačne ploče. Ovom tehnikom se postiže nešto manja učinkovitost u odnosu na prethodnu, ali i osigurava povezanost zidova i primjerenu raspodjelu potresnog djelovanja na zidove. Predmetna tehnika podrazumijeva uklanjanje slojeva poda ili podgleda stropa, izvedbu pojačanja daščanom oplatom i

ponovnu izvedbu slojeva poda. U drugom dijelu Smjernica procjena je određena za 1 m² površine stropne konstrukcije i obuhvaća uklanjanje slojeva i izvedbu pojačanja bez izvedbe novih slojeva poda ili podgleda.



Slika 23 Pojačanje stropne konstrukcije postavom daščane oplate u više slojeva i povezivanjem sa zidovima

e. Tehnike i procjena troškova pojačanja zidanih zidova

e1. Pojačanje neomeđenih zidanih zidova (zidanih zidova bez serklaža) izvedbom AB serklaža.

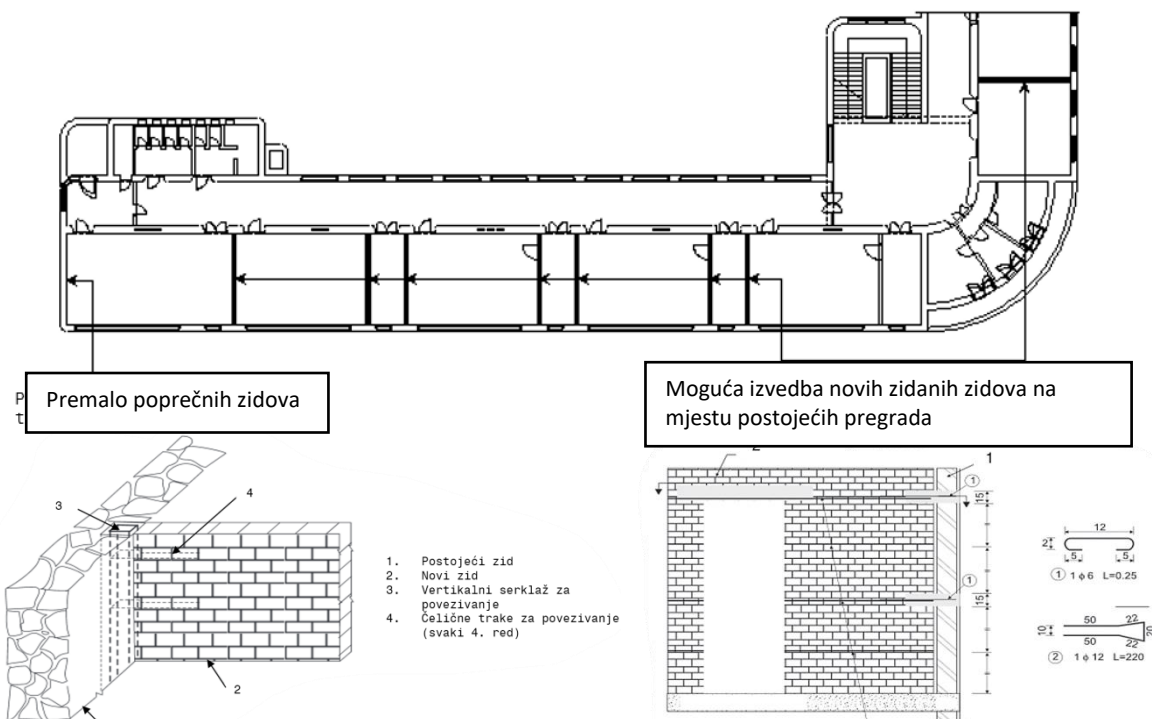
Predmetna tehnika je primjenjiva kod zgrada manje katnost u područjima nižeg ili umjerenog seizmičkog intenziteta. Podrazumijeva razgradnju sjecišta i krajeva zidanih zidova i izvedbu AB serklaža. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća razgradnju dijelova zida, gdje se izvode serklaži, i izvedbu AB serklaža bez popravka slojeva poda i zidne obloge.



Slika 24 Pojačanje neomeđenih zidanih zidova izvedbom AB serklaža

e2. Pojačanje omeđenih zidanih zidova (zidova s AB serklažima) izvedbom dodatnih omeđenih zidanih zidova u slabijem smjeru.

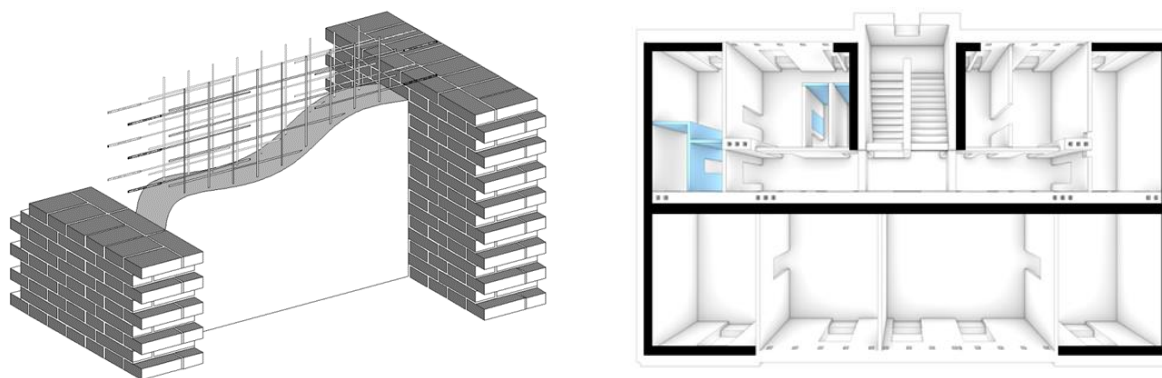
Predmetna tehnika je primjenjiva kod zgrada koje imaju omeđene zidane zidove i dostatan broj zidova u jednom smjeru, dok u drugom smjeru nema dosta zidova (tablica 1) ili nisu pravilno tlocrtno raspoređeni. Podrazumijeva izvedbu dodatnih omeđenih zidanih zidova s temeljima na mjestu postojećih pregradnih zidova u cilju povećanja i krutosti i nosivosti u slabijem smjeru zgrade. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća uklanjanje pregradnih zidova i izvedbu novih omeđenih zidanih zidova bez popravka slojeva poda i zidne obloge.



Slika 25 Pojačanje omeđenih zidanih zidova izvedbom novih omeđenih zidova u slabijem smjeru

e3. Pojačanje zidanih zidova izvedbom novih samostojećih AB zidova ili novih AB zidova uz postojeće zidane zidove ili umjesto njih.

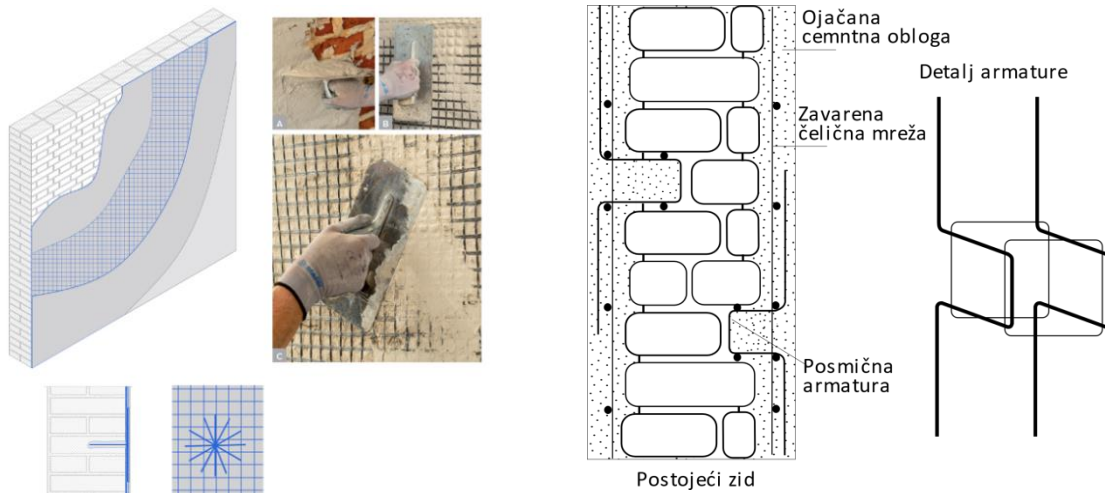
Predmetna tehnika je primjenjiva kad nije moguće postići pojačanje izvedbom serklaža, nego je potrebno izvesti nove AB zidove koji bi preuzeli potresna djelovanja i rasteretili postojeće zidane nedovoljne nosivosti. Ovom tehnikom se može postići puna potresna otpornost zidanih zgrada za zgrade veće katnosti i u područjima visokog seizmičkog intenziteta. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća razgradnju dijelova zida gdje se izvode novi AB zidovi i izvedbu AB zidova s temeljima bez popravka slojeva poda i zidne obloge.



Slika 26 Pojačanje izvedbom novih AB zidova samostojećih ili uz postojeće zidane zidove

e4. Pojačanje zidanih zidova izvedbom FRCM ili AB (torkret) obloge

Predmetna tehnika je primjenjiva kada nije moguće postići pojačanje izvedbom serklaža, a zbog brzine i jednostavnosti je prihvatljivija od izvedbe novih AB zidova. Posebno je prihvatljiva kod pojačanja zidova od lomljenog kamena. Ovom tehnikom se uglavnom može postići puna potresna otpornost zidanih zgrada za zgrade veće katnosti i u područjima visokog seizmičkog intenziteta. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća uklanjanje žbuke, injektiranje loših dijelova, te izvedbu nove obloge bez popravka slojeva poda i zidne obloge.



Slika 27 Pojačanje zidanih zidova FRCM ili AB oblogom (torkret)

f. Tehnike i procjena troškova pojačanja narmiranih betonskih zidova

f1. Pojačanje narmiranih betonskih zidova ovijanjem FRP-om ili izvedbom AB obloge

Predmetna tehnika je praktično jedino primjenjiva kod narmiranih betonskih zidova. Kod zgrada niže katnosti preporuka je izvedbe pojačanja ovijanja FRP-om, dok kod veće katnosti i zgrada u području većeg seizmičkog intenziteta preporuka je izvedba AB obloge (vidi sliku 13). Umjesto AB obloge moguća je varijanta izvedbe zamjenskih AB zidova. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća uklanjanje obloge, pripremu površine zida i izvođenje jedne vrste obloge bez popravka slojeva poda i zidne obloge.

g. Tehnike i procjena troškova pojačanja armiranobetonskih okvirnih konstrukcija

g1. Pojačanje AB okvira ovijanjem stupova i greda u zoni spoja (čvorova)

Predmetna tehnika je primjenjiva kod zgrada niže katnosti u područjima niskog i srednjeg seizmičkog intenziteta. Tehnika omogućuje osiguranje veće duktilnosti okvira, jer sprječava oštećenje kritičnih zona stupova i greda ovijanjem FRP tkaninom ili metalnim vezicama (slika 17). U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća uklanjanje obloge, pripremu površine stupova i greda, te izvođenje jedne vrste obloge bez popravka slojeva poda i zidne obloge.

g2. Pojačanje AB okvira izvedbom ukрутnih AB zidova ili čeličnih vezova u poljima okvira

Predmetna tehnika je primjenjiva kod svih zgrada s AB okvirima i omogućuje postizanje pune potresne otpornosti. Na mjestu pregradnih zidova i zidnih ispuna između stupova i greda okvira se izvode ukрутni elementi – AB zid ili čelični kruti vez (slika 18). U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća uklanjanje obloge ili pregrade, pripremu površine zida i izvođenje pojačanja bez popravka slojeva poda i zidne obloge.

h. Tehnike i procjena troškova pojačanja armiranobetonskih konstrukcija sa zidovima

h1. Pojačanje AB zidova izvedbom dodatnih AB zidova u slabijem smjeru.

Predmetna tehnika je primjenjiva kod zgrada koje imaju AB zidove i dostatan broj i površinu zidova u jednom smjeru, dok u drugom smjeru površina AB zidova je manja od 1,5% ili je nepravilnog rasporeda u tlocrtu (slika 12). Podrazumijeva izvedbu dodatnih AB zidova s temeljima na mjestu postojećih pregradnih zidova u cilju povećanja krutosti i nosivosti u slabijem smjeru zgrade. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća uklanjanje pregradnih zidova i izvedbu novih AB zidova s temeljima bez popravka slojeva poda i zidne obloge.

h2. Pojačanje AB zidova ovijanjem FRP-om, izvedbom AB obloge ili zamjenskih AB zidova

Kod zgrada niže katnosti preporuka je izvedbe ovijanja FRP-om, radi povećanja posmične otpornosti, dok kod veće katnosti i zgrada, pogotovo u području većeg seizmičkog intenziteta preporuka je izvedba izvedba AB obloge s dodatnom armaturom (vidi sliku 13) ili eventualno zamjena slaboarmiranih zidova s jače armiranim. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća uklanjanje obloge, pripremu površine zida i izvođenje jedne vrste obloge bez popravka slojeva poda i zidne obloge.

i. Tehnike i procjena troškova pojačanja čeličnih konstrukcija

i1. Pojačanje čeličnih konstrukcija pojačanjem presjeka, spojeva i stabilizacijom elemenata.

Predmetna tehnika je primjenjiva kod zgrada koje se nalaze u područjima niskog ili srednjeg seizmičkog intenziteta. Čelični elementi u kritičnim presjecima se pojačavaju dodavanjem pločevina, ukрутnih limova, dodatnih stabilizacijskih elemenata. Dodavanje elemenata i povećanje presjeka se izvodi zavarivanjem ili vijčanim spojevima. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća pripremu i izvedbu pojačanja vijčanim spajanjem ili zavarivanjem uključivo i antikoroziivnu zaštitu, bez troška popravka obloge.

i2. Pojačanje čeličnih konstrukcija izvedbom ukрутnih čeličnih vezova ili AB zidova.

Predmetna tehnika je primjenjiva kod svih skeletnih čeličnih konstrukcija i omogućava postizanje potrebne krutosti konstrukcije i punu potresnu otpornost. Podrazumijeva prvenstveno izvedbu novih ili zamjenu postojećih vertikalnih čeličnih vezova, odnosno ukрутnih AB zidova s temeljima. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća eventualnu demontažu postojećih vezova i izvedbu novih ukрутnih elemenata bez popravka obloga.

j. Tehnike i procjena troškova pojačanja drvenih konstrukcija zgrada

i1. Pojačanje drvenih konstrukcija zamjenom oštećenih elemenata, popravkom spojeva i dodavanjem ukruta.

Predmetna tehnika je primjenjiva kod svih drvenih konstrukcija. Drvenoj konstrukciji se povećava otpornost na potres zamjenom oštećenih dijelova elemenata, popravkom i dodavanjem potrebnih metalnih spojeva te eventualno dodatnih stabilizacijskih elemenata. U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena je određena za 1 m² bruto površine zgrade i obuhvaća sve radove osim troška popravka obloge i sl.

Prethodno opisane tehnike i procjene troškova pojačanja vrijede i za zgrade koje su oštećene u nedavnim potresima u Hrvatskoj. Tehnike pojačanja nosive konstrukcije i trošak izvedbe pojačanja je generalno isti kod postojećih zgrada koje su oštećene i koje nisu oštećene u potresu. Kod oštećenih zgrada se mogu pojaviti dodatni troškovi koji se odnosi na popravak, tj. sanaciju pojedinih oštećenih konstrukcijskih elemenata ili na radove privremenog podupiranja i osiguranja nužne stabilnosti kako bi se radovi na sanaciji i pojačanju mogli izvesti. Stoga svakako kod procjene troškova pojačanja nosive konstrukcije treba uzeti u obzir moguće dodatne troškove na sanaciji postojećih oštećenja.

k. Procjena troškova uklanjanja postojeće zgrade i izvedba nove konstrukcije zgrade

Kod jako oštećenih zgrada treba imati u vidu da troškovi sanacije mogu biti značajni i u zbroju s radovima na pojačanju to može rezultirati velikim troškovima. Stoga u takvim situacijama razmotriti mogućnost uklanjanja postojeće zgrade i izvedbe nove zamjenske.

U drugom dijelu Smjernica za izradu analize procjena iznosa uklanjanja postojeće zgrade i izvedba nove suvremene potresno otporne nosive konstrukcije je dana za ukupnu bruto površinu zgrade.

4. Sanacija postojećih oštećenja na nosivoj konstrukciji

Tijekom pregleda i ocjene stanja zgrade svakako je važno obratiti pozornost na postojanje eventualnih oštećenja na nosivoj konstrukciji zgrade. Posebno ako se zgrada planira prijaviti samo za energetska obnova ili povećati sigurnost u slučaju požara. U takvim slučajevima, premda se nosiva konstrukcija neće protupotresno pojačavati, svakako je potrebno izvesti sanaciju oštećenih konstrukcijskih elemenata, a posebno onih konstrukcijskih elemenata na kojima dolazi nova fasadna ili krovna obloga. Nije dopušteno postavljati nove obloge na oštećene konstrukcijske elemente, jer na taj način se skrivaju oštećenja koja daljnjom propagacijom mogu dovesti do nepovoljnih posljedica za zgradu i njene korisnike. Kod pregleda mogućih oštećenja i potrebne sanacije treba razlikovati: sanaciju oštećenja zbog dotrajalosti i neodržavanja, te sanaciju manjih oštećenja uslijed nedavnih potresa.

a. Oštećenja uslijed dotrajalosti i neodržavanja i procjena troška sanacije

Veliki broj postojećih zgrada imaju oštećenja na nosivoj konstrukciji koja su rezultat neredovitog održavanja i dotrajalosti zaštite konstrukcijskih elemenata. Prvenstveno se to odnosi na: koroziju metalnih elemenata, odvajanje zaštitnog sloja i koroziju armature AB konstrukcija, pukotine u zidanim konstrukcijama, oštećenja balkona i drugih istaka, te dotrajalost krovne konstrukcije i pokriva. Primjeri takvih oštećenja vidljivi su na slici 28. Takva oštećenja potrebno je sanirati, čak i u slučaju da nije potrebno protupotresno pojačanje zgrade, nego samo energetska obnova.



Slika 28 Primjeri oštećenja na zgradama uslijed dotrajalosti i neodržavanja

Tehnike sanacije takvih oštećenja su izrazito različita i ovise o vrsti oštećenja i tipu nosive konstrukcije. Generalno kod zidanih zgrada najčešća oštećenja su ispiranje morta iz sljubnica i prisutnost pukotina u zidovima. Sanacija zidanih zgrada se najčešće provodi čišćenjem oštećenih sljubnica i ponovnim fugiranjem, a u slučaju pukotina sanacija se provodi injektiranjem pukotina, te

dodatnim mehaničkim pojačanjem zida na mjestu pukotine metalnim sidrima, armaturom u sljubnicama ili FRM mrežicama.

Kod armiranobetonskih zgrada najčešća oštećenja su pojava pukotina i korozija armature uz odlamanje zaštitnog sloja. Pukotine u AB elementima se uglavnom saniraju injektiranjem dok se korozija armature sanira uklanjanjem oštećenog zaštitnog sloja betona, čišćenjem armature, antikorozivnom zaštitom i izvedbom novog zaštitnog sloja reparaturnim mortovima (reprofilacijom).

Kod čeličnih konstrukcija najčešća oštećenja su korozija čeličnih elemenata konstrukcije izloženih atmosferilijama ili eventualno mehanička oštećenja od udara vozila i sl. Sanacija manje oštećenih elemenata se provodi čišćenjem korozije i izvedba nove antikorozivne zaštite. Kod većih oštećenja sanacija se provodi rezanjem oštećenih dijelova i zavarivanjem novih dijelova istog ili većeg presjeka.

Iznos procjene troškova sanacije izrazito varira ovisno o razini oštećenosti zgrade. To može iznositi od minimalnih 2,00 €/m² + PDV, kada se radi o lokalnom oštećenju pojedinog elementa, do izrazito velikih troškova od 150,00 €/m² + PDV i više, ako se radi o velikim površinskim oštećenjima ili pukotinama. Ti iznosi mogu biti zaista veliki u slučaju kada uzrok oštećenja nisu samo atmosferilije nego se radi i o utjecaju slijeganja tla i sl. Stoga za ispravnu procjenu troškova preporuka je pozvati stručnjaka ili izvođača koji se bavi sanacijama, kako bi se dobila što realnija procjena sanacije takvih oštećenja.

b. Manja oštećenja uslijed nedavnih potresa

Veliki broj zgrada na zagrebačkom, petrinjskom i okolnom području uslijed nedavnih potresa ima manja oštećenja. Veliki broj tih zgrada iz raznih razloga neće se obnavljati u smislu protupotresnog pojačanja, međutim nužno ih je sanirati, pogotovo ako se planira provesti energetska ili druga obnova. Nikako se na tako oštećene zgrade ne smije izvoditi nova ovojnica (fasada) u cilju energetske obnove ili uređenja pročelja, a da se postojeća oštećenja ne poprave (saniraju) u cilju postizanja minimalno izvornih tehničkih svojstava konstrukcije prije oštećenja. Primjeri takvih manjih oštećenja na zgradama prikazani su na slici 29. Svakako je važno imati u vidu da pukotine koje su vidljive na zidovima nisu samo pukotine u žbuci, nego se uglavnom radi o konstrukcijskim pukotinama, tj. pukotinama u zidovima (konstrukcijskim elementima).



a) Pukotine na spojevima zidova i zidova sa stropom



b) Pukotine u nadvojima



c) Pukotine u nosivim i pregradnim zidovima



d) Pukotine na zidovima pročelja

Slika 29 Primjeri oštećenja na zgradama uslijed nedavnih potresa

Sanacija oštećenja nastalih u potresu su prikazana u literaturi [1] i [2]. Iznos procjene troškova sanacije izrazito varira ovisno o razini oštećenosti zgrade. To može iznositi minimalno 5,00 €/m² +PDV, kada se radi o manjim lokalnim oštećenjima, do izrazito velikih troškova od 150,00 kn/m² +PDV i više, ako se radi o značajnijim oštećenjima. Stoga za ispravnu procjenu troškova preporuka je pozvati stručnjaka ili izvođača da se dobije što realnija procjena sanacije takvih oštećenja.

5. Daljnje povećanje potresne otpornosti obnovljenih zgrada oštećenih u potresima 2020.

Veliki broj zgrada oštećenih u potresima 2020. u RH se obnovilo ili će se obnoviti sukladno Zakonu o obnovi te ostalim nadležnim propisima. Većina tih zgrada se obnavlja na Razinu 2 i 3 što znači da i takve zgrade imaju mogućnost daljnjeg unaprjeđenja i povećanja potresne otpornosti. Stoga je preporuka takve zgrade i dalje unaprjeđivati u smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti odnosno povećanja njihove potresne otpornosti sukladno važećim propisima, primjenjujući isti način analize i tehnike kao i za bilo koje druge postojeće građevine uvažavajući postignute razine obnove koje su izvedene u okviru obnove nakon potresa.

Napomena:

U izradi analize projektant može predložiti i druge sanacije i protupotresna pojačanja koji su u skladu s važećim propisima i pravilima struke, kao i ostale mjere za unaprjeđenje mehaničke otpornosti i stabilnosti zgrade.

6. Literatura

1. Galić, J., Vukić, H., Andrić, D., Stepinac, L. 2020. *Priručnik za protupotresnu obnovu postojećih zidanih zgrada*, Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet, Zagreb
2. Galić, J., Vukić, H., Andrić, D., Stepinac, L. 2020. *Tehnike popravka i pojačanja zidanih zgrada*, Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet, Zagreb
3. Sorić, Z. 2016. *Zidane konstrukcije*, Sveučilištni udžbenik, Zorislav Sorić, Zagreb
4. Tomažević, M. 1999. *Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings*, Imperial College Press, London
5. Ivanović, N., Češljaš, T., Tarnik, D., Kovač, D. 2021. *Zidane omeđene konstrukcije – osvrt, proračun i pravila izvedbe, primjeri*, Hrvatska komora inženjera građvinarstva, Zagreb
6. Peulić, Đ. 2013. *Konstruktivni elementi zgrada*, Mladen Letić, Zagreb
7. Tehnički propisi za građevinske konstrukcije („Narodne novine“ broj 17/17, 75/20)
8. niz HRN EN 1992, HRN EN 1993, HRN EN 1995, HRN EN 1996, HRN EN 1997, HRN EN 1998