

REKONSTRUKCIJA ZIDANIH STAVB IN VPLIV UTRDITVENIH UKREPOV NA NJIHOVO TRAJNOST

RETROFIT OF MASONRY BUILDINGS AND ITS INFLUENCE ON THEIR DURABILITY

Mihajlo Popović, univ. dipl. inž. grad.

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.

Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

Strokovni članek

UDK 69.059.3/.4 + 699.8

Povzetek | Ob rekonstrukciji zidane stavbe ji moramo z utrditvenimi ukrepi zagotoviti tako ustrezno nosilnost in stabilnost kot tudi protipotresno odpornost. Potrebne in primerne posege določimo z izvedbo preiskav, analizo stanja in izdelavo projektne dokumentacije. V članku so predstavljeni najbolj pogosti utrditveni ukrepi, s katerimi zagotovimo zahtevano nosilnost konstrukcije s poudarkom na strokovni zasnovi in izvedbi. Opisani so tudi nekateri sanacijski posegi, s katerimi izboljšamo bivalno ugodje. Na gradbenofizikalne pogoje ne smemo pozabiti tudi zaradi zahtev predpisov. V nadaljevanju članka so opisane težave, do katerih lahko pride, če pri utrditvenih ukrepih zanemarimo gradbenofizikalni vidik. S tem negativno vplivamo na trajnost celotne konstrukcije. Pri snovanju ukrepov je potreben celostni pristop, saj somo tako lahko zagotovimo zahtevano trajnost zidane stavbe.

Summary | With the reconstruction and retrofit of a masonry building its load bearing capacity, stability, and earthquake resistance should be improved. To determine the required and the most convenient project steps, corresponding research and analytical studies should be done, followed by a preparation of design documentation. The most common techniques, their design, and application potential are presented in the paper. Some repair and preventive maintenance instruments are also described. These measures, undertaken with a consideration of building physics requirements, are aimed also at improving the indoor living standard. In addition, some problems caused by neglecting the building physics requirements are discussed, which can negatively influence the overall durability of the structure. An integral approach is needed to accomplish an adequate durability and sustainability of a masonry building.

1 • UVOD

V obstoječem gradbenem fondu Slovenije velik del predstavljajo zidane zgradbe. Večina novih stanovanjskih hiš je tako kot včasih zidanih iz pretežno opečnih in betonskih zidakov, manjši del pa je montažnih oziroma narejenih na kokšen drug način. Iz kamna in opeke so zidane tudi skoraj vse

stavbe starejšega datuma, kjer so za razliko od novih zidani tudi vsi veliki javni in reprezentančni objekti.

Glede na veliko zastopanost zidanih zgradb se vse bolj izpostavlja potreba po kvalitetnih konstrukcijskih posegih na tovrstnih zgradbah. Pri novejših zgradbah gre predvsem za

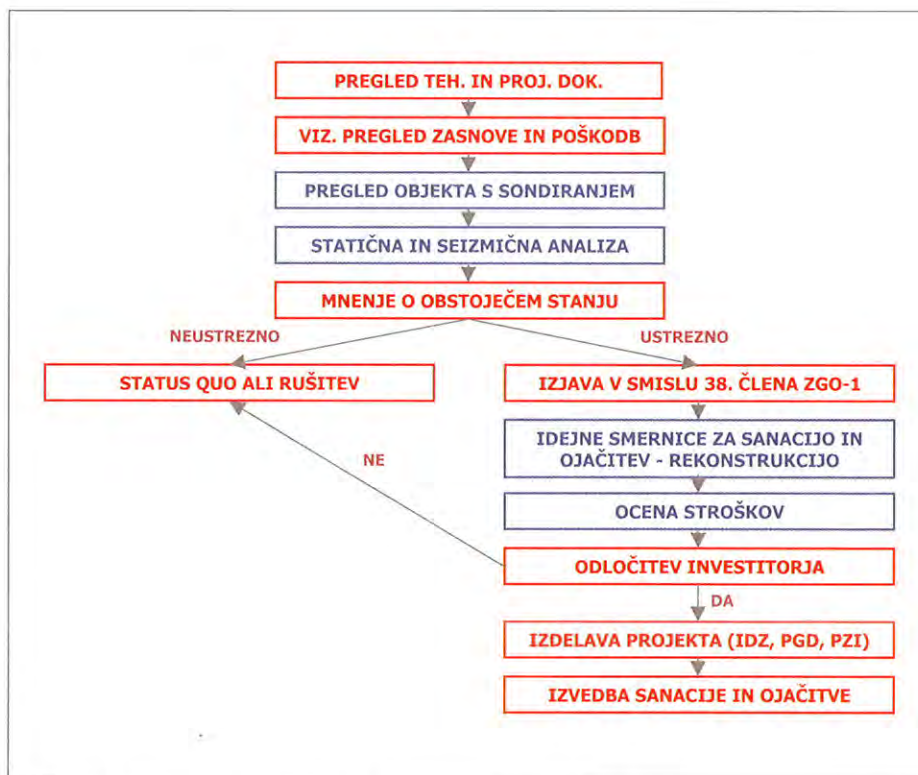
manjše rekonstrukcije in sanacije, pri starejših pa za celovite konstrukcijske posege, ki so podlaga za ohranjanje obstoječega gradbenega fonda. Slednje je potrebno tako zaradi prostorskih in ekonomskih potreb kot tudi zaradi ohranjanja kulturne dediščine ter revitalizacije starih vaških in mestnih jeder. Pri tem so glede na konstrukcijsko zasnovo, način gradnje in uporabljene materiale zidanih zgradb potrebni temu prilagojeni konstrukcijski posegi.

2 • POTEK OBNOVE

Ko se lotimo rekonstrukcije določene zidane stavbe oziroma analize njene smotrnosti, stopimo na dolgo pot. Praviloma je najprej potrebno pregledati dostopno tehnično in projektno dokumentacijo o objektu, ki pa žal ni vedno na voljo. Po vizualnem pregledu konstrukcijske zasnove in poškodb stavbe lahko sestavimo program pregleda zgradbe. Med pregledom nato z različnimi metodami, pretežno destruktivnimi, z globinskim sondiranjem, preverimo dejansko konstrukcijsko zasnovo in stanje materialov, katerih lastnosti in kakovost se večinoma določajo laboratorijsko na odvzetih vzorcih. Obseg sondiranja in preiskav je takrat, kadar je na razpolago ustrezna dokumentacija o stavbi, lahko seveda manj obsežen, saj gre v tem primeru pretežno za dokazovanje skladnosti izvedenega stanja s projektom. S poznavanjem konstrukcijske zasnove in materialnih karakteristik se lahko lotimo statične in seizmične analize. Na podlagi ugotovljenih dejstev se izdelava mnenje o obstoječem stanju. Če je slednje neustrezno oziroma nezadovoljivo, se proces navadno ustavi, še posebej ob zahtevi spomeniškega varstva (Zavod za varovanje kulturne dediščine Slovenije – ZVKDS) o ohranjanju stavbe, v nasprotnem pa se lahko sprejme tudi odločitev o rušitvi. Če pa je ugotovljeno stanje ustrezno oziroma zadovoljivo, se o tem pripravi izjava oziroma podrobnejše poročilo v smislu 2. točke 38. člena Zakona o graditvi objektov (ZGO-1). V okviru poročila se običajno podajo idejne

smernice za ojačitev in sanacijo, na podlagi katerih je možna ocena stroškov. Če so ti sprejemljivi, se nadaljuje priprava projektne dokumentacije (IDZ, PGD, PZI) in dejanska izvedba rekonstrukcije.

Opis potrebnih dejavnosti, ki je shematsko prikazan tudi z diagramom poteka (slika 1), se dostikrat zaradi varčevanja na nepravem mestu skrajša z izpuščanjem določenih faz dela (minimalni še možni program dela je v diagramu označen z rdečo barvo). To lahko pripelje do napačnih odločitev, ki imajo kasnejše praviloma negativne finančne in časovne posledice.



Slika 1 • Diagram poteka aktivnosti pri rekonstrukciji (zidane) stavbe

3 • UTRDITVENI IN SANACIJSKI UKREPI

Ob rekonstrukciji (zidanega) objekta mu moramo zagotoviti ustrezno nosilnost in stabilnost ter protipotresno odpornost skladno s predpisi in aktualnimi dognanji stroke. To dosežemo z utrditvenimi ukrepi, s katerimi izboljšamo zmogljivost nosilne konstrukcije zgradbe.

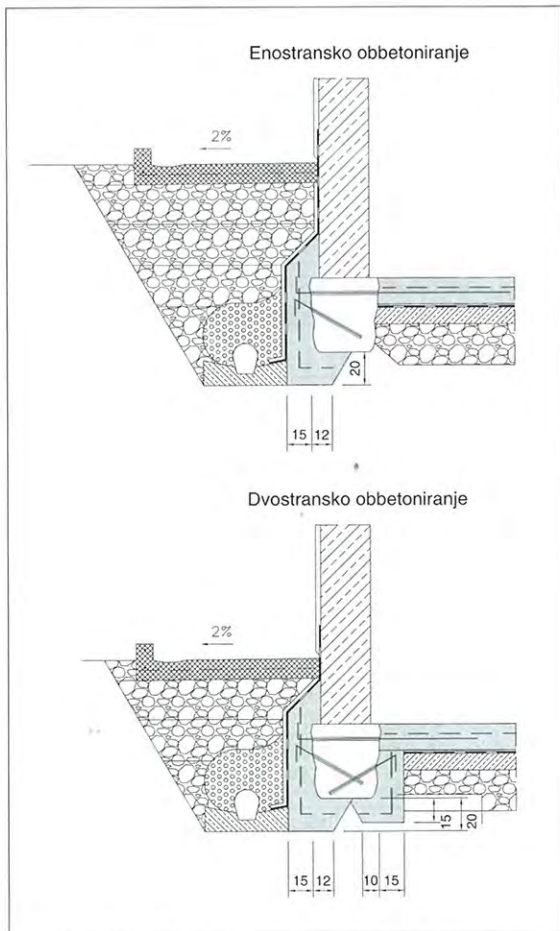
Pri konstrukcijski utrditvi zgradbe pa ne smemo pozabiti tudi na »čisto« sanacijo oziroma nekonstrukcijske ukrepe, s katerimi ne izboljšamo neposredno nosilnosti zgradbe, izboljšamo pa njeno funkcionalnost in trajnost. Sanacijski ukrepi z zagotavljanjem ustreznih gradbenofizikalnih pogojev namreč neposredno vplivajo tudi na utrditvene ukrepe.

Najpogostejši utrditveni ukrepi pri rekonstrukcijah zidanih stavb so:

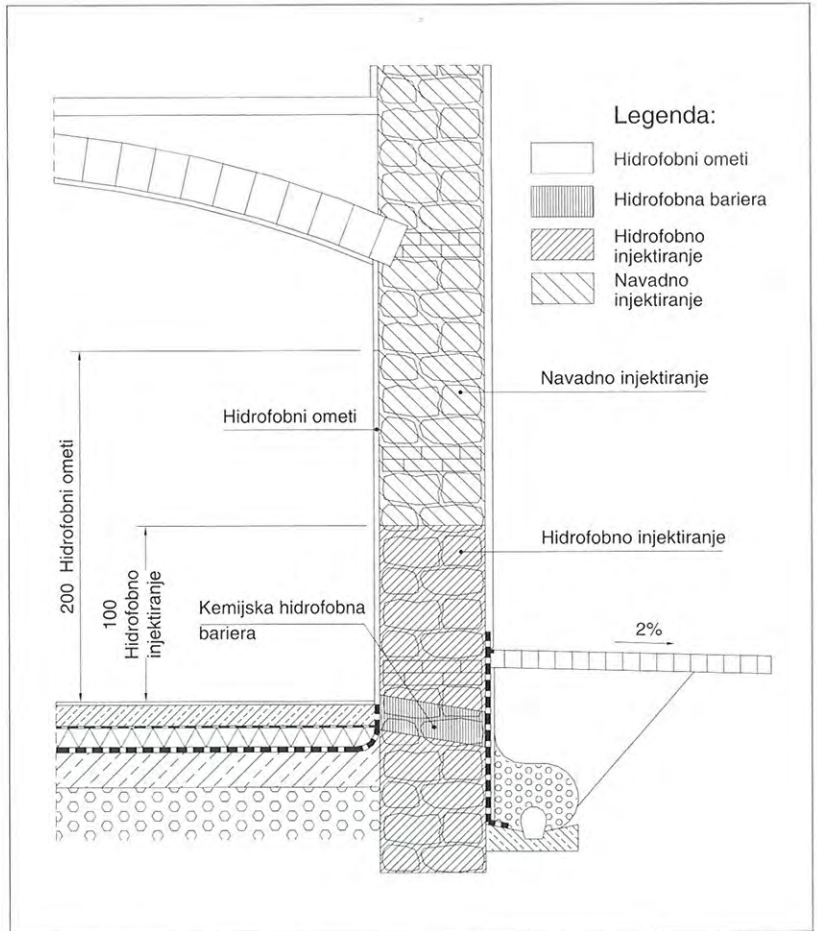
- pod in obbetoniranje obstoječih temeljev oziroma še večkrat kamnitih temeljnih zidov (slika 2),
- sistematično injektiranje kamnitih zidov (slika 3),
- izvedba armiranobetonskih ometov nosilnih opečnih zidov (slika 4),
- povezovanje zidov s horizontalnimi jeklenimi protipotresnimi vezmi (slika 5) ter sidranjem stropnih konstrukcij in
- utrditev lesenih stropov (slika 6), opečnih obokov, pruskih svodov oziroma čepic (slika 7) ali izvedba novih stropnih konstrukcij.

Navedeni ukrepi večinoma predstavljajo posege v obstoječe konstrukcijske sklope oziroma njihovo nadgradnjo. Ob projektiranju in izvedbi moramo biti še posebej pozorni na izvedbo sidranja oziroma povezave obstoječih in novih konstrukcij ter konstrukcijskih elementov. Le tako dosežemo načrtovano sodelovanje novih in obstoječih konstrukcij, v nasprotnem pa izvedeni ukrepi ne dajo želenih utrditvenih rezultatov. S projektom predvideni utrditveni ukrepi morajo biti poleg tega seveda tudi tehnološko izvedljivi in ekonomični.

Pri pod- in obbetoniranju temeljnih konstrukcij je tako potrebno površine obstoječih temeljnih konstrukcij očistiti in vgraditi povezovalna sidra. Kamnite temeljne zidove je potrebno predhodno sistematično injektirati, po betoniranju pa je potrebno linijsko injektirati tudi



Slika 2 • Risba izvedbe enostranskega in obojestranskega pod- in obbetoniranja temeljev



Slika 3 • Risba izvedbe sistematičnega injektiranja kamnitih zidov

zgornji stik med novim in starim delom temelja. Betoniranje se izvaja po kampadah s podaljševanjem armature in samo na eni strani zidu, tako da ne ogrozimo stabilnosti objekta. S podbetoniranjem poleg same utrditve velikokrat poglobimo temelje pod območjem zmrzovanja, če je obstoječ temelj preplitev. Sledi ustrezna zaščita pred vodo oziroma vlago.

Pri injektiranju kamnitih zidov jih je včasih potrebno v notranjosti predhodno navlažiti, saj so največkrat grajeni troslojno, z nasutjem v sredini. Notranje nasutje se namreč ustrezno prepoji z injekcijsko maso, samo če je dovolj vlažno in so prašni delci vezani. Obdelava stičnih površin je zelo pomembna tudi pri izvedbi armiranih ometov, kjer je še bolj pomembna ustrezna gostota veznih sider in vpetje oziroma poln stik dobetonirane ojačitve z etažnimi konstrukcijami spodaj in zgoraj. Protipotresne jeklene vezi (enostranske in obojestranske) in sidra etažnih konstrukcij (sidra lesenih stropnikov, jeklenih stropnih



Slika 4 • Izvedba obojestranskih armiranih ometov opečnih zidov



Slika 5 • Izvedba protipotresnih zidnih vezi: sidrni plošči na vogalu sta obdani z rabitz mrežo za ojačitev ometa, matice so točkovno privarjene, vsi elementi pa so protikorozijsko zaščiteni

nosilcev ali največkrat armiranobetonskih plošč) morajo biti ustrezno protikorozijsko zaščiteni in imeti skrbno pripravljena ležišča sidrnih plošč. Matice sidrnih palic morajo biti točkovno privarjene, nikakor pa ne smemo pozabiti na ustrezno sidranje enostranskih oziroma medsebojno povezavo obojestranskih protipotresnih vezi. Vse jeklene elemente na fasadah skrijemo pod omet zadostne debeline, ojačen z rabitz mrežo.

Pri utrditvi obokanih konstrukcij je praviloma najmanj problemov glede ustreznega sodelovanja obstoječih in novih elementov, medtem ko je pri lesenih stropnih konstrukcijah zaradi občutljivega materiala ravno obratno. To še posebej velja ob ojačitvi lesenih stropov z armiranobetonskim sovprežnim estrihom oziroma tanko flačno ploščo na zgornji strani. Ta ukrep se pogosto uporablja za utrditev stropa, če (razen podpiranja) ne želimo posegati v spodnji prostor ali pa želimo lesen strop ohraniti zaradi drugih zahtev.

Pregled uporabe najpogostejših utrditvenih ukrepov na tipičnih večjih zidanih stavbah na sliki 8 kaže, da so največkrat potrebni ukrepi za povezavo nosilnih zidov stavb in statično utrditev stropnih konstrukcij, pri čemer je slednje potrebno tudi zaradi zagotavljanja toge šipe v ravnini stropov. Skorajda enako pogosto so potrebni ukrepi za utrditev nosilnih zidov, kar bo z izpolnjevanjem strožjih zahtev

Evrokoda 8 gotovo postal ukrep, ki bo potreben v skoraj vseh primerih. To je razvidno tudi iz slike, saj je bil pri vseh obravnavanih objektih glede na material nosilnih zidov

predviden vsaj en ukrep za utrditev zidovja. Ob nespremenjeni namembnosti oziroma podobnih obtežbah so redkeje potrebni utrditveni ukrepi temeljnih konstrukcij obstoječih stavb, tudi zaradi konsolidacije temeljnih tal, s katero se nosilnost poveča.

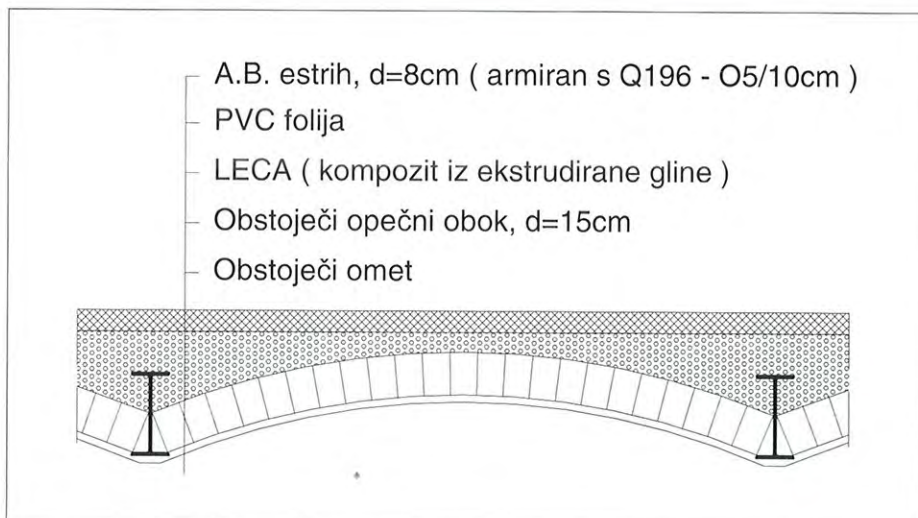
Poleg prej navedenih najpogostejših utrditvenih ukrepov se uporabljajo tudi drugi, kot na primer:

- utrditev temeljnih tal z uvajanjem cementa (jet-grouting),
- izvedba novih (opečnih) zidov in (armiranobetonskih) okvirjev,
- povečanje nosilnosti armiranobetonskih stropov z dolepljanjem dodatne armature v obliki jeklenih ali karbonskih lamel (slika 9) in po potrebi tudi povečanje togosti z dobetoniranjem ter
- ojačitev lesenih ostrešij (sidranje, novi elementi, lesne zveze, zaščita proti lesnim škodljivcem) ali izvedba novih, največkrat jeklenih.

Do sedaj so bili predstavljeni utrditveni ukrepi, ki se uporabljajo pri rekonstrukcijah zidanih stavb. S temi ukrepi povečamo nosilnost in stabilnost objektov. Poleg utrditvenih ukrepov pa se, kot že omenjeno, izvajajo tudi sanacijski ukrepi. Z njimi navadno izboljšamo bivalne pogoje stavb, sočasno pa velikokrat prispevajo tudi k njihovi trajnosti. Sanacijski ukrepi pri rekonstrukcijah zidanih stavb se naj-



Slika 6 • Izvedba armiranobetonskega sovprežnega estriha: opaž med stropniki, folija, armaturne mreže, v stropnike vgrajeni mozniki, še distančniki, pa bo pripravljeno za betoniranje



Slika 7 • Risba izvedbe razbremenitve oboka z lažjim polnilom in povečanja nosilnosti z izvedbo povezovalne plošče

	Coroninijev dvorec	Gimnazija Moste	Veleposl. ZRN	cerkev Slavina	stavba Maček	Minoriti MB
ojačitev temeljenja	×	×	×	×	✓	✓
injektiranje kamnitih zidov	✓	×	✓	✓	✓	✓
AB ometi opečnih zidov	×	✓	✓	×	✓	×
povezovanje zidov	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ojačene / nove stropne konstr.	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Slika 8 • Pregled najpogostejših utrditvenih ukrepov nekaterih zidanih stavb



Slika 9 • Povečanje nosilnosti armiranobetonske plošče s karbonskimi lamelami

večkrat tičejo sanacije vlage. V okviru le-te se glede na potrebe navadno uporabljajo naslednji ukrepi:

- izvedba drenaže in vodozapornih tlakov z naklonom stran od objekta,
- hidrofolno injektiranje kamnitih temeljnih zidov,
- vertikalna hidroizolacija temeljev in temeljnih zidov,
- horizontalna hidroizolacija temeljev (bariere, temperiranje,...) in
- sanacija ometov oziroma izvedba sanacijskih (sušilnih, hidrofolnih) ometov.

Navedeni ukrepi so predstavljeni na risbi izvedbe sistematičnega injektiranja kamnitih zidov (slika 3), sama izvedba hidrofolne bariere z raztopino silikonov pa tudi na fotografiji (slika 10).

Drenaža, vodozaporni tlaki z naklonom stran od objekta, vertikalna hidroizolacija temeljev in temeljnih zidov ter sanacija ometov oziroma izvedba sanacijskih ometov spadajo med klasične gradbene posege. Hidrofolno injektiranje kamnitih temeljnih zidov je klasično injektiranje z dodatkom hidrofolnega dodatka v injekcijsko maso, pri čemer pa moramo računati z večjo porabo materiala zaradi izcejanja injekcijske mase v zemljinu in hkrati paziti, da med injektiranjem ne zalijemo drenaž in podobnega.

Med že omenjenimi ukrepi za sanacijo vlage je predvsem pri izvedbi manjkajoče horizontalne hidroizolacije oziroma blaženju stranskih učinkov zaradi njene odsotnosti več možnosti. Najbolj razširjen ukrep je injektiranje različnih medijev v zid tik nad terenom. V Sloveniji je pogosta izvedba hidrofolnih barrier s silikonom, s katerim ne zapremo por, po katerih poteka kapilarni vlek vlage, temveč kapilarni vlek zaustavimo zgolj s spremembo površinske napetosti v pori. Med izvedbo silikonskih barrier vlage v zidu ne zmanjšamo, ampak jo za kratek čas celo povečamo, saj silikon uvajamo z mešanico vode. Manj ugodna stran postopka je tudi to, da moramo za potek kemične reakcije pustiti vrtnice, skozi katere smo raztopino uvajali, odprte, tako da ne moremo takoj pričeti z izvedbo ometov. Predvsem v nemškem prostoru je pogosta izvedba barrier z uvajanjem parafina, ki fizično zapre pore. Ugodno pri tem postopku je, da že med izvedbo sušimo zid, saj moramo zaradi vzdrževanja parafina v tekočem stanju injekcijske nastavke stalno ogrevati. Neugodna plat postopka je seveda visoka poraba energije, dražje injekcijske naprave in pa izvedbeno zahtevnejši razvod električno ogrevanih nastavkov.



Slika 10 • Izvedba hidrofobne barriere z raztopino silikonov

4 • VPLIV UTRDITVENIH UKREPOV NA TRAJNOST ZIDANEGA OBJEKTA

4.1 Nujnost celostnega pristopa

Če analiziramo izvedene rekonstrukcije zidanih stavb, ugotovimo, da se pri rekonstrukcijah uporabljajo preverjeni postopki, ki so se večinoma uveljavili v daljšem obdobju. Uveljavili so se tudi zaradi tega, ker v primeru strokovno korektno izvedbe ni večjih negativnih stranskih učinkov. Glede uvajanja novih postopkov in materialov je gradbeništvo v primerjavi z nekaterimi drugimi tehničnimi strokami relativno konservativna panoga. Slednje glede na veliko škodo, ki lahko nastane zaradi napak, niti ni slabo.

Kot rečeno, z utrditvenimi ukrepi izboljšamo zmogljivost nosilne konstrukcije, tako da zadosti zahtevam predpisov glede nosilnosti in stabilnosti ter protipotresne odpornosti stavbe. Utrditveni ukrepi zajemajo vpeljavo novih konstrukcijskih elementov kot tudi izboljšanje materialnih karakteristik obstoječih. Oboje pomeni spremembo konstrukcijskega sklopa in s tem gradbenofizikalnih razmer, kar ima lahko seveda tudi negativne posledice. To pomeni, da moramo že pri načrtovanju utrditvenih ukrepov misliti tudi na zakonitosti in zahteve gradbene fizike, ki smo jih tudi sicer v okviru rekonstrukcije stavbe dolžni izpolniti.

Vsekakor hitro ugotovimo, da je za vpeljavo novih postopkov ali uspešno uporabo že uveljavljenih potreben interdisciplinaren oziroma celostni pristop. Pri celostnem pristopu moramo paziti tako na vpliv predvidenih ukrepov na povečanje nosilnosti in sodelovanje novih in starih konstrukcij (detalji) kot seveda tudi na vpliv ukrepov na gradbeno fiziko in posledično trajnost. Na tem mestu govorimo predvsem o trajnosti s tehničnega vidika, obstajajo pa seveda tudi okoljski, ekonomski, družbeni in kulturni vidiki, na katere pri projektiranju tudi nimalokrat naletimo. V zvezi s trajnostjo s tehničnega vidika moramo zagotoviti trajnost utrditvenega ukrepa oziroma dodanega dela konstrukcije. Z utrditvenim ukrepom prav tako ne smemo zmanjšati trajnosti ostalih delov konstrukcije in s tem celega objekta. Uveljavljeni utrditveni in sanacijski postopki v primeru strokovne zasnove in izvedbe, kot že rečeno, praviloma ne povzročajo težav glede zahtev gradbene fizike, saj je problematične ukrepe z leti izločila že praksa. Pri vpeljavi novih postopkov pa je o možnih negativnih posledicah potrebno misliti vnaprej, če se ne želimo prevečkrat učiti na lastnih napakah.

Znižanje stopnje vlage v zidovih je možno doseči tudi na druge načine, na primer z elektroosmozo in temperiranjem zidov v nivoju ob terenu. Slabost teh metod je potreba po vzdrževanju sistema in stalna poraba energije, pri elektroosmozi pa dodatne težave povzročajo inštalacijski vodi. Na drugi strani s temperiranjem poleg zmanjšanja vsebnosti vlage v zidovih dosežemo tudi ugodne temperaturne pogoje v prostorih, ki jih ogrevamo do nižjih temperatur kot bivalne prostore in kjer se ljudje zadržujejo krajši čas, kot so na primer cerkve, muzeji in prireditvene dvorane dvorcev. Temperiranje je torej primerno predvsem za nekatere večje javne objekte. Metode s horizontalnim žaganjem zidov in vstavljanjem jeklenih ali drugih hidroizolacijskih barier so zaradi nevarnosti diferenčnih posedkov med izvedbo manj ugodne, za potresno ogrožena področja, kot je Slovenija, pa zaradi ustvarjanja drsine tudi neprimerne.

Zahteve gradbene fizike seveda poleg tega največkrat izpolnjujemo ločeno od same utrditve stavbe s pomočjo dodatnih ukrepov, s katerimi v okviru celostnega pristopa nadgradimo stavbo tudi v tem smislu. Poglavitne zahteve gradbene fizike, ki jih moramo pri projektiranju stavb računsko dokazati, se nanašajo na toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov in difuzijo vodne pare. Te zahteve veljajo za novogradnje in za rekonstrukcije stavb, namenjenih za bivanje in delo ljudi, če so pri rekonstrukcijah dane tehnične možnosti za njihovo izvedbo in upoštevanje pogoji varstva kulturne dediščine. Vrednosti toplotnih prehodnosti morajo biti manjše od predpisanih, vodna para, ki se je kondenzirala v gradbenih konstrukcijah, pa v njih ne sme povzročiti gradbene škode. Pri računu difuzije vodne pare je tako potrebno preveriti, ali je do morebitne kondenzacije vodne pare prišlo v dovoljenem materialu, ali je presežena največja dopustna vlažnost tega materiala in ali se lahko kondenzat v celoti izsuši v poletnem obdobju. V okviru energetske sanacije stavb je potrebno s pomočjo predhodnih analiz preveriti smiselnost in zaporedje izvedbe posameznih ukrepov glede na njihov učinek v celotni življenjski dobi stavbe. Nabor ukrepov zajema na primer namestitve dodatne toplotne zaščite zunanijh sten, strehe (ogrevano podstrešje) ali stropa proti podstrešju (mrzlo podstrešje) in tal proti terenu ali neogrevani



Slika 11 • Poškodbe ometa injektiranega zidu, do katerih je prišlo zaradi prekratkega časa sušenja zidu v zimskem obdobju

kleti, zamenjavo neustreznih ali dodatno tesnjenje manj ustreznih oken (pri tem lahko nastane problem nezadostnega prezračevanja – pojav plesni), sanacijo toplotnih mostov (z nestrokovnim dodajanjem izolacije lahko ustvarimo tudi nove), vgradnjo novih strojnih inštalacij, ogrevalnih teles in kotlov (inštalacije razen prebojev in stikov niso direktno vezane na konstrukcijo). V največji možni meri je potrebno izkoristiti razpoložljive obnovljive vire energije.

4.2 Splošno o vplivih utrditvenih ukrepov

Kot že omenjeno, moramo pri uvajanju novih utrditvenih postopkov in načrtovanju izvedbenih detajlov misliti tudi na stranske učinke, ki jih lahko z njimi povzročimo. Ustrezni detajli in izvedbenimi postopki, s katerimi zagotovimo ustrezno povezanost in s tem sodelovanje novih in starih elementov konstrukcijskih sklopov, so poleg mehanskega vidika pomembni tudi zaradi preprečevanja vdora škodljivih snovi v konstrukcijski sklop. Na mestih neustreznih stikov lahko pride do hitrega propadanja materialov, s čimer je ogrožena trajnost konstrukcije. Negativne stranske učinke lahko povzročimo tudi z neustrezno tehnologijo izvedbe. Nevarnost predstavljajo npr. uvažanje vode in ostalih snovi v konstrukcije v času izvedbe, prekratek čas za sušenje ob

nezadostnem ogrevanju in prezračevanju, ustvarjanje toplotnih mostov, preprečevanje prehoda vlage in ustvarjanje pogojev za kapilarni vlek, kar vse negativno vpliva na gradbenofizikalne oziroma kasnejše bivalne

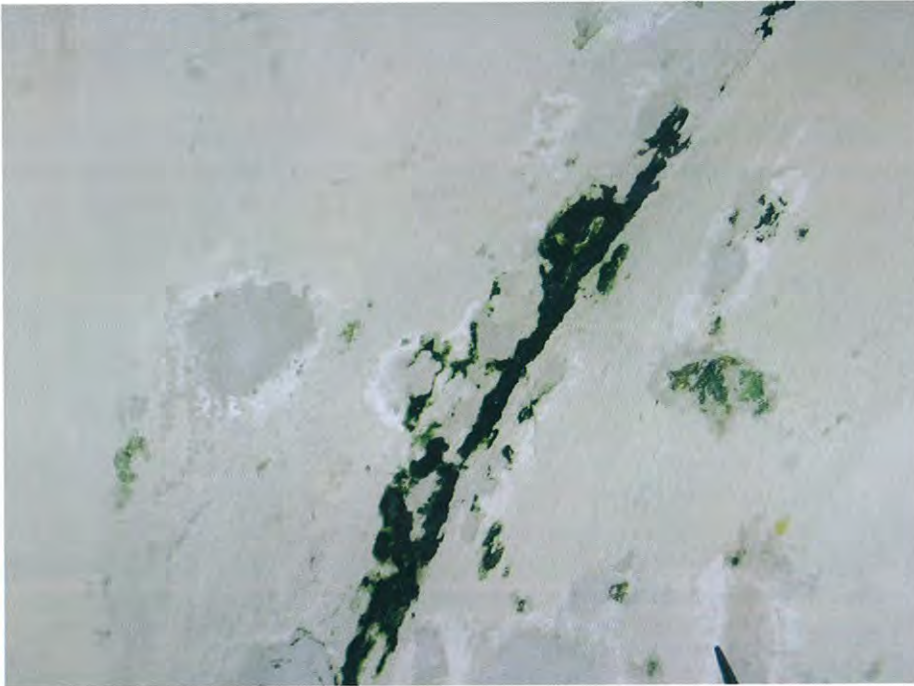
pogoje. Kratkotrajnim izvedbenim negativnim učinkom se večinoma lahko izognemo s prilagojeno tehnologijo izvedbe, dolgotrajnim med uporabo stavbe pa predvsem s premišljeno konstrukcijsko zasnovano.

Zelo pogost primer negativnega stranskega učinka je ustvarjanje toplotnih mostov. Toplotni mostovi so tista mesta v zunanjem ovoju stavbe, kjer je toplotni upor bistveno manjši od toplotnega upora na sosednjih mestih. Na mestu toplotnega mostu je zato pozimi toplotni tok iz notranjega ogrevanega prostora v zunanje okolje močno povečan. Posledično je na takem mestu zato temperatura notranje površine znižana, kar lahko privede do kondenzacije. Toplotni mostovi so:

- konstrukcijski – ovoj stavbe je prekinjen ali predrt z materialom z veliko toplotno prevodnostjo, npr. jeklo in (armiran) beton (balkoni, preklade,...),
- geometrijski – zunanja površina, preko katere toplota prehaja iz ogrevanega prostora v okolje, je precej večja od notranje, npr. vogal,
- kombinirani – konstrukcijski in geometrijski hkrati, npr. vogalna armiranobetonska vez in
- konvekcijski – na mestu prekinutve ali netesnosti vlažen notranji zrak prodira v ovoj.



Slika 12 • Poškodbe lesenega stropnika, ki je bil po celi dolžini v stiku z injektiranim zidom in brez ustreznega zračenja



Slika 13 • Nastanek plesni na stiku z armiranim ometom utrjenega zidu in oboka, do katere je prišlo zaradi neupoštevanja spremembe gradbeno fizikalnih razmer

Tako pri toplotnih mostovih kot tudi drugod smo že večkrat omenili vlago oziroma vodo, ki je v nenadzorovanih okoliščinah praviloma največji sovražnik konstrukcij. Škodljivi ali negativni vplivi vlage v nosilnih konstrukcijah so:

- zmanjšanje trdnosti vlažnih zidov, dodatna ogroženost zaradi zmrzovanja,
- raztapljanje soli, luščenje ometa, razvoj plesni,
- korozija armature in betona,
- gnitje lesenih elementov in
- povečanje toplotne prevodnosti toplotno izolacijskih materialov, toplotni most poleg energetskih izgub še potencira šibko točko.

4.3 Konkretni primeri

Poglejmo težave, s katerimi se srečujemo oziroma moramo biti nanje pozorni pri projektiranju in izvedbi najpogostejših utrditvenih ukrepov pri rekonstrukcijah zidanih stavb. S sistematičnim injektiranjem kamnitih zidov, s katerim zapolnimo praznine v zidovih in jih s tem utrdimo, sočasno povečamo toplotno prevodnost zidov, zidovi lahko akumulirajo več toplote, ustvarimo pa lahko tudi pogoje za kapilarni vlek vlage. Prvi dve lastnosti se spremenita minimalno in največkrat ne povzročata težav. Težava s kapilarnim vlekem je lahko izrazitejša, vendar jo praviloma odpravimo z izvedbo že prej omenjenih ukrepov za sanacijo vlage. Velik problem pa lahko pri

injektiranju predstavlja vlaga, saj je notranjost zidov pred injektiranjem velikokrat potrebno omočiti, zaradi dobre penetracije pa imajo visok delež vode tudi injekcijske mase. Zaradi tega je potrebno zagotoviti zadosten čas sušenja konstrukcije z upoštevanjem klimatskih pogojev, še posebno v primeru predvidene izvedbe parozapornih ometov ali zaščitnih premazov. Če konstrukcijo osušimo, utrditveni

poseg injektiranja s kratkotrajno navlažitvijo ne povzroča težav. V nasprotnem lahko pride do cvetenja ometov (slika 11), gnitja lesenih stropnikov v ležiščih (slika 12), rjavenja starih zidnih vezi in podobnega.

Pri izvedbi armiranih ometov zunanjih zidov so lahko kritični predvsem toplotni pogoji. Pri obojestranskih armiranobetonskih ometih lahko zaradi manjše paroprepustnosti dodanega materiala in njegove večje toplotne prevodnosti glede na osnovni material konstrukcije pride do spremembe temperaturnega profila in poteka krivulj parnih tlakov, kar ima lahko za končno posledico tudi kondenzacijo vodne pare. Poleg tega obojestranski armiranobetonski ometi tvorijo s povezovalnimi jeklenimi sidri skozi zid točkovne toplotne mostove, ki v toplotnem smislu navadno niso kritični, lahko pa se na notranji površini stene na teh mestih pojavijo točkovni madeži kot posledica povečanega odlaganja prahu (fizikalno-kemijski vzroki). Toplotni mostovi lahko nastopijo tudi na mestih spojníc med zidaki. Ob tovrstnih ukrepih je zato potrebno sodelovanje gradbenega fizika, ki s pomočjo izračunov in simulacij toplotnega dogajanja presodi, ali je potrebno zid dodatno toplotno izolirati ali pa na primer prilagoditi posamezne detajle in zaključne sloje. V nasprotnem primeru se lahko poslabšajo bivalne razmere ali nastopijo gradbenofizikalne poškodbe konstrukcije (slika 13), kar vsekakor ni v duhu celostnega pristopa. Tudi pri utrditvi lesenega stropa s sovprežnim armiranobetonskim estrihom ne smemo



Slika 14 • Po odstranitvi zaključnih paroneprepustnih slojev tudi sicer popolnoma nestrokovno izvedenega sovprežnega estriha brez ustreznega sidranja so vidni prhli stropniki

pozabiti na probleme, povezane z vlago oziroma zadostnim zračenjem. Pred betoniranjem moramo namreč vse lesene dele stropa zaščititi s folijo, da preprečimo iztekanje cementnega mleka. V nasprotnem bi povzročili gnitje mokrega lesa, neustrezen pa bi bil seveda tudi beton. Z uvedbo folije in betonskega estriha v konstrukcijski sklop pa sočasno preprečimo kasnejše zračenje stropa z zgornje strani, zaradi česar lahko pride do gnitja stropnikov, ki bi se navlažili ob uporabi spodnjih prostorov (slika 14). Ustrezno zračenje s čelne strani stropnikov moramo zato zagotoviti z zračniki na fasadi. Pri starejših hišah so zračniki narejeni, pri nestrokovnih prenovah fasad pa jih pogosto prekrijejo z ometom. Med izvedbo utrditve stropa je za zagotavljanje daljše življenjske dobe lesa seveda zelo priporočljivo vse lesene elemente dodatno zaščititi pred lesnimi škodljivci.

Ostali najpogosteje uporabljani utrditveni ukrepi praviloma ne vplivajo na gradbenofizikalne pogoje, tako da na trajnost ugodno vplivajo predvsem s povečanjem nosilnosti in v tem smislu interdisciplinaren pristop pri njihovi uporabi ni nujen.

Vsekakor je pomembno, da se vseh utrditvenih in sanacijskih posegov lotimo natančno in strokovno, tako v projektantskem kot izvedbenem smislu. Pri tem moramo seveda stalno misliti tudi na možne negativne plati določenih ukrepov. Vsekakor mora biti stroka prisotna pri vseh posegih v konstrukcijo stavbe, tudi tistih, ki se na prvi pogled ne tičejo neposredno mehanske trdnosti in stabilnosti ali gradbene fizike. V konstrukcijskem smislu so tako zidane stavbe na primer zelo ranljive glede izvedbe raznih inštalacijskih vodov, katerih nestrokovna izvedba je pogosta (slika 15).

4.4 Nove rešitve

Pogosta uporaba navedenih utrditvenih ukrepov hkrati pomeni, da na določenih delih



Slika 15 • Primer nedopustnega posega: horizontalni inštalacijski utor globine 30 cm pomeni izrazito oslabeitev zidu, ki lahko privede do porušitve (ekscentričnost) že pri nižjih obremenitvah, da o potresni varnosti niti ne govorimo

stavbe pride do stika več konstrukcijskih sklopov, ki jih je zato potrebno medsebojno uskladiti. To največkrat ne predstavlja posebnih težav, bo pa k učinkovitosti in trajnosti prispevala vpeljava boljših konstrukcijskih detajlov in razvoj novih izvedbenih postopkov utrditev. Razvoj je glede na obseg rekonstrukcij, ki je v porastu tako zaradi kulturnovarstvenih zahtev kot tudi zaradi višjih zahtev tehničnih predpisov, prav gotovo nujen.

Ena izmed smeri raziskav in eksperimentalnega potrjevanja je tudi utrditev nosilnih zidov z lepljenjem karbonskih trakov v obliki križa na njihovo površino. Če bi ta metoda dala eksperimentalno ugodne in računsko določljive rezultate, bi morda sčasoma lahko opustili robustno in drago utrditev nosilnih opečnih zidov z armiranobetonskimi ometi. Slednji so, kot je bilo opisano, težavni tudi zaradi gradbenofizikalnih pogojev. Poleg tega so velikokrat neizvedljivi iz arhitekturnih

in spomeniškovarstvenih razlogov, ko ni moč posegati v fasade, ožiti že tako preozka stopnišča in podobno, dodatne težave pa povzroča izvedba inštalacijskih vodov. Podobno kot za zidove si karbonski trakovi in karbonska tkanina v zadnjem času utirata pot tudi za utrditev lesenih elementov konstrukcij zidanih stavb. V teku so tudi preiskave različnih mešanec injekcijskih mas za sistematično injektiranje kamnitih zidov. Razvoj na tem področju in nove recepture injekcijskih mas bodo morda ponudili rešitve glede škodljivega vpliva vlage, ki je še posebno pereč pri uporabi na sakralnih objektih s poslikavami.

Za potrebe razvoja novih konstrukcijskih detajlov in izvedbenih postopkov bo smiselno natančno ovrednotenje gradbenofizikalnih vplivov na trajnost utrditvenih ukrepov. To bo zato predmet nadaljnjih analiz, sistematičnega pregleda ugotovljenih dejstev in preiskav.

5 • SKLEP

Ob rekonstrukciji zidanega objekta mu moramo z utrditvenimi ukrepi zagotoviti ustrezno mehansko nosilnost in stabilnost ter protipotresno odpornost skladno s predpisi in aktualnimi dognanji stroke. Za utrditev zidanih stavb se večinoma uporabljajo preverjeni ukrepi, stalno pa so v razvoju tudi nove rešitve. Pri tem ne smemo pozabiti, da z nekaterimi izmed uveljavljenih

utrditvenih ukrepov spremenimo tudi gradbenofizikalne pogoje zgradbe, problem pa je toliko bolj izpostavljen pri vpeljavi novih, v praksi še nepreverjenih posegih. Poleg tega moramo gradbenofizikalne karakteristike ločeno od utrditve izboljšati tudi s »čistimi« sanacijskimi ukrepi zaradi bivalnega ugodja in zahtev predpisov. S tem pa seveda ugodno vplivamo tako na trajnost samega utrje-

nega konstrukcijskega elementa kot tudi na trajnost cele stavbe. Natančno ovrednotenje gradbenofizikalnih vplivov na trajnost utrditvenih ukrepov bo predmet nadaljnjih analiz, sistematičnega pregleda ugotovljenih dejstev in preiskav.

Rekonstrukcije stavbe se je torej potrebno lotiti postopoma s premislekom in s sprotno analizo ugotovitev in projektantskih rešitev. Hitro postane jasno, da gre za preplet različnih strok, interdisciplinarnost, ki zahteva celostni pristop.

6 • LITERATURA

- Dittrich, H., Feuchteschäden im Altbau, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 1986.
- Dreyer, J., Hecht, C., Injection methods for retrofitting of moisture damaged constructions, Structural Studies, Repairs, and Maintenance of Historical Buildings VII, Seventh International Conference of Structural Studies, Repairs, and Maintenance of Historical Buildings, Bologna, 2001.
- Hupl, P., Fechner, H., Grunewald, J., Petzold, H., The quantification of the moisture distribution in renovated historical wall structures and exposed monuments, Structural Studies, Repairs, and Maintenance of Historical Buildings VII, seventh international conference of Structural Studies, Repairs, and Maintenance of Historical Buildings, Bologna, 2001.
- Kos, J., Sanacija starejših zgradb, zbornik referatov Sanacija in rekonstrukcija zgradb, Gradbeni inštitut ZRMK – Gradbeni center Slovenije, Ljubljana, junij 1999.
- Lorenz, W., Hankammer, G., Lassi, K., Sanierung von Feuchte- und Schimmelpilzschäden, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln, 2005.
- Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS, št. 42, 2002.
- Šijanec Zovrl, M., Energetska prenova stanovanjskih stavb – stanje in izgledi, zbornik referatov Sanacija in rekonstrukcija zgradb, Gradbeni inštitut ZRMK – Gradbeni center Slovenije, Ljubljana, junij 1999.
- Šijanec Zavrl, M., Energetsko učinkovita in trajnostna gradnja, Inovativno grajeno okolje – zbornik 3. dneva inženirjev in arhitektov, Inženirska zbornica Slovenije, Ljubljana, november 2003.
- Tomažević, M., Klemenc, I., Weiss, P., Potresno izolacija, utrjevanje zidov z lepljenjem CFRP trakov in zgodovinske zidane stavbe, Zbornik 28. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev, Bled, oktober 2006.
- www.gi-zrmk.si
- www.gi-zrmk.si/gras
- Zakon o graditvi objektov (ZGO – 1), Uradni list RS, št. 110, 2002.
- Žarnić, R., Osnove lastnosti gradiv, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 1998.
- Žarnić, R., Technologies for safeguarding of Heritage Buildings in Slovenia, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2002.