





Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, februar 2008, letnik 57, str. 29-56

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
izr. prof. dr. **Matjaž Mikoš**
Jakob Presečnik
MSG IZS: **Gorazd Humar**
mag. Črtomir Remec
doc. dr. Branko Zadnik
FGG Ljubljana: **doc. dr. Martijan Žura**
FG Maribor: **Milan Kuhta**
ZAG: **prof. dr. Miha Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristijan Juteršek

Lektorica:

Alenka Raič Blažič

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Anka Holobar

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je vstet DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

- Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
- Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
- Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
- Besedilo mora biti izpisano z znaki velikosti 12 pik z dvojnimi presledkom med vrsticami.
- Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
- Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako ali je članek strokoven ali znanstven; nazive, imena in priimke avtorjev ter njihove naslove; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
- Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni.
- Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
- Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
- Kot decimalno ločilo je treba uporabiti vejico.
- Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
- V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
- Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
- Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran **30**

prof. dr. Miha Tomaževič, univ. dipl. inž. grad.

mag. Iztok Klemenc, univ. dipl. inž. grad.

mag. Polona Weiss, univ. dipl. inž. grad.

PROTIPOTRESNA UTRDITEV STARIH ZIDANIH STAVB S SODOBNIMI METODAMI: RAZISKAVE OBNAŠANJA MODELOV NA POTRESNI MIZI

SEISMIC STRENGTHENING OF HERITAGE MASONRY BUILDINGS BY
APPLICATION OF CONTEMPORARY METHODS: A SHAKING-TABLE
STUDY OF REDUCED SCALE MODELS

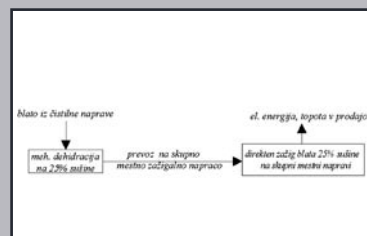


stran **43**

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.

PROBLEMATIKA NEGOSPODARNE DISPOZICIJE BLATA IZ LJUBLJANSKE ČISTILNE NAPRAVE

THE PROBLEMS OF UNRATIONAL SLUDGE DISPOSITION
OF WWTP OF LJUBLJANA



stran **49**

doc. dr. Uroš Klanšek, univ. dipl. gosp. inž.

OBNOVA IN REKONSTRUKCIJA SREDNJE EKONOMSKE ŠOLE V MARIBORU

RENOVATION AND RECONSTRUCTION OF THE SECONDARY SCHOOL
OF ECONOMICS IN MARIBOR



Novi diplomanti

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: Viadukt Zgoša na gorenjski avtocesti, foto Janez Duhovnik

PROTIPOTRESNA UTRDITEV STARIH ZIDANIH STAVB S SODOBNIMI METODAMI: RAZISKAVE OBNAŠANJA MODELOV NA POTRESNI MIZI

SEISMIC STRENGTHENING OF HERITAGE MASONRY BUILDINGS BY APPLICATION OF CONTEMPORARY METHODS: A SHAKING-TABLE STUDY OF REDUCED SCALE MODELS

prof.dr. Miha Tomaževič, univ. dipl. inž. grad.

mag. Iztok Klemenc, univ. dipl. inž. grad.

mag. Polona Weiss, univ. dipl. inž. grad.

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana.

e-pošta: miha.tomazevic@zag.si

Znanstveni članek

UDK 699.841.059.3 : 620.17

Povzetek | Raziskovali smo možnosti za izboljšanje potresne odpornosti zgodovinskih opečnih stavb s potresno izolacijo in z utrjevanjem konstrukcije z lepljenjem CFRP trakov. Na potresni mizi smo preiskali pet modelov enostavne dvoetažne zidane stavbe z lesenimi stropi brez zidnih vezi. Medtem ko je bil referenčni model sezidan neposredno na temeljno ploščo, sta bila dva modela od nje ločena, prvi z vlagozapornim slojem v obliki polietilenske folije, vložene med drugo in tretjo vrsto zidakov, drugi pa s potresnimi izolatorji, vloženi med temeljno ploščo in nosilnim zidovjem. V nadaljevanju raziskave smo četrti in peti model utrdili s CFRP trakovi, s katerimi smo ponazorili navpične in vodoravne zidne vezi in utrdili zidovje. Četrti model je bil sezidan neposredno na temeljni plošči, medtem ko je bil peti s potresnimi izolatorji ločen od nje. Raziskave so pokazale, da vlagozapornega sloja ne moremo upoštevati kot potresno izolacijo. Tudi izolatorji niso dovolj, če zgornja konstrukcija sama ni utrjena vsaj z zidnimi vezi. Oba modela, utrjena s CFRP trakovi, pa sta pokazala izjemno povečanje potresne odpornosti, saj se nista porušila niti pri vzbujanju s pospeški, ki so trikrat presegli vrednosti, izmerjene med preiskavo neutrjenih modelov.

Summary | The efficiency of improving the seismic resistance of heritage masonry buildings by means of seismic isolation and strengthening of structure with CFRP strips has been investigated. Five models of a simple two-storey brick masonry building with wooden floors without wall ties have been tested on the shaking table. Whereas the referential model has been built directly on the foundation slab, the other two models have been separated from it by either polyethylene sheet, placed between the second and the third course, or rubber seismic isolators placed between the foundation slab and structural walls. The models 4 and 5 have been strengthened with CFRP strips, simulating the wall ties placed vertically and horizontally at the corners and floor levels, respectively. To strengthen the walls, CFRP strips have been also glued diagonally on the wall piers. One of the CFRP strengthened models has been placed on seismic isolators. The tests have shown that the damp proof course cannot be considered as seismic isolation. The

isolators have also not improved the behaviour in the case of the building without wall ties. However, both models strengthened with CFRP strips exhibited significantly improved seismic behaviour. They did not collapse even when the accelerations of the shaking table exceeded by three times the accelerations measured when tested referential models.

1 • UVOD

Da so stare zidane stavbe v mestnih jedrih potresno najbolj ranljivi del obstoječega gradbenega fonda, potrdi prav vsak potres, ki takšno naselje prizadene. Da stara mestna in podeželska jedra predstavljajo kulturno dediščino neprecenljive vrednosti, se vedno bolj zaveda ne le stroka, pač pa tudi širša javnost in politika. Da bi se dediščina ohranila tudi v prihodnje, je bil v zadnjih desetletjih razvit širok izbor ukrepov za izboljšanje potresne odpornosti ranljivih starih zidanih stavb. Učinki uveljavljenih ukrepov, ki nekateri bolj, drugi manj ustrezajo tudi načelom varstva arhitekturne kulturne dediščine, so bili preizkušeni z laboratorijskimi in s terenskimi raziskavami, učinki nekaterih celo na samih stavbah med ponovljenimi potresi. O tem smo obširno poročali tudi v Gradbenem vestniku (glej npr. (Tomaževič, 1999 in 2002); (Tomaževič, Apih, 1993); (Tomaževič in sod. 1992, 1995, 1999 in 2005)).

Stroka seveda ne ostaja pri uveljavljenih ukrepih. Hkrati z razvojem novih tehnologij in materialov se porajajo tudi ideje, kako te tehnologije in materiale uporabiti za utrditev stavb kulturne dediščine. Pri tem ni pomembna le tehnična učinkovitost ukrepov, pač pa morajo tako kot klasične tudi sodobne tehnološke rešitve ustrezati načelom varstva kulturne dediščine. Med njimi je za gradbenike, ki moramo zagotoviti zgodovinskim stavbam primerno potresno odpornost, pomembna predvsem zahteva, da se v konstrukcije stavb kulturne dediščine posega čim manj, če pa že se, naj se posega na način, ki zanje ne bo »boleč«. To pa možnosti precej omeji, čeprav različne doktrine in načela varstva, o katerih

na tem mestu ne bomo razpravljali, dopuščajo tudi povsem različne tehnične rešitve.

Enega od učinkovitih načinov zagotavljanja ustreznega obnašanja stavb med potresom predstavlja potresna izolacija. Ideja, da se zgornja konstrukcija objekta na primeren način loči od temeljev, s čimer naj bi se zmanjšal vpliv potresnega gibanja tal, je poznana že dolgo. Čeprav je bil ljubljanski nebotičnik ena prvih stavb na svetu, pri kateri bi lahko govorili o projektirani potresni izolaciji (Fajfar, 1995), pa pri nas kasneje tak način reševanja problema neustrezne potresne odpornosti stavb še ni bil uporabljen. Potresna izolacija, ki se danes uporablja pri sodobnih visokih stavbah in mostovih, morda ni več prava beseda za razmeroma širok obseg rešitev, ki vpliv potresa na konstrukcijo zmanjšujejo na aktiven ali pasiven način (Skinner in sod., 1993); (Soong in Dargush, 1997). Ker so te, praviloma visoko-tehnološke rešitve učinkovite pri večjih deformacijah konstrukcije, za majhne in toge zidane stavbe niso primerne. Pri zidanih stavbah še vedno prihaja v poštev najenostavnejša rešitev, uporabljena na začetku, t.j. ločitev zgornje, toge konstrukcije, od temeljev s posebnimi izolatorji in z napravami, ki za sipanje energije ne rabijo velikih deformacij. Zato se v primeru zidanih stavb metoda tudi drugod v svetu le redko uporablja ((Sarazin in sod., 1996); (Zhou in Miao, 1996)), aplikacije na zgodovinskih objektih pa so še posebej redke (mestna hiša v Salt Lake Cityju v ZDA; (Allen in Bailey, 1988)).

Za protipotresno utrjevanje zgodovinskih stavb se načelno uporabljajo materiali, ki naj bi bili kompatibilni z materiali, iz katerih so bile

stavbe sezidane. Načela ohranitve kulturne dediščine odklanjajo uporabo sodobnih gradbenih materialov, betona in jekla. Čeprav enako velja tudi za uporabo umetnih materialov, drugod po svetu že dalj časa proučujejo možnost uporabe kompozitnih materialov, kot so laminati iz z ogljikovimi oziroma steklenimi vlakni ojačenih polimerov (angl. »carbon« oziroma »glass fiber reinforced polymers«, okrajšano CFRP oziroma GFRP), ki se v obliki trakov ali kako drugače lepijo na konstrukcijske elemente, tudi za utrjevanje zidanih, opečnih ali celo kamnitih stavb. Nekatere raziskave, izvedene na zidovih, dajejo spodbudne rezultate, druge nakazujejo na težave, povezane predvsem z ustrežno tehnologijo lepljenja in sidranja polimernih trakov ((Schwegler, 1995); (Hamilton in Dolan, 1998); (Triantafillou in Fardis, 1997); (Triantafillou, 2001); (Žarnić, 2002); (Gayeovoy in Lisset, 2004); (Gostič in sod., 2005)). Tudi glede tega smo pri nas še povsem na začetku.

Nekaj raziskav na tem področju smo v zadnjem času izvedli na Zavodu za gradbeništvo Slovenije. Z raziskavami smo želeli najprej ugotoviti, v kolikšni meri potresna izolacija zmanjša potrebo, da se zidovje starih hiš brez zidnih vezi utrdi in poveže z naknadno vgrajenimi zidnimi vezmi, pa tudi, v kolikšni meri lahko kot potresno izolacijo izkoristimo vlogozaporni sloj, vgrajen v zidovje med postopkom zaščite pred vlago. Možnosti, kako se tak sloj izkoristi za potresno izolacijo, so raziskovali predvsem v Avstraliji (Page, 1995), pri nas pa je njegova vloga omejena na zaporo proti širjenju vlage. Ne nazadnje smo z raziskavami želeli preveriti tudi učinek povezovanja starih zidanih stavb z nalepljenjem CFRP trakov, s katerimi bi nadomestili klasično vgrajevanje jeklenih zidnih vezi. Raziskave in nekatere ključne ugotovitve bomo predstavili v tem prispevku.

2 • PROGRAM IN OPIS PREISKAV

2.1 Opis modelov

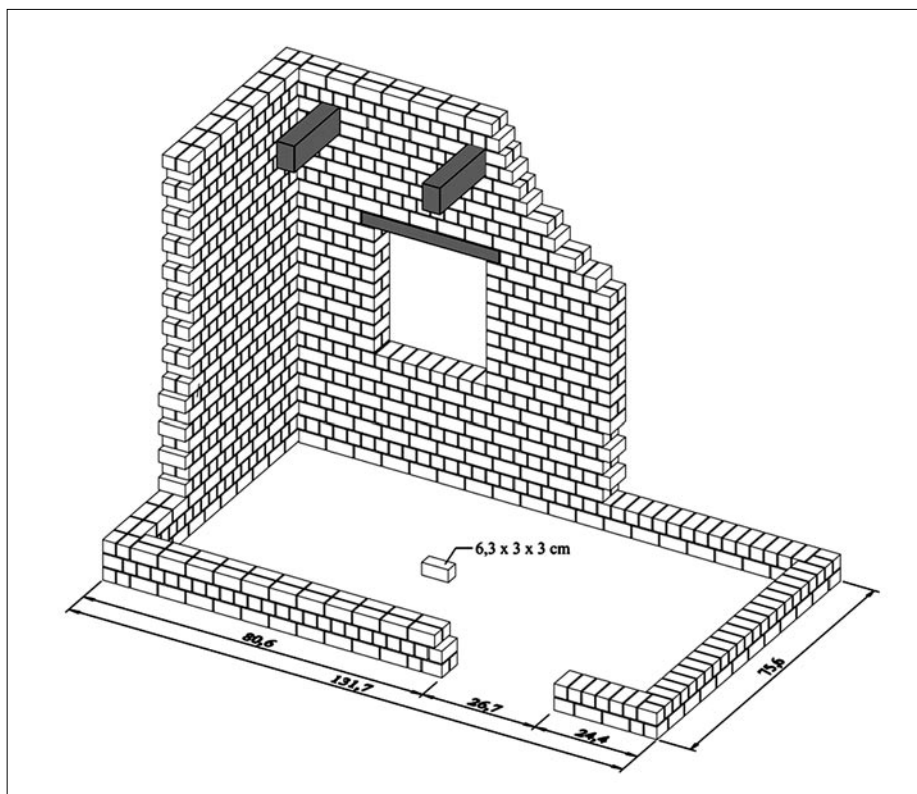
Glede na zmogljivosti potresne mize, ki jo ima laboratorij za konstrukcije zavoda, izkušnje in razpoložljive materiale, smo preiskave izvedli

na modelih, izdelanih v merilu 1:4. Izdelali in preiskali smo pet, po zasnovi enakih, vendar na preiskavo na različne načine pripravljenih modelov. Ker smo z raziskavo želeli dobiti le

osnovne informacije o možnosti uporabe omenjenih metod, smo za konstrukcijo izbrali enostavno dvonadstropno, enoprostorsko opečno zidano hišo z lesenimi stropi in nepovezanim zidovjem, katere dimenzije smo prilagodili dimenzijam ploščadi potresne mize. Slika 1 prikazuje shemo polaganja zidakov in lesenih stropnikov ter osnovne dimenzije

modelov v florisu, slike 2 in 3 pa dejansko izvedbo.

Model M1 je bil referenčni model. Sezidan je bil neposredno na armiranobetonski temeljni plošči, pritrjeni na potresno mizo, brez kakršnihkoli dodatnih posegov. Model M2 je bil enak kot model M1, le da je bila v drugo vodoravno rego, tj. rego med drugo in tretjo vrsto zidakov, vložena PVC folija, ki je predstavljala vlagozaporno plast (slika 4). Enak kot model M1 je bil tudi model M3, ki je bil s potresnimi izolatorji ločen od temeljne plošče na potresni mizi. Prav tako sta bila po zasnovi enaka referenčnemu modelu M4 in M5, utrjena s CFRP trakovi. Trakovi, s katerimi smo ponazorili vodoravne in navpične zidne vezi, so bili nalepljeni samo na fasadni strani zidov. Vodoravne trakove (vezi), položene v višini stropov, smo na vogalih stavbe stikovali s pločevinastimi sidrnimi ploščami, medtem ko smo trakove navpičnih vezi spodaj nalepili na jeklene kotnike, ki smo jih z vijaki sidrali v osnovno temeljno ploščo, pritrjeno na potresno mizo. S CFRP trakovi, ki smo jih brez posebnega sidranja nalepili v diagonalnih smereh slopov, smo utrdili tudi zidovje. Položaj in dimenzije trakov prikazuje slika 5, na kateri so vrisane tudi glavne dimenzije modelov. Medtem ko je bil model M4 podobno kot referenčni model M1 sezidan neposredno na osnovni temeljni plošči, pritrjeni na potresno mizo, je bil model M5 tako kot model M3 izoliran s potresnimi izolatorji. Razlika je bila le v tem, da smo pri modelu M3 vgradili šest izolatorjev, medtem ko smo pri modelu M5 uporabili le štiri izolatorje, postavljene pod vogale, s čimer smo lastno frekvenco nihanja izoliranega modela še bolj oddaljili od prevladujoče frekvence potresa.



Slika 1 • Shema polaganja zidakov in položaj lesenih stropnikov in preklad

Preiskave smo izvedli v dveh fazah, med katerima je preteklo daljše časovno obdobje. V prvi fazi smo raziskali obnašanje modelov M1, M2 in M3, v drugi pa obnašanje modelov M4 in M5, ki smo ju utrdili z nalepljenjem CFRP trakov. Prvo serijo modelov in potresno obtežbo smo sicer načrtovali v tehniki popolnega modeliranja, vendar nismo dosegli zahtevanih razmerij med trdnostjo prototipnih in modelnih materialov, saj so bile trdnostne lastnosti modelnega zidovja razmeroma blizu

prototipnim vrednostim. Neskladje smo kot prednost izkoristili v drugi seriji preiskav, kjer so bila razmerja med mehanskimi lastnostmi zidovja in CFRP trakov z lepilom – le-teh z enostavnimi tehnološkimi rešitvami nismo mogli modelirati – bližje dejanskemu stanju na prototipni konstrukciji, kot bi bila, če bi trdnost zidovja zmanjšali po zakonih popolne modelne podobnosti. Spremljajoče preiskave obnašanja modelnih zidov so pokazale, da s tem nismo porušili ključnega pogoja



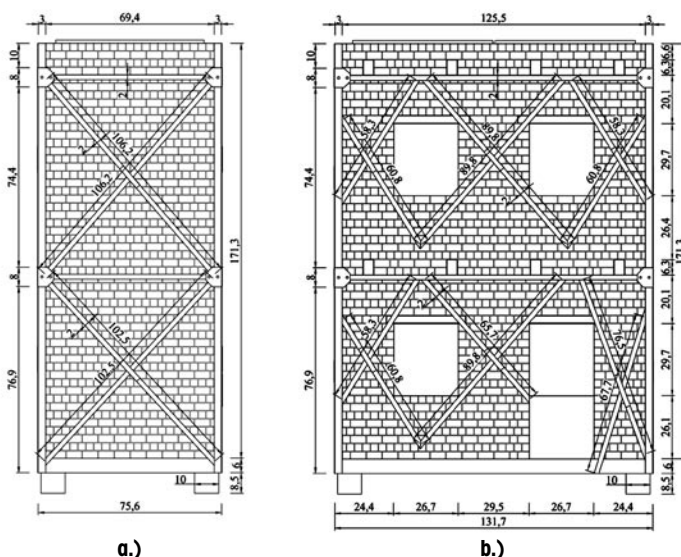
Slika 2 • Zidanje modelov



Slika 3 • Polaganje lesenih stropnikov



Slika 4 • Polimerna vlagozaporna folija, vložena v zidovje modela M2



Slika 5 • Shema lepjenja CFRP trakov na prečno (a.) in vzdolžno steno (b.) modelov M4 in M5. Prikazan je položaj izolatorjev v primeru modela M5, označene pa so tudi splošne dimenzije vseh preiskanih modelov

modelne podobnosti, tj. pogoja podobnosti porušnih mehanizmov. V okviru običajnih razmerij v prototipnih konstrukcijah je ostala tudi razporeditev togosti in mas po višini modelov, s čimer smo izpolnili tudi pogoj za doseganje podobnosti dinamičnih lastnosti.

Ker so bili vsi modeli preiskani v enakih pogojih, lahko njihovo obnašanje med seboj neposredno primerjamo, pri morebitni preslikavi vrednosti izmerjenih fizikalnih veličin na prototipno konstrukcijo pa moramo upoštevati faktorje modeliranja S_q , ki veljajo za enostavno oziroma splošno modelno podobnost in ki jih navajamo v preglednici 1. Pri tem za posamezno fizikalno veličino q velja, da se veličina na prototipni konstrukciji q_p izračuna tako, da se na modelu izmerjena veličina q_m pomnoži s faktorjem merila S_q : $q_p = q_m S_q$.

2.2 Materiali za zidanje modelov

Za zidanje modelov smo uporabili zidake dimenzij 3/3/6,3 cm (višina/širina/dolžina), ki smo jih ulili iz posebej za izdelavo zidakov projektirane zmesi. S preiskavami zmesi, s katero smo ulili modelne zidake, smo na 208 vzorcih ugotovili povprečno tlačno trdnost modelnih zidakov $f_b = 8,4$ MPa (standardni odklon 3,2 MPa). Spodnja vrednost, 5,2 MPa, bi v pogojih popolnega modeliranja sicer lahko predstavljala zelo dobro opeko trdnostnega razreda M20, ki se, seveda ne pogosto, pa vendarle tudi najde v starih hišah, medtem ko že povprečje dosega običajno trdnost opeke prototipnih stavb (M10). Povprečna trdnost malte za zidanje, ugotovljena na 189 vzor-

Veličina	Splošna enačba	Popoln model	Enostaven model
Dolžina (L)	$S_L = L_p / L_M$	$S_L = 4$	$S_L = 4$
Deformacija (ε)	$S_\varepsilon = \varepsilon_p / \varepsilon_M$	1	1
Trdnost (f)	$S_f = f_p / f_M$	$S_L = 4$	1
Napetost (σ)	$S_\sigma = f_p / f_M$	S_L	1
Modul elastičnosti (E)	$S_E = S_\sigma / S_\varepsilon$	$S_L = 4$	1
Specifična teža (γ)	$S_\gamma = \gamma_p / \gamma_M$	1	1
Sila (F)	$S_F = S_L^2 S_f$	$S_L^3 = 64$	$S_L^2 = 16$
Čas (t)	$S_t = S_L \sqrt{S_\gamma S_\varepsilon} / S_f$	$\sqrt{S_L} = 2$	$S_L = 4$
Frekvenca (ω)	$S_\omega = 1 / S_L$	$1 / \sqrt{S_L} = 0,5$	$1 / S_L = 0,25$
Pomik (d)	$S_d = S_L S_\varepsilon$	$S_L = 4$	$S_L = 4$
Hitrost (v)	$S_v = S_\varepsilon \sqrt{S_f / S_\gamma}$	$\sqrt{S_L} = 2$	1
Pospešek (a)	$S_a = S_f / S_L S_\gamma$	1	$1 / S_L = 0,25$

Preglednica 1 • Faktorji merila S_q pri različnih tehnikah fizikalnega modeliranja: splošni izrazi in vrednosti za modelno merilo 1:4

cih, je bila $f_m = 0,5$ MPa (standardni odklon 0,12 MPa).

Tudi trdnostne lastnosti, ki smo jih ugotovili s preiskavami modelnih zidov na tlak (3 vzorci) in s ciklično delujočo vodoravno obtežbo pri različnih nivojih konstantne tlačne predobremenitve (7 vzorcev), kažejo, da so bili modeli sezidani z zidovjem, ki je imelo trdnostne lastnosti blizu vrednostim, ki jih lahko pričakujemo pri tipični prototipni konstrukciji, sezidani iz opeke. Izmerili smo naslednje povprečne vrednosti:

- tlačna trdnost $f = 6,1$ MPa,
- modul elastičnosti $E = 1864$ MPa,
- natezna trdnost $f_t = 0,23$ MPa,
- strižni modul $G = 678$ MPa, in
- faktor duktilnosti $\mu = 3,94$.

Da bi ugotovili, koliko diagonalno nalepljeni CFRP trakovi povečajo strižno odpornost zidov, smo pri enakih pogojih kot osnovne vzorce preiskali tudi 7 zidov, pri katerih smo na eno stran podobno kot na modela M4 in M5 v diagonalni smeri nalepili

CFRP trakove. Rezultati preiskav so potrdili ugotovitve nekaterih raziskovalcev, da je za uspeh tovrstnega utrjevanja ključno sidranje trakov na konceh, in ne toliko učinkovitost samega lepljenja ((Schwegler, 1995); (Triantafillou in Fardis, 1997)). V vseh primerih so že kmalu potem, ko smo v zidovih opazili prve razpoke, odstopili trakovi, pri čemer je porušitev vedno potekala po zidovju in ne po lepilu. Zaradi velike togosti laminata (modul elastičnosti je skoraj tisočkrat večji kot pri zidovju), trakovi niso sposobni slediti deformacijam zidovja. Lepilo je držalo, nastale strižne obremenitve pa so kmalu presegle trdnost zidovja. Diagonalno nalepljeni trakovi tako niso povečali niti strižne odpornosti, niti niso izboljšali sposobnosti zidovja, da se deformira in sipa energijo (primerjaj slike 7a in 7b).

Tipična modelna zidova v osnovnem in utrjenem stanju po ciklični preiskavi natezne trdnosti prikazuje slika 6, medtem ko

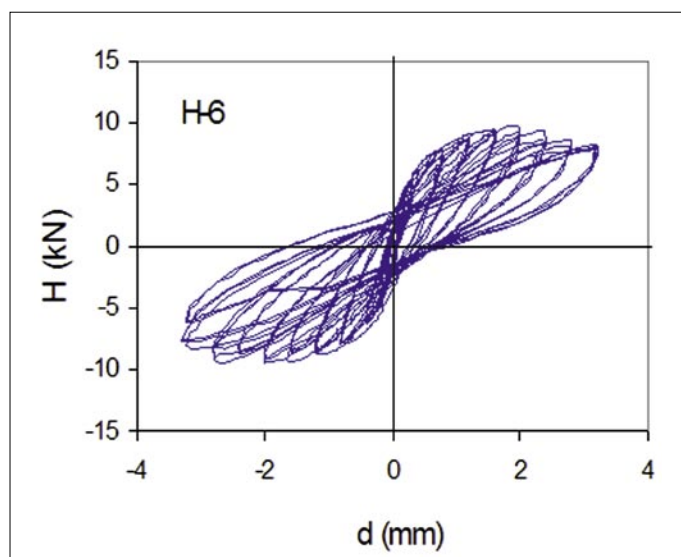


a.)

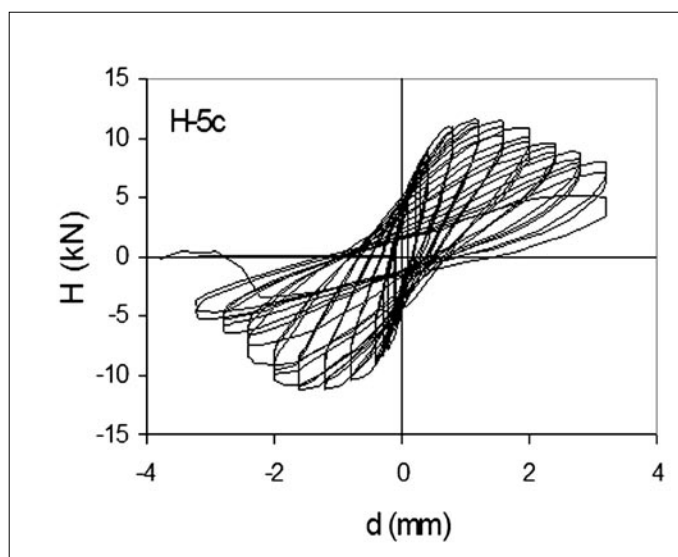


b.)

Slika 6 • Modelna zidova po preiskavi s ciklično vodoravno obtežbo. a) osnovni zid in b) s CFRP trakovi utrjeni zid. Na sliki se lepo vidi, da pod trakovi popusti opeka



a.)



b.)

Slika 7 • Histerezne zanke sila-pomik, dobljene s preiskavo modelnih zidov s ciklično vodoravno obtežbo. a) osnovni zid in b) s CFRP trakovi utrjeni zid

slika 7 kaže odvisnost med silami in pomiki, izmerjenimi med preiskavo istih zidov. Na sliki 6b se lepo vidi, kako so odstopili CFRP trakovi.

2.3 Vlagozaporna folija, izolatorji in CFRP trakovi

Kot vlagozaporni element smo uporabili navadno PVC folijo debeline 2 mm, ki smo jo vgradili v malto med drugo in tretjo vrsto opeke. Trdnostnih lastnosti same folije nismo preskušali, da bi pa ugotovili trenjske lastnosti tako nastalega vlagozapornega sloja, smo

s preiskavami posebej izdelanih vzorcev pri različnih ravneh tlačnih obremenitev v zidovju ugotavljali mehanizem prestriga na mestu vgrajene folije (slika 8). Ugotovili smo, da je povprečna strižna napetost pri prestrigu močno odvisna od tlačnih napetosti v zidovju. Pri tlačnih napetostih, ki znašajo približno 1 % tlačne trdnosti (toliko so bile tudi dejanske tlačne napetosti v pritličju modelov), je povprečna strižna napetost pri zdrsu znašala $\tau = 0,06$ MPa, pri 8 % tlačne trdnosti je bila $\tau = 0,28$ MPa, pri 25 % trdnosti (kar bi lahko bila največja projektna vrednost v primeru

neustrezne kontrole kakovosti in nadzora) pa $\tau = 0,76$ MPa.

Zahtevane deformabilnostne lastnosti izolatorjev, s katerimi smo izolirali modela M3 in M5, smo izbrali na podlagi računskih analiz odziva modela na izbrani potres. Izolatorji premera 92 mm so bili visoki 100 mm, izdelani pa so bili iz devetih plasti vulkanizirane gume debeline 8 mm. Da bi imeli ustrezno togost v navpični smeri, je bilo v gumo vloženi deset po 2 mm debelih jeklenih plošč. Struktura izolatorja, ki smo ga po končani porušni preiskavi razrezali, je prikazana na sliki 9.



Slika 8 • Preiskava drsnih lastnosti modelnega zidu z vlagozapornim slojem



Slika 9 • Sestava potresnega izolatorja

Pred vgraditvijo v model smo dejanske deformabilnostne lastnosti posameznih izolatorjev ugotovili s posebnimi preiskavami (slika 10). Slika 11a prikazuje histerezne odvisnosti med silo in vodoravnim pomikom, dobljene s kalibracijsko preiskavo tipičnega izolatorja,

medtem ko je na sliki 11b prikazana povprečna togost izolatorjev v vodoravni smeri, izmerjena pri različnih vrednostih vodoravnega pomika. Slika 11a kaže, da je bila sposobnost izolatorjev, da sipajo energijo, razmeroma majhna, slika 11b pa, da togost ni bila popolnoma linearna. Izmerjena povprečna togost izolatorjev v vodoravni smeri pri deformaciji 10 mm je bila $K_H = 0,325 \text{ kN/cm}$, pri deformaciji 30 mm $K_H = 0,284 \text{ kN/cm}$ (slika 11b), medtem ko je bila povprečna togost v navpični smeri $K_V = 9,26 \text{ kN/cm}$.

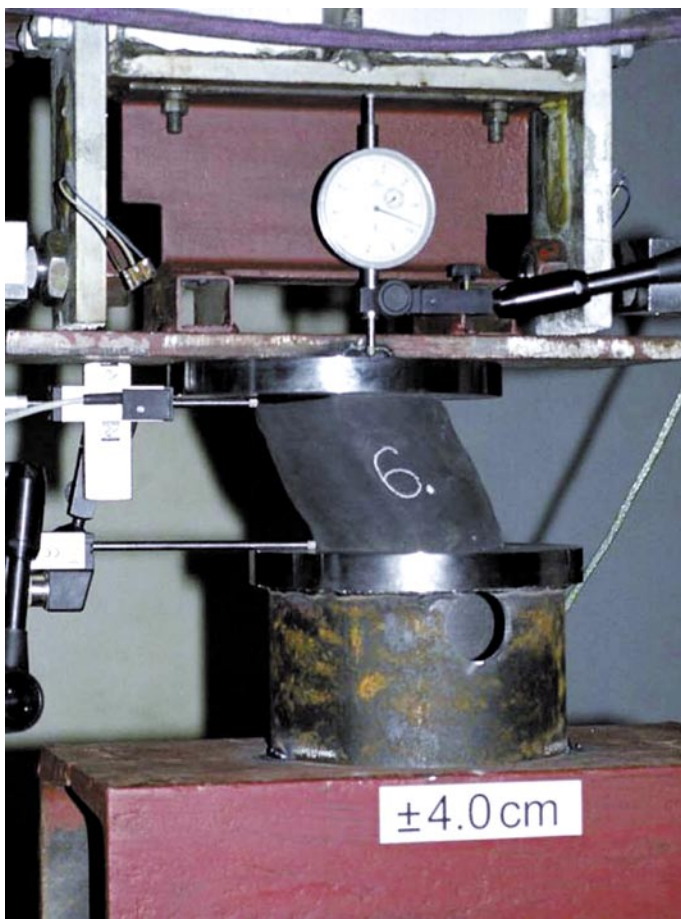
Za povezavo in utrditev konstrukcije smo uporabili na trgu dobavljiv CFRP laminat debeline 1,2 mm, ki ga je dobavitelj razrezal na trakove širine 2 oziroma 3 cm. Trakove smo na zidove nalepili po navodilih dobavitelja. Natezna trdnost uporabljenega materiala, Sika® Carbo-Dur S, v smeri vlaken dosega 3000 MPa, modul elastičnosti pa 165000 MPa. Pred nalepljenjem trakov smo površino zidovja dobro očistili in prema-

zali s osnovnim epoksidnim premazom (angl. »primer«), trakove pa nalepili z lepilom Sika-Dur.

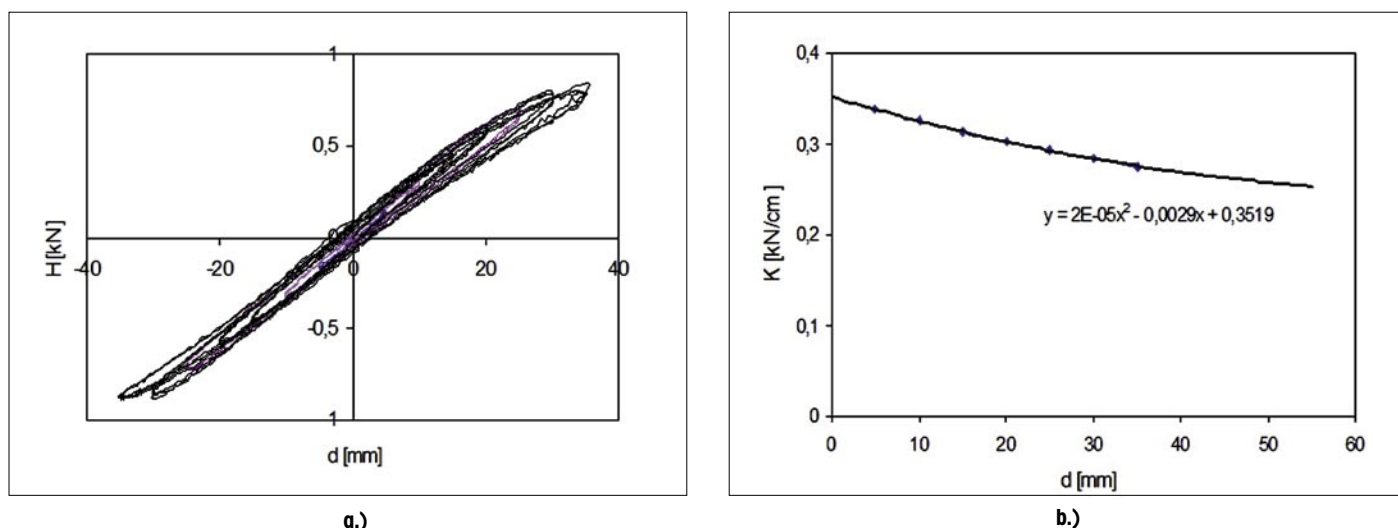
2.4 Potresna obtežba in meritve

Oblika časovnega poteka pospeškov gibanja tal, s katero smo krmilili pomike potresne mize, je ustrezala močni, 24 sekund trajajoči fazi zapisa N-S komponente črnogorskega potresa iz leta 1979, z maksimalnim izmerjenim pospeškom v velikosti 0,43 g. Potres, s katerim smo krmilili potresno mizo, je imel polovico krajši čas trajanja (12 s), maksimalni pospešek pa je ostal enak kot pri osnovnem potresu (0,43 g). Če upoštevamo, da smo modele izdelali iz materialov, katerih lastnosti so podobne prototipnim, lahko sklepamo, da bi uporabljeni modelni potres ustrezal izmišljenemu dejanskemu potresu s časom trajanja 48 sekund ($S_i = S_L = 4$, glej preglednico 1), maksimalni pospešek pa bi bil 0,11 g ($S_a = 1/S_L = 0,25$). To ni vplivalo na ključne ugotovitve raziskav, saj so bili vsi modeli preiskani z enakim zaporedjem vzburjanja z enakim modelnim potresom, ki smo mu stopnjema povečevali intenziteto vse do porušitve modela oziroma izkoriščenja kapacitete preizkuševalne naprave.

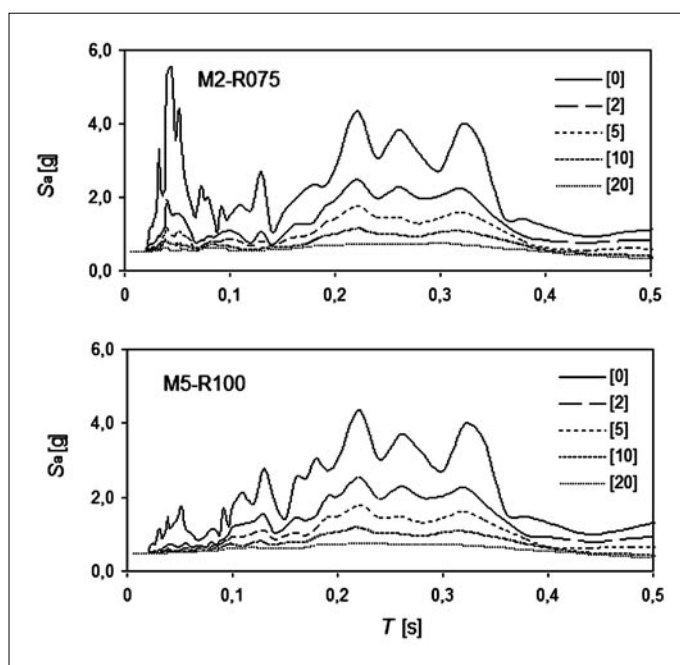
Glede na to, da smo med preiskavo krmilili pomike potresne mize, smo časovni zapis pospeškov modelnega potresa dvakrat integrirali, največjo vrednost pomika pri tako dobljenem časovnem poteku pa uporabili kot izhodišče za nastavitve intenzitete (faza R100). Iz omenjenih razlogov pa oznaka R100 ne pomeni vzburjanja s potresom, ki bi za prototipno konstrukcijo pomenil intenziteto



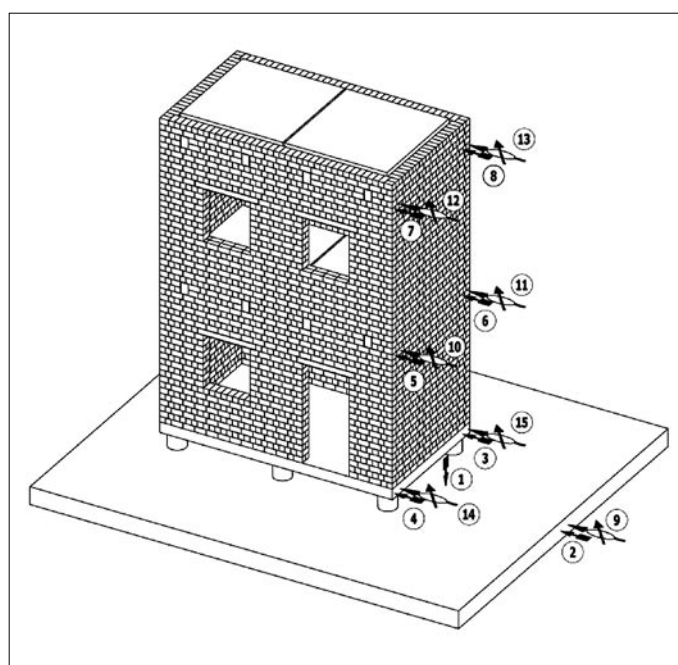
Slika 10 • Izolator med kalibracijsko preiskavo



Slika 11 • Rezultati kalibracijskih preizkusov izolatorjev. a) histerezne zanke sila pomik in b) povprečna krivulja togosti v odvisnosti od vodoravnih pomikov



Slika 12 • Tipični spektri odziva na vzbujanje potresne mize.
Zgoraj: preiskava modelov M1, M2 in M3, spodaj: preiskava modelov M4 in M5



Slika 13 • Oprema modela na izolatorjih z merilnimi instrumenti

črnogorskega potresa, pač pa vzbujanje z daljšim, vendar po pospeških šibkejšim potresom.

Ker smo v času med preiskavo prvih treh in zadnjih dveh modelov izboljšali postopek krmiljenja potresne mize, modela M4 in M5 nista bila preiskana s popolnoma enakim potresom, niti ni bila intenziteta vzbujanja v posameznih fazah preiskave enaka kot v prvi fazi raziskave, ko smo preiskali modele M1, M2 in M3. Da je bilo krmiljenje mize v drugem delu preiskave boljše, dokazujejo

tudi izračunani spektri odziva, pri katerih ni velikih ojačitev v kratkoperiodičnem delu (slika 12). Razlike v obliki obeh skupin spektrov so zaradi dinamičnih lastnosti modelov, katerih začetne vrednosti lastnega nihajnega časa ležijo prav v območju, kjer je bila pri prvih treh modelih spektralna ojačitev največja, vplivale tudi na odzive modelov. Časovni odzivi modelov v posameznih, čeprav enako označenih fazah preiskave, zaradi tega med seboj niso enostavno primerljivi z intenziteto vzbujanja. Povprečne vrednosti največjih izmerjenih

pospeškov in pomikov mize v obeh fazah raziskave navajamo v preglednici 2. Če bi želeli vrednosti pretvoriti na prototipni potres, bi morali v preglednici 2 navedene vrednosti pri predpostavki, da smo v resnici preiskali enostavne in ne popolne modele, pomnožiti z merilom za pospeške ($S_0 = 1/4$) oziroma pomike ($S_d = 4$). Modele smo pred preiskavo na potresni mizi opremili z merilniki pomikov in pospeškov (slika 13), koristno obežbo stro-pov pa smo ponazorili z betonskimi bloki ustrezne mase, ki so bili z vijaki pritrjeni na lesene

stropnike tako, da so kar najmanj vplivali na togost stropov. Modeli so bili na potresno mizo postavljeni tako, da se je smer gibanja mize ujemala s smerjo daljše stranice modelov. Potresna obtežba je delovala v ravnini nosilnih zidov.

Trajanje	Faza	Modeli M1, M2 in M3		Modela M4 in M5	
		a_{max} (g)	d_{max} (mm)	a_{max} (g)	d_{max} (mm)
12 s	R005	0,028	0,795	0,027	0,600
	R025	0,131	3,480	0,109	2,854
	R050	0,386	7,116	0,239	5,660
	R075	0,505	10,827	0,380	8,509
	R100	0,688	14,620	0,483	11,322
	R150	-	-	0,727	17,034
	R200	-	-	1,015	22,721
	R300	-	-	2,682	34,002
	R350	-	-	3,555	39,492

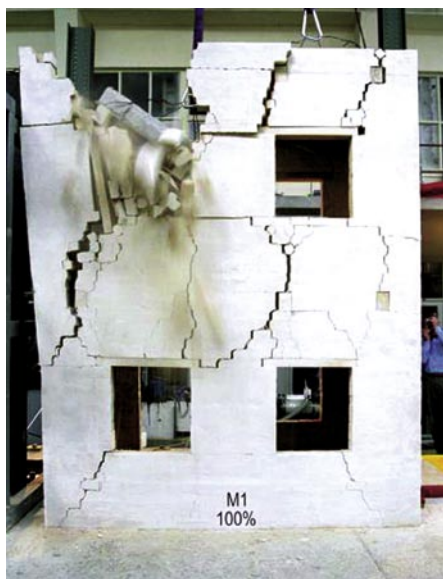
Preglednica 2 • Največji izmerjeni pospeški in pomiki potresne mize v posameznih fazah preiskave (povprečje za skupino modelov)

3 • REZULTATI PREISKAV

Raziskave so pokazale, da vlagozapornega sloja ne moremo upoštevati kot potresno izolacijo. Čeprav so bile tlačne napetosti v nosilnem zidovju, v smeri katerega je deloval potres, majhne, so meritve pri modelu M2 z vlagozapornim slojem pokazale, da med potresnim vzburjanjem ni prišlo do zdrsov zgornjega dela konstrukcije po izolacijskem sloju niti ne do odlepljenja in nihanja z vlagozapornim slojem ločenega zgornjega dela konstrukcije po spodnjem (angl. »rocking«). Tako referenčni model M1 kot model M2 z

vlagozapornim slojem sta se porušila pri enaki intenziteti vzburjanja na enak način. Ker zidovi niso bili povezani, so v zgornjem delu modelov nastale navpične razpoke, ki so bile v fazi preiskave pred poružitvijo razmeroma majhne, v fazi, ko se je model porušil, pa so se hipoma tako povečale, da je zgornje nadstropje modela razpadlo (sliki 14a in b). Preiskava modela M3 je pokazala, da potresna izolacija ne prepreči razpadanja zidovja, če zidovje ni povezano z zidnimi vezmi. V primeru, ki smo ga raziskali, intenziteta

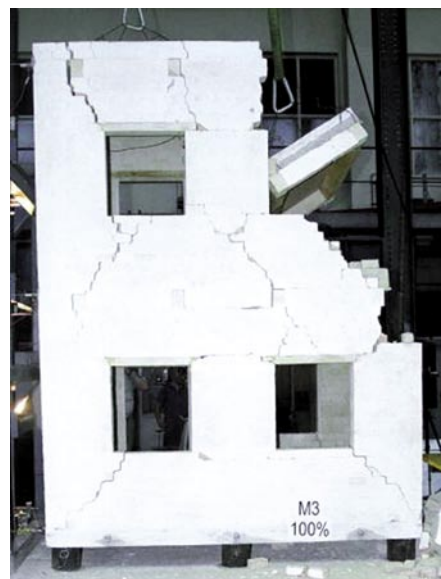
potresa, pri kateri se je porušil izolirani model M3, ni bila večja kot intenziteta pri poružitvi referenčnega modela M1. Izolirani model M3 se je porušil na enak način kot modela M1 in M2. S to razliko, da je bila porušitev hipna, saj vse do faze preiskave, v kateri je razpadlo zgornje nadstropje, v zidovju skoraj ni bilo opaziti poškodb (slika 14c). Oba modela, utrjena s CFRP trakovi, sta pokazala izjemno povečanje potresne odpornosti, saj se nista porušila niti pri vzburjanju s pospeški, ki so za več kot trikrat presegli vrednosti, izmerjene med preiskavo neutrjenih modelov (sliki 15a in b). Pri neizoliranem modelu M4 so se tik pred koncem preiskave iztrgali sidrni vijaki navpično zalepljenih tra-



a)

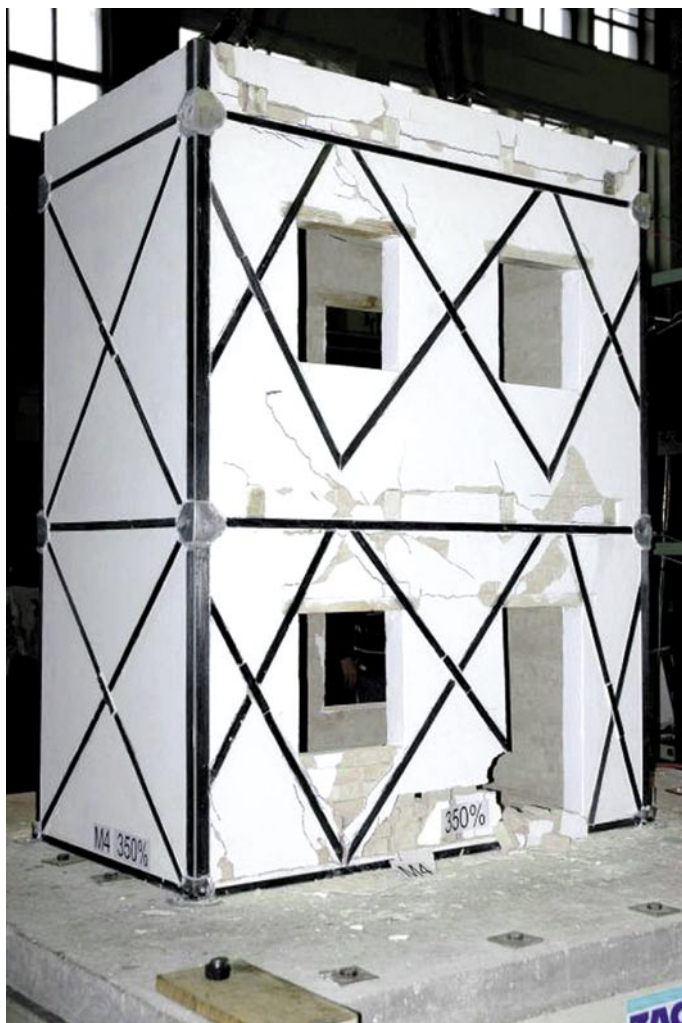


b)



c)

Slika 14 • Porušitev nepovezanih modelov med preiskavo na potresni mizi. a) referenčni model M1, b) model M2 z vlagozapornim slojem in c) model M3 na izolatorjih



a)



b)

Slika 15 • Modela, povezana s CFRP trakovi po končani preiskavi na potresni mizi. a) model M4 in b) model M5 na potresnih izolatorjih

kov, ki so predstavljali navpične zidne vezi (slika 16), pri izoliranem modelu M5 pa so se na eni strani temeljne plošče odlepili potresni izolatorji (slika 17), model sam pa je ostal praktično nepoškodovan.

V preglednici 3 so navedeni osnovni podatki o dinamičnih lastnostih modelov, lastne frekvence in vrednosti koeficientov ekvivalentnega viskoznega dušenja ζ (v % kritičnega dušenja), ki smo jih izmerili pred preiskavo na potresni mizi in po značilnih fazah preiskave. Vrednosti so dobljene s Fourierovo analizo odziva pomikov modelov, izmerjenih po iznihanju na udarec s kladivom po posameznih fazah preiskave.

Vidi se pričakovani trend upadanja lastnih frekvenc nihanja in večanja vrednosti koeficienta dušenja z naraščajočimi poškodbami zidovja. Razlike med začetnimi vrednostmi (predvsem pri modelih M1 in M2) lahko v veliki meri pripišemo velikemu raztrosu vrednosti

deformabilnostnih lastnosti modelnih materialov, medtem ko gre povečanje togosti pri modelu M4 predvsem na račun povezanosti zidovja s CFRP trakovi v navpični in vodoravni smeri. Več čas preiskave nespremenjene, vendar nizke vrednosti lastnih frekvenc pri modelu M5 so posledica vgrajenih potresnih izolatorjev. Žal meritve sprememb dinamičnih lastnosti med potekom preiskave na potresni mizi na izoliranem modelu M3 niso bile opravljene.

Za primerjavo na slikah 18 do 21 prikazujemo nekaj tipičnih odzivov modelov, ki smo jih zabeležili med preiskavo. Med seboj primerjamo pospeške, izmerjene v višini zgornje stropne konstrukcije (povprečje merskih mest 7 in 8, glej sliko 13), relativne etažne pomike v pritličju (povprečje merskih mest 10 in 11, od katerih smo pri modelu z izolatorjem odšteli pomike, izmerjene na mestih 14 in 15), kot merilo za intenziteto potresnega vzbujanja

pa so v vseh primerih prikazani tudi pospeški, izmerjeni na potresni mizi. Na slikah 18 in 19 pri potresnem vzbujanju enake intenzitete (glej oznake faz preiskave in vrednosti maksimalnih pospeškov mize v preglednici 2) med seboj primerjamo odziva referenčnega modela M2 in s CFRP trakovi utrjenega modela M4, na slikah 20 in 21 pa odziva utrjenega modela brez izolatorjev M4 in utrjenega modela na izolatorjih M5 pri potresnem vzbujanju z največjo intenziteto (R300). Ker je bila v tej fazi zmogljivost hidravlike za pogon potresne mize že prekoračena, je bilo gibanje bata nekoliko prekrmljeno. Največji izmerjeni pospeški mize so bili zaradi nastalih sunkov seveda večji od programiranih.

Omejeni obseg prispevka ne dopušča podrobnejše razlage dinamičnih značilnosti odzivov različnih modelov. Razlike v obnašanju preiskanih modelov, na podlagi katerih lahko ocenimo učinke raziskanih ukre-



Slika 16 • Detajl iztrganja sidrišča CFRP trakov v vogalu modela M4



Slika 17 • Odtrgani izolator modela M5 po končani preiskavi na potresni mizi

pov, pa najbolje prikaže primerjava krivulj potresne odpornosti posameznih modelov, ki smo jih izračunali na podlagi rezultatov meritev pospeškov in pomikov v posameznih fazah preiskave na potresni mizi. To so krivulje, ki kažejo odvisnost med največjo izmerjeno prečno silo v pritličju modela, izraženo v brezdimenzijski obliki s koeficientom prečne sile v pritličju BSC , t.j. z razmerjem med prečno silo BS , nastalo med potresom v pritličju modela, in težo modela W , ter etažnim zasukom Φ ,

brezdimenzijskim razmerjem med relativnim etažnim pomikom pritličja d in etažno višino h : $\Phi = d/h$ (v %). Krivulje dobimo tako, da v posamezni fazi preiskave v vsakem trenutku izračunamo prečno silo v pritličju kot vsoto produktov poznanih mas modelov, skoncentriranih v višini posameznih stropov m_i in izmerjene povprečne vrednosti pospeškov v isti višini a_i : $BS = \sum m_i a_i$, poiščemo največjo vrednost ter tej vrednosti pripadajoči pomik. Ker so bili vsi modeli enaki, smo v računu upoštevali,

da je masa v višini zgornjega stropa enaka $m_2 = 287$ kg, skoncentrirana masa v višini stropa nad pritličjem $m_1 = 448,4$ kg, celotna masa modela, na podlagi katere izračunamo težo modela nad temeljem, W , pa 856,8 kg. Tako izračunane krivulje odpornosti so prikazane na sliki 22.

Primerjava krivulj odpornosti posameznih modelov lepo pokaže učinek povezave zidov modelov s CFRP trakovi v navpični in vodoravni smeri. Primerjava pokaže, da je bila kljub temu, da so bili trakovi nalepljeni samo na zunanji strani zidov, potresna odpornost modela M4, ki je bil utrjen z nalepljenimi CFRP trakovi, več kot trikrat večja kot pri neutrenjenih modelih. CFRP trakovi so zagotovili povezanost in celovitost obnašanja konstrukcije tudi pri intenziteti potresa, ki je za 3,5 krat presegala intenziteto, pri kateri se je porušil referenčni model. Ocenjujemo, da običajno nastalih diagonalnih strižnih razpok v zidnih slopih ni bilo zato, ker je večji del obremenitev, ki povzročajo strižne poškodbe, prevzel sistem vodoravnih in navpičnih vezi. Ko so se izrgala sidra navpičnih vezi, se je začel model M4 odzivati kot togo telo. Vendar so tudi potem, ko je v končni fazi po iztrganju navpičnih vezi zaradi udarjanja modela po temeljni plošči prišlo do drobljenja in izpadanja razmeroma šibkih zidakov, CFRP trakovi uspeli zadržati celovitost konstrukcije. Ko smo s preiskavo končali, je zidovje utrpelo močnejše poškodbe predvsem v spodnjih vogalnih delih modela.

Model		Pred preiskavo	R50	R75	R150	R300
M1	$f(s^{-1})$	15,6	12,3	12,3	-	-
	ζ (%)	13,5	16,7	15,5	-	-
M2	$f(s^{-1})$	19,0	15,3	13,9	-	-
	ζ (%)	5,5	13,4	13,8	-	-
M4	$f(s^{-1})$	21,2	20,6	19,5*	18,9	12,6
	ζ (%)	3,8	5,0	9,5*	10,2	8,9
M5**	$f(s^{-1})$	2,2	2,1	2,1*	2,1	2,1
	ζ (%)	11,6	10,2	10,1*	10,0	10,3

 Preglednica 3 • Lastna frekvenca f (v s^{-1}) in koeficient ekvivalentnega viskoznega dušenja ζ (v % kritičnega dušenja) izmerjena na začetku in po značilnih fazah preiskave posameznih modelov

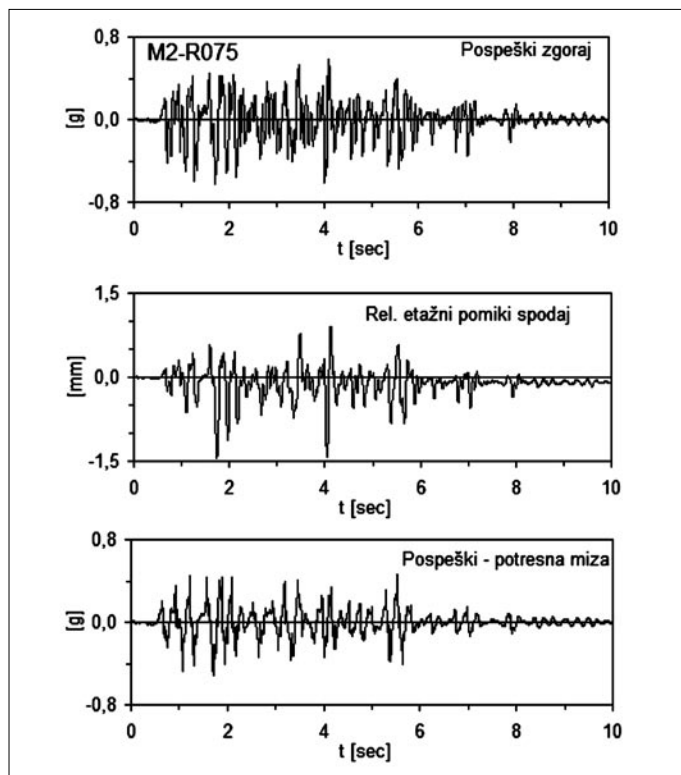
Opomba: * Pri modelih M4 in M5 so navedene vrednosti, izmerjene po fazi R100, ki je odgovarjala fazi R75 pri modelih M1 in M2.

** Dinamične lastnosti so posledica vgrajenih izolatorjev. Konstrukcija izoliranega modela M5 je ves čas preiskave ostala nepoškodovana.

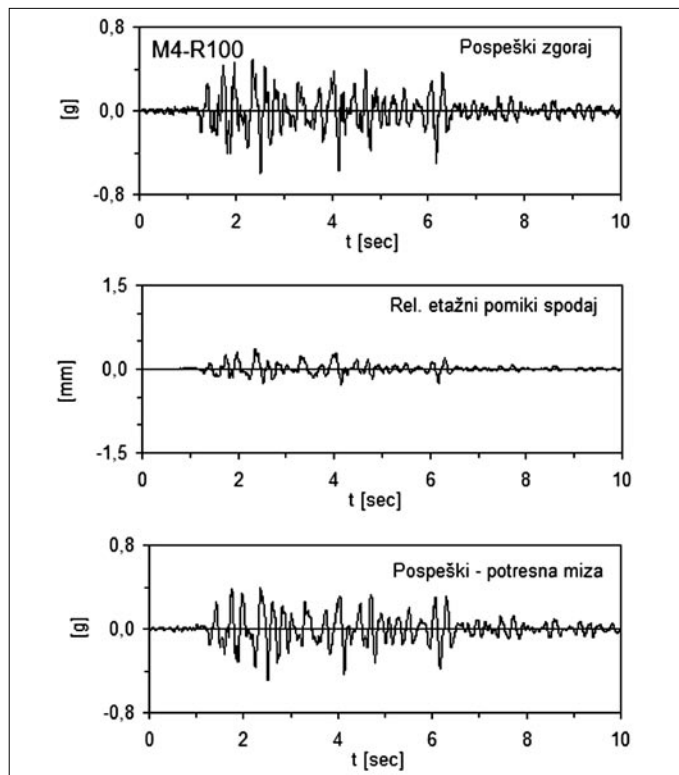
Primerjava krivulj odpornosti, dobljenih s preiskavo obeh modelov, utrjenih s CFRP trakovi, lepo kaže tudi učinek potresnih izolator-

jev. Medtem ko je model M4, ki je bil pritrjen neposredno na temeljno ploščo, med preiskavo na potresni mizi dosegel razpoložljivo nosilnost

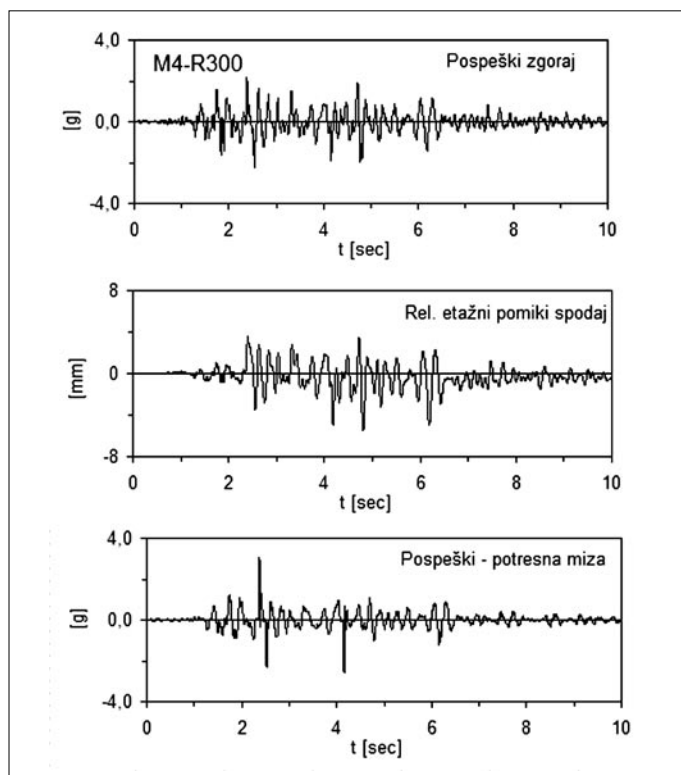
na vodoravno obtežbo, je prečna sila, ki je med enakim vzbujanjem s potresno mizo nastala v izoliranem modelu M5, še daleč pod to mejo.



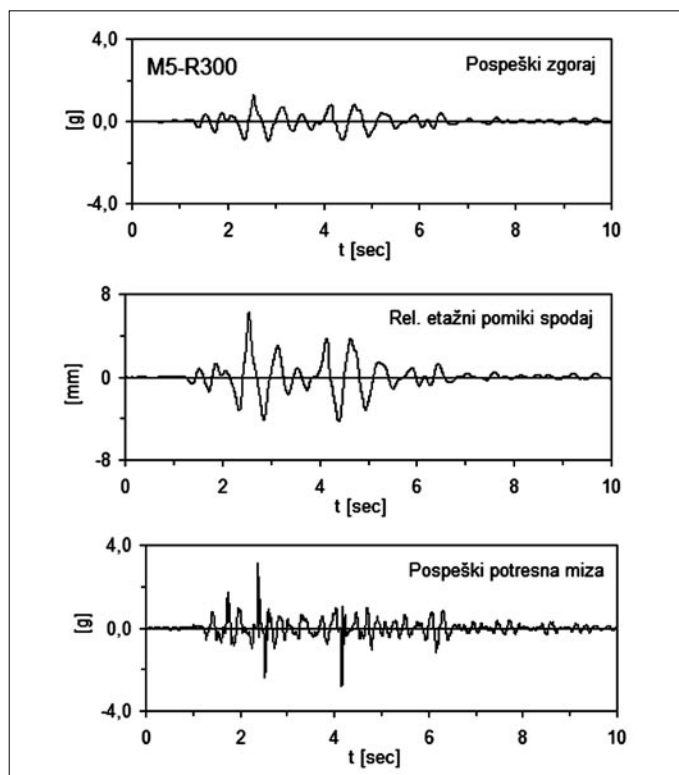
Slika 18 • Odziv modela M2 na potresno vzbujanje v fazi R75



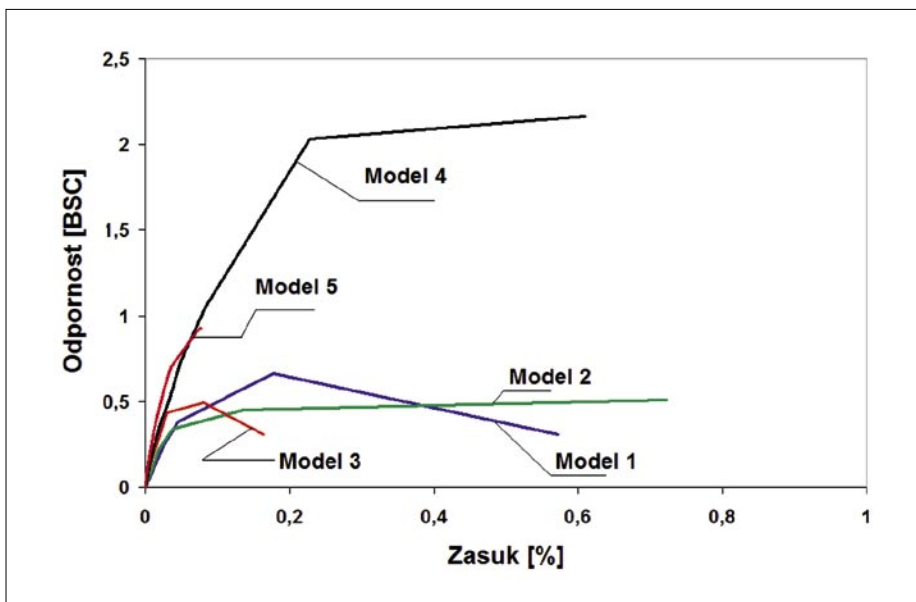
Slika 19 • Odziv modela M4 na potresno vzbujanje v fazi R100



Slika 20 • Odziv modela M4 na potresno vzbujanje v fazi R300



Slika 21 • Odziv modela M5 na potresno vzbujanje v fazi R100



Slika 22 • Primerjav krivulj potresne odpornosti, dobljenih s preiskavo modelov na potresni mizi

4 • SKLEP

Eksperimentalne raziskave so pokazale, da običajnega vlagozapornega sloja v obliki vložka PVC folije v vodoravno rego v spodnjem delu zidov na splošno ne moremo upoštevati kot potresno izolacijo. Tudi vgraditev potresnih izolatorjev ni dovolj za izboljšanje potresne odpornosti in boljše obnašanje med potresom, če zgornja konstrukcija sama ni utrjena in zidovje vsaj povezano z zidnimi vezmi. Oba modela, pri katerih je bilo zidovje povezano z navpičnimi in vodoravnimi CFRP trakovi, sta pokazala veliko povečanje potresne odpornosti, saj se nista porušila niti pri vzbujanju s pospeški, ki so za več kot trikrat presegli

vrednosti, izmerjene med preiskavo neutrenjenih modelov. Kolikšne so lahko možnosti za povečanje potresne odpornosti konstrukcije, pokaže primerjava med referenčnima, neutrenjenima modeloma M1 in M2 na eni, in s CFRP trakovi utrjenim modelom M4 na drugi strani. Učinkovitost izolatorjev pa pokaže dejstvo, da je bila sila, ki je pri maksimalnem potresu delovala na izolirani model M5, približno 2,5 krat manjša od sile, ki je bila med potresom enake intenzitete izmerjena na modelu M4. Opisane raziskave so pokazale, da trakovi iz polimernih laminatov učinkovito nadomestijo

jeklene vodoravne zidne vezi. Če so nalepljeni v navpični smeri, pa še dodatno utrdijo konstrukcijo, če so le na konceh ustrezno sidrani v konstrukcijo. Opisane raziskave so potrdile tudi že dalj časa znano dejstvo, da je potresna izolacija togih zidanih konstrukcij v ustreznih pogojih (pri kratkoperiodičnih, na naših tleh običajnih potresih) lahko zelo učinkovita. Seveda v primeru, ko probleme potresne odpornosti rešujemo s potresno izolacijo, pri zgodovinskih stavbah ne smemo opustiti osnovnih, tudi že dalj časa poznanih ukrepov, kot je povezovanje zidovja z zidnimi vezmi. Raziskave so torej dokazale učinkovitost sodobnih tehnoloških rešitev, hkrati pa so opozorile tudi na tehnološke probleme, ki jih je treba pred širšo uporabo teh metod na dejanskih objektih še ustrezno rešiti.

5 • ZAHVALA

Opisane raziskave so bile izvedene v okviru aplikativnega raziskovalnega projekta L2-0691, ki ga je financiralo Ministrstvo za znanost in tehnologijo, sofinanciralo pa podjetje Sava d.d., program Construmat iz Kranja, in raziskovalnega programa P2-0274, ki ga financira Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo. CFRP trakove in lepilo je brezplačno dobavil slovenski zastopnik podjetja Sika AG iz Švice, Sika d.o.o. iz Trzin.

6 • LITERATURA

Bailey, J.S., Allen, E.W., Seismic isolation retrofitting: Salt Lake City and County building. APT Bulletin, 20 (2), 1988.
Fajfar, P., Ljubljanski nebotičnik. Skrb za potresno varnost v tridesetih letih, Poročila FGG, št. 38, Gradbeni vestnik, 34 (4–5–6), 1995.

- Gayevo, A.V., Lissel, S.L., Monitoring of CFRP prestressed masonry walls. Proceedings, 13th International Brick and Block Masonry Conference, Vol. 2, Amsterdam, 2004.
- Gostič, S., Mezgec, A., Žarnić, R., Protipotresne utrditve zidanih konstrukcij s CFRP kompoziti. Gradbenik, 9 (3), 2005.
- Hamilton, H.R., Dolan, C.W., Strengthening unreinforced masonry with FRP. Proceedings, Structural Engineering World Wide, Elsevier Science Ltd., Paper No. T119-5 (CD-ROM), 1998.
- Page, A.W., The shear capacity of membrane type damp-proof courses in masonry. Australian Civil Engineering Transactions, Vol. CE37 No. 1, 1995.
- Sarrazin, M., Moroni, M., Boroschek, R., Soto, P., Results from a base-isolated experimental building in Santiago-Chile. O. Proceedings, 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, CD ROM, 1996.
- Schwegler, G., Masonry construction strengthened with fiber composites in seismically endangered zones. Proceedings, 10th European Conference on Earthquake Engineering, Balkema, 1995.
- Skinner, R.I., Robinson, W.H., McVerry, G.H., An introduction to seismic isolation. John Wiley & Sons, Chichester, 1993.
- Soong, T.T., Dargush, G.F., Passive energy dissipation systems in structural engineering, John Wiley & Sons, Chichester, 1997.
- Tomaževič, M., Lutman, M., Klemenc, I., Weiss, P., Obnašanje zidanih stavb med potresom v Bovcu 12.7.2004. Gradbeni vestnik, 54 (1), 2005.
- Tomaževič, M., Obstoječi gradbeni objekti in razvoj potresnega inženirstva – primer zidanih stavb. Gradbeni vestnik, 51 (3,4), 2002.
- Tomaževič, M., Kriteriji in parametri za preprojektiranje starih kamnitih zidanih stavb na potresnih območjih. Gradbeni vestnik, 48 (8–9–10), 1999.
- Tomaževič, M., Klemenc, I., Lutman, M., In situ preiskave zidov in potresna odpornost kamnitih hiš na Bovškem. Gradbeni vestnik, 48 (8–9–10), 1999.
- Tomaževič, M., Weiss, P., Lutman, M., Eksperimentalna raziskava povezovanja zidov opečnih hiš z jeklenimi zidnimi vezmi. Informacije ZRMK, 316, Gradbeni vestnik, 44, 4–5–6, 1995.
- Tomaževič, M., Apih, V., Ojačevanje kamnitega zidovja z zidovju prijaznim injektiranjem. Informacije ZRMK, 306–307, Gradbeni vestnik 43 (1–2, 3–4–5), 1993.
- Tomaževič, M., Weiss, P., Velechovsky, T., Vpliv togosti stropov na potresno odpornost starih zidanih zgradb. Gradbeni vestnik, 41 (3–4), 1992.
- Triantafyllou, T.C., Fardis, M.N., Strengthening of historic masonry structures with composite materials. Materials and Structures, 30 (10), 1997.
- Triantafyllou, T.C., Seismic retrofitting of structures with fibre-reinforced polymers. Progress in Structural Engineering and Materials, 3 (1), 2001.
- Zhou, X., Miao, H., Optimum design of resilience-friction-slide base isolation system for low cost buildings. Proceedings, 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, CD ROM, 1996.
- Žarnić, R., Utrditev konstrukcij z armiranimi plastičnimi masami. Gradbeni vestnik, 51 (10), 2002.

PROBLEMATIKA NEGOSPODARNE DISPOZICIJE BLATA IZ LJUBLJANSKE ČISTILNE NAPRAVE

THE PROBLEMS OF UNRATIONAL SLUDGE DISPOSITION OF WWTP OF LJUBLJANA

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
Barjanska 68, Ljubljana

Strokovni članek
UDK 628.32 + 628.336

Povzetek | Članek obravnava obdelavo in končno dispozicijo blata iz ljubljanske čistilne naprave. Sušenje blata z energijo bioplina iz za ta namen zgrajenih gnilišč z dodatkom zemeljskega plina tehnično in ekonomsko ni racionalno, saj ostaja neizkoriščena odpadna toplota plinskih motorjev na mestni deponiji odpadkov, ki večkrat presega potrebno toploto za sušenje blata. Rešitev ne sloni na integralni, končni rešitvi obdelave in končne dispozicije vseh mestnih odpadkov.

Summary | In the paper, the question of treatment and final sludge disposal of the Ljubljana WWTP is discussed. The drying of the sludge with the biogas energy from digesters, constructed especially for this purpose, with the necessary addition of earth gas, when several times more waste energy from the gas engines on the cities refuse dump remains unused, is not a rational solution. The solution does not represent a part of an optimal and integral solution for the general treatment and final disposition of the waste of the city.

1 • UVODNA UGOTOVITEV

Z izgradnjo mnogih čistilnih naprav v preteklih letih je Slovenija dosegla pri varovanju voda velik napredek. Zahtevna obdelava in končna dispozicija blata iz čistilnih naprav pa marsikje še nista dorečeni.

Tudi pri blatu je mogoče doseči okoljevarstveno in ekonomsko najboljše učinke, če ga obravnavamo v okviru celostne rešitve vseh odpadkov mesta in celotne regije.

Žal pa pri izgradnji dragega sušenja blata na čistilni napravi v Ljubljani potreba po celostni rešitvi ni bila ustrezno upoštevana.

2 • UTEMELJITEV

Odpadno blato vsebuje velik delež organskih snovi s hranili (dušične, fosforjeve spojine itd.). Zato ga je mogoče uporabiti kot organsko gnojilo ali pa skupaj z drugimi gorljivimi odpadki ali brez njih kot energetska vir.

Najbolj sonaravni in tudi najcenejši način je končna dispozicija blata na polja. Če je po količini in kakovosti pravilno odmerjena, lahko v veliki meri nadomesti umetna gnojila. Glede vzdrževanja humusa pa je enakovredno na-

ravnemu gnoju. Na poljih poteka mineralizacija organske snovi v blatu povsem naravno in brez posledic za okolje.

Žal pa je takšna rešitev omejena z zahtevami, ki jih vseh vedno ni mogoče izpolniti:

- a) blato ne sme vsebovati patogenih klic, ne sme smrdeti in biti mora higiensko neoporečno;
- b) ne sme vsebovati strupenih primesi, kot so težke kovine in podobno;
- c) zaradi zaščite plodnih tal, poljščin in podtalnice pred nitrati (fosfati podtalnice zaradi adsorpcijske sposobnosti tal podtalnice še ne ogrožajo) so dovoljene količine blata na poljih omejene.

V Ljubljani bi bila takšna »sonaravna« dispozicija blata logistično zahtevna, verjetno pa zaradi pomanjkanja kmetijskih površin tudi težko izvedljiva.

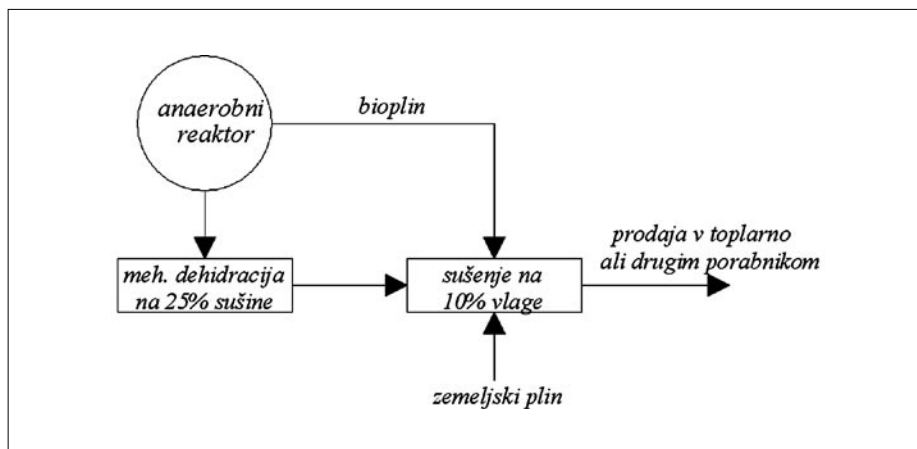
Prej običajno odlaganje blata na mestni deponiji pa skupaj z drugimi organskimi odpadki ali brez njih, zaradi smradu in proizvodnje toplogrednih plinov, predvsem metana CH_4 , po direktivi EU od 31. 12. 2008 dalje ni več dovoljeno.

Zato je potrebno problem dispozicije blata reševati v sklopu celostne tehnološko-ekonomske problematike vseh mestnih odpadkov in tako, da si lahko posamezne, spodaj navedene fazne rešitve funkcionalno in ekonomsko optimalno sledijo:

- a) **kompostiranje mehansko dehidriranega blata skupaj z drugimi organskimi odpadki, če kakovost komposta ustreza, sicer pa**
- b) **osušitev predhodno mehansko dehidriranega blata v brikete z do 10 % vsebnosti vode in njihovo uporabo kot gorivo, za rekultivacijo degradiranih površin, v kmetijstvu itd.**

Za osušitev blata je mogoče uporabiti dva vira energije:

- b₁: bioplin iz na čistilni napravi zgrajenih anaerobnih reaktorjev z dodatno uporabo zemeljskega plina, ker lahko bioplin pri napravah z denitrifikacijo efluenta pokrije le ca. polovico za sušenje blata potrebne energije (slika 1);
Od izkupička prodanega posušenega blata je potrebno odšteti investicijske in pogonske stroške zgrajenih anaerobnih reaktorjev in sušilnice blata ter stroške za zemeljski plin
- b₂: Dehidrirano blato se iz čistilne naprave prepelje in deponira na deponiji (kot je bila do nedavnega večinska praksa tudi v Evropi.). Lahko pa se blato namesto na čistilni napravi posuši z dvakrat več odpadne toplote plinskih motorjev na mestni deponiji, kot je za sušenje blata potrebno. Če bi uporabili to toploto, kot sledi iz na



Slika 1 • Primer b₁: Obstoječe stanje, blato se suši z bioplinom in z dodatkom zemeljskega plina

daljevanja, gradnja anaerobnih reaktorjev (sliki 1 in 3) na čistilni napravi in poraba zemeljskega plina ne bi bila potrebna. Stroški prevoza dehidriranega blata na deponijo in deponiranje so nižji od cene in pogonskih stroškov zgrajenih anaerobnih reaktorjev ter cene zemeljskega plina. V primeru osušitve blata z odpadno toploto plinskih motorjev na deponiji je mogoče posušeno blato tudi v tem primeru prodati kot vir energije, v kmetijstvo ali drugim porabnikom. Izkupiček pa, kot rečeno, odšteti od investicijskih in pogonskih stroškov sušenja blata.

c) sežig blata:

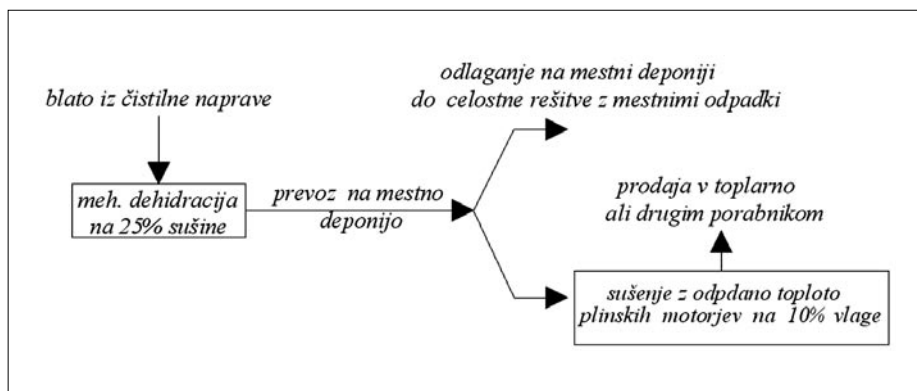
- c₁: Mehansko dehidrirano blato na 25 % sušine se sežge na lastni sežigalnici na čistilni napravi. Potrebno je dodajanje energije bodisi zemeljskega plina ali lastnega bioplina iz za ta namen zgrajenih anaerobnih reaktorjev.

c₂: z direktnim sežigom predhodno mehansko dehidriranega blata na 25 % vlage na skupni napravi (toplarni) za sežig mestnih odpadkov ali z ustrezno prireditvijo kurišč v že obstoječih v toplarnah ali cementarnah.

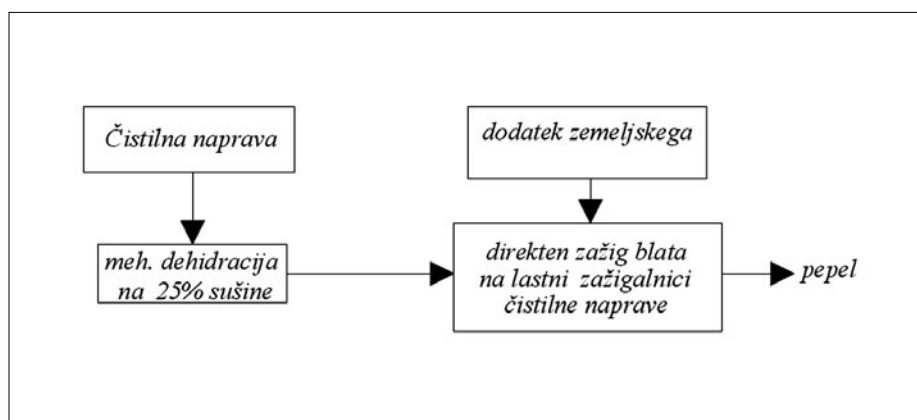
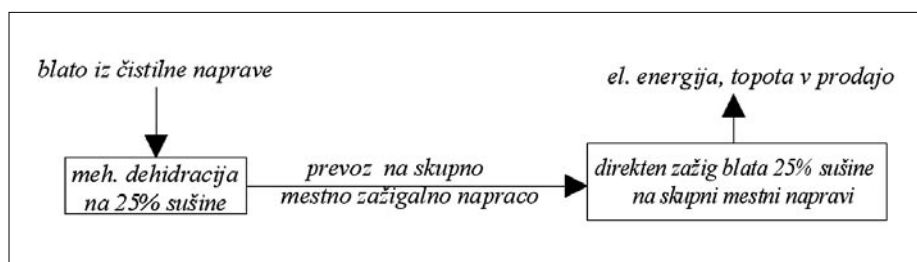
V tem primeru se dehidrirano blato prepelje na mestno sežigalno napravo. Tukaj se deficit energije za sežig blata pokrije z energijo ostalih mestnih odpadkov. Ostanek toplote se odvisno od lege sežigalnice uporabi kot na toplarni, ali če odjem toplote ni rentabilen, kot na termoelektrarni.

Če torej kompostiranje zaradi neprimerne kakovosti komposta, logistične ali prostorske problematike ni izvedljivo, preostanejo le še rešitve pod točkama »b« in »c«.

Bilanca energije za navedene možnosti dehidracije in sežiga blata po spodnji enačbi je prikazana v preglednici 1.



Slika 1 • Primer b₂: Dehidrirano blato se do celostne rešitve odlaga na deponiji ali pa se motorjev in odda v toplarno ali drugim uporabnikom


 Slika 3 • Primer c₂: Dehidrirano blato se zažge na lastni sežigalnici ČN. Pri napravah z denitrifikacijo efluenta blato za sežig nima dovolj lastne energije

 Slika 4 • Primer c₂: Prevoz in sežig dehidriranega blata na mestni sežigalni napravi (racionalna končna rešitev)

$$(+/-)\Delta E = E_{1,1} + E_{1,2} - E_{1,3}$$

- E1,1 proizvodnja bioplina iz blata v gnilišču.
 E1,2 proizvodnja energije pri sežigu posušenega blata z 90 % sušine (določiti kurilno – toplotno vrednost organske snovi v blatu).
 E1,3 Dodatek zemeljskega plina za sušenje blata od 25 % na 90 % suhe snovi

	Pridobljena energija z sežigom blata (bioplina)		Porabljena energija za evaporacijo		primanjkljaj ali presežek
		kWh/kg SS		kWh/kg vode	
Direktni sežig dehidriranega blata s 25 % sušine	1 kg SS x 5,8 kWh x 0,48* 0,70 (kg SS org/kg SS)	2,76* 4,06	3,0 kg H ₂ O x 1,4 (kWh/kg H ₂ O)	- 4,2	- 1,44* - 0,14
Izparitev vode iz blata od 10 % na 0 % pri sežigu posušenega blata	1 kg SS x 5,8 kWh/kg SS x 0,48* 0,70 (kg SS org/kg SS)	2,76* 4,06	0,11 (kg H ₂ O) x 1,4 (kWh/kg H ₂ O)	- 0,15	+ 2,61* + 3,91
Potrebna energija plina za sušenje blata na 10 % vlage, če se blato ne sežiga	0,48* 0,70 (kg SS) x 0,42 (m ³ biopl) x 7 kWh/kg SS org	1,41* 2,05	(3 kg H ₂ O - 0,11 H ₂ O) x 1,4 kWh/kg H ₂ O	- 4,05	- 2,64* - 2,00
Bilanca sušenja blata na 10 % vlage in s sežigom blata		2,61* 3,91		- 4,05 - 4,05	- 1,44* - 0,14

 2,61* za razmerje med organskim in anorganskim delom blata 0,48²

Preglednica 1 • Ocena energetske bilance blata na ljubljanski čistilni napravi

Uporabljene vrednosti:

25 % – 1 kg SS org	delež suhe snovi v dehidriranem blatu
75 % – 3 kg H ₂ O	delež vode v dehidriranem blatu
10 % – 0,11 kg H ₂ O	delež vode na 1 kg SS blata pri posušenem blatu na 10 % vlage
5,80 kWh/kg SS org ¹	kalorična vrednost organskega dela v 1 kg blata
1,28 – 1,86 kWh/kg H ₂ O	privzeto 1,4 kWh/kg H ₂ O, tehnološka poraba toplote za evaporacijo vode
7,00 kWh/m ³ bioplina	kalorična vrednost bioplina
4,8 kWh/m ³ bioplina	kalorična vrednost bioplina na mestni deponiji
0,7 kg SS org/kg SS	delež biološko razgradljivih organskih snovi v blatu
0,48* kg SS org/kg SS	v bilanci je variantno upoštevano tudi nižje razmerje med organskim delom in skupno težo organskega in anorganskega dela blata.

¹ (Degremont, 1972)

Iz podatkov v preglednici 1 vidimo, da ima blato s 25 % sušine (75 % vode) za sežig dovolj lastne energije, če je razmerje med organskim delom in celotno maso blata večje od 0,7. Pri manjšem razmerju 0,48*, ki je tudi v razpredelnic 1, pa je za sušenje potreben dodaten, zunanji vir energije, v obravnavanem primeru se uporablja zemeljski plin. Razmerje med organskim in anorganskim delom biološkega blata je torej odvisno od koncentracije anorganskih snovi v odpadni vodi in od starosti blata, ki mora biti za denitrifikacijo efluenta čistilne naprave večja od 12 dni. Iz preglednice 1 tudi vidimo, da je pri povprečni odpadni vodi z bioplino iz zgrajenih anaerobnih reaktorjev mogoče posušiti le približno polovico dehidriranega biološkega blata, manjkajočo energijo za celotno količino blata pa dobiti iz zunanjih virov. Ker, kot rečeno, pri izvedeni denitrifikaciji (ta na ljubljanski čistilni napravi ni izvedena) s starostjo biološkega blata ca. 12 dni iz zgrajenih gnilišč ni realno pričakovati več kot ca. 6 do 9 l/PE dan bioplina na 1 populacijsko enoto onesnaženja (slika 5).

Pri ljubljanski čistilni napravi pa so za deficitarni bioplin zgradili draga gnilišča, primanjkljaj pa pokrivajo z zemeljskim plinom, čeprav je na mestni deponiji na voljo desetkrat več bioplina. Samo odpadna toplota na deponiji instaliranih plinskih motorjev pa potrebno energijo za sušenje blata kar dvakrat presega (preglednica 2).

Z izgradnjo anaerobnih reaktorjev in sušilnico blata pa tudi ni izpolnjen predpis EU, saj z obema postopkoma iz blata organske snovi sploh niso odstranjene.

S sušenjem se zmanjša le prostornina blata, isti namen pa je mogoče doseči tudi brez sušenja, če se samo mehansko dehidrirano blato dobro premeša z ostalimi mestnimi odpadki, ki imajo veliko poroznost oziroma veliko nezapolnjene prostornine.

Energetska bilanca sušenja blata v preglednici 1 tudi pokaže, da je poraba energije za evaporacijo vode in sežig blata enaka, če predhodno blato sušimo ali pa ne, kar je razumljivo, saj je potrebno v obeh primerih izpariti enako količino vode. Razlika je le v številu in ceni za končni sežig blata potrebnih naprav in tehnoloških postopkov.

Zato gradnja dragih anaerobnih reaktorjev in sušilne naprave (glej slike 6, 7 in 8) ni bila potrebna. Stroški direktnega sežiga blata v eni fazi, namesto v treh fazah, proizvodnje bioplina v anaerobnih reaktorjih, sušenja in sežiga blata so tako glede investicijskih kot pogonskih stroškov manjši.

V tehnično-ekonomskem pogledu je prednost torej na strani enostavnejše rešitve, to je direktnega sežiga dehidriranega blata s 25 % sušine (primera b_2 in c_2)⁴ na skupni mestni sežigalni napravi ali alternativno sušenje blata z razpoložljivo odpadno toploto plinskih motorjev na deponiji, sežig pa v mestni toplarni ali v eni od cementarn. V prvem primeru brez zgrajenih anaerobnih reaktorjev in sušilne naprave, v drugem pa brez anaerobnih reaktorjev.

Dokler za blato in vse mestne odpadke ni celostne tehnično – ekonomsko dognane rešitve, bi bilo smiselno dehidrirano blato odlagati na mestni deponiji, tako kot v Celju in Mariboru.

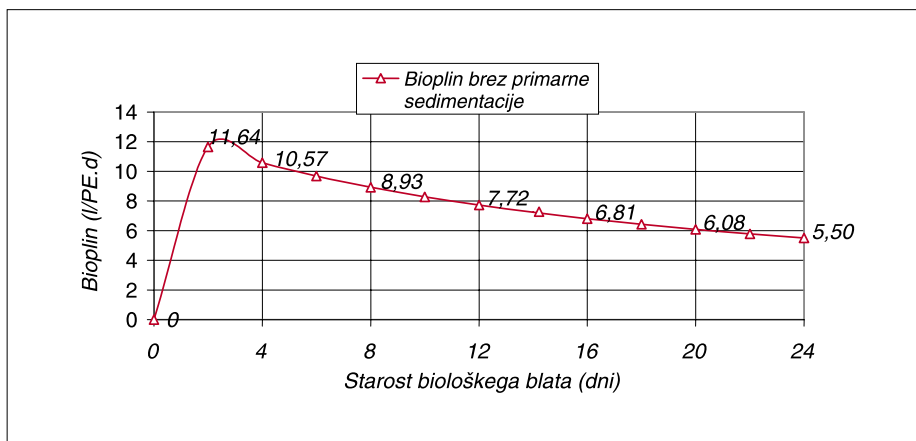
Zadevno direktivo EU izvajajo torej postopoma v smeri končne rešitve.

Žal pa takšen pristop kot v Celju in Mariboru v Ljubljani ni bil uporabljen.

Iz posnetkov mariborske in celjske čistilne naprave na slikah 6 in 7 se vidi, da nobena od teh naprav, v nasprotju z ljubljansko ČN (slike 8 in 10), nima dragih anaerobnih reaktorjev (gnilišč) z rezervoarjem plina niti sušilnice bla-

	Dnevna količina bioplina	Dnevna energija bioplina	El. moč iz bioplina pri 30 % izkoristku	Odpadna toplota plinskih motorjev	Potrebna energija za sušenje blata
	m ³ /dan	kWh/dan	kW	kWh/dan	kWh/dan
ČN Ljubljana	2.880	20.160	252	14.112	50.000 ²
Deponija odpadkov Ljubljana	31.000	148.350	1.853	103.840	50.000 ¹

Preglednica 2


Slika 5 • Proizvodnja bioplina v odvisnosti od starosti biološkega blata³

ta). Zgrajeni pa sta za višjo III. stopnjo in ne le kot ljubljanska za II. stopnjo čiščenja. Problem blata rešujejo na obeh napravah postopno. V Celju dehidrirano blato do končne rešitve z sežigom skupaj z mestnimi odpadki (del blata pa verjetno s kompostiranjem) odlagajo na mestni deponiji. Projekt končne rešitve pa že poteka. V Mariboru pa do končne rešitve dehidrirano blato sežigajo v sosednji Avstriji.

Če velja praksa postopnega reševanja blata tudi za bolj bogate države EU, ni videti razloga, da tudi v Ljubljani ne bi počakali na celovito rešitev v sklopu končne rešitve vseh mestnih odpadkov, medtem pa odlagali blato na mestni deponiji.

Tako pa se je denar na ljubljanski čistilni napravi porabil za nepotrebna gnilišča in sušenje blata, zmanjkalo pa ga je za dokončanje III. stopnje čiščenja, za denitrifikacijo in defosfatizacijo efluenta čistilne naprave, kar bo potrebno še dograditi. Z ena-

ko ali podobno rešitvijo blata kot v Celju ali v Mariboru, brez dragih nepotrebnih anaerobnih reaktorjev in sušilnice blata na sliki 10 ter bolj funkcionalno in racionalno prostorsko rešitvijo čistilne naprave, bi bila cena ljubljanske naprave nekaj mio EUR nižja. Samo sušilnica je stala 6,9 mio EUR.⁵ Skupaj z anaerobnimi reaktorji in rezervoarjem bioplina pa je ta znesek še mnogo večji.

Žal pa je bila po vzoru mariborske in celjske naprave predlagana rešitev na sliki 9 zavržena brez v takšnih primerih obvezne strokovne razprave.

Poleg takšne tehnično-ekonomske negospodarne rešitve zbode v oči tudi skrajno nefunkcionalna in neracionalna prostorska zasnova ljubljanske ČN v primerjavi z mariborsko in celjsko (slika 6).

Čistilne naprave s kanalizacijskimi omrežji, ki jih bo zaradi varstva okolja potrebno stalno izpopolnjevati in dograjevati, stroški za to pa

¹ (Rismal, 2002)

² (Rismal, 2003)

³ (Loll, 2001)

⁴ (Christmann, Lezius, 1998)

⁵ Internet: Andritz AG, the technology Group based in Graz, will construct a complete sludge drying system for the city of Ljubljana in neighbouring Slovenia. Andritz will supply a PowerDrain system for thickening sewage sludge, two Andritz-Guinard centrifuges for dewatering the sludge, a DDS drum dryer for an evaporation capacity of 3000 kg of water per hour, and a granulate loading system. The total contract value is 6.9 mio EUR.

bodo vedno večji, sodijo v področje javnih investicij in javne porabe. Zato neupravičeno

drage rešitve čistilnih naprav, kot je v Ljubljani, povečujejo zgolj stroške čiščenja in ceno vode,

delujejo inflatorno, po nepotrebnem porabljeni denar pa nič ne prispeva k varstvu voda.



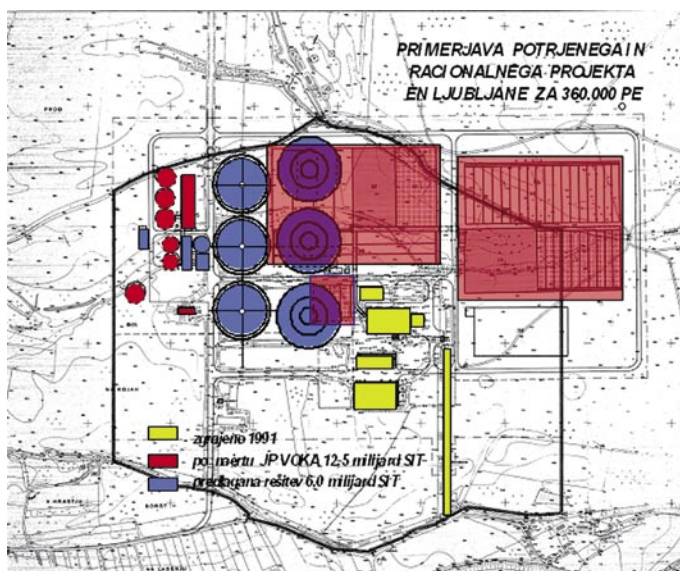
Slika 6 • Celjska čistilna naprava 90.000 PE, III. stopnja čiščenja, primer racionalne rabe prostora



Slika 7 • Mariborska čistilna naprava 230.000 PE, III. stopnja čiščenja, primer racionalne rabe prostora



Slika 8 • Tehnično-ekonomsko nefunkcionalna in prostorsko potratna gradnja ljubljanske čistilne naprave 360.000 PE brez III. stopnje čiščenja



Slika 9 • Brez strokovne obravnave zavrnjena rešitev ljubljanske čistilne naprave po vzoru mariborske in celjske brez anaerobnih reaktorjev za bioplin in brez sušenja blata bi bila ca. 25 milijonov EUR cenejša



Slika 10 • Objekti z napravami za tehnično-ekonomsko neutemeljeno proizvodnjo bioplina in sušenje blata so pglavilni vzrok za visoko ceno ljubljanske čistilne naprave

3 • LITERATURA

Christmann, B., Lezius, F., Ermittlung und Beurteilung des Energieeinsparpotentials von Kläranlagen, KA Korrespondenz Abwasser 45 Nr. 5, 1998.

Loll, U., Biogaspotenziale im Klärschlamm und anderen biogenen Abfällen, Wasserwirtschaft, Abwasser-Abfalle, letnik 48, Nr. 10, stran 1424, 2001.

Rismal, M., Problematika lastne energetske oskrbe čistilnih naprav, Gradbeni vestnik, letnik 52, september 2003.

Rismal, M., Problematika načrtovanja in izgradnje ljubljanske čistilne naprave, Gradbeni vestnik, letnik 51, junij 2002.

Degremont, Water treatment handbook, str. 466, 1972.

OBNOVA IN REKONSTRUKCIJA SREDNJE EKONOMSKE ŠOLE V MARIBORU

RENOVATION AND RECONSTRUCTION OF THE SECONDARY SCHOOL OF ECONOMICS IN MARIBOR

doc.dr. Uroš Klanšek, univ.dipl.gosp.inž.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
Smetanova 17, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK 69.059.25

Povzetek | V članku je predstavljena obnova in rekonstrukcija Srednje ekonomske šole v Mariboru. Zaradi izboljšanja delovnih razmer in omogočanja nadaljnjega razvoja šole je Ministrstvo za šolstvo in šport zagotovilo finančna sredstva za celovito obnovo in rekonstrukcijo več kot stoletje stare šolske stavbe, gradnjo nove telovadnice, vgradnjo novih električnih in telekomunikacijskih instalacij, vodovodnega sistema, kanalizacijskega sistema, sistema ogrevanja, sistema prezračevanja ter nove opreme za šolske prostore in telovadnico. Gradbena dela so se pričela v začetku avgusta 2006. Prenovljen šolski objekt in novozgrajena telovadnica sta bili predani investitorju konec oktobra 2007.

Summary | This paper presents the renovation and the reconstruction of the Secondary school of economics in Maribor. To improve working conditions and to enable the further development of the school, the Ministry of education and sports provided the financial funds for the complete renovation and reconstruction of more than a century-old school building, the construction of the new gymnasium, the execution of the new electrical and telecommunication installations, the plumbing system, the sewage system, the heating system, the ventilation system, and the new equipment for school rooms and gymnasium. The construction works have started in the beginning of August 2006. The renovated school building and the newly built gymnasium were handed over to the investor at the end of October 2007.

1 • UVOD

Stavba in pripadajoča telovadnica Srednje Ekonomske šole v Mariboru se nahajata v severovzhodnem vogalu mestnega kareja, ki ga omejujejo Cafova ulica na vzhodu, Razlagova ulica na severu, Cankarjeva ulica na zahodu in Partizanska cesta na jugu. V mestnem kareju so še stavbe, kot so Davčni urad Maribor, del objektov Ekonomske-poslovne fakultete Univerze v Mariboru, stanovanjski ter poslovno-stanovanjski objekti različnih stadij gradnje.

Šola je dolga leta delovala v prostorski stiski, dotrajanih šolskih prostorih in telovadnici ob dvoizmenskem pouku. Zaradi izboljšanja delovnih pogojev in možnosti za nadaljnji razvoj šole je investitor, Ministrstvo za šolstvo in šport, predvidel obnovo in rekonstrukcijo objektov Srednje ekonomske šole z izvedbo naslednjih gradbenih posegov: rušitev stare in gradnja nove šolske telovadnice, rušitev stare strešne konstrukcije in nadgradnja mansarde,

rušitvena in rekonstrukcijska dela v prostorih, sanacija vlage v zidovih in rekonstrukcija prostorov v kleti, sanacija razpok v stropnih konstrukcijah, nosilnih zidovih in centralnem stopnišču, nadzidava centralnega, vogalnega dela stavbe s stopniščem, prizidava novega stopnišča k objektu na dvorišču, gradnja novega požarnega stopnišča k objektu na strehi telovadnice,

rekonstrukcija in obnova fasade objekta ter ureditev okolja.

Investitor je za posodobitev šole poleg izvedbe gradbenih del in številnih obrtniških del predvidel še vgradnjo novih električnih in telekomunikacijskih instalacij, vodovodnega sistema, kanalizacijskega sistema, sistema

ogrevanja, sistema prezračevanja ter nove opreme za šolske prostore in telovadnico.

Projektno dokumentacijo za predvidena gradbena dela je izdelalo podjetje Komunaprojekt d.d. iz Maribora (Lipičnik, 2003). Na podlagi razpisa za oddajo javnega naročila in povabila k predložitvi ponudb je bil za izvedbo gradbenih, obrtniških in instalacijskih del ter

dobavo opreme vključno z njeno montažo izbran kot najugodnejši ponudnik gradbeno podjetje Konstruktor VGR d.o.o. (Orgl, 2006). Gradbena dela so se pričela v začetku avgusta 2006. Prenovljen šolski objekt in novozgrajena telovadnica sta bili po opravljenem tehničnem pregledu predani investitorju konec oktobra 2007.

2 • ZGODOVINA ŠOLE

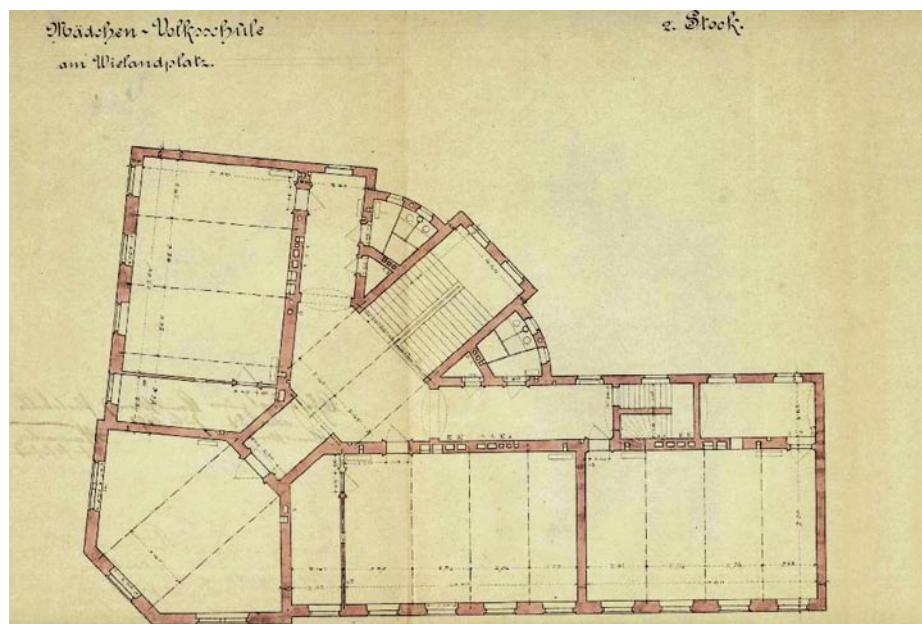
Poslopje šole v vogalu Cafove in Razlagove ulice je bilo prvotno zgrajeno po načrtih arhitekta Franza Derwuschka v obdobju med leti 1893 in 1903 pod takratnim mariborskim županom Aleksandrom Nagyem, glej slike 1 in 2. Sprva je bila v njej nastanjena Dekliška ljudska šola za graško in meljsko predmestje, po letu 1926 pa Državna trgovska akademija.

V času nemške zasedbe Maribora med 2. svetovno vojno je bilo poslopje trgovske akademije izpraznjeno in spremenjeno v vojašnico. Zaradi lege ob železniški postaji in bližine industrije v Melju je bila zaradi zavezniškega bombardiranja leta 1944 močno poškodovana šolska telovadnica. V bombardiranju zaveznikov leta 1945 je bil do pritličja porušen tudi južni del šolskega poslopja ob Razlagovi ulici in ostrešje ob Cafovi ulici, glej sliko 3.

Sanacijo porušenega dela šole je leta 1946 prevzela mariborska podružnica Državnega gradbenega podjetja Gradis in jo po lastnih načrtih izvedla v letih 1947 in 1948. Od leta 1950 naprej je v stavbi nastanjena Sred-

nja ekonomska šola (SEŠ, 2007). Stavba je bila nazadnje obnovljena in prezidana za

potrebe šole v šestdesetih letih prejšnjega stoletja.



Slika 1 • Značilni tloris poslopja šole arhitekta Franza Derwuschka iz leta 1893 (PAM, 1893)



Slika 2 • Fotografija poslopja šole s prvotno fasado, posneta okoli leta 1906 (PAM, 1906)



Slika 3 • Porušeno poslopje šole ob Razlagovi ulici po zavezniškem bombardiranju leta 1945 (MNO, 1945)

3 • STANJE ŠOLE PRED REKONSTRUKCIJO

Stavba je pred rekonstrukcijo obsegala kletno etažo, visoko pritličje in dve nadstropji. Objekt šole je bil zgrajen kot klasična opečna masivna gradnja s kletjo iz kamnitega zidu. Celotna fasada šole je bila pred obnovo izvedena v sivi barvi. Površina dvoriščne fasade je bila ravna z okrasnimi okvirji okrog okenskih odprtin. Ulična fasada je bila izvedena v klasicističnem slogu z okrasnimi okvirji okrog okenskih odprtin in previsnimi profiliranimi venci vzdolž fasade nad pritličjem in pod kapom strehe. Pri tem je bila fasada v pritličju horizontalno členjena z reliefno površino, glej sliko 4.

Stropne konstrukcije stavbe so bile zgrajene po dveh sistemih. Prvi stropni sistem predstavlja klasični banjasto obokani opečni strop, ki je mestoma ojačen z ločnimi opečnimi nosilci. Omenjeni stropni sistem je bil uporabljen na glavnih hodnikih in v kleti stavbe. Drugi stropni sistem se pojavi v ostalih prostorih in je sestavljen iz jeklenih valjanih I nosilcev, med katere je vstavljena lesena tramovna stropna konstrukcija. Jekleni nosilci opravljajo funkcijo primarnih konstrukcijskih elementov, ki prenašajo obtežbo iz stropne konstrukcije na zunanji zid stavbe in vmesni nosilni zid na hodniku.

Zgradba obsega dva kraka z učilnicami in spremljajočimi prostori ob Razlagovi in Cafovi ulici, ki sta v vogalu povezana ob centralnem stopnišču in vhodno avlo. Okna učilnic so obrnjena na obe ulici, enostranski hodnik pa



Slika 4 • Pogled na ulično fasado šole po povojni obnovi (PAM, 1955)

gleda na dvorišče. Kletne prostore osvetljujejo okna, ki so zaradi talnega zidca na fasadi v smeri Razlagove ulice razmeroma nizka in so namenjena zgolj prezračevanju. Kletni prostori v smeri Cafove ulice so z ulične strani zaradi padca ceste proti jugu osvetljeni tudi do višine visokega parapeta. Etaže stavbe so povezane

s centralnim stopniščem na stičišču krakov in s stranskim stopniščem ob koncu kraka na dvorišču v smeri Razlagove ulice. Sanitarni prostori šole so bili umeščeni ob obeh stopniščih. Pripadajoča šolska telovadnica je bila ločena od stavbe šole na jugozahodnem robu parcele.

4 • OBNOVA IN REKONSTRUKCIJA ŠOLE

4.1 Rušitvena dela

Prve aktivnosti obnove in rekonstrukcije šole so obsegale rušitvena dela. Za rušitev so bili predvideni stransko stopnišče na dvoriščni severni fasadi, trakt sanitarij na zahodni dvoriščni fasadi, sanitarni vozle ob centralnem stopnišču, strešna konstrukcija s kritino ter celotna stavba obstoječe šolske telovadnice (slika 5). V notranjosti stavbe šole je bilo zaradi spremembe namembnosti prostorov porušeno več predelnih in nosilnih zidov. Nosilni zidovi so bili nadomeščeni z armiranobetonskimi nosilci, ki ob nespremenjenih stropnih konstrukcijah zagotavljajo togost objekta.

4.2 Izkop gradbene jame

Po rušitvi stare telovadnice je bil izveden širok izkop gradbene jame v območju predvidene nove telovadnice in spremljajočih prostorov, glej sliko 6. Zaradi predvidenega podbetoniranja temeljev je bil izkop izveden pod globino obstoječih temeljev. Temeljna tla na širšem območju stavbe šole tvorijo prodno-peščene naplavine reke Drave pleistocenske starosti, ki jih prekrivajo mlajši aluvialni nanosi melja, gline in peska oz. lokalno tudi umetnega nasutja (Kalanj, 2003). V območju izkopa gradbene jame so bile povsod ugotovljene plasti zameljenega rjavega peščenega proda, ki so odložene na sivem dravskem

produ. Brežine gradbene jame so izvedene v stabilnem naklonu in so zaščitene s cementnim obrizgom.

4.3 Temeljenje

Obstoječi zidovi stavbe šole so pasovno temeljeni na zložbi granitnih skal. Po izkopu gradbene jame je bilo izvedeno podbetoniranje granitnih temeljev zunanjih zidov na dvoriščni strani stavbe. Zaradi zagotavljanja stabilnosti stavbe je bilo podkopavanje in podbetoniranje temeljev opravljeno po izmeničnih kampadah. Podbetoniranje je bilo izvedeno v celotni širini temeljev. Po izvedbi podbetoniranja so bili obstoječi kletni zidovi in temelji pod pritiskom oprani, zidarsko obdelani in hidroizolirani. Za zagotovitev bolj enakomernega posedanja objektov nove telovadnice in spremljajočih prostorov je bilo



Slika 5 • Rušitev stare telovadnice



Slika 7 • Armiranje temeljne plošče telovadnice in spremljajočih prostorov



Slika 8 • Betonske stene nove telovadnice



Slika 6 • Izkop gradbene jame



Slika 9 • Montaža jeklenih paličnih nosilcev strehe telovadnice

temeljenje izvedeno na armiranobetonski plošči, ki je izdelana na prej pripravljeni blazini iz podbetona (slika 7). Zaradi neizogibnih diferenčnih posedkov so novi objekti konstrukcijsko dilatirani od obstoječe stavbe šole. Po vgradnji je bil beton na stiku temeljev in sten zidarsko obdelan tako, da je njegova površina brez poroznih mest. Za zagotovitev vodoneprepustnosti so bili stiki temeljev in sten pred postavitvijo opaža premazani z dvokomponentno polimercementno vodotesno maso.

4.4 Gradnja nove šolske telovadnice

K stavbi šole je bila na šolskem dvorišču prizidana nova telovadnica (slika 8). Novogradnja telovadnice je konstrukcijsko izvedena kot armiranobetonska lupina s strešno armiranobetonsko ploščo na profilirani pločevini. Strešno ploščo podpirajo prostoležeči stropni jekleni palični nosilci, ki so v podporah sidrani na betonski steni telovadnice (slika 9). Ravna streha telovadnice je pohodna in opravlja funkcijo šolskega dvorišča. Zato je tudi delno ozelenjena na humusnem nasutju in ograjena s kovinsko ograjo. Strešna konstrukcija je hidro in toplotno izolirana ter v pohodnem delu tlakovana z betonskimi tlakovci. Na strehi telovadnice je k stavbi šole pritrjena jeklena konstrukcija požarnega stopnišča, ki omogoča evakuacijo ljudi iz prostorov druge etaže in mansarde. Prvi trije jekleni palični nosilci, ki nosijo del strehe, na katerem se izteče požarno stopnišče, so dodatno zaščiteni s protipožarnim premazom, ki jim zagotavlja nosilnost trideset minut v standardnem požaru.

Znotraj telovadnice so bile kot del gradbene konstrukcije izvedene niše za izvlečljive tribune in niše za sodnike. K telovadnici je bil zgrajen sklop garderob in kabinetov, ki je umeščen med obstoječo šolsko stavbo in novogradnjo telovadnice. Spremljajoči prostori so umeščeni pod nivojem gospodarskega dvorišča. Prizidek spremljajočih prostorov telovadnice je zasnovan kot armiranobetonska konstrukcija z vmesnimi predelnimi opečnimi zidovi in montažnimi mavčno kartonskimi stenami.

4.5 Nadgradnja mansarde šole

Podstrešje je popolnoma rekonstruirano tako, da je bila obstoječa lesena strešna konstrukcija porušena, na njenem mestu pa je bila izvedena nadgradnja mansarde z novo jekleno konstrukcijo (slika 10). Jeklena konstrukcija je sestavljena iz zaporedja členkasto podprtih okvirjev, ki so razporejeni po celotni dolžini obeh krakov mansarde. Primarna jeklena okvirna konstrukcija je postavljena na tloris obstoječih opečnih nosilnih zidov. Okvirje v prečni smeri premoščajo sekundarni leseni nosilci, na katere je pritrjen sloj desk, nanj je vroče lepljena in varjena bitumenska folija, nanjo pa je na šiv položena aluminijasta strešna pločevina. Primarna jeklena konstrukcija premošča celotno širino učilnic v mansardi tako, da nudi konstrukcijsko oporo podstrešnemu fasadnemu pasu in strehi. Nove nosilne stene so sezidane z modularno opeko in ometane s strojnim ometom. Predelne stene so izvedene po sistemu montažnih mavčno kartonskih sten.

4.6 Sanacija vlage v zidovih in rekonstrukcija prostorov v kleti

V kletnih prostorih je zaradi prisotnosti dolgotrajne prekomerne vlage prišlo do odpadanja ometa, pojava solitra na površini zidov in uničenja dela konstrukcijskega materiala. Kapilarna vlaga je bila prisotna tako v obodnih zidovih kot tudi v vmesnih zidovih. S kletnih zidov je bil zato odstranjen dotrajan omet in očiščena zidna površina. Sanacija kapilarne vlage v zidovih je bila nato izvedena s cikcak vrtnanjem sond pod kotom v dveh nivojih. Zid je bil potem trikratno penetriran do zasičenja, s čimer se je ustvarila horizontalna vodotesna bariera za preprečitev kapilarnega dviga vlage. Sonde so bile zatem zapolnjene s hidrofbno sanacijsko malto. Na očiščenih zidnih površinah je bila na koncu izvedena blokada solitra in sušilni omet. Gradbena dela v kleti šole so poleg sanacijskih del na zidovih obsegala še novogradnjo amfiteatralne učilnice, izgradnjo prostora za klimat, prenavo vseh kletnih prostorov in ureditev dostopov v novograjeno telovadnico s spremljajočimi prostori.

4.7 Sanacija razpok v stropnih konstrukcijah, nosilnih zidovih in centralnem stopnišču

Ob pričetku rekonstrukcije, po odstranitvi dotrajanega ometa, so postale vidne razpoke na opečnih stropnih konstrukcijah, nosilnih zidovih in centralnem stopnišču. Razpoke so se mestoma pojavile v temenih in petah opečnih ojačilnih ločnih nosilcev ter vzdolž temenskih osi obočnih stropov na hodniku v kleti in hod-



Slika 10 • Nadgradnja mansarde šole



Slika 11 • Betoniranje sten novega stopnišča

niku v pritličju. Na hodnikih kleti in pritličja ter v centralnem stopnišču so po odstranitvi ometa postale vidne tudi razpoke v nosilnih opečnih zidovih. Predvsem ob okenskih odprtinah. Prav tako je bilo razpokano centralno stopnišče iz pritličja v prvo nadstropje. V okviru sanacijskih del so bile vse razpoke injektirane z injekcijsko maso in zidarsko obdelane.

4.8 Stopnišča in dvigala

Glavno centralno stopnišče se je ohranilo in obdelalo z maltno epoksidno smolo. Ob njem ležeči sanitarni vozal je bil rekonstruiran z novo armiranobetonsko konstrukcijo. Glavno stopnišče je bilo v isti obliki nadzidano za eno etažo, tako da je omogočen dostop na nivo mansarde. Na mestu zrušenih sanitarij vzhodnega trakta je bilo na dvoriščni strani objekta dozidano novo betonsko stransko stopnišče (slika 11). Poleg glavnega stopnišča je vgrajeno dvigalo, ki povezuje vse etaže šolskega objekta kot tudi etažo telovadnice in etažo izhoda na gospodarsko dvorišče. Na dvorišču je zgrajeno tudi tovarno dvigalo, ki je namenjeno kuhinji v prvem nadstropju.



Slika 12 • Obnovljena ulična fasada

4.9 Dostopi za osebe z motnjami v gibanju

Dostop za osebe z motnjami v gibanju je mogoč preko centralnega dvigala v vse prostore šole in telovadnice, razen v dve splošni učilnici v pritličju trakta v smeri Cafove ulice, ki sta navezani na objekt preko stopnic, ki prečkajo gospodarski uvoz v pasaži. Po posvetovanju z vodstvom šole je bilo določeno, da bo pouk organiziran tako, da v teh učilnicah ne bo udeleženi razredov, v katerih so učenci z motnjami v gibanju. Invalidom je omogočen dostop v prostore šole z vhodom na Cafovi ulici, s preходом skozi pasažo in preko gospodarskega dvorišča ter vhodom v centralno dvigalo. Pod pasažo, na hodniku v kleti stavbe šole v smeri Cafove ulice, kjer je invalidom onemogočen dostop preko dvigala in vhodov, so izvedene prehodne rampe.

4.10 Obnova fasade

Obstoječa fasada stavbe šole je bila zaradi dolgoletnega delovanja vlage in zmrzovanja dotrajana. Predvsem je bila poškodovana severna fasada ob Razlagovi ulici, ki je direktno osončena le nekaj tednov v poletnih mesecih. Obnova ulične fasade je bila izvedena s toplotnoizolativnim ometom. Zaradi pojavnosti objekta se je ulična fasada ohranila v izvorni členjenosti. Površina fasade v nadstropjih je izvedena grobo-reliefno z gladko zaribanimi okvirji okrog oken. Fasada okenskega pasu rekonstruirane mansarde je izvedena s steklopaneli, previsni venec pa je zaključen s pločevino. Zaradi poudarkov na fasadi so v mansardi pred okni izmenično pritrjene plošče iz dveh plasti zlepljenega kaljenega varnostnega stekla in okvirji z mrežo iz nerjavnega jekla. Z dvignjeno steno je posebej poudarjen vogal na stiku obeh krakov stavbe. Podstavek ulične fasade je izveden v temnejšem odtenku sive barve, pritlična fasada je obarvana v svetlo modrem odtenku, v nadstropjih pa je fasada obarvana v svetlo sivem odtenku (slika 12).



Slika 13 • Novo betonsko stopnišče



Slika 14 • Novo šolsko dvorišče

Dvoriščna fasada je obnovljena z gladko zari-banim toplotnoizolacijskim ometom v svetlo modri barvi, razen pri centralnem stopnišču, kjer je uporabljena rumena barva. Na zunanje stene betonskega stopnišča in sanitarij zraven centralnega stopnišča je pritrjena podkonstrukcija s termoizolacijo, na katero je nameščena finalna obloga iz laminatnih lesenih plošč v svetli oker barvi. Novo betonsko stopnišče je predstavljeno na sliki 13.

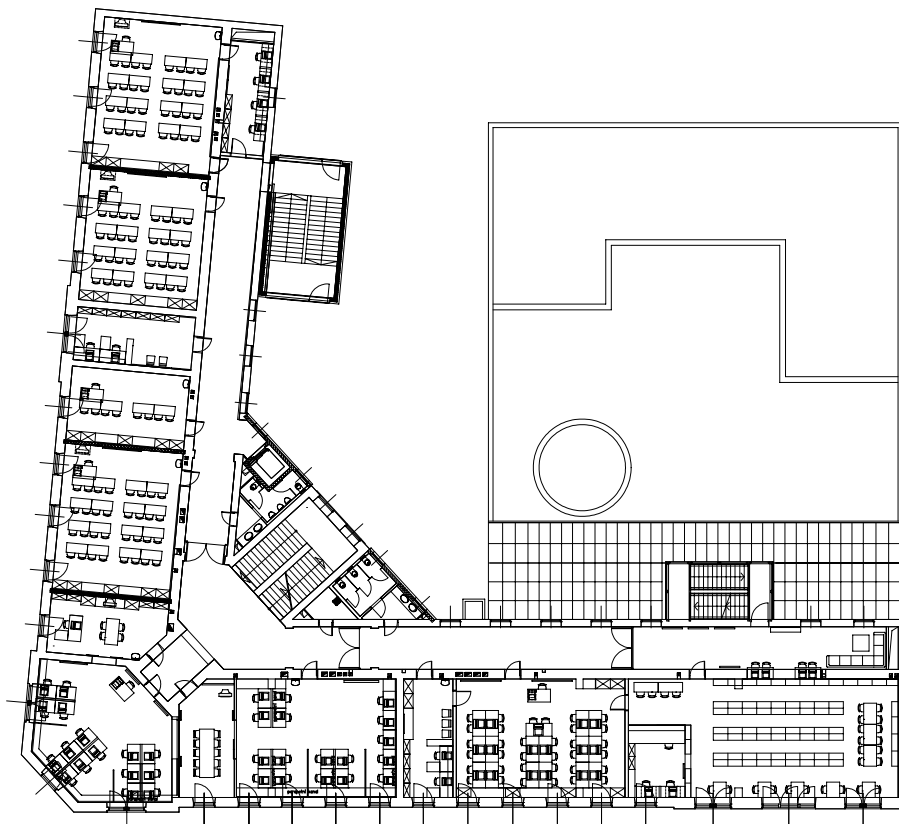
Jekleno požarno stopnišče je obloženo z enako oblogo, ki pa je zaradi rešetkastega videza narezana na tanjše lamele. Na čelih betonskega stopnišča je pritrjena polstrukturalna zastekljena aluminijasta fasada. Venec fasade je zaključen s pločvino, ki prehaja v streho. Novo šolsko dvorišče in dvoriščna fasada sta prikazani na sliki 14.

Fasada telovadnice je izvedena kot tankoslojna fasada s termoizolacijo in zaključnim slojem v rumeni barvi. Zaradi enotnega videza dvorišča so pred okni nameščene rešetke iz narezanih laminatnih plošč v svetli oker barvi.

5 • FUNKCIONALNA ČLENITEV OBJEKTA ŠOLE PO REKONSTRUKCIJI

Objekt šole je po rekonstrukciji razdeljen v naslednje funkcionalne sklope (Lipičnik, 2003): splošne in specialistične učilnice in kabineti, uprava šole s pisarnami, zbornico in sejno sobo, knjižnica, multimedijška učilnica in amfiteater, komunikacije in šolska avla, šolska jedilnica z razdelilno kuhinjo, šolska telovadnica in fitness s pripadajočimi prostori, gospodarski in pomožni prostori ter garderobe, gospodarsko dvorišče in šolsko dvorišče na terasi telovadnice.

Funkcionalni sklopi in poti v objektu so razporejeni tako, da se onesnaževanje zmanjša na najnižjo možno mero, glej sliko 15. Tako je v pritličju in kleti omogočen zunanji dostop, v nadstropja pa je omogočen interni dostop. Na površine za telovadbo je dovoljen dostop le s čisto obutvijo. Glavni peš pristop v šolo je predviden skozi vhodno avlo na vogalu objekta. Gospodarski dovoz do objekta, dovoz do tovornega dvigala za kuhinjo, kolesarski dovoz v dvorišče ter dostop do dvigala za osebe z motnjami v gibanju so urejeni skozi vhod v pasažo na Čafovi ulici.



Slika 15 • Značilni floris šolskega posloplja po rekonstrukciji (Lipičnik, 2003)

V kleti obstoječega objekta so locirani prostori šolske garderobe, fitnesa z garderobo, pomožni prostori, amfiteater in pomožna učilnica. Ob centralnem stopnišču so razporejena stranišča in dvigalo. V kleti so tudi nekateri tehnični prostori, npr. prostor z boilerji za pripravo tople vode, arhiv, delavnica hišnika, prostor z vodomernom ter prostor za klimatizacijo amfiteatra. V kleti novogradnje je umeščena telovadnica s pripadajočimi garderobami, pedagoškim kabinetom, pomožnimi prostori in novim stopniščem na zahodni fasadi. Telovadnica je s stavbo šole povezana preko stopnišč v kleti.

V pritličju stavbe šole so izvedene splošne in specialistične učilnice s pripadajočimi kabineti, vhodna avla, centralno stopnišče z obstopnišnimi sanitarijami ter vhod v glavno dvigalo. V traktu ob Razlagovi ulici je umeščen sklop naravoslovnih učilnic kemije, biologije in fizike ter fizikalni laboratorij.

Prvo nadstropje je namenjeno združevanju učencev in učiteljev. Za učitelje in upravo so predvideni prostori zbornice, pisarni ravnatelja in pomočnika ravnatelja, tajništvo, sejna soba in računovodstvo. V vzhodnem traktu sta umeščeni dve splošni učilnici, v severnem traktu pa je jedilnica z razdelilno kuhinjo. V

centralnem hodniku je izveden izhod na teraso na strehi novozgrajene telovadnice, ki opravlja funkcijo šolskega dvorišča.

V drugem nadstropju so specialistične in splošne učilnice s pripadajočimi kabineti. V tem nadstropju so učilnice in prostori učne firme, poslovne informatike in šolska knjižnica z multimedijsko učilnico.

Podobno kot v drugem nadstropju so tudi v rekonstruirani mansardi šole novozgrajene splošne in specialistične učilnice s pripadajočimi kabineti. Na skrajnem zahodnem koncu severnega trakta so umeščeni gospodarski prostori kurilnice in strojnica klimatske naprave.

6 • SKLEP

V članku je predstavljena obnova in rekonstrukcija Srednje ekonomske šole v Mariboru. Investitor, Ministrstvo za šolstvo in šport, je zagotovil finančna sredstva za celovito obnovo in rekonstrukcijo več kot stoletje stare šolske stavbe, gradnjo nove telovadnice, vgradnjo novih električnih in telekomunikacijskih instalacij, vodovodnega sistema, kanalizacijskega sistema, sistema ogrevanja, sistema prezračevanja ter nove opreme za šolske prostore in telovadnico.

Projektno dokumentacijo za gradbena dela je izdelalo podjetje Komunaprojekt d.d., glavni izvajalec del pa je bilo podjetje Konstruktor VGR d.o.o. Gradbena dela so se pričela v začetku avgusta 2006, tehnični pregled je bil opravljen

zadnji teden avgusta 2007, prenovljen šolski objekt in novozgrajena telovadnica pa sta bili predani investitorju konec oktobra 2007.

Posodobitev objekta je bistveno izboljšala delovne razmere za dijake in delavce Srednje ekonomske šole ter omogočila šoli boljše razvojne možnosti za prihodnost. Investicija zaradi ohranjanja arhitekturne in kulturne dediščine pomeni veliko pridobitev za mesto Maribor in celotno Podravske regije.

7 • ZAHVALA

Za podporo v času mojega dela v operativi podjetja Konstruktor VGR d.o.o. se zahvaljujem direktorju g. Marjanu Pinterju, dipl. inž. gr. Za kolegialen odnos se posebej zahvaljujem vsem nekdanjim sodelavcem iz podjetja, s katerimi sem delal na gradbišču Srednje ekonomske šole v Mariboru.

8 • LITERATURA

Lipičnik, P., idr., Projektna dokumentacija PZI-arhitektura št. 7136/03, Komunaprojekt d.d., Maribor, 2003.

Orgl, B., idr., Elaborat operativne priprave proizvodnje št. 29/2006, Konstruktor VGR d.o.o., Hoče, 2006.

SEŠ, Spletna stran Srednje ekonomske šole v Mariboru, <http://www.ekonomska-mb.org>, 2007.

Kalanj, J., Muršec B., Geotehnično mnenje št. 140-07/2003, Geokal d.o.o., Maribor, 2003.

MNO, Muzej narodne osvoboditve Maribor, fotografija porušenega poslopja šole ob Razlagovi ulici po zavezniškem bombardiranju, 1945.

PAM, Pokrajinski arhiv Maribor, fond Uprava za gradnje in regulacijo Maribor, MA 1654 (Trg Borisa Kidriča 3), načrti arhitekta Franza Derwuschka, 1893.

PAM, Pokrajinski arhiv Maribor, fond Zavod za urbanizem Maribor, tehnična enota 2/59, fotografija Anton Vončina, 1955.

PAM, Pokrajinski arhiv Maribor, zbirka Albumi (fotografije in razglednice), AŠ 17-2-66, inv. št. 3490, fotografija posneta okoli leta 1906.

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Blaž Kovačič, Sprememba poteka trase ceste R1-212 skozi Sodražico – študija variant, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc, somentor asist. mag. Robert Rijavec

Simon Rosa, Tehnologija in organizacija gradnje viadukta s pomičnim opažnim sistemom, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Edin Delić, Analiza odstopanj izvedbe geotehničnih del od plana na primeru dozidave objekta, mentor doc. dr. Jana Šelih

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Romeo Palčič, Potrebe in možnosti za uvajanje javno-zasebnega partnerstva na področju komunalnih dejavnosti, mentor izr. prof. dr. Albin Rakar

Jasna Dulc, Razvoj nepremičninskega projekta za trg, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Tilen Štolfa, Idejne rešitve odvodnje in čiščenja onesnaženih vod v Divači, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan

Andreja Rutar, Analiza vpliva parametrov na kakovost prelite vode in volumne zadrževalnih bazenov po standardu ATV-A 128E, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor asist. dr. Mario Krzyk

Popravek: Pri diplomantu Roku Duhovniku je bil v januarški številki kot mentor namesto prof. dr. Matjaža Mikoša pomotoma naveden izr. prof. dr. Matjaž Četina. Prizadetim se uredništvo za napako opravičuje.

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVO IN KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Tomi Zgonik, Sezonskost mesečnih pretokov v Sloveniji, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Staša Cajnkar, Problematika previsokih vozil na AC omrežju pri predorih, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi

Blanka Grajfoner, Montažna krožna križišča, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi

Sašo Njenjić, Preučitev možnosti izvedbe ukrepov za umirjanje prometa v nivojskih križiščih, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

Miroslav Petrič, Znižanje stroškov in posodobitev proizvodnje v betonarni in separaciji Sv. Vid, GP Radlje d.d., mentorja doc. dr. Andrej Štrukelj in red. prof. dr. Polona Tominc, somentor Nataša Šuman, univ. dipl. gosp. inž.

Rubriko ureja • Jan Kristjan Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

KOLEDAR PRIREDITEV

13.-15.2.2008

IT-Trans 2008 – International Conference and showcase

Karlsruher Messe und Kongress
Karlsruhe, Nemčija
maristella.angotzi@uitp.org
www.it-trans.org

9.-12.3.2008

GEOCongress 2008

The Challenge of Sustainability in the Geoenvironment Annual Congress of the Geo-Institute of ASCE
New Orleans, Louisiana, ZDA
www.adsc-iafd.com/files/public/GeoCongress2008.pdf

21.-25.4.2008

TRA 2008

2nd Transport Research Arena (TRA)
Ljubljana, Slovenija
www.traconference.com

24.-26.4.2008

Structures 2008 Congress

Vancouver, Kanada
<http://content.asce.org/conferences/structures2008/index.html>

18.-21.5.2008

EM08

The Inaugural International Conference of the Engineering Mechanics Institute
Minneapolis, Minnesota, ZDA
www.cce.umn.edu/conferences/em08

18.-22.5.2008

GEESD IV

Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics Conference
Sacramento, Kalifornija, ZDA
<http://content.asce.org/conferences/geesd08/index.html>

19.-22.5.2008

Internationales fib-Symposium 2008

Amsterdam, Nizozemska
dick@betonvereniging.nl
www.fib2008amsterdam.nl

4.-6.6.2008

IABSE Conference

ICT for Bridges, Buildings and Construction Practice
Helsinki, Finska
www.iabse.org

25.-28.6.2008

4th CINPAR

International conference on Structural Defects and Repair
Aveiro, Portugalska
<http://cinpar.web.ua.pt/EN/info.htm>

30.6.-4.7.2008

10th International Symposium on Landslides and Engineered Slopes

Xi'an, Kitajska
www.landslide.iwhr.com

8.-10.7.2008

7th International Congress Concrete: Construction's Sustainable Option

Dundee, Škotska
www.ctucongress.co.uk

27.-30.7.2008

6th National Seismic Conference on Bridges and Highways (6NSC)

Charleston, Južna Karolina, ZDA <http://www.scdot.org/events/6NSC/default.shtml>

3.-5.9.2008

EUROSTEEL 2008

Gradec, Avstrija
www.eurosteel2008@tugraz.at

17.-19.9.2008

7th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete (BEFIB 2008)

Chennai (Madras), Indija
www.befib2008.iitm.ac.in

24.-26.11.2008

2nd International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting (ICCRRR 2008)

Cape Town, Južna Afrika
www.civil.uct.ac.za/iccrrr

5.-9.10.2009

17th International Conference for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering

Alexandria, Egipt
www.2009icsmge-egypt.org

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: **msg@izs.si**