

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

UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;  
spletna izdaja ISSN 2536-4332.  
Ljubljana, april 2018, letnik 67, str. 65-96

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovska cesta 3, 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 RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik  
**Dušan Jukić**  
**prof. dr. Matjaž Mikoš**  
IZS MSG: **Gorazd Humar**  
**Ana Brunčič**  
**dr. Branko Zadnik**  
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**  
UM FG: **doc. dr. Milan Kuhta**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Lektor:

**Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:

**Romana Hudin**

Tajnica:

**Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočeovski tisk**

Naklada:

**500 tiskanih izvodov**  
**3000 naročnikov elektronske verzije**

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 23,16 EUR; za študente in upokojenca 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je vštete DDV.

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

## Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) 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 ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. 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.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: [janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si](mailto:janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si). V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

# Vsebina • Contents

## Članki • Papers

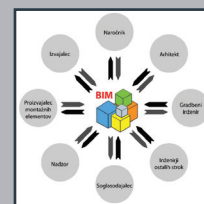
stran **66**

doc. dr. Milan Kuhta, univ. dipl. inž. grad.

Matic Ledinek, mag. inž. grad.

### **BIM PRI PROJEKTIRANJU MOSTOV**

BIM IN BRIDGE DESIGN



stran **74**

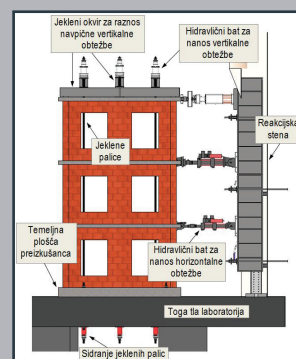
Petra Triller, univ. dipl. inž. grad.

akad. prof. dr. Miha Tomažević, univ. dipl. inž. grad.

doc. dr. Matija Gams, univ. dipl. inž. grad.

### **POTRESNI ODZIV VEČETAŽNIH STRIŽNIH ZIDANIH STEN IN UČINEK UTRJEVANJA S KOMPOZITNI MI OBLOGAMI**

SEISMIC RESPONSE OF MULTISTOREY PLAIN MASONRY  
WALLS AND EFFICIENCY OF STRENGTHENING WITH  
COMPOSITES



## Poročila s strokovnih in znanstvenih srečanj

stran **86**

Dejan Prebil, univ. dipl. inž. grad.

prof. dr. Janez Duhovnik, univ. dipl. inž. grad.

### **POSVET O REKONSTRUKCIJAH OBJEKTOV Z VIDIKA MEHANSKE ODPORNOSTI IN STABILNOSTI**

## Vabilo

stran **96**

### **SKUPŠČINA ZDGITS 2018**

## Novi diplomanti

Eva Okorn

## Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Trgovina IKEA v Ljubljani, projektant ELEA IC

# BIM PRI PROJEKTIRANJU MOSTOV

## BIM IN BRIDGE DESIGN

**doc. dr. Milan Kuhta, univ. dipl. inž. grad.**

miso.kuhta@um.si

UM FGPA, Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

**Matic Ledinek, mag. inž. grad.**

matic.ledinek@gmail.com

Pod terasami 15, 2313 Fram

**Znanstveni članek**

UDK 624.21:69(047.31)

**Povzetek** | Članek povzema ugotovitve raziskave uporabe BIM kot sodobnega pristopa za projektiranje mostov. Praktični del raziskave (modeliranje in statična analiza) je bil opravljen pri realnem in aktualnem projektu, pri projektu nadvoza avtocestnega odseka Draženci–Gruškovje. Analizirali smo več programskih orodij BIM, izmenjavo informacij med njimi ter iskali prednosti in morebitne omejitve, ki se pojavljajo pri uporabi sodobne programske opreme. Uporabljena je bila predvsem programska oprema, ki je poznana in pogosto uporabljena tudi pri nas.

**Ključne besede:** BIM, informacijsko modeliranje gradbenih objektov, nadvoz, Revit, Dynamo, Allplan, Civil 3D, Scope, Sofistik, Scia Engineer, konstruiranje, statična analiza, virtualna realnost, 3D-fisk

**Summary** | The article deals with the use of BIM as a modern approach to the design of engineering structures. Our research was made on a real project, where we dealt with an overpass on the Draženci-Gruškovje motorway section. We used several software tools and tried to find all the advantages offered by modern software and any restrictions occurring at work. In our research, we mainly used software from Autodesk and Nemetschek.

**Key words:** BIM, Revit, Dynamo, Allplan, Civil 3D, Scope, Sofistik, Scia Engineer, statical analysis, building information modelling, virtual reality, 3D printing

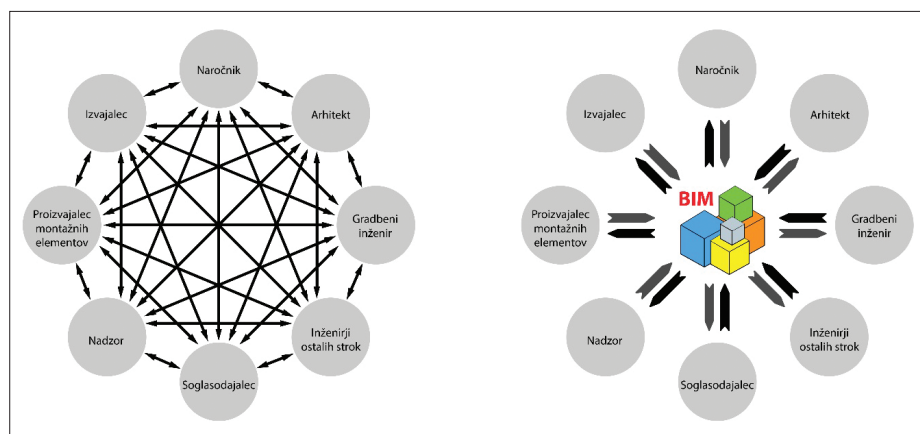
### 1 • BIM – INFORMACIJSKO MODELIRANJE OBJEKTOV

#### 1.1 Splošno o BIM

Živimo v informacijski dobi, ki jo zaznamuje uporaba računalnikov in interneta. Sodobno digitaliziranje je gospodarska in družbena revolucija. Ta se na različne načine odraža tudi v gradbeništvu, na področju zasnove in projektiranja gradbenih objektov, vedno bolj pa tudi na področju izvajanja objektov. Digitalizacija v gradbeništvu nekoliko zaostaja za digitalizacijo v drugih gospodarskih panogah. Po napovedih naj bi digitalizacija na področju gradbenih inženirskih objektov do leta 2025 privarčevala od 13 % do 21 % globalnih stroškov v fazi projektiranja in izvajanja in med 10 % in 17 % v fazi obratovanja (BCG, 2016). Trenutno najizrazitejši in najobetavnejši trend je uporaba informacijskega modeliranja objektov (ang. Building Information Modelling – BIM). BIM je metoda, ki jo podpira več pro-

gramov. Po tej metodi izdelujemo informacijski model gradbenih objektov in pozneje iz njega pridobivamo podatke oz. informacije (risbe,

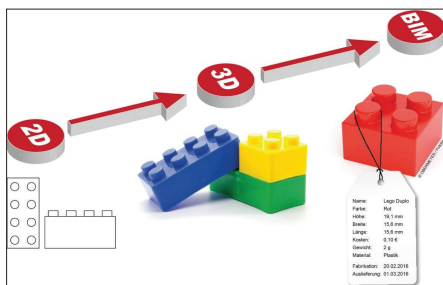
računski model, popisi, stroški itd.), ki jih obdelujemo celoten življenjski cikel gradbenih objektov. V fazi načrtovanja in gradnje objektov BIM omogoča sodelovanje (interoperabilnost) različnih udeležencev, saj vsi udeleženci za svoje delo uporabljajo isti digitalni model



Slika 1 • Sodelovanje udeležencev pred BIM in z BIM.

in bazo podatkov, ki ga sproti dopolnjujejo in nadzirajo. Z BIM v procesu projektiranja objektov zagotovo nastaja velika sprememba.

BIM-modeli gradbenih objektov lahko poleg 3D-modela – torej geometrijskih in materialnih karakteristik – vsebujejo tudi časovno in finančno komponento, v tem primeru govorimo o 4D- in 5D-modelih BIM. 6D-model BIM vsebuje še šesto dimenzijo, kar pomeni, da vsebuje še predvideno obratovanje, vzdrževanje in sanacije ter stroške. Enostaven prikaz osnovnega koncepta BIM in primerjava s klasičnim načinom konstruiranja sta prikazana na sliki 2.

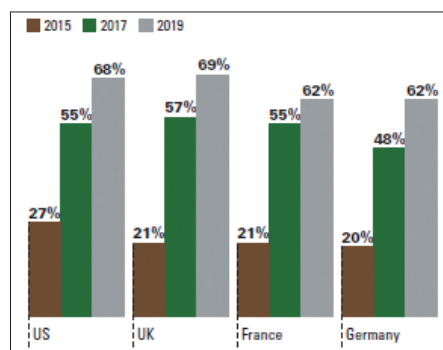


Slika 2 • Koncept BIM (Braun, 2017).

## 1.2 BIM v infrastrukturi

Na razvitih trgih postaja uporaba BIM že vsakodnevna praksa. Sprva smo se z uporabo BIM srečevali predvsem pri stavbah, z razvojem programske opreme se načela takega projektiranja selijo tudi na področje

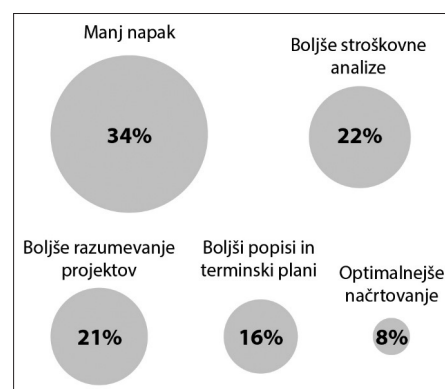
infrastrukture. Ena izmed pomembnejših nalog, pogosto zahtevna naloga v projektiranju infrastrukturnih in vseh drugih objektov, je uspešnost multidisciplinarnega sodelovanja. Moč BIM je v sodelovanju in informacijah. V fazi načrtovanja z uporabo BIM preprosto odkrijemo napake in težave, njihova odprava in spremembe pa so zelo hitre in cenovno ugodne, saj BIM ponuja digitalni prikaz realnega objekta, vključno z vsemi napravami in napeljavami. Z uporabo BIM najprej »gradimo« virtualno, šele nato pa resnično na terenu. Uporaba in rast uporabe BIM v infrastrukturi v Združenih državah Amerike, Združenem kraljestvu Velike Britanije in Severne Irske, Franciji in Nemčiji med letoma 2015 in 2019 je prikazana na sliki 3.



Slika 3 • Uporaba in napoved uporabe BIM po državah pri projektantih in izvajalcih v več kot 50 % projektov (DD&A, 2017).

Dober primer intenzivnosti uveljavljanja BIM v infrastrukturi predstavlja Strategija nemškega ministrstva za promet in infrastrukturo, v kateri se BIM od leta 2015 uvaja pilotno in postopno, z letom 2020 pa bo uporaba BIM v Nemčiji predpisana pri vseh novih prometnoinfrastrukturnih projektih. Evropska unija je z namenom spodbujanja uvedbe in razvoja BIM v projekte javnega gradbenega sektorja v začetku leta 2016 ustanovila EU BIM Task Group, katere članica je tudi Slovenija.

Ankete (DD&A, 2017) kažejo, da uporabniki BIM v infrastrukturi kot njegovo glavno korist navajajo zmanjšanje napak, boljše stroškovno napoved, boljše razumevanje projektov, izboljšano terminsko planiranje in izboljšavo kvalitete projektov (slika 4).



Slika 4 • Med uporabniki BIM izbrane njegove koristi (DD&A, 2017).

## 2 • ANALIZA MODELIRANJA – KONSTRUIRANJA

### 2.1 Splošno o analizi modeliranja

BIM je metodologija dela, ki jo omogočajo različna programska orodja, kar pomeni, da o uporabnosti BIM ne moremo soditi zgolj na podlagi uporabnosti enega programa. Prav zato smo izbrali dve programske orodji – Allplan in Revit, ki omogočata modeliranje objektov s pristopom BIM. Preizkušali smo tudi različne načine izmenjave podatkov med orodji za modeliranje in orodji za računsko analizo, saj posamezna programska orodja ne pokrivajo celotnega področja BIM, ki naj bi zajemalo vsa področja projektiranja. Prav zaradi tega ima učinkovita izmenjava podatkov (interoperabilnost) med programi pomembno vlogo. Analizo smo naredili na primeru realnega in aktualnega infrastrukturnega objekta, izbrali smo nadvoz na avtocestnem odseku Draženci–Gruškovje, ki je prikazan na sliki 5.

BIM-model nadvoza smo izdelali na podlagi projektne dokumentacije za pridobitev grad-

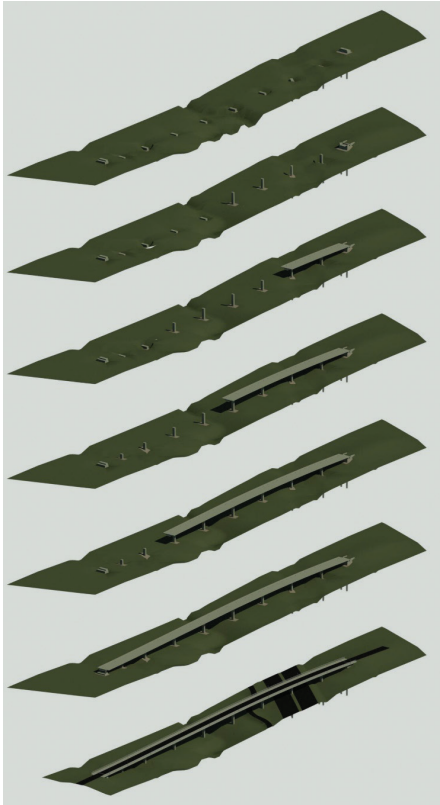
benega dovoljenja, ki ga je izdelalo podjetje Ponting (Ponting, 2012). Gre za nadvoz, ki tlorisno poteka v premi, vertikalno pa v dveh



Slika 5 • Nadvoz na AC Draženci–Gruškovje (julij 2017).

krivinah. Dolžina nadvoza med dilatacijama na krajnih opornikih znaša 264,70 m. Prekladna konstrukcija je prednapeta polna plošča z obojestranskima konzolama, ki poteka preko devetih polj, z razponi od 20 do 32 metrov. Monolitno je povezana s petimi vmesnimi pod-

porami, v preostalih podporah in na opornikih je podprta z lončnimi ležišči. Vsaka podpora je temeljena z dvema uvrtanima pilotoma premera 120 cm. Prekladna konstrukcija je izvedena po sistemu gradnje po poljih v širih gradbenih fazah na fiksnem podpornem odru. Faze gradnje objekta kot del BIM-modela, izdelane v programu Allplan, so prikazane na sliki 3.



Slika 6 • Gradbene faze nadvoza (Allplan).

Glede na programsko opremo smo izdelali dva povsem ločena BIM-modela nadvoza, namenoma smo uporabili programsko opremo, ki je na slovenskem trgu najbolj razširjena. Za izdelavo prvega modela smo uporabili Revit v kombinaciji s programi AutoCAD Civil 3D, Dynamo in Excel. Za izdelavo drugega modela smo uporabili program Allplan. Gre za dva različna BIM-modelirnika, ki se precej razlikujeta tudi v načinu dela. Računsko analizo smo naredili s programoma Sofistik in Scia Engineer. Računska analiza in prenosi iz BIM-modela v računski model so obravnavani v tretjem poglavju članka.

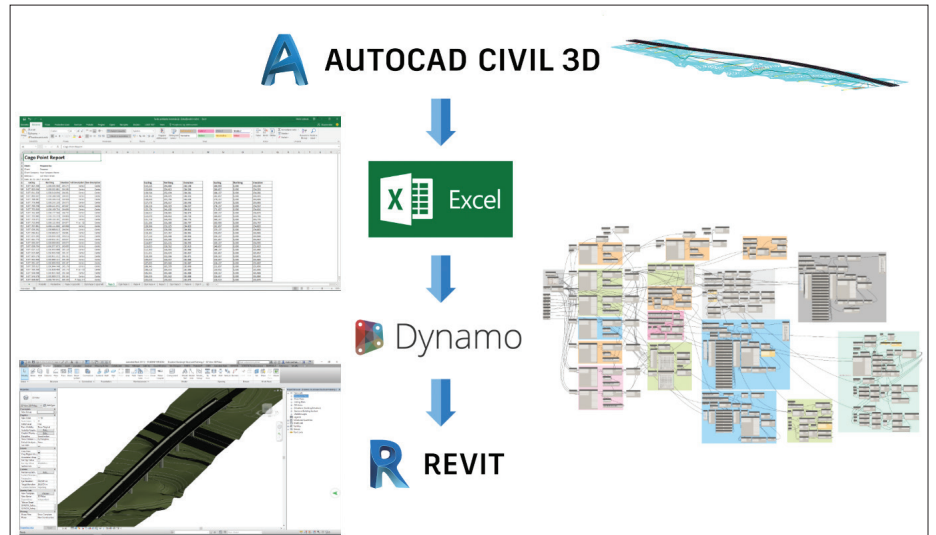
## 2.2 Modeliranje nadvoza z uporabo Revita

V Revitu smo najprej izdelali osne mreže in višinske nivoje, na katere smo se opirali pri ustvarjanju geometrije. Nato smo izdelali vmesne podpore in krajna opornika z uporabo Revitovih osnovnih arhitekturnih elementov

(steber, nosilec, stena, plošča). Med delom smo ustvarjali tudi vse potrebne družine elementov z urejevalnikom družin. Prekladno konstrukcijo, ki je predstavljala najzahtevnejši del modeliranja, smo ustvarili s postopkom, ki je shematsko prikazan na sliki 7. Najprej smo izdelali traso ceste v programu AutoCAD Civil 3D, iz katere smo izvozili točke v Excelovo tabelo. Te točke smo nato uporabili kot

izdelava konstrukcije s poljubno geometrijo, ki ne poteka nujno v določeni ravnini, to pa z osnovnimi ukazi Revita ni mogoče.

Po modeliranju geometrije konstrukcije smo opravili statično analizo, nato pa smo se lotili konstruiranja armature. Pri enostavnih elementih konstruiranje armature v Revitu ne predstavlja zahtevne operacije, armaturo

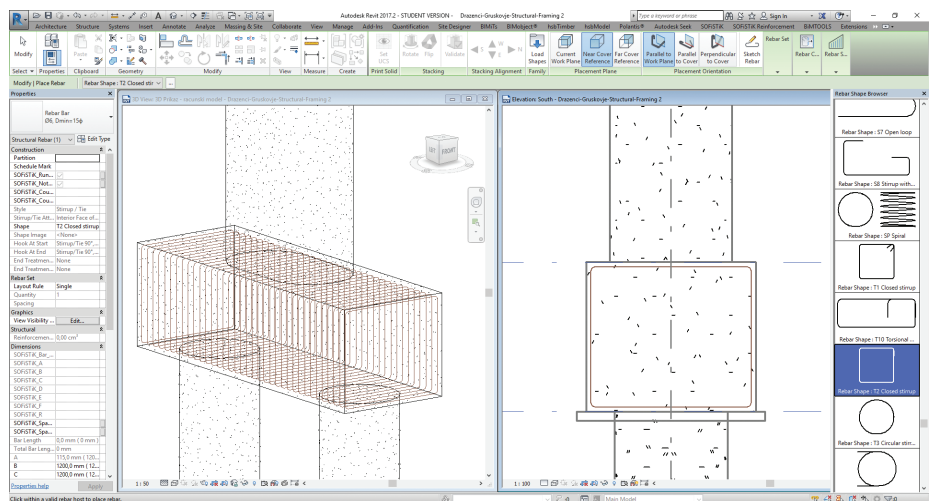


Slika 7 • Postopek izdelave prekladne konstrukcije.

referenčne točke za ustvarjanje geometrije nadvoza s programom Dynamo, ki je platforma za vizualno programiranje. V Dynamo smo ustvarili skript, s katerim smo ustvarili geometrijo vseh potrebnih elementov prekladne konstrukcije, izvedli Booleanove operacije na opornikih, s skriptom pa smo vstavili tudi opremo mostu (izlivnike, luči, ograje itd.), saj Revit ne omogoča postavitev elementov z neposrednim vnosom koordinat. Ta način dela smo izbrali, ker nas je zanimala predvsem

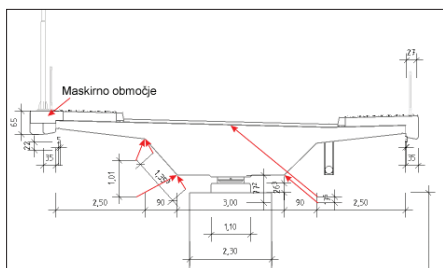
(izbiro oblike palic, izbiro načina polaganja armature in želeno pozicijo) ustvarimo zelo hitro.

V primeru prekladne konstrukcije so bile armaturne palice zapletenejših oblik, zato smo uporabili ukaz, s katerim lahko ustvarimo poljubne oblike armaturnih palic – za polaganje oblike palice vzdolž krivulje smo uporabili Revitov vtičnik Sofistik Reinforcement Detailing. Lahko bi uporabili tudi Dynamo ali kateri drugi vtičnik. Nadaljnje konstruiranje armature v prekladni konstrukciji smo opustili, saj je



Slika 8 • Izdelava armature v enostavnih konstrukcijskih elementih (Revit).

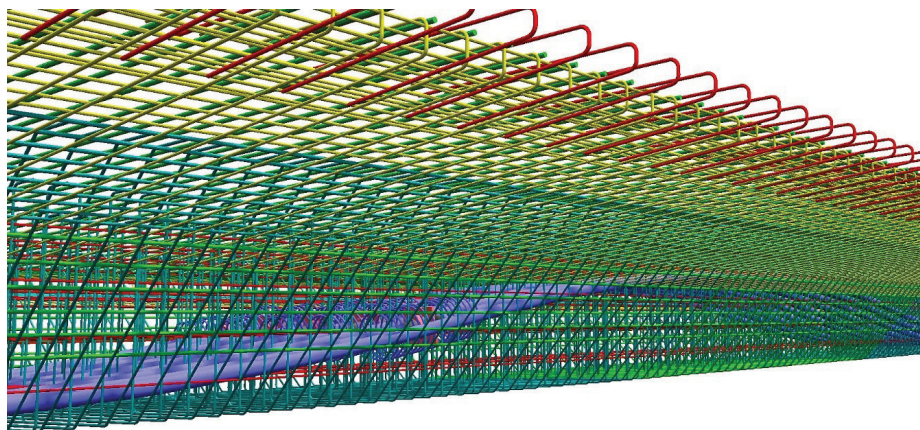
ustvarjanje poljubne geometrije palice zahtevalo ogromno procesorsko moč, zaradi zelo počasnega delovanja programa je bilo konstruiranje armature nesmiselno. Risbe v Revitu ustvarimo tako, da pripravimo različne prikaze modela, ki jih nato »zložimo« na želeno dimenzijo lista. Revit omogoča tudi izdelavo popisov količin, kjer lahko izberemo parametre, ki jih želimo zajeti v popisih. Z uporabo relacij lahko izdelamo tudi približne ocene stroškov. Pri izdelavi prikazov modela smo naleteli na nekaj težav (slika 9), saj ni bilo mogoče izvesti kotiranja prekladne konstrukcije v prečnem prerezu zaradi vzdolžnega poteka prekladne konstrukcije po krivulji. Druga slabost programa je tudi ta, da v prikazih 2D-modela ne moremo izklopiti določenih linij. Lahko jih prekrijemo z maskirnimi območji, vendar pa s tem prekrijemo tudi morebitne zelene linije.



Slika 9 • Neuspešne operacije v Revitu.

### 2.3 Modeliranje nadvoza z uporabo Allplana

S programom Allplan smo najprej pripravili proste ravnine, na katere smo se opirali pri ustvarjanju geometrije za izdelavo podpor in opornikov. Za izdelavo opornikov smo uporabljali tudi modul 3D-modelirnik, ki omogoča modeliranje poljubne 3D-geometrije in izvedbo Booleanovih operacij. Prekladno konstrukcijo smo modelirali z uporabo Allplanovega modelirnika mostov, za kar je osnova os trase, ki smo jo določili z uporabo ločenih 2D-linij v zunanji datoteki. Vzdolž trase smo nato izdelali prečne prereze in tako ustvarili 3D-telo. Z uporabo Booleanovih operacij smo prekladno konstrukcijo ločili na posamezne gradbene faze, nato smo ustvarili še ograje, luči pa smo z uporabo formata IFC (Industry Foundation Classes) izvozili iz Revita, kjer smo jih že izdelali. Armature v Allplanu konstruiramo tako, da nastavimo prereze, v katerih generiramo zelene oblike palic, nato pa jih položimo vzdolž ustrezne poti. Uporabljamo lahko že vnaprej definirane oblike palic ali pa definiramo poljubno geometrijo. S konstruiranjem armature v prekladni konstrukciji ni bilo težav, rezultat konstruiranja armature z Allplanom je prikazan na sliki 10.



Slika 10 • 3D-prikaz armature in prednapetih kablov v Allplanu.

Posamezne pozicije armature na sliki 10 so namenoma prikazane v različnih barvah. Kable za prednapenjanje ustvarimo tako, da os kabla shranimo v zunanjo datoteko, nato pa jo uporabimo v čarovniku za ustvarjanje nateznih elementov, kjer določimo tudi vse druge parametre za geometrijo kablov. Priprava risb poteka podobno kot v Revitu, tako da zložimo zelene datoteke na želeno dimenzijo lista. Popisi, ki jih izdelamo z Allplanom, so interaktivno povezani z modelom, kar pomeni, da lahko izberemo elemente v popisu, ti pa se označijo v modelu. Ustvarjamo lahko popise za vrste del, količino materialov in podobno. Pri izdelavi BIM-modela z Allplanom ni bilo težav.

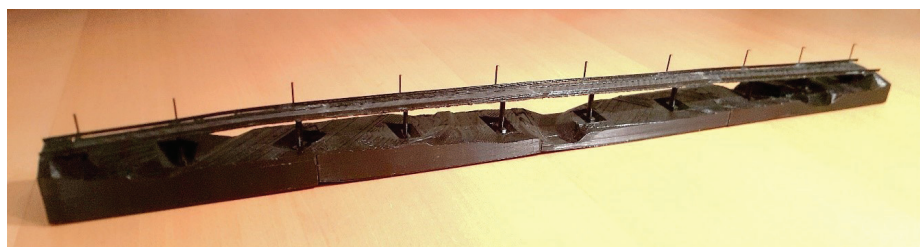
### 2.4 Nove tehnologije za vizualizacijo/prikaz objektov

Inženirski objekti spadajo med zahtevne konstrukcije, kar pomeni, da investicije takšnih konstrukcij dosegajo velike vrednosti. Vizualizacije objekta lahko v ve-

endar pa menimo, da je v njej ogromno potenciala. Zlasti pomembno je to, da z uporabo BIM ustvarjamo 3D-model, ki ga lahko tudi z enostavnimi in hitrimi postopki prikazemo na vse prej omenjene načine.

Za vizualizacijo z uporabo virtualne realnosti smo preizkusili renderiranje stereopanoramskih slik, ki jih je mogoče prikazati z očali za virtualno realnost. Renderje smo izdelali z uporabo informacijskega modela, ustvarjenega v Revitu, saj bi za njihovo izdelavo iz modela v Allplanu potrebovali dodatno programsko opremo, za prikaz stereopanoramskih slik pa smo uporabljali očala Samsung Gear VR. Prednost takšne vizualizacije je predvsem prostorski občutek uporabnika in občutek za dimenzije objektov, kar s klasičnimi fotorealističnimi renderji ni mogoče.

Preizkusili smo tudi 3D-tisk, to je tehnologija, ki je vse pogostejša v uporabi. Iz modelirnikov smo izvozili datoteke, ki jih podpira



Slika 11 • Maketa nadvoza, natisnjena s 3D-tiskalnikom.

liki meri pomagajo pri odpravi napak, optimizaciji in izboljšavah konstrukcije. Pomembno vlogo igrajo vizualizacije oz. predstavitve objekta na različnih natečajih, pa naj bodo to fotorealistični renderji, makete ali kaj podobnega. Mi smo raziskali tehnologijo, ki je na področju vizualizacij oz. predstavitev objektov še v začetni fazi,

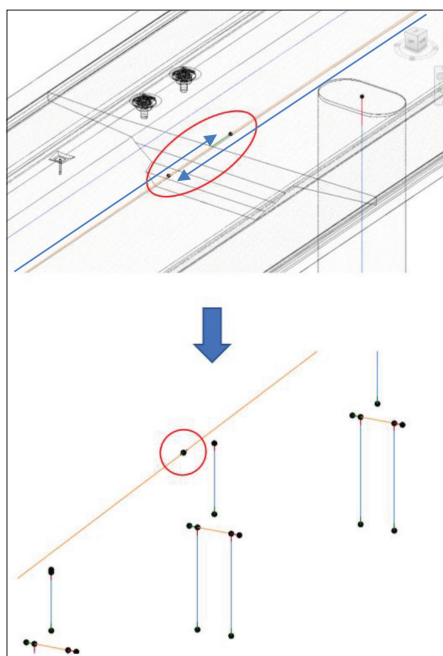
večina 3D-tiskalnikov, ter natisnili maketo z uporabo plastičnega filamenta PLA. Ker smo uporabili tiskalnik nižjega cenovnega razreda, ki ima manjšo delovno površino od dimenzij makete, smo model natisnili po delih, nato pa jih zlepili skupaj, da smo dobili končno maketo, ki je prikazana na sliki 11.

### 3 • PRENOS BIM-MODELA V PROGRAME ZA STATIČNO ANALIZO IN ANALIZA

#### 3.1 Splošno o prenosu

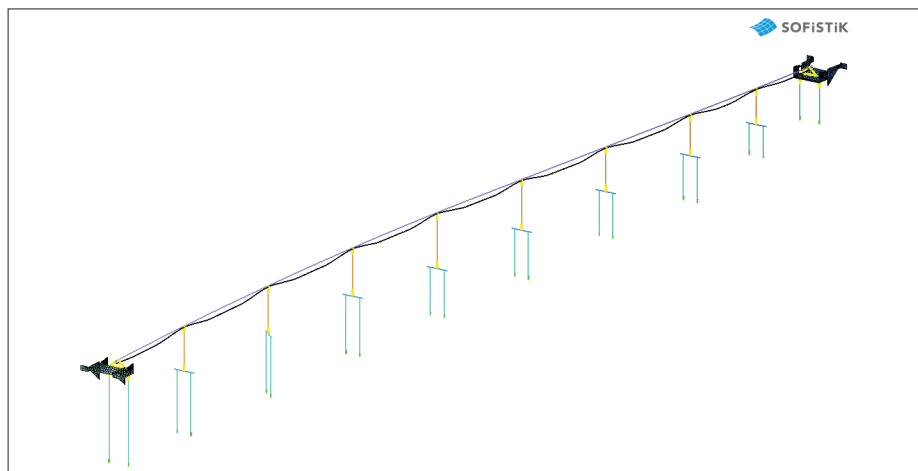
Raziskovali smo možnosti uporabe BIM-modela v programih za statično analizo, s čimer lahko v veliki meri prihranimo čas, saj nam ni treba posebej izdelovati računskega modela. Seveda je uporaba takšnega prenosa podatkov smotrna, če je računski model, pridobljen iz informacijskega modela objekta, dovolj natančen, in za izvedbo analize ni treba izvesti velikega števila modifikacij, kar bi lahko pomenilo, da bi za modifikacije potrebovali več časa kot za izdelavo novega računskega modela. Glede na to, da smo uporabljali dva modelirnika in dva programa za statično analizo, so obstajale štirje možnosti uporabe in prenosa BIM-modela. Obstaja več možnih načinov za prenos podatkov med programi, najbolj pogosta sta uporaba standardiziranega formata IFC in uporaba direktnih povezav API (Application Programming Interface), ki jih morajo zagotoviti proizvajalci posamezne programske opreme. Uspešno smo izvedli prenos modela med Revitom in Sofistikom ter Allplanom in Scia Engineerjem. Prenos modela iz Allplana v Sofistik ni bil mogoč, prenos podatkov iz Revita v program Scia Engineer pa nismo izvedli zaradi prevelikega obsega dela, ki bi nastal na treh računskih modelih.

#### 3.2 Prenos modela iz Revita v Sofistik

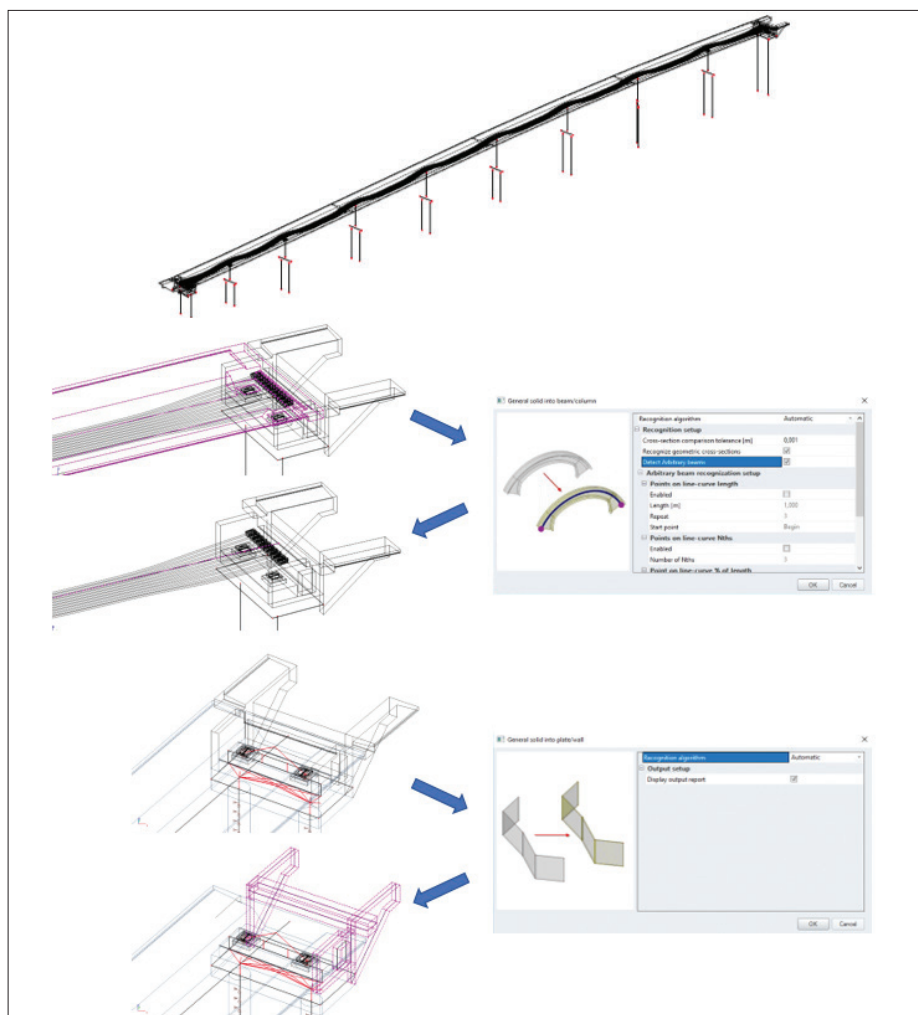


Slika 12 • Modifikacija računskega modela v Revitu.

Pri prenosu modela iz Revita v Sofistik smo najprej z modificiranjem prekrivajočih se linij-



Slika 13 • Končni računski model v Sofistiku.



Slika 14 • Uvoženi model objekta z uporabo IFC-formata in pretvorba 3D-elementov v računske elemente.

skih elementov, tako da so se stikali, dodelali računski model, ki se v Revitu ustvarja že z modeliranjem geometrije (slika 12). Nato smo z uporabo API-vmesnika izvozili računski model v Sofistik.



V Sofistiku smo nato z uporabo Sofiplusa (grafični predprocesor za vnos geometrije) dopolnili prečne prereze, ki nimajo osnovnih oblik (pravokotnika ali kroga), tako da smo vstavili sloje armature in ustvarili strižne prereze, dodali smo še kinematične vezi, profile temeljenja za pilote, ustvarili smo kable za prednapenjanje in vnesli vse obtežbe, razen prometne, ki smo jo ustvarili s čarovnikom za ustvarjanje prometne obtežbe. Za tem smo ustvarili faze gradnje s čarovnikom za gradbene faze. Vnos potresne obtežbe in spektra odziva, kombinacije obtežnih primerov, statični izračun in dimenzioniranje pa smo izvedli z uporabo tekstualnega vnosa v predprocesorju Teddy. Končni računski model je prikazan na sliki 13.

### 3.3 Prenos modela iz Allplana v Scia Engineer

BIM-model iz Allplana smo v program Scia Engineer prenesli z uporabo IFC-formata, ki je tudi edini možni način prenosa podatkov med programoma. Scia Engineer samodejno pretvori 3D-elemente z enostavnimi prerezi v računske elemente, druge elemente (prekladno konstrukcijo)

pa smo pretvorili ročno z uporabo ukazov za pretvarjanje 3D-geometrije v linijske in ploskovne elemente (slika 14). Pri pretvorbi linijskih elementov nismo imeli težav, pretvorba geometrije opornikov v ploskovne računske elemente pa je bila neuspešna. Izdelava računskega modela opornika bi bila tako potrebna z ročnim vnosom geometrije, pri tem pa bi lahko uvoženo 3D-geometrijo uporabljali za referenčne točke.

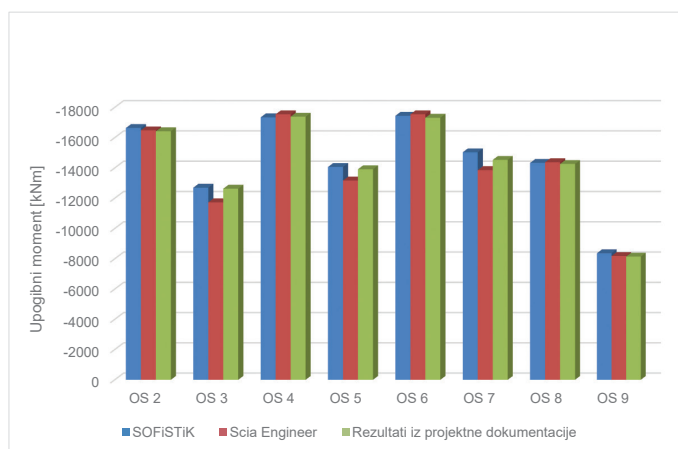
Po pretvorbi elementov smo ustvarili tudi toge vezi in členke med ločenimi elementi, ker jih BIM-model ne vsebuje. Za tem smo definirali še gradbene faze in obtežbe ter naredili statično analizo. Dimenzioniranja v tem primeru nismo izvajali zaradi slabšega poznavanja programske opreme.

### 3.4 Primerjava rezultatov statične analize

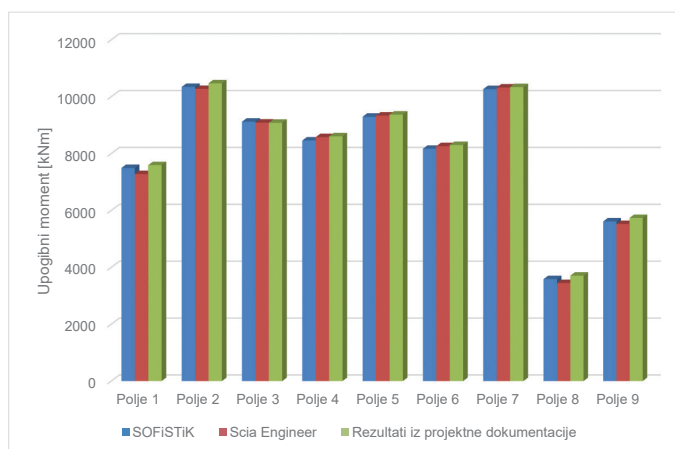
Zaradi boljše preglednosti in lažje primerjave smo rezultate statične analize prikazali grafično (sliki 15 in 16). Med seboj smo primerjali rezultate statičnih izračunov iz programov Sofistik in Scia Engineer ter rezultate statičnega izračuna iz projekta nadvoza (Ponting, 2012). Za primerjavo

smo uporabili rezultate upogibnih momentov zaradi lastne teže konstrukcije. Primerjali smo minimalne momente nad podporami (slika 15) ter maksimalne momente v poljih (slika 16).

Opazimo lahko, da so najmanjša odstopanja med rezultati, izračunanimi s programom Sofistik, ter rezultati iz projektne dokumentacije (Ponting, 2012), kjer je bil za statično analizo prav tako uporabljen program Sofistik. Zaradi minimalnih razlik v modelu so tudi odstopanja minimalna. Nekoliko večja odstopanja, ki pa so še vedno zanemarljiva, opazimo pri rezultatih programa Scia Engineer. Razlog za to je predvsem ta, da smo togost temeljenja pilotov modelirali z vzmetmi, kar ne daje povsem enakih rezultatov, model pa se razlikuje tudi v tem, da je prekladna konstrukcija, ustvarjena z modelirnikom mostov v Allplanu, sestavljena iz polilinij, kar pomeni, da imamo namesto krivulje ravne odseke, kar posledično vodi do odstopanj pri rezultatih. Nekaj odstopanj se pojavi tudi zaradi razlik med delovanjem programov. Največja odstopanja so se pojavila pri upogibnih momentih nad podporami.



Slika 15 • Upogibni momenti zaradi lastne teže nad podporami.



Slika 16 • Upogibni momenti zaradi lastne teže v poljih.

## 4 • SKLEP

Z uporabo BIM lahko zagotovo odpravimo potencialne napake pri projektiranju in izvedbi ter s tem v veliki meri prihranimo čas. Treba je ustvariti model, za katerega sicer potrebujemo nekoliko več časa, vendar pa so vse nadaljnje operacije, kot so na primer priprava prereзов, pogledov, florisov,

popisov itd., enostavne in hitre. Vsakršne spremembe se odražajo v vseh prikazih modela, kar pomeni, da je za spremembo vseh risb, popisov itd. načeloma potreben le en popravek. S tem zmanjšamo tudi možnost napak, saj ročni popravki nepovezanih 2D-pogledov, pri katerih lahko kaj

spregledamo, niso potrebni. BIM-modele smo uspešno uporabili za prikaz v obliki virtualne realnosti in za 3D-tisk, ki sta dva sodobna načina za vizualizacijo in prikaz. Modele bi lahko uporabili tudi za analizo stroškov, izdelavo terminknih planov, obstaja pa še ogromno drugih možnosti izvoza in nadaljnje uporabe BIM-modelov. Z uporabo IFC-formata se prenašajo geometrija elementov in njihovi atributi, za zdaj pa

se še ne prenašajo lastnosti pametnih elementov. Dejstvo je, da za izboljšave ostaja še veliko prostora, še posebno kar se tiče prenosa podatkov med programi. BIM-model lahko uporabimo tudi za druge aplikacije.

Pri ustvarjanju BIM-modela z Revitom smo naleteli na nekaj težav pri ustvarjanju pogledov za izdelavo risb. Za ustvarjanje pogledov in prerezov, ki jih potrebujemo za izdelavo risb, se je boljše obnesel Allplan, saj ponuja več možnosti za urejanje in nadzor prikazov modela. V Revitu ni bilo mogoče učinkovito konstruirati armature v prekladni konstrukciji, ki ima zahtevnejšo geometrijo, medtem ko z enako konfigu-

delirnika v Allplanu. Omeniti je treba tudi, da smo za izdelavo BIM-modela z Revitom potrebovali še nekaj dodatnih programskih orodij, brez katerih bi s težavo skonstruirali celotno geometrijo, z uporabo Allplana pa dodatne programske opreme nismo potrebovali.

Na podlagi raziskovanja lahko zaključimo, da smo bili uspešnejši pri izdelavi informacijskega modela nadvoza z Allplanom, saj so pomemben rezultat konstruiranja ustrezne risbe, ki jih z Revitom zaradi neuspešnega kotiranja prekladne konstrukcije nismo mogli narediti. Slika 17 prikazuje uspešnost posameznih operacij uporabljenih BIM-modelirnikov.

Operacija	Revit	Allplan
Modeliranje 3D-modela konstrukcije	✓	✓
Konstruiranje armature	✓ <sup>1</sup>	✓
Priprava prikazov modela za izdelavo risb	✗ <sup>2</sup>	✓
Priprava risb	✓	✓
Izdelava popisov	✓	✓
Izdelava ocen stroškov	✓	✗ <sup>3</sup>

1 Konstruiranje armature z Revitom je bilo sicer uspešno, zaradi zelo počasnega delovanja programa pri konstruiranju armature v prekladni konstrukciji pa neprimerno.

2 Neuspešno zaradi neuspešne izvedbe kotiranja prekladne konstrukcije.

3 Za izdelavo ocen stroškov z Allplanovim BIM-modelom bi potrebovali dodatno programsko opremo.

Slika 17 • Uspešnosti operacij uporabljenih BIM-modelirnikov.

racijo računalnika z uporabo Allplana pri tem nismo imeli težav. Prednost Revita je možnost uporabe Dynama, ki lahko v veliki meri prihrani čas, kadar moramo opravljati ponavljajoče se operacije. V Dynamu lahko ustvarimo tudi program, ki bi s spreminjanjem parametrov ustvarjal celotne modele konstrukcij, ki so med seboj podobne. Menimo, da je modeliranje kompleksnih elementov, kot je v našem primeru poleg prekladne konstrukcije tudi opornik, lažje z Allplanom, saj ima dobro razvite funkcije za modeliranje poljubne 3D-geometrije. V Revitu je bilo treba za izvedbo Booleanovih operacij ustvarjati posamezne družine, ki smo jih nato prerezali med seboj, združevanje različnih družin pa ne daje takšnih rezultatov, kot jih je mogoče doseči z uporabo 3D-mo-

Prenos podatkov o računskem modelu med BIM-modelirniki in programi za statično analizo je omogočen ter v določenih primerih že dobro deluje, vendar pa še ni idealen. Za izmenjavo podatkov s programi za računsko analizo je za Revit več proizvajalcev programske opreme razvilo API-vmesnike, medtem ko lahko v primeru Allplana uporabljamo le IFC-format (razen za posamezne elemente, ki jih lahko z API-vmesnikom izvozimo v program Frilo). Prenos modela med Revitom in Sofistikom ter Allplanom in Scia Engineerjem je bil uspešen, vendar pa v primeru Allplana in Scia Engineerja nismo izvedli pretvorbe opornikov v računski model, zato bi ga bilo treba izdelati ročno. Pri prenosu računskega modela iz Revita v Sofistik smo uspešno prenesli vse elemente, vendar pa

je bilo tudi v tem primeru potrebnih nekaj dodatnih popravkov. Sofistik v primerjavi s programom Scia Engineer ponuja več svobode, saj lahko z uporabo tekstualnega urejevalnika Teddy izkoristimo več možnosti ukazov in nastavitvev. Naše poznavanje programa Scia Engineer je slabše kot poznavanje Sofistika, zato nadaljnjih zaključkov in primerjave med programoma ne bomo podajali. Primerjava izvoza podatkov v programe za računsko analizo je grafično prikazana na sliki 18.

Kombinacija programov	Prenos podatkov
Revit – Sofistik	✓
Revit – Scia Engineer	? <sup>1</sup>
Allplan – Sofistik	✗
Allplan – Scia Engineer	✓

1 Prenosa iz programa Revit v program Scia Engineer nismo izvedli, zato ne moremo podati zaključka.

Slika 18 • Primerjalna tabela izvoza BIM-modela v programe za statično analizo.

Zaključimo lahko, da so trenutne različice BIM-modelirnikov dovolj razvite tudi za uporabo pri projektiranju mostov. Nekateri programi so za to bolj pripravljeni, nekateri pa nekoliko manj. BIM-model (model za konstruiranje) in model za statično analizo sta v svojem bistvu različna modela, prenos (še) ni avtomatiziran. Vključitev statika konstruktorja v zgodnji fazi projektiranja vseh vrst objektov bo za realizacijo uspešnosti BIM-modeliranja nujna, kar je pri mostovih, ki se primarno konstruirajo in ne oblikujejo, večinoma tako ali tako zagotovljeno. Na podlagi trenda razvoja, ki bo odpravil tudi navedene pomanjkljivosti, menimo, da bo BIM pri projektiranju vseh vrst objektov v prihodnosti zaradi strokovnosti zahteval še intenzivnejše sodelovanje, morda celo združevanje, saj bo treba k projektiranju pristopati še bolj dosledno in celovito. Kako bo uporaba BIM vplivala na razvoj poslovnih odnosov, na varovanje in zaupnost informacij in kako bo BIM urejal, da bo »/k/opitar sodil le čevlje«, v prikazani raziskavi ni bilo analizirano.

## 5 • LITERATURA

Allplan, Allplan's online help, <http://help.allplan.com/Allplan/2017-1/1033/Allplan/index.htm#5464.htm>, 2017.

ArchDaily, A Brief History of BIM, <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>, 2017.

Autodesk, Civil 3D 2017 help, <http://help.autodesk.com/view/CIV3D/2017/ENU/>, 2017.

Autodesk, Revit 2017, <http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/ENU/>, 2017.

BCG, Boston Consulting Group, Digital in Engineering and Construction, The Transformative Power of Building Information Modeling, <https://www.bcg.com/publications/2016/engineered-products-infrastructure-digital-transformative-power-building-information-modeling.aspx>, 2016.

Braun, M., Laufkötter, A., Hochmuth, M., Maßgeschneiderte Bauwerke mit BIM, Bautechnik, Ernst & Sohn, Volume 94: str. 232 do 236, 2017.

BIM – Building Information Modeling, Ernst & Sohn Special, Ernst & Sohn, 2016.

buildingSMART International home of open BIM, <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-overview>, 2017.

DD&A, Dodge Data and Analytics, The Business Value of BIM for Infrastructure 2017, <https://www.construction.com/toolkit/reports/the-business-value-of-BIM-for-infrastructure-2017>, 2017.

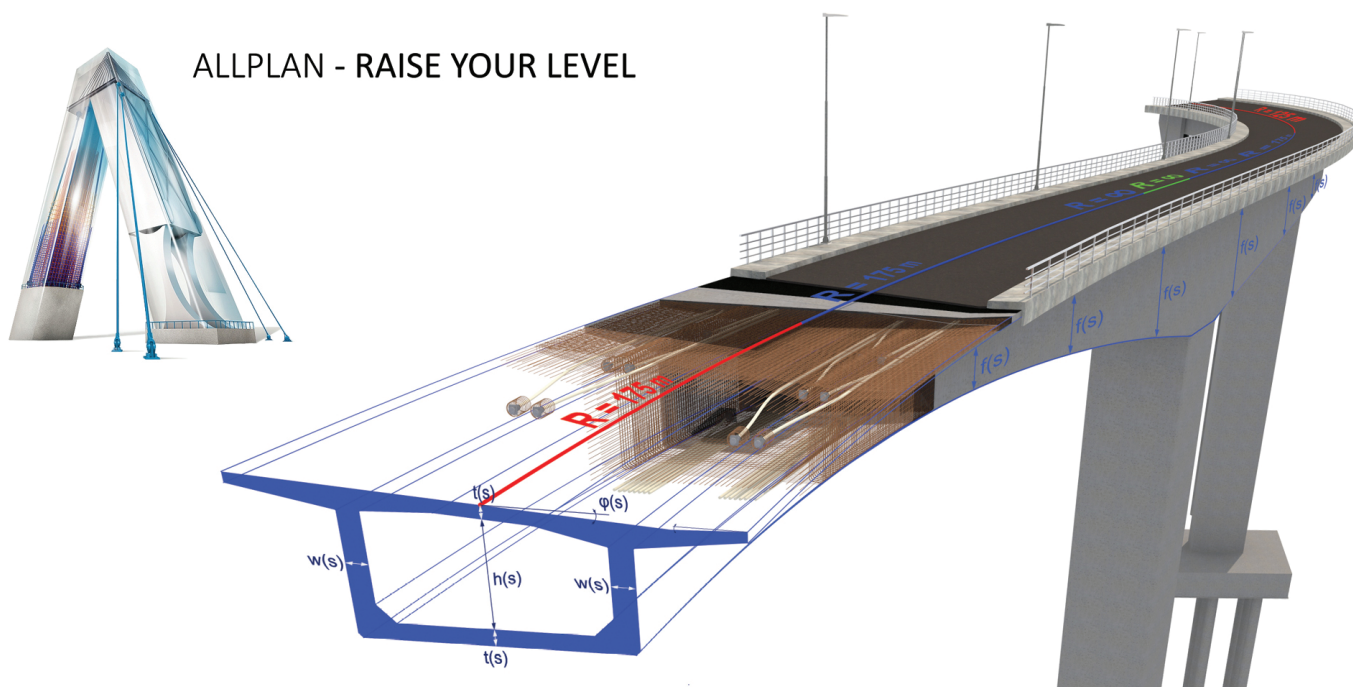
Dynamo, Open source graphical programming for design, <http://dynamobim.org/>, 2017.

Ledinek, M., Uporaba sodobnih pristopov pri projektiranju inženjskih objektov, magistrsko delo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, 2017.

Ponting, Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, Nadvoz 0094-1, 4-1 na AC odseku Draženci - MMP Gruškovje, Ponting, d. o. o., 2012.

SCIA Engineer, SCIA Engineer 16 Help, <http://help.scia.net/webhelplatest/en/>, 2017.

SOFISTIK, SOFISTIK offline help, Version 2016, 2017. [https://www.sofistik.eu/fileadmin/FILES/support/SOFISTIK\\_Online\\_1.pdf](https://www.sofistik.eu/fileadmin/FILES/support/SOFISTIK_Online_1.pdf), 2017.



ALLPLAN - RAISE YOUR LEVEL

Vodilna programska oprema za arhitekturno in gradbeno inženirsko projektiranje v Evropi. Več na [www.iprosor.si](http://www.iprosor.si)

# POTRESNI ODZIV VEČETAŽNIH STRIŽNIH ZIDANIH STEN IN UČINEK UTRJEVANJA S KOMPOZITNIMI OBLOGAMI

## SEISMIC RESPONSE OF MULTISTOREY PLAIN MASONRY WALLS AND EFFICIENCY OF STRENGTHENING WITH COMPOSITES

Petra Triller, univ. dipl. inž. grad.  
akad. prof. dr. Miha Tomažević, univ. dipl. inž. grad.  
doc. dr. Matija Gams, univ. dipl. inž. grad.

Zavod za gradbeništvo Slovenije,  
Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 624.042.7:692.2(497.4)

**Povzetek** | V članku sta predstavljeni dve temi. Prva obravnava potresno obnašanje večetažnih sten, sezidanih iz modularnih zidakov, s poudarkom na opazovanju mehanizmov odziva in porušitve, ki se razvijejo v večetažnih stenah z odprtini. Druga tema je osredotočena na raziskave utrjevanja takšnega zidovja z malto, armirano z mrežicami iz steklenih vlaken. Za raziskave smo na Zavodu za gradbeništvo Slovenije zgradili in preiskali posamezne zidove in večji trietažni preizkušane v naravni velikosti. V cikličnem strigu pri konstantnem tlaku smo preizkusili več referenčnih in utrjenih zidov ter trietažni model dimenzij 4 x 4 m v tlorisu in višine 6,7 m. Trietažni model smo najprej obremenili do večjih, a popravljivih poškodb. Zatem smo poškodovani preizkušane utrdili s kompozitnimi oblogami iz malte, armirane s steklenimi vlakni (GFRP), ter ga ponovno preiskali, tokrat skoraj do porušitve. V obeh primerih je bil odziv modela na vodoravno obtežbo s t. i. etažnim mehanizmom, pri katerem se večina poškodb skoncentrira v zidovih najšibkejši etaži. V zidovih smo opazili tipične strižne poškodbe z diagonalnimi razpokami. Potresno obnašanje posameznih zidov je bilo zelo podobno odzivu zidnih slopov večetažnega preizkušanca. Rezultati kažejo, da je mogoče z ustreznim načinom utrjevanja zidov doseči občutno izboljšanje potresnega obnašanja.

Ključne besede: nearmirano zidovje, laboratorijske preiskave, ciklične strižne preiskave, GFRP-kompoziti, utrjevanje

**Summary** | Two topics are presented in the paper. The first one deals with seismic behaviour of multistorey masonry shear walls with openings built from hollow clay units. Special attention is given to the response and failure mechanisms. The second one deals with strengthening of such masonry with fibre reinforced mortar coatings. To study these topics, full scale walls as well as a full scale three storey model were built and tested at Slovenian National Building and Civil Engineering Institute. Reference and strengthened walls as well as the three storey building model with plan dimensions 4 m x 4 m and height of 6.7 m were tested in cyclic shear under constant compressive load. First, the multistorey model was tested in its original state until major but still repairable damage. Then, the damaged model was strengthened with glass fibre (GFRP) mesh reinforced mortar and re-tested to near collapse. In both cases the response to horizontal loads was with storey mechanism, with the majority of damage concentrated in the walls of the weakest storey. The dominant damage was of the diagonal shear type. The seismic response of individual walls tested in cyclic shear was very similar to what was observed in the walls

of the multistorey model. Results show that seismic response of masonry structures can be significantly improved by an appropriate strengthening method.

Key words: unreinforced masonry; laboratory testing; cyclic shear test; glass fibre reinforced polymers (GFRP), strengthening

## 1 • UVOD

Pred letom 1964, ko so začeli veljati prvi potresni predpisi, je bilo v urbanih območjih Slovenije sezidanih več večetažnih stanovanjskih stavb v tehnologiji nepovezanega opečnega zidovja (brez navpičnih potresnih vezi). Takrat sodobna gradnja ne dosega zahtev danes veljavnih predpisov. Za Ljubljano je to računsko prikazano npr. v delu Lutmanove (Lutman, 2010). Ker so izkušnje s potresnim obnašanjem takih stavb omejene in ker takšne stavbe predstavljajo velik delež našega stavbnega fonda, je njihov potresni odziv smiselno natančneje raziskati. Raziskave so še posebno zanimive, ker smo v teh preiskavah prvič v zgodovini ZAG preizkusili trietažni preizkušaneec v naravni velikosti in tako opazovali odziv celotnega konstrukcijskega sistema. Take preiskave predstavljajo pomembno nadgradnjo od raziskovanja odziva zidovja na posameznem zidnem slopu in ponujajo nov vpogled v potresni odziv in porušne mehanizme zidanih stavb.

Prej omenjeni stavbni fond je nemogoče nadomestiti, zato je treba najti učinkovite načine njegove utrditve oz. izboljšanja njegove potresne odpornosti. Načine utrjevanja in njihov vpliv pa je še bolj pomembno raziskati na celotnih konstrukcijskih sklopih, zato smo trietažni preizkušaneec izkoristili tudi za preučevanje možnosti utrditve takih stavb z malto, ki je armirana z mrežico iz steklenih vlaken. Tak način utrjevanja se je namreč uveljavil kot najbolj učinkovit in finančno smotrni pri popotresni obnovi stavb v Italiji.

Raziskave obnašanja zidovja na potresno obtežbo se običajno opravijo z laboratorijsko preiskavo na posameznem zidnem slopu oz. zidu. Tak zid predstavlja tipičen zid iz dejanske stavbe, zato se pri preizkušanju skušamo čim bolj približati pogojem, ki nanj delujejo v stavbi med potresom. Slop se zato obremeni s konstantno vertikalno oz. tlačno obremenitvijo in z vodoravnimi obremenitvami simulira potresne obremenitve. Takšne preiskave se na podoben način opravljajo že od leta 1965, med drugimi so njihove rezultate predstavili Mayes in Clough (Mayes, 1975), Calvi (Calvi, 1996) in van Vliet (van Vliet, 2004).

Pogosto pri preizkušanju posameznih zidnih slopov poleg prevladujočega mehanizma, ki je običajno strižni z diagonalnimi razpokami ali pa upogibni s tlačno porušitvijo na vogalih, zasledimo tudi fenomen sukanja zidu (ang. rocking), ki ga pri potresno poškodovanih stavbah ali pa testih in-situ ne opazimo. Na pojav takšnih spremeljajočih mehanizmov poleg geometrije zidu, materialnih karakteristik zidovja in stopnje vertikalnih napetosti ključno vplivajo robni pogoji, ki jih zagotovimo v preiskavi (Tomažević, 2016).

Pojav različnih mehanizmov odziva, ki jih po potresnih ne opazimo, je najverjetneje posledica idealizacije vpetostnih robnih pogojev pri preiskavi posameznega zidu. Da bi to idealizacijo v čim večji meri izločili iz raziskave in hkrati preizkusili odziv cele konstrukcije, vključno z interakcijo med slopi, parapeti in prekladami ter med zidovjem in stropnimi ploščami, smo v sklopu te raziskovalne naloge zgradili večetažni preizkušaneec z odprtiniami. Preizkušaneec predstavlja tipično nearmirano in nepovezano večetažno stavbo, ki je bila v Sloveniji in njeni okolici zgrajena pred letom 1970. Takšne preiskave so v raziskovalnem svetu dokaj redke, saj predstavljajo precejšen finančni in tudi izvedbeni zalogaj. Od drugih raziskav cikličnih strižnih preiskav na večetažnih preizkušancih omenimo npr. preiskave Leiva (Leiva, 1991) ter Heerema (Heerema, 2014), vendar se vsaka posamezna raziskava osredotoča na specifično problematiko, in ne podaja odgovora na vprašanja, na katera smo želeli odgovoriti v raziskavi.

Drugi razlog za preiskavo modela večetažne stavbe v naravnem merilu je eksperimentalna analiza možnosti utrjevanja zidanih objektov s sodobnimi tehnikami sanacije. Pri tem je pomembno poudariti, da raziskava na večetažni stavbi omogoča preučevanje sistemske rešitve utrjevanja, ki pri preiskavah posameznih zidov ni mogoča.

Ključni problem utrjevanja zidovja je, da mora biti postopek učinkovit in ekonomičen, a hkrati nezahteven za gradnjo. Poleg izboljšanja nosilnosti mora zagotavljati tudi povečano

sposobnost sipanja energije, duktilnost in kapaciteto pomikov. Klasične načine utrjevanja (prefugiranje, injektiranje, uporaba armiranih ometov ...) so v zadnjih dveh desetletjih začele nadomeščati nove tehnike, ki temeljijo na uporabi kompozitnih polimernih (FRP) oblog. Zanje je značilno, da so hitrejše, čistejše, enostavnejše in cenovno vedno bolj dostopne, hkrati pa ne zahtevajo začasnega umika ljudi iz stavb, saj pri izvedbi ne posegamo v geometrijo nosilnih elementov. Poznamo več načinov aplikacije FRP-materialov, na tem mestu omenimo tri glavne skupine: uporaba FRP- tkanin, ki jih z epoksidno smolo lepimo na zid, oblaganje zidov s kompozitnimi mrežami v kombinaciji z mrežo iz polimernih vlaken in sidri ter uporaba deformabilnih polimerov, s katerimi opečni zid povežemo s kompozitnimi polimeri. Omenjene načine utrjevanja so na primeru opečnih zidov preiskovali Schwegler (Schwegler, 1994), Triantafyllou (Triantafyllou, 2001) in Gams s sodelavci (Gams, 2014).

Metoda utrjevanja s kompozitnimi mrežami in z vlakni ojačano malto je že bila potrjena na primeru armiranobetonskih (v nadaljevanju AB) konstrukcij (Hollaway, 1999), v primeru zidovja, predvsem zgrajenega iz votlakov, pa njena učinkovitost še ni dokazana v celoti. Z željo po preučevanju takšne tehnike utrjevanja preiskave osnovnega (neutrjenega) preizkušanca nismo izvedli do porušitve, temveč smo jo prekinili, ko so se v zidovih pojavile večje, a še popravljive razpoke. V nadaljevanju smo večetažni preizkušaneec utrdili s FRP-materiali in ga ponovno preizkusili; tokrat praktično do porušitve. Poleg večetažnega preizkušanca smo v osnovnem in utrjenem stanju preizkusili tudi posamezne zidne slope, s čimer smo pridobili možnost ocene ustreznosti zagotovljenih robnih pogojev v cikličnih strižnih preiskavah.

Raziskovalna naloga, v kateri nas je zanimalo, kako se tipična večetažna stanovanjska stavba iz 70. let prejšnjega stoletja obnaša pri potresu in kakšna je učinkovitost modernih tehnik njenega utrjevanja oziroma sanacije, je bila v krajši različici že predstavljena na 38. zborovanju gradbenih konstruktorjev Slovenije, na tem mestu pa podajamo razširjeno analizo obravnavane problematike.

## 2 • MATERIALI

### 2.1 Zidaki

Za gradnjo preizkušancev so bili uporabljeni opečni votlaki z nominalnimi dimenzijami 290/190/190 mm (dolžina/širina/višina), ki jih v skladu z Evrokodom 6 (SIST EN 1996-1-1) uvrščamo v skupino 2 (slika 1). Karakteristična tlačna trdnost zidakov, določena skladno s SIST EN 771-1, znaša 15 MPa.



Slika 1 • Opečni votlak MB 29-19.

### 2.2 Malta

Zidaki so bili med seboj povezani s podaljšano cementno malto, ki je bila zmešana na gradbišču. Sestavine za malto so bile odmerjene v volumskem razmerju cement : apno : pesek = 0,5 : 1 : 8. Količina dodane vode je bila takšna, da je mešanici ustrezal razlez približno 170 mm.

Upogibno in tlačno trdnost malte smo določili s preizkušanjem prizem (40/40/160 mm) v skladu s standardom EN 1015-11. Dodatno smo preizkusili tlačno trdnost malte na kockah (70/70/70 mm). Teste mehanskih lastnosti malte smo naredili pri starosti 28 dni in v času cikličnih strižnih preiskav zidovja. Povprečna vrednost tlačne trdnosti malte pri starosti 28 dni na prizmah ( $f_{m,prizma,28}$ ) je znašala 2,0 MPa, na kockah ( $f_{m,kocka,28}$ ) pa 1,8 MPa. Pri enaki starosti

je bila povprečna upogibna trdnost malte na prizmah ( $f_{x1,28}$ ) 0,7 MPa. Trdnostne karakteristike malte so zbrane v preglednici 1.

### 2.3 Beton in jeklo za AB-plošče

Temeljna plošča in etažne plošče so bile armiranobetonske, armirane z armaturnimi mrežami Q503. Beton kvalitete C30/37 je bil izdelan v betonarni in pripeljan na gradbišče. Med betoniranjem so bili vzeti vzorci betona za določitev tlačne trdnosti skladno s standardom SIST EN 12390-3. Povprečna vrednost izmerjene tlačne trdnosti pri starosti 28 dni, določena na kockah s stranico 150 mm, je znašala 40,8 MPa.

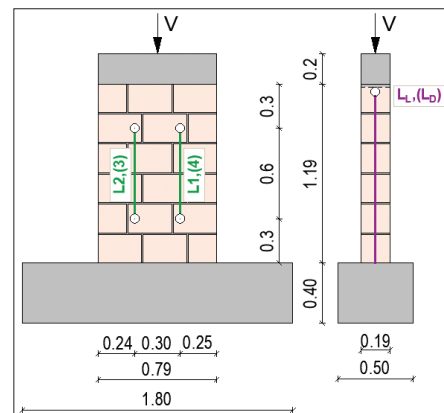
### 2.4 Trdnostne in deformabilnostne lastnosti zidovja

Tlačno trdnost zidovja smo določili na treh preizkušancih dimenzij dolžina/višina/debelina = 79/119/19 cm skladno s standardom EN 1052-1. Povprečna tlačna trdnost zidovja je znašala 3,8 MPa. Shema tipičnega preizkušanca in tlačna porušitev sta prikazani na slikah 2 in 3.

Odnos med napetostmi in deformacijami, ki ga pridobimo s preiskavo tlačne trdnosti zidovja, predstavlja temelj za izvedenotenje modula elastičnosti zidovja. Tega določimo pri 1/3 vrednosti največje izmerjene napetosti v preiskavi in v primeru obravnavanega zidovja v povprečju znaša 4340 MPa. Podrobnejši rezultati preiskav za vse tri vzorce so v preglednici 2.

V skladu s standardom SIST EN 1052-3 smo na vzorcih iz treh zidakov določili začetno strižno trdnost zidovja  $f_{t0}$  in pa trenjski kot  $\alpha$  (slika 4). Omenjeni karakteristiki smo izvedenotili na osnovi rezultatov preiskav, v katerih so bili vzorci obremenjeni s kombinacijo tlačne in strižne obtežbe.

Glede na rezultate testov, kjer je bila porušitev strižnega tipa (8 vzorcev), je znašala začetna strižna trdnost zidovja 0,16 MPa, trenjski kot pa 39,5°, pripadajoči karakteristični vrednosti sta bili 0,13 MPa in 33,4°. Rezultati testiranih vzorcev so prikazani na sliki 5.



Slika 2 • Shema preizkušanca za test tlačne trdnosti zidovja z označenimi merilnimi mesti in vnosom sile (dimenzije so v metrih).



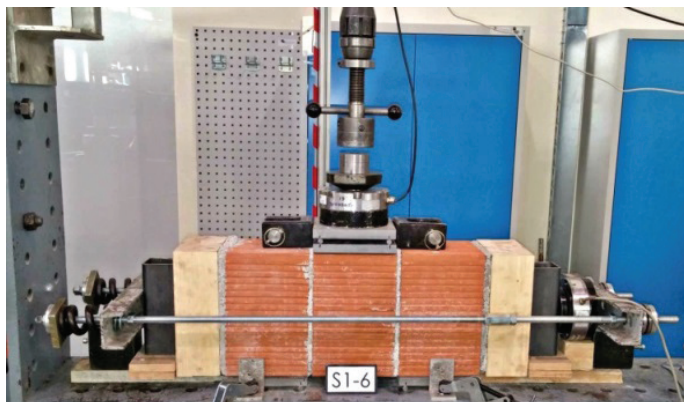
Slika 3 • Tlačna porušitev preizkušanca.

Oznaka	Trdnostna karakteristika	Povprečna starost vzorcev pri preiskavi (dni)	Število vzorcev	Povprečna vrednost (MPa)	Koeficient variacije (%)
$f_{m,kocka,28}$	Tlačna trdnost	28	16	1.8	18
$f_{m,prizma,28}$		28	30	2.0	24
$f_{m,kocka,55}$		55	58	1.8	20
$f_{m,prizma,55}$		55	110	2.4	24
$f_{x1,28}$	Upogibna trdnost	28	15	0.7	21
$f_{x1,55}$		55	55	0.8	21

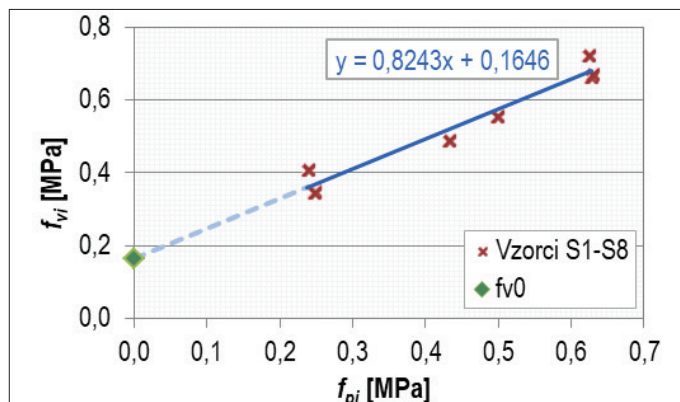
Preglednica 1 • Tlačna in upogibna trdnost malte.

Zid	Tlačna trdnost $f_c$ (MPa)	Elastični modul $E$ (MPa)
C1	3,9	4350
C2	4,1	4180
C3	3,4	4500
Povprečna vrednost	3,8	4340

Preglednica 2 • Rezultati tlačnih preiskav zidovja.



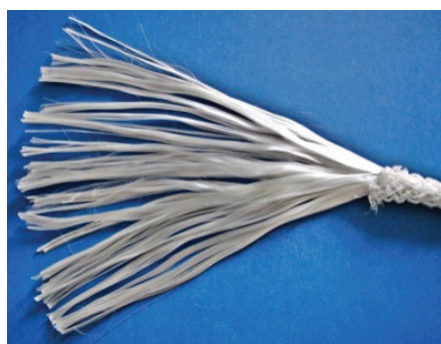
Slika 4 • Preizkuševališče za test začetne strižne trdnosti zidovja.



Slika 5 • Rezultati testov začetne strižne trdnosti zidovja.

## 2.5 Materiali za utrjevanje

Za utrjevanje nearmiranega zidovja smo v eksperimentalni študiji uporabili cementno malto, mreže iz steklenih vlaken in sidra iz steklenih vlaken.



Slika 6 • Mreža iz steklenih vlaken (levo) in sidra iz steklenih vlaken (desno).

Dvosmerne nosilne mreže iz steklenih vlaken (GFRP), zaščitene z alkalno odporno oblogo, imajo okna dimenzij 18/15 mm (slika 6, levo).

Vezivo pri utrjevanju predstavlja (sanacijska) malta, ojačena s steklenimi mikrovlakni. Zanje je značilna nizka vrednost modula elastičnosti,

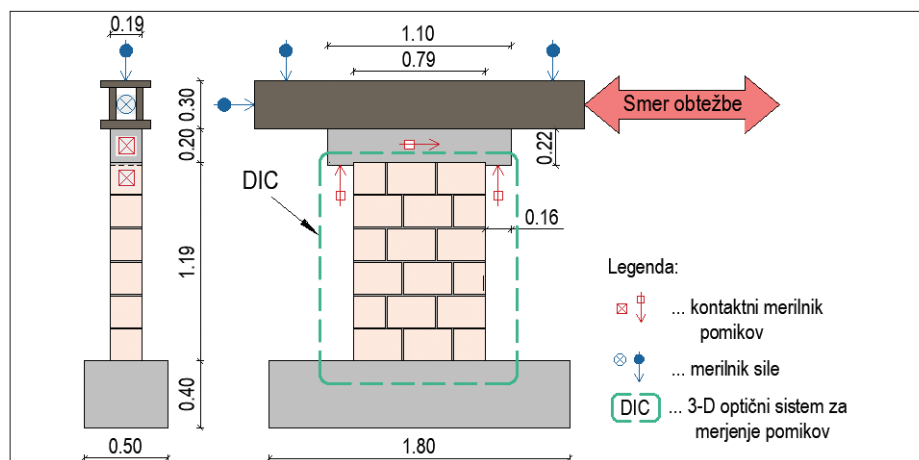
ki je podoben opeki oziroma slabemu betonu. Njena tlačna trdnost, določena skladno s standardom EN 998-2, znaša 27,1 MPa, modul elastičnosti, izrednoten na podlagi standarda EN 13412, pa je 8 GPa. Vrednosti tlačne trdnosti malte, ki je bila preizkušena v laboratoriju pri starosti 109 dni (ob preizkušanju večetažnega vzorca), je na kockah oziroma prizmah znašala 25,2 MPa oziroma 24,0 MPa, medtem ko je upogibna trdnost malte znašala 7,6 MPa.

Sistem utrjevanja dopolnjujejo sidra iz steklenih vlaken (slika 6, desno), ki predstavljajo povezavo med konstrukcijskim in utrjevalnim sklopom. Uporabljajo se za sidranje sanacijskega materiala v obstoječo konstrukcijo (zidovje, beton). Zanje je značilna majhna specifična teža, visoka trajnost in nezahtevna vgradnja. Sidra so vrvi debeline 10 mm, ki so sestavljene iz številnih tanjših vlaken, objetih z mrežico. Natezna trdnost slednjih znaša 2,5 GPa, modul elastičnosti pa 70 GPa.

## 3 • GEOMETRIJA PREIZKUŠANCEV

### 3.1 Zidovi

Zidovi za ciklične strižne preiskave so bili enakih dimenzij kot medokenski slopi v večetažnem preizkušancu za lažjo primerjavo in so znašale 1,19/0,79/0,19 m (višina/dolžina/debelina). Zidovi so bili za lažji transport in sidranje v laboratorijska tla zgrajeni na AB-temeljih. Vodravne in navpične rege so bile zapolnjene z malto debeline približno 1,0 cm. Minimalni preklap med zidaki je znašal 33 % dolžine zidaka. Na vrhu posameznega zidu je bila zgrajena zidna AB-vez, ki je služila enakomerni razporeditvi vertikalne in horizontalne obtežbe na zid. Shema zidu in instrumentacija med preiskavo sta prikazani na sliki 7.



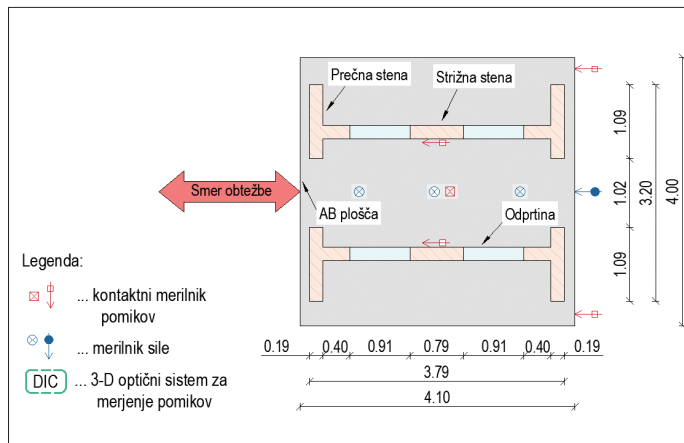
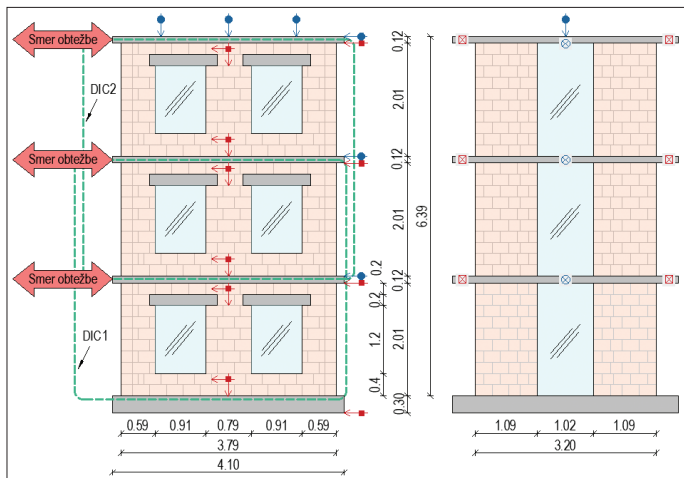
Slika 7 • Zidni preizkušavec in instrumentacija.

### 3.2 Večetažni model

Večetažni model je bil zgrajen na AB-temelju debeline 30 cm, ki je bil pritrjen v toga laboratorijska tla. Sestavljata ga še dve trietažni strižni steni s svetlo etažno višino 2,01 m, ki so ju na obeh koncih z namenom zagotavljanja stabilnosti z-

naj lastne ravnine povezovale štiri prečne stene. Tlorisni dimenziji preizkušanca sta 3,79 in 3,20 m. Debelina vseh zidov znaša 19 cm. Vodoravne in navpične rege debeline 10 mm so bile v celoti zapolnjene z malto. V vsaki od vzdolžnih sten sta bili v posamezni etaži po dve okenski odprtini,

vsaka s površino v velikosti 1,1 m<sup>2</sup>. Horizontalno nosilno konstrukcijo so predstavljale AB-plošče debeline 12 cm, celotna višina zidnega preizkušanca pa je znašala 6,39 m. Shema modela s prikazanimi dimenzijami in instrumentacijo je prikazana na sliki 8.



Slika 8 • Geometrija in instrumentacija večetažnega preizkušanca.

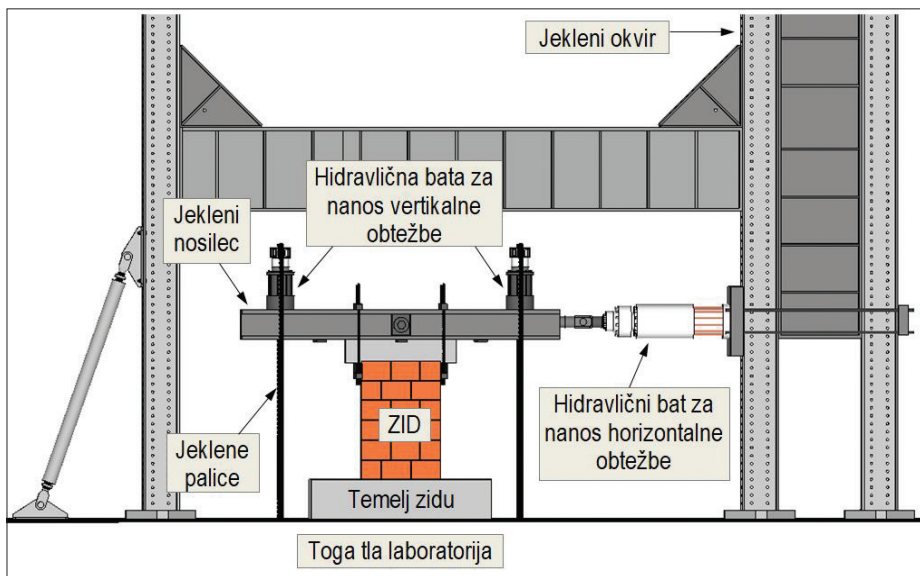
## 4 • POTEK PREISKAV IN INSTRUMENTACIJA

### 4.1 Preizkuševališče

Preizkuševališče za ciklične strižne preiskave zidov je sestavljeno iz togih laboratorijskih tal, na kateri s prednapetimi vijaki togo vpremo temelj zidu ter iz jeklenega okvirja, ki služi kot podpora za bat za vnos vodoravne obtežbe na zid. Na vrhu zidu sta zidna AB-vez in močan jekleni nosilec, preko katerega vnašamo vodoravno in navpično obtežbo. Vnašamo

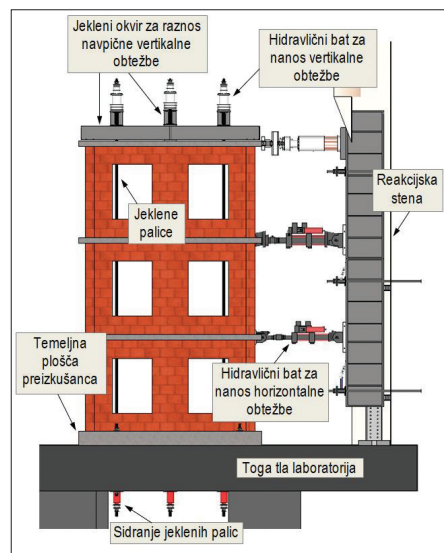
jo z dvema hidravličnima batoma na obeh koncih jeklenega nosilca, ki sta z jeklenimi palicami sidrana v klet. Shema preizkuševališča je na sliki 9.

Temelj večetažne konstrukcije je bil togo vpet v laboratorijska tla, preizkušanec pa je bil sezidan ob masivni reakcijski steni, na kateri so bili pritrjeni hidravlični bati za vnos vodoravne obtežbe. Na vrhu večetažnega pre-



Slika 9 • Pogled na preizkuševališče za ciklične strižne preiskave zidnih slopov.

izkušanca je bila nameščena jeklena okvirna konstrukcija, ki je služila za raznos vertikalne obtežbe. Vertikalno obtežbo na model so povzročali trije hidravlični bati, ki so bili položeni na jekleno konstrukcijo in so bili z jeklenimi palicami sidrani v klet. Preizkuševališče je prikazano na sliki 10.



Slika 10 • Pogled na preizkuševališče za preiskavo trietažnega modela.

### 4.2 Instrumentacija

Med preiskavami smo s kontaktnimi merilnimi pomiki (LVDT) opazovali in merili vodoravne in navpične pomike v različnih točkah, s pomočjo optičnega merilnega 3D-sistema GOM Aramis



pa smo merili polje pomikov po celotni površini vzdolžnih sten oziroma posameznih zidov. Za optimalno delovanje sistema je bila površina vseh preizkušancev na eni strani prepletkana z naključnim pikčastim kontrastnim vzorcem. Na drugi strani je površina preizkušanca prebarvana belo za lažje pregledovanje in označevanje nastalih razpok. Sile smo merili na vsakem od hidravličnih batov.

V primeru večetažnega modela smo kontrolirali tudi zdrs med zidovi in stropnimi ploščami v vsaki etaži na spodnjem in zgornjem stiku ter na obeh strižno obremenjenih stenah. Na etažnih ploščah so bili nameščeni pospeškomeri, s katerimi smo merili lastno nihanje preizkušanca. Za vzbujanje vibracij smo uporabili utež, ki je udarila na zgornjo etažno AB-ploščo.

Merilna mesta zidnih slopov in večetažnega preizkušanca so shematsko prikazana na slikah 7 in 8.

#### 4.3 Potek preiskav

V prvem delu smo najprej opravili ciklične strižne preiskave zidov v njihovem osnovnem

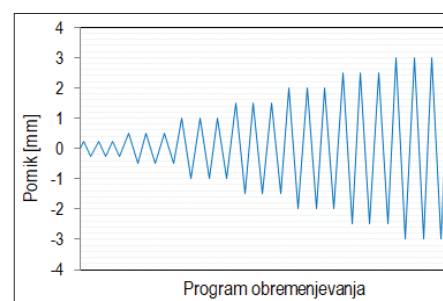
(tj. nepoškodovanem oz. neutrjenem) stanju do porušitve. Zatem smo preizkusili utrjene zidove. Tehnika utrjevanja je podrobneje predstavljena v poglavju 5. Trietažni model smo najprej preizkusili v neutrjenem stanju do poškodb, ki bi jih bilo še smiselno sanirati. Zatem smo model utrdili in ga ponovno preizkusili. Tokrat do porušitve.

Napetostno stanje zaradi lastne teže, ki smo ga simulirali v preiskavah zidov in modela, je ustrezalo napetostnemu stanju v večetažnih zidanih stavbah, ki so značilne za obdobje pred uvedbo prvih jugoslovanskih potresnih predpisov leta 1964. Ocenjena vrednost vertikalnih napetosti v zidovih spodnje etaže takšne stavbe znaša 0,90 MPa. Obtežba je bila ves čas preiskave konstantna.

Delovanje potresa v preiskavah simuliramo z vsiljevanjem vodoravnih pomikov v obliki cikličnega vzorca. Določeno vrednost pomika nanesimo trikrat izmenično v pozitivni in negativni smeri ter postopek ponavljamo z vedno večjimi pomiki vse

do konca preizkusa (slika 11). V primeru preizkusa večetažne konstrukcije na nivoju spodnje etažne plošče vsiljujemo pomike, na nivoju zgornjih dveh etažnih plošč pa v batih vnašamo obtežbo s silami tako, da je porazdelitev sil po višini modela linearna oz. trikotna.

Pri preiskavah zidov so bili na vrhu zidu ves čas preiskave preprečeni zasuki (ob konstantni vertikalni obtežbi).



Slika 11 • Shematični prikaz poteka vsiljenih pomikov ciklične strižne preiskave zidu.

no približno 10 mm. Zatem so bili na zidove položeni trakovi iz steklenih mrež. Načrt postavitve mrež je prikazan v preglednici 3. Kjer je bilo mogoče, smo z mrežami zidove ovili ali pa učinek ovijanja poskusili doseči z dodatnimi sidri. Mreže so bile zatem prekrite z zaključno plastjo malte.

Potek utrjevanja zidnih slopov je bil podoben, le da so bila tokrat sidra z epoksidnim lepilom sidrana spodaj v temelj, zgoraj pa v AB-preklado. Potek utrjevanja posameznega zidu je prikazan na sliki 12.

## 5 • TEHNIKA UTRJEVANJA

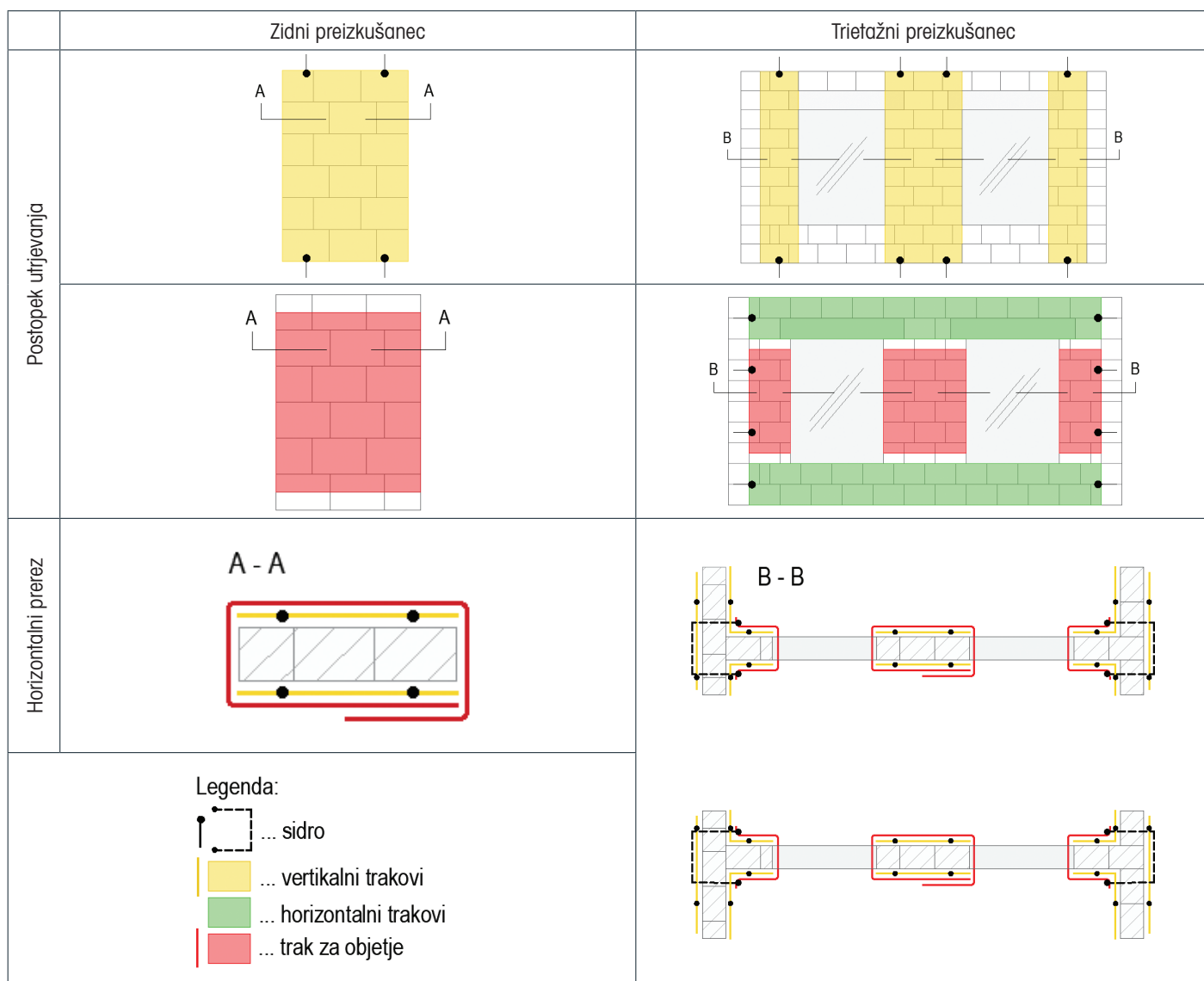
Vsi preizkušanci, tako zidovi kot tudi večetažna konstrukcija, so bili utrjeni na soroden način. Najprej so bila vgrajena sidra dolžine približno 50 cm. Sidra iz steklenih vlaken so služila trem namenom, in sicer za pritrjevanje kompozitne mreže v AB-temelj oziroma AB-ploščo, za povezovanje oblog med dvema etažama ter za sidranje oblog. Povezava med sidri in oblogo je bila zagotovljena

s tem, da so bila sidra razdeljena na več pramen, ki so bila pahljačasto razprostrta v oblogo. Le v primeru sidranja v temeljno ploščo so bila sidra v AB-ploščo prilepljena z epoksidnim lepilom.

V naslednjem koraku smo površine, za katere je bila predvidena utrditev, poškopili z vodo in nanje nanесли malto za utrjevanje z debeli-



Slika 12 • a) Vgradnja sider iz steklenih vlaken; b) nanos malte in razprostiranje sidrskih vlaken; c) nanos plasti malte čez vertikalni trak in izvedba ojetja zidu; d) zidni preizkušalec v utrjenem stanju.



Preglednica 3 • Shematski prikaz utrjevanja posameznega zidu in večetažnega preizkušaneca.

## 6 • REZULTATI CIKLIČNIH STRIŽNIH PREISKAV ZIDOV V OSNOVNEM IN UTRJENEM STANJU

### 6.1 Poškodbe in mehanizem porušitve

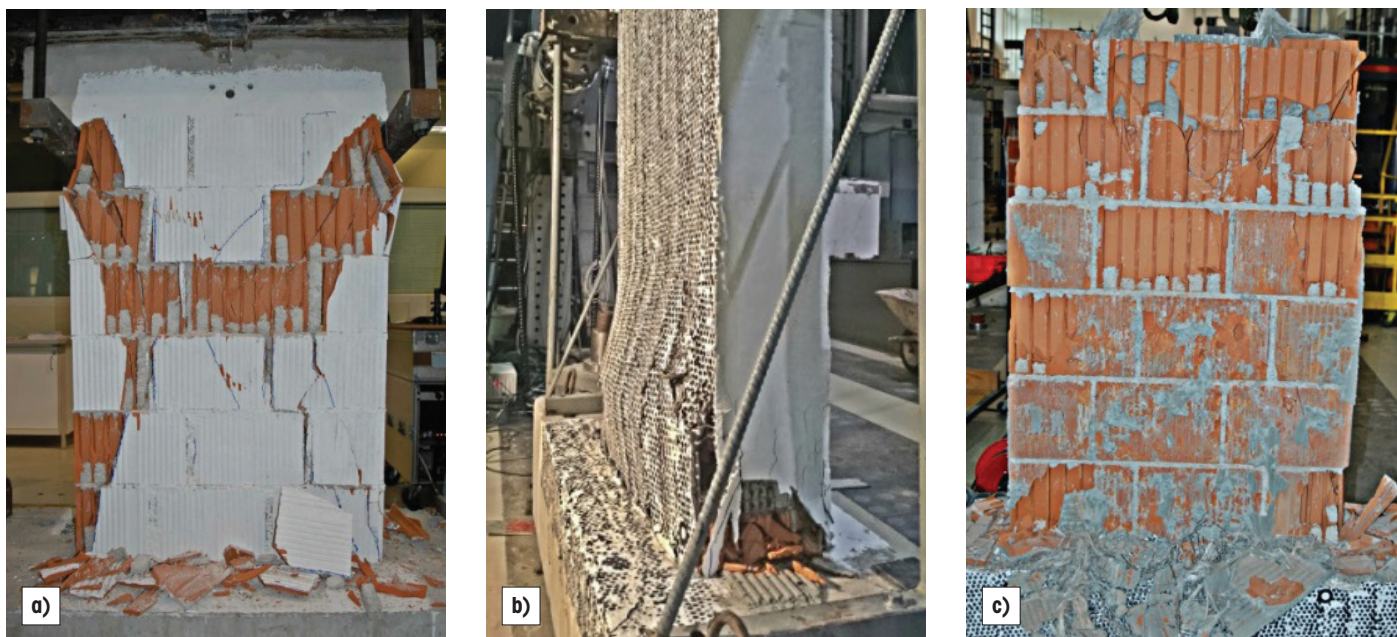
Referenčna (neutrjena) zidova W3 in W4 sta se na potresno obtežbo odzvala strižno. Prve vidne poškodbe so bile diagonalne razpoke, ki so se pojavile pri 0,04-% rotaciji zidu. Zasuk oz. rotacija zidu ( $\Phi$ ) je definirana kot razmerje med horizontalnim pomikom zidu na vrhu zaključne vezi ( $d$ ) in višino zidu ( $h$ ). S povečanjem obtežbe so se širile obstoječe in nastajale nove poševne razpoke, na stikih zidu s temeljem in z AB-preklado pa so se pojavile manjše horizontalne razpoke. Večina razpok je potekala po maltnih stikih, nekaj pa jih je potekalo diagonalno prek

zidakov. Proti koncu testov so se pričele stene zidakov krušiti in odpadati z zidu (slika 13a).

V primeru utrjenih zidov smo pri zasuku 0,04 % opazili horizontalne razpoke na vrhu in na dnu zidu ob stiku z AB-elementoma. Pri zidu W12 so se v nadaljevanju pojavile razpoke v osrednjem delu zidu, medtem ko jih pri zidu W11 nismo zaznali. V nadaljnjih fazah preiskave (in povečevanju zasuka zidu) je začela odstopati obloga na vogalih zidov. Sledilo je slično pokanje v zidu in pojav značilnih poševnih razpok po celotni osrednji površini zidov. Diagonalnim razpokam je

sledil odstop obloge na tem predelu in ob nadaljnjem povečanju obtežbe vertikalne razpoke na obeh stranskih delih zidov. V zadnjih fazah preiskav so se iz zidov trgala in pulila sidrna vlakna, obloge na vrhu oziroma na dnu zidu pa so odstopile in se uklonile (slika 13b). Napredovanje razslojevanja obloge in povečevanje poškodb v zidovju sta privedla do izgube sposobnosti zidu za prenašanje vertikalnih obremenitev oz. porušitve.

Treba je poudariti, da so poškodbe v primeru utrjenih zidov nastale za oblogo in jih med preiskavo nismo videli. Na podlagi meritev polja deformacij z optičnim sistemom smo lahko sklepali o razvoju in vzorcu poškodb pod oblogo. Dejanske poškodbe zidu smo si lahko ogledali šele, ko smo po preiskavi odstranili oblogo (slika 13c).



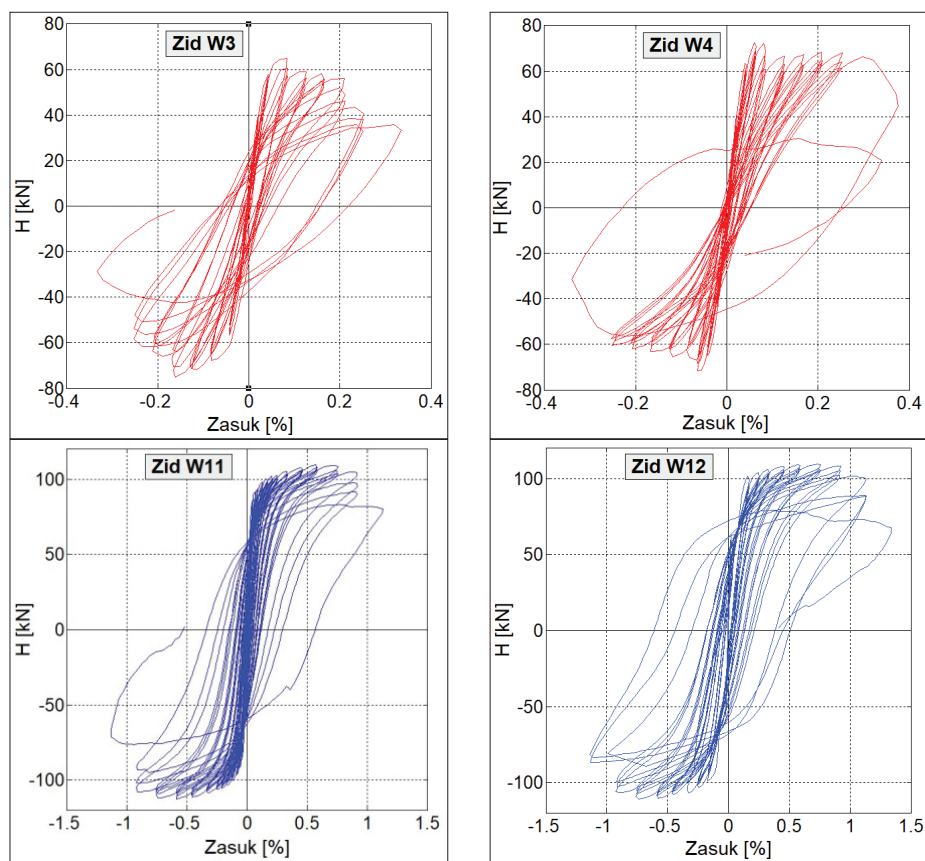
Slika 13 • a) Zid W4 po koncu preiskave; b) razslojevanje in uklon obloge zidu W12; c) poškodbe zidu pod oblogo (po odstranitvi obloge).

## 6.2 Strižna odpornost in sposobnost deformiranja

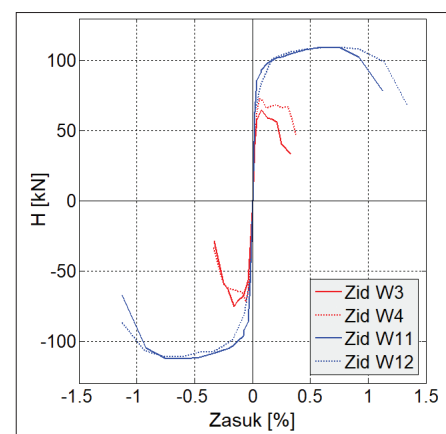
Ekperimentalno dobljene histerezne odvisnosti med vodoravno obtežbo  $H$  in zasukom

$\Phi$  so za referenčna in utrjena zidova prikazane na sliki 14. Primerjava strižne odpornosti

in deformacijske kapacitete je razvidna iz ovojnic obravnavanih zidov na sliki 15.



Slika 14 • Histerezne krivulje odvisnosti med strižno odpornostjo in zasukom za referenčna (W3 in W4) ter utrjena zidova (W11 in W12).



Slika 15 • Histerezne ovojnice odvisnosti med strižno odpornostjo in zasukom za referenčna (W3 in W4) ter utrjena zidova (W11 in W12).

Potresni odziv zidov v smislu odpornosti  $H$ , pomika  $d$  in zasuka  $\Phi$  smo izvednotili pri treh značilnih mejnih stanjih (MS), ki smo jih definirali takole:

- mejno stanje nastanka razpok, pri katerem je dosežena meja elastičnosti, oz. ob pojavu prvih vidnih razpok;
- mejno stanje maksimalne odpornosti, pri katerem je dosežena maksimalna odpornost preizkušanca;
- mejno stanje blizu porušitve oz. ob zaključku preiskave.

Rezultati omenjenih količin pri opisanih mejnih stanjih in učinek utrjevanja so prikazani v preglednicah 4 in 5. Vrednosti kažejo, da sta se z utrjevanjem zidov odpornost pri nastanku prvih razpok in maksimalna strižna odpornost povečali za več kot 50 %.

Deformacijska kapaciteta v smislu največjega doseženega pomika se je z utrjevanjem potrojila, prav tako se je znatno povečala vrednost pomika, pri katerem je bila dosežena maksimalna odpornost zidov – faktor povečave je v povprečju znašal 7. Efektivna togost vzorcev se je z utrjevanjem povečala približno za tretjino.

Zid	MS nastanka razpok			MS maksimalne odpornosti			MS blizu porušitve		
	$H_e$ (kN)	$d_e$ (mm)	$\theta_e$ (%)	$H_{max}$ (kN)	$d_{max}$ (mm)	$\theta_{max}$ (%)	$H_{poruš}$ (kN)	$d_{poruš}$ (mm)	$\theta_{poruš}$ (%)
W3	57,24	0,50	0,04	70,05	1,46	0,12	31,04	3,97	0,33
W4	64,15	0,49	0,04	72,61	0,72	0,06	40,29	4,25	0,36
W11	85,95	0,50	0,04	111,08	7,00	0,59	72,72	13,47	1,13
W12	119,36	0,75	0,06	110,33	9,03	0,76	77,26	14,72	1,24

Preglednica 4 • Rezultati preiskav: odpornost  $H$ , pomiki  $d$  in zasuki  $\Phi$  pri izbranih mejnih stanjih.

Zid	Efektivna togost		Odpornost		Mejni pomik	
	$K_e$ (kN/mm)	$U/R$	$H_{max}$ (kN)	$U/R$	$d_u$ (mm)	$U/R$
W3	114,2	1,36	70,05	1,55	3,79	3,51
W4	129,7		72,61		4,25	
W11	171,2		111,08		13,47	
W12	159,5		110,33		14,72	

Preglednica 5 • Učinek utrjevanja (U = utrjeni, R = referenčni).

## 7 • REZULTATI PREISKAV VEČETAŽNEGA MODELA V OSNOVNEM IN UTRJENEM STANJU

### 7.1 Poškodbe in mehanizem porušitve

Prve vidne poškodbe po začetku preiskave so bile diagonalne razpoke, ki so se pojavile simetrično na obeh vzdolžnih stenah in v vseh zidnih slopih prve in druge etaže. Nastale so pri zasuku prve etaže v vrednosti 0,10 % (etažnem zamiku 2 mm) in so občutno spremenile togost prve etaže preizkušanca. V tej fazi je zgornja (tretja) etaža ostala nepoškodovana.

Z naraščanjem horizontalne obtežbe so se diagonalne razpoke širile in bilo jih je vedno več. Večinoma so potekale po vertikalnih in horizontalnih regah. Pri zasuku prve etaže za 0,20 % je bila dosežena maksimalna odpornost spodnje etaže in celotnega preizkušanca. Strižna odpornost modela je znašala 285 kN. V nadaljevanju so se poškodbe pričele izrazito koncentrirati v spodnji etaži, ob tem pa sta se višji etaži razbremenili in tam ni bilo novih poškodb. Preiskavo osnovnega preizkušanca smo prekinili pri 0,24-% zasuku prve etaže. Detajlni pregled modela po koncu preiskave je pokazal, da so v spodnji in srednji etaži nastale strižne diagonalne razpoke, v

srednji etaži pa so se pojavile tudi manjše razpoke v parapetih. Prečne stene preizkušanca in celotna zgornja etaža so ostale v celoti nepoškodovane (oz. v elastičnem območju). Vrtenja zidov ni bilo in posledično ni bilo niti horizontalnih razpok v vogalih zidnih slopov.

Po prekinitvi testa smo preizkušanece utrdili po postopku, opisanem v poglavju 5. Med preiskavo so se prve vidne razpoke pojavile pri isti stopnji potresne obtežbe kot v primeru osnovnega preizkušanca, tj. v fazi, ko je zasuk prve etaže znašal 0,10 %. Nastale so drobne diagonalne razpoke v zidnih slopih spodnje etaže ter manjše razpoke na stikih zidnih slopov in okenskih odprtih vseh etaž. V nadaljevanju so skladno s povečano potresno obtežbo nastajale nove diagonalno orientirane razpoke tudi v drugi etaži, medtem ko je bila zgornja etaža še vedno nepoškodovana. Pri zasuku spodnje etaže za 0,18 % so nastale vertikalne razpoke na stikih vzdolžnih in prečnih sten. Nadaljnje povečevanje horizontalnih pomikov je povzročilo nastanek horizontalnih razpok na stikih sten prve etaže in AB-plošče nad njimi.

Pri zasuku prve etaže za 0,44 % so nastale razpoke na robovih kompozitnih polimernih oblog. Na stikih prečnih in strižnih sten so nastale vertikalne razpoke. S povečevanjem obtežbe so se vse razpoke širile, nastale so nove poškodbe nad okenskimi odprtinami prve etaže in pod njimi, prav tako so bile v tej etaži opažene razpoke na mestu sidranja vertikalnega kompozitnega traku v zgornjo ploščo. Kljub raznolikim poškodbam so med celotno preiskavo prevladovali diagonalne strižne razpoke v medokenskih slopih.

Maksimalna odpornost (412 kN) je bila dosežena pri 0,60 % zasuku spodnje etaže. V tej fazi je prišlo do razslojevanja kompozitne obloge (odstopanje obloge od zidu) v slopih spodnje etaže. Preiskavo smo zaradi nevarnosti porušitve celotnega preizkušanca prekinili, ko je zasuk spodnje etaže znašal 1,39 %. V tej fazi sta bila medokenska zidna slopa prve etaže preprejena z diagonalnimi razpokami, medtem ko je bil obseg takšnih poškodb v drugi etaži znatno manjši. Zgornja etaža praktično ni bila poškodovana, opažene so bile le manjše razpoke v vogalih okenskih odprtih.

Med obema preiskavama večetažnega preizkušanca smo označevali vidne razpoke in opravljali meritve optičnega sistema za merjenje deformacij. V preglednici 6 je prikaza-

na primerjava markiranih razpok in posnetih največjih izmerjenih deformacij pri fazah, v katerih je bila dosežena maksimalna odpornost preizkušancev. Lokacije razpok se ujemajo z mesti, kjer so bile glavne deformacije največje.

Opazimo, da je sila v spodnji etaži utrjenega preizkušanca pri mejnem stanju razpok že presegla horizontalno odpornost osnovnega preizkušanca. Utrjevanje je povečalo tudi maksimalno odpornost etaž utrjenega preizkušanca, ki

etaže. V drugi etaži je poškodb že bistveno manj, medtem ko je odziv zgornje etaže praktično elastičen.

	Osnovni preizkušavec $\Phi = 0,20 \%$	Utrjeni preizkušavec $\Phi = 0,60 \%$
Razpoke na srednjem zidnem stolu spodnje etaže		
Potek glavnih deformacij		

Preglednica 6 • Poškodbe medokenskega zidnega stola in rezultati optičnih meritev osnovnega in utrjenega preizkušanca v fazah, v katerih je prišlo do dosega maksimalne odpornosti posameznega preizkušanca (oznaka  $\Phi$  predstavlja zasuk spodnje etaže).

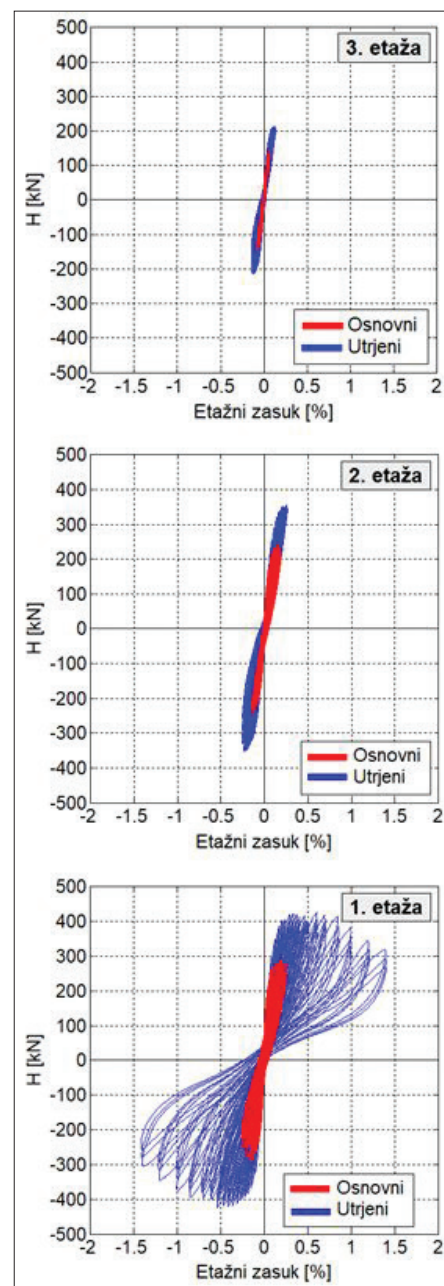
## 7.2 Strižna odpornost in sposobnost deformiranja

Histerezne krivulje v obliki horizontalna sila ( $H$ ) – etažni zasuk ( $\Phi$ ) po posameznih etažah so za oba preizkušanca prikazane na sliki 16. Z rdečo barvo je prikazan odziv osnovnega modela, z modro pa utrjenega.

Za primerjavo potresnega odziva osnovnega in utrjenega preizkušanca smo definirali tri značilna mejna stanja, ki so bila določena analogno, kot za zidove. Prikazana so v preglednici 7.

se je v vseh etažah povečala za 45 %. Pomik pri maksimalni odpornosti utrjene konstrukcije je bil 3-krat večji kot pri neutrjeni konstrukciji.

Histerezne zanke kažejo, da so poškodbe in disipacija energije skoncentrirane v spodnji etaži. Vse do dosežene maksimalne odpornosti preizkušanca je bil stik med zidovjem in kompozitno oblogo popoln. Zatem sta sledili razslojevanje obloge in zidu ter širjenje razpok, ki je zmanjšalo horizontalno odpornost v spodnji etaži. Obnašanje utrjene konstrukcije ni bilo krhko, kar potrjujejo histerezne zanke prve



Slika 16 • Histerezne krivulje odvisnosti med strižno odpornostjo in zasukom po posameznih etažah za osnovni in utrjeni preizkušavec.

Začetna togost preizkušanca se je z utrjevanjem povečala manj (+12 %) kot v primeru referenčnih zidov (+36 %). Razlog za relativno manjše izboljšanje je verjetno to, da je bil model pred utrjevanjem že poškodovan, medtem ko so bili posamezni zidovi utrjeni v nepoškodovanem stanju.

Etaža	Preizkušanelec	MS nastanka razpok						MS maksimalne odpornosti				MS blizu porušitve	
		$H_e$	U/O	$\Phi_e$	U/O	$K_e$	U/O	$H_{max}$	U/O	$\Phi_{max}$	U/O	$H_u$	$\Phi_u$
		(kN)	(/)	(%)	(/)	(kN/mm)	(/)	(kN)	(/)	(%)	(/)	(kN)	(%)
3	U	151	1,13	0,05	0,83	150,2	1,35	206	1,45	0,12	1,50	151	0,11
	O	134		0,06		111,1		142		0,08		-	-
2	U	251	1,13	0,08	0,80	156,1	1,41	344	1,45	0,24	1,60	351	0,23
	O	223		0,10		110,9		237		0,15		-	-
1	U	300	1,12	0,10	1,00	149,3	1,12	412	1,45	0,60	3,00	301	1,39
	O	268		0,10		133,3		285		0,20		-	-

Preglednica 7 • Rezultati preiskav za osnovni in utrjeni večetažni preizkušanelec: odpornost  $H$ , pomiki  $d$  in zasuki  $\Phi$  pri izbranih mejnih stanjih ter učinek utrjevanja (oznaka »O« pomeni osnovni, »U« pa utrjeni preizkušanelec).

## 8 • SKLEPI

V prispevku smo raziskovali potresno obnašanje večetažne zidane konstrukcije in učinkovitost protipotresnega utrjevanja takšnih konstrukcij z oblogami iz malte, ki je armirana z mrežicami iz steklenih vlaken (GFRP). V prvem delu smo opravili ciklične strižne preiskave neutrjenih in utrjenih zidov, v nadaljevanju pa smo preizkusili neutrjeni in utrjeni večetažni model v naravni velikosti. Model večetažne konstrukcije smo najprej preiskali do večjih poškodb, zatem smo ga utrdili in ponovno preizkusili praktično vse do njegove porušitve.

Način utrditve je temeljil na ovijanju zidov, kjer je bilo to mogoče, oziroma uporabi sider in

trakov za zagotavljanje ovijanju podobnega učinka in izboljšanja stika med oblogo in zidom.

Poškodbe med preiskavo in rezultati optičnega sistema so pokazali, da je v vseh primerih prevladoval strižni odziv modelov z diagonalnimi razpokami. Drugih pojavov, kot sta vrtenje zidovja ali drobljenje vogalov, nismo opazili. Porušni mehanizem je bil v vseh primerih strižni z diagonalnimi razpokami.

Preiskave posameznih zidov kot tudi večetažnega modela so pokazale, da je z utrjevanjem mogoče občutno izboljšati potresno obnašanje zidovja iz modularnih zidakov in šibke malte. V vseh primerih se

je maksimalna odpornost preizkušanca z utrjevanjem povečala za približno 50 %, prav tako je bilo opazno znatno izboljšanje deformacijske kapacitete – mejni pomik se je v vseh primerih potrojil. Obnašanje referenčnih preizkušancev je bilo relativno krhko, medtem ko se je z utrjevanjem bistveno povečala njihova duktilnost.

Kljub ovijanju in drugim ukrepom sta bila ključna mehanizma razpadanja utrjenih zidov še vedno razslojevanje in uklon obloge. Da bi preprečili hipen upad odpornosti in togosti v fazi rušenja konstrukcije, je zelo pomembno zasnovati pravilne detajle sidranja in ovijanja, ki povzročijo bolj postopno razslojevanje med oblogo in zidom. To lahko dosežemo z ustreznimi izbiri materialov za utrjevanje ter gostote in mest vgradnje sider.

## 9 • ZAHVALA

Raziskava je nastala v okviru raziskovalnih projektov J2-6749 in ARRS-MR-496, ki ju je

financirala Agencija Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost (ARRS).

## 10 • LITERATURA

- Calvi, G. M., Kingsley, G. R., Magenes, G., Testing masonry structures for seismic assessment, *Earthquake spectra* 12, 1: 145–162, 1996.
- Gams, M., Kwiecień, A., Zajac, B., Tomažević, M., Seismic strengthening of brick masonry walls with flexible polymer coating, *Proceedings of the 9th International Masonry Conference*, 7-9 July 2014, Guimarães, Portugal, 2014.
- Heerema, P., Shedid, M., El-Dakhkhni, W., Seismic response analysis of a reinforced masonry asymmetric building, *Journal of Structural Engineering*, 2014.
- Hollaway, L. C., Leeming, M., *Strengthening of reinforced concrete structures*, Woodhead Publishing, 1999.
- Leiva, G. H., *Seismic resistance of two-storey masonry walls with openings*, PhD Dissertation, University of Texas, Austin, Texas, 1991.
- Lutman, M. Seismic resistance assessment of heritage masonry buildings in Ljubljana, *International Journal of Architectural Heritage*, 4(3), 198–221, 2010.

- Paparo, A., Beyer, K., Seismic behaviour of mixed RC URM wall structures: comparison between numerical results and experimental evidence, Vienna congress on recent advances in earthquake engineering and structural dynamics, 2013.
- Mayes, R.L., Clough, R.W., State-of-the-art in seismic shear strength of masonry – an evaluation and review, Berkley, University of California, Earthquake engineering research center, 1975.
- Schwegler, G., Masonry construction strengthened with fiber composites in seismically endangered zones, Proceedings of the 10th European conference on earthquake engineering, Dunaj, 1994.
- SIST EN 1015-11:2001. Metode preskušanja zidarских malt – 11. del: Določevanje upogibne in tlačne trdnosti strjene malte, Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo, 2001.
- SIST EN 1052-1:1999: Metode preskušanja za zidovje - 1. del: Ugotavljanje tlačne trdnosti, Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo, 1999.
- SIST EN 1052-3:2004. Metode preskušanja zidovine – 3. del: Določevanje začetne strižne trdnosti, Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo, 2004.
- SIST EN 12390-3:2009. Preskušanje strjenega betona – 3. del: Tlačna trdnost preskušancev, Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo, 2009.
- SIST EN 13412:2006. Proizvodi in sistemi za zaščito in popravilo betonskih konstrukcij, Preskusne metode, Ugotavljanje modula elastičnosti pri tlačni obremenitvi, Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo, 2006.
- SIST EN 1996-1-1: 2006, Evrokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila za armirano in nearmirano zidovje, Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo, 2006.
- SIST EN 1998-1: 2005, Evrokod 8, Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1. del, Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, 2005.
- SIST EN 771-1: 2011+A1:2015, Specifikacija za zidake – 1. del: Opečni zidaki, Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo, 2011.
- Tomažević, M., Nekaj premislekov o laboratorijskih preiskavah obnašanja zidov in zidanih konstrukcij pri potresni obtežbi, Gradbeni vestnik, 65, 9, 2016.
- Triantafillou, T. C., Fardis, M. N., Strengthening of historic masonry structures with composite materials, Materials and Structures 30, 486–496, 1997.
- Van Vliet, M. R. A., TNO report CI-R0171: Shear tests on masonry panels; Literature survey and proposal for experiments. ESECMaSE project, 2004, [esecmase.com/doc/deliverables\\_public/D\\_6.1\\_TNO.pdf](http://esecmase.com/doc/deliverables_public/D_6.1_TNO.pdf), pridobljeno 25. 8. 2015.

# POSVET O REKONSTRUKCIJAH OBJEKTOV Z VIDIKA MEHANSKE ODPORNOSTI IN STABILNOSTI

Posvet je bil 29. januarja 2018 na IZS. Začel se je ob 9. uri. Udeležilo se ga je 76 strokovnjakov iz projektivnih podjetij, z univerz v Ljubljani in Mariboru, iz raziskovalnih organizacij, ministrstva za okolje in prostor ter občin. Manjkalo je več predstavnikov izvajalcev rekonstrukcij in večjih javnih investitorjev. Posvet je vodil **Dejan Prebil**, vodja delovne skupine za pripravo smernice za rekonstrukcije objektov z vidika mehanske odpornosti in stabilnosti pri MSG. Delovno skupino sestavljajo še **dr. Leon Hladnik**, **izr. prof. dr. Janko Logar**, **doc. dr. Jože Lopatič**, **dr. Jaka Zevnik** in **dr. Viktor Markelj**.

Udeležence je na začetku posveta nagovoril **dr. Samo Peter Medved**, predsednik UO MSG:

*Spoštovani kolegice in kolegi, cenjeni predavatelji. Najprej bi se vam rad zahvalil za množično udeležbo, ki je celo tolikšna, da smo morali več kot 40 prijavljenih zavrniti. Torej sta tematika in program še kako aktualna. V zadnjem času, ko gradbeništvo počasi, a vztrajno okreva, je ponovno zaznati vse večji interes za stroko. Vsa pohvala in zasluge gredo g. Prebilu, članu naše MS, ki je s svojim predlogom in vztrajnostjo, izbiro tematike in mobiliziranja strokovnjakov, ki so pomagali organizirati to posvetovanje, prvi zaslužen, da je do posvetovanja prišlo. Hvala tudi predstavnikom ministrstva za podporo in prisotnost.*

*Sprejet je trojček nove gradbene zakonodaje, ki stopi v veljavo 1. junija letos, ki je dodobra aktiviral, pa tudi postavil pred negotovost delovanje področja graditve v prihodnje. Člani IZS in ZAPS so lahko upravičeno zaskrbljeni, saj sprejeta zakonodaja še ni garant za razvoj stroke. Ustrezna zakonodaja je le z ustreznimi podzakonskimi akti in pravilno razlago in izvajanjem pogoj za ustrezen razvoj stroke.*

*Nova gradbena zakonodaja je inovativna v tem pogledu, da pristojnim zbornicam in njenim članom daje možnost in priložnost za ureditev strokovnih pravil, saj jih država ne zna in ne želi urediti. Kljub vsemu pa lahko do nje pridemo le ob usklajenem delovanju s pristojnimi ministrstvi*

*in ustreznimi podzakonskimi rešitvami. Ob tem se je treba zavedati, da primerna regulacija našega strokovnega področja neposredno vpliva na doseganje varnega grajenega okolja.*

*Mehanska odpornost in stabilnost, prva in najpomembnejša bistvena zahteva objektov, je bila zadnja leta žal močno zapostavljena. V zadnjem času se je iz spremembe v spremembo zakonodaje in podzakonskih aktov bolj in bolj degradirala. Tako je npr. iz zakonodaje izpadla revizija projektne dokumentacije, meje razredov zahtevnosti objektov pa so padle na nerazumno nizko raven in posledično s tem še znižale zahtevano strokovnost udeležencev pri gradnji.*

*Zaradi neustreznih določil zakona in podzakonskih aktov se je razmahnilo celo izigravanje zakonodaje, kjer so izjave o mehanski odpornosti in stabilnosti podpisovali za to nekompetentni strokovnjaki. Glede na to, da se dokumentacija za izvedbo zaradi slabe zakonske ureditve in pomanjkanja inšpekcijskega nadzora pri nekaterih kategorijah objektov v zadnjem času sploh ni izdelovala, je stvar prišla tako daleč, da zelo težko sploh še govorimo o varni gradnji, še posebej o potresno varni gradnji. Tak primer so zagotovo enostanovanjski objekti pa tudi nekateri zahtevnejši objekti.*

*Čeprav z novo zakonodajo ne moremo biti povsem zadovoljni, pa vendar ta prinaša odpravo nekaterih anomalij dosedanje. Po eni strani smo lahko zaskrbljeni, ker nova zakonodaja ni znova uvedla revizijskih pregledov vsaj na področju, ki neposredno vpliva na preživetje ljudi v primeru izrednih dogodkov, po drugi pa upamo, da bo napredek pri dvigu kvalitete našega dela prinesla možnost strokovnega nadzora IZS nad svojimi člani. To priložnost znotraj IZS moramo izkoristiti in zagotoviti dvig strokovnosti, kakovost projektne dokumentacije in gradnje.*

*V primeru potresno varne gradnje žal trg sam od sebe nestrokovnih pooblaščenih*

*inženirjev in arhitektov ne more pravočasno izločiti, saj se njihove napake razkrijejo šele ob nastanku katastrofe v obliki močnejšega potresa. Žal (ali pa k sreči) so rušilni potresi dovolj redki, da se družba ne zaveda več tveganja, ki ga to s seboj prinaša. Tako stanje pa hkrati uničuje tudi stroko, saj se s tem ustvarja negativna selekcija. Stroki je ureditev področja v velikem interesu, vendar brez ustrezne zakonodaje na področju mehanske odpornosti in stabilnosti nima potrebnega orodja za spremembe.*

*Nadalje težko razumemo tudi, da je zakon predvidel legalizacijo objektov kar brez preverbe mehanske odpornosti in stabilnosti. O zadostitvi pogojev varnosti objekta bodo očitno zopet lahko odločali kar tisti, ki za to nimajo ustreznih znanj, in še to preko palca. Žal ima za zakonodajalce umestitev objektov v prostor največkrat prednost pred njihovo varnostjo, kar je s stališča civilizacijskega napredka naše družbe povsem nesprejemljivo. Upamo, da bo take in podobne anomalije še mogoče omiliti v Pravilniku o projektni dokumentaciji in da bodo ob tem dobili ustrezno veljavo tudi argumenti naše stroke in se pri tem ne bodo zopet porazgubili med drugimi, v primerjavi z varnostjo objektov mnogo manj pomembnimi pričakovanji.*

*Pomembna bo tudi uredba o zahtevnosti objektov, ki bo močno vplivala na nivo obdelave in strokovnost udeležencev pri gradnji, s tem pa neposredno na nivo varnosti nekaterih objektov. Uredba bo podrobneje urejala tudi vzdrževalna dela na objektih, ki bi se morala ustrezno omejiti, da se s tem prepreči nestrokovno poseganje v konstrukcije, kar lahko neposredno ogrozi varnost objekta. Predvsem pri t. i. energetskih obnovah žal zamujamo priložnost za celovito rekonstrukcijo objektov, pri tem pa za novo fasado skrivamo nevarne pomanjkljivosti objektov.*

*V novem Gradbenem zakonu lahko pozdravimo rešitev, ki pri gradnji novih objektov zagotavlja izdelavo PZI-dokumentacije, saj jo bo pred prijavo gradnje*



treba predložiti pristojnemu upravnemu organu za gradbene zadeve.

To velja tudi za rekonstrukcije, o katerih se pogovarjamo danes. Na tem področju bo treba rešiti še kar nekaj dilem, kar bomo videli tudi v današnjih prispevkih. Upam, da bomo dosegli, da se nekatere dileme v zvezi s to problematiko rešijo že v pravilniku o projektni dokumentaciji, npr. obvezna vključitev pooblaščenih inženirjev s področja gradbeništva, ki so edini kompetentni za preverbo mehanske odpornosti in stabilnosti objektov, in podajanje vseh odločitev s področja zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti.

Strokovne dileme, ki jih lahko reši stroka sama, pa bo treba podrobneje urejati v smernicah, navodilih stroke, morda tudi v priročnikih. Matična sekcija gradbenih inženirjev bo zagotavljala izvedbo ustreznih aktivnosti.

Še enkrat bi se zahvalil delovni skupini za rekonstrukcije objektov, saj je bilo vloženega precej volonterskega dela za pripravo tega posveta, ter se še enkrat zahvalil vsem predavateljem, ki so pripravljali sodelovati na dogodku.

Vse sodelujoče bi rad pozval h konstruktivni debati in razpravi po predavanjih in nadaljnjemu vključevanju v urejanje problematike ter jim zaželel uspešno posvetovanje.

Nato je **Dejan Prebil** predstavil problematiko rekonstrukcij in motive za boljšo ureditev področja rekonstrukcij. Med motivi je naštel zagotovitev mehanske odpornosti in stabilnosti objektov, zaščito pravne varnosti projektantov, zagotovitev strokovnosti in omejevanje nelojalne konkurence ter ustrezno vrednotenje dela. Opozoril je na nekaj nejasnosti v Gradbenem zakonu z upanjem, da se bodo te lahko še zadovoljivo uredile v podzakonskih aktih, ki so še v pripravi. Pri definiciji rekonstrukcije v Gradbenem zakonu je opozoril na precej splošen zapis, kjer bo treba za uporabnost v praksi bolje pojasniti kar nekaj pojmov, nadalje pa je izpostavil tudi neustreznost določbe, ki predvideva potrditev izjave o izpolnjevanju bistvenih zahtev le s strani projektanta in vodje projekta, ne pa podpisov pooblaščenih inženirjev posameznih strok. Za problematično je omenil tudi določbo, ki dopušča neizpolnjevanje bistvenih zahtev, če bi izpolnjevanje bilo povezano z nesorazmernimi stroški. Ker

obseg sorazmernih stroškov ni določen, se lahko zgodi, da bo za investitorje vsak strošek nesorazmerno, s tem pa bo odpadel velik del motivacije za ustrezno ojačitev sicer nevarnih objektov in povečanje varnosti grajenega okolja na splošno. Pri določbah o objektnih kulturne dediščine je nejasen pomen termina »neposredna ogroženost«. Pri vzdrževanju je problematično, da ni omejen obseg zamenjave posameznih dotrajanih konstrukcijskih in drugih elementov ter vrsta in velikost inštalacijskih prebojev. To je sporno zato, ker za

Za urejanje problematike mehanske odpornosti in stabilnosti bo pomembna tudi prenova predpisa o zahtevnosti objektov. Premisliti bi bilo treba tudi, ali ne bi bilo primerno posodobiti Pravilnika o tehničnih normativih za sanacijo, ojačitev in rekonstrukcijo objektov visoke gradnje, ki jih je poškodoval potres, ter za rekonstrukcijo in revitalizacijo objektov visoke gradnje iz leta 1985, ki je bil razveljavljen leta 2005. Predavanje je zaključil s komentarjem slike neustreznega posega v nosilno konstrukcijo večnadstropnega objekta (slika 1).

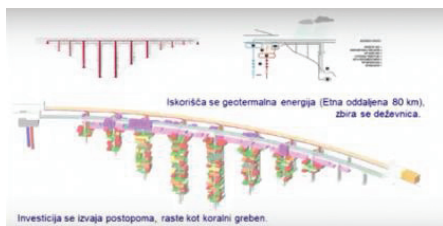


Slika 1 • Primer neustreznega posega v nosilno konstrukcijo večnadstropnega objekta v eni od spodnjih etaž.

vzdrževanje ni potrebno nobeno dovoljenje niti prijava začetka del, s tem pa ni zagotovljena vključitev ustreznih strokovnjakov, ki bi preverili primernost takih posegov s stališča zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti. Problematične so tudi spremembe namembnosti, ki jih novi Gradbeni zakon v nekaterih primerih dopušča brez gradbenega dovoljenja, čeprav se pri tem lahko poveča ali neugodno spreminja predvidena obtežba. Menil je, da je pri vseh rekonstrukcijah kot tudi pri vseh drugih posegih, ki lahko vplivajo na mehansko odpornost in stabilnost objektov, v podzakonskih predpisih treba zagotoviti obvezno sodelovanje pooblaščenega gradbenega inženirja, ki je edini kompetenten za dokazovanje mehanske odpornosti in stabilnosti objektov, ter ovrednotenje vpliva nekega posega na zagotavljanje te bistvene zahteve.

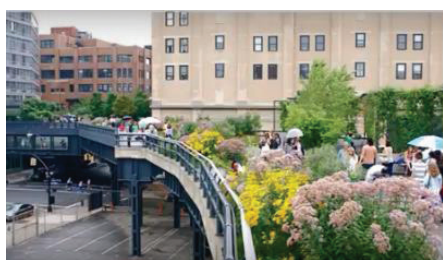
O rekonstrukcijah kot sestavnem delu vzdržljivosti je predaval **doc. dr. Milan Kuhta**. Za uvod je pokazal, da se med gradbenimi materiali porabi največ betona, in zato predlagal, da se v predvidenih smernicah o rekonstrukcijah betonu posveti primerna pozornost. Ker se nam v prihodnosti obetajo številne spremembe, se rekonstrukcijam ne bo mogoče izogniti. Pomembne so spremembe sistema, rast prebivalstva in demografske spremembe. Tako kot v drugih dejavnostih se bo tudi v gradbeništvu morala uveljaviti digitalizacija in avtomatizacija. Na spremembe bo vplivala tudi koncentracija prebivalcev v mestih in s tem povečano število prebivalcev visokih objektov. Vzporedno z rastjo prebivalcev se večja poraba energije na prebivalca. Z rekonstrukcijami lahko zmanjšamo porabo energije. Prikazal je nekaj primerov zanimivih rekonstrukcij: pred-

videno rekonstrukcijo avtocestnega viadukta v sezonska stanovanja v Kalabriji (slika 2);



Slika 2 • Predvidena rekonstrukcija avtocestnega viadukta v sezonska stanovanja v Kalabriji.

rekonstrukcijo stare mestne železnice v New Yorku v mestni park (slika 3) in rekonstrukcijo



Slika 3 • Rekonstrukcija železnice v mestni park v New Yorku.

skladišča v filharmonijo, hotel in stanovanja v Hamburgu (slika 4). Na koncu je opozoril



Slika 4 • Rekonstrukcija nekdanjega skladišča v filharmonijo, hotel in stanovanja v Hamburgu.

na načelo krožnega gospodarstva »popraviti in deliti«. Za zgled je omenil energijsko več kot samozadostno stavbo The Edge v Amsterdamu, kjer si 2500 zaposlenih deli 1000 delovnih mest.

O dosedanjem razvoju predpisov v zvezi z rekonstrukcijami in potresno odporno gradnjo v Sloveniji je predaval **akad. prof. dr. Peter Fajfar**. Prikazal je razvoj predpisov o potresno varni gradnji na ozemlju Slovenije; se vprašal, kaj narediti s številnimi potresno neodpornimi objekti in do kakšne mere je te objekte smiselno utrditi. Prve konstrukcijske ukrepe

so predvideli že predpisi, sprejeti leta 1896 po ljubljanskem potresu leta 1895. Tudi pri gradnji ljubljanskega nebotičnika leta 1933 so se zavedali nevarnosti potresa in stavbo skušali zavarovati s svojstveno potresno izolacijo. Po drugi svetovni vojni je bilo v Sloveniji zgrajenih več stanovanjskih stolpnic (slika 5) in os-



Slika 5 • Potresno neodporna stanovanjska stolpnica v Ljubljani.

novnih šol (slika 6), ki so potresno neodporne, saj so računane le na vodoravno obtežbo, ki znaša le dva odstotka navpične obtežbe.



Slika 6 • Potresno neodporna »brezkoridorna« osnovna šola v Ljubljani.

En mesec pred skopskim potresom je bil sprejet slovenski predpis, ki je potresno obtežbo bistveno povečal. Predpis je vseboval tudi karto, kjer so bile potresne cone bistveno različne od pozneje predpisanih. Po skopskem potresu je bil sprejet jugoslovanski predpis, ki je v veliki meri povzel slovenskega, deloma pa je bil razširjen. Imel je tudi določbe o rekonstrukcijah. Pri manjših posegih se ni smelo zmanjšati obstoječe odpornosti objekta, pri večjih pa je bilo treba doseči tako, kot jo je določal novi predpis. Leta 1978 je bil ustanovljen Seizmološki zavod Slovenije, ki naj bi vodil evidenco potresne varnosti pomembnih objektov. Žal se zaradi nesprejetih izvedbenih predpisov to ni izvajalo. Pomembne spremembe predpisov o potresnovarni gradnji so nastale leta 1981 po potresu v Črni gori leta 1979. Predpis je vseboval karte, ki so bližje tem, ki veljajo sedaj. Posebnih določb o rekonstrukcijah predpis ni imel. Dodane so

mu bile pri spremembi leta 1988. Tokrat so vsebovale tudi količinsko opredeljeno definicijo bistvenih sprememb. Tehnične podrobnosti pa so bile določene že v tehničnih normativih za sanacijo, ojačitev in rekonstrukcijo stavb iz leta 1985. V samostojni Sloveniji je bilo od leta 1995 mogoče uporabljati predstandard Evrokod 8, pri objektih na avtocestah je bil obvezen. Splošno obvezni so evrokodi postali leta 2008, kar je predpisal Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov, sprejet leta 2005. Evrokodi se pri rekonstrukcijah uporabljajo, kadar so dane tehnične možnosti in če to ne nasprotuje pogojem varstva kulturne dediščine. Pri spremembah predpisov so se pomembno spreminjale potresne sile (slika 7).

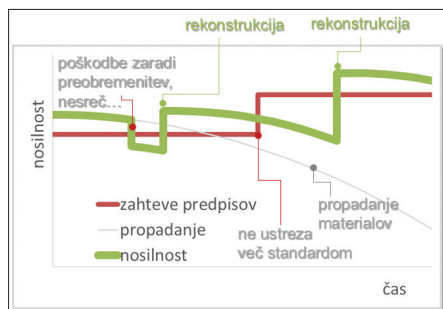
Obtežbe	pred 1963	1963	1964-1970	1970-1981	1982-2007	od 2008
Horizontalna	0.02	0.12	0.13	0.06	0.05-0.30	0.08-0.41
Vertikalna	0.02	0.04	0.04	0.02	0.02-0.05	0.06

Slika 7 • Sprememba deleža potresnih sil od navpične obtežbe v Ljubljani.

Vprašanje, kaj storiti s potresno neodpornimi objekti, je večplastno in zahtevno. Pomembno je lastništvo objektov. Problem stolpnic, ki so last številnih stanovalcev, je skoraj nerešljiv. Utrditev vseh šol, katerih lastniki so občine (osnovne šole) in država (srednje šole), pa bi lahko bila izvedena sorazmerno enostavno. Rezultati ankete med inženirji in laiki kažejo, da bi bila utrditve potresno neodpornih objektov ob ustreznih spodbudah izvedljiva. V tej anketi je večina menila, da bi bilo smiselno obstoječe objekte utrditi na 75 odstotkov predpisane odpornosti.

**Akad. prof. dr. Peter Fajfar** je skupaj s sodelavci o tej problematiki obširneje pisal v Gradbenem vestniku maja 2014, oktobra 2014 in aprila 2017.

Raziskave lastnosti obstoječih objektov za potrebe rekonstrukcij objektov je v svojem predavanju obravnaval **dr. Samo Gostič**, pri pripravi predavanja pa je sodelovala tudi **Mojca Jarc Simonič**. Najprej je treba ugotoviti vzroke za rekonstrukcijo. To so lahko (1) sprememba namembnosti, ki vključuje spremembo obtežb, ali zahteva za odstranitev nekaterih nosilnih elementov; (2) propadanje materialov; (3) poškodbe konstrukcije zaradi preobremenitve, nesreč, izrednih dogodkov, vandalizma ali (4) neustreznost objekta glede zahtev novejših standardov. Vse naštetu vpliva na nosilnost konstrukcije (slika 8). Po doslej veljavnih predpisih je bilo za posege v nosilno



Slika 8 • Vplivi na nosilnost konstrukcije.

konstrukcijo potrebno gradbeno dovoljenje. Pri starejših objektih je izpolnjevanje bistvene zahteve po mehanski odpornosti in stabilnosti običajno zahtevalo utrditev konstrukcije, vedno pa vsaj dokaz ustrezne požarne varnosti. V novem Gradbenem zakonu pa je v petnajstem členu nekaj odstavkov, ki tega ne zagotavljajo v vseh primerih. Preverjanje bistvenih zahtev je omejeno le na fiste, na katere neposredno vplivajo predvidene spremembe. Ponovno je opozoril na nejasnost termina »nesorazmerni stroški« in nedoseganje varnosti objektov kulturne dediščine, ki ju dopušča zakon. Pri pregledu stanja nosilne konstrukcije uporabljamo razpoložljivo tehnično dokumentacijo in si ogleđamo konstrukcije. Opravimo podrobne preglede z destruktivnimi (npr. odkop temeljev) in nedestruktivnimi metodami (npr. georadar). Sestavimo opis poškodb in ugotovljene vzroke. Za ugotavljanje lastnosti materialov odvzamemo vzorce in jih preizkusimo v laboratoriju ali pa lastnosti ugotavljamo na objektu (npr. sklerometriiranje). Obseg preiskav v skladu s tretjim delom Evrokoda 8, ki loči popoln, običajen in omejen obseg vpliva na faktor zanesljivosti. Ta ima vrednost med 1,0 in 1,35. V nadaljevanju je opisal nekaj običajnih metod preiskav konstrukcij na objektih in v laboratoriju v odvisnosti od vrst materialov. Mogoče, vendar zaradi zahtevnosti redke, so mehanske preiskave celih konstrukcijskih elementov (npr. preiskave zidnih panelov). Področje urejajo številni standardi. Spomnil je tudi na še vedno uporabljeni pravilnik o pregledu preizkušanju jeklenih nosilnih konstrukcij iz leta 1965. V zadnjem času se pri novejših ustavljenih gradnjah pojavlja problem izgubljenih dokazil, ki so bila hranjena v podjetjih, ki so šla v stečaj. Zaradi tega je treba opraviti dodatne preiskave (podobno kot pri rekonstrukcijah), čeprav gre za novogradnje. Pri mostovih in nekaterih drugih konstrukcijah se za ugotavljanje mehanske odpornosti in stabilnosti uporabljajo tudi obremenilne preizkušnje.

Glede na obstoječi gradbeni fond so rekonstrukcije nujne. Rekonstrukcije so priložnost za odpravo različnih pomanjkljivosti objektov. Več preiskav opravimo na začetku, manj je presenečenj med izvedbo. Za spodbudo izpolnjevanja bistvene zahteve o mehanski odpornosti in stabilnosti bi bilo smotno uvesti podobne ukrepe kot za energetske ustreznosti objektov.

Na geotehnične vidike rekonstrukcij stavb je v svojem predavanju opozoril **izr. prof. dr. Janko Logar**. Stari Zakon o graditvi in novi Gradbeni zakon temeljna tla omenjata le v zvezi z rekonstrukcijami. Po naših predpisih ima geotehnični projekt status elaborata in ga lahko izdeluje kdorkoli. Treba bi bilo doseči, da ga lahko podpiše le pooblaščen inženir. V Evrokodu 7 je v geotehnikih predvidenih pet načinov, od katerih sta pri rekonstrukcijah najbolj pogosti projektiranje na podlagi računskih analiz in projektiranje po principu opazovalne metode. V geotehnikih sta za izpolnjevanje bistvenih zahtev običajno pomembnejša poznavanje pogojev tal in kontrola izvedbe kot natančnost računskih modelov in delnih faktorjev. Pri rekonstrukcijah so od možnih odpovedi konstrukcij najbolj pričakovane: (1) globalna nestabilnost (npr. pri odkopih temeljev); (2) posedki in odpoved konstrukcije zaradi premikov tal (slika 9).

goste spadajo izkopi med temelji in povečanje obtežb. Ker so sodobne računске metode zelo različne od nekdanjih, ne smemo uporabljati vrednosti dopustnih napetosti pod temelji iz originalnih (starih) geotehničnih poročil, ampak moramo nosilnost tal ugotoviti ponovno po sodobnih metodah. Preveriti moramo nosilnost tal pri kombinaciji navpičnih in vodoravnih obtežb ter posedke. Upoštevamo lahko, da so temeljna tla pod starimi temelji pogosto boljše kot neobremenjena tla, če to dokažemo z raziskavami. Če je treba, lahko uporabimo ukrepe, kot so širitev temeljev, izboljšava tal pod temelji ali podpiranje s piloti. Preveriti moramo vplive okvar kanalizacije, ki lahko povzročata erozijo ali mehčanje tal pod temelji. Posebno vprašanje je ustreznost temeljev, ki so jih včasih gradili iz slabših materialov kot sedaj. Vzroki za poškodbe objektov so lahko tudi izsuševanje ali namakanje tal, trajni in začasni izkopi, začasne deponije ali težak transport v neposredni bližini objekta.

O propadanju gradbenih materialov je predavala **prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov**. Osredotočila se je na keramične materiale (beton, malta, proizvodi iz žgane gline, naravni kamen), ki so porozni, krhki, imajo nizko natezno trdnost ter vpijajo in nekateri tudi prepuščajo vodo. Prav vpijanje in prepuščanje vode sta kritični lastnosti, ker omogočata

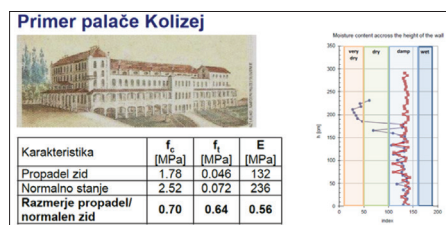


Slika 9 • Odpoved konstrukcije zaradi premikov tal.

Spremembe pri rekonstrukcijah vplivajo na obnašanje tal pod temelji. Med najbolj po-

vstop škodljivih snovi in/ali raztapljanje snovi v keramiki. Načini propadanja so erozija,

abrazija, propadanje zaradi notranjih pritiskov, ki nastanejo zaradi zmrzovanja vode, kristalizacije soli in produktov kemijskih reakcij, termične nekompatibilnosti sestavin, rjavenja jeklenih elementov in delovanja živih organizmov. S propadanjem materialov se pogosto srečamo pri objektih kulturne dediščine. Z razpoložljivimi analznimi metodami (optični mikroskopi, vrstični elektronski mikroskop, rentgen, kemijska analiza ...) lahko ugotovimo vzroke poškodb. Ko voda izpira sestavine keramik, pride do naraščanja poroznosti, padca trdnosti in togosti ter zmanjšanja alkalnosti pri maltah in betonih. V primeru materialov z mineralnimi vezivi prihaja tudi do korozije zaradi delovanja mehkih voda, kislinske, magnezitne in korozije zaradi mineralnih gnojil. Predavateljica je izpostavila tudi pojav mikrorazpok, ki se oblikujejo v sodobnih betonih z nizkim vodocementnim razmerjem zaradi oviranega avtogenega krčenja cementnega kamna. Te razpoke zmanjšajo dolgoročno varnost in obstojnost armiranobetonskih konstrukcij.



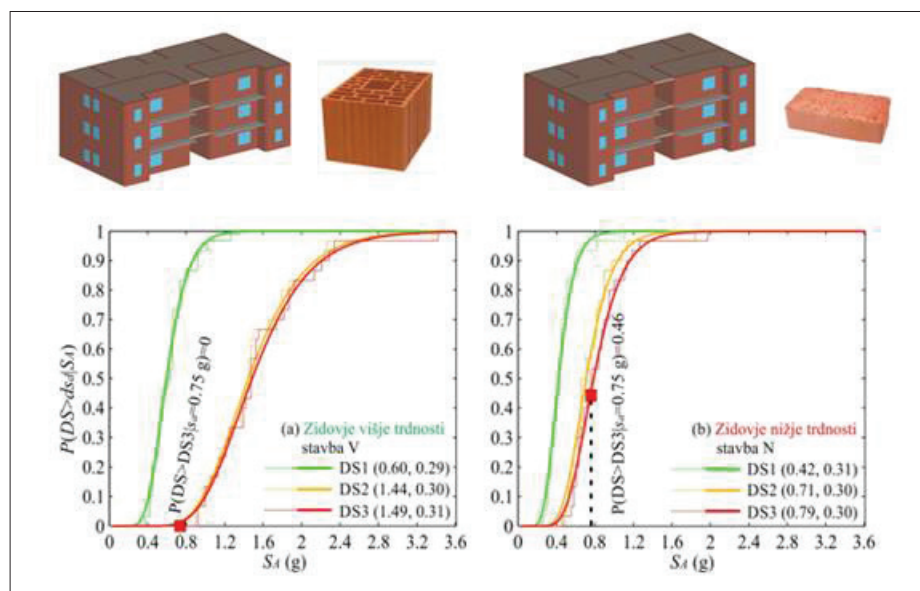
Slika 10 • Propadanje materialov v starejših objektih.

V praksi se spoprijemamo s kombinacijo različnih vzrokov propadanja, ki jih je treba podrobno analizirati. Zato imamo na voljo številne metode. Pravilno ugotovljeni vzroki omogočijo ustrezne posege pri rekonstrukciji. Opozorila je na skrb vzbujajoča odkritja alkalno-dolomitnih reakcij v betonu, ki povzročajo porast tlačne trdnosti in istočasen padec modula elastičnosti betona. Po njenem mnenju je rekonstrukcija objektov kulturne dediščine smiselna, pri čemer bi se morali izogibati škodljivim ukrepom in upoštevati izkušnje držav, ki to dediščino uspešno tržijo (Italija, Grčija, Velika Britanija).

O Evrokodu 8 in informacijah o potresnem tveganju za inženirje, lastnike in družbo je predaval **prof. dr. Matjaž Dolšek**. Potres kljub velikemu napredku potresnega inženirstva predstavlja veliko tveganje za družbo, zlasti za majhne skupnosti, kot je Slovenija. Po njegovem mnenju se tega družba premalo zaveda, saj informacij o potresnem tveganju pravzaprav ni. Informacije, ki jih ponudijo

standardi, so širši publiki preveč abstraktne in tudi neuporabne za količinsko oceno potresnega tveganja. Zato je pri prenovi standardov treba bolj jasno definirati cilje pri projektiranju, ki so odvisni le od ljudi (družbe), in ne le, na primer, projektne potresne obtežbe, ki je odvisna od seizmičnosti območja, na katero ljudje pravzaprav nimamo vpliva. Trenutno veljavni standardi in predpisi so še posebno šibki pri definiciji ciljev. Veljavni Evrokod 8 ima za cilj omejitev škode, zaščito človeških življenj in zagotovitev funkcionalnosti objektov, pomembnih za civilno zaščito. V opombi je navedeno, da je te cilje zaradi naključne narave potresov možno doseči le deloma in jih izmeriti le z verjetnostnimi izrazi. V nadaljevanju v standardu o tem ni več ničesar. Tudi v pravilniku o bistvenih zahtevah za gradbene objekte je verjetnost omenjena, ni pa količinsko opredeljena. Prav tako ima novi Gradbeni zakon določbo, da se objekti lahko porušijo pri potresu z majhno verjetnostjo dogodka. Tudi tu verjetnost ni količinsko opredeljena. S sodobnimi koncepti

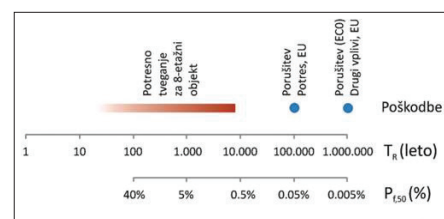
jasnil jo je na primeru dveh zidanih stavb iz različnih opek. Pri slabšem materialu je ta verjetnost bistveno večja kot pri boljšem. O tem je z J. Snojem napisal članek v Gradbenem vestniku avgusta 2017. Težje razumljiva mera za družbo je verjetnost (povratna doba) za preseganje mejnega stanja, kar je pojasnil na primeru osemetažnega objekta (slika 12). O tem je z J. Žižmondom pisal v Gradbenem vestniku maja 2015. Še bolj kompleksne mere so npr. srednja letna izguba in krivulja izgub. Paradoks je, da si ljudje želijo popolne varnosti pred potresom, vlaganju v to pa se izogibajo. Kaj lahko naredimo inženirji? Z manjšo prilagoditvijo, npr. tako, da bi postopno začeli računati, kakšne pospeške lahko prevzamejo objekti, bi lahko postopno ustvarili bazo podatkov, ki bi omogočila oceno potresnega tveganja in s tem informacije, ki so zanimive za vso družbo. Treba bo razmisliti o načrtovanju odgovornosti za prevzem tveganj, saj vemo, da je še posebno dolgotrajna obnova po potresu.



Slika 11 • Verjetnost za preseganje mejnega stanja kot mera potresnega tveganja.

projektiranja, ki izhajajo iz ciljnega potresnega tveganja, lahko cilje tudi kvantificiramo. V novem Evrokodu 8 bo dodatek F, ki je bil predlagan in v večji meri napisan v Sloveniji, kjer je za stanje blizu porušitve definirana sprejemljiva povratna doba 5000 let (1 % v 50 letih). V nadaljevanju je pokazal primerjavo med potresom in drugimi dogodki.

Osnovna mera za izražanje potresnega tveganja je verjetnost za preseganje mejnega stanja pri projektnem potresu (slika 11). Po-



Slika 12 • Povratna doba kot mera potresnega tveganja (Nastopno predavanje, Dolšek 2015, <http://videolectures.net/single/dolsek-projektiranje-konstrukcij/>).

Postopno bi podatki omogočili izvedbo preciznej natančnega stresnega testa grajenega okolja. V raziskovalnem projektu, pri katerem sodelujejo FGG UL, univerza v Innsbrucku in ELEA, bodo razvili model, ki bo vključeval čim več deležnikov in omogočal povezljivost informacij. Zelo veliko je že narejenega, vendar informacij o potresnem tveganju, ki bi bile zanimive za lastnike/družbo, pravzaprav ni. Potreben pogoj za kvaliteto projektiranja in rekonstruiranje objektov na potresnih območjih je sodoben koncept projektiranja. Inženirji moramo pravilno komunicirati z naročniki, vendar ne moremo prevzeti tveganj, ki jih prinašajo naravni pojavi, kot so potresi, in ki segajo čez sprejemljivo tveganje.

Standard Evrokod 8/3 in njegovo prenovu je v svojem predavanju predstavila **prof. dr. Tatjana Isaković**. Najprej je predstavila vsebino sedanjega standarda, nato pa spremembe.

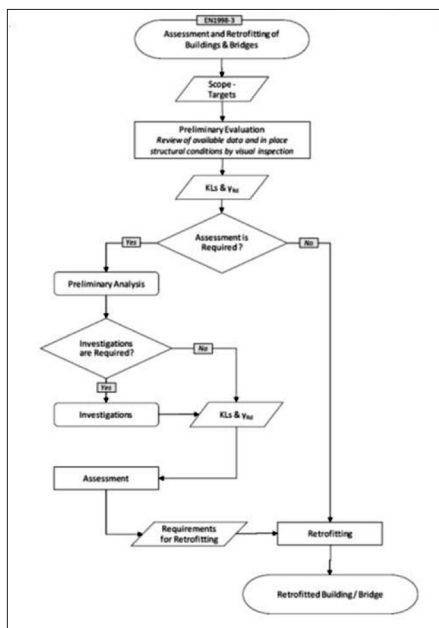
Osnovna struktura je ostala podobna sedanjim, le da zahteve, ki so določene za posamezne vrste stavb, niso več v dodatkih. Področje uporabe standarda je razširjeno in bo zajemalo stavbe kot tudi mostove. Zahteve so še vedno določene glede na primarno vrsto materiala (betonske, jeklene in kompozitne, lesene in zidane konstrukcije). Dodano je poglavje, ki se nanaša na lesene stavbe. Določila, ki se nanašajo na zidane stavbe, so bistveno razširjena. Predvidena so štiri mejna stanja: NC (near collapse): Mejno stanje blizu porušitve – Obvezna kontrola; SD (significant damage): Mejno stanje velikih poškodb; DL (damage limitation): Mejno stanje omejitve poškodb; OP (fully operational): Mejno stanje takojšnje uporabnosti.

Povratne dobe za vsako izmed mejnih stanj bodo določene v Nacionalnih dodatkih.

Dopušča se možnost, da so krajše kot za nove stavbe (manjši potresni vplivi kot pri novih stavbah). Predvidene so tri vrste vedenja o konstrukciji, pomembne za določitev odpornosti: KLG (geometrija), KLD (detalji), KLM (material). Za vsako vrsto KL so določeni trije nivoji glede na razpoložljivo projektno dokumentacijo in obseg pregleda/kontrole (omejen, povečan, obsežen).

Odpornost vedno določimo s povprečnimi vrednostmi materialnih lastnosti.

Varnostni faktorji so zato spremenjeni in so odvisni od vrste kontrole in stopenj vedenja. Predvidenih je več vrst analiz. Preliminarna



Slika 13 • Potek načrtovanja in utrditve/sancije po Evrokodu 8/3.

analiza se opravi s primarnim ciljem, da se ugotovijo kritična mesta v konstrukciji, o katerih je smiselno pridobiti več informacij. Mejno stanje SD (velikih poškodb) se lahko preveri namesto mejnega stanja NC (blizu porušitve) le, če se s preliminarno analizo dokaže, da so pričakovane nelinearne deformacije razmeroma majhne. Linearna analiza z reduciranimi potresnimi vplivi ( $q$  factor approach) je dovoljena le za kontrolo mejnega stanja SD (velikih poškodb). Poenostavljena nelinearna analiza (N2-metoda) je referenčna metoda. V primeru

zidanih stavb in betonskih stavb s polnili je dovoljen tudi dokaz odpornosti konstrukcije le v globalnem smislu. Potek načrtovanja in utrditve/sancije kaže slika 13.

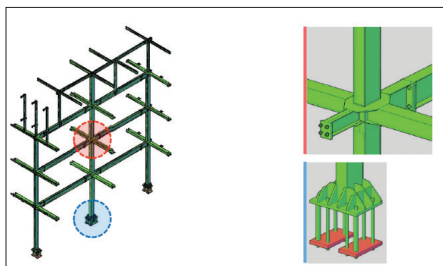
Primere rekonstrukcij stavb iz prakse je prikazal **dr. Jaka Zevnik**. Najprej je opisal prizidavo in nadzidavo armiranobetonske stavbe z jekleno konstrukcijo, ki se sicer po zdaj veljavnih predpisih ne bi šteli za rekonstrukcijo, zahtevali pa sta podobne premisleke. Obstoječi objekt je bil projektiran v letu 1963, rekonstrukcija pa leta 2003. Ker obstoječi objekt ni ustrezal veljavnim predpisom, se je pred zgraditvijo štirih novih etaž tretja obstoječa odstranila. Vsi ohranjeni armiranobetonski stebri in nosilci so se ojačali, dodani so bili piloti.

Vsakdanji primeri rekonstrukcij so manj obsežni. V večini primerov se pri tem presoja, kako prenesti navpično obtežbo z odstranjenih na dodane nove elemente, manj se presoja vpliv takih posegov na obnašanje celotne konstrukcije pri potresu. Pri vrstnih hišah se pogosto pozablja na medsebojni vpliv rekonstrukcij. Podobno je pri dodajanju dvigalnih jaškov pri večetažnih objektih, ki lahko bistveno spremenijo obnašanje obstoječega objekta.

O celovitih prenovah je govoril arhitekt **Tomaž Krištof**. Po njegovih izkušnjah je za večstanovanjske objekte, zgrajene v petem in šestem desetletju prejšnjega stoletja, značilno, da imajo premajhna in nefunkcionalna stanovanja, da niso energetska varčna in da so potresno



Slika 14 • Rekonstrukcija stavbe (Oddelek za matematiko, Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani).



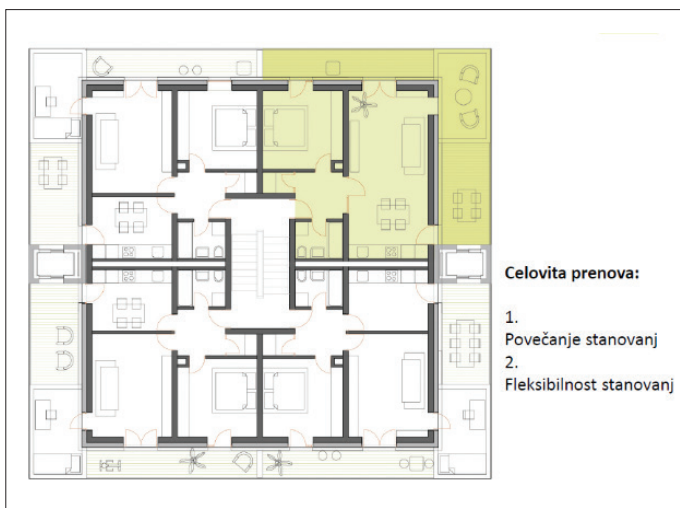
Slika 15 • Detajli jeklene konstrukcije nadzidanega in prizidanega dela stavbe (Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani).

nevarna. V takih stanovanjih živi 250.000 prebivalcev Slovenije. Že malo močnejše tresenje tal bi sprožilo pravo socialno bombo (po študiji iz leta 2009 bi bilo samo v Ljubljani poškodovanih približno 28.000 stavb), resen

([http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/zgibanka\\_prenova.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/zgibanka_prenova.pdf)) in brošura (slika 18) ([http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/posegi\\_v\\_nostilno\\_konstrukcijo.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/publikacije/posegi_v_nostilno_konstrukcijo.pdf)) sta namenjeni laični javnosti. Zlasti pa investitorjem prenov (lastnikom stavb oziroma etažnim lastnikom), upravnikom večjih stavb in udeležencem pri prenovah, ki niso iz gradbene stroke.

Cilj je povečati ozaveščenost v zvezi s prenovo in predvsem z zagotavljanjem potresne odpornosti stavb. Dosegli naj bi pravilnejše odločitve pri prenovah – poleg izboljšanja funkcionalnosti in energetske učinkovitosti naj bi se s prenovo izboljšala tudi odpornost stavb na sile teže, vetra, potresa. V brošuri so opisani vloga

poškodb), utrditev konstrukcije (povezovanje konstrukcije – vgradnja vezi in sider, utrditev nosilnih elementov) pa pomeni povečanje njene odpornosti. Opozorjeno je na obstoječe standarde za prenovo in utrditev nosilne konstrukcije stavb (Evrokod 8 – 3. del), ki zahtevajo pregled in analizo nosilne konstrukcije in oceno potresne odpornosti. Posebej so obravnavane konstrukcije, ki niso bile projektirane na potresno obtežbo (zidane in armiranobetonske konstrukcije, ki so bile zgrajene pred letom 1965). Za zidane konstrukcije je podan pomen povezanosti in možnosti utrditve nosilnega zidovja (injektiranje, oblaganje z armiranimi ometi). Za armiranobetonske konstrukcije je podana možnost utrditve z obbetoniranjem/oblaganjem s kompozitnimi materiali. Ker posegi v delu stavbe lahko pov-



Slika 16 • Predlog za celovito prenovo večetažnega stanovanjskega bloka.

- Celovita prenova:
1. Povečanje stanovanj
  2. Fleksibilnost stanovanj



Slika 17 • Zunanost večetažnega stanovanjskega bloka po celoviti prenovi.

potres pa celo humanitarno katastrofo. Žal se pogosto izvaja energetska sanacija potresno nevarnih objektov. Blok na Prulah, ki ima po študiji ZAG zgolj 20 % potrebne potresne varnosti po današnjih standardih, je bil energetsko saniran s sredstvi Ekosklada brez potrebne utrditve proti potresu. Za to pa so številne možnosti, prikazal je eno med njimi (sliki 16 in 17).

Prikazal je tudi možnost postopnega nadomeščanja neustreznih objektov v ožjih soseskah z novimi potresno odpornimi in energetsko ustreznimi objekti.

Zgibanko in brošuro, ki jo je Zavod za gradbeništvo Slovenije pripravil po naročilu Ministrstva za okolje in prostor RS z naslovom Prenove stavb in posegi v nosilno konstrukcijo je predstavila **mag. Marjana Lutman**. Zgibanka

nosilne konstrukcije (mehanska odpornost in stabilnost ter omejitve deformacij) in njeni sestavni deli: temeljna konstrukcija – plitva/globoka; navpične konstrukcije – AB-stene, zidovi, AB-stebri/okvirji; vodoravne konstrukcije – AB-plošče, rebričasti stropi, leseni stropi, oboki, nosilci, loki, preklade, natezne vezi lokov, zidne vezi; ostrešje. Opisane so razlike v vlogi vodoravnih in navpičnih konstrukcij. Sledi opis posegov, ki konstrukcijo oslabijo (utori, niše, preboji, večje dodatne odprtine in odstranitve nosilnih elementov). Sledi opis primerov povečanja obtežbe (nadzidava/povečanje števila nadstropij, zamenjava obstoječih stropov z novimi, težjimi, vgradnja dodatne opreme – novi tlaki, knjižnice, arhivi, vgradnja težje fasade/zelene strehe. Pojasnjeno je, da sanacija konstrukcije pomeni le vzpostavitev prvotnega stanja (sanacija



Slika 18 • Naslovnica brošure Ministrstva za okolje in prostor RS.

zročijo poškodbe v preostalih delih, poškodbe pa lahko nastanejo tudi zaradi posegov v neposredni bližini stavbe, je pomembno tehnično opazovanje v času izvajanja posegov. Na podlagi vizualnega spremljanja razpok in drugih poškodb, geodetskih in drugih tehničnih meritev (posedkov, zasukov, nagibov, širine razpok), vrednotenja meritev, analize vpliva na konstrukcije lahko sprejmemo ustrezne ukrepe za omejitev škodljivih vplivov. Običajni razlogi za prenove so dotrajanost, zastarela funkcionalnost, energetska potratnost, žal pa ne tudi neustrezna odpornost konstrukcije. Zato se stanje konstrukcije ne ugotavlja in se posegi v konstrukcijo ne presojuje primerno, saj strokovnjak za konstrukcije ni vključen. Premalo je zavedanja, da večina prenov vključuje posege v konstrukcijo, ki jo slabijo in zmanjšujejo varnost stavbe, da so spremembe v konstrukciji večinoma nepovratne, da nov ovoj stavbe onemogoča naknadno utrditev konstrukcije in da obloge pogosto pospešijo napredovanje poškodb konstrukcije. Problematiko je ilustrirala z več primeri (slika 19).

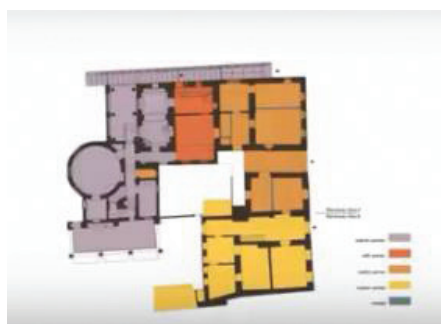


Slika 19 • Primer nevarne oslavitve konstrukcije.

Predavanje je sklenila z zaključki, naj bo prenova stavbe celovita, faznost prenove naj bo premišljena. Ker je konstrukcija stavbe zgrajena prva, naj bo tudi prva obnovljena. Prenova naj bo priložnost za utrditev konstrukcije – povečanje njene odpornosti, predvsem proti potresu. Vključitev strokovnjaka gradbenih konstrukcij naj bo obvezna, saj le ta lahko opravi pregled stanja konstrukcije, ugotovi, ali gre za vplive na konstrukcijo, ugotovi, ali

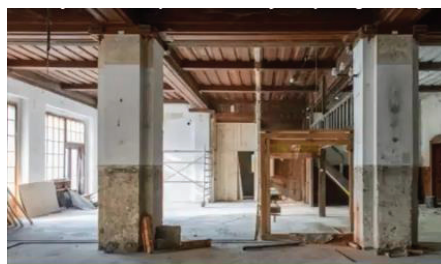
je potrebno gradbeno dovoljenje, in spremlja konstrukcijo pri prenovi. Za udejanjenje navedenega bo treba poleg ozaveščanja tudi izboljšati zakonodajo, ki naj določi obvezno vključitev strokovnjaka za gradbene konstrukcije pri posegih v konstrukcijo.

O izkušnjah arhitekta pri konstrukcijskih posegih v objekte kulturne dediščine je predavala arhitektka **izr. prof. Maruša Zorec** s fakultete za arhitekturo UL. Predstavila je svoje poglede na prenavo z željo po ustreznem sodelovanju ne samo z gradbenimi inženirji, ampak tudi z inženirji, ki skrbijo za požarno varnost, elektro- in strojnimi inženirji, ki skrbijo za napeljave.



Slika 20 • Ovrednotenje delov Plečnikove hiše v Ljubljani.

Arhitekti želijo pri prenovah iz prostorov, ki so iz prvotnih nastali po prezidavah, ustvariti nove prostore, ki ustrezajo sedanjemu namenu, in pri tem ohraniti prvotne dele stavbe. Pri tem so nujni posegi v konstrukcije. Na gradbišču je nujna skoraj stalna prisotnost vseh sodelujočih pri prenovi. Kaj je res vredno ohraniti, se pogosto ugotovi šele po začetku posegov na gradbišču (slika 20). Takrat je tudi čas za presojo predvidenih konstrukcijskih ukrepov. Problem je tudi odgovornost za uspešno prenavo. Številni postavljajo pogoje, odgovorni so le nekateri. Na več primerih je prikazala stanje objektov pred prenavo in po njej (slika 21).



Slika 21 • Prenova stavbe Švicarija v Tivoliju v Ljubljani.

O novozelandskem pristopu k zmanjševanju števila obstoječih potresno neodpornih stavb je predaval **dr. Leon Hladnik**. Pri pripravi predavanja je sodelovala tudi **Nataša Aleksić**. Obširen članek o tem je bil objavljen v zborniku 38. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije decembra 2016 in v Gradbenem vestniku februarja 2017. Na Novi Zelandiji je gradbeni zakon leta 2004 zahteval od regionalnih oblasti razvoj politike glede ravnanja s potresno neodpornimi obstoječimi stavbami. Leta 2016 so zakon zaradi poenotenja postopkov in centraliziranja evidenc ter centraliziranja dela pristojnosti regionalnih oblasti na zvezni ravni dopolnili. Podani so realnejši skrajni časovni roki, v katerih mora biti opravljena ocena potresne odpornosti stavb, in roki za izvedbo sanacije potresno neodpornih stavb (slika 22).



Slika 22 • Roki za utrditev potresno ogroženih stavb na Novi Zelandiji.

Na Novi Zelandiji so kot potresno neodporna stavba opredeljene tiste, ki ne dosegajo odpornosti pri 34 % potresne obtežbe, določene po trenutnem novem standardu za stavbe (NBS – New Building Standard). Vse take stavbe je treba utrditi. Izjema so le enoetažne stanovanjske hiše in hiše z manj kot tremi stanovanjskimi enotami. Potresno neodporna stavba ugotavljajo v štirih korakih: (1) razvrstitve stavb po prioriteti (najprej obravnavajo javne stavbe, kot so bolnišnice, šole, gasilski domovi); (2) začetno vrednotenje, ki ga plača regionalna oblast; (3) sporočilo lastniku stavbe, da je njegova stavba potencialno potresno neodporna – lastnik na svoje stroške v treh do štirih mesecih lahko pridobi podrobno inženirsko vrednotenje stavbe, ki začetno vrednotenje ovzre; (4) če se dodatno vrednotenje ne pridobi, se na podlagi zakona izda obvestilo, s katerim se stavba klasificira kot potresno neodporna stavba. Obvestilo vsebuje tudi rok, v katerem mora lastnik utrditi svojo stavbo. To obvestilo mora biti fizično pritrjeno na stavbo. Sezname potresno neodpornih stavb so pogosto objavljeni na spletnih straneh regionalnih oblasti. Ko se stavba ustrezno utrdi, se obvestilo odstrani in stavba se izbriše s seznama. Postopka obeh načinov



Slika 23 • Z vidnim jeklenim okvirjem utrjena stavba.

vrednotenja sta podrobno predpisana. Če je stavba opredeljena za potresno neodporno, se lastnik lahko odloči za utrditev (slika 23), sicer pa jo oblasti razglasijo kot neprimerno za uporabo. Lastnik mora o tem obvestiti zavarovalnico.

V Sloveniji ni bilo predpisa, ki bi, razen v primeru rekonstrukcij, zavezoval lastnike potresno nevarnih objektov k njihovi ojačitvi. Sedaj pa še to ni nujno. V izogibitev katastrofalnim posledicam močnejšega potresa bi bilo nujno čim prej zakonsko uvesti sistematičen proces ocenjevanja in utrjevanja obstoječih potresno neopornih stavb.

Po koncu predavanj je bila razprava, ki so jo vodili vodja delovne skupine za pripravo smernice za rekonstrukcije objektov z vidika mehanske odpornosti in stabilnosti **Dejan Prebil** ter člana **dr. Leon Hladnik** in **dr. Jaka Zevnik**. V nadaljevanju povzemamo daljše prispevke udeležencev.

**Dejan Prebil** je prvo vprašanje v zvezi z nevozelandsko prakso pri ravnanju s potresno neodpornimi objekti naslovil na **dr. Leona Hladnika**. Zanimalo ga je, kako ravnajo v primeru večstanovanjskih objektov.

**Dr. Leon Hladnik** je povedal, da so večstanovanjski objekti v NZ v lasti običajno le enega lastnika, ki stanovanja oddaja v najem. Zato tam problema velikega števila lastnikov enega objekta nimajo. Zanimalo pa ga je mnenje **prof. dr. Matjaža Dolška** o omejitvi na 34 % potresne odpornosti.

**Prof. dr. Matjaž Dolšek** je povedal, da je v NZ javnost pod močnim vplivom potresov leta 2010 in 2011. V Christchurchu so projektni pospešek po teh potresih povečali za 60 %. O omejitvi na 34 % meni, da je težko oceniti, na kaj se ta omejitev nanaša. Če je omejitev prenizka, pomeni, da je objekt še vedno potresno nevaren. Je pa gotovo koristno, da

so se sistematično lotili ocenjevanja potresne odpornosti stavb. Še enkrat je poudaril, da bi pri nas na podlagi podatkov o potresni odpornosti stavb, zbranih v naslednjih desetih do petnajstih letih, lahko šele ugotovili, kaj bi pomenile posledice večjega potresa za Slovenijo.

**Dejan Prebil** je opozoril na nekaj nejasnih zakonskih določb, ki bodo po njegovem mnenju nerazumno dopuščale poseganje v vitalne dele nosilnih konstrukcij s strani nestrokovnjakov in s tem v določenih primerih lahko bistveno ogrozile mehansko odpornost in stabilnost objektov. Poudaril je zlasti »zamenjave posameznih konstrukcijskih elementov« in izvedbo »inštalacijskih utorov« v okviru vzdrževalnih del, za katera v skladu z novim Gradbenim zakonom ni treba pridobiti gradbenega dovoljenja, s tem pa tudi ni predvidena oz. zagotovljena vključitev ustreznih strokovnjakov.

**Mag. Denis Petelin Žerovnik**, ki se ukvarja z vodenjem projektov, je opozorila, da je postopek izdaje gradbenega dovoljenja postal tako zapleten, da se ji ne zdi smotno, da bi za vsak poseg v konstrukcijo bilo primerno izdajati gradbeno dovoljenje. Mora pa biti pri tem vključen gradbeni strokovnjak. Možna rešitev bi bila neko drugačno gradbeno dovoljenje.

**Dejan Prebil** je navedel nekaj primerov, ki kažejo na to, da se sodelujoči pri posegih ne zavedajo, da škodljivo posegajo v konstrukcijo. Spomnil je, da je bila problematika predstavljena pripravljavcem zakona, ki pa je niso upoštevali. Upa, da se bo kaj dalo rešiti s podzakonskimi predpisi. Med pripravljavci predpisov pogreša strokovnjake s področja zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti (gradbene inženirje), ki bi problematiko bolje razumeli in bi bili sposobni argumente prenesti tudi politikom, ki na koncu odloča o sprejemu določil. Ocenil je, da bo za ureditev problematike rekonstrukcij in zagotavljanja mehanske odpornosti in stabilnosti potrebna ustrezna ureditev v podzakonskih aktih in pravilih stroke ter pozval vse člane MSG k aktivni udeležbi pri reševanju strokovnih vprašanj.

**Prof. dr. Matjaž Dolšek** je menil, da inženirji pravzaprav nimamo orodja, da bi posameznike in družbo informirali o tveganjih in tako uveljavili svoja stališča. Po njegovem mnenju se premalo oglašamo v javnosti. Javnost o problematiki, o kateri govorimo, ne ve nič. Pri



oglašanju prodaje nepremičnin ni nobenega podatka o varnosti objektov. Navedel je primer pralnega stroja, ki ima vsak deklarirano energetsko učinkovitost. Pri nepremičninah se lobiji trudijo, da deklariranja potresne varnosti ne bi bilo. Po njegovem mnenju bi inženirji s primernim komuniciranjem lahko dosegli, da bi bile za vse objekte podobno deklarirane mehanska odpornost in stabilnost ter druge bistvene zahteve. Brez sodelovanja države to ni mogoče.

**Dejan Prebil** je omenil problem pravne varnosti gradbenih konstruktorjev, saj se ob nejasnih pravilih ne ve, kaj se od njih sploh pričakuje. Ti so tako lahko izpostavljeni očitkom in solidarni odgovornosti v primeru nepredvidenih izrednih dogodkov in napak, ki se sicer niso zgodile po njihovi krivdi.

**Prof. dr. Matjaž Dolšek** je menil, da se je država z odločitvijo, da izdelavo strokovnih pravil prepusti IZS, zelo enostavno znebila velike odgovornosti, ki bi jo sicer morala nositi sama. Omenil je primer žleda, za katerega je bila obtežba v standardu določena s povratno dobo pet let, kar pomeni, da bomo imeli podobne probleme, kot smo jih imeli pred leti, verjetno vsakih 20 let. Dvomi, da se zavedamo, kaj to pomeni. Ponovno je opozoril na nujnost informiranja javnosti. Posvet, kot je ta, vsekakor prispeva k temu in bilo bi jih treba organizirati bolj pogosto.

**Dejan Prebil** je opozoril na uveljavljeno napačno mnenje v praksi, da je »dober statik« ta, ki potrdi vsako rešitev. Po njegovem mnenju bi tak naziv zaslužil tisti, ki se zaveda tveganj in rešitve potrjuje z ustreznimi preverbami in kritičnim premislekom.

**Dr. Leon Hladnik** je opozoril na nejasno poimenovanje zveze »nesorazmerni stroški«, kar bo pogosto vodilo do napačnih odločitev glede rekonstrukcij. IZS bi moral zahtevati razlago od zakonodajalca.

**Dr. Jaka Zevnik** je omenil, da ima praktične izkušnje le iz rekonstrukcij manjših objektov, kjer je zelo težko uveljaviti stališča gradbenih konstruktorjev. Ugotavlja, da je bila ukinitelj revizije pri zahtevnih objektih velika napaka. Preseneča ga tudi razpis IZS, ki za številne zahtevne naloge od prihodnjega zaposlenega pooblaščenega inženirja zahteva le tri leta prakse.

**Dejan Prebil** je povedal, da novi Gradbeni zakon predvideva izdelavo in predložitev doku-

mentacije za izvedbo pred začetkom gradnje. To je boljše kot doslej, ko se je za določene objekte podpisovala le izjava projektanta v fazi pridobitve gradbenega dovoljenja, da je mehanska odpornost in stabilnost zagotovljena, projekt za izvedbo pa se v praksi sploh ni izdeloval. Pa še izjavo so podpisovali za to nekompetentni subjekti, tako da je bil marsikateri objekt zgrajen brez kakršnekoli vključitve gradbenega projektanta (statika), kar se mu ne zdi povsem razumno. Zanimalo so ga tudi izkušnje s pravilnikom za rekonstrukcije iz leta 1985.

**Dragica Nabernik** (ARES TIM) je opozorila na slabo usposobljenost izvajalcev. Pogosto se rekonstrukcij lotevajo brez načrtov in poznavanja obstoječega objekta. Za veliko napačno zastavljenih in izvedenih rekonstrukcij je odgovornost na strani lastnikov (oz. upravljavcev in zasebnikov), ki pa tudi do sedaj za večje posege v večstanovanjske objekte niso pridobili gradbenega dovoljenja niti strokovne ocene ali rešitve, ampak so izvedbo prepuščali obrtnikom, ki niso dovolj izkušeni na tem področju. Vse s težnjo po čim manjših stroških. Problematiko bi bilo treba rešiti sistemsko in zagotoviti, da se pred izvedbo posameznih posegov predpiše ali potrebuje mnenje konstruktorja in gradbeno dovoljenje.

**Edo Velkavrh** (Saning) je opozoril, da rekonstrukcije prevečkrat opravljajo neusposobljeni izvajalci brez potrebnih izkušenj in znanj. Številni investitorji se pozanimajo o vseh podrobnostih o zaključnih delih (okna, vrata, talne obloge ...), o statični utrditvi konstrukcije pa nič in jih ta niti ne zanima. Zato bi bilo nujno javnost o tem ustrezno izobraziti (kot se je javnost v zadnjih letih izobrazila o potrebnosti toplotne izoliranosti objekta) in s tem povečati ozaveščenost in pomen kvalitete v gradbeništvu. Na državni ravni bi bilo treba nujno urediti priznavanje usposobljenosti izvajalcev, podobno kot je to urejeno v Avstriji.

**Peter Henčič** je povedal, da imamo sedaj možnost, da v pravilniku o projektni dokumentaciji in pravilih stroke uredimo vsebino projekta za izvedbo, ki ga je treba izdelati pred začetkom del. Problem pa je pridobitev gradbenega dovoljenja za rekonstrukcije pri večstanovanjskih stavbah, pri čemer je postopek zahteven in stranke pogosto odvrne, da bi pridobile gradbeno dovoljenje.

**Dejan Prebil** je postavil vprašanje, kako ravnati pri ocenah obstoječih konstrukcij, pri čemer

je vrsta parametrov, ki jih lahko le približno določimo.

**Prof. dr. Tatjana Isaković** je pojasnila, da je to delno zajeto v faktorju zaupanja. Če ni nobenih konkretnih podatkov, se izvede simulacija projekta na podlagi podatkov, običajnih za objekte, ki so bili zgrajeni v tistem času kot obravnavani objekt. Za take primere upoštevamo prvo stopnjo vedenja. To seveda vodi v višjo ceno utrditve. Zato je smotrno uporabiti različne metode za preiskavo konstrukcij, ki nam dajo več podatkov, in s tem znižati ceno utrditve.

**Dejan Prebil** je omenil še problem sprememb namembnosti in vzdrževanj. V predpisih ni ustrezno določeno, da se obtežbe ne smejo neugodno povečevati oz. da je v tem primeru treba narediti ustrezne analize.

**Peter Henčič** je menil, da mora to urediti vodja projekta.

**Prof. dr. Tatjana Isaković** je omenila problem številnih objektov v BTC, ki so bili iz skladišč predelani v trgovine, pri čemer konstrukcije niso bile ustrezno utrjene. Predpisi bi morali določiti obvezno sodelovanje gradbenih konstruktorjev. Pri starejših objektih bo stopnjo utrditve mogoče določiti v nacionalnem dodatku.

**Franc Klobčar** (IBE) je pritrdil Dejanu Prebilu glede zahteve, da bi moral pri projektiranju rekonstrukcij že od vsega začetka biti vključen pooblaščen gradbeni inženir.

**Aleš Kovač** (JUB) je povedal, da se jim pogosto dogaja, da toplotno izolacijo in novo fasado nameščajo na objekte, ki očitno ne izpolnjujejo zahteve po mehanski odpornosti in stabilnosti. Po njegovem mnenju bi pred energetsko sanacijo bila nujna izjava gradbenega konstruktorja, da je objekt mehansko odporen in stabilen.

**Dr. Leon Hladnik**: V Ekoskladu na to odgovarjajo, da ni predpisa, ki bi to določal. Meni, da bi bila za objekte potrebna tudi »potresna« izkaznica.

**Aleš Kovač** (JUB) se je vprašal, kdo bo glede na sedanje stanje odgovarjal, če bo prišlo do porušitev energetsko saniranih in potresno neodpornih objektov. Opozoril je tudi na problem sidranja toplotnoizolacijskih oblog, izoliranje toplotnih mostov in vodovpojnost nekaterih materialov za toplotno izolacijo.

**Prof. dr. Janez Duhovnik** je opozoril, da je razlog za nekakovostno delo posameznih gradbenih inženirjev na splošno, ne le pri rekonstrukcijah, tudi preširoko pooblastilo, ki ni primerno za tako razvejano stroko, kot je gradbeništvo. Meni, da bi za pridobitev pooblastila morale biti odločilne reference, ki bi jih mlajši pridobivali pri delu pod vodstvom izkušenih pooblaščenih inženirjev za posamezna ožja strokovna področja. Evidenco referenc bi lahko vodil IZS. S tem bi rešili tudi problem prekrivanja delovnih področij nekaterih strok.

**N. N.** je menil, da bi gradbeniki morali narediti red znotraj svojega ceha.

**Dr. Jaka Zevnik** je povedal, da je strokovni izpit ponekod v tujini strožji in temelji le na zagovoru primerno zahtevnega referenčnega projekta.

**Dejan Prebil** je povedal, da naj bi v prihodnje potekal strokovni nadzor članov IZS, za kar bo treba še postaviti ustrezen sistem znotraj zbornice. Vse je pozval tudi k aktivnemu sodelovanju pri urejanju strokovnih vprašanj.

**Prof. dr. Violeta Bokan Bosiljkov** je menila, da gradbeni konstruktorji v primeru objektov kulturne dediščine ne bi smeli popuščati zahtevam drugih strok na račun zagotavljanja ustrežne mehanske odpornosti in stabilnosti.

**Dr. Jaka Zevnik** je opozoril na to, da se med gradbeniki vedno najde kdo, ki bo namesto inženirja, ki se ne strinja s predlagano rešitvijo, podpisal neustrezno rešitev.

Po razpravi o etiki in disciplini pooblaščenih inženirjev je **Dejan Prebil** dejal, da bo predvideni nadzor razrešil nekatera tovrstna vprašanja.

**Marjan Ortar** (DRI) je pritrdil zahtevi po vključenosti gradbenega konstruktorja na začetku projektiranja posegov v objekt.

**Dejan Prebil** je omenil, da bo treba podrobneje opisati posege v objekt.

**Marjan Ortar** meni, da bi poleg spodbud za izvedbo potrebnih rekonstrukcij bile potrebne tudi kazni za neupoštevanje pravil pri rekonstrukcijah.

Z zahtevo po vključenosti gradbenih inženirjev na začetku projektiranja rekonstrukcij se je strinjal tudi **Milan Prša** (MPI). Opozoril je na zlorabo izjav o izpolnjevanju zahtev glede mehanske odpornosti in stabilnosti manj zahtevnih objektov, ki jih brez ustreznih podlag podpisujejo vodje projektov iz vrst arhitektov in drugih strok. V upravnih enotah to sprejemajo delavci brez ustreznega gradbeniškega znanja. Opozoril je tudi na po njegovem mnenju preširoko tolmačenje glede del v javno korist, ki se uporablja pri infrastrukturnih objektih. Pri tem so kriteriji za projektante vzdrževalnih del prenizki. Po njegovem mnenju je najbolj pomemben razlog za neusposobljenost posameznikov neobstoje vzgoje mladih strokovnjakov, kar je bilo včasih uveljavljeno v večjih podjetjih. Posledično lahko vsak dela vse.

**Dejan Prebil** je povedal, da je stroka v okviru IZS nasprotovala rešitvi z izjavo, vendar pri zakonodajalcu ni bila upoštevana.

**Marjan Ortar** je menil, da je za stanje v gradbenih podjetjih krivo predvsem to, da so se v njih najbolj uveljavili »mešetarji«, stroka pa ni več pomembna. Na gradbiščih kvalificiranih delavcev skoraj ni več.

**N. N.** je podobno zaskrbljena zaradi stanja na gradbiščih. Čeprav smo v zadnjih dvajsetih letih posodabljali predpise, se je stanje na gradbiščih stalno slabšalo.

Na vprašanje **Dejana Prebila** o uporabnosti Pravilnika o tehničnih normativih za sanacijo, ojačitve in rekonstrukcijo objektov visoke gradnje, ki jih je poškodoval potres, ter za rekonstrukcijo in revitalizacijo objektov visoke gradnje iz leta 1985 je **Milan Prša** odgovoril, da so ga pred leti koristno uporabili pri rekonstrukciji gradu pri Dravogradu.

Posvet je bil zaključen ob 16. uri.

Posnetek posveta najdete na <http://www.izs.si/e-izobrazevanja/strokovni-dogodki/rekonstrukcije-objektov-z-vidika-mehanske-odpornosti-in-stabilnosti-objektov-2912018/>.

**Dejan Prebil, univ. dipl. inž. grad.**  
**prof. dr. Janez Duhovnik, univ. dipl. inž. grad.**

**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**

vabi člane na

**REDNO SKUPŠČINO,**

ki bo v četrtek, 31. maja 2018, s pričetkom ob 13. uri, v prostorih Hotela Evropa, Krekov trg 4, Celje.

Predsednik ZDGITS  
doc. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad.

# NOVI DIPLOMANTI

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Gašper Zupanc**, Reševanje toplotnega udobja v lahkih montažnih objektih z uporabo PCM snovi v gradbenih materialih, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentor doc. dr. Uroš Stritih; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100090>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Duje Čajo**, Predlog varovalnih ukrepov pred padajočim kamenjem in skalnimi podori za zahodni del mesta Omiš, Hrvaška, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor izr. prof. dr. Janko Logar; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100577&lang=slv>

**Denis Bojanc**, Parametrizacija elementov bivalnih kontejnerjev za projektiranje v BIM, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor doc. dr. Franc Sinur; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100578&lang=slv>

**Nejc Filipič**, Avtomatizirano preverjanje skladnosti stavb s predpisi na osnovi modelov BIM, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100579&lang=slv>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

**Mija Sušnik**, Predelava vremenskih podatkov za program TCD, mentor doc. dr. Mitja Košir, somentor izr. prof. dr. Jorgen Erik Christensen; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100576&lang=slv>

**Dora Kovač**, Analiza toplotnega odziva stavbnega pohištva Vile Zlatica in predlog prenove, mentor doc. dr. Mitja Košir, somentor asist. Luka Pajek; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100215>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM OKOLJSKO GRADBENIŠTVO

**Pavel Janko**, Variantna analiza možnosti izrabe energetskega potenciala na mejni Muri, mentor doc. dr. Andrej Kryžanowski, somentor mag. Igor Čuš; <https://repozitorij.uni-lj.si/Iskanje.php?lang=slv>

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Gorazd Kunšek**, Eksperimentalna analiza mrazoobojnih betonov z dodatkom EFP in reciklirane gume, mentor izr. prof. dr. Andrej Ivanič, somentor izr. prof. dr. Samo Lubej; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=69818&lang=slv>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVA

**Irena Antolin**, Vizualizacija odseka vodotoka za namene hidrološko hidravlične presoje, mentorica doc. dr. Janja Kramer Stajniko; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=69935&lang=slv>

**Matija Ploh**, Piezoelektrične voziščne konstrukcije, mentor izr. prof. dr. Bojan Žlender, somentor dr. Stanislav Lenart; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=69910&lang=slv>

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

### II. STOPNJA – INTERDISCIPLINARNI MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

**Žiga Polanec**, Toplotne izgube in analiza stroškov izvedbe izolacije toplotnih mostov in stavbnega pohištva, mentorja doc. dr. Anita Prapotnik Brdnik in doc. dr. Iztok Kolar; <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=69823>

Rubriko ureja • Eva Okorn, [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net)

# KOLEDAR PRIREDITEV

**6.-10.5.2018**

**2018 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference**

Nashville, Texas, Združene države Amerike  
[www.cementconference.org/](http://www.cementconference.org/)

**15.-17.5.2018**

**Structural Faults & Repair 2018 and European Bridge Conference 2018**

Edinburgh, Škotska  
[www.structuralfaultsandrepair.com/](http://www.structuralfaultsandrepair.com/)

**22.-24.5.2018**

**S.ARCH 2018 – The 5th International Conference on Architecture and Built Environment with AWARDS**

Benetke, Italija  
<http://s-arch.net/>

**6.-8.6.2018**

**3rd International Conference on Protection against Overtopping**

Grange-over-Sands, Velika Britanija  
<http://protections2018.org/Protections2018/homepage>

**7.-9.6.2018**

**XVI Danube-European Conference on Geotechnical Engineering**

Skopje, Makedonija  
[www.decge2018.mk/index.php](http://www.decge2018.mk/index.php)

**21.-22.6.2018**

**International Conference on Civil & Structural Engineering**

Pariz, Francija  
<https://civilengineering.enggconferences.com/>

**23.-24.7.2018**

**IASTEM - 423rd International Conference on Civil and Architectural Engineering (ICCAE)**

Bukarešta, Romunija  
<http://iastem.org/Conference2018/Romania/1/ICCAE/>

**1.-4.10.2018**

**Pacific Rim International Symposium INTERPRAEVENT 2018**

Toyama, Japonska  
<http://interpraevent2018.jp/>

**3.-5.10.2018**

**EEBPVIII - 8th International Conference on Environmental Effects on Buildings and People: Actions, Influences, Interactions, Discomfort**

Krakov, Poljska  
<http://psiw.org.pl/eebp8/>

**18.-19.10.2018**

**24. simpozij "Vodni dnevi"**

Portorož, Slovenija  
<https://sdzv-drustvo.si/vodni-dnevi/>

**28.-31.10.2018**

**IALCCE 2018 – The 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering**

Gent, Belgija  
[www.ialcce2018.org/#/home](http://www.ialcce2018.org/#/home)

**8.-11.4. 2019**

**World Construction Forum 2019**

»Buildings and Infrastructure Resilience«  
Ljubljana, Slovenija  
[www.wcf2019.org](http://www.wcf2019.org)

**11.-14.5.2020**

**14th Congress INTERPRAEVENT 2020**

Bergen, Norveška  
[www.interpraevent.at/?lng=4](http://www.interpraevent.at/?lng=4)

**2.-6.11.2020**

**5th World Landslide Forum**

Kjoto, Japonska  
<http://wlf5.iplhq.org/>

Rubriko ureja • **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net)