





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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, januar 2017, letnik 66, str. 1-24

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovška 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, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik  
**Dušan Jukič**  
**prof. dr. Matjaž Mikoš**  
IZS MSG: **Gorazd Humar**  
**Mojca Ravnikar Turk**  
**dr. Branko Zadnik**  
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**  
UM FG: **doc. dr. Milan Kuhta**  
ZAG: **doc. dr. Matija Gams**

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:

**950 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 všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:  
SI560201 7001 5398955

## 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

## In memoriam

stran 2

doc. dr. Milan Kuhta, univ. dipl. inž. grad.  
asist. Ana Brunčič, mag. inž. grad.

**PROF. DR. BRANKO S. BEDENIK, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD.**  
(6. 1. 1948–11. 12. 2016)

## Članki • Papers

stran 3

doc. dr. Matija Gams, univ. dipl. inž. grad.  
mag. Marjana Lutman, univ. dipl. inž. grad.  
Petra Triller, univ. dipl. inž. grad.  
dr. Tomaž Pazlar, univ. dipl. inž. grad.  
dr. Miha Kramar, univ. dipl. inž. grad.  
Andrej Anžlin, univ. dipl. inž. grad.

**POŠKODBE STAVB PO POTRESU V OSREDNJI ITALIJI 2016**  
DAMAGE TO BUILDINGS AFTER CENTRAL ITALY EARTHQUAKE 2016

stran 13

Miran Tekavec, univ. dipl. inž. grad.

**KONSTRUKCIJSKO PROJEKTIRANJE ICF-SISTEMA JUBHOME WALL**  
STRUCTURAL DESIGN OF ICF SYSTEM JUBHOME WALL



## Promocijski članek

stran 21

Ivi Čakš, univ. dipl. inž. up. mat.  
**OD KALKULACIJ DO BIM-a**

## Poročila s strokovnih in znanstvenih srečanj

stran 22

doc. dr. Primož Može, univ. dipl. inž. grad.  
izr. prof. dr. Jože Lopatič, univ. dipl. inž. grad.

**38. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE**

## Obvestila ZDGITS

stran 24

**PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE  
ZA GRADBENO STROKO V LETU 2017**

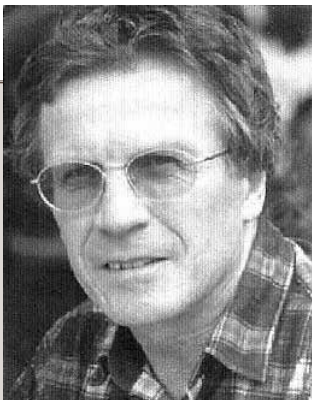
## Novi diplomanti

Eva Okorn

## Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Razgledni stolp Vivarium v Lendavskih gorica, foto: Janez Duhovnik



## IN MEMORIAM

### **PROF. DR. BRANKO S. BEDENIK, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD. (6. 1. 1948–11. 12. 2016)**

11. decembra 2016 je umrl sodelavec, prijatelj in učitelj, vneti glasbenik, inženir gradbeništva in redni profesor na Univerzi v Mariboru dr. Branko S. Bedenik.

Branko se je rodil 6. januarja 1948 v Mariboru. Po zaključeni osnovni šoli je šolanje nadaljeval na srednji gradbeni šoli v Mariboru in se leta 1966 vpisal na študij gradbeništva na Višji tehniški šoli v Mariboru. Leta 1970 je diplomiral in se vpisal na Fakulteto za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Študij je 1973. zaključil z diplomskim delom, izdelanim pri mentorju prof. dr. Milošu Marinčku. Po diplomi se je zaposlil v gradbenem podjetju Stavbar kot projektant konstrukcij in v svoje delo uvajal nove metode statične analize konstrukcij, predvsem z računalniškimi programi. Od leta 1976 je kot zunanji sodelavec asistent začel sodelovati s prof. Egonom Žitnikom na Visoki tehniški šoli Univerze v Mariboru in se 1978. na preimenovani Tehniški fakulteti tudi redno zaposlil. Znanosti se je zapisal leta 1983 z doktoratom z naslovom *Concrete under triaxial stresses and temperature change* na Imperial College of Science and Technology v Londonu. Leta 1984 je bil habilitiran v naziv docent. Raziskovalno se je ukvarjal predvsem z razvijanjem programske opreme za analizo konstrukcij in dimenzioniranje betonskih konstrukcij ter svoje delo strnil v programskem orodju Ocean. Med letoma 1987 in 1991 je bil vodja laboratorija in mentor stažista. Leta 1989 je bil izvoljen v naziv izredni profesor, leta 2001 pa v naziv redni profesor. Pedagoško in raziskovalno je sodeloval pri predmetih Osnove statike in trdnosti, Armiranobetonske konstrukcije, Osnove statike konstrukcij, Statika, Statika linijskih konstrukcij, Tehniška mehanika, Masivne konstrukcije, Mikroračunalnik v inženirski praksi, Reologija betona in Prednapeti beton. V slovenščini in angleščini je izdal učbenik Statika konstrukcij (*Analysis of Engineering Structures*). Med letoma 2007 in 2011 je bil predstojnik Katedre za gradbene konstrukcije in vodja Centra za gradbene konstrukcije. Konec leta 2010 se je upokojil.

Bil je mentor diplomskih del mnogih študentov, priljubljen predavatelj ter most med praktičnim gradbiščnim inženirstvom in teoretskimi idealizacijami pedagogike. Poleg mostov so njegovo življenje zaznamovali tudi mostički – tisti na kitarah. Že med študijem se je preživljal kot kitarist in pevec v popskupinah Mladi, The New Comes in After Eight, na fakulteti pa je leta 2006 soustanovil rok skupino pedagoških delavcev Sigma Epsilon, ki je igrala na brucevanjih in drugih prireditvah fakultete.

Na prvi pogled sicer droben, a vendar eden velikanov mariborskega gradbeniškega inženirstva:

tisti, ki je imel pogum in voljo,

tisti, ki je znal navduševati in pomagati,

tisti, ki je ta svet pustil za spoznanje lepši, kot ga je prejel.

**doc. dr. Milan Kuhta, univ. dipl. inž. grad.  
asist. Ana Brunčič, mag. inž. grad.**

# POŠKODBE STAVB PO POTRESU V OSREDNJI ITALIJI 2016

## DAMAGE TO BUILDINGS AFTER CENTRAL ITALY EARTHQUAKE 2016

doc. dr. Matija Gams, univ. dipl. inž. grad.  
mag. Marjana Lutman, univ. dipl. inž. grad.  
Petra Triller, univ. dipl. inž. grad.  
dr. Tomaž Pazlar, univ. dipl. inž. grad.  
dr. Miha Kramar, univ. dipl. inž. grad.  
Andrej Anžlin, univ. dipl. inž. grad.

STROKOVNI ČLANEK  
UDK 550.34:624.042.7(450)

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva ulica 12, 1000 Ljubljana

**Povzetek** | Konec avgusta 2016 je osrednjo Italijo prizadel potres z magnitudo 6,2 Mw in več močnimi popotresnimi sunki; povzročil je skoraj 300 žrtev in večjo gmotno škodo. Slaba dva meseca po potresu smo dobili priložnost, da obiščemo del prizadetega območja in si poškodbe ogledamo v živo. Glavnina prizadetih stavb je bila kamnitih zidanih, sodobnih stavb je bilo na obiskanem območju zanemarljivo malo. V prizadetih vaseh, ki sestavljajo naselje Arquata del Tronto, so skoraj vse starejše stavbe tako ali drugače poškodovane, vas Pescara del Tronto pa je skoraj v celoti uničena. Poškodbe so tipične za kamnite in slabo povezane stavbe, prevladujejo strižne poškodbe; stavbe z vezmi so se obnašale bolje kot tiste brez. V prispevku so podatki o potresu, predstavitev tipičnih poškodb zidanih stavb, poškodbe dveh skeletnih armiranobetonskih konstrukcij in prikaz načinov interventnega popotresnega opiranja močno poškodovanih stavb. Ključne besede: potres, Arquata del Tronto, tipične potresne poškodbe, zidane stavbe, armiranobetonski okvirji, opiranje

**Summary** | At the end of August 2016 an earthquake with a magnitude of 6.2 Mw hit Central Italy, followed by many strong aftershocks, which caused nearly 300 casualties and extensive damage. Less than two months later we had the opportunity to visit part of the affected area and see the seismic damage live. The majority of the affected buildings, seen in the field, were stone masonry buildings; there were almost no modern buildings in the area. Almost all of the buildings in the affected villages, which belong to the region Arquata del Tronto, are more or less damaged, while the village Pescara del Tronto is almost completely ruined. The damage observed is typical for stone and poorly connected buildings, dominated by shear damage. It turned out that buildings with r.c. columns behaved better than those without them. The article presents the earthquake data, typical earthquake damage of brick buildings, damage of two skeletal reinforced concrete structures and shows possible methods for interventional supporting of strongly damaged buildings.

Key words: earthquake, Arquata del Tronto, typical earthquake damage, masonry buildings, reinforced concrete frames, shoring

## 1 • UVOD

## 1.1 Avgustovski in oktobrski potresi v osrednji Italiji

V sredo, 24. avgusta 2016, v zgodnjih jutranjih urah je osrednjo Italijo stresel potres z magnitudo 6,2  $M_w$  (USGS). Epicenter potresa je bil približno 45 km severno od L'Aquile (slika 1). Ker je bilo žarišče potresa plitko (globina približno 4 km (USGS)), je bil večji del potresne energije sproščen na razmeroma majhnem območju. Največji izmerjeni vodoravni pospešek tal je bil 70 % gravitacijskega pospeška. Močno gibanje tal je trajalo približno 10 sekund, potres pa je imel tudi pomembno vertikalno komponento gibanja (slika 2b). Spekter pospeškov je podoben Evrokodovemu (SIST) in ima največjo ojačitev pospeškov v območju visokih frekvenc. Te frekvence so tipične za toge stavbe, kakršne so nizke in stenaste zidane stavbe.

Intenziteta potresa v epicentru, ki se določa glede na poškodbe stavb, je bila ocenjena z IX. stopnjo od dvanajstih po modificirani Mercallijevi lestvici (MMI). Po tem merilu je potres primerljiv s furlanskim (1976) in ljubljanskim (1895) (preglednica 1).

Potresu so sledili številni popotresni sunki. Do 30. avgusta je bilo zabeleženih kar 2500 popotresnih sunkov, od katerih je imelo kar 13 sunkov večjo magnitudo od 4,0 (slika 4). Za primerjavo je podatek, da je bilo v Sloveniji od leta 1960 zaznanih 35 potresov z  $M_w > 4,0$ . Konec oktobra je isto območje stresla še serija



Slika 1 • Lokacija potresa 24. 8. 2016 z  $M_w=6,2$  (USGS, 2016). Konture na sliki prikazujejo intenziteto potresa, rdeča linija pa tektonske plošče.

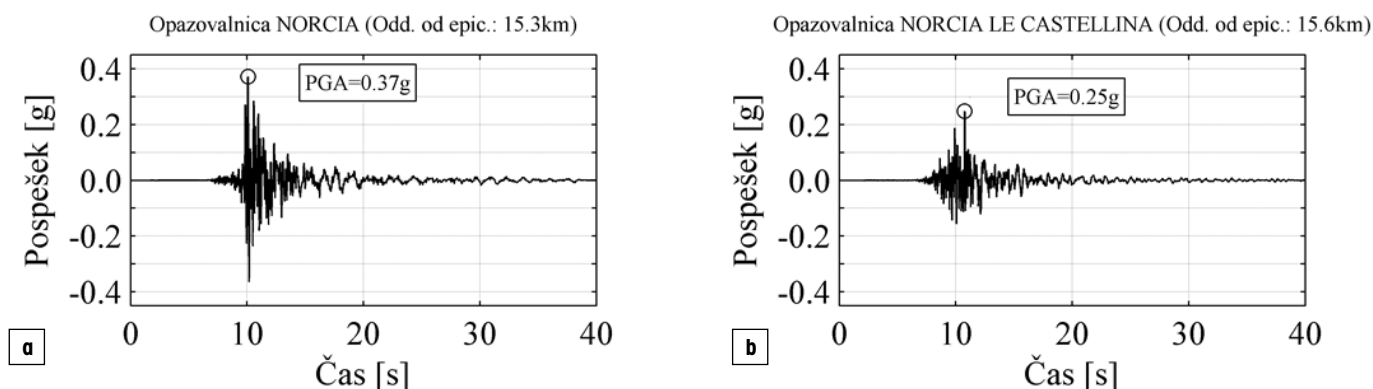
treh potresov, zopet s plitkim žariščem (preglednica 1). V nedeljo, 30. oktobra, pa je bil z magnitudo 6,5 zabeležen celo najmočnejši sunek tal v Italiji v zadnjih 36 letih (slika 4). Žarišča avgustovskih in oktobrskih potresov

so bila opažena na prelomnici, ki poteka vzdolž Apeninov. Prizadetemu območju bližnja potresa v Umbriji iz leta 1997 in L'Aquili iz 2009 sta bila posledica premikov iste aktivne prelomnice.

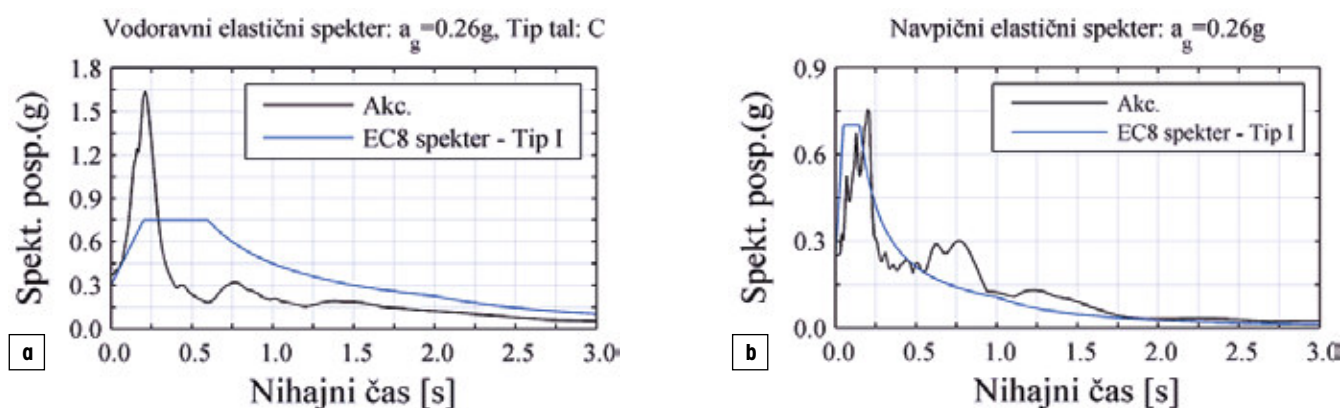
| Območje   | Datum        | Magnituda $M_w$ | Globina žarišča (km) | Maksimalna intenziteta po MMI | Maksimalni pospešek tal (%g) |
|-----------|--------------|-----------------|----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Slovenija | 14. 04. 1895 | 6,1             | 16                   | VIII-IX                       | /                            |
|           | 06. 05. 1976 | 6,5             | 10                   | VIII-IX*                      | /                            |
| Italija   | 24. 08. 2016 | 6,2             | 4                    | IX                            | 73                           |
|           | 24. 08. 2016 | 5,6             | 3                    | VII-VIII                      | 17                           |
|           | 26. 10. 2016 | 5,5             | 10                   | VII-VIII                      | 57                           |
|           | 26. 10. 2016 | 5,6             | 10                   | VIII-IX                       | 35                           |
|           | 30. 10. 2016 | 6,6             | 10                   | IX                            | 49                           |

\* Maksimalna intenziteta, dosežena v Sloveniji. Žarišče zunaj meja Slovenije.

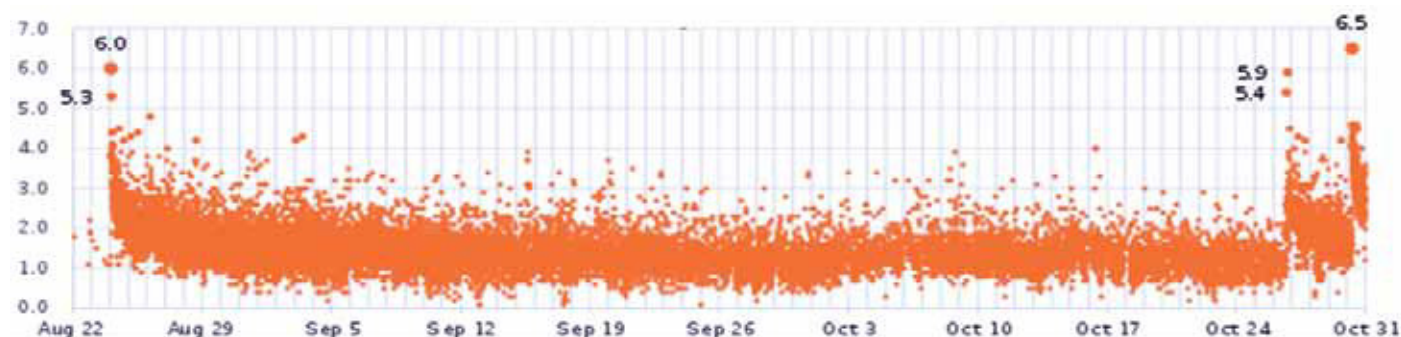
Preglednica 1 • Seznam potresov z  $M_w \geq 5,5$ , izmerjenih v osrednji Italiji v obdobju od avgusta do novembra 2016 (USGS, 2016), in dveh referenčnih potresov v Sloveniji (Ribarič, 1981)



Slika 2 • Potresni zapis za vodoravno (a) in navpično smer (b) (USGS, 2016). Zabeleženo 15,3 km oddaljena od epicentra na opazovalnici Norcia.



Slika 3 • Elastični spekter na tleh tipa C za vodoravno (a) in navpično smer (b) ter primerjava z Evrokodovim (SIST, 2005) elastičnim spektrom odziva tipa I pri projektnem pospešku  $a_g=0,26$  g s povratno dobo 475 let na lokaciji opazovalnice (Geostru, 2016).



Slika 4 • Meritve magnitud v osrednji Italiji v obdobju od 22. avgusta do 31. oktobra 2016 (Wikipedia, 2016).

## 1.2 Ogled poškodb po avgustovskem potresu

Sredi oktobra 2016 smo se raziskovalci Zavoda za gradbeništvo Slovenije (ZAG) in Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani (FGG) odpravili na ogled poškodb avgustovskega potresa. Obisk nam je omogočil profesor Robert Capozucca s Fakultete za

gradbeništvo iz Ancone, ki nas je tudi vodil po prizadetem območju. Ogledali smo si vasi Borgo, Pretare in Pescara del Tronto, ki skupaj tvorijo naselje oz. krajevno skupnost Arquata del Tronto. Naselje je približno 30 km oddaljeno od mesta Amatrice, kjer je bilo največ žrtev in materialne škode. Ker je prizadeto območje zaprto za obiskovalce, so nas

pri ogledu spremljali gasilci in predstavniki civilne zaščite. Vas Pescara del Tronto, kjer je med 298 žrtvami umrlo 39 ljudi, je v celoti uničena. Poškodbe so še toliko večje zaradi plazanja brežin med potresom in možnih poškodb zaradi diferenčnih posedkov pred njim. Vas pred avgustovskim potresom in po njem je prikazana na sliki 5.



Slika 5 • Vas Pascara del Tronto pred avgustovskim potresom (a) (Google Maps, 2016) in po njem (b).

## 2 • POŠKODBE STAVB

Večina poškodovanih stavb na prizadetem območju je starejših, pri katerih so nosilni zidovi kamniti. Grajeni so dvoslojno, v šibki malti z malo apnenega veziva. Poškodbe so utrpeli tudi starejše stavbe, pri katerih so nosilni zidovi grajeni iz polnih opečnih zidakov. Razvoj, oblika in obseg poškodb so bili tudi pri tokratnem potresu odvisni od zasnove nosilne konstrukcije, enakomernosti konstrukcijskih elementov po tlorisu in po višini stavbe, povezanosti nosilne konstrukcije in trdnosti zidovja. Morebitnih novejših stavb s povezanim zidovjem (ang. confined masonry), za katerega so značilne navpične vezi, na prizadetem območju nismo videli.

Pri maloštevilnih armiranobetonskih okvirnih stavbah, ki jih je poškodoval obravnavani potres, je bila pomanjkljiva povezava polnilnih zidov z okvirji in so bili slabo izvedeni ključni detajli.

Poleg naštetih pomanjkljivosti konstrukcij sta na poškodbe stavb vplivala tudi način temeljenja in stabilnost temeljnih tal.

### 2.1 Zidane stavbe

Ogled poškodb po potresu je potrdil znano dejstvo, da je povezanost nosilne konstrukcije (oz. t. i. škaflasta zasnova) tista lastnost zidane stavbe, ki omogoča celovitost delovanja konstrukcije med potresom ter ima ključen vpliv na razvoj poškodb in porušni mehanizem. Celovitost delovanja konstrukcije pomeni, da med potresom nastane usklajeno nihanje konstrukcijskih delov in prevladujočih poškodb zaradi obremenitev v ravnini zidov,

škaflasta zasnova pa pomeni, da so stene in stropi dobro povezani ter da so odprtine v stenah razmeroma majhne in pravilno razporejene. Povezanost zagotavljajo vodravne vezi (in v splošnem tudi navpične vezi), ki medsebojno povezujejo nosilne zidove, in sidra, ki povezujejo zidove s stropi. Če stavbe niso povezane, lahko prevladujejo poškodbe zaradi obtežbe pravokotno na ravnino zidov, kar privede do ločevanja posameznih delov in nastanka porušitev pri bistveno manjših potresnih silah kot pri povezanih konstrukcijah.

Opazili smo tudi razlike med posameznimi stavbami. Najbolj so bila poškodovana slabo vzdrževana gospodarska poslopja, kjer je zidovje posebno slabe kakovosti, bistveno manj so bile poškodovane utrjene in povezane stavbe.

V tem prispevku smo poškodbe zidanih stavb razdelili v tri skupine. V prvi so poškodbe, ki so nastale zaradi obremenitev pretežno v ravnini zidov, v drugi skupini so poškodbe, ki so nastale zaradi obremenitev pretežno prečno na ravnino zidov, v tretji pa so poškodbe zaradi drugih, prav tako pomembnih razlogov.

#### 2.1.1. Poškodbe zaradi obremenitev pretežno v ravnini zidov

Največ poškodb je bilo t. i. diagonalno strižnih, pri katerih nastanejo razpoke v obliki križa. Take poškodbe smo v večji ali manjši meri opazili na skoraj vseh stavbah, ki so še stale in so bili njihovi zidovi ustrezno povezani z drugimi deli konstrukcije.

Diagonalne strižne poškodbe se tipično pojavijo v pritličju (slika 6), a kadar se v stavbi spremeni geometrija po višini, se poškodbe lahko pojavijo tudi višje (slika 7a).

Dodatni in pogost razlog za nastanek največjih strižnih poškodb je, da so v pritličju odprtine večje kot v višjih nadstropjih. Tipičen primer takšne stavbe je prikazan na sliki 6b, kjer so se največje diagonalne razpoke pojavile v pritlični etaži, v zgornjem nadstropju pa so strižne poškodbe občutno manjše. Prevladujočih strižnih poškodb nismo opazili na stavbah, katerih zidovi so razpadli oz. se razslojili, ter na stavbah s slabo povezanostjo zidov in posledično porušitvijo zidov iz njihove ravnine.



Slika 6 • Značilne diagonalne strižne razpoke v pritličju.





Slika 7 • Tipične diagonalne strižne razpoke v nadstropju (a) in v pritličju (b).

### 2.1.2 Poškodbe zaradi obremenitev prečno na ravnino zidov

Poškodbe zaradi obremenitev pravokotno na ravnino zidov se pojavijo v zidovih, ki niso ustrezno povezani s stropnimi konstrukcijami. To pomeni, da nimajo vgrajenih horizontalnih vezi ali pa so te vezi slabše kvalitete (neustrezna zasnova in materiali, slabo opravljeno sidranje ...). Tipično se takšne poškodbe pojavijo v višjih etažah in

v najslabšem primeru lahko zidovi celo (iz) padejo izven svoje ravnine (slika 8a). Takšne poškodbe so zelo nevarne za ljudi v stavbi in ob njej, saj zid lahko pade v stavbo ali iz nje. Na tak način se lahko porušijo obodni, a tudi predelni ali nosilni zidovi v notranjosti stavb. Če obtežba ni dovolj velika, da bi zid izgubil stabilnost, se zid med potresom izboči in pojavijo se navpične razpoke v zidovih (slika 8b). Taki zidovi so zelo občutljivi za

popotresne sunke, saj je njihova odpornost v ravnini zidu in pravokotno nanjo občutno zmanjšana. Poškodbe oz. razpoke pa so lahko tudi drugačne. Včasih želi izpasti iz svoje ravnine cel del stavbe. Na sliki 7c se vidi, da obstaja nevarnost izgube stabilnosti celega vogala stavbe. Razpoke praviloma sledijo oslavitvam v zidovih, kot so okenske ali vratne odprtine, globlji utori inštalacij ipd.



Slika 8 • Izpad zidu iz lastne ravnine (a), pojav navpičnih razpok (b) ter izguba stabilnosti in ločevanje zidov (c).

### 2.1.3 Druge potresne poškodbe

Poleg tipičnih razpok se v konstrukcijah, ki niso dobro povezane ali pa imajo kakšne druge napake, lahko pojavijo tudi druge vrste poškodb. Na sliki 9a je prišlo do zdrsa med armiranobetonsko stropno konstrukcijo in zidom nad njo. Ta stik je običajno šibkejši od spodnjega stika plošče z zidovjem zaradi vpliva teže plošče in betona, ki pri betoniranju

plošče zalije votline zgornje vrste zidakov. Zdrs se je najverjetneje (v kombinaciji z drugimi poškodbami) zgodil tudi pri stavbi, prikazani na sliki 9b. To je možna poškodba tudi pri sodobnih zidanih stavbah brez navpičnih vezi, kjer se gradi zidovje na gladek beton stropne plošče. Območje, ki smo si ga ogledali, je leta 1994 prizadel šibek potres z epicentrom v kraju Accumoli. Nekatere izmed stavb so

po tem potresu sanirali in utrdili. Stavba s potresnimi vezmi na sliki 9c je potres kljub močnim poškodbam preživela po zaslugi potresnih vezi.

V vasi Pescara del Tronto je potres povzročil plazenje zemljine. Stare stavbe s slabimi ali kamnitimi temelji so izredno občutljive za take pojave, in to je bil vzrok za porušitev marsikatero izmed njih (slika 10a).



Slika 9 • Zdrs med zidom in stropno konstrukcijo (a), poškodbe različnih tipov (b) in stavba z vodoravnimi vezmi, ki je preživela potres (c).

Medtem ko so bile stavbe v vasicah Pretare in Borgo poškodovane v takšni meri, da je za nekatere še smiselna sanacija, pa za vasico Pescara del Tronto tega ne moremo trditi, saj

je mnogo tamkajšnjih stavb porušenih v celoti (slika 10b). Take porušitve so tragične zaradi svojih posledic, po drugi strani pa nam, če ne poznamo načrtov, skoraj prav nič ne povedo

o tem, kaj je bilo pri tej stavbi narobe in kaj je bil razlog za porušitev. Največ se naučimo iz nepoškodovanih in zmerno poškodovanih stavb.



Slika 10 • Posledice zemeljskega plazu (a) in primer katastrofalne porušitve celotne stavbe (b).

### 2.2 Armiranobetonski okviri

Armiranobetonskih konstrukcij je bilo na prizadetem območju razmeroma malo. Dva primera poškodb armiranobetonskih okvirov s polnili smo opazili v neposredni bližini vasic Pescara del Tronto (sliki 11 in 12). Stavbi sta postavljeni na nagnjenem terenu, zato je spodnja etaža (oz. klet) delno vkopa-

na. V stavbi na sliki 11 na pogled izstopa vogalni steber v spodnji etaži, ki je povsem nepoškodovan. K temu so verjetno pripomogle vkopanost etaže in močne armiranobetonske stene, vkopane kleti, ki so prevzele večji del obtežbe. Glavnino poškodb v konstrukciji predstavljajo poškodbe polnil v pritlični etaži. Polnila so ponekod izpadla iz ravnine, v neka-

terih primerih pa so vidne strižne razpoke v ravnini.

Kljub velikim poškodbam polnil in razmeroma slabim detajlom (majhno število stremen v stebrih) je armiranobetonski okvir v splošnem nepoškodovan, opazen je le začetek razvoja plastičnega členka ob vpetju (odpadanje krovne plasti betona). Možno je, da je šibko

polnilo odpovedalo zelo hitro in se je s tem povečala podajnost konstrukcije. Zaradi tega so se posledično zmanjšale potresne sile in stebri se niso močno poškodovali. Druga možnost je, da so se zidna polnila poškodovala pred nastankom večjih potresnih sil in tako delovala kot dušilci, ki so s poškodbami sipali energijo (Tomažević, 2009). Podobne poškodbe kot v prejšnjem primeru je utrpela sosednja stavba, ki je od prejšnje oddaljena približno 50 m (slika 12). Tudi v tem primeru je večina poškodb nastala v pritlični etaži. V nasprotju s prejšnjim primerom se je poleg polnil bolj poškodovala tudi armiranobetonska konstrukcija – nastal je plastični členek na stiku stebra in grede v pritličju (slika 12b). Členek se je obnašal neustrezno, saj se je stebel izmaknil iz svoje osi. Poškodba kaže na neustrezno projektiranje

(razvoj členka v stebri namesto v gredi) in slabo izvedbo detajlov (v območju členka in vidnih stremen).

Porušitev elementa (kot je prikazana na sliki 12b) bi lahko preprečili, če bi armaturo konstruirali v skladu z zahtevami za zagotovitev lokalne duktilnosti po Evrokodu 8. Ključni ukrep je uporaba gostih stremen v kritičnih območjih elementov (običajni razmik med stremeni v kritičnih območjih stebrov srednje duktilnosti je 7,5 cm, v porušenem stebri pa so stremena na razdalji ca. 30 cm). Druge napake, ki smo jih opazili, so: stremena niso bila pravilno zaprta (treba jih je zapirati pod kotom 135°), čez vozlišče ni šlo dovolj vzdolžnih palic (namesto najmanj osmih so šle čez vozlišče le štiri), v vozlišču ni bilo strižne armature (stremen), preklopi na kritičnih območjih.

Kot se je pokazalo v opisanih primerih, so zidana polnila najbolj ranljiva v pritličjih stavb, kjer je potresna obtežba največja. Zaradi porušitve polnil v pritličju med potresom lahko nastane t. i. mehko pritličje, ki ima lahko hude posledice za obnašanje celotne konstrukcije (Tomažević, 2009). Evrokod 8 zato priporoča, da se stebri pritličja vzdolž celotne višine obravnavajo kot kritično območje, ki se temu primerno objame s stremeni. Del stebra, na katerega nalega sila iz diagonale v modelu polnila, je treba preveriti na prečno silo, ki je enaka strižni odpornosti zidnega polnila, oz. iz mehanizma upogibne porušitve stebra. Za omejitev poškodb polnil Evrokod 8 priporoča utrditev polnil s tankimi mrežami, zidnimi vezmi ter navpičnim in vodoravnimi armiranobetonskimi vezmi v zidnem panelu.



Slika 11 • Armiranobetonska konstrukcija pred potresom 24. 8. 2016 (a) (Google Maps, 2016) in po njem (b).



Slika 12 • Armiranobetonska konstrukcija pred potresom 24. 8. 2016 (a) (Google Maps, 2016) in po njem (b).

### 3 • INTERVENTNO OPIRANJE MOČNO POTRESNO POŠKODOVANIH STAVB

Spontani odziv prebivalcev po naravnih nesrečah je zaščita njihovega premoženja, kolikor to dopuščajo razmere. V skrbeh pred dodatnimi poškodbami delno poškodovanih zgradb, ki bi jih utegnili povzročiti popotresni sunki, gasilci, vojska in enote civilne zaščite skupaj s prebivalci običajno skušajo delno poškodovane zgradbe začasno podpreti in tako preprečiti nadaljnjo škodo, hkrati pa preprečiti, da bi nadaljnje porušitve ovirale oz. onemogočile promet. Običajno se pri tem

uporabi material, največkrat les oz. okroglice, ki so na voljo v zadostnih količinah. Z lesom se največkrat opirajo oz. razpirajo odprtine v zgradbah (okna, vrata) oz. celotne stene stavb, vselej pa se s ponjavami – tam, kjer je smiselno – poskrbi tudi za zaščito pred padavinami. Zavedati se je treba, da je proces obnove v potresu poškodovanih zgradb običajno dolgotrajen.

Lzdelava opornih oz. podpornih konstrukcij je vedno povezana z vprašanji njihovega

dimenzioniranja, tako nosilnih elementov kot tudi stikov. Glede na pogostost potresov in njihovih posledic je po potresu v L'Aquila leta 2009 italijansko notranje ministrstvo v okviru gasilskega poveljstva oz. poveljstva civilne zaščite pripravilo priročnik STOP (Schede Tecniche per le Opere Provisionali) kot praktičen pripomoček enotam zaščite in reševanja. Priročnik vsebuje grafične prikaze tipičnih primerov opiranja oz. podpiranja najbolj tipičnih konstrukcijskih sistemov (npr. stene, plošče, balkoni, odprtine, oboki ...) s pomočjo žaganega masivnega lesa za različne dimenzije stavb, za različne podlage (npr. toga tla, podajna tla, opiranje v tla, v sosednje objekte ...) in za različne poškodbe (nagib, izbočenje ...). Dodatno sta obravnavani tudi objemanje oz. zategovanje objektov z jeklenimi vrvmi in poliestrskimi zategovalnimi pasovi ter spenjanje zidov. Prikazani načini opiranja so obravnavani parametrično – poleg dimenzij nosilnih elementov so obravnavani tudi stiki in načini temeljenja oporne konstrukcije tako, da je praktično možna postavitve oporne konstrukcije na podlagi podatkov iz preglednic (slika 13), brez dodatnih izračunov. Vsi načini so bili računsko ovrednoteni – oporne konstrukcije sicer na prvi pogled morda delujejo relativno masivno, vendar je pri tem treba upoštevati tudi njihovo funkcijo. Priročnik je prosto dostopen na spletu (<http://www.vigilfuoco.it>).

Območja, ki smo si jih ogledali, so bila relativno močno poškodovana, stavbe so bile prazne. Večina ogledanih stavb je bila preveč poškodovanih, da bi bila obnova smiselna, pomembnejših kulturnozgodovinskih zgradb pa nismo opazili. Zato je bilo izvedeno interventno opiranje uporabljeno predvsem za namene zagotovitve dostopa, to je prevoznosti prometnic. Na sliki 14a je prikazano opiranje dvoetažne zgradbe s stekajoče postavljenimi oporniki in zavarovanjem odprtin v zgradbi. Jeklena konstrukcija je namenjena predvsem zavarovanju pred padajočimi strešniki. Na stavbi, prikazani na sliki 14b, je očitno bila nevarnost izpada zidu iz ravnine, zato je bil skoraj celoten zid obdan z deskami, stavba pa v nivoju etaž objeta oz. zategnjena z jeklenimi vrvmi. Obe stavbi sta neposredno ob prometnici – če so bile stavbe nekoliko odmaknjene, je smiselno ščititi le prometnico (slika 14c). Ne glede na obseg naravne nesreče je smiselno, da se ukrepi ne izvajajo stihijsko, temveč so premišljeni, tako kot je bilo videno v osrednji Italiji. Poleg potresno varne gradnje je eden najpomembnejših ukrepov za preprečevanje in zmanjšanje posledic potresa načrtovanje

Ministry of Interior – CNVVF, Italian National Fire Service  
Coordination team for temporary works  
**Shoring Templates and Operating Procedures**  
for the support of buildings damaged by earthquakes

**TOGI OPORNIK NA TOGI PODLAGI: splošna priporočila** STOP-PR/B

**R1**

**Preglednica 2 – Dimenzije glavnega togega opornika (cm x cm) za tip R1**

| R1<br>H<br>2.0-3.0 m            | debelina zidu $s_m$  | $s \leq 0,6$ m |         |          |         | $0,6 - 1,0$ m |         |          |         |
|---------------------------------|----------------------|----------------|---------|----------|---------|---------------|---------|----------|---------|
|                                 |                      | razred A       |         | razred B |         | razred A      |         | razred B |         |
| potresni razred (Priloga 1)     |                      | razred A       |         | razred B |         | razred A      |         | razred B |         |
| dolžina horizontalnega opornika |                      | 1,5 m          | 2,5 m   | 1,5 m    | 2,5 m   | 1,5 m         | 2,5 m   | 1,5 m    | 2,5 m   |
| razmik med oporniki D           | D $\leq 1,5$ m       | 13 x 13        | 13 x 13 | 13 x 13  | 13 x 13 | 15 x 15       | 13 x 13 | 13 x 13  | 13 x 13 |
|                                 | 1,5 < D $\leq 2,0$ m | 15 x 15        | 13 x 13 | 13 x 13  | 13 x 13 | 18 x 18       | 15 x 15 | 15 x 15  | 13 x 13 |

V kolikor ni Aneksa 1, se uporabi potresni razred A

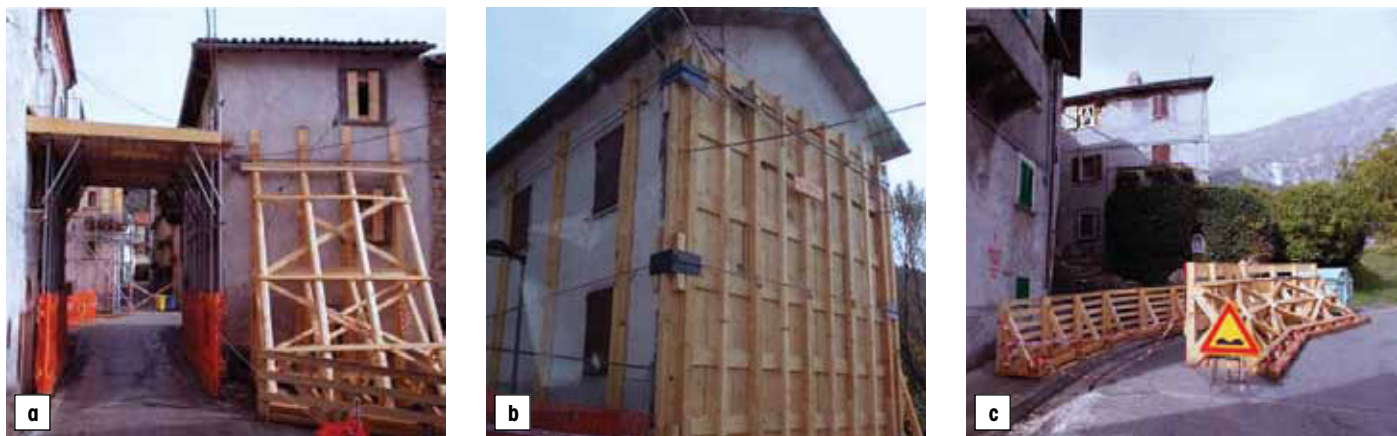
**Ostali elementi**

|                      |   |
|----------------------|---|
| horizontalni opornik | enako kot glavni opornik  |
| pokočnik             | enako kot glavni opornik  |
| prečnik              | 2 deski 2,5 x 12 cm z obeh strani pribiti/privijačeni na opornike s 3 vijaki $\phi$ 5x100 mm ali 3 žebli L=80mm     |
| diagonalne vezi      | deske 2,5 x 12 cm z obeh strani pribita/privijačena na opornike z 2 vijakoma $\phi$ 5x100 ali 2 žebli L=80mm        |
| horizontalne vezi    | tramovi 8 x 8 cm z obeh strani pribiti/privijačeni z 2 vijakoma $\phi$ 6x160 ali 2 žebli L=150mm                    |
| podložni plohi       | dimenzije 5 x 20 cm na razmiku največ 1m na zidovih brez odprtin, sicer se jih razvrsti glede na postavitve odprtin |

**PRAVILEN NAKLON GLAVNEGA OPORNIKA**

STOP 2010-05-25 EN 11 © CNVVF- Using allowed under CNVVF supervision PR 3/15

Slika 13 • Praktična navodila za opiranje zidovja po priročniku STOP (Vademecum STOP, 2016).



Slika 14 • Opiranje dvoetažne zgradbe s stekajoče postavljenimi oporniki (a), objetje stavbe z jeklenimi vrvmi (b) in zaščitna ograda ob prometnici (c).

učinkovitega delovanja sistema za zaščito, reševanje in pomoč. Tudi v Sloveniji imamo zato izdelane ocene tveganja, ogroženosti ter načrte zaščite, reševanja in pomoči ob različnih naravnih in drugih nesrečah na državnem, lokalnem (regijskem, občinskem nivoju) in mikronivoju (npr. šole, bolnišnice ipd). Za posamezno vrsto nesreče so pripravljene načrti prosto dostopni na spletni strani Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje ([www.sos112.si](http://www.sos112.si)).

ki temeljijo na oceni ogroženosti, različnih strokovnih podlagah in ocenjenih potrebah po silah in sredstvih za zaščito, reševanje in pomoč za reševanje in zaščito ljudi, živali, premoženja, kulturne dediščine in okolja ob nesreči oziroma za vzpostavitev osnovnih razmer za življenje po nesreči. Vzpostavitev sistema zaščite, reševanja in pomoči je le prvi korak, še pomembnejši je njegovo vzdrževanje, vključujoč izobraževanje

in usposabljanje vseh sil, ki delujejo v sistemu, prostovoljnih, poklicnih in enot civilne zaščite. Ker naravne nesreče ne poznajo meja, je poleg izobraževanj v domačem okolju aktualno tudi mednarodno sodelovanje. Tako je bilo v okviru evropskega projekta Matilda v izobraževanja na področju ocenjevanja konstrukcij po potresih in začasnega opiranja konstrukcij vključenih kar nekaj članov slovenskih enot zaščite, reševanja in pomoči.

#### 4 • ZAKLJUČEK

Bistven dejavnik ustreznega obnašanja zidanih konstrukcij je prisotnost horizontalnih zidnih vezi oz. povezanost zidov stavbe v celoto (škaflo). Le če je stavba dobro povezana, vsi zidovi skupaj prenašajo potresno obtežbo, in obnašanje med potresom je predvidljivo in ustrezno. Stare stavbe, ki niso bile kakovostno zgrajene in so bile brez horizontalnih vezi, so se obnašale slabo. Veliko je bilo porušenih do tal. Zelo pomemben dejavnik poškodb na prizadetem območju je bila izredno slaba kvaliteta gradnje.

Največ poškodb v stavbah s povezanimi zidovi je bilo strižnega tipa z diagonalnimi razpokami. Večina stavb, ki so preživele potres, je imela več ali manj takšnih poškodb. Slabo sezidane stavbe, v katerih zidovi niso

dobro povezani niti med seboj niti s stropnimi ploščami, so utrpeli poškodbe, tipične pri obremenitvah prečno na ravnine zidov. Bilo je tudi več primerov, ko so zidovi zaradi obremenitev prečno na svoje ravnine izgubili stabilnost in padli iz svoje ravnine.

Stavbe, ki so imele naknadno vgrajene potresne vezi, so prav tako utrpeli poškodbe, a se niso porušile. Stavbe, v katerih so lesene strehe in stropne nadomestili z masivnimi armiranobetonskimi ploščami, se niso obnašale dobro. Velika masa armiranobetonskih plošč je povzročila prevelike obremenitve za stare, šibke in slabo grajene zidove, ki so se zato bolj poškodovali ali porušili.

Armiranobetonska okvira s polnili sta se poškodovala v pritični etaži. Glavnina poškodb

je nastala v polnilih, ki so izpadla iz ravnine ali so se poškodovala v ravnini (strižne razpoke). Kljub velikim poškodbam polnil in razmeroma slabim detajlom so armiranobetonski okviri ostali večinoma nepoškodovani. Porušitev armiranobetonskih konstrukcij nismo opazili. Zaradi nepredvidljivosti popotresnih pojavov je bistveno zagotoviti dostopnost do prizadetih območij, in če je smiselno, preprečitev nadaljnje škode na objektih. Naloga enot zaščite, reševanja in pomoči je izbira prioritete in ustreznega pristopa na podlagi načrtov zaščite in reševanja, dejanskega obsega poškodb ter tudi pripravljenosti in usposobljenosti. Naj zaključimo, da so s principi predstavljenega sistematičnega začasnega opiranja seznanjene tudi slovenske enote zaščite, reševanja in pomoči, ki na podlagi mednarodnega sodelovanja znanje tudi redno izpopolnjujejo.

## 5 • LITERATURA

- Fischinger, M., Projektiranje potresnoodpornih armiranobetonskih konstrukcij – 1. del: Splošno in stavbe (skripta – delovna verzija), FGG, IKPIR, Ljubljana, 1999.
- Geostru PS, <http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>, pridobljeno 28. 11. 2016.
- Google Maps, Arquata del Tronto, <https://www.google.si/maps>, pridobljeno 10. 11. 2016.
- Ribarič, V., Seizmičnost Slovenije, Katalog potresov (792 n. e. – 1981), Publikacije Seizmološkega zavoda SR Slovenije, Serija A, št. 1, 649, 1981.
- SIST, SIST EN 1998-1, Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, SIST, Ljubljana, 2005.
- Tomažević, M., Potresno odporne zidane stavbe, Ljubljana, Tehnis: str. 301, 2009.
- USGS, U.S. Geological Survey, <https://www.usgs.gov/>, pridobljeno 8. 11. 2016.
- Wikipedia, August 2016 Central Italy earthquake, [https://en.wikipedia.org/wiki/August\\_2016\\_Central\\_Italy\\_earthquake](https://en.wikipedia.org/wiki/August_2016_Central_Italy_earthquake), pridobljeno 8. 11. 2016.
- Vademecum STOP – Shoring templates and operating procedures for the support of buildings, damaged by earthquakes, Ministry of Interior – Italian Fire service (<http://www.vigilfuoco.it/allegati/STOP/ManualeSTOP.pdf>), Roma, 2011. )

# KONSTRUKCIJSKO PROJEKTIRANJE ICF-SISTEMA JUBHOME WALL

## STRUCTURAL DESIGN OF ICF SYSTEM JUBHOME WALL

Miran Tekavec, univ. dipl. inž. grad.

miran.tekavec@jubhome.eu

JUBHome, d. o. o., Dol pri Ljubljani 28, 1262 Dol pri Ljubljani

STROKOVNI ČLANEK

UDK 624.131.55:699.841 (497.4)

**Povzetek** | V članku je predstavljena problematika konstrukcijskega projektiranja ICF-sistemov na potresno ogroženih območjih. Tovrstni sistemi običajno ne upoštevajo evropskih projektantskih standardov za potresnoodporno projektiranje. Pri razvoju novega slovenskega ICF-sistema JUBHome WALL je bilo opravljenih več eksperimentalnih raziskav obnašanja teh zidov pri ciklični obtežbi. Na podlagi rezultatov so bila podana navodila za potresnoodporno projektiranje.

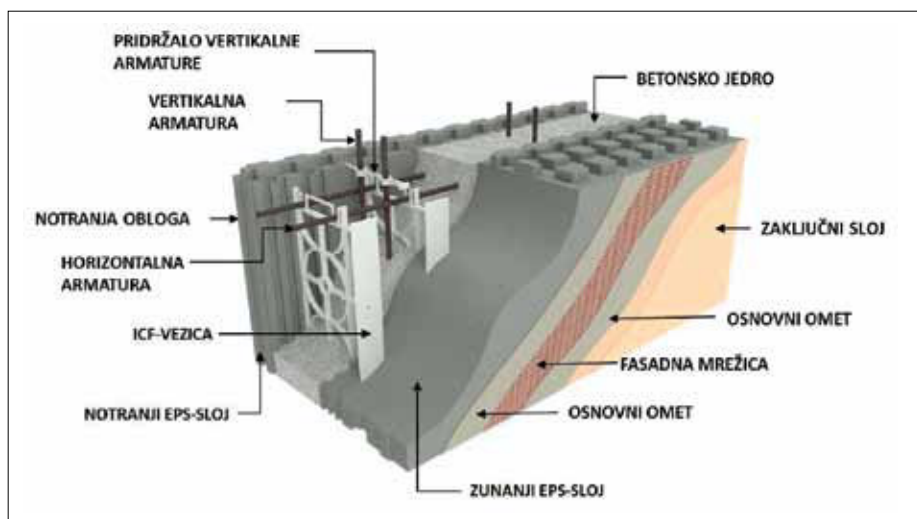
Ključne besede: ICF, JUBHome WALL, toplotna izolacija, expandirani polistiren, potres, potresnoodporno projektiranje, konstruiranje

**Summary** | The paper deals with the problems related to structural design of the ICF systems on seismic areas. This kind of structures usually do not take into account the European structural standards for earthquake resistant design. In the context of developing the new Slovenian ICF system JUBHome WALL, several experiments of horizontal cyclic loading on these walls were made. On the basis of the test results, guidelines for seismic resistant structural design were prepared. Key words: ICF, JUBHome WALL, thermal insulation, expanded polystyrene, earthquake, earthquake resistant design, structural design

### 1 • UVOD

S povečanim povpraševanjem po konstrukcijskih sistemih energijsko varčnih gradenj so se tudi pri nas pojavile tovrstne tehnologije, med katerimi se povečuje delež ICF-sistemov. Konstrukcijski sistemi ICF (Insulated Concrete Forms) so sistemi za gradnjo obodnih in notranjih armiranobetonskih nosilnih sten s pomočjo toplotnoizolativnih opažnih oblikovnikov (stenskih elementov), povečini izdelanih iz expandiranega polistirena (EPS).

Osnovni element stenskega sistema je linijski opažni element, pri katerem sta notranji in zunanji toplotnoizolacijski sloj med seboj povezana s polipropilensko (PP) vezico, ki hkrati služi za vodilo za horizontalno armaturo. Vertikalna armatura se vstavlja v nasadljiva PP-pridržala, nameščena v poljubni medsebojni razdalji (slika 1).



Slika 1 • Osnovni stenski opažni ICF-element s fasadno oblogo.

Osnovni namen teh sistemov je ob zagotavljanju visoke toplotne izolativnosti in funkcije opaženja združevanje gradbenoobrnitiških faz v eno in s tem krajšanje potrebnega

časa gradnje ter zniževanje stroškov najema opazne opreme in fasadnih odrov. Po strditvi betona je površina fasadnih in notranjih sten že pripravljena za finalno obdelavo.

V Evropi je na trgu več tovrstnih sistemov, ki se kljub sicer enotni regulativi projektirajo po različnih pristopih.

V Sloveniji je s Pravilnikom o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov pri vseh nosilnih konstrukcijah zapovedana uporaba načel in pravil Evrokodov, kar pri gradnji ICF-sistemov pomeni, da je treba tudi take konstrukcijske sisteme podrediti tem načelom. Pri potresnoodpornem projektiranju morajo ICF-stene, če jih prepoznamo kot ab konstrukcije, smiselno izpolnjevati pravila, navedena v EC8, npr. izpolnjevati minimalne pogoje armiranja, zagotavljati duktilnost, omejiti nivo osnih napetosti ipd.

Problem se pojavi pri nekritični uporabi evropskih sistemov na naših seizmično ogroženih območjih. Proizvajalci s seizmično neaktivnih območij se sicer izkazujejo z evropsko tehnično oceno, vendar ta v večini primerov ne opredeljuje rešitve pri potresni horizontalni obtežbi. Če ti sistemi ne omogočajo vgradnje armature skladno z načeli Evrokodov, niso skladni z našo regulativo.

## 2.2 Praksa

V splošnem se pri evropskih ICF-sistemih glede na lokalne pogoje in posebnosti uporabljajo vsi možni načini armiranja tovrstnih sten, od nearmiranih, armiranih v sredini, armiranih s samo vogalnimi armaturnimi koši do dvostransko armiranih sten z ojačitvenimi koši na križiščih, vogalih in zaključkih sten (slika 2).

Vsi ti načini armiranja so verjetno skladni z nacionalnimi regulativami držav proizvajalk, pri nas pa je edina možnost za ICF-sisteme, da jih v okviru nabora Evrokodov prepoznamo kot nosilne armiranobetonske konstrukcije in jih z vsemi pravili, ki sodijo k tem konstrukcijskim sistemom, pripravimo za uporabo pri projektiranju in izvajanju.

Če želimo ICF-sisteme razvrstiti kot armiranobetonske konstrukcijske sisteme po EC8, jih lahko glede na njihove posebnosti (horizontalno armiranje samo v višini oblikovnika, grupiranje armature mogoče le v vogalih, omejena debelina sten) prepoznamo le kot velike šibko armirane stene. Ker v Sloveniji s takimi sistemi nimamo lastnih izkušenj in poleg tega tudi standard EC8 o teh stenah ni nedvoumen, je za določitev obnašanja takih sten ob potresu treba z ustreznimi preizkusi pridobiti dodatna znanja.

## 2 • STANJE NA PODROČJU DIMENZIONIRANJA ICF-SISTEMOV

### 2.1 Evropska regulativa

Skladno z evropsko uredbo št. 305/2011 o gradbenih proizvodih morajo biti ICF-sistemi označeni s CE-znakom, proizvajalec pa mora za tovrstni proizvod podati izjavo o lastnostih. Ker za takšne sisteme ni harmoniziranega standarda, mora vsak proizvajalec ICF-sistemov pridobiti evropsko tehnično oceno (ETA), na katero se izjava o lastnostih sklicuje.

Kot evropski ocenjevalni dokument za ICF-sisteme služi ETAG 009 (Non load-bearing permanent shuttering Kits/Systems based on Hollow Blocks or Panels of insulating materials or concrete) iz leta 2002 (EOTA, 2002). Ta glede na zasnovo nosilnega armiranobetonskega (ab) jedra razvrsti sisteme na štiri tipe: z zveznim jedrom, mrežnim jedrom (ločenim s toplotnoizolacijskimi vložki), lamelnim jedrom,

in druge tipe jeder, ki jih ni mogoče razvrstiti med prve tri. Dimenzioniranje nosilnega jedra sten dokumentu prepušča projektantom, predpostavljeno pa je, da se to izvede skladno s projektantskim standardom EN 1992-1-1 (EC2) ali z nacionalno regulativo. Če določila v EC2 projektantom za izbrani tip jedra ne zadoščajo, dokument v Aneksu B predlaga algoritme za dimenzioniranje mrežnega tipa ab jeder ICF-sistemov.

Potresnoodporno projektiranje se praktično ne omenja. Dokument v poglavju o možnosti montaže armature opozori, da je treba na seizmičnih območjih omogočiti vgradnjo potrebne seizmične armature, pri algoritmu za izračun mrežnih tipov ab jeder pa zahteva, da se parametri seizmične nosilnosti pri izračunu nateznih diagonal povzamejo skladno z EN 1998-1 (EC8).



Slika 2 • Primeri vgradnje armature v ICF-stene evropskih ponudnikov, [http://www.quadlock.com/concrete\\_forms/insulated\\_concrete\\_forms\\_construction.htm](http://www.quadlock.com/concrete_forms/insulated_concrete_forms_construction.htm), 19. 12. 2016, <https://laconstructiondesmarais.wordpress.com/tag/beton/>, 19. 12. 2016, <http://maison-passive-alsace.blogspot.si/2012/07/coulage-beton-des-murs.html>, 19. 12. 2016.



### 3 • RAZVOJ IN TESTIRANJA ICF-SISTEMA JUBHOME WALL

Zaradi potreb trga po energijsko varčni gradnji je družba JUB razvila lasten ICF-sistem JUBHome WALL. Sistem je zasnovan tako, da ustreza načelom EC8 in omogoča vgradnjo betona in armature, potrebne za izpolnjevanje zahtev velikih šibko armiranih sten po tem standardu.

Pri razvoju je bilo v sodelovanju z inštitutom IK-PIR na FGG in ZAG opravljenih več testiranj na vzorcih sten z upogibnim in strižnim cikličnim načinom porušitve (slika 3). Pri vseh testiranjih so se spremljale razmere v mejnem stanju

pojava razpok, nosilnosti, blizu porušitve in ob porušitvi.

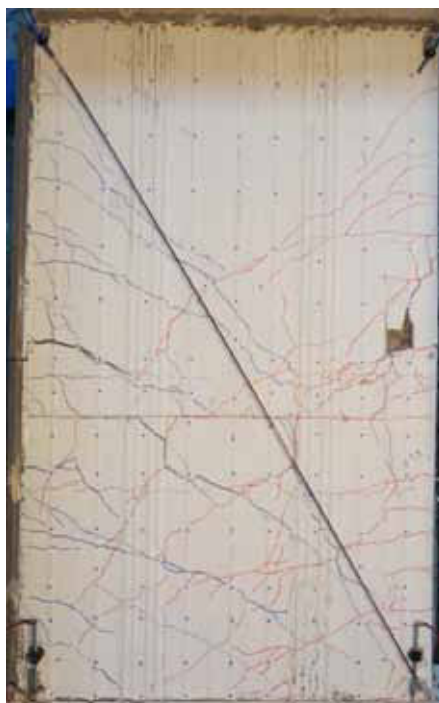
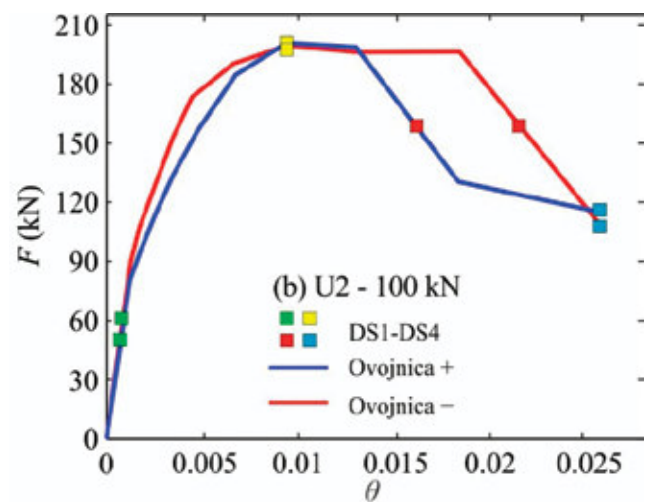
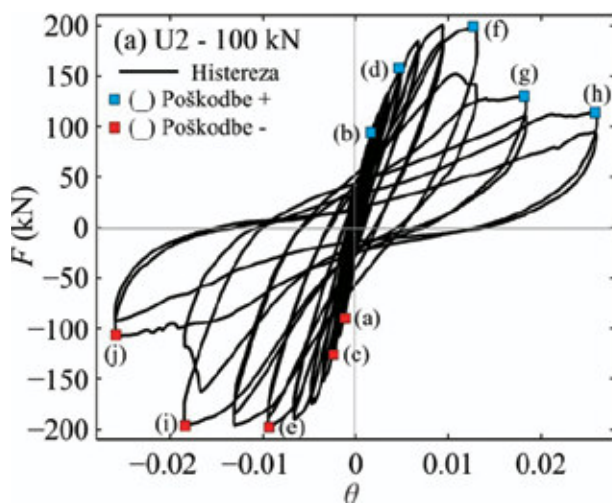
Preizkušanci za upogibne teste so bili izvedeni z delovnim stikom na sredini etaže, kot je navedeno v tehničnem listu proizvajalca. S tem je omejena hitrost betoniranja, kar zagotavlja sprejemljivo toleranco ravnosti sten za tankoslojne nanose ometov.

Na vzorcih se je poleg zasukov, histereznega obnašanja in faktorja dodatne nosilnosti spremljal tudi faktor negotovosti pri izdelavi. V ta namen je bilo nekaj vzorcev izdelanih z

vnaprej predvidenimi pomanjkljivostmi, npr. slabo vibriran beton, manjkajoče armaturne palice, ročno pripravljen beton ipd. (Dolšek, 2016a).

Vse testne stene, upogibne kot tudi strižne, so bile skladne s pravili za velike šibko armirane stene stopnje duktilnosti DCM, armirane z minimalno armaturo. V zaključkih sten so bili vgrajeni armaturni koši s palicami  $4\phi 12$  in stremenji  $\phi 6/10$  cm, v osrednjih delih sten pa palice  $2\phi 10/37,5$  cm v vertikalni in horizontalni smeri.

Rezultati so pokazali solidno obnašanje velikih šibko armiranih sten pri ciklični obtežbi in primerne faktorje dodatne nosilnosti za stene, in sicer 1,6 pri upogibu in 2,0 pri strigu.

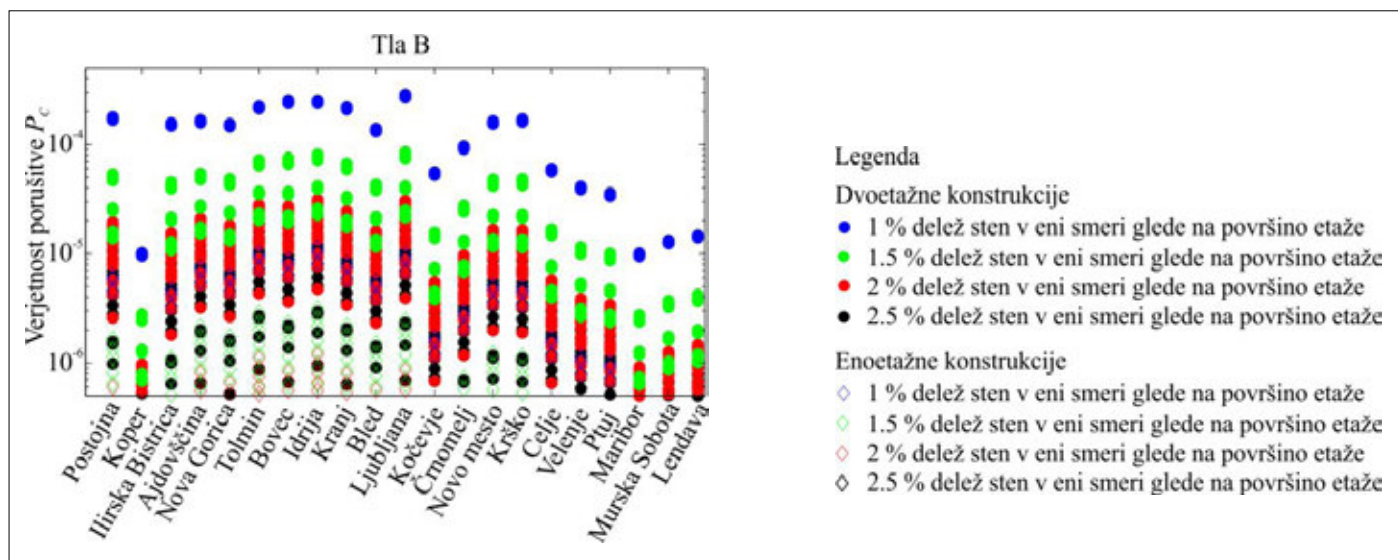


Slika 3 • Testiranje sten JUBHome WALL.

Na podlagi pridobljenih faktorjev dodatne nosilnosti in negotovosti pri gradnji je bila v nadaljevanju narejena nelinearna dinamična

analiza potresnega tveganja vzorčnih objektov. Generiranih je bilo 84 konstrukcij stavb, ki so bile deloma pritrilčne z mansardo, delo-

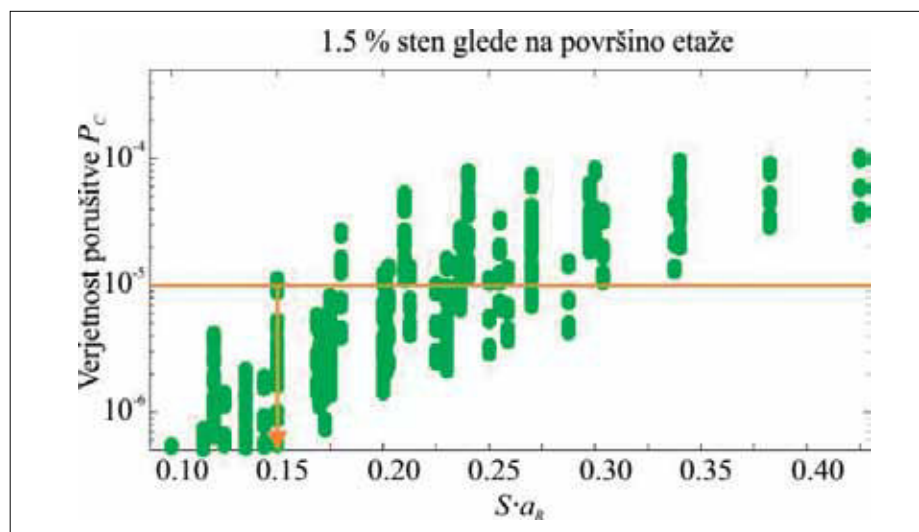
ma enonadstropne z mansardo, z različno tlorisno površino sten glede na bruto površino etaže in različno postavitvijo sten. Z neli-



Slika 4 • Primer vrednosti potresnega tveganja posameznih deležev sten za tla tipa B po lokacijah.

nearno dinamično analizo je bil spremljan odziv konstrukcij pri različnih intenzitetah potresne obtežbe, vse do porušitve. Potresna obtežba je bila simulirana s skupino 30 akcelorogramov pri vseh petih tipih tal in za 21 lokacij po Sloveniji. Za vsako izmed konstrukcij je bila določena vrednost potresnega tveganja, izraženega z letno verjetnostjo porušitve konstrukcije. Primer rezultatov za tla tipa B je na sliki 4.

Pri izbrani sprejemljivi verjetnosti porušitve ( $1 \cdot 10^{-5}$ ) je bil določen minimalni delež nosilnih sten v vsaki smeri glede na bruto površino objekta v odvisnosti od projektnega pospeška tal na izbrani lokaciji (slika 5 in preglednica 1). Ob upoštevanju teh deležev sten in drugih kriterijev pri zasnovi in konstruiranju, definiranih v nadaljevanju, je zadoščeno ciljnim zanesljivostim objekta po standardu EC8.



Slika 5 • Primer sprejemljivega pospeška tal na lokaciji za 1,5% delež sten.

## 4 • NAVODILA ZA PROJEKTIRANJE

Na podlagi računskih analiz in standardov EC2 in EC8 so bila pripravljena v nadaljevanju podana Navodila za potresno odporno projektiranje armiranobetonskih sten konstrukcijskega sistema JUBHome WALL (Dolšek, 2016b) (<http://jubhome.eu/tehnicka-podpora/jubhome-wall/navodila-za-projektiranje/>).

### 4.1 Zasnova objekta

- Predpisana je uporaba betona kvalitete najmanj C25/30 in armaturnega jekla najmanj B500 kvalitete vsaj razreda B.
- Konstrukcija ne sme biti torzijsko podajna, pravilna mora biti v tlorisu in po višini.

- Normirana osna sila  $v_d$  v primarnih potresnih stenah ne sme preseči 0,4.
- Debelina sten mora biti vsaj 15 cm.
- Konstrukcija na izbrani lokaciji mora v vsaki glavni smeri stavbe in v vsaki etaži imeti vsaj tolikšen delež sten, kot je določen v preglednici 1. Za nosilne stene upoštevamo vse stene, katerih dolžina je večja od 0,70 m in potekajo od temeljne plošče do nivoja obravnavane etaže. V

| Število etaž | Pospešek na lokaciji $a_{gR} S$ (g) |        |         |        |         |        |        |
|--------------|-------------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|
|              | < 0,125                             | < 0,15 | < 0,175 | < 0,20 | < 0,225 | < 0,25 | > 0,25 |
| 1            | 1 %                                 | 1 %    | 1 %     | 1 %    | 1 %     | 1 %    | 1,5 %  |
| 2            | 1 %                                 | 1,5 %  | 1,5 %   | 2 %    | 2,5 %   | 2,5 %  | 2,5 %  |

Preglednica 1 • Najmanjši delež nosilnih sten v eni izmed glavnih smeri, ki zagotavlja zadovoljitev pogoja o ciljni verjetnosti porušitve. Referenčni maksimalni pospešek tal  $a_{gR}$  ustreza potresu s povratno dobo 475 let.

zgornji etaži se upošteva tudi morebitna teža mansarde.

- Konstrukcija mora v vsaki glavni smeri stavbe izpolnjevati pogoj velikih šibko armiranih sten o vsaj dveh stenah minimalnih dolžin skladno s poglavjem EC8: 5.2.2.1(3).

#### 4.2 Analiza

- Pri analizi je treba upoštevati vpliv razpokanih prereзов. Če se ne opravi natančnejša analiza razpokanih elementov, je mogoče za elastično upogibno in strižno togost elementov šteti polovično vrednost ustrezne togosti nerazpokanih elementov.
- Za stene sistema JUBHome WALL se, če so izpolnjeni zgornji pogoji zasnove, uporablja osnovni faktor obnašanja  $q_0 = 2$ . V drugih primerih  $q_0 = 1,5$ .
- Potresna analiza konstrukcije se lahko naredi z vsemi metodami po EC8: z metodo s horizontalnimi silami, modalno analizo oziroma nelinearnimi metodami analize.
- Kontrola pomikov se izvede v skladu z EC8.

#### 4.3 Dimenzioniranje armature

- Količina armature na osnovi projektnih obremenitev se določa v skladu z EC2 in EC8. Odločilna je večja vrednost iz-

med tako določene količine armature in količine armature, ki izhaja iz minimalnih zahtev. Običajno bodo odločilne minimalne zahteve, saj se na ta način že zagotavlja ustrezna dodatna nosilnost konstrukcije, ki je potrebna za izpolnitev pogoja glede ciljnega tveganja za porušitev objekta.

- Da bi se zagotovil nastop upogibne plastifikacije pred izčrpanjem mejnega stanja v strigu, je treba prečno silo  $V_{Ed}$  iz analize povečati s faktorjem  $(q+1)/2$ .
- Najprej se določi strižna nosilnost betona brez strižne armature  $V_{Rd,c}$ . Na območju stene, kjer je pogoj  $V_{Ed} < V_{Rd,c}$  izpolnjen, je treba steno armirati s minimalno zahtevano armaturo.
- Če pogoj  $V_{Ed} < V_{Rd,c}$  ni izpolnjen, se potrebna strižna armatura za prevzem projektnih prečne sile  $V_{Ed}$  lahko določi na podlagi enačb za določanje projektnih strižnih odpornosti elementa s strižno armaturo  $V_{Rd,sv}$  ki je določena po EC2.
- Treba je opraviti kontrolo nosilnosti delovnega stika. Kontrolo se izvede skladno z EC2. Preveri se tudi sidna dolžina armaturnih palic na stiku. Tako določeno sidno dolžino je treba povečati za 50 % (zahteva EC8). Če vezne armaturne palice niso polno izkoriščene (npr. delovni stik na sredini etaže), se mora dolžina preklopa veznih armaturnih palic povečati za 50 %, da se prepreči izvek-

armature in zdrs na mestu delovnih stikov (izkušnja s testiranj). Ni pa treba, da je tako določena preklonpa dolžina daljša od preklonpe dolžine polno izkoriščenih palic.

#### 4.4 Konstruiranje armature JUBHome WALL in minimalne zahteve

- Prezrez celotne navpične armature mora biti večji od 0,3 % površine prečnega prereza stene. Sistem JUBHome WALL omogoča vgradnjo para armaturnih palic fi 12 na vsakih 75 mm, če je to potrebno.
- Prezrez vodoravne armature v steni mora biti večji od 0,2 % površine prečnega prereza stene. Razdalja med sosednjima vodoravnima palicama ne sme biti večja od 400 mm. Pri sistemu JUBHome WALL je ta razdalja enaka višini elementa, to je 364 mm, možna pa je vgradnja vodoravnih palic preseka do 12 mm na tej razdalji.
- Navpično armaturo v robnih elementih morajo sestavljati vsaj 4 palice, katerih premer ne sme biti manjši od 12 mm.
- Najmanjši premer stremenske armature v robnem elementu znaša 6 mm, največja dovoljena razdalja med stremeni je 10 cm. Glej sliko 6.
- Projektno dolžino prekrivanja armature določimo po EC2. Če je svetla razdalja med palicama, stikovanimi s prekrivanjem, večja od  $4\phi$  ali 50 mm, je treba dolžino prekrivanja povečati za velikost svetle med-sebojne razdalje stikovanih palic.

#### 4.5 Temelji

Projektno obremenitev temeljev določimo ob upoštevanju metode načrtovanja nosilnosti. Zagotoviti je treba tudi ustrezno sidranje, kot to določa EC 2 v poglavjih 8.4 in 8.5. Temelje na EPS toplotni izolaciji se sicer dimenzionira skladno z Navodilom za projektiranje JUBHome BASE (<http://jubhome.eu/tehnica-podpora/jubhome-base/navodila-za-projektiranje/>).



Slika 6 • Minimalno armiranje velikih šibko armiranih sten.

## 5 • PREGLED SISTEMA JUBHOME WALL

### 5.1 Elementi

Sistem JUBHome WALL je sestavljen iz nabora stenskih elementov EPS, kovinskih opor za opiranje sten, seta pločevin za zaščito kontaktnih površin elementov med betoniranjem

in polipropilenskih (PP) pridržal za montažo vertikalne armature. Vsi elementi sistema so razvidni s slike 7.

Glede na zelene energijske učinke je za fasadne stene možen izbor treh različnih de-

belin stenskih elementov vključno z odcepnimi elementi za notranje nosilne stene. Za vsako fasadno debelino je na voljo enaindvajset različnih sistemskih kosov, pri notranji steni pa trinajst. Pri vseh stenah je na voljo tudi zaporni element, ki se uporablja za zapiranje čela sten pri okenskih in vratnih špaletah ter zaključkih sten. Osnovni elementi z merami so razvidni iz preglednice 2.

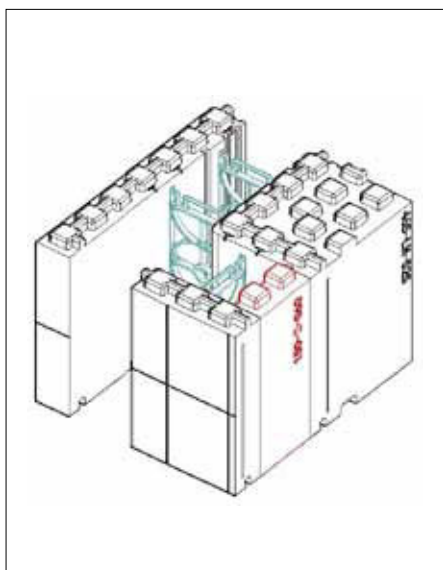


Slika 7 • Sistemske komponente JUBHome WALL.

Iz tipskih elementov sistema se lahko z rezanjem in lepljenjem izdelajo poljubne prilagoditve vogalov ob oknih in pri prekladah kot tudi nepravokotni vogali, priključki in višinski zaključki sten (slika 8).

Za vsak objekt posebej se na podlagi prejetega arhitekturnega načrta izdelata sestavni načrt sten iz oštevilčenih in pozicioniranih elementov sistema skupaj s seznamom elementov (sliki 9 in 10).











Za netipske sestavljene kose pa se izdelajo delavniški načrti rezanja in lepljenja, na podlagi katerih se ti elementi pripravijo v tovarni in skupaj z osnovnimi elementi na paletah dostavijo na gradbišče.



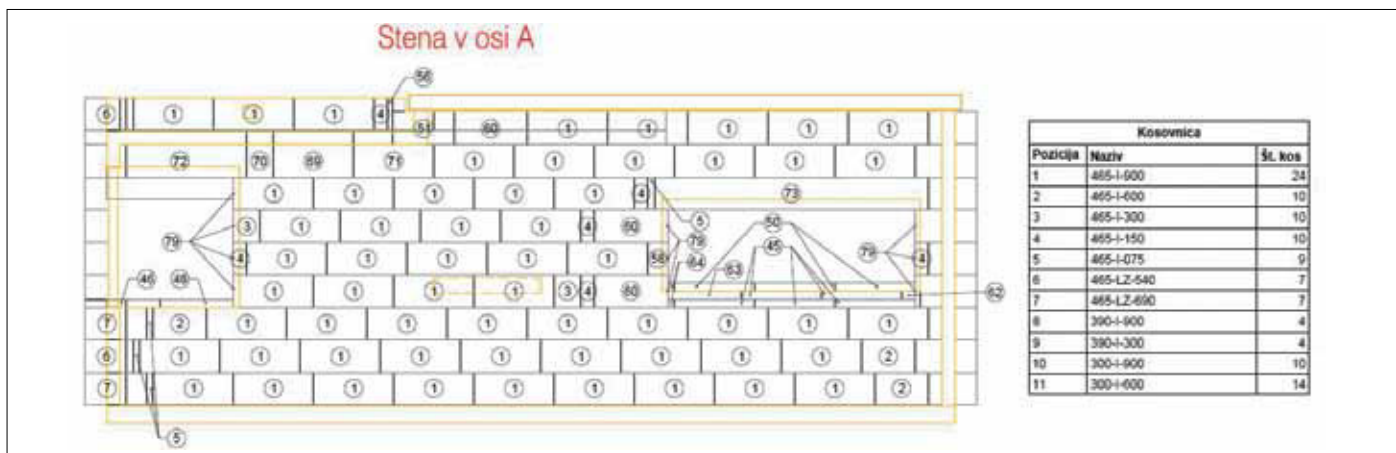
Slika 8 • Primer netipskega elementa.



Slika 9 • Zbir elementov za objekt.

| Tip                | Videz   | Dolžine   | Širine  | Debeline                                    | Višina |
|--------------------|---|---|---|---|--------|
| Linijski element   |    | 75, 150,<br>300, 600,<br>900                    |   | 300, 390,<br>465, 525                       | 364    |
| Notranji vogal     |    | 375, 525,<br>450, 600,<br>525, 675,<br>600, 750 | 375, 525,<br>450, 600,<br>525, 675,<br>600, 750 | 300, 390,<br>465, 525                       | 364    |
| Zunanji vogal      |    | 375, 525,<br>465, 615,<br>540, 690,<br>600, 750 | 375, 525,<br>465, 615,<br>540, 690,<br>600, 750 | 300, 390,<br>465, 525                       | 364    |
| Odcepní element    |    | 450, 750  | 375, 525,<br>465, 615,<br>540, 690,<br>600, 750 | 300/300,<br>390/300,<br>465/300,<br>525/300 | 364    |
| Element za rezanje |   | 900   |   | 300, 390,<br>465, 525                       | 364    |
| Prekladni element  |  | 675, 900  |   | 300, 390,<br>465, 525                       | 364    |
| Venčni element     |  | 75, 150,<br>300, 600,<br>900                    |   | 165, 240,<br>300                            | 260    |
| Povišni element    |  | 900   |   | 300, 390,<br>465, 525                       | 91     |
| Polični element    |  | 900   |   | 390, 465,<br>525                            | 91     |
| Zaporni element    |  |   | 150   | 60  | 364    |

Preglednica 2 • Pregled elementov sistema JUBHome WALL z merami.



Slika 10 • Primer sestavnega načrta.

## 5.2 Izvedba

Tako kot za vse armiranobetonske konstrukcije se tudi za ICF-sisteme pred pričetkom del skladno z izračunom izdelata armaturni načrt. Zaradi velikih pritiskov betona med vgradnjo in predvidene minimalne obdelave površin pred vgradnjo tankoslojnih fasadnih oblog je izgradnja sten JUBHome WALL predvidena v dveh fazah (delovni stik na polovici etaže) z zamikom enega dne (JUBHome, 2016).

Priporoča se, da se elementi sistema JUBHome WALL začnejo polagati na izravnano podlago iz cementne malte, saj prevelike neravnine na podlagi povzročajo razmikanje ali stiskanje elementov proti vrhu etaže. V vogale in križišča sten se najprej na spodnja sidra pritrdijo armaturni koši. Prvi dve vrsti elementov

se na koše in sidra iz temeljne plošče natika. V vsako vrsto se sproti vgrajujejo horizontalne armaturne palice, za vertikalne palice pa se vstavijo le PP-pridržala. Med dvema in štirimi vrstami se odvisno od vetra na lokaciji na postavljene elemente privijačijo opore JUBHome WALL, ki služijo poleg zavetrovanja tudi za delovni oder in za uravnavanje stene pred betoniranjem, med njim in po njem. Po montaži delovnega odra se na polovici etaže v pridržala vstavijo še vertikalne armaturne palice, podaljšane za preklap in steno za betonira.

Po primerni delni strditvi betona prve faze se postopek za drugo polovico stene ponovi. Sistem opor omogoča prestavitev delovnega odra na vrh etaže. Armaturni koši, horizontalne

in vertikalne palice se montirajo na enak način in v enakem vrstnem redu kot v spodnji polovici stene.

Etažna armiranobetonska plošča se izdelata kot običajno, vendar brez opaženja čel, saj toplotnoizolativni venčni elementi stenskega sistema dajejo zadostno oporo za bočne pritiske betona plošče med betoniranjem.

Vgradnja inštalacij v notranjo EPS-oblogo je enostavna, utori se izdelajo s termonoži, zaščitne cevi inštalacij pa pritrdijo z montažnimi penami ali mavčnimi maltami. Inštalacije večjih premerov se postavljajo pred ICF-stene, za mavčnokartonsko oblogo. Notranje zaključne obloge se izvedejo s tankoslojnimi nanosi malt podobno kot na fasadni strani.

## 6 • SKLEP

Z energijsko varčno gradnjo prihajajo k nam tudi sodobne tehnologije gradnje tovrstnih stavb, med njimi konstrukcijski sistemi ICF. Razvoj teh sistemov se je začel na potresno neogroženih območjih, kjer vgradnji zaradi potresa potrebne armature niso posvečali

pozornosti. Sistemi prihajajo na trg na podlagi evropskega ocenjevalnega dokumenta ETAG 009, ki ne vsebuje primernih zahtev za proizvajalce in pogojev za projektante pri uporabi sistemov na potresnih območjih. Če želimo ICF-sisteme na potresnih območjih

projektirati in graditi varno, morajo postopki projektiranja temeljiti na načelih in pravilih EC8, proizvajalci pa morajo svoje sisteme tem načelom prilagoditi.

JUBHome WALL je sistem, ki tem pogojem ustreza. Po EC8 je zasnovan kot sistem velikih šibko armiranih sten. Nosilnost sten je bila eksperimentalno preizkušena, na podlagi rezultatov preiskav pa so bila izdelana navodila za potresnoodporno projektiranje.

## 7 • LITERATURA

Dolšek, M., Gams, M., Snoj, J., Bohinc, U., Kramar, M., Eksperimentalne raziskave armiranobetonskih sten konstrukcijskega sistema JUBHome WALL, Ljubljana, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, 2016a.

Dolšek, M., Snoj, J., Žižmond, J., Navodila za potresnoodporno projektiranje armiranobetonskih sten konstrukcijskega sistema JUBHome WALL, Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, 2016b.

EOTA ETAG 009, GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL of Non load-bearing permanent shuttering kits/systems based on hollow blocks or panels of insulating materials and sometimes concrete, Edition June 2002.

JUBHome, d. o. o., tehnični list: JUBHome WALL-sistem za gradnjo sten s toplotnoizolativnimi opažnimi elementi, 2016.

# OD KALKULACIJ DO BIM-a

**Programska rešitev 4BUILD je namenjena pripravi popisov gradbenega projekta in oce-ni stroškov investicije. Ekonomska analiza je za investitorja eden najpomembnejših dejavnikov pri presoji izvedljivosti in ekonomske upravičenosti projekta. Ta zakonitost velja za vse projekte in gradbeni projekti pri tem niso izjema. Za uspešno izvedbo projekta v dogovorjenem času in v okvirih predvidene stroškovne vrednosti je treba natančno predvideti in redno spremljati vse stroške, ki pri projektu nastajajo, nastala odstopanja pa pravočasno in ustrezno evidentirati.**

V podjetju Hermes se že več kot 25 let ukvarjamo z razvojem informacijskih rešitev za gradbeništvo. Program za pripravo gradbenih kalkulacij Gkal je bil eden naših prvih produktov in eden prvih programov za gradbeništvo na slovenskem trgu. Vseboval je vse funkcionalnosti, potrebne za pripravo popisov ter izračun lastne in prodajne cene gradbeniškega projekta. Programu je bil dodan tudi nabor standardnih popisov, ki so bili na voljo v osemdesetih letih prejšnjega stoletja (GNG – gradbene norme Giposs). Z leti so bile programu dodane mnoge nove funkcionalnosti, kot so denimo modul za pripravo in spremljavo dela s podizvajalci (ten-

derji), za spremljavo dodatno dogovorjenih del (aneksi) in za poslovno analitiko (ABC-analize). Tudi nabor popisov in normativov se je neprestano širil z novimi tehnologijami in materiali, kalkulacijo pa je bilo mogoče pripraviti za primere nakupa materialov kot tudi za primere izdelave nekaterih produktov v lastni režiji (predkalkulacija).

V svoji najnovejši različici je program **4BUILD** vizualno prenovljen in dopolnjen z aktualnimi vsebinami. Ogradnje programa še vedno sestavlja priprava popisov ob upoštevanju izmer, normativov in trenutnih cenikov za material in delo. Tako pripravljene popisi predstavljajo bazo za evidentiranje opravljenega dela in izdajo gradbenih situacij ter predračunske in obračunske analize. Za lažjo in hitrejšo obdelavo podatkov so dodana številna orodja, program pa je tudi navzven povezljiv v različnih podatkovnih formatih. Preveden je tudi v več tujih jezikov.

Program omogoča dostop do temeljito prečiščenih podatkovnih zbirk, ki so dosegljive on-line. V sklopu **Kalkulacijske osnove** pa lahko uporabnik upravlja tudi lastne podatkovne zbirke in generira lastne cenike. **Projekti** in skupine projektov so organizacijska struktura, v katero lahko uporabnik umesti **Predračune**.

Predračun je mogoče pripraviti na različne načine. Poleg preprostega ročnega vnosa in podvajanja obstoječih predračunov program vsebuje tudi zmogljiv vmesnik za uvoz popisov iz Excela. S popisi, tehnologijami in normativi je pripravljen količinski in cenovni okvir predračuna. Pri tem lahko upoštevamo lastne ali standardne normative ter uporabljamo različne cenike za materiale in storitve. V **Obračunih** je mogoče pripraviti gradbeno knjigo, gradbeni dnevnik in izpisati situacije. S **Tenderji** je iskanje najugodnejšega ponudnika hitro in preprosto. **Planiranje** pa je pripomoček za pripravo terminskega plana na osnovi normativne porabe časa. Projektantom je namenjen zavihek **Projektiva**, kjer na enem mestu najdejo vse potrebno za hitro pripravo in uporabo ocene stroška projekta na osnovi projektantskih popisov. Vsi sklopi vsebujejo tudi velik nabor poročil, ki tabelarično ali grafično ponazarjajo podatke projekta. Uporaba najmodernejših tehnologij zagotavlja programu sodoben videz, kompaktnost in hitrost. Uporabnost na terenu mu zagotavlja mobilni dodatek **4BUILD Mobile**. V izdelavi je tudi spletni dodatek za gradbeni inženiring, ki ima delovno ime **4BUILD Inženiring**. Standardno metodo

The screenshot shows the 4BUILD software interface. The main window displays a list of items with columns for description, unit, quantity, price, and value. A pie chart on the left shows the distribution of costs across different categories. The right side shows a detailed view of a specific item, including its technical specifications and associated norms.

| Šifra   | Opis   | EM  | Količina | Cena  | Vrednost | Dopombe |
|---|--|-----|----------|-------|----------|---------|
| <b>Skupina: 1.1.4.1.1.2 - Zemeljska dela - Izlopi, planum</b>   |  |     |          |       |          |         |
| <b>971,05</b>   |  |     |          |       |          |         |
| 1.1.4.1.1.2.0001  | Izlopi vezilne zemeljske kamnine - 3. kategorije za temelje, kanalnice rove, prepuste, jalke in drenaže. širine do 1,0 m in globine do 1,0 m - strojno, planirane dna nadojo | M3  | 135,000  | 1,86  | 251,10   |         |
| 1.1.4.1.1.2.0002  | Izlopi vezilne zemeljske kamnine - 3. kategorije za temelje, kanalnice rove, prepuste, jalke in drenaže. širine do 1,0 m in globine do 1,0 m - strojno, planirane dna nadojo | M3  | 200,000  | 2,48  | 496,00   |         |
| 1.1.4.1.1.2.0003  | Urešitev planuma temeljnih tal zrnate kamnine - 3. kategorije  | M2  | 325,000  | 0,51  | 165,75   |         |
| 1.1.4.1.1.2.0004  | Začasno igranje vode pri napredovanju izkopa navzdol v vseh kategorijah, s širpico kapacitete 5 do...  | URA | 10,000   | 5,82  | 58,20    |         |
| <b>Skupina: 1.1.4.1.1.3 - Zemeljska dela - Zastipi, odvozi</b>  |  |     |          |       |          |         |
| <b>2.444,61</b>   |  |     |          |       |          |         |
| 1.1.4.1.1.3.0001  | Zastip z zrnato kamnino - 3. kategorije - ročno  | M3  | 165,000  | 8,40  | 1.386,00 |         |
| Opombe: Pašč. mat. granulacije 0 do 32 mm s kontaminacijo, v cori cevovoda v debelini 30 cm nad l...              |  |     |          |       |          |         |
| 1.1.4.1.1.3.0003  | Zastip z zrnato kamnino - 3. kategorije - strojno  | M3  | 260,000  | 3,79  | 985,40   |         |
| Opombe: Plo prehodna potrdnja geometrijska k ustreznosti izlopnega materiala se lahko zastip iz...                |  |     |          |       |          |         |
| 1.1.4.1.1.3.0001  | Prenos materiala na razdaljo nad 3000 do 5000 m  | T   | 1.425    | 2,43  | 3.48     |         |
| 1.1.4.1.1.3.0004  | Razvostranje odvozne vezilne zemeljske - 3. kategorije   | M3  | 75,000   | 0,93  | 69,75    |         |
| <b>Skupina: 1.1.4.1.1.4 - Tlakovanje, litoželezne glave</b>   |  |     |          |       |          |         |
| <b>3.851,60</b>   |  |     |          |       |          |         |
| 1.1.4.1.1.4.0001  | Tlakovanje jarka s lomljenico: debelina 20 cm, stiki zapobjeni s cementno malto, na podložni plasti cementnega betona, debelini 15 cm  | M2  | 42,500   | 89,92 | 3.851,60 |         |
| Izdelava polmerne stočnice ali istočne glave prepusta krovnega preosa iz cementnega betona s premerom 30 do 40 cm |  |     |          |       |          |         |
| 1.1.4.1.1.4.0002  | Opombe: AB glavni DN200 - 2<br>AB glavni DN150 - 2<br>AB glavni DN100 - 3  | KOS | 7,000    | 0,00  | 0,00     |         |
| <b>15.124...</b>  |  |     |          |       |          |         |

kalkuliranja smo dopolnili s tako imenovano **tehnično kalkulacijo**, ki omogoča določanje posamičnih normativov na osnovi izkustvenih norm. V našem gradbeništvu je metoda manj znana, na nemško govorečem območju pa je takšno predračunavanje že dolgo znano in uveljavljeno v praksi.

Gradbenemu predračunavanju, obračunavanju in pokalkuliranju so bili dodani številni novi specializirani programi (Betonarna, Asfaltna baza), podrobna stroškovna spremljava (Gradbeni stroškovnik) in povezava s klasičnimi sistemi za spremljavo poslovanja v podjetju (ERP). Vodje projektov in drugi deležniki pa v svojih brskalnikih lahko spremljajo rezultate projektov preko Gradbenega dashboarda.

Področje, ki ga v zadnjih letih nobena sodobna rešitev ne more zaobiti, je tehnologija BIM. Povezljivost vseh deležnikov v celotnem življenjskem ciklu projekta na enotnem projektnem modelu je moč, ki mu sledimo tudi v Hermesu. S programskim dodatkom 4BUILD BIM omogočamo nadgradnjo projektantovega običajnega tridimenzionalnega delovnega okolja z normativnim ozadjem, ki projektu doda četrto (čas) in peto dimenzijo (denar). Ta rezultat je zagotovljen

brez bistveno povečanega obsega dela za projektanta. Razširjen nabor atributov standardnih elementov, s katerimi običajno operira projektant, vsebuje tudi nekaj ključnih informacij o tehnološkem ozadju elementa. Inteligentni in samoučeči se algoritem prepoznave projektantovih elementov v programu 4BUILD pa iz teh elementov na hiter in za uporabnika enostaven način pripravi seznam popisov in ga opremi s tehnološkim ozadjem. Tako dobimo oceno stroška projekta in oceno porabe posameznih virov (delo, material), in sicer količinsko kot tudi vrednostno.

Naš cilj je integrirati 4BUILD z vsemi orodji, ki na našem tržišču projektantom predstavljajo nenapisan standard in imajo največji tržni delež. 4BUILD BIM že omogoča integracijo ArchiCAD-a (verzija 20), Urbane (od 9.0 dalje) in Plateie. V pripravi so tudi knjižnice tipskih elementov 4BUILD BIM za ta orodja. V razvoju ali v pripravi so integracije z nekaterimi drugimi razširjenimi rešitvami (Revit, AllPlan, DDS-CAD). Zaradi prožne zasnove vmesnika pa so mogoče integracije tudi s katerikoli drugim orodjem, katerega informacijska platforma dovoljuje izdelavo razširjenih naborov atributov in tipskih knjižnic.

Program je doživel zelo pozitiven odziv pri uporabnikih, število novih naročnikov pa potrjuje dejstvo, da se je slovensko gradbeništvu vendarle začelo vzpenjati in da zaznava potrebo po vlaganjih v razvoj na vseh področjih, tudi poslovni informatiki.

Bistvena prednost, ki jo prinaša program, je uporaba enotne platforme za vse projekte in centralizirana baza podatkov o projektih. Gradbeniški projekt se obravnava celovito od prve skice do končnega obračuna in pokalkulacije. Odprtost sistema omogoča povezavo z ERP-sistemi (kot je denimo MS Dynamics NAV), kar zagotavlja dostopnost vseh podatkov o posameznem projektu na enem mestu. Obsežen nabor podatkovnih zbirk z normativi in cenami pa zagotavlja programu vsebinsko ozadje za samodejno določitev stroškovnih in časovnih gabaritov projekta.

Ivi Čakš, univ. dipl. inž. up. mat.  
projektni vodja HERMES, d. o. o.  
[www.4build.eu](http://www.4build.eu)

**4BUILD**  
managing construction projects

## 38. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

V Slovenskem društvu gradbenih konstruktorjev (SDGK) smo 2. decembra 2016 priredili že 38. letno zborovanje, ki je tudi tokrat potekalo kot enodnevno srečanje na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Več kot 90 udeležencev zborovanja so ob odprtju nagovorili prof. dr. Matjaž Mikoš, dekan UL FGG, dr. Branko Zadnik, predsednik Matične sekcije gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije (IZS), in Viktor Markelj, podpredsednik SDGK. Dr. Zadnik je posebej omenil predlog nove zakonodaje na področju urejanja prostora in graditve ter aktivnosti IZS v okviru javne razprave o zakonih. Na vabilo SDGK je inženir Edwin Belder iz nizozemskega podjetja IvConsult predstavil zanimive projekte svojega podjetja, v predavanju z naslovom »Žerjav nove generacije Mammoet PTC-200 z veliko nosilnostjo – tehnične in mehke veščine v projektiranju« pa je poudaril razvoj največjega vrtiljivega žerjava na svetu. V sklopu predstavitve enega od pokroviteljev pa smo slišali predavanje z naslovom »Požarna

zaščita sistemov za ojačenje konstrukcij – sistemi, standardi, programska oprema«.

Na letošnjem zborovanju je bilo predstavljenih skupaj 22 prispevkov, od tega jih je bilo 7 znanstvenih, ki jih je pregledal znanstveni odbor. V želji po dvigu ravni prireditve smo se odločili, da od letošnjega leta prispevke, ki so opredeljeni kot znanstveni, recenzirajo člani znanstvenega odbora (ZO). Recenzenti so svoje delo kvalitetno opravili in se jim za to ponovno iskreno zahvaljujemo. Udeleženci zborovanja so tudi letos poslušali predstavitve s širokega področja gradbeništva. Glede na pogoste potrese v okolici in njihove katastrofalne posledice je bil letos kar nekako razumljivo v ospredju tematski sklop Potresno inženirstvo, v okviru katerega so bili predstavljeni prispevki, ki so obravnavali pregled poškodb po potresu v osrednji Italiji, raziskovalno študijo obnašanja večetažnih strižnih sten z odprtini, projektiranje sistema ICF (Insulating Concrete Form) slovenskega proizvajalca, ocenjevanje potresne ogroženosti stavb v

Ljubljani idr. Poudariti pa velja še predstavitev novozelandskega pristopa k zmanjševanju števila obstoječih potresno neodpornih stavb. Hudi potresi na Novi Zelandiji so tamkajšnje oblasti privedli do spoznanja, da je treba potresno neodporne stavbe v državi sistemsko ovrednotiti in jih v določenem časovnem obdobju ustrezno utrditi. V okviru tematskega sklopa Konstrukcije so bile predstavljene inovativne konstrukcije doma in v tujini, sklop Eksperimentalne in numerične analize konstrukcij je bil zaznamovan s predstavitevami dveh znanstvenih prispevkov s področja eksperimentalne analize spojev iz armirane plastike in numerične analize vpliva dolžine prekrivanja armaturnih palic na razpokanost nateznega betonskega elementa. V sklopu Gradbeni materiali smo slišali predstavitve o novostih v standardih za beton, o napovedovanju temperature in tlačne trdnosti v betonski konstrukciji in oblikovanju novih kemijskih faz pri napredovanju ACR in njihov vpliv na mehanske lastnosti. V sekciji Mostovi pa so





bili predstavljeni značilni parametri mostov, grajenih s tehnologijo postopnega narivanja, uspešna sanacija ležišč na viaduktu Petelinjek in nekateri drugi prispevki.

Letošnje zborovanje je postreglo s pestrim naborom strokovnih in znanstvenih prispevkov, ki so bili zanimivo in kvalitetno predstavljeni. Kvalitetne diskusije so postregle z izmenjavo strokovnih izkušenj. V družabnem delu zborovanja smo se lahko srečali in poklepetali s kolegi in poslovnimi partnerji. Izvedbo zborovanja so podprli UL FGG, IZS ter podjetji Sika, d. o. o., in Elea iC, d. o. o., za kar se jim lepo zahvaljujemo. Prav tako gre zahvala predavateljem in drugim udeležencem, ki so zaslužni za zanimive predstavitve in diskusije. Upamo, da je 38. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije izpolnilo pričakovanja udeležencev.



**doc. dr. Primož Može, univ. dipl. inž. grad.,  
tajnik SDGK**  
**izr. prof. dr. Jože Lopatič, univ. dipl. inž.  
grad., predsednik SDGK**

**PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2017**

| SEMINAR          | IZPIT                 |              |
|------------------|-----------------------|--------------|
|                  | Osnovni in dopolnilni | Revidiranje  |
| 13.–15. 02. 2017 | 28. in 29. 03. 2017   | 28. 03. 2017 |
| 03.–05. 04. 2017 | 30. in 31. 05. 2017   | 30. 05. 2017 |
| 09.–11. 10. 2017 | 28. in 29. 11. 2017   | 25. 10. 2017 |

**A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:**

Seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovska cesta 3, 1000 Ljubljana**

Telefon: (01) 52-40-200; Fax: (01) 52-40-199;

e-naslov: gradb.zveza@siol.net; gradbeni.vestnik@siol.net.

**Uradne ure:**

od ponedeljka do četrтка od 9.00 do 14.00 ure; v petek NI URADNIH UR za stranke!

Seminar vključuje **izpitne programe** za:

1. odgovorno projektiranje (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
2. odgovorno vodenje del (osnovni in dopolnilni strokovni izpit)
3. odgovorno vodenje posameznih del
4. Investicijski procesi in vodenje projektov (za kandidate, ki opravljajo dopolnilni strokovni izpit; predavanje se odvija v okviru rednih seminarjev).
5. Kandidati lahko poslušajo posamezna predavanja v okviru rednih seminarjev.

(Vsi posamezni programi so dostopni na spletni strani IZS - MSG:

<http://www.izs.si>, v rubriki »Strokovni izpiti«)

**Cena** za udeležbo na seminarju (za predavanje in literaturo) po izpitnih programih pod 1., 2. in 3. točko znaša 623,22 EUR z DDV, pod 4. točko pa 89,10 EUR z DDV. Cena za obisk posameznega predavanja (točka 5) je 89,10 EUR z DDV.

**Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi** na poslovni račun ZDGITS: **SI56 0201 7001 5398 955**.

Prijavo je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) najmanj 14 dni pred pričetkom seminarja! Prijavni obrazec je mogoče dobiti na spletni strani ZDGITS ([www.zveza-dgits.si](http://www.zveza-dgits.si)).

Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20).

**B. STROKOVNI IZPITI**

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije o strokovnih izpiti in izpitnih programih je mogoče dobiti na spletni strani IZS ([www.izs.si](http://www.izs.si)), po telefonu (01) 547-33-19 (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 10.00 do 12.00 ure; v torek od 14.00 do 16.00 ure) ali osebno na sedežu IZS (uradne ure: ponedeljek, sredo, četrtek, petek od 8.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure).

# NOVI DIPLOMANTI

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Matej Mihelič**, Rekonstrukcija križišča v naselju Jurjevica in predlog obvozne tovorne poti na odseku Jurjevica - kamnoloma Kot pri Ribnici, mentor doc. dr. Peter Lipar

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Blaž Štupar**, Jekleni most s poševnimi zategami čez reko Krko v Irči vasi, mentor doc. dr. Franc Sinur

**Blaž Rupnik**, Programsko orodje za račun nosilnosti in togosti spojev steber-prečka po komponentni metodi, mentor doc. dr. Primož Može

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

**David Božiček**, Zasnova visoko učinkovitega fasadnega ovoja obstoječega poslovnega nebotičnika, mentor doc. dr. Mitja Košir

**Gašper Gosar**, Energetska sanacija stavbnega ovoja s prefabriciranimi lesenimi moduli na primeru doma starejših občanov Petra Uzarja, mentor doc. dr. Mitja Košir

**Matjaž Skvarča**, Izdelava modela 5D BIM za projekt trgovsko-parkirne hiše, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek

### III. STOPNJA - DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVA

**Zsuzsanna Engi**, Hidravlično modeliranje poplavne nevarnosti na izlivnih odsekih vodotokov, oprto na procese zamuljevanja, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentor prof. dr. Gábor Tóth

**Jasna Smolar**, Prepoznavanje lastnosti in trajnostno upravljanje s sedimenti iz vodnih okolij, mentorica doc. dr. Ana Petkovšek

**Anja Torkar**, Analiza iztoka podzemne vode na izviri v fluvio-glacialnih medzrnskih vodonosnikih, mentor doc. dr. Mihael Brenčič

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

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVA

**Alen Čatac**, Kontrolirano zniževanje talne vode v gradbenih jamah, mentor doc. dr. Borut Macuh, somentor izr. prof. dr. Stanislav Škrabl

**Jasna Kruškić**, Analiza "shear lag" efekta na naknadno prednapeti betonski plošči z nosilci, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor Predrag Presečki, dipl. inž. građ.

**Mateja Ladišič**, Rekonstrukcija maloprometne ceste - primer ceste v Oroslavju, mentor izr. prof. dr. Marko Renčelj

**BIM 4BUILD 2016**

**4BUILD**  
managing construction projects

**PROGRAMSKA REŠITEV ZA OBVLADOVANJE  
GRADBENO-INVESTICIJSKIH PROJEKTOV**

**WWW.4BUILD.EU**

# KOLEDAR PRIREDITEV

**6.-8.3.2017**

**11th High Performance concrete (11th HPC) and 2nd Concrete Innovation Conference (2nd CIC)**

Tromsø, Norveška  
[www.tekna.no/en/events/hpccic-tromso-2017-32076/](http://www.tekna.no/en/events/hpccic-tromso-2017-32076/)

**7.-9.3.2017**

**Smart Cities - Exhibition and Conference for South - East Europe**

Sofija, Bolgarija  
<http://viaexpo.com/en/pages/smart-cities>

**10.-12.3.2017**

**ICACE 2017 – International Conference on Architecture and Civil Engineering 2017**

Singapur, Singapur  
<http://icace.coreconferences.com/index.html>

**13.-15.3.2017**

**4th International Conference on Civil and Urban Engineering 2017**

Praga, Češka  
[www.iccue.org/](http://www.iccue.org/)

**15.-17.3.2017**

**WSCE 2017 – World Symposium on Civil Engineering 2017**

Hong Kong, Kitajska  
[www.iaeng.org/WSCE/WSCE2017/](http://www.iaeng.org/WSCE/WSCE2017/)

**19.-20.4.2017**

**2. slovenski kongres o vodah**

Podčetrtek, Slovenija  
[www.kongresvode2017.si/](http://www.kongresvode2017.si/)

**19.-21.4.2017**

**CoMS 2017: 1. mednarodna konferenca o gradbenih materialih za trajnostni razvoj**

Zadar, Hrvaška  
[www.grad.hr/coms/ocs/index.php/coms/coms2017](http://www.grad.hr/coms/ocs/index.php/coms/coms2017)

**25.-28.4.2017**

**International Exhibition for Construction Technology, Equipment, Machinery, Vehicles & Materials**

Hanoi, Vietnam  
<http://contechvietnam.com/en/>

**15.-18.5.2017**

**ICBEST Istanbul - International Conference on Building Envelope Systems and Technologies**

Istanbul, Turčija  
<http://icbestistanbul.com/>

**29.5.-2.6.2017**

**4. svetovni forum o zemeljskih plazovih**

Ljubljana, Slovenija  
[www.wlf4.org/wlf4-intro-slo/](http://www.wlf4.org/wlf4-intro-slo/)

**7.-9.6.2017**

**S.ARCH 2017 – The 4th International Conference on Architecture**

Hong Kong, Kitajska  
<http://s-arch.net/>

**12.-14.6.2017**

**EATA 2017 – 7th International European Asphalt Technology Association Conference**

Dübendorf, Švica  
<http://eata2017.empa.ch/>

**21.-23.6.2017**

**ICNF2017 - 3rd International Conference on Natural Fibers**

Braga, Portugalska  
[www.icnf2017.fibrenamics.com/](http://www.icnf2017.fibrenamics.com/)

**15.-19.7.2017**

**GeoMEast 2017 International Conference "Sustainable Civil Infrastructures: Innovative Infrastructure Geotechnology"**

Sharm El-Sheik, Egipt  
[www.geomeast2017.org/](http://www.geomeast2017.org/)

**5.-8.9.2017**

**ISPE-2017 – XI International Symposium on Permafrost Engineering**

Magadan, Rusija  
<http://mpi.ysn.ru/en/permafrost-engineering-symposiums>

**13.-15.9.2017**

**SMAR 2017 – 4th International Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures**

Zürich, Švica  
[www.smar2017.org/](http://www.smar2017.org/)

**2.-4.10.2017**

**3rd International Symposium on Ultra-High Performance Fibre-Reinforced Concrete (UHPRC)**

Montpellier, Francija  
[www.afgc.asso.fr/UHPRC2017](http://www.afgc.asso.fr/UHPRC2017)

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