





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 Jukić**  
**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:

**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 všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:  
SI56020170015398955

# 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, marec 2016, letnik 65, str. 57-80

## 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. 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 **58**

Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.

**PETER KOREN, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD., 1950–2016**

## Članki • Papers

stran **59**

Danijel Zorec, dipl. inž. arh. (UN)

doc. dr. Vesna Žegarac Leskovar, univ. dipl. inž. arh.

red. prof. dr. Miroslav Premrov, univ. dipl. inž. grad.

**NOVA BRV ZA PEŠCE IN KOLESARJE NA MARIBORSKI OTOK**  
NEW BRIDGE FOR PEDESTRIANS AND CYCLISTS TO MARIBOR  
ISLAND



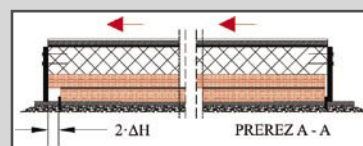
stran **69**

prof. dr. Vojko Kilar, univ. dipl. inž. grad.

Boris Azinovič, univ. dipl. inž. grad.

doc. dr. David Koren, univ. dipl. inž. grad.

**KONCEPT TEMELJENJA PASIVNIH HIŠ NA POTRESNIH OBMOČJIH**  
FOUNDATION CONCEPT FOR PASSIVE HOUSES IN SEISMIC AREAS



## Popravek

stran **80**

## Novi diplomanti

Eva Okorn

## Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Gradnja Islamskega versko-kulturnega centra v Ljubljani,  
foto: David Rajšter

## IN MEMORIAM



### PETER KOREN, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD., 1950–2016

Na slovenski kulturni praznik, 8. februarja 2016, je umrl Peter Koren, univerzitetni diplomirani inženir gradbeništva, prijatelj, sodelavec, poslovni partner, v prvi vrsti pa izjemen inženir, gradbeni konstruktor. Lahko bi rekli, da je v tem nekaj simbolike. Tudi tehnična kultura je del celotne kulture nekega naroda in Peter je s svojim odličnim smislom za oblikovanje inženirskih konstrukcij, mostov, viaduktov, galerij, nadvozov, prispeval svoj delež k podobi krajine. Tako kot arhitekturne dosežke lahko brez sramu tudi izjemne inženirske objekte štejeemo v kulturno dediščino nekega naroda.

Peter je bil rojen 5. decembra 1950 v Mariboru, kjer se je tudi šolal, najprej v osnovni šoli Bojana Iliča, nato pa v srednji gradbeni tehniški šoli. Vseskozi je bil odličen učenec, nesebičen in vedno pripravljen pomagati vsakomur, ki ga je zaprosil, zato je bil in ostal izredno priljubljen med sošolci.

Po maturi leta 1969 se je vpisal na gradbeni oddelek Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, takrat v 1. generaciji študentov v novi zgradbi na Jamovi 2. Tudi med študijem je svoje znanje vedno delil z drugimi, mnogi mlajši kolegi se ga spominjajo kot demonstratorja pri profesorju Veselu pri predmetu Gradivo.

Po diplomi se je zaposlil v Gradisovem biroju za projektiranje v Mariboru, v tistem obdobju enem od vodilnih birojev za načrtovanje inženirskih objektov v takratni skupni državi. Njegov prvi »šef«, kot smo temu takrat rekli, je bil prav tako prehitro umrl izjemni gradbeni konstruktor in vodja biroja profesor Vukašin Ačanski, ki je v biroju, ki ga je vodil, poleg Petra vzgojil še vrsto odličnih konstruktorjev. Kmalu je Peter postal odgovorni projektant in spomnim se najinega sodelovanja pri projektu Hitre ceste skozi Maribor, kjer je projektiral večino objektov med Meljsko cesto in Pesnico. Iz obdobja dela v Gradisovem biroju velja omeniti še mostove čez Dravo v Trbonjah, čez Krko v Novem mestu, čez Mežo v Ravnah, čez Pako v Velenju, čez Ljubljano na Prulah, nadvoze in podvoze na avtocestah Razdrfo–Čebulovica, Hrušica–Vrba, pokriti vkop Šentvid in mnoge druge.

Njegovi objekti stojijo tudi zunaj naših meja, denimo most čez Tilavo v Sarajevu in vrsta objektov v Iraku, Qurna Bridge, Fathyah Bridge, Qarachock Bridge in drugi.

Kot odličnega strokovnjaka ga je leta 1994 podjetje poslalo na delo in izpopolnjevanje v Berlin v podjetje Grebner, kjer je ostal skoraj eno leto in se tja večkrat vračal tudi v naslednjem letu. Tam je projektiral konstrukcije razstavnih paviljonov za berlinski sejem in razne mostove, ki jih je projektiral tudi doma, v novem podjetju G.G.P. (Grebner, Gradis in Partner). Kmalu za tem pa je osnoval lastni projektivni biro z imenom KO-biro. Prav v tistem času se je začel izvajati Nacionalni program za izgradnjo avtocest v Sloveniji. Kot renomirani strokovnjak z mnogimi referencami se je s svojo ekipo kar hitro vključil v projektiranje objektov v sklopu tega programa.

Morda bi bilo v tem trenutku suhoparno naštevati najpomembnejše objekte ali jih rangirati po zahtevnosti, pa vendar si dovoljujem omeniti nekatere, predvsem za obuditev spomina na Petra, ko se bomo preko ali skozi katerega peljali: To so pokriti vkop Cenkova in nadhodi za živali, nadvozi in podvozi na AC Maribor–Lendava, vsi objekti na hitri cesti med Ptujsko cesto in Bežnovo, dvonivojsko križišče na zahodni obvoznici v Mariboru, most čez Savo pri HE Krško, most čez Savinjo pri Lučah in mnogi drugi. Petrove objekte najdemo na vseh krakih slovenskega avtocestnega križa, mostovi pa so nameščeni čez vse slovenske reke.

Petrov hobi je bil lov, čeprav mu je na žalost posvečal premalo časa. Že kolegi in profesorji v času študija smo se čudili, ko je imel v indeksu vpisan izpit za predmet Lovstvo, ki ga je opravil na Biotehniški fakulteti. Toda to njegovo poznavanje narave in živali je prišlo zelo prav, ko je bilo treba oblikovati in projektirati že omenjene nadhode za živali preko avtocest.

Ne smemo prezreti tudi njegovih projektov s področja ekologije, in sicer Centrov za ravnanje z odpadki Gajke, Slovenska Bistrica, Zasavje in nazadnje največji, regijski center v Ljubljani.

Čeprav je za gradbene objekte opredeljeno, za kako dolgo življenjsko dobo posamezni objekt zgradimo, iz izkušenj vemo, da številni za več stoletij zaznamujejo podobo kraja in pokrajine. In ravno v tem sta bila čar in tudi odgovornost Petrovega dela in zato njegova dediščina ostaja trajna in bogata.

V svojem biroju je vzgojil veliko število mladih inženirjev, nekaj časa asistiral profesorju Ačanskemu tudi na Fakulteti za gradbeništvo v Mariboru in bil mentor ali somentor mnogim diplomantom pri njihovih diplomskih nalogah.

Ob vsem tem delu, ko je večino dni v letu pozno v noč gorela luč v njegovi pisarni, pa je našel čas za neprestano borbo za uveljavljanje inženirske stroke s prostovoljnim delom v Inženirski zbornici Slovenije. Bil je njen ustanovni član že pred 20 leti in vse do zadnjih dni član upravnega odbora matične sekcije gradbenikov in obenem član odbora regijske pisarne Inženirske zbornice v Mariboru.

Dragi Peter, ponosni smo, da si bil naš prijatelj, sodelavec in kolega, za vedno boš ostal v naših srcih.

**Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.**

# NOVA BRV ZA PEŠČE IN KOLESARJE NA MARIBORSKI OTOK

## NEW BRIDGE FOR PEDESTRIANS AND CYCLISTS TO MARIBOR ISLAND

**Danijel Zorec, dipl. inž. arh. (UN)**

daniel.zorec@gmail.com

**doc. dr. Vesna Žegarac Leskovar, univ. dipl. inž. arh.**

vesna.zegarac@um.si

**red. prof. dr. Miroslav Premrov, univ. dipl. inž. grad.**

miroslav.premrov@um.si

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo

Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

**Strokovni članek**

UDK 624.011.1:625.745.11(497.4)

**Povzetek** | V članku je opisana možnost postavitve nove brvi za pešce in kolesarje na Mariborski otok, ki bi pomenila nov potencial prostora za rekreacijo, turizem in povezanost obeh bregov reke Drave. Kljub številnim naravovarstvenim omejitvam na območju Mariborskega otoka je mogoče, da brv kot infrastrukturni objekt ob upoštevanju smernic danega prostora ne degradira, temveč ga nadgradi. Članek vsebuje analizo lokacije, utemeljitev smiselnosti brvi na dani lokaciji, izbiro gradiva, zasnovo brvi, račun konstrukcije in konstruiranje detajlov.

Ključne besede: inženirska arhitektura, brv, leseni most, Mariborski otok

**Summary** | The paper describes the possibility of building a new pedestrian and cyclist footbridge to Maribor Island, which would provide a new potential recreational and tourist space as well as a new connection to the island. Despite many environmental restrictions in the area of Maribor Island, the paper shows that the new infrastructure would, under close consideration of the provided guidelines, upgrade, rather than degrade the surrounding environment. The paper includes analyses of the location, examination whether or not a footbridge at the given location is reasonable, selection of the building material, architectural and structural design of the footbridge, structural analysis and the design of details.

Key words: engineering architecture, footbridge, timber bridge, Maribor Island

### 1 • UVOD

Mariborski otok velja za edinstven primerek rečnega otoka v Sloveniji in tudi Evropi. Je dom številnih zaščitenih ptic in rastlin ter nekaj časa tudi pod zaščito Nature 2000. V letu 1930 je otok zaživel s kopalščem, ki je veljalo za vzgled in željo marsikaterega evropskega mesta. V zadnjih nekaj desetletjih je kompleks kopaljšča začel propadati, zaradi česar je bil leta 2008 izveden natečaj za prenovo celotnega območja Mariborskega otoka. Danes so nekoč Mariborčanom izjemno priljubljenemu kopaljšču na otoku šteti dnevi. Pod strogimi zahtevami naravovarstvenikov čaka na morebitno prenovo in kot speča Trnuljčica stremi k svetli prihodnosti.



Slika 1 • Pogled na brv

Članek je nastal na podlagi projektne naloge ob zaključku študija prve stopnje arhitekture na Fakulteti za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo na Univerzi v Mariboru (Zorec, 2015). Ukvarja se z možnostjo umestitve nove brvi, ki bi preko Mariborskega otoka in obstoječega ločnega mostu povezala levi in desni breg reke Drave (sliki 1 in 2). Je predlagana poteza, ki bi sledila po morebitni prenovi Mariborskega otoka in predvsem kopališča na otoku. Osrednji namen naloge je tudi pokazati, da premišljeno zasnovan infrastrukturni objekt v občutljivem okolju prostor nadgradi, in ne degradira.



Slika 2 • Pogled vzdolž brvi

## 2 • ANALIZA LOKACIJE IN SMISELNOST NOVE BRVI

Mariborski otok leži zahodno od središča Maribora tik pod hidroelektrarno Mariborski otok v neposredni bližini naselja Kamnica. Dostop na otok je trenutno mogoč le čez ločni most za pešce in kolesarje z levega brega Drave na severni strani otoka (slika 3).

Leta 1951 je bil Mariborski otok prvič zavarovan kot naravna znamenitost. Od takrat ima status površinsko geomorfološkega in botaničnega naravnega spomenika. Je pomemben habitat za živalske vrste, predvsem ptice. Prav zaradi tega je bil leta 1992 zavarovan tudi kot naravni spomenik in velja za naravno vrednoto državnega pomena. Mariborski otok leži tudi znotraj območja Natura 2000 – SPA Drava, katere cilj je ohranitev biotske raznovrstnosti za prihodnje rodove na evropskem nivoju. Hkrati je izjemnega pomena tudi z vidika vodo-

varstvenega območja. Na njem je namreč največje črpališče podtalnice, ki jo uporablja Mariborski vodovod.

Na sredi otoka je že skoraj devet desetletij kopališče Mariborski otok, zaradi česar Mariborčani še posebno radi obiskujejo otok v toplih poletnih mesecih. Kopališče je od odprtja veljalo za idiličen kraj za sprostitev in se je o njem govorilo po vsej Sloveniji in tudi v tujini. Veljalo je za zgled in željo marsikaterega večjega mesta po Evropi. V zadnjem obdobju žal ni več tako. Kopališče je načel zob časa. Bazenski kompleksi so postali dotrajani in zastareli, prav tako strojnice niso bile več v skladu z najnovejšimi trendi. Pred nekaj leti so jih delno obnovili in delno sanirali bazena, vendar so kljub temu kopališču šteti dnevi in le še vprašanje časa je, katera sezona bo poslednja. Leta

2008 je Mestna občina Maribor razpisala arhitekturni natečaj za ureditev Mariborskega otoka in ureditev bližnje okolice. Čeprav je od zaključka natečaja minilo že kar nekaj let, je videti, da Mariborski otok in predvsem kopališče še dolgo ne bosta dočakala svoje prenove. Problem je predvsem v financiranju celotne investicije s strani Mestne občine Maribor, naravovarstveni pogoji pa se z leti le še dodatno zaostrejejo.

Nova brv, ki bi preko otoka in obstoječega ločnega mostu povezala desni breg z levim bregom Drave (slika 4), bi povezala prebivalce Kamnice na severni strani s prebivalci Limbuša, Peker in Studenci na južni strani otoka ter otok občutno približala tudi prebivalcem na desnem bregu reke Drave. V času kopalne sezone bi ti prebivalci imeli boljše možnosti za dostop na otok peš ali s kolesom. Trenutno zapostavljeni desni breg reke Drave z neurejeno pešpotjo in divjimi vrtovi bi dobil dodatno spodbudo in možnost razvoja. Morda se potencial tega območja



Slika 3 • Pogled na Mariborski otok s sprehajalne poti na levem bregu reke Drave (desno od otoka je obstoječi ločni most, levo je označena os nove predvidene brvi)

skriva ravno v razvoju novih kvalitetnih stanovaljskih površin skupaj z razvojem športnega vodnega turizma. S povezavo obeh bregov Drave bi nastale nova rekreacijska povezava, kolesarska pot in slikovita sprehajalna pot. Nova dodatna brv bi obudila Mariborski otok skupaj z obema rečnima bregovoma. Njeno načrtovanje mora biti v skladu s smernicami varovanja okolja.



Slika 4 • Širša situacija predlagane brvi

### 3 • LES KOT GLAVNI KONSTRUKCIJSKI MATERIAL

Kot je bilo ugotovljeno v prejšnjem poglavju, velja Mariborski otok za subtilen naravni spomenik, zato je to smiselno upoštevati tudi pri izbiri osnovnega konstrukcijskega materiala. Ker štejejo les za najbolj naraven in ekološki konstrukcijski material, smo ga izbrali za glavni konstrukcijski material. Les je obnovljiv material in že od nekdaj velja za izjemno uporabnega v gradbeništvu. Z uporabo lesa se dodatno približamo naravi in predvsem trajnostnemu načrtovanju.

Uporaba lesa nas dodatno spodbudi k ustvarjanju ekonomične in racionalne, a vseeno atraktivne oblike brvi. Čeprav les ne velja za material z najboljšimi trdnostnimi lastnostmi v primerjavi z armiranim betonom in jeklom, je zaradi majhne specifične teže primeren za konstrukcije z velikimi razponi. Ker je večji del Slovenije pokrit z gozdovi, bi vsaka dobra lesena konstrukcija dodatno spodbudila razvoj lesne industrije in uporabo lesa v gradbeništvu v Sloveniji.

Po svetu obstaja kar nekaj lesenih brvi, ki kažejo, da je tudi z lesom mogoče graditi izredno racionalne konstrukcije različnih oblik s precej velikimi razponi (npr. brv Rimini v Italiji in brv preko Donave v Essingerju v Nemčiji). Opaziti je mogoče tudi lesene mostove, ki so grajeni v izrazito naravnem okolju ali celo v zaščitene naravnih parkih (npr. brv Kjaerra na Norveškem in brv Traversina v Švici). Po nekaj letih obstoja se je pokazalo, da noben primer ni pokazal negativnih posledic za naravo, hkrati so vsi postali znamenitosti kraja, v katerem so nameščeni. Prostor so nadgradili in ne degradirali, kar želimo doseči tudi s svojim predlogom.

### 4 • ZASNOVA BRVI

Pri zasnovi smo se ukvarjali le s prekladno konstrukcijo, temeljenja brvi nismo obravnavali podrobneje.

Zasnova sledi smernicam načrtovanja brvi iz priročnikov ((Keil 2013), (Schlaich, 2005)), hkrati se upoštevajo tudi izhodišča, vezana na lokacijo, kot sta npr. prečni profil in plovnost reke Drave. Na izbrani lokaciji je razpon med obema bregovoma 85 m, kar nam hitro da vedeti, da ni manevrskega prostora za načrtovanje poljubnih arhitekturnih oblik. V idejni zasnovi (Zorec, 2015) smo obravna-

vati več konstrukcijskih sistemov (most z vmesnimi podporami, palični most, most s spodnjo zatego, most s poševnimi zategami, viseči most ...), za najprimernejšega pa se je izkazal ločni most. Velja za elegantno in enostavno rešitev, les kot konstrukcijski material prevladuje, se poenoti hkrati z že obstoječim ločnim mostom na Mariborski otok ter s preudarno gradnjo predstavlja minimalni poseg v naravo. Edina slabost v nasprotju z ostalimi je višja investicijska vrednost. V nadaljevanju razvoja idejne za-

snove smo se odločili za kombinacijo diagonalnih zateg *Network Arch* (slika 5). Z izbiro tega sistema ne samo občutno zmanjšamo statično višino glavnega ločnega nosilca (v primerjavi s sistemom vertikalnih zateg), temveč konstrukcijo naredimo bolj estetsko in enotno. Podobno je v prečnem prerezu, kjer ločni nosilci iz lepljenega lameliranega lesa, nagnjeni za 8°, izboljšajo stabilnost konstrukcije mostu (slika 6). V vzdolžnem prerezu (slika 7) spodnja ločna nosilca na zunanji strani prečnice in jeklene diagonalne zatege ter služita za zatego med obema koncema brvi, hkrati pa skrivata vmesne lesene prečnice, ki so na konstantnih razdaljah 2,5 m. V nivoju lesenih prečnikov



Slika 5 • Poševne jeklene vezi med lokom in spodnjim nosilcem



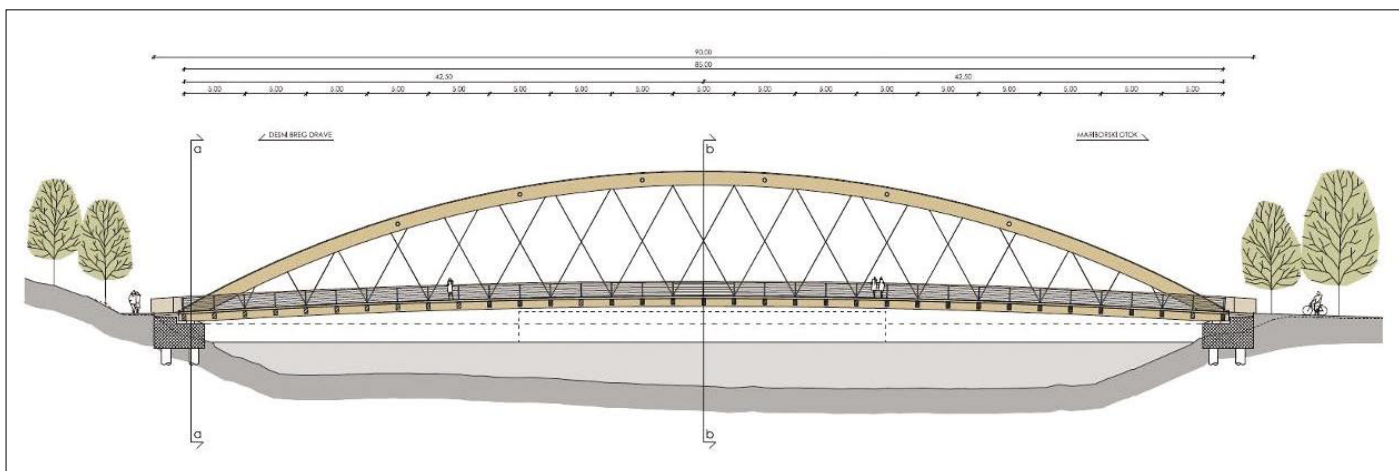
Slika 6 • Navznoter nagnjena loka povečujeta stabilnost konstrukcije

so vstavljene diagonalne zatege za zagotovitev stabilnosti v primeru bočnih obremenitev. Višina loka je približno 1/7 razpona, kar je okoli 12 m. Zgornja loka sta medsebojno povezana z okroglimi jeklenimi prečniki.

Krovna konstrukcija (slika 8) je sestavljena iz vzdolžnikov – iz manjših za pritržitev pohodnih lesenih plohov ter na vsaki strani prečnega prereza iz dveh višjih za pritržitev lesenih ograjnih stebričkov. Celotna krovna konstrukcija je rahlo nadvišana za zagotovitev minimalnega plovnega profila, vendar še vedno znotraj dovoljenih vrednosti za

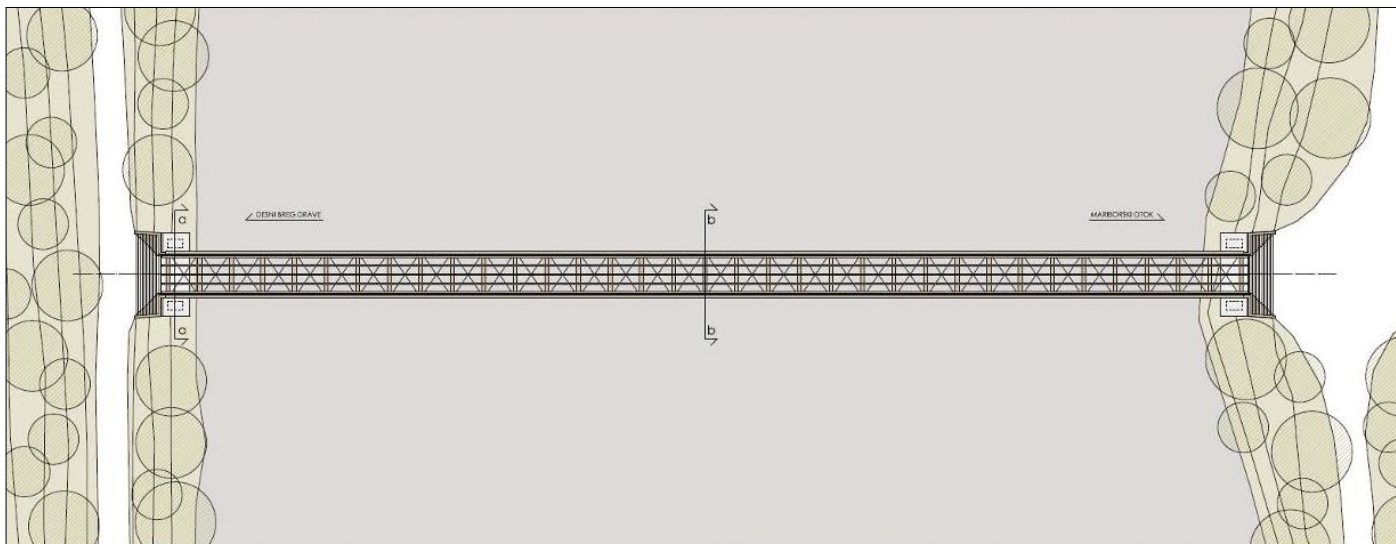
udobno prečkanje brvi. Ograja je zasnovana karseda transparentno in optimalno. Sestavljena je iz lesenih stebričkov na enaki razdalji kot spodnji leseni prečniki (2,5 m). Na vrh stebričkov je pritrjen leseni ročaj zaobljene trikotne oblike, med stebrički pa je speljana tanka jeklenica/pletena žica. Pohodno površino predstavljajo leseni plohi s posebnim slojem Hi Grip Plus proizvajalca CTS Bridges. Dodan sloj ni samo lep, temveč je tudi trajen, vodoodporen, nedrsljiv in naravnega videza. Pohodni plohi se pritržijo preko sistema skritega pritrževanja proizvajalca

Happax, ki omogoča, da so vijaki za pritrževanje neopazni in skriti, hkrati pa sistem deluje kot tesnilo. Odvodnjavanje v primeru lesenih pohodnih deščic ne povzroča težav, saj lahko meteorna voda odteka direktno med deščicami v reko Dravo. Vsi zaščitni premazi lesenih elementov morajo biti okolju prijazni zaradi morebitnega spiranja. Kljub naravni okolici zaradi varnosti predlagamo diskretno osvetlitev, in sicer z LED-svetili, ki jih lahko skrijemo v ročaj ograje in tako diskretno osvetljujemo le pohodno površino brvi.



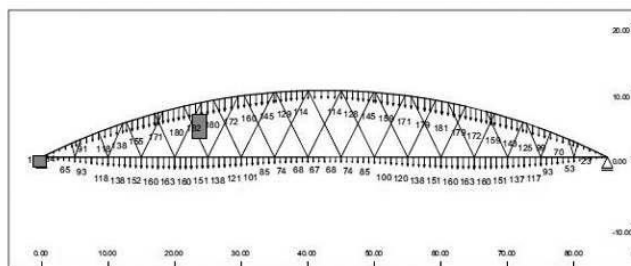
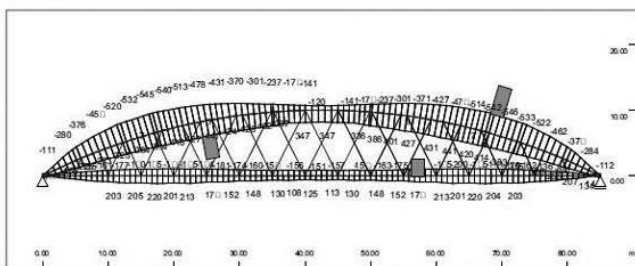
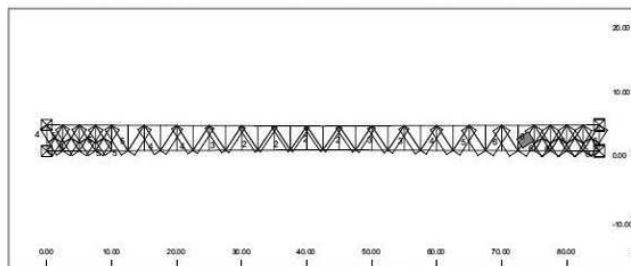
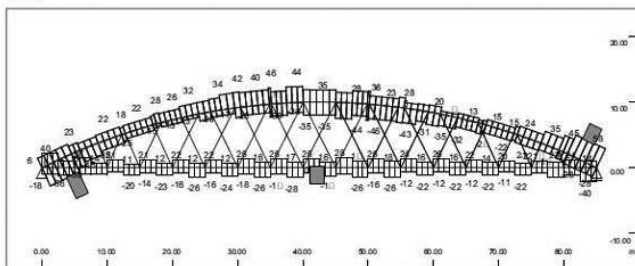
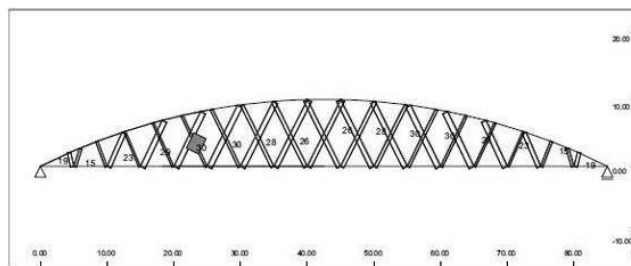
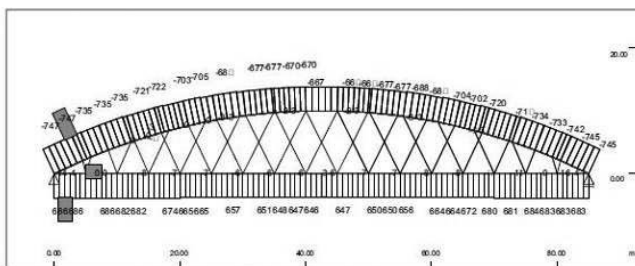
Slika 7 • Vzdolžni prerez brvi





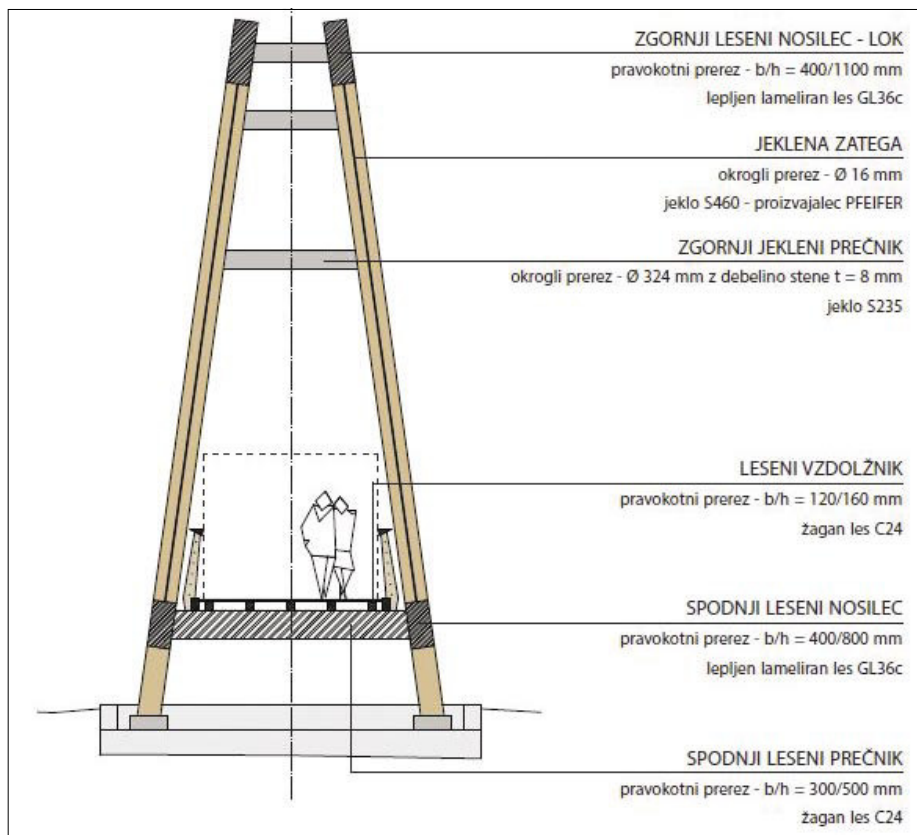
Slika 8 • Toris krovnne konstrukcije brvi

## 5 • RAČUN KONSTRUKCIJE



Slika 9 • Notranje sile in pomiki konstrukcije

Račun konstrukcije so opravili v inženirskem biroju Ponting, d.o.o., z računalniškim programom Sofistik. Za račun je bil izdelan linijski 3D-model brvi, račun pa je upošteval stalno obtežbo (lastna teža osnovne in krovne konstrukcije brvi), prometno obtežbo ( $5 \text{ kN/m}^2$ ) in obtežbo vetra. Notranje sile v konstrukciji in pomiki konstrukcije so prikazani na sliki 9. Dimenzioniranje osnovnih konstrukcijskih elementov je bilo opravljeno po postopkih in enačbah iz priložnice (Beg, 2009) v skladu s standardi za projektiranje lesenih in jeklenih konstrukcij SIST EN 1995-1-1. 2005 – Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij in SIST EN 1993-1-1. 2005 – Evrokod 3: Projektiranje jeklenih konstrukcij. Dimenzije osnovnih konstrukcijskih elementov so prikazane na sliki 10.

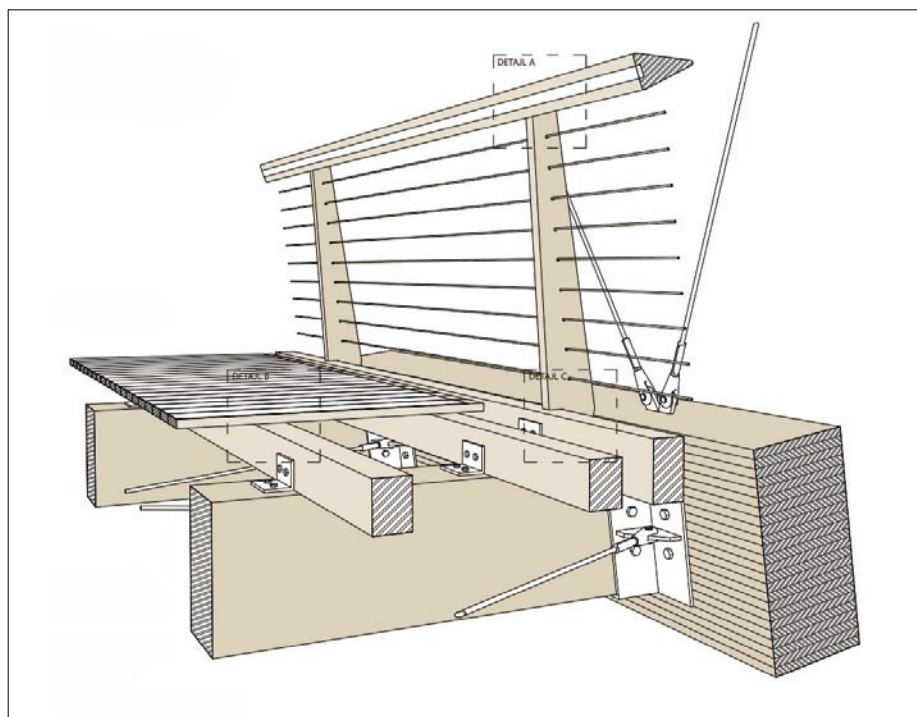


Slika 10 • Dimenzije osnovnih konstrukcijskih elementov brvi

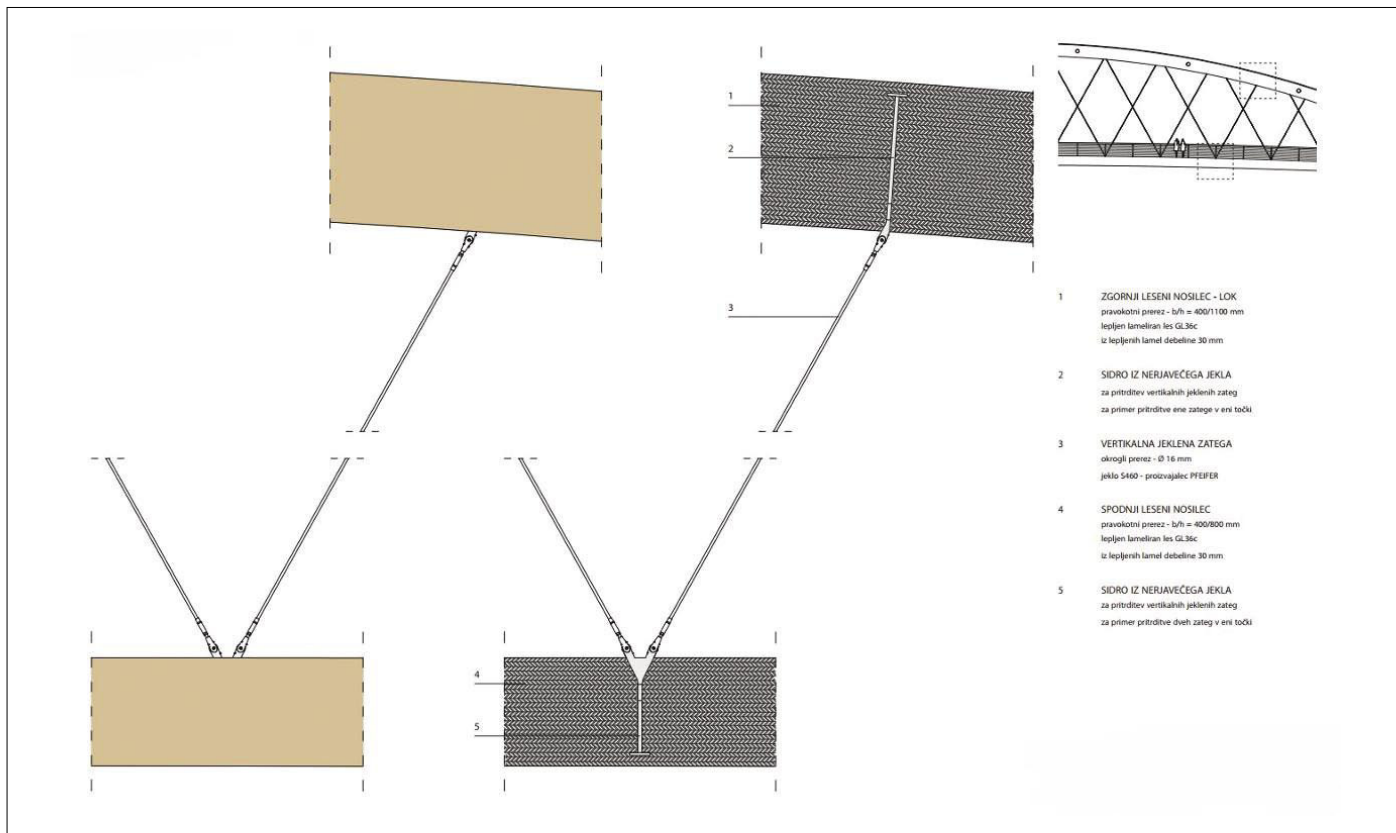
## 6 • OSNOVNI STIKI IN DETAJLI

Z vidika arhitekturne zasnove velja, da so stiki in detajli rešeni diskretno, minimalistično in estetsko. Hkrati morajo biti vsi spoji trajni ter mehansko odporni in stabilni.

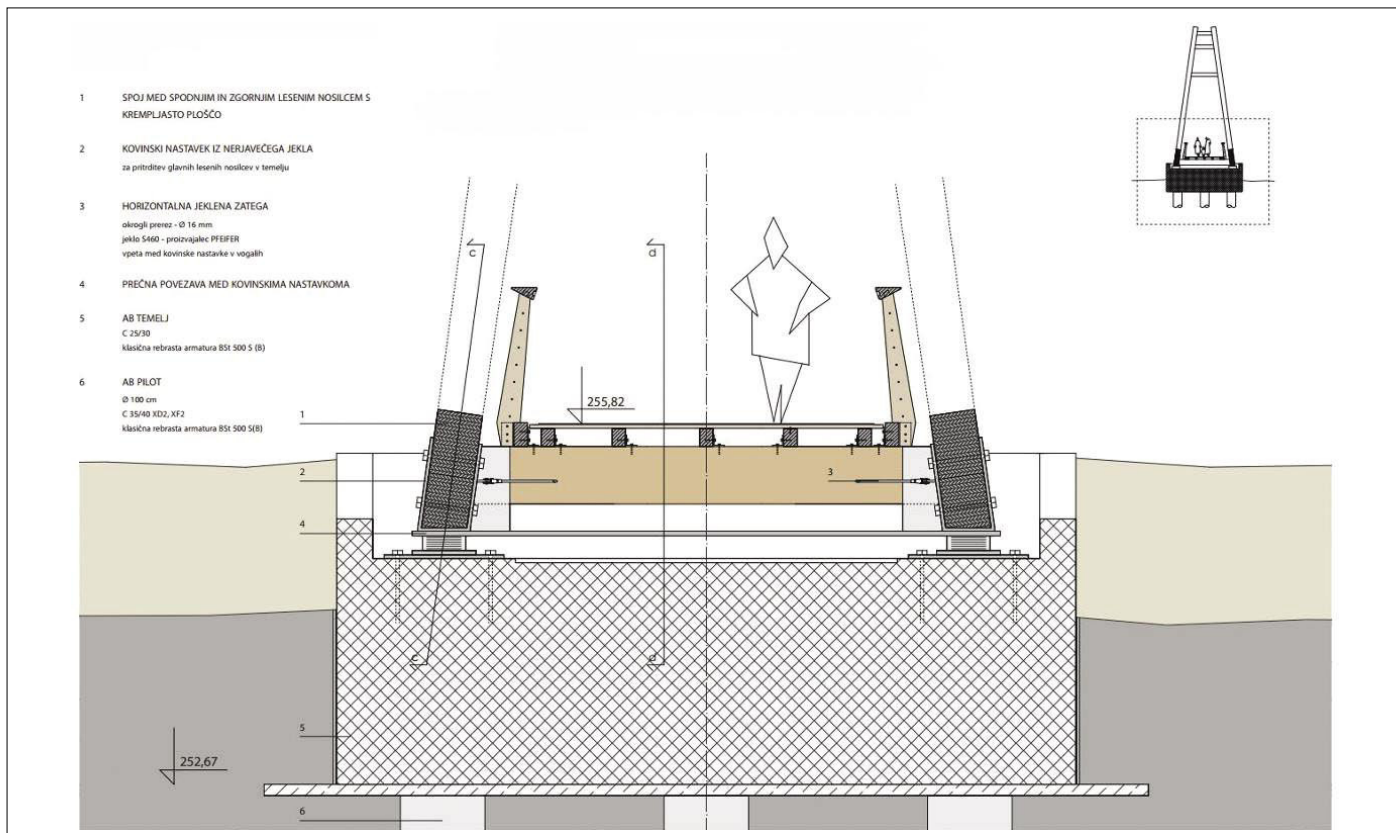
Sidra iz nerjavnega jekla za vpenjanje vertikalnih zateg se namestijo v času lepjenja lamel glavnih konstrukcijskih nosilcev v delavnici. Tako dobimo izredno diskreten in obenem statično ustrezen detajl. Glavna ločna nosilca sta v krajiščih mostu s spodnjima nosilcema povezana s krempljastimi ploščami (ježevkami). Nekaj detajlov je prikazanih na slikah 11 do 16.



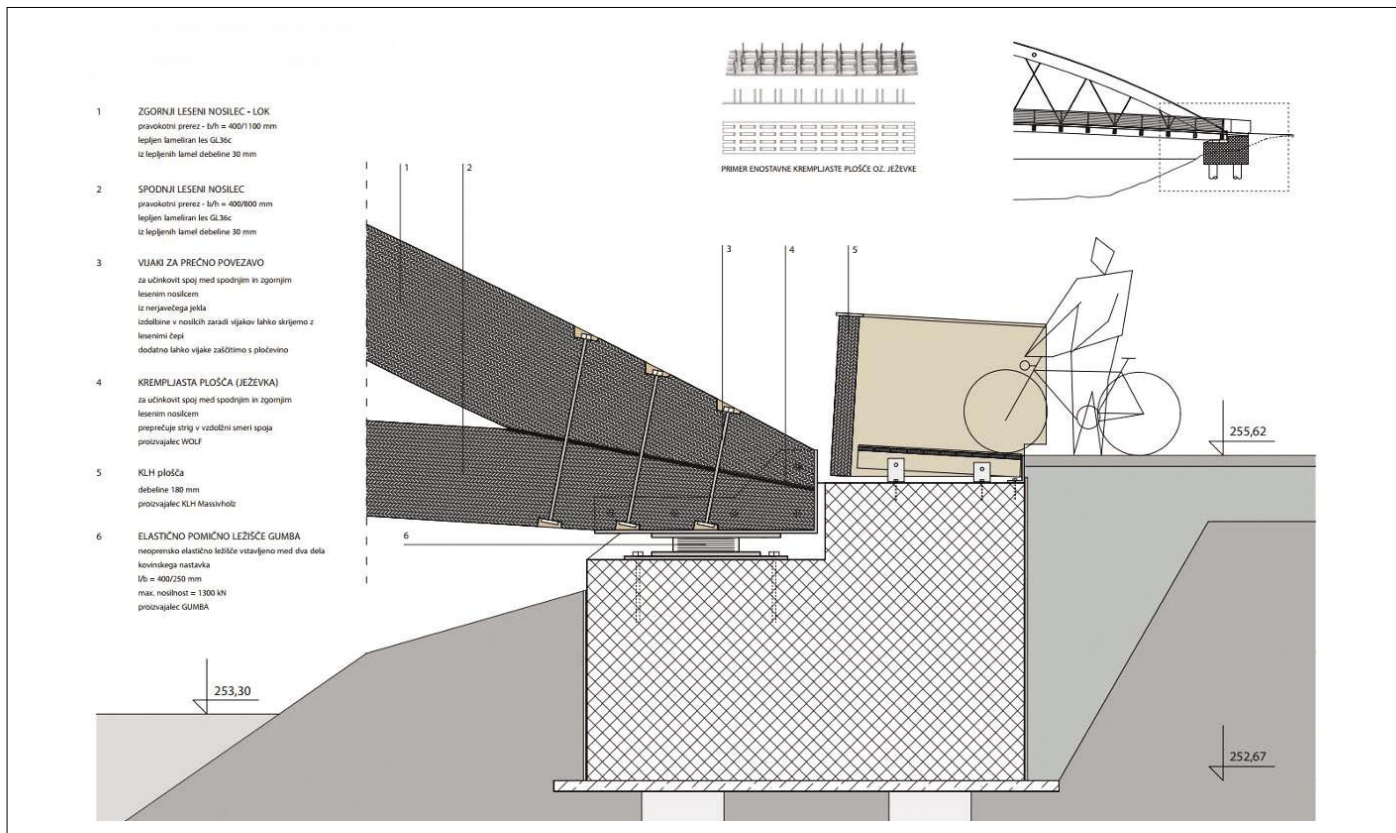
Slika 11 • 3D-detajl ograje in pohodne površine



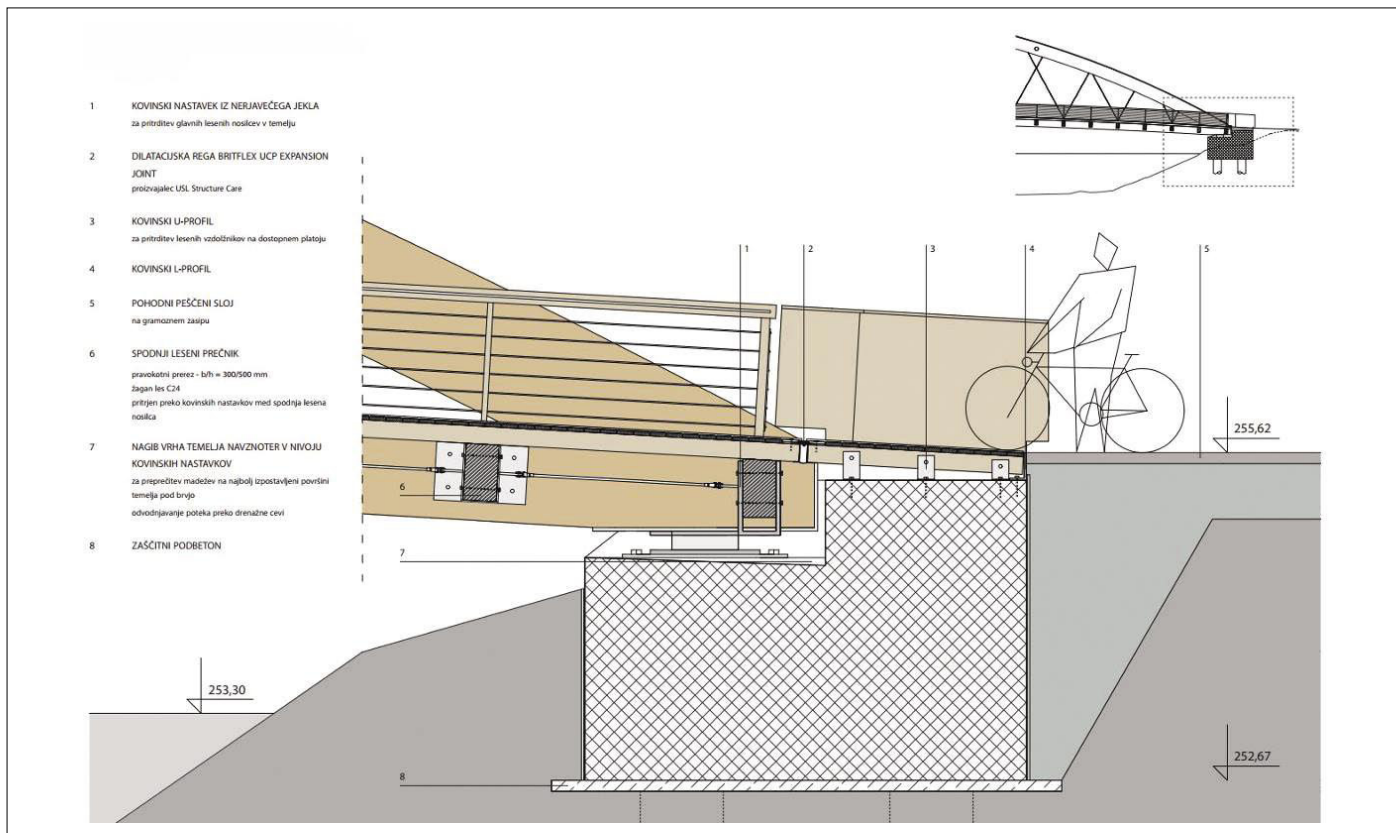
Slika 12 • Detajl vpetja jeklenih vertikalnih zateg



Slika 13 • Detajl temelja v prečni smeri



Slika 14 • Detajl ležišča v vzdolžni smeri



Slika 15 • Detajl dilatacije v vzdolžni smeri



Slika 16 • 3D-prerez krovne konstrukcije

## 7 • SKLEP

Največ pozornosti smo posvetili idejni zasnovi lesene brvi, ki je bila preverjena z računom konstrukcije. Zasnova upošteva in sledi strogim smernicam načrtovanja v občutljivem

naravnem območju Mariborskega otoka. Ocenjujemo, da bi morebitna realizacija na podlagi referenčnih primerov kljub edinstvenim naravnim danostim ta prostor dodatno

nadgradila in ne degradirala. Naša želja je bila zasnova realne lesene konstrukcije, ki bi služila za dober primer povezave arhitekta in gradbenega konstruktorja ter spodbudo k dodatnemu razvoju lesene gradnje v Sloveniji. Celotni diplomski projekt je dostopen tudi na spletu v Digitalni knjižnici Univerze v Mariboru (DKUM).



Slika 17 • Pogled s strani

## 8 • ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Miroslavu Premrovu in doc. dr. Vesni Žegarac Leskovar za pomoč in usmerjanje pri nastajanju projektne naloge.

Za številne nasvete in posredovano znanje o mostovih se zahvaljujem inženirju Viktorju Marklju in inženirju Gregorju Cipotu za račun konstrukcije in pomoč pri dimenzioniranju,

oba iz inženirskega podjetja Ponting, d.o.o. Za nasvete s področja urbanizma se zahvaljujem arhitektu Stojanu Skalickyju. Zahvaljujem se tudi mami in sestri za podporo pri študiju.

## 9 • LITERATURA

- Beg, D., Pogačnik, A., ur., Priručnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, Inženirska zbornica Slovenije, Ljubljana, 2009.
- Baus, U., Schlaich, M., Footbridges, Birkhäuser Verlag AG, Basel, 2008.
- Keil, A., Pedestrian Bridges, DETAIL Practice, München, 2013.
- Premrov, M., Dobrila, P., Lesene konstrukcije, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 2011.
- Schlaich, M., Brownlie, K., Conzett, J., Sobrino, J., Stasky, J., Takenouchi, K., Guidelines for the design of footbridges, Federation Internationale du beton, Lausanne, 2005.
- Zorec, D., Nova brv za pešce in kolesarje na Mariborski otok, Projektna naloga univerzitetnega študijskega programa Arhitektura 1. stopnje, mentor Premrov, M., somentorica Žegarac Leskovar, V., Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, Maribor, 2015.

# KONCEPT TEMELJENJA PASIVNIH HIŠ NA POTRESNIH OBMOČJIH

## FOUNDATION CONCEPT FOR PASSIVE HOUSES IN SEISMIC AREAS

**prof. dr. Vojko Kilar, univ. dipl. inž. grad.**

vojko.kilar@fa.uni-lj.si

**Boris Azinovič, univ. dipl. inž. grad.**

boris.azinovic@fa.uni-lj.si

**doc. dr. David Koren, univ. dipl. inž. grad.**

david.koren@fa.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Zoisova 12,  
1000 Ljubljana

**Znanstveni članek**

UDK 697.1:699.84

**Povzetek** | V članku je predstavljen predlagani koncept temeljenja energijsko-učinkovitih stavb na izolirani AB temeljni plošči, ki ohranja dobre lastnosti z vidika toplotne zaščite stavb, njegova dodatna naloga pa je funkcija potresne varovalke, ki lahko bistveno poveča potresno odpornost stavbe. Sistem varovalke temelji na principu dopuščene minimalnega horizontalnega zdrsa med sloji toplotne izolacije pod stavbo, do katerega pa lahko pride samo pri močnejših potresnih vzbujanjih. Zaradi dodanih vertikalnih in horizontalnih zadrževalnikov so zdrsi/nagibi kontrolirani in omejeni. Z izbiro konstrukcijskega sklopa z izbranim koeficientom trenja je investitorju in projektantu omogočena izbira želene stopnje zaščite: 1. *Osnovna zaščita* (kot po predpisih), 2. *Izboljšana zaščita* (kontroliran zdrs z malo poškodbami ali brez njih) ali 3. *Visoka zaščita* (potresna izolacija). Prikazani izbrani rezultati opravljenih nelinearnih dinamičnih analiz različnih AB konstrukcij potrjujejo učinkovitost predlaganega sistema temeljenja. Po mnenju avtorjev je za gradnjo energijsko učinkovitih stavb na potresno ogroženih območjih trenutno najracionalnejša izbira predlaganega scenarija izboljšane zaščite. V tem primeru je detajl temeljenja mogoče izvesti z običajnimi materiali iz prakse sodobne energijsko-učinkovite gradnje in ne pomeni večjega dodatnega stroška.

**Ključne besede:** pasivna hiša, energijsko-učinkovita gradnja, drsna potresna izolacija, temeljenje na toplotni izolaciji, potresna varovalka, koeficient trenja

**Summary** | In the paper, a conceptual foundation solution for reducing the seismic response of passive houses founded on layers of thermal insulation (TI) is proposed. The system prevents the occurrence of thermal bridges through RC foundation slab, and is capable of acting as seismic fuse to increase the seismic resistance of the building. The seismic fuse allows the minimal horizontal sliding between the TI layers, which could be activated only in the case of stronger ground motions. Due to additionally implemented vertical and horizontal restrainers the shifts/rocking rotations are controlled and limited to structurally acceptable levels. Depending on the selected friction coefficient between the TI layers, three different seismic response scenarios can be expected: scenario 1: Basic protection ("sliding prevention, no damage reduction"); scenario 2: Extended protection ("sliding controllable, damage reduced or eliminated") and scenario 3: High protection ("sliding isolation system"). The selected results of NLDA analysis of different RC structures have confirmed the efficiency of the proposed foundation system. The authors believe that at the time being, the most rational is the selection of the scenario »Extended protection«. In this case, the proposed seismic fuse could be easily constructed without any significant additional costs, using the materials that have already been used in the practice of modern energy efficient building.

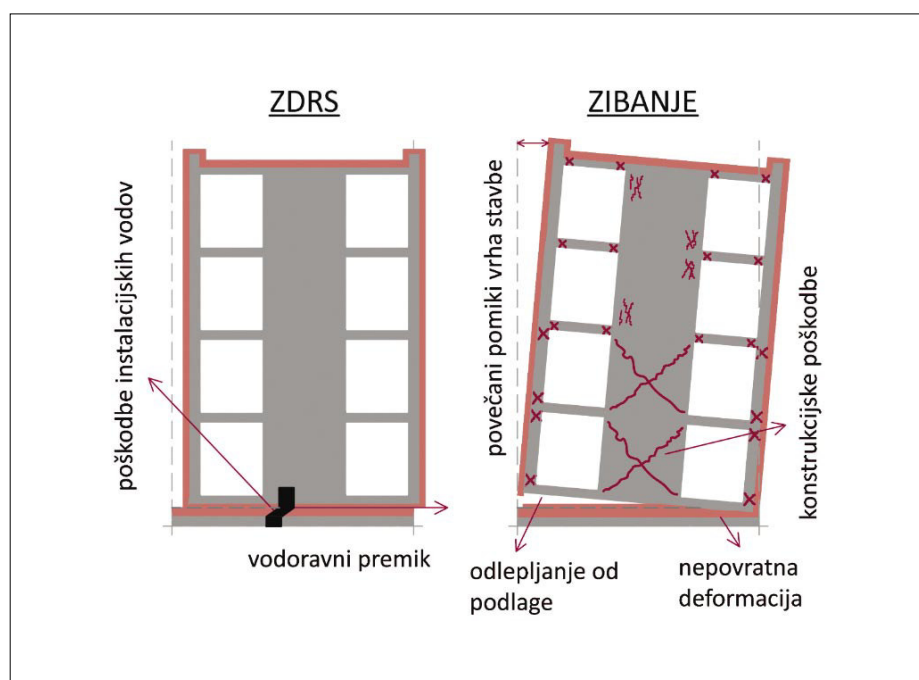
**Keywords:** passive house; energy-efficient building; sliding isolation; foundation on thermal insulation; seismic fuse; friction coefficient

## 1 • UVOD

Pri gradnji energijskoučinkovitih stavb moramo največ pozornosti nameniti zahtevi o neprekinjenosti toplotnoizolacijskega ovoja stavbe. Večina obstoječih rešitev (detajlov) energijskoučinkovitih stavb izvira predvsem iz potresno neogroženih območjih, kot je Nemčija, kjer sta razvoj in tehnologija takšnih stavb v največjem porastu. V primeru prenosa teh rešitev na potresno aktivna območja je treba posebno pozornost posvetiti tudi potresno odporni izvedbi konstrukcijskih detajlov. Eden od njih je temeljenje na toplotni izolaciji (TI), ki si ga lahko ponazorimo z obnašanjem trdne težje kocke, postavljene na mehko blazino. Kocka se bo zaradi vertikalne teže pogreznila v blazino, zaradi horizontalnih premikov blazine se bo kocka zibala, ob bolj sunkovitih premikih pa bo kocka zdrsnila v horizontalno smer ((Kilar, 2013a), (Kilar, 2013b), (Kilar, 2013c)). Temu podobno je obnašanje stavbe na več slojih TI pod armiranobetonsko (AB) temeljno ploščo, ki je prikazano na sliki 1. Napetosti zaradi vertikalne in horizontalne obtežbe lahko povzročijo prekoračitve vertikalne tlačne nosilnosti toplotnoizolacijskih plošč in nepredvidena povečanja obremenitev na konstrukcijo zgornje stavbe, nagibanje stavbe in posledično stiskanje izolacije. Deformacije zaradi horizontalnega zdrsa pa lahko vodijo v poškodbe instalacijskih vodov, dostopov, stopnic in drugih priključkov. Na podlagi predhodnih raziskav v okviru projekta Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS (ARRS) z naslovom Varnost pasivnih hiš pri potresu smo iskali ustrezne (nadomestne) rešitve temeljenja na TI s poudarkom na konstrukcijski/potresni varnosti. Tako predlagamo

poseben koncept temeljenja na TI, ki v primeru močne potresne obtežbe lahko obvaruje nosilno konstrukcijo pasivne hiše pred poškodbami in v kombinacijami z ustrezno sprojektivnimi zadrževalniki hkrati omogoča varovanje inštalacijskih vodov. Med potresom je treba določene inštalacijske vode, ki potencialno ogrožajo človeška življenja (npr. elektrika, plin), varovati z namenom zadostitve zahteve po njihovi neporušitvi. Sistem temelji na principu drsenja, ki se aktivira šele pri močnejših

potresnih vzburjanjih, in zagotavlja kontroliran potresni odziv tako temeljenih stavb. Po principu delovanja je torej predlagani sistem podoben drsnim potresnim izolatorjem ((Naeim, 1999), (Hong, 2004), (Kilar, 2007), (Panchal, 2009), (Fadi, 2010), (Koren, 2011), (Becker, 2012), (Lu, 2013), (Chung, 2015)). Za zanimivost velja poudariti, da je bil konceptualno podoben način temeljenja na drsnih svinčenih ploščah uporabljen pri gradnji ljubljanskega Nebotičnika (Fajfar, 1995). Predlagani sistem je namenjen za izboljšanje potresne varnosti različnih energijskoučinkovitih stavb, temeljenih na toplotnoizolacijskih ploščah iz različnih materialov.



Slika 1 • Možno obnašanje energijskoučinkovite stavbe med potresi – prikaz brez aplikacije predlagane rešitve temeljenja

## 2 • SISTEM POTRESNE VAROVALKE

### 2.1 Opis predlaganega koncepta temeljenja

Predlagani sistem temeljenja je izveden s pomočjo toplotnoizolacijskih plošč z vmesnim slojem hidroizolacije ali folije (drsní sloj), ki glede na način izvedbe površine (hrapavost, žlebljenje, lepljenje) zagotavlja želeni koeficient trenja. Sistem smo dopolnili z vertikalnimi in/horizentalnimi zadrževalniki različnih izvedb, katerih uporaba pa ni vedno nujna. Uporabimo lahko torej vse obstoječe konstrukcijske elemente za temeljenje na to-

plotni izolaciji in iz njih sestavimo poseben konstrukcijski sklop, ki pod AB temeljno ploščo deluje kot potresna varovalka. Z aplikacijo predlaganega sistema se izboljša potresni odziv tako temeljenih stavb, saj so manj izpostavljene zibanju, preprečeno pa je tudi nekontrolirano drsenje. V primeru močnejšega potresa sistem horizontalnih zadrževalnikov dopušča manjše kontrolirane horizontalne zdrse ( $\Delta H$ ) in deluje kot potresna varovalka – ščiti pred poškodbami zgornjo konstrukcijo,

saj vanjo ne more prenesti večje horizontalne sile, kot je sila trenja konstrukcijskega sklopa pod njo. Glavne komponente predlaganega sistema so (slika 2):

- (1) Dve ali več toplotnoizolacijskih plošč ustrezne debeline in trdnosti.
- (2) Izbrana drsna ravnina (vmesni sloj folije ali hidroizolacije med dvema slojema TI-plošč).
- (3) Horizontalni zadrževalniki, ki preprečujejo zdrsa na stiku utrjene podlage (podložnega betona) in spodnjega sloja TI-plošč.
- (4) Vertikalni zadrževalniki, ki preprečujejo nekontrolirano zibanje in bočno omejujejo največji horizontalni pomik (zdrs).

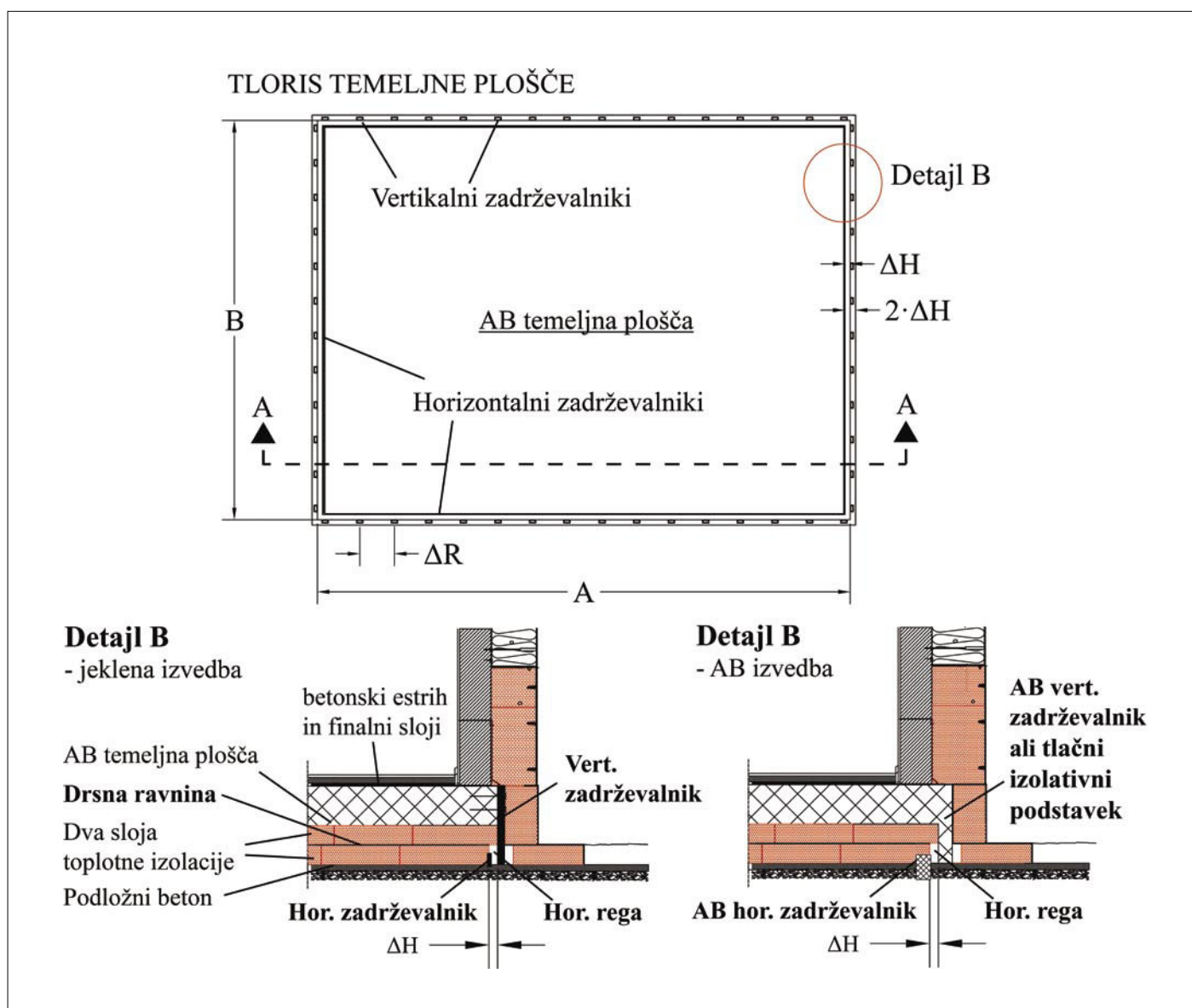


- (5) Horizontalna rega ( $\Delta H$ ), s katero je omejen največji dopustni horizontalni pomik (zdrs).

Vertikalni zadrževalniki so vgrajeni v rob temeljne plošče enakomerno po celotnem obodu (na medsebojni razdalji  $\Delta R$  – slika 2). Na stiku s podlago morajo imeti dovolj veliko jekleno ali AB kontaktno površino, da v primeru močnega potresa zmanjšujejo nekontrolirano čezmerno zibanje in s tem prekoračitev tlačnih trdnosti in mejnih tlačnih deformacij v TI pod temeljno ploščo. Zibanje preprečujejo tako, da se na tlačni strani naslonijo na podložni beton, ki mora biti po potrebi dodatno ojačan po vsem obodu temeljne plošče. Vertikalni zadrževalniki se

vgradijo dovolj nagosto, da se omejijo kontaktne tlačne napetosti na stiku s podlago. Poleg tega vertikalni zadrževalniki z bočnim naleganjem na sloje TI omejujejo velikost horizontalnega zdrsa. Lahko so različnih oblik in izvedb, kar je prepuščeno projektantu. Morajo biti izdelani iz materiala z nizko toplotno prevodnostjo in visoko tlačno in upogibno trdnostjo (možen je sistem izvedbe z okroglimi dvojno zvitimi jeklenimi armaturnimi palicami, različnimi jeklenimi profili oz. kovinskimi elementi, s tlačnimi podstavki iz toplotnoizolativnega (nano)betona ali pa tudi z masivnimi AB zavijki/robovi/distančniki, ki se vgradijo/ulijejo v AB temeljno ploščo ali podložni beton). Zadrževalnike projektiramo na želeni višji nivo zaščite (tj. ob upoštevanju

potresa s predpostavljeno večjo povratno dobo, kot jo upoštevamo pri dimenzioniranju same drsne ravnine/rege in zgornje konstrukcije), in ob upoštevanju redukcijskega faktorja  $q=1$ . Pri nižjih hišah je zibanje v primeru potresa zanemarljivo in zato vertikalni zadrževalniki za omejevanje nagiba stavbe niso nujno potrebni. Njihova funkcija je v tem primeru samo omejevanje zdrsa, zato je lahko njihova izvedba enostavnejša. V primeru močnejše potresne obtežbe se lahko zgornji sloj toplotnoizolacijskih plošč skupaj s stavbo v horizontalni smeri premakne za največ  $\Delta H$  (slika 3) v katerokoli smer. Velikost horizontalne rege ( $\Delta H$ ) med vertikalnim in horizontalnim zadrževalnikom se določi v fazi projektiranja glede na izbrani konstruk-



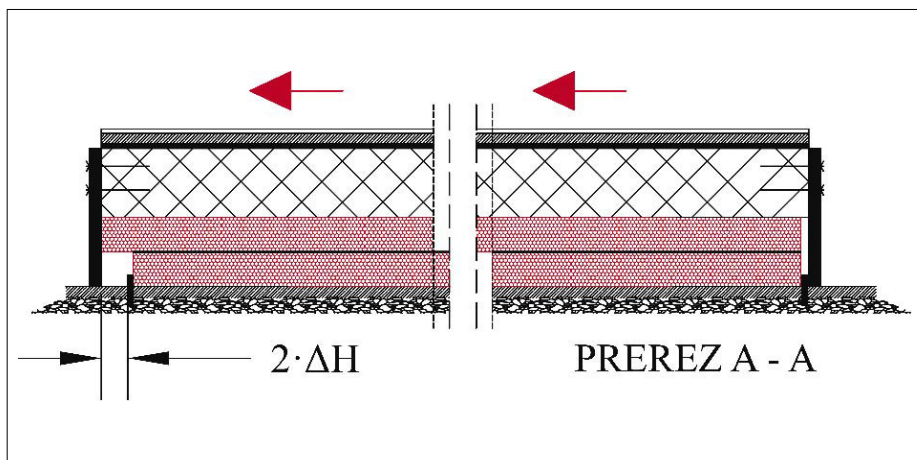
Slika 2 • Shematski prikaz (tloris in detajl) predlaganega sistema temeljenja

cijski sklop, koeficient trenja drsne površine, maso stavbe, projektni pospešek temeljnih tal (projektno intenziteto) na dani lokaciji ter zeleno raven zaščite zgornje konstrukcije. Hkrati je treba upoštevati tudi deformabilnost vseh instalacijskih vodov, ki potekajo skozi temeljno ploščo. Drsna ravnina mora biti izvedena tako, da ima nižji koeficient trenja, kot ga imajo preostali stiki med sloji uporabljenega konstrukcijskega sklopa. Za nekatere posamezne sklope oz. njihove stike med sloji smo koeficient zdrsa izmerili s testi in znaša med 0,3 in 0,5 (Kilar, 2014). V večini primerov je v drsni ravnini smotrna uporaba hidroizolacije ali folije, ki ima dvojno vlogo: osnovni namen je zaščita celotne ali dela temeljne blazine pred vlago oz. vodo v primeru visoke podtalnice, dodatno pa hidroizolacijski sloj pri močnejših potresih omogoča zdrse, ki pa so zaradi sistema horizontalnih in vertikalnih zadrževalnikov omejeni oz. kontrolirani. Horizontalni zadrževalniki so izvedeni na obeh straneh spodnjega sloja TI kot enostavni omejevalci pomika (npr. robniki iz armiranega betona, kovinski profili, lahko so tudi del okoliškega tlaka ali drenažnih cevi), ki morajo biti za prevzem horizontalnih sil ustrezno temeljeni oz. utrjeni.

## 2.2 Možnost izbire stopnje zaščite konstrukcije (scenarij odziva)

Predlagana rešitev za temeljenje projektantu in/ali investitorju omogoča, da preko koeficienta trenja drsne površine sam izbere zeleno stopnjo zaščite konstrukcije zgornje stavbe in njene vsebine v primeru močne potresne obtežbe. V splošnem lahko izbira med tremi osnovnimi scenariji potresnega odziva (slika 4):

– »Osnovna zaščita« – scenarij, pri katerem je **zdrs preprečen**, zagotovljena pa je osnovna zaščita zgornje konstrukcije. To pomeni, da je raven zaščite zgornje konstrukcije enaka, kot je zahtevana po predpisih (pri projektnem potresu lahko še vedno nastanejo poškodbe zgornje konstrukcije). Uporaben je za enostavnejše (1- do 2-etažne) stavbe z zadovoljivo potresno odpornostjo, pri katerih zmanjšanje potresnih sil ni nujno potrebno. Za takšne stavbe je v drsni ravnini pod temelji priporočljiva uporaba slojev z večjim koeficientom trenja ali z drugimi mehanskimi ukrepi, tako da do drsenja pri projektnem pospešku temeljnih tal na dani lokaciji sploh ne pride. Pri večjih potresnih intenzitetah je mogoče tudi mehansko preprečevanje zdrsa s predlaganim sistemom horizontalnih in vertikalnih zadrževalnikov ali drugimi po-



Slika 3 • Obnašanje sistema temeljenja v primeru močne horizontalne obtežbe (stavba nad AB ploščo na sliki se je premaknila v levo)

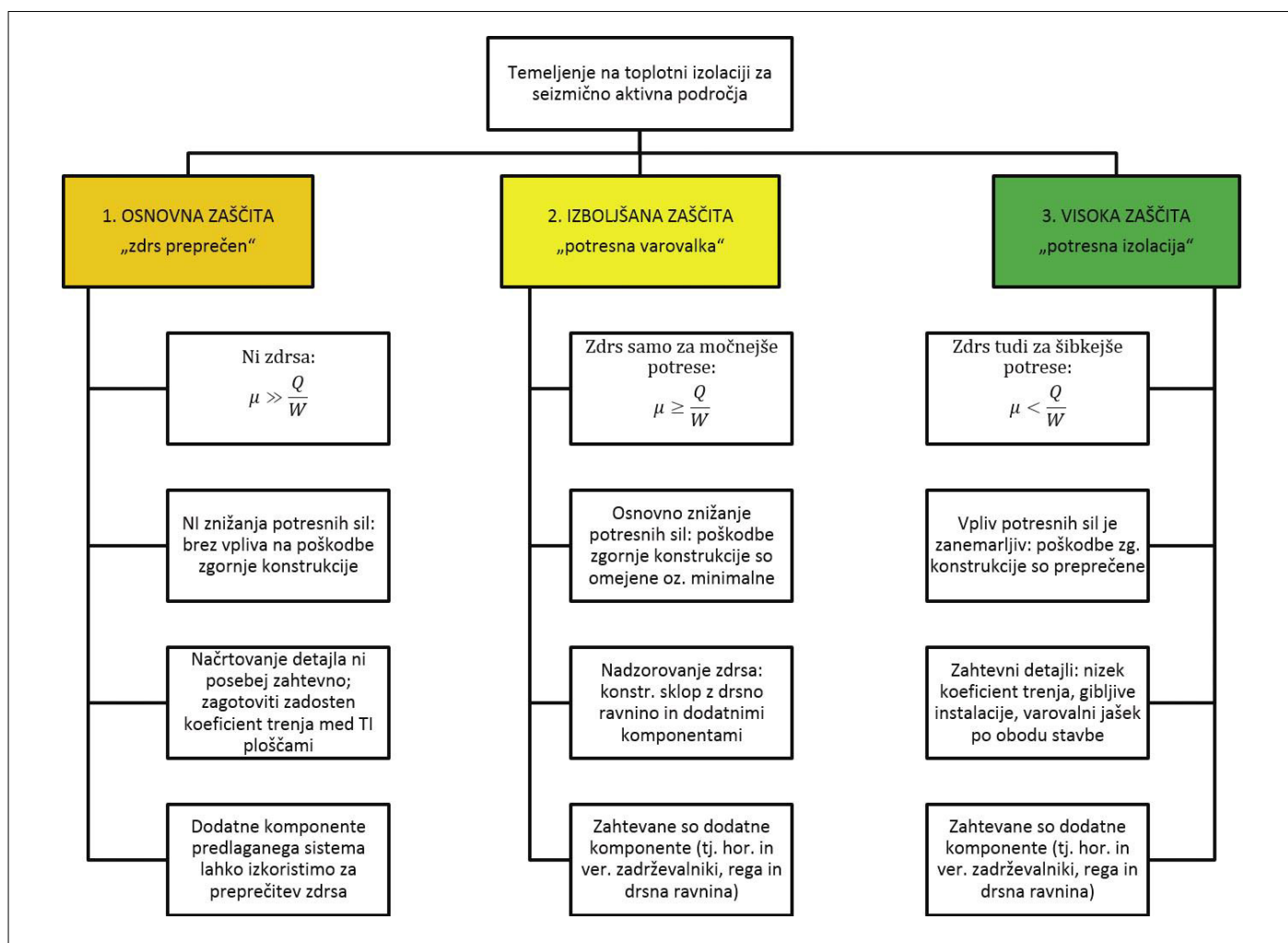
dobnimi ukrepi (lepljenje površin), s katerimi lahko zagotovimo, da bo  $\Delta H \approx 0$ , vendar pa tega ne priporočamo, saj tako za vse intenzitete preprečimo delovanje potresne varovalke.

– »Izboljšana zaščita« – scenarij, pri katerem dopustimo manjše horizontalne zdrse v zato predvideni ravnini pod temelji. Ta scenarij omogoča omejitev potresnih sil, ki se preko drsne ravnine med potresom iz tal lahko prenesejo v zgornjo konstrukcijo. To pomeni, da je nivo zaščite zgornje konstrukcije boljši, kot je zahtevan po predpisih (pri projektnem potresu nastanejo bistveno manjše poškodbe zgornje konstrukcije ali pa ta ostane elastična). **Potresna varovalka** se vključuje v vseh primerih, ko je potresna sila večja od tiste, na katero je bila stavba projektirana. Ob kontroliranih zdrsih lahko na dano potresno silo zgornjo konstrukcijo projektiramo tako, da bo stavba ostala nepoškodovana tudi pri močnejših potresih od projektnega.

– »Visoka zaščita« – scenarij, pri katerem še dodatno omejimo potresne sile, ki se preko drsne ravnine med potresom iz tal lahko prenesejo v zgornjo konstrukcijo. To dosežemo z izbiro čim manjšega koeficienta trenja med sloji toplotne izolacije pod temelji. Vrednosti koeficientov trenja so primerljive z vrednostmi, ki jih imajo običajni drsni potresni izolatorji (med 0,05 in 0,15 v primeru stika teflon – nerjavno jeklo). V praksi je tako nizke vrednosti koeficienta trenja sicer relativno težko/drugo doseči, saj gre za velike površine (pod celotno temeljno ploščo). Ta scenarij pomeni, da je nivo zaščite zgornje konstrukcije še boljši kot v zgoraj opisanih scenarijih, in omogoča

podobno zaščito, kot jo nudi **potresna izolacija** (brez poškodb zgornje konstrukcije tudi pri zelo močnih potresih). Raziskave specifičnih kontaktnih materialov, ki bi se lahko splošno uporabljali v gradbeni industriji, so čedalje pogostejše ((Nanda, 2012), (Quaglioni, 2014), (Calvi, 2015)). Za učinkovito delovanje predlaganega sistema temeljenja je pri tretjem scenariju treba zagotoviti vse dodatne komponente (ustrezno gibljive instalacijske vode, vertikalne in horizontalne zadrževalnike, horizontalne rege  $\Delta H$ ). V povezavi s slednjo je nujno potrebna izvedba dilatacije objekta po celotnem obodu temeljne plošče, s čimer se tudi izognemo morebitnim trkom objekta s sosednjimi stavbami (Polycarpou, 2010). V praksi lahko mejno strižno napetost, pri kateri se bo zdrs aktiviral, povečajo tudi kontaktni pritiski zaradi vertikalnih reakcij stavbe in sama izvedba temeljne plošče, ki nikoli ni popolnoma ravna. Ker pa v predlaganem sistemu temeljenja zdrs nastopa v sredini med sloji TI, je pričakovati, da bodo vplivi neravnosti precej manjši. V praksi je treba izvesti horizontalno rego tako, da pri projektnem potresu zadrževalniki ne trčijo.

Meje med scenariji sicer niso vedno ostre, po mnenju avtorjev pa je pri sodobnih pasivnih hišah najbolj priporočljivo in racionalno projektirati na drugi scenarij (»izboljšana zaščita«), saj v tem primeru lahko uporabimo materiale, ki se tudi običajno uporabljajo v že znanih (obstojećih) detajlih temeljenja pasivnih hiš. Posledično so dodatni stroški v primeru implementacije drugega scenarija zanemarljivi.



Slika 4 • Opis možnih scenarijev potresnega odziva stavb, temeljenih po predlogu

### 3 • RAČUNALNIŠKE ANALIZE POTRESNEGA ODZIVA STAVB, TEMELJENIH NA PREDLAGANEM SISTEMU

#### 3.1 Parametrična študija poenostavljenih (SDOF) modelov

Učinkovitost predlaganega sistema temeljenja smo najprej analizirali s parametrično študijo 2-etažnih stavb z nihajnimi časi ( $T_{FB}$ ) v območju med 0,10 in 0,30 s. Pri tem nihajni čas ( $T_{FB}$ ) predstavlja nihajni čas vpete (angl. *fixed base*) konstrukcije tj. konstrukcije, ki ni temeljena na TI. Uporabljen je bil poenostavljen SDOF-numerični model ((Azinović, 2014), (Kilar, 2015), (Azinović, 2016), (McKenna, 2015)), shematsko prikazan na sliki 5. Temeljna plošča florisnih dimenzij 16 x 8 m je bila modelirana kot absolutno toga in podprta z nelinearnimi vzmetmi, ki simulirajo toplotnoizolacijsko podlago, tj.

30 cm sloj iz dveh 15 cm plošč iz ekstrudiranega polistirena (XPS) z nominalno tlačno trdnostjo 400 kPa. Mehanske karakteristike XPS-plošč pri tlačni in strižni obremenitvi ter koeficiente trenja na sklopih, ki se uporabljajo na stiku konstrukcije s temeljnimi tlemi, smo določili v okviru eksperimentalnih raziskav, opravljenih v Konstrukcijsko-prometnem laboratoriju na UL FGG ((Bokan-Bosiljkov, 2013a), (Bokan-Bosiljkov, 2013b), (Kilar, 2014)). Strižna (trenjska) nosilnost sklopov pod obravnavano stavbo je bila v parametrični študiji upoštevana pri tlačni predobremenitvi, ki ustreza začetnim tlačnim napetostim v TI-podlagi zaradi teže konstrukcije v potresnem projektnejem stanju

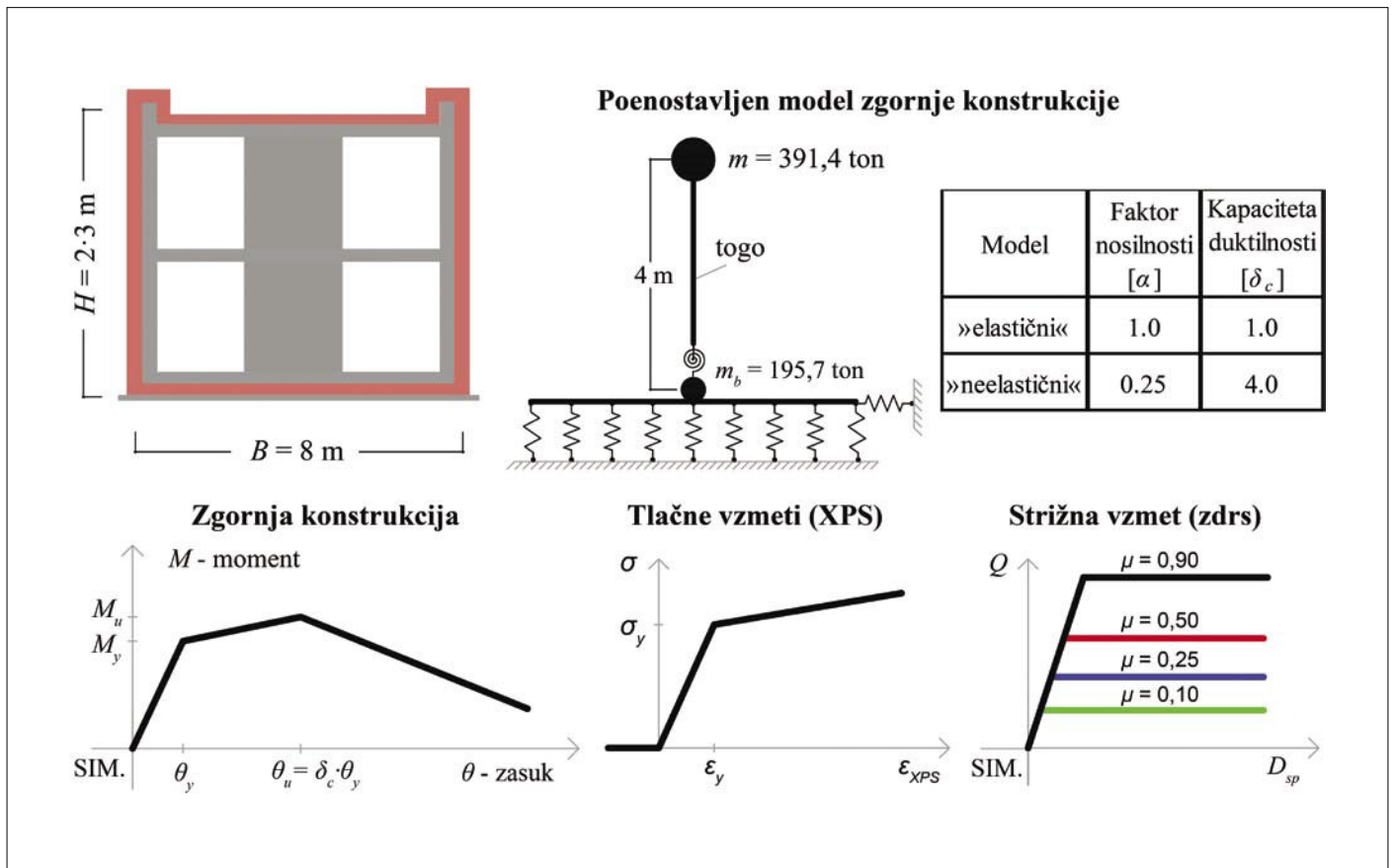
(45 kPa). Analiziranih je bilo 6 variant detajla z različnimi koeficienti trenja ( $\mu = 0,1-0,9$ ). Za zgornjo konstrukcijo sta bili v analizi upoštevani dve različni varianti – s predpostavljenim elastičnim obnašanjem (s faktorjem nosilnosti  $\alpha = 1,0$  in kapaciteto duktilnosti  $\delta_c = 1,0$ ) in s predpostavljenim nelinearnim obnašanjem ( $\alpha = 0,25$  in  $\delta_c = 4,0$ ). Nelinearno obnašanje zgornje konstrukcije je bilo modelirano z idealizirano trilinearno ovojnico. Modeli z elastičnim obnašanjem predstavljajo nižje pasivne stavbe z visokim deležem sten glede na florisno površino stavbe. Ti modeli so bili analizirani za opazovanje odziva oz. obnašanja konstrukcije na nivoju temeljev (npr. dosežen horizontalni pomik oz. zdrs  $D_{sp}$ ), medtem ko so bili modeli z nelinearnim in duktilnim obnašanjem analizirani za opazovanje odziva oz. obnašanja zgornje konstrukcije (npr. dosežena zahteva za duktilnost  $\delta_d$ ) (Azinović, 2014).

Potresna obtežba je bila simulirana z naborem 30 akceleroگرامov, ki so bili izbrani tako, da se je njihov povprečni spekter pospeškov prilegal Evrokodovemu elastičnemu spektru (SIST, 2005) s 5 % dušenjem, za tla tipa A s projektnim pospeškom temeljnih tal 0,25 g. Magnitude izbranih potresov so bile v območju med 5,5 in 7, oddaljenosti od prelomnic pa med 5 in 50 km. Izbranih 30 akceleroگرامov tako predstavlja različne zapise naslednjih potresov: Northridge (1994), Morgan Hill (1984), Bagnoli Irpinia (1980), Loma Prieta (1989), San Fernando (1971), Coyote Lake (1979), Whittier Narrows (1987), and Sierra Madre (1991). Potresni odziv obravnavanih stavb smo analizirali z inkrementalno dinamično analizo (IDA), kjer smo intenziteto vzbujanja vsakega posameznega akceleroگرامa povečevali s korakom 0,02 g do 1,0 g. Za končni rezultat smo pri izbrani intenziteti vzbujanja opazovali povprečni največji odziv vseh 30 upoštevanih akceleroگرامov in verjetnosti pojava scenarijev pri različnih potresnih intenzitetah. Detajli modeliranja, opravljenih analiz in podrobni rezultati študije so podani v ((Azinović, 2014), (Kilar, 2015), (Azinović, 2016)).

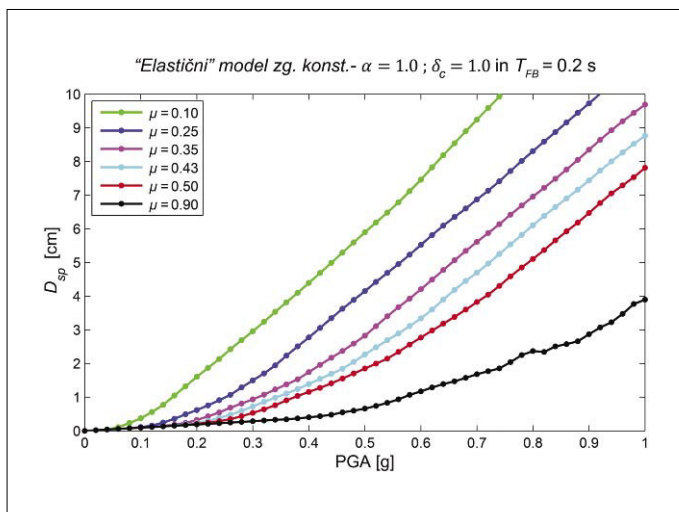
Izbrani rezultati računalniških simulacij na poenostavljenih (SDOF) modelih stavb so prikazani na slikah 6–8. Na sliki 6 je v obliki povprečnih IDA-krivulj prikazan največji doseženi pomik oz. zdrs spodaj ( $D_{sp}$ ), tj. na nivoju T1 pod temelji analizirane stavbe z nihajnim časom  $T_{FB} = 0,20$  s (model s predpostavljenim elastičnim obnašanjem ( $\alpha = 1,0$  in  $\delta_c = 1,0$ )). Vidimo, da se pri podani intenziteti vzbujanja največji zdrs pojavijo v primeru uporabe sklopa z nizkim koeficientom trenja. Pri koeficientu trenja  $\mu = 0,1$  analizirana stavba zdrsi že pri šibkih potresih ( $PGA < 0,10$  g) in lahko govorimo o scenariju visoke zaščite oziroma o drsni potresni izolaciji. V tem primeru pa je treba računati na večje horizontalne pomike, ki zahtevajo ustrezno projektiranje gibljivih instalacijskih vodov in dilatacij. Pri projektnem potresu ( $PGA = 0,25$  g) je v danem primeru velikost zdrsa znašala okrog 2,5 cm. V primeru izbire sklopa z višjim koeficientom trenja ( $\mu = 0,9$ ) je zdrs preprečen tudi v primeru močnejših potresov ( $PGA \leq 0,45$  g). Kateri scenarij odziva bo dosežen pri preostalih analiziranih vrednostih koeficienta trenja (med 0,1 in 0,9), je odvisno predvsem

od ravni  $PGA$ . Kriterij pojava drsenja bo opisan in prikazan v nadaljevanju članka v obliki krivulj ranljivosti.

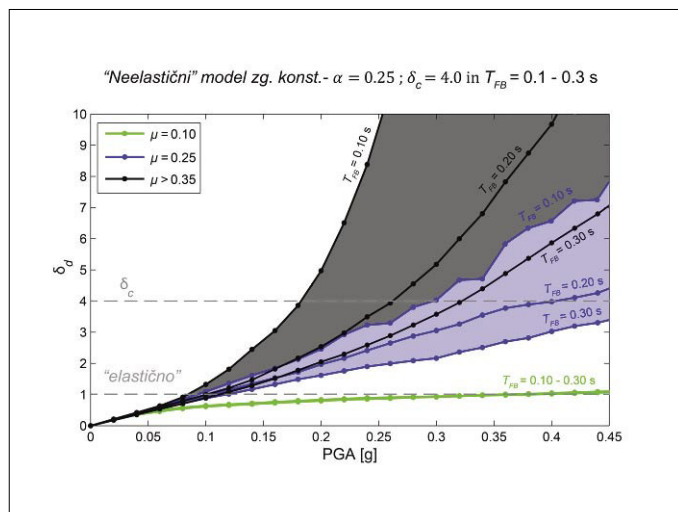
Na sliki 7 je v analogni obliki kot na sliki 6 prikazana največja dosežena duktilnost ( $\delta_d$ ) zgornje konstrukcije analizirane stavbe (model s predpostavljenim nelinearnim obnašanjem ( $\alpha = 0,25$  in  $\delta_c = 4,0$ )). Pri tem so na istem grafu prikazani rezultati za stavbe z različnimi nihajnimi časi:  $T_{FB} = 0,10$  s, 0,20 s in 0,30 s (pahljasta prikaz). Opazovani parameter ( $\delta_d$ ) je definiran kot kvocient med doseženo rotacijo v plastičnem členku in rotacijo na meji elastičnosti in je dejansko pokazatelj poškodovanosti zgornje konstrukcije. Iz grafa vidimo, da poškodbe lahko zmanjšamo, če za konstrukcijski sklop pod temeljno ploščo uporabimo nižji koeficient trenja. Pri  $PGA = 0,3$  g na primer opazimo, da je obnašanje vseh analiziranih modelov s koeficientom trenja  $\mu = 0,1$  elastično, modeli z  $\mu = 0,25$  utrpijo poškodbe, ki pa so omejene ( $\delta_d \leq \delta_c$ ), pri modelih z večjimi koeficienti trenja pa pride do porušitve ( $\delta_d > \delta_c$ ). Pri tem so poškodbe večje v primeru konstrukcij s krajšimi nihajnimi časi ( $T_{FB}$ ).



Slika 5 • Numerični model analiziranih stavb



Slika 6 • Povprečne IDA-krivulje za največji doseženi pomik (zdrs) (elastični model zgornje konstrukcije)



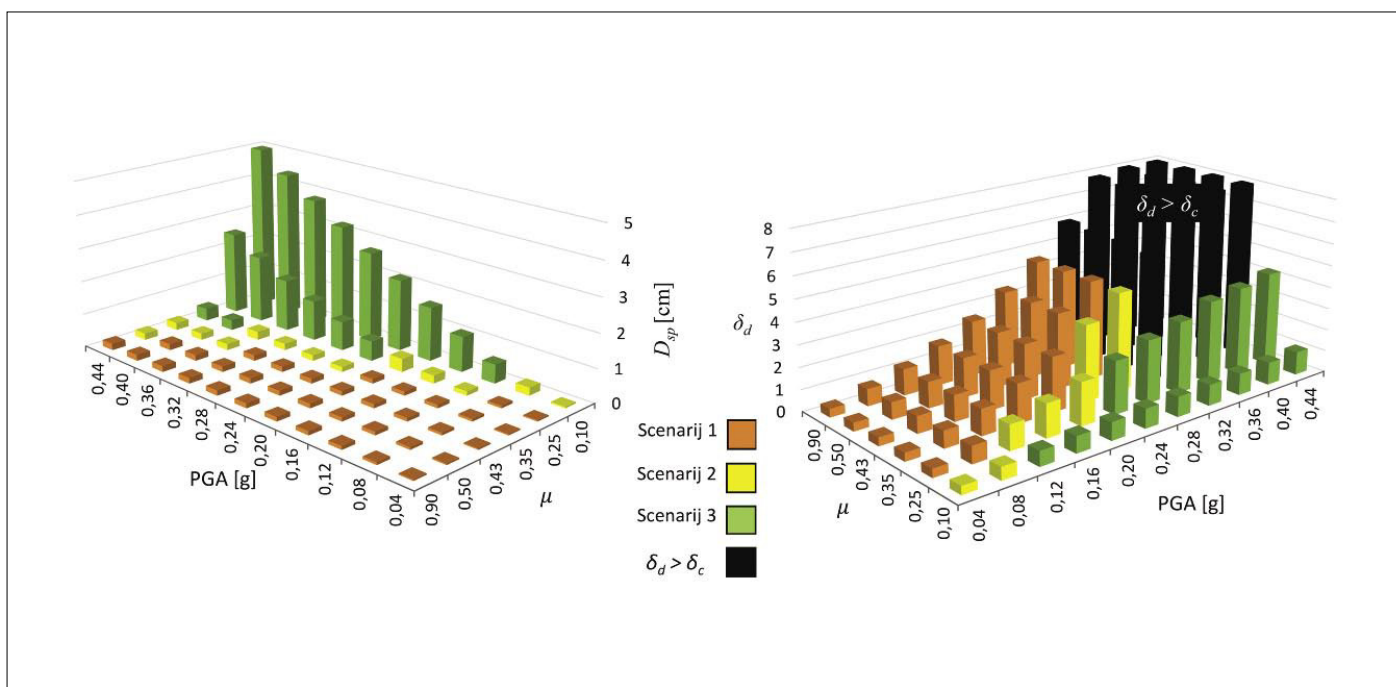
Slika 7 • Povprečne IDA-krivulje za največjo doseženo duktilnost zgornje konstrukcije (neelastični model)

Za model z nihajnim časom  $T_{FB} = 0,20$  s in s predpostavljenim nelinearnim obnašanjem ( $\alpha = 0,25$  in  $\delta_c = 4,0$ ) so na sliki 8 in v preglednici 1 pokazani posamezni scenariji odziva (glede na doseženi horizontalni pomik in duktilnost) v odvisnosti od stopnje PGA in upoštevane koeficienta trenja. Kriterij za določitev vrste scenarija, ki je bil uporabljen na sliki 8, izhaja iz rezultatov za doseženi horizontalni pomik oz. zdrs ( $D_{sp}$ ). Ta je največji v primeru nizkih  $\mu$  in pri močnejših vzbujanjih

– takrat lahko govorimo o tretjem scenariju (visoka zaščita). Če natančneje pogledamo, kakšne so v teh primerih zahteve za duktilnost ( $\delta_d$ ) oz. raven poškodovanosti zgornje konstrukcije, vidimo, da je bila kapaciteta duktilnosti ( $\delta_c$ ) v izbranih primerih presežena in torej v teh primerih (črni stolpci na sliki 8) kljub močnemu drsenju ne moremo govoriti o scenariju visoke zaščite zgornje konstrukcije. Pri končni določitvi scenarija potresnega odziva obravnavane konstrukcije je torej naj-

no hkrati opazovati horizontalne pomike oz. zdrs ( $D_{sp}$ ) in zahteve za duktilnost zgornje konstrukcije ( $\delta_d$ ).

Če opazujemo zahteve za duktilnost ( $\delta_d$ ) pri stopnji PGA 0,25 g (preglednica 1), lahko vidimo, da se v primerjavi z modelom s preprečenim zdrsom ( $\mu = 0,90$ ) zahteva za duktilnost ( $\delta_d$ ) zmanjša za 37,5 % (model z  $\mu = 0,25$ ) oz. v primeru drsne potresne izolacije ( $\mu = 0,10$ ) kar za 80 %.



Slika 8 • Scenariji potresnega odziva analiziranih modelov (neelastični model zgornje konstrukcije,  $T_{FB} = 0,20$  s) glede na raven PGA

Za ilustracijo so predlagani scenariji potresnega odziva na sliki 9 prikazani še v obliki krivulj ranljivosti ((Dolšek, 2012), (Eads, 2013)) za pojav zdrsa med XPS-ploščami pod temeljno ploščo stavbe. Pri tem je bil v modelu zdrs numerično določen kot stopnja  $PGA$ , pri kateri je dejanska strižna sila v horizontalni vzmeti dosegla njeno strižno nosilnost (slika 5). Pri tem smo v vsakem koraku IDA-analize (tj. pri vsaki analizirani stopnji  $PGA$ ) ugotovili, pri koliko akceleroگرامih se je aktiviral mehanizem zdrsa, in nato izračunali kvocient med številom akceleroگرامov, pri katerih se je pojavil zdrs, in številom vseh upoštevanih akceleroگرامov (30). Ta kvocient je v obliki stopničastih krivulj prikazan na sliki 9 in ga lahko interpretiramo kot verjetnost drsenja pri izbrani stopnji  $PGA$ . Pri tem je treba poudariti, da pri takšni interpretaciji verjetnosti ni bila upoštevana funkcija potresne nevarnosti in zato ta kvocient ne predstavlja verjetnosti prekoračitve mejnega stanja. V splošnem to pomeni, da bi lahko v realnosti še vedno nastal zdrs, čeprav je verjetnost drsenja pri nizkih stopnjah  $PGA$  majhna. Dodatno je prikazana še regresijska krivulja, ki je bila določena z uporabo lognormalnih porazdelitvenih funkcij (Baker, 2015). Tako določene krivulje nam lahko v fazi projektiranja služijo za napoved scenarija potresnega odziva in izbiro ustreznega detajla za temeljenje. V primeru zelenega prvega scenarija (osnovna zaščita), je za detajl temeljenja najprimernejša izbira koeficienta trenja z zelo majhno pogojno verjetnostjo drsenja. Kot lahko vidimo s slike 9, takšno verjetnost izkazujejo detajli z visokimi koeficienti trenja ( $\mu = 0,9$ ) pri stopnjah  $PGA$  do največ 0,2 g. Nasprotno pa je v primeru zelenega tretjega scenarija (visoka zaščita) za detajl temeljenja najprimernejša izbira koeficienta trenja z zelo veliko verjetnostjo drsenja pri projektnem potresu. Za doseg drugega scenarija (izboljšana zaščita), kjer je zahtevan kontroliran oz. omejen zdrs, pa je predlagana izbira sklopa (koeficienta trenja), pri katerem je pri projektnem potresu verjetnost zdrsa v povprečju enaka 50 %. Lahko pa verjetnost zdrsa projektant izbere tudi poljubno glede na želje investitorja posameznega objekta. Če je zelena višja stopnja zaščite zgornje konstrukcije in instalacijskih vodov, je treba pri izbiri koeficienta trenja upoštevati višje verjetnosti zdrsa (približujemo se tretjemu scenariju). V primeru analiziranega elastičnega modela zgornje konstrukcije z detajlom temeljenja s koeficientom trenja, enakim  $\mu = 0,50$ , (slika 9) lahko predlagane tri scenarije definiramo takole: 1. scenarij je predviden za šibke potrese

Scenarij potresnega odziva	Osnovna zaščita*	Izboljšana zaščita	Visoka zaščita
$\mu$	> 0,50	~ 0,25	< 0,10
strična (drsna) ravnina	stik XPS-XPS ali XPS-beton	običajna HI med dvema XPS-ploščama	med dvema XPS-ploščama posebni sloj kot npr. teflon
Projektni $PGA$ (0,25 g)			
$D_{sp}$ (cm)	0,1	0,7	2,3
$\delta_d$	4,0	2,5**	0,8
Povečani $PGA$ (0,375 g)			
$D_{sp}$ (cm)	0,2	1,8	4,1
$\delta_d$	8,8	3,9	1,0

\* podobno se obnaša stavba, ki ni temeljena na TI  
 \*\*  $\delta_d \leq 1,0$  lahko dosežemo z zmanjšanjem koeficienta trenja ( $\mu$ ) ali pa s povečanjem kapacitete duktilnosti konstrukcije ( $\delta_c$ )

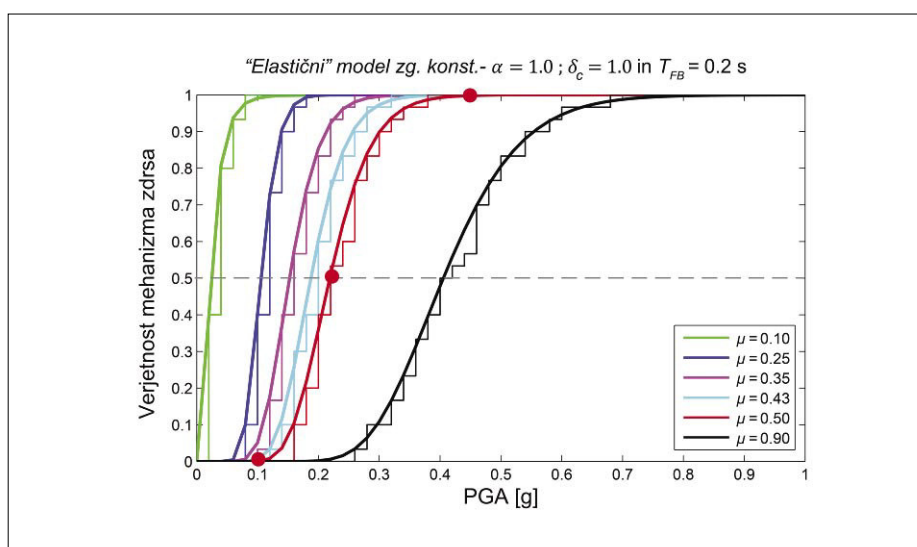
Preglednica 1 • Srednje vrednosti nelinearnega dinamičnega odziva analiziranih modelov (neelastični model zgornje konstrukcije,  $T_{FB} = 0,20$  s) pri izbrani stopnji  $PGA$

( $PGA < 0,10$  g), 2. scenarij pri potresih s  $PGA$  okrog 0,25 g, 3. scenarij pa lahko pričakujemo v primeru močnih potresov ( $PGA > 0,45$  g).

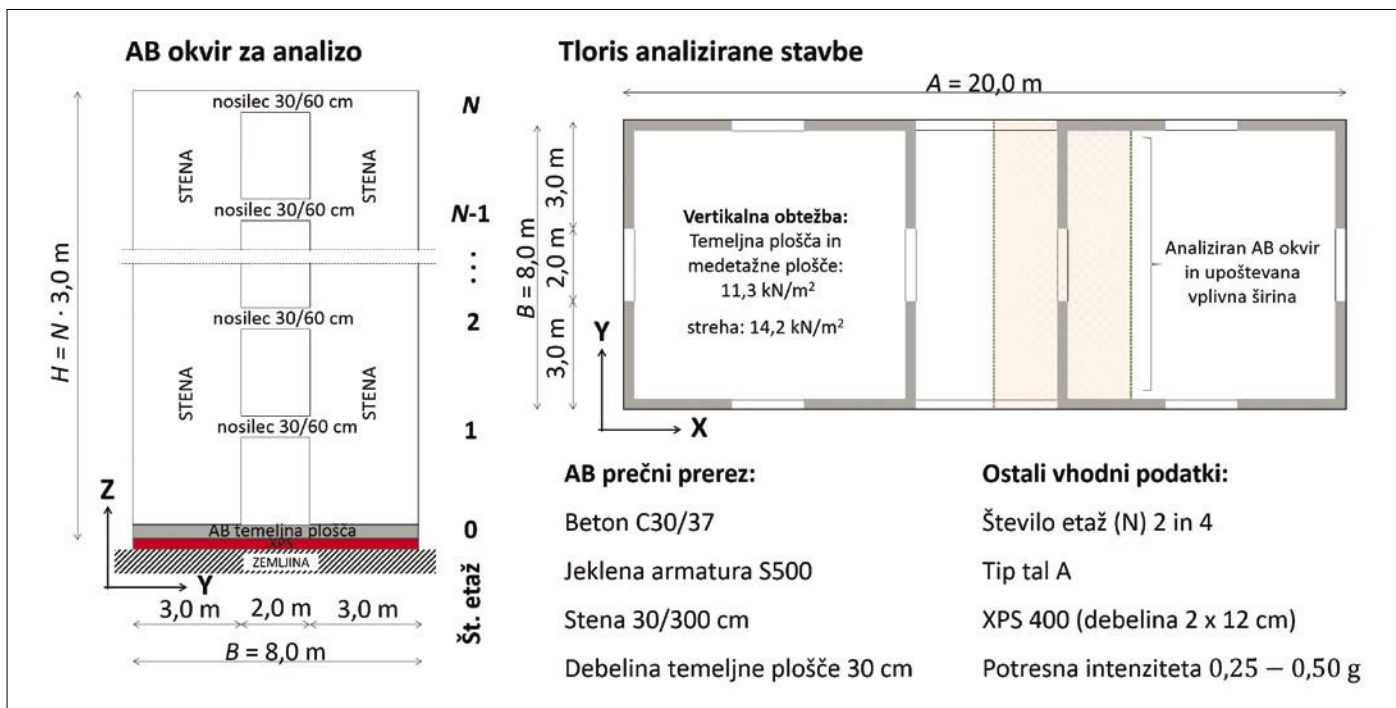
### 3.2 Analiza odziva dejanske AB stavbe (MDOF-modeli)

Da bi učinkovitost predlaganega sistema temeljenja še natančneje preverili, smo analizirali izbrane variante dejanske večetažne energijskoučinkovite pasivne poslovne stavbe (slika 10). Konstrukcija stavbe je armirano-betonska (AB) okvirna, temeljena na temeljni plošči debeline 30 cm. V tem članku je stavba analizirana ravninsko (v prečni Y-smeri). V nelinearni analizi so bili za stebre in grede upoštevani AB pravokotni prerezi z minimalno

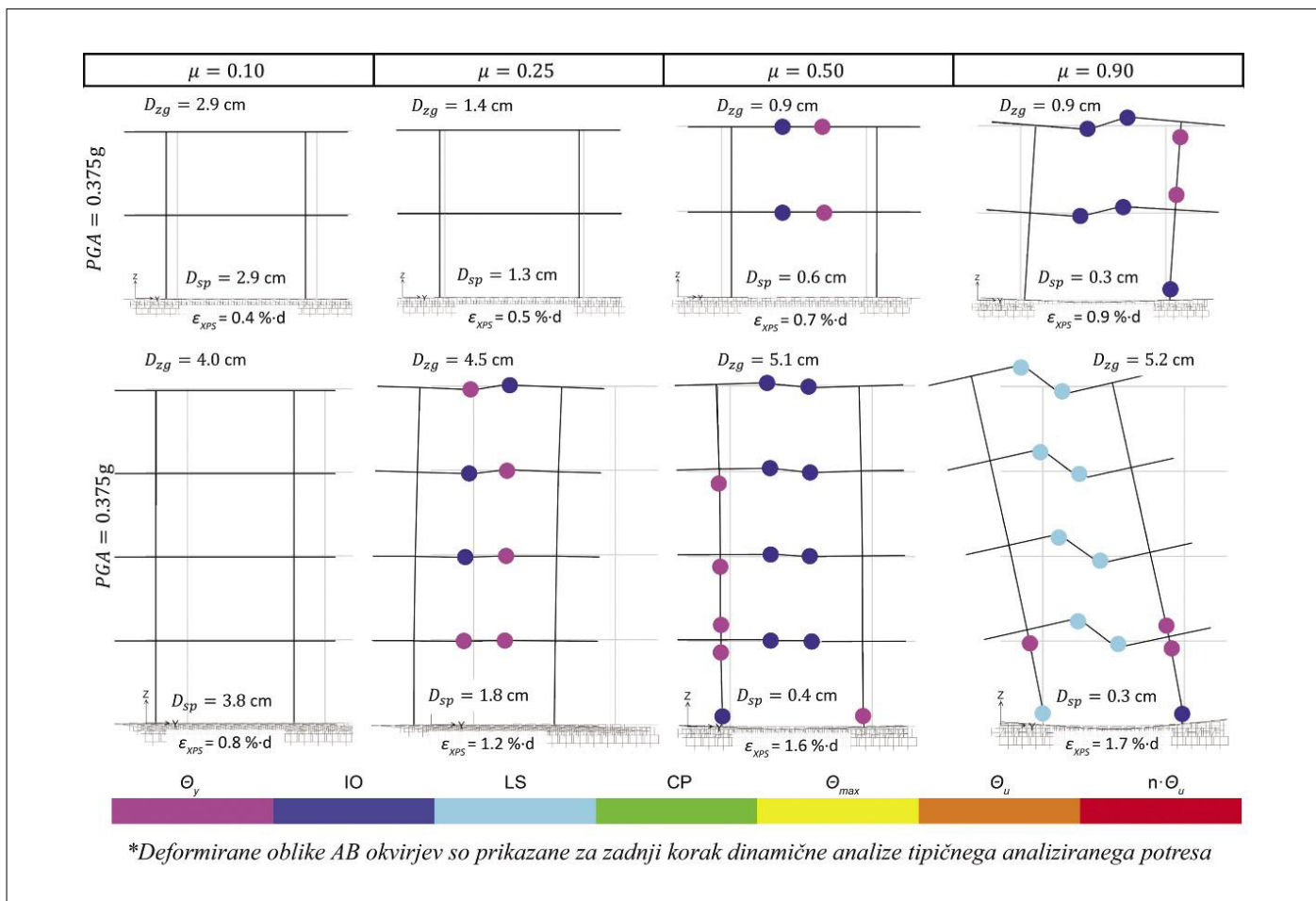
armaturo po Evrokodu 8 za srednji razred duktilnosti (DCM). Ker v praksi natezna nosilnost na stiku konstrukcije s temeljnimi tlemi ni zagotovljena (možni so delni dvigi temelja od temeljnih tal), je bilo obnašanje temeljnih tal in TI-slojev v tlaku modelirano z nelinearnimi kontaktnimi vzmetmi z nosilnostjo samo v tlaku. Obnašanje zemljine v strigu pa je bilo modelirano z linearnimi elastičnimi vzmetmi. Stavba je obširneje obravnavana v ((Koren, 2014), (Koren, 2016)), kjer so natančno analizirani vsi kritični parametri, ki vplivajo na potresno obnašanje stavb, temeljenih na XPS. V omenjenih analizah je bilo predpostavljeno, da je zdrs med sloji pod temeljno ploščo preprečen. Modeli, analizirani v tem članku,



Slika 9 • Krivulje ranljivosti za pojav zdrsa med XPS ploščami pod temeljno ploščo stavbe (elastični model zgornje konstrukcije)



Slika 10 • Analizirana stavba in vhodni podatki, upoštevani v analizi



Slika 11 • Tipične poškodbe in povprečni pomiki analiziranih 2- in 4-etažnih modelov pri  $PGA = 0,375\text{ g}$

pa možnost zdrsa vključujejo, saj je ciklično strižno obnašanje toplotnoizolacijske ravnine modelirano s kinematično histerezno ovojnico, predstavljeno na sliki 5, z dodano še tretjo vejo (togost po izvršenem zdrsu  $D_{sp} = \Delta H$  upoštevana v enaki vrednosti kot začetna togost). Pri tem je bila horizontalna rege  $\Delta H$  upoštevana v velikosti 5 cm.

Potresni odziv obravnavnih modelov je bil analiziran z nelinearnimi analizami časovnega odziva z računalniškim programom SAP2000 (CSI, 2015) pri skupini sedmih realnih akcelrogramov, normiranih na tri stopnje *PGA* (0,25 g, 0,375 g in 0,50 g). Ob tem je bila v vseh analizah upoštevana vertikalna obtežba v skladu s potresnim projektnim stanjem po Evrokodu 8. Detajli so podani v (Koren, 2016).

Izbrani rezultati potresnega odziva 2- in 4-etažnega okvira v primeru potresnega vzbujanja s stopnjo *PGA* enako 1,5-kratni vrednosti projektne stopnje *PGA* (0,375 g) so prikazani na sliki 11. Pri različnih detajlih temeljenja (glede na koeficient trenja med sloji) so prikazane tipične »povprečne« poškodbe zgornje konstrukcije, največji horizontalni pomiki ( $D_{sp}$ ) in največje tlačne deformacije v XPS ( $\epsilon_{XPS}$ ). Poškodbe kažejo odziv zgornje konstrukcije, prikazan v obliki doseženih faktorjev duktilnosti za rotacije v nastalih plastičnih členkih. Opazimo lahko, da je največji dosežen pomik  $D_{sp}$  v vseh primerih manjši od upoštewane horizontalne rege ( $\Delta H = 5$  cm). V primeru zelenega tretjega scenarija (visoka zaščita) je pri analizirani stopnji *PGA* treba uporabiti konstrukcijske sklope s koeficientom

trenja  $\mu \approx 0,4$  (2-etažni model) oziroma  $\mu \approx 0,2$  (4-etažni model). Če pa za drsno ravnino uporabimo višje koeficiente trenja, je pričakovan drugi (izboljšana zaščita) oziroma prvi (osnovna zaščita) scenarij potresnega odziva. Drugi scenarij je pri analizirani stopnji *PGA* dosežen, če je uporabljen sklop z  $\mu \approx 0,5$  (2-etažni model) oziroma  $\mu \approx 0,25$  (4-etažni model), prvi scenarij pa pri  $\mu \approx 0,9$  (2-etažni model) oziroma  $\mu \approx 0,35$  (4-etažni model). Naj omenimo, da je bil v primeru upoštewane projektne stopnje *PGA* (0,25 g) pri 4-etažnem modelu dosežen prvi scenarij pri upoštevanem koeficientu trenja  $\mu \approx 0,5$ , drugi scenarij pa pri  $\mu \approx 0,3$ , medtem ko je bilo obnašanje 2-etažnih modelov elastično pri vseh analiziranih koeficientih trenja.

#### 4 • SKLEP

Predlagani koncept temeljenja na TI s horizontalnimi in vertikalnimi zadrževalniki temelji na principu potresne varovalke in lahko poveča potresno varnost tako temeljenih stavb brez bistvenih dodatnih stroškov. Sistem je v primeru temeljenja na XPS primeren za stavbe z največ petimi etažami. Rezultati numeričnih nelinearnih dinamičnih analiz potresnega odziva stavb, temeljenih po predlaganem sistemu, so pokazali, da lahko uporaba kontaktnih površin z nizkim koeficientom trenja močno zmanjša pojav poškodb v zgornji konstrukciji. Na primeru analiziranih konstrukcij stavb so v članku predstavljeni predlagani trije scenariji potresnega odziva tako temeljenih stavb: osnovna, izboljšana in visoka zaščita. Teoretično se zdi glede zaščite zgornje konstrukcije najboljša izbira scenarij visoke zaščite, ki deluje podobno kot klasična potresna (drsna) izolacija. Njegova izvedba v današnjem času pa zahteva določene dodatne neposredne in skrite stroške, ki so lahko za bodočega lastnika težko sprejemljivi. Dodatni stroški izhajajo iz zahtev po uporabi specifičnih materialov z nizkimi koeficienti trenja in posebnih (gibljivih) instalacijskih vodov, zahtev po dilatiranju ob-

jekta idr. Zato je po mnenju avtorjev za gradnjo energijskoučinkovitih stavb na potresno ogroženih območjih trenutno najracionalnejša izbira scenarija izboljšane zaščite, pri katerem je zdrs kontroliran, zgornja konstrukcija pa se pri projektne potresu bistveno manj ali pa sploh ne poškoduje. V tem primeru je detajl temeljenja mogoče izvesti z običajnimi materiali iz prakse sodobne energijskoučinkovite gradnje. Pri tem moramo paziti, da zagotovimo »zadostno« dilatacijsko rego okrog stavbe. Za analizirani primer 4-etažne stavbe na tleh A in ob upoštevanem koeficientu trenja 0,25 je pri analiziranih akcelrogramih s povprečnim maksimalnim pospeškom tal 0,25 g horizontalni zdrs znašal od 0,1 cm do največ 2,3 cm oziroma povprečno 1,1 cm za vse analizirane akceleroگرامe. Za analizirano povprečno intenziteto 0,375 g pa je v tem primeru najmanjši horizontalni zdrs znašal 0,2 cm oziroma največ 4,9 cm (povprečno 1,8 cm). Z nelinearnimi analizami lahko določimo velikost potrebne horizontalne rege za vsak konkreten primer posebej, kot je bilo pokazano v članku. Nekaj predlogov izvedbe horizontalne rege je shematsko prikazanih

v članku, postopek za določitev zadostne dilatacijske rege z upoštevanjem verjetnostih metod analize pa so predlagali Dolšek in sodelavci, 2015 (v tem primeru vgradnja zadrževalnikov ne bi bila potrebna). Edini dodatni strošek je vgradnja horizontalnih in vertikalnih zadrževalnikov, ki pa v relativnem smislu ni velik. Predlagana sistemska rešitev temeljenja je bila patentirana v Uradu RS za intelektualno lastnino pod šifro P-201400253. V praksi se v zadnjem obdobju pojavljajo prodajno usmerjene rešitve, ki preprečujejo horizontalni zdrs z mehanskimi ali drugimi podobnimi ukrepi (lepljenje, žlebljenje površin), vendar pa tega ne priporočamo, saj tako za vse intenzitete preprečimo delovanje potresne varovalke. Sistem temeljenja, prikazan v tem članku, je splošno uporaben in primeren praktično za vse energijskoučinkovite stavbe in vse tipe toplotnoizolacijskih plošč na vseh potresnih območjih. Želja avtorjev je, da bi predlagana rešitev med slovenskimi izdelovalci energijskoučinkovitih hiš naletela na pozitiven odziv in da bi predlagani koncept temeljenja čim prej razvili do stopnje, ki bi dopuščala konkretno izvedbo v praksi, saj trenutno ni na voljo standarda, ki bi omogočal projektiranje tako temeljenih objektov.

#### 5 • ZAHVALA

Avtorji se za finančno podporo zahvaljujejo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost Re-

publike Slovenije. Delo je nastalo v okviru raziskovalnega programa FA (P5-0068) in

usposabljanju mladega raziskovalca Borisa Azinoviča.



## 6 • LITERATURA

- Azinovič, B., Kilar, V., Koren, D., Energy-efficient solution for the foundation of passive houses in earthquake-prone regions, *Engineering Structures* 112: 133–145, 2016.
- Azinovič, B., Koren, D., Kilar, V., The seismic response of low-energy buildings founded on a thermal insulation layer: a parametric study, *Engineering Structures* 81: 398–411, 2014.
- Baker, J. W., Efficient analytical fragility function fitting using dynamic structural analysis, *Earthquake Spectra* 31(1): 579–599, 2015.
- Becker, T. C., Mahin, S. A., Experimental and analytical study of the bi-directional behavior of the triple friction pendulum isolator, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 41(3): 355–373, 2012.
- Bokan-Bosiljkov V., Poročilo o rezultatih preiskav ugotavljanja obnašanja proizvodov FIBRAN pri tlačni in strižni obremenitvi: poročilo št. FIBRAN-13/01, Konstrukcijsko-prometni laboratorij, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 2013a.
- Bokan-Bosiljkov V., Poročilo o rezultatih preiskav ugotavljanja obnašanja proizvodov FIBRAN pri preiskavah trenja med sloji izbranih sklopov pri različnih nivojih predobremenitve: poročilo št. FIBRAN-13/02, Konstrukcijsko-prometni laboratorij, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 2013b.
- Calvi, P., Ruggiero, D. M., Numerical modelling of variable friction sliding base isolators, *Bulletin of Earthquake Engineering*: v tisku, 2015.
- Chung, L. L., Kao, P. S., Yang, C. Y., Wu, L. Y., Chen, H. M., Optimal frictional coefficient of structural isolation system, *Journal of Vibration and Control* 21(3): 525–538, 2015.
- CSI, SAP2000 Structural and earthquake engineering software, Computers and structures, Inc., Berkeley, California, <http://www.csiamerica.com/sap2000>, 2015.
- Dolšek, M., Simplified method for seismic risk assessment of buildings with consideration of aleatory and epistemic uncertainty, *Structure and Infrastructure Engineering* 8(10): 939–953, 2012.
- Dolšek, M., Snoj, J., Žižmond, J., Eksperimentalne raziskave temeljnega sklopa konstrukcijskega sistema JUBHome BASE in priporočila za potresno-odporno projektiranje, Univerza v Ljubljani, FGG, IKPIR, september 2015.
- Eads, L., Miranda, E., Krawinkler, H., Lignos, D. G., An efficient method for estimating the collapse risk of structures in seismic regions, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 42(1): 25–41, 2013.
- Fadi, F., Constantinou, M. C., Evaluation of simplified methods of analysis for structures with triple friction pendulum isolators, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 39(1): 5–22, 2010.
- Fajfar, P., Ljubljanski nebotičnik: skrb za potresno varnost v tridesetih letih, *Gradbeni vestnik* 44 4/5/6: 119–122, 1995.
- Hong, W. K., Kim, H. C., Performance of a multi-story structure with a resilient-friction base isolation system, *Computers & Structures* 82(27): 2271–2283, 2004.
- Kilar, V., Azinovič, B., Koren, D., Potresna varnost pasivnih hiš s toplotno izolacijo pod temeljno ploščo – parametrična študija, *Gradbenik* 17(10): 36–38, 2013c.
- Kilar, V., Koren, D., Azinovič, B., Sliding isolation system for controlled response of passive houses founded on thermal insulation, *Proc. of the 14th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures*, San Diego, California, USA, 9.–11. September 2015.
- Kilar, V., Koren, D., Bokan-Bosiljkov, V., Evaluation of the performance of extruded polystyrene boards – Implications for their application in earthquake engineering, *Polymer Testing* 40: 234–244, 2014.
- Kilar, V., Koren, D., Potresna izolacija stavb kot alternativa za gradnjo na potresnih območjih, *Gradbeni vestnik* 57(12): 307–318, 2007.
- Kilar, V., Koren, D., Zbašnik-Senegačnik, M., Seismic behaviour of buildings founded on thermal insulation layer, *Građevinar* 65(5): 423–433, 2013a.
- Kilar, V., Zbašnik-Senegačnik, M., Potresna varnost pasivnih hiš s toplotno izolacijo pod temeljno ploščo, *Gradbenik* 17(9): 37–39, 2013b.
- Koren, D., Kilar, V., Buildings founded on thermal insulation layer subjected to earthquake load, *Proc. of the 16th International conference on civil and building engineering*, London, United Kingdom, 26–27 May 2014.
- Koren, D., Kilar, V., Seismic vulnerability of reinforced concrete building structures founded on an XPS layer, *Earthq. Struct., An Int'l Journal* (sprejeto v objavo), 2016.
- Koren, D., Potresna izolacija in nesimetrična konstrukcijska zasnova v arhitekturi, *Doktorska disertacija*, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, 2011.
- Lu, L. Y., Lee, T. Y., Juang, S. Y., Yeh, S. W., Polynomial friction pendulum isolators (PFPIs) for building floor isolation: An experimental and theoretical study, *Engineering Structures* 56: 970–982, 2013.
- McKenna, F., Fenves, G. L., Scott, M. H., Jeremic, B., OpenSees-Open system for earthquake engineering simulation, University of California, Berkeley, CA: <http://opensees.berkeley.edu/>, 2015.
- Naeim, F., Kelly, J. M., *Design of seismic isolated structures: from theory to practice*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.
- Nanda, R. P., Agarwal, P., Shrikhande, M., Suitable friction sliding materials for base isolation of masonry buildings, *Shock and Vibration* 19(6): 1327–1339, 2012.
- Panchal, V. R., Jangid, R. S., Seismic response of structures with variable friction pendulum system, *Journal of Earthquake Engineering* 13(2): 193–216, 2009.

Polycarpou, P. C., Komodromos, P., On poundings of a seismically isolated building with adjacent structures during strong earthquakes, Earthquake Engineering & Structural Dynamics 39(8): 933–940, 2010.

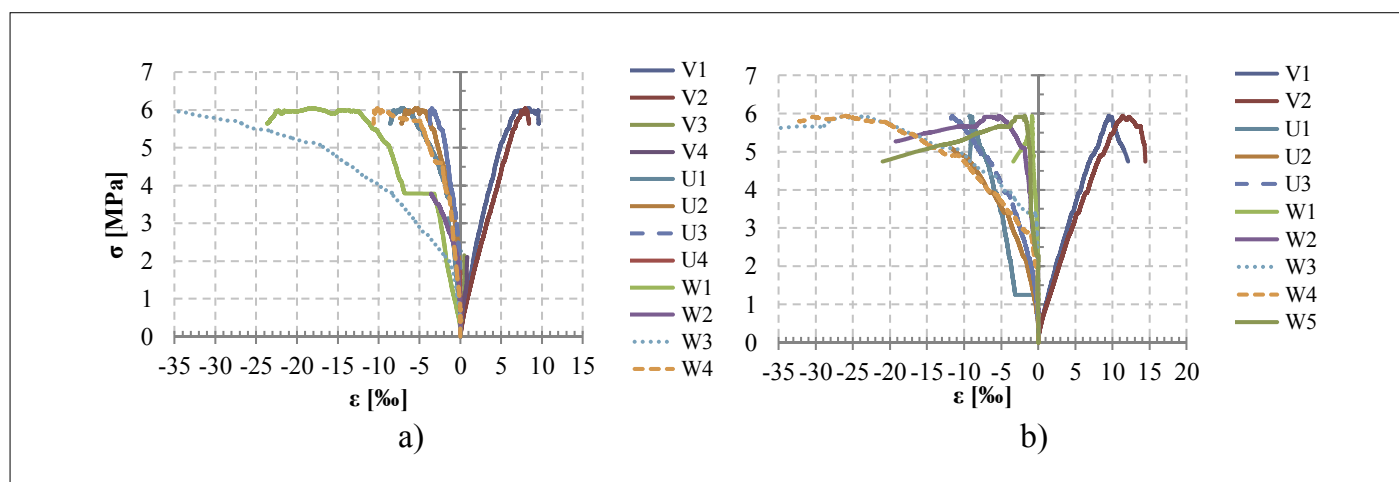
Quaglino, V., Bocciarelli, M., Gandelli, E., Dubini, P., Numerical assessment of frictional heating in sliding bearings for seismic isolation. Journal of Earthquake Engineering 18(8):1198–1216, 2014.

SIST EN 1998-1: 2005, Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij, 1. del.: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, 2005.

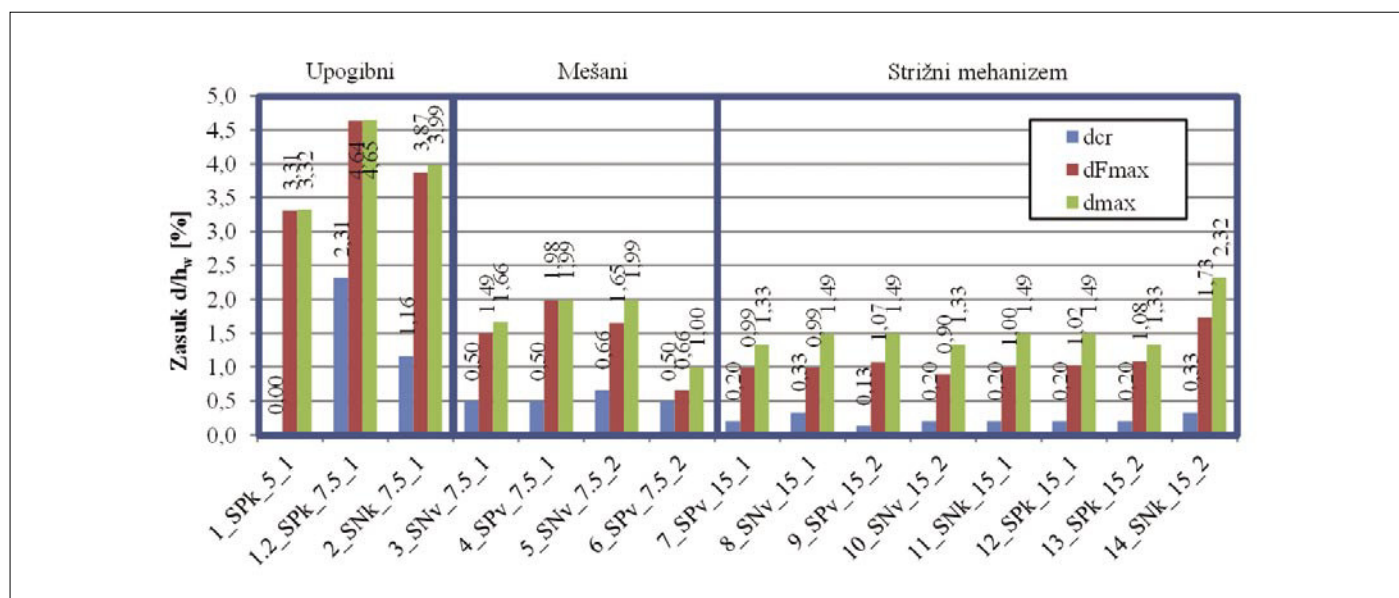
## POPRAVEK

V Gradbenem vestniku februar 2016 je bila v članku dr. Mete Kržan in izr. prof. dr. Vlatka Bosiljkova EKSPERIMENTALNE PREISKAVE TROSLOJNIH KAMNITIH ZIDOV Z OMETI na strani 28 objavljena slika 9, na strani 34 pa slika 15, katerih kakovost se je poslabšala pri pripravi za tisk. Na objavljeni sliki 9 so rastrske črte predebele, na sliki 15 pa so slabo vidne nekatere številke.

Ustrezni sliki sta naslednji:



Slika 9 • Diagram napetost - deformacija za različne induktivne merilce a) za test nepovezanega zidu in b) za test povezanega zidu



Slika 15 • Povprečni zasuki  $d/h_w$  obeh smeri obremenjevanja za zidove v karakterističnih točkah odziva

Avtorjema in bralcem se za napako opravičujem.

prof. dr. Janez Duhovnik

# NOVI DIPLOMANTI

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Aljaž Karlovšek**, Analiza primernosti razširjenih robnih pasov za cestno kolesarjenje, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura, somentor doc. dr. Peter Lipar

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

**Uroš Žagar**, Določanje razvodnic na digitalnem modelu ceste za načrtovanje požiralnikov, mentorica doc. dr. Mojca Šraj, somentorja asist. dr. Mario Krzyk in asist. dr. Marjeta Škapin Rugelj

**Maja Nučič**, Možnosti uporabe odvečnega blata iz centralne čistilne naprave Jesenice, mentor doc. dr. Darko Drev, somentor asist. dr. Mario Krzyk

**Štefan Praznik**, Naravni in antropogeni vplivi na hidrosfero v območju Šmarjeških toplic, mentor doc. dr. Darko Drev, somentor asist. dr. Mario Krzyk

**Tjaša Dolenc**, Amfibijska stavba na Ljubljanskem barju, mentor prof. dr. Franc Steinman

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

**Sonja Truden**, Analiza razlik med prodajnimi cenami in posplošenimi tržnimi vrednostmi stanovanjskih hiš na izbranih območjih, mentorica izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač, somentor asist. mag. Matija Polajnar

**Anja Dolšak**, Prikaz poteka gradbenega projekta z vidika naročnika – primer enodružinske hiše, mentorica izr. prof. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Mateja Kušar

**Rok Hafner**, Izdelava računske energetske izkaznice za izbrano stavbo, mentor doc. dr. Roman Kunič, somentorica doc. dr. Mateja Dovjak

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Almir Redžepagić**, Predlog prenove energetske neučinkovite večstanovanjske stavbe, mentor doc. dr. Roman Kunič, somentorica doc. dr. Mateja Dovjak

**Klara Hostnik**, Ureditev prometnih površin v naselju Gabrovka, mentor doc. dr. Peter Lipar, somentor viš. pred. mag. Robert Rijavec

**Nina Dugulin**, Analiza obstoječe osnovne šole Dobrova z vidika energetske učinkovitosti in kakovosti notranjega okolja, mentorica doc. dr. Mateja Dovjak, somentor doc. dr. Roman Kunič

**Janez Forte**, Geotehnične analize in idejna zasnova kolesarskega poligona na območju degradiranih površin Rudnika Trbovlje-Hrastnik, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor mag. Sebastijan Kuder

### MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Toni Klemenčič**, Potresna analiza jeklenih cilindričnih rezervoarjev, mentor prof. dr. Boštjan Brank

### DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Blaž Hudobivnik**, Reševanje močno povezanih inženirskih problemov z uporabo avtomatskega odvajanja, mentor prof. dr. Jože Korelc

**Darja Šemrov**, Časovno načrtovanje železniškega prometa z uporabo metode spodbujevanega učenja, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura, somentor prof. dr. Ljupčo Todorovski

**Rok Marsetič**, Uporaba metod spodbujevanega učenja za optimizacijo krmiljenja prometa na cestni arteriji, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura

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

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Sabina Ivanuša**, Protihrupne ograje ob avtocestah, mentor red. prof. dr. Tomaž Tollazzi

**Jan Stropnik**, Rekonstrukcija in obnova dvorca Trebnik, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Tine Jerman**, Popis del, predizmere in ponudbeni predračun za gradbena dela enostanovanjskega objekta, mentorica doc. dr. Nataša Šuman, somentor asist. Zoran Pučko

**Nika Rozina**, Uporaba recikliranih materialov v gradbeništvu, mentorica viš. pred. mag. Bernardka Jurič

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

### INTERDISCIPLINARNI UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

**Vesna Lešič**, Predaja v uporabo in upravljanje stanovanjsko-poslovne stavbe, mentorja doc. dr. Nataša Šuman – FGPA in izr. prof. dr. Borut Bratina – EPF

**Sandi Žibrat**, Računska analiza rekonstrukcije lesenega ostrešja z jeklenimi nosilci, mentorja doc. dr. Tomaž Žula – FGPA in doc. dr. Igor Vrečko – EPF, somentorica asist. Mateja Držečnik

### INTERDISCIPLINARNI MAGISTRSKI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO – Bolonjski študijski program 2. stopnje

**Vesna Čep**, Optimalno križišče s stališča vplivov na okolje in ekonomska učinkovitost, mentorja red. prof. dr. Tomaž Tollazzi in red. prof. dr. Duško Uršič, somentor asist. mag. Sašo Turnšek

**Tomaž Sekolovnik**, Gradnja s konopljo, mentorja doc. dr. Samo Lubej in izr. prof. dr. Karin Širec, somentor doc. dr. Andrej Ivanič

Rubriko ureja • Eva Okorn, gradb.zveza@siol.net

# KOLEDAR PRIREDITEV

**22.-28.4.2016**

**WTC – World Tunnel Congress**

San Francisco, ZDA  
[www.wtc2016.us/](http://www.wtc2016.us/)

**8.-11.5.2016**

**IABSE Conference Guangzhou 2016  
Bridges and Structures Sustainability-Seeking Intelligent  
Solutions**

Guangzhou, Kitajska  
[www.iabse.org/Guangzhou2016](http://www.iabse.org/Guangzhou2016)

**26.5.2016**

**Strokovni posvet Društva za ceste severovzhodne Slovenije  
»Trajnostno urejanje prostora in prometa«**

UM FGPA, Maribor, Slovenija  
[www.dcm-svs.si](http://www.dcm-svs.si)

**24.-29.5.2016**

**1st European and Mediterranean Structural Engineering and  
Construction Conference**

Istanbul, Turčija  
[www.isec-society.org/EURO\\_MED\\_SEC\\_01/](http://www.isec-society.org/EURO_MED_SEC_01/)

**25.-27.5.2016**

**3rd International Conference with Exhibition  
"S.ARCH 2016 – Next Architecture"**

Budva, Črna Gora  
[www.s-arch.net/](http://www.s-arch.net/)

**2.-4.6.2016**

**3rd International Scientific Meeting on Civil Engineering and  
Environmental Engineering E-GTZ 2016**

Tuzla, Bosna in Hercegovina  
[www.egtz.ba/index.html](http://www.egtz.ba/index.html)

**9.-10.6.2016**

**Drugi srpski kongres o putevima**

Beograd, Srbija  
[www.kongresoputevima.rs](http://www.kongresoputevima.rs)

**16.-18.6.2016**

**7. Posvetovanje slovenskih geoteknikov in 17. Šukljetov dan**

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

**22.-24.6.2016**

**2. CESB16 – Central Europe towards Sustainable Building 2016**

Praga, Češka  
[www.cesb.cz](http://www.cesb.cz)

**28.6.-7.7.2016**

**16th International Scientific Geoconference – SGEM 2016**

Albena, Bolgarija  
[www.sgem.org/](http://www.sgem.org/)

**17.-22.7.2016**

**35th International Conference on Coastal Engineering**

Istanbul, Turčija  
<http://icce2016.com/en/>

**27.-29.7.2016**

**3rd International Conference on Structures and Architecture**

Guimaraes, Portugalska  
[www.icsa2016.arquitectura.uminho.pt/](http://www.icsa2016.arquitectura.uminho.pt/)

**22.-25.8.2016**

**WCTE – World Conference on Timber Engineering**

Dunaj, Avstrija  
<http://wcte2016.conf.tuwien.ac.at/home/>

**7.-9.9.2016**

**11th European Conference on Product and Process Modelling  
– ECPPM 2016**

Limassol, Ciper  
<http://cyprusconferences.org/ecppm2016/>

**19.-21.9.2016**

**International Conference on Accelerated Pavement Testing**

San Jose, Kostarika  
[www.apf-conference.com/](http://www.apf-conference.com/)

**21.-23.9.2016**

**19th IABSE Conference "Challenges in Design and Construction  
of an Innovative and Sustainable Built Environment"**

Stockholm, Švedska,  
[www.iabse.org/stockholm2016](http://www.iabse.org/stockholm2016)

**5.-6.10.2016**

**ICABE 2016 – International Conference on Architecture and Built  
Environment**

Kuala Lumpur, Malezija  
<https://icabe2016.wordpress.com>

**16.-19.10.2016**

**IALCCE2016 – 5th International Symposium on Life-Cycle Civil  
Engineering**

Delft, Nizozemska  
[www.ialcce2016.org](http://www.ialcce2016.org)

**17.-19.10.2016**

**SBE16-Thessaloniki International Conference  
"Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale"**

Solun, Grčija  
<http://sbe16-thessaloniki.gr/>

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