

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 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. Sebastijan 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:

Kočevski 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 upokojence 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:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ... naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. 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

Jubilej

stran **82**

izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

PROF. DR. MITJA RISMAL, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD., 85-LETNIK

Članki • Papers

stran **83**

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

**IZKUŠNJE PTUJSKE ČISTILNE NAPRAVE – VODNOGOSPODARSKA
IN EKOLOŠKA PROBLEMATIKA**

EXPERIENCES OF PTUJ WWTP – WATER MANAGEMENT
AND ECOLOGICAL PROBLEMS

stran **91**

Sabina Huč, univ. dipl. inž. grad.

dr. Matej Rozman, univ. dipl. inž. grad.

dr. Jerneja Kolšek, univ. dipl. inž. grad.

doc. dr. Tomaž Hozjan, univ. dipl. inž. grad.

**PERFORMANČNI NAČIN PROJEKTIRANJA POŽARNE ODPORNOSTI
LEPLJENEGA LESENEGA NOSILCA – 1. DEL: MODELIRANJE
RAZVOJA POŽARA V RAČUNALNIŠKEM PROGRAMU FDS**

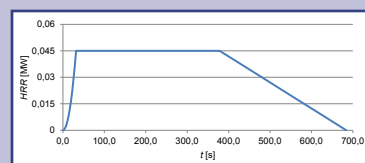
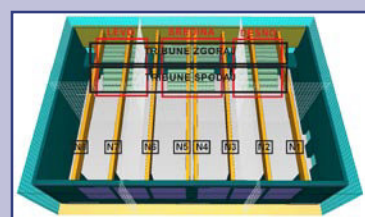
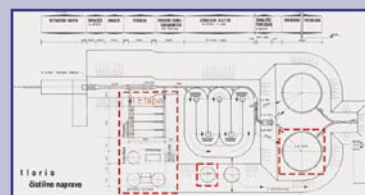
PERFORMANCE-BASED APPROACH TO FIRE SAFETY DESIGN
OF GLULAM BEAM – PART 1: MODELLING THE DEVELOPMENT
OF FIRE WITH THE FDS SOFTWARE

stran **101**

Primož Rejec, dipl. inž. grad., mag. posl. ved

UPORABA MOBILNE APLIKACIJE @MOBILEBOX NA GRADBIŠČU

USE OF MOBILE APPLICATION @MOBILEBOX AT CONSTRUCTION SITE



Obvestilo ZDGITS

stran **110**

VABILO NA SKUPŠČINO

Obvestilo ZDGITS

stran **111**

izr. prof. dr. Jože Lopatič, univ. dipl. inž. grad.

36. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE



Novi diplomanti

Eva Okorn

Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Podvoz Stražgonjca na železniški progi Pragersko – Hodoš,
foto: Dario Dominko

JUBILEJ

PROF. DR. MITJA RISMAL, UNIV. DIPL. INŽ. GRAD., 85-LETNIK



Pred kratkim je svojo 85-letnico praznoval profesor dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad. Zelo težko je dovolj popolno in kvalitetno na kratko predstaviti vse pestro pedagoško, raziskovalno in

strokovno delo prof. dr. Rismala.

Rodil se je 5. februarja 1930 v Slovenski Bistrici v učiteljski družini. Osnovno šolo je obiskoval do tretjega razreda v Slovenski Bistrici, nato pa v Ljubljani, kjer je do leta 1944 obiskoval gimnazijo. Leta 1944 se je šele 14-letni fantič pridružil partizanom. Po osvoboditvi je končal gimnazijo in maturiral leta 1948 v Ljubljani in se v jeseni vpisal na gradbeni oddelk Tehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Diplomiral je leta 1957 na gradbeni fakulteti v Ljubljani.

Takoj po diplomi se je prof. dr. Rismal zaposlil pri Vodni skupnosti v Murski Soboti, leta 1958 pa začel delati pri Komuna-projektu v Mariboru kot projektant v hidrotehniko do leta 1967. S skupino sodelavcev je leta 1967 ustanovil Biro za hidrotehniko pri Zavodu za urbanizem v Mariboru – ZUM, kjer je bil najprej vodja in pozneje direktor. S svojim angažiranim delom je spoznal, da je treba znanje stalno nadgrajevati in stremeti v vsakem pogledu k odličnosti. Zaradi velikih strokovnih izzivov in izražene želje po kakovostnem znanju, tako v širino kot v globino, se je prof. Rismal v šolskem letu 1968/69 vpisal in pozneje tudi dokončal podiplomski študij iz sanitarnega inženirstva na Tehnološki fakulteti v Delftu na Nizozemskem. Leta 1973 je na gradbeni fakulteti v Zagrebu izdelal magistrsko nalogo in po noštrifikaciji podiplomskega študija v Delftu dosegel naziv magistra, specialista s področja sanitarne hidrotehnike. Leta 1977 je uspešno zagovarjal doktorsko disertacijo na Gradbeni fakulteti Univerze v Zagrebu.

Med letoma 1960 in 1978 je prof. dr. Rismal predaval na VTŠ v Mariboru predmeta Vodovod in kanalizacija ter Hidravlika. Leta 1978 je bil izvoljen za izrednega profesorja, leta 1983 pa za rednega profesorja na Univerzi v Ljubljani, FAGG. Od leta 1980 do upokojitve leta 1997 je bil zaposlen na Inštitutu za zdravstveno hidrotehniko – IZH, kjer je predaval predmete Vodovod, Osnove čiščenja voda ter Čiščenje pitnih voda

na univerzitetnem dodiplomskem študiju ter Varstvo okolja na višješolskem študiju. Predaval je tudi na podiplomskem študiju hidrotehnične smeri FAGG. Svoje bogato in plodno teoretično in praktično znanje je posredoval študentom, diplomantom, magistrantom in doktorandom ter nenehno vzgajal kader mlajših sodelavcev. Bil je mentor ali somentor pri številnih diplomskih nalogah, 12 magistrantom in 3 doktorandom. Več let je bil tudi predstojnik Inštituta za zdravstveno hidrotehniko.

Prof. dr. Rismal je bil izredno samodiscipliniran in angažiran aplikativni raziskovalec v zdravstveni hidrotehniko in okoljskem inženirstvu ter jima je z vsemi svojimi močmi in znanjem želel podati tisto mesto v slovenskem prostoru, ki jima objektivno pripada. Vpeljal je inženirske matematične in konceptualne modele za reševanje teh problemov. Naj pri tem najprej omenim saniranje Blejskega jezera z uvedbo sodobnih limnoloških metod, matematičnega modeliranja in objektivne presoje med površinskim dovodom sveže vode in odvzemom »zagnite« hipolimnijske vode z natega, ki je bila tudi izvedena. Vpeljal je sodobne modele in rešitve za zaščito in bogatjenje podtalnice Vrbanskega platoja, kar je tudi izvedeno in zagotavlja Mariboru nemoteno oskrbo z zdravo pitno vodo in zaščito pred onesnaženjem z območja mesta. Za čistilni napravi za pitno vodo v Ljutomeru in Ormožu je zasnoval pilotske poskuse za eliminacijo amonijaka, železa in mangana iz pitne podtalnice z naravnimi samočistilnim procesom v podtalju, ki so se izkazali za zelo učinkovite. V vodarski stroki je uvedel metode matematičnega modeliranja kakovosti rečnih in zajezenih voda za presojo možnih kakovostnih sprememb v rekah po izgradnji hidrocentral.

Prof. dr. Rismal je realiziral približno 40 večjih študij in projektov. Naj omenimo le najpomembnejše. Najprej lahko navedemo Analizo in določitev potrebnih varnostnih ukrepov za zaščito podtalnice zaradi izkopa gramoza pod gladino talne vode do neprepustne podlage v Hočah. Za ČN (čistilno napravo) odpadnih voda Žalca in okolice v Kasazah je uvedel sodobno tehnološko rešitev z zaključenim cevni reaktorjem s simultano nitrifikacijo in denitrifikacijo. Sodeloval je pri študiju Ekološko in agronomsko smotrne uporabe gnojek z velikih prašičjih farm v Sloveniji. Prvi v Sloveniji je izdelal tehnološko rešitev tristopenjskega čiščenja odpadnih voda Rogaške Slatine za zaščito Vnarskega jezera. Izdelal je hidrološko študijo in limnološki model

za načrtovano vodno akumulacijo Padež za preskrbo slovenske obale s pitno vodo ter v okviru jugoslovansko-avstrijske mednarodne komisije, ki obravnava energetske izrabo zajezeno Bistrico na slovensko-avstrijski meji, izdelal limnološki model kakovosti v zajezenih vodi. Obe študiji prispevata k pravočasnemu upoštevanju in preprečevanju možnih negativnih posledic obeh akumulacij na kakovost pitne vode. Kot odgovorni projektant je realiziral deset komunalnih čistilnih naprav (Murska Sobota, Radenci, Črna na Koroškem, Moravci, Rače, Slivnica, Ptuj, Benkovec v Dalmaciji, Dobrna, Beltinci, Ptuj). V urbani hidrologiji je s sodelavci uveljavil sodobne matematične modele, ki omogočajo racionalnejše reševanje odvodnje urbanih površin. Poleg optimiziranih rešitev kanalskih omrežij v Mariboru, Celju, Murski Soboti itd. v preteklosti je v letu 1988 opazen strokovni prispevek k preprečevanju katastrofalnih poplav v Novi Gorici.

Svoje aplikativne rešitve je prof. dr. Rismal najprej teoretično dobro premislil. Preučil je tudi poznane rešitve podobnih primerov po svetu in izdelal svoje, v veliko primerih inovativne rešitve. Iz te kombinacije izhaja obširno strokovno publicistično delo, objavil je namreč več kot 40 strokovnih člankov doma in v tujini.

Želel si je, da bi zdravstvena hidrotehnika, ki ima po svetu že več kot 150-letno, pri nas pa več kot 60-letno tradicijo za oskrbo in zaščito zdrave pitne vode imela tisto mesto v reševanju in odločanju, ki ji pripada. Zato moram omeniti njegovo veliko publicistično angažiranost v slovenski poljudnih in strokovnih člankih, kjer je z objektivnimi, natančnimi, nekompromisnimi in doslednimi argumenti branil svoja stališča in stališča zdravstvene hidrotehnike. Še vedno se nadvse zanima in sodeluje pri večini dogajanj na področju zdravstvene hidrotehnike.

Prof. dr. Mitja Rismal se je s svojimi izvirnimi prispevki predvsem v vidika aplikativnih pa tudi raziskovalnih problemov zapisal v slovenski hidrotehnični prostor kot pionir v reševanju najzahtevnejših sodobnih zdravstveno-hidrotehničnih in ekoloških problemov s področja zaščite voda, ki zahtevajo interdisciplinarno znanje in uporabo sodobnih matematičnih in konceptualnih modelov.

Po upokojitvi prof. dr. Rismal še vedno sledi svojim življenjskim načelom in se še vedno zavzema za kakovostne rešitve problemov v zdravstveni hidrotehniko ter za inženirsko in strokovno etiko. Zato je še vedno marsikomu trn v peti. Želimo mu veliko zdravja in dobrega počutja.

izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Predstojnik Inštituta za zdravstveno hidrotehniko
Hajdrihova 28
1001 Ljubljana

IZKUŠNJE PTUJSKE ČISTILNE NAPRAVE – VODNOGOSPODARSKA IN EKOLOŠKA PROBLEMATIKA

EXPERIENCES OF PTUJ WWTP – WATER MANAGEMENT AND ECOLOGICAL PROBLEMS

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

Strokovni članek
UDK 57:628.32(497.4Ptuj)

Povzetek | Članek obravnava načrtovanje in izgradnjo čistilne naprave na Ptuj z zmogljivosti 105.000 PE s III. stopnjo čiščenja odpadnih voda, ki je bila zgrajena zaradi spremembe naravnega vodnega režima Drave med Ptujem in Ormožem in jo je povzročila izgradnja HE Formin. Za pogon čistilne naprave je bila namesto 180 kW električne moči iz možne lastne proizvodnje bioplina predvidena na jezu HE Formin v Markovcih izgradnja cenejše male HE s 3000 kW neizkoriščene vodne moči pretoka za zagotavljanje biološkega minimuma v spodnji Dravi.

Ključne besede: biološke čistilne naprave za odpadne vode

Summary | The paper describes the design and construction of the 105,000 PE WWTP of the city Ptuj with step III purification, which was built due to the changes of the Drava river natural regime between Ptuj and Ormož by the new constructed Formin hydroelectrical power station. To run the plant, instead of a biogas plant for the production of electricity with the power of 180 kW, a cheaper 3,000 KW hydro power plant was built on the nearby water dam of the HPS Formin.

Key words: WWTP wastewater treatment plants

1 • UVOD

Čistilna naprava na Ptuj (slika 1) z odplakami klavnice Perutnine in tedanje prašičje farne v Dražencih z visoko koncentracijo BPK5 in amonija je bila načrtovana in zgrajena konec sedemdesetih in na začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja zaradi spremembe naravnega režima reke Drave med Ptujem in Ormožem, ki ga je povzročila izgradnja nove HE Formin.

Za jezom na Dravi v Markovcih je nastalo Ptujsko jezero (slika 2). Glavni tok Drave je bil speljan po umetnem energetskem kanalu na HE Formin (slika 3), preostanek Drave za zagotavljanje biološkega minimuma pa preko jezu v Markovcih v staro naravno korito Drave.

Čistilna naprava je bila zasnovana za izgradnjo v dveh etapah. Za prvo etapo zmogljivosti 105.000 PE je bil zgrajen biološki reaktor 20.000 m³ prostornine za simultano nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta po konceptu Carousel (vrtljak) brez primarne sedimentacije in anaerobne stabilizacije blata. Podobna rešitev je bila uporabljena na približno še enkrat večji napravi Zwijndrecht za 200.000 PE na Nizozemskem (slika 4).

Namesto objektov za pogon čistilne naprave z lastnim bioplinom je bila načrtovana cenejša, mala HE na jezu v Markovcih s 3000 kW vodne moči, ki je izkoriščala vodo za zagotavljanje biološkega minimuma v spodnji Dravi. Za povečanje čistilne naprave na 160.000 PE v

drugi etapi je bila k reaktorju 20.000 m³ Carousel, podobno kot pri čistilni napravi Borken v Nemčiji (rdeči objekti na sliki 5), predvidena dograditev primarne sedimentacije in anaerobnih reaktorjev za izrabo 270 kW električne moči iz v njih pridobljenega bioplina (slika 3). Tako bi v končni fazi izkoristili vso razpoložljivo obnovljivo energijo. Najprej več cenejše vodne energije in v drugi etapi bioplin.

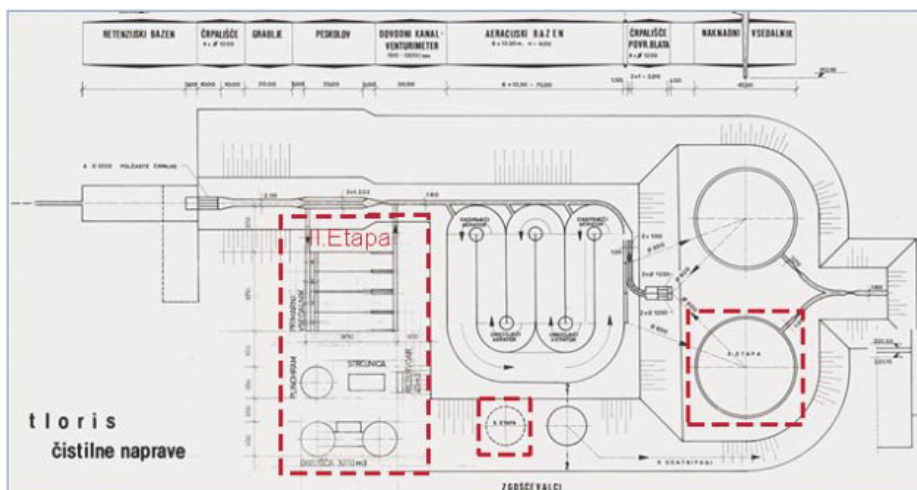
V primerjavi s tedaj grajenimi visoko obremenjenimi napravami z anaerobno stabilizacijo blata in bioplinom je imela ptujška naprava naslednje lastnosti:

1. amesto visoko obremenjene naprave z 1,2 kgBPK5/m³ in zato potrebno anaerobno stabilizacijo blata ter v prvi etapi možno proizvodnjo bioplina s 180 kW električne moči je bila izbrana čistilna naprava brez proizvodnje bioplina, s štirikrat nižjo

obremenitvijo $0,3 \text{ kgBPK5/m}^3$ aerobno-anoksičnega reaktorja prostornine 20.000 m^3 za nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta. Izbrana naprava je manj obremenjena in ima višjo stopnjo čiščenja BPK.5. Dokončna stabilizacija in higienizacija blata pred razvozom na kmetijske površine pa je bila predvidena na sušilnih gredah oziroma na kasneje načrtovanih depojskih bazenih.

Z izgradnjo primarnih usedalnikov z anaerobnimi reaktorji bi v prvi etapi ptujske čistilne naprave za 105.000 PE z izrabo bioplina od potrebnih 315 kW za pogon čistilne naprave pokrili le 180 kW , v drugi etapi za 160.000 PE pa od potrebnih 480 kW le 270 kW .

2. V neposredni bližini čistilne naprave pa se je na jezu HE Formin v Markovcih v spodnjo Dravo neizkoriščeno izgubljala vodna moč 2000 do 3000 kW biološkega minimuma $Q_{\text{min pozimi}} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ in $Q_{\text{min poleti}} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$, s katero je bilo mogoče pokriti potrebe prve



Slika 1 • Ptujška čistilna naprava je bila po projektih avtorja članka v letih 1977–1979 načrtovana za izgradnjo v 2 etapah. Za prvo etapo je bil predviden aerobni-anoksični biološki reaktor za nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta zmogljivosti 105.000 PE . Za pogon prve in druge etape čistilne naprave je bila načrtovana mala HE na jezu v Markovcih (sliki 3 in 7) z zmogljivostjo 2000 do 3000 kW . Višek energije od porabe v prvi etapi 315 kW in v drugi etapi 450 kW pa bi oddali v omrežje. V načrtu za drugo etapo predvidena možnost izgradnje primarnih usedalnikov in anaerobnih reaktorjev, za izrabo 270 kW iz bioplina pa je bila prepuščena kasnejši odločitvi glede na takrat veljavno ceno energije



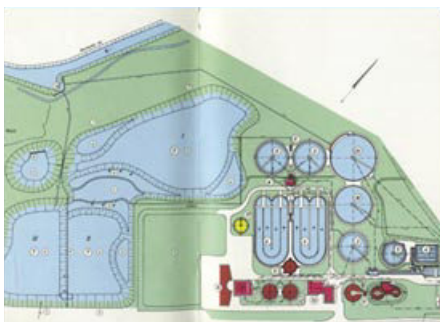
Slika 2 • Zajezena Drava s Ptujem



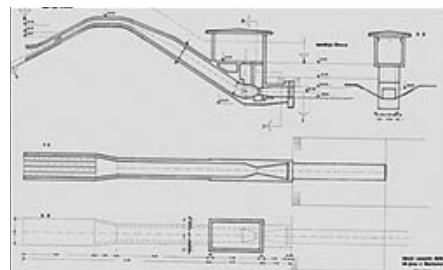
Slika 3 • Jez HE Formin s spodnjo Dravo in energetskega kanala do HE Formin. Mala HE, po predlogu projektanta, pa so končno (levo do jezu) po mnogih letih le zgradili



Slika 4 • Čistilna naprava, 200.000 PE , Zwijndrecht na Nizozemskem z nitrifikacijo in denitrifikacijo brez anaerobnih reaktorjev



Slika 5 • Čistilna naprava Borken v Nemčiji z nitrifikacijo in denitrifikacijo ter anaerobno stabilizacijo biološkega blata, kakršna je bila predvidena pri ptujski napravi v drugi faz



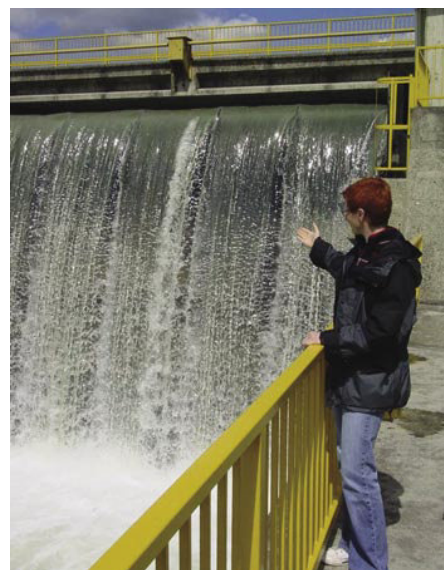
Slika 6 • Načrt male HE 3000 kW na jezu v Markovcih. Namesto zapornice je predvidena natega z ventilom na temenu za njeno ozračje in za odzračje z ejektorjem

in druge etape načrtovane čistilne naprave, za oddajo v omrežja pa bi ostalo še 1500 do 2500 kW).

Za pogon prve in druge etape čistilne naprave je bila izbrana ta energetska in ekonomsko ugodnejša uporaba še neizkoriščene vodne energije na jezu v Markovcih. Dograditi je bilo treba le strojnico male HE s ca. 100 m dolgim tlačnim cevovodom v obliki natege. Cena je bila manjša od objektov in naprav za lastno proizvodnjo bioplina, pridobljena moč 3000 kW vodne turbine pa 10 krat večja od plinskega motorja 270 kW druge etape čistilne naprave.

Izgradnja primarnih usedalnikov z anaerobnimi reaktorji za pridobivanje bioplina, ki bi pomenila polno izrabo obeh vrst obnovljive energije, je bila prestavljena v čas izgradnje druge etape.

3. Posebnost tega projekta je bila tudi aeracija odpadne vode z vodnimi slapovi, gnanimi s 4-propellerskimi črpalkami Jugoturbine po 80 kW ($H_g = 1,5$ m in $Q_g = 4,0$ m³/s). Petega aeratorja s propellersko črpalko, ki je bil načrtovan za rezervo in za II. Etapo, še niso vgradili. Rešitev je dobila celo priznanje tedanje Zveze za varstvo okolja SFRJ. Podatki o tem so v arhivu Komunalnega inženiringa na Zavodu za urbanizem v Mariboru in deloma v arhivu IZH FGG. Druga posebnost pa je morda izgradnja za slovenske razmere tedaj največjega, ca. 700 m dolgega sifona pod Dravo za odvod odpadne vode z levega brega do čistilne naprave na desnem bregu Drave.



Slika 7 • Energetski jez v Markovcih z minimalnim biološkim pretokom v spodnjo Dravo (pozimi 20,0 m³/s, poleti 30,0 m³/s)

2 • PORUŠITEV POLOVICE ZGRAJENE ČISTILNE NAPRAVE ZA DENITRIFIKACIJO IN IZGRADNJA OBJEKTOV ZA LASTNO PROIZVODNJO BIOPLINA

Rezultati čiščenja zgrajene naprave so ustrezali tedanjim predpisom, čeprav je odvečno biološko blato namesto v načrtovane depoijske bazene odtekalo kar v Dravo, ker teh bazenov sploh niso zgradili. Problem je nastal, ko se je na enem od štirih aeratorjev pokvaril reduktor in je koncentracija kisika v biološkem bazenu padla pod dopustno mejo. Iz čistilne naprave pa se je začel v okolico širiti smrad.

Pokvarjenega reduktorja niso popravili, ampak so po napotilu novih projektantov, ki so opisanemu projektu čistilne naprave nasprotovali, z namenom zmanjšati porabo kisika, polovico biološkega reaktorja enostavno porušili. Štiri vgrajene aeratorje so zamenjali z 8 aeracijskimi turbinami manjše zmogljivosti (sliki 8 in 9). Za porušitev reaktorja prostornine 10.000 m³ za denitrifikacijo ni bilo nobenega

razloga, saj za denitrifikacijo, z izjemo za gibanje vode, ni potrebna energija.

Namesto načrtovane male HE na jezu v Markovcih z močjo 3000 kW pa so zgradili primarne usedalnike in dva anaerobna reaktorja s plinskim motorjem, ki lahko v prvi etapi pokrije 180 kW, v drugi z dograditvijo še tretjega anaerobnega reaktorja pa 270 kW (slika 10).

Čistilna naprava za 105.000 PE z nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta je danes, po predpisu ES, obvezna. Pri 3 kW/1000 PE porabi na leto 2,76 GWh.



Slika 8 • Porušena in za več kot polovico zmanjšana zmogljivost zgrajene čistilne naprave brez denitrifikacije. Vgrajene propellerske črpalke so zamenjali s 4 aeracijskimi turbinami polovične zmogljivosti



Slika 9 • Rekonstrukcija prvotno načrtovane in zgrajene naprave. Z opustitvijo anoksičnega reaktorja – črnega dela na sredini – so prvotno prostornino biološkega reaktorja zmanjšali na polovico

Ker načrtovane male HE na jezu v Markovcih niso zgradili, je ostalo pri lastni ceni vodne energije 0,118 EUR/ kWh na leto neizkoriščeno 17,52 GWh/ v vrednosti 2,067.360 EUR. Z energijo 600 GWh, vredno 70,290.240 EUR, bi v 34 letih čistilno napravo in malo HE odplačali že pred leti.



Slika 10 • Namesto male HE z močjo 2000 do 3000 kW v Markovcih so za 180 kW zgradili dražje primarne usedalnike in gnilišča, s porušljivo anoksičnega dela pa napravo osiromašili za denitrifikacijo

3 • EKOLOŠKO IN EKONOMSKO VPRAŠANJE IZKORIŠČANJA BIOPLINA ZA ENERGETSKO BILANCO DRŽAVE

V ekološkem pogledu sta vodna energija in bioplin iz organskega onesnaženja odpadne vode obnovljiva vira energije.

V Sloveniji je zgrajenih 233 komunalnih čistilnih naprav s skupno zmogljivostjo 2,04.10⁶ PE. Večina naprav, večjih od 6000 PE, je zgrajena za anaerobno stabilizacijo blata.

Skupna proizvodnja električne energije na teh čistilnih napravah, če bi imele vse anaerobne reaktorje za proizvodnjo bioplina, bi pri 1,7 kW/1000 PE ne bila večja od 30,38 GWh/leto, kar je ca. 0,5 % od 6125 GWh/leto vse ekonomsko izkoristljive vodne energije v Sloveniji (Mravljak, 2000) (preglednica 1).

Če je na voljo cenejša vodna energija v omrežju, proizvodnja dražje energije iz bioplina ni gospodarna. To dokazujejo čistilne naprave v Zwijndrechtu z 200.000 PE (slika 4) na Nizozemskem in drugje v Evropi, na primer na Ruhru (sliki 11 in 12).

To so empirično potrdili tudi na še večji čistilni napravi Ruhleben za 1,600.000 PE (slika 13) v Berlinu. Pridobivanje bioplina iz organske mase blata v osmih že zgrajenih velikih anaerobnih reaktorjih s prostornino 52.000 m³ so opustili. Lastno energijo organskega dela dehidriranega blata pa so uporabili za sežig blata v sežigalnici. Energetska problematika

		Pri porabi čistilnih naprav 3,0 kWh/ 1000 PE	GWh bioplina/ GWh vse hid- roenergije	Pri porabi čistilnih naprav 2,5 kWh/ 1000 PE	GWh bioplina/ GWh vse hid- roenergije
		GWh/l	%	GWh/l	%
1	Poraba električne energije za pogon komunalnih čistilnih naprav	53,61	0,88	44,68	0,73
2	Možna proizvodnja električne energije iz bioplina na komunalnih čistilnih napravah	30,38	0,5	30,38	0,5
3	Deficit možne energije bioplina na komunalnih čistilnih napravah	23,23	0,38	14,30	0,23

Preglednica 1 • Energetska bilanca 233 zgrajenih čistilnih naprav za III. stopnjo čiščenja

sežiga biološkega blata namesto proizvodnje bioplina je obravnavana v ((Rismal, 2008), (Rismal, 2010)).

V preteklih 50 letih se je ekonomska meja uporabe energije lastnega bioplina najprej dvigala od čistilnih naprav s 6000 PE na 100.000 PE, nato pa se je znižala na 50.000 PE, kar je deloma posledica energetske bolj učinkovitih aeratorjev, ki so na čistilnih napravah največji

porabnik energije (od 3,0 kWh na 2,5 kWh/1000 PE), in sedanjega splošnega trenda po varčevanju in uporabi obnovljivih virov energije. Pomemben je tudi interes proizvajalcev opreme za izkoriščanje bioplina.

Zato ni bilo in tudi danes ni razloga, da bi pri ptujski čistilni napravi ravnali drugače in ne bi najprej uporabili neizkoriščene in cenejše vodne energije na jezu v Markovcih.



Slika 11 • ČN Herbede na Ruhru. Nitrifikacija in denitrifikacija brez anaerobnih reaktorjev



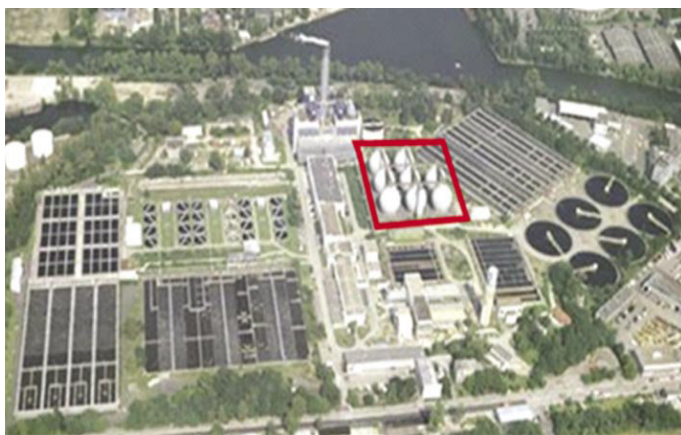
Slika 12 • Čistilna naprava Kettingen na Ruhru. Nitrifikacija in denitrifikacija brez anaerobnih reaktorjev

4 • ANAEROBNI POSTOPEK PREDČIŠČENJA ZA ORGANSKO VISOKO OBREMENJENE ODPADNE VODE

Čiščenje visoko obremenjenih odpadnih voda v anaerobnih reaktorjih z vertikalnim pretokom odpadne vode je podobno kot pri vertikalnih usedalnikih, kjer se preko lebdeče

zavese aktivnega anaerobnega blata (UASB Upflow anaerobic sludge blanket) uporablja za predčiščenje visoko obremenjenih industrijskih organskih odpadkov iz pivovarn, prašičjih farm in

podobnih virov onesnažene vode. Le ostanek onesnaženja pa se aerobno očisti, lahko tudi skupaj s komunalnimi odpadkami, kot je to izvedeno na čistilni napravi v Laškem (slika 14).



Slika 13 • Čistilna naprava Ruhleben, Berlin, za 1,6 mio. PE. Leta 1985 so opustili 8 zgrajenih anaerobnih reaktorjev z 52.000 m³ prostornine. Uporabili pa so jih za zalogovnik blata pred sežigom



Slika 14 • Čistilna naprava Laško z aerobno stabilizacijo blata in predčiščenjem odpadne vode Pivovarne Laško na UASB-reaktorju

5 • LASTNOSTI NIZKO OBREMENJENIH ČISTILNIH NAPRAV Z AEROBNO STABILIZACIJO BLATA

Visoko obremenjene čistilne naprave so v recipientih izboljšale le bilanco kisika. Niso pa odstranile za salmonide in drugo življenje v vodi strupenega amonija, ki je z ostankom fosforja s fotosintezo alg povzročal tudi novo, tako imenovano sekundarno organsko onesnaženje recipientov.

Najbolj opazne posledice so v počasi tekočih rekah, v naravnih in v umetnih akumulacijah, kjer so nekatere alge, kot je Anabena flossaque, lahko tudi toksične (ugotovljeno za domače živali), povzročijo pa probleme pri pripravi pitne vode (Mahmood, 1988). Zato so na Nizozemskem ((Muskat, 1959),

(Pasveer, 1960), (Baars, 1962)) že v 50 letih prejšnjega stoletja razvili in postopoma izpopolnili 4- do 5-krat nižje obremenjene čistilne naprave z aerobno stabilizacijo blata, pri obremenitvi 0,08 kg BPK₅ do 0,05 kg BPK₅/kgSS, s starostjo aktivnega biološkega blata 20 do 25 dni. Zaradi enostavne izvedbe so jih poimenovali oksidacijski jarki – oxidation ditchis. Za deponiranje, higienizacijo in dokončno stabilizacijo blata pa so pred uporabo za gnojilo na poljih uporabili sušilne grede ali cenene zemeljske bazene.

Prednost teh nizko obremenjenih naprav pred visoko obremenjenimi je tudi, da zaradi večje prostornine in večje mase aktivnega biološkega blata boljše izravnavajo sunkovito obremenitev industrijskih odplak iz klavnic,

pivovarn, mlekarn in podobnih virov ter padavinskega dotoka pri mešanih kanalizacijah.

Zaradi teh lastnosti je tudi upravljanje teh naprav enostavnejše in cenejše, obratovanje

pa varnejše. Zato so jih tudi, na primer, zgradili ob reki Ruhr (sliki 11 in 12), iz katere se na njenem povodju oskrbuje s pitno vodo 5 milijonov prebivalcev (Rismal, 2012).

6 • DOKONČNA PORUŠITEV 1980. LETA ZGRAJENE ČISTILNE NAPRAVE NA PTUJU IN IZGRADNJA ŽE TRETJE

Čistilna naprava brez bazena za denitrifikacijo (sliki 9 in 10), ki so ga ob predelavi naprave porušili, je omogočala le nitrifikacijo, ne pa tudi denitrifikacije po danes strožjih predpisih ES.

Leta 1980 zgrajene naprave (slike 1, 8 in 9), ki je ustrezala novim predpisom, niso obnovili,

ampak so zgradili novo, že tretjo napravo, sedaj brez anaerobnih reaktorjev, po »moderni« metodi SBR (sequence batch reactors – sekvenčni reaktorji) (sliki 15 in 16), ki je za mešane kanalizacije s padavinskim odtokom manj primerna in v svetu manj uporabljena rešitev. S tem ko so celotno napravo s pri-

marnim usedalnikom in dvema anaerobnima reaktorjema za 180 kW (sliki 10 in 12), ki so jih sami zgradili, dokončno porušili, so pokazali, da opisana rekonstrukcija naprave in 20-letno nasprotovanje napravam z aerobno stabilizacijo blata, kot sta bili napravi v Murski Soboti in na Ptuj, nista bila upravičena.



Slika 15 • Začetek gradnje nove, tretje čistilne naprave SBR



Slika 16 • Na novo zgrajena tretja naprava SBR z dokončno porušitvijo prve in druge naprave

7 • SKLEP

Članek opisuje načrtovanje čistilne naprave na Ptuj za 105.000 PE in 160.000 PE z nitrifikacijo in denitrifikacijo efluenta, z aerobno stabilizacijo blata in njeno porušitev ter dvakratno predelavo te naprave.

Slike od 18 do 22 ponazarjajo genezo načrtovanja in gradnje čistilnih naprav v Sloveniji od v letih 1970–72 zgrajene prve večje čistilne naprave s poživljenim biološkim blatom za 30.000 PE v Murski Soboti. Pred tem je bila v Sloveniji po načrtu inž. Dolničarja zgrajena, če ne upoštevamo manjših s poživljenim blatom, le večja čistilna naprava s precejalniki v Šentvidu pri Ljubljani.

Poudarjena sta pomen nizko obremenjenih čistilnih naprav z aerobno stabilizacijo blata, nitrifikacijo in denitrifikacijo za zaščito voda in pomen energetske samooskrbe čistilnih naprav z lastnim bioplinom s stališča celotne

energetske bilance v državi. Zaradi nekaj manjše porabe energije na račun slabšega čiščenja je v preteklosti prevladala izgradnja visoko obremenjenih naprav z anaerobno stabilizacijo blata in izkoriščanjem bioplina.

Če bi namesto takšnih naprav gradili nizko obremenjene naprave, kot sta bili zgrajeni v Murski Soboti (slika 20), ptujška čistilna naprava (slika 1) in novejši napravi v Celju (slika 21) in Mariboru (slika 22), danes gradnja novih naprav z nitrifikacijo in denitrifikacijo, kot jih zahtevajo predpisi ES, ne bi bila potrebna. V že zgrajenih čistilnih napravah z aerobno stabilizacijo blata bi kontinuirano aeracijo le zamenjali z diskontinuirano aeracijo (intermitent aeration), (Rismal, 2005), kot so jo, za primer, že pred leti uporabili na čistilni napravi Eisenstadt (Železno) v sosednji Avstriji (slika 14).

Da pridobivanje bioplina za pogon čistilnih naprav (sliki 18 in 19) tudi na večjih napravah ni gospodarno, so v Sloveniji pokazali šele tuji koncesionarji z izgradnjo naprav v Celju (slika 21) in Mariboru (slika 22), na Bledu, v Krajski Gori in v Laškem (slika 16), s tem ko so naprave brez anaerobne stabilizacije in bioplina sami zgradili in jih po pogodbi tudi sami upravljajo. Enako kot na napravah v lastnih državah (slike 11, 12, 13, 14 in 17) brez anaerobne stabilizacije blata in brez čiščenja na SBR, kot so ga, za že tretjo čistilno napravo, uporabili na Ptuj.

Stroka in ekološka industrija sta na področju čiščenja odpadnih voda naredili velik napredek. Gradnja čistilnih naprav z mnogimi proizvodi in tehnološkimi rešitvami, ki jih znanje in ekološka industrija ponujata, je omogočila pomembno izboljšanje kakovosti voda tudi v Sloveniji. Proizvodnja opreme in tehnoloških rešitev za čiščenje voda pa je že in bo vedno pomembnejša gospodarska panoga in vir zaslužka.



Slika 17 • Čistilna naprava Eisenstadt (Železno) v sosednji Avstriji za zaščito, Nižiderskega jezera (Neusiedler See)



Slika 18 • Anaerobni reaktorji čistilne naprave v Postojni brez nitrifikacije/denitrifikacije efluenta



Slika 19 • Čistilna naprava Ljubljana. Nepotrebni anaerobni reaktorji in sušilnika za sušenje blata z energijo bioplina, namesto direktnega sežiga z lastno energijo organske mase blata



Slika 20 • Čistilna naprava Murska Sobota z aerobno (1970–72) stabilizacijo in anaerobno destabilizacijo v depojskem bazenu po projektu avtorja članka



Slika 21 • Čistilna naprava Celje, 80.000 PE, z nitrifikacijo, denitrifikacijo, defosfatizacijo in brez anaerobnih reaktorjev za stabilizacijo blata



Slika 22 • Čistilna naprava Maribor, 230.000 PE, z nitrifikacijo, denitrifikacijo in defosfatizacijo, brez anaerobne stabilizacije blata, zgrajena po predlogu avtorja članka

Naloga naročnikov in upravljavcev čistilnih naprav, največkrat občin, s projektanti naj bi bila, da bi iz množice ponujenih rešitev izbrali tiste, ki vsakokratnim pogojem in potrebam najboljše ustrezajo.

V Sloveniji z dvema milijona prebivalcev večinoma majhne občine ne morejo

imeti, to niti ne bi bilo racionalno, za to vseh potrebnih strokovnjakov. Ker jih nimajo, odgovornosti za gospodarne rešitve čiščenja odpadnih voda, kot kaže primer ptujske čistilne naprave, ni mogoče prepuščati zgolj občinam. Podobno velja tudi za problematiko pitne vode.

Za gospodarno in ekološko skladno urejanje voda je po zakonu kot upravljavec voda v sodelovanju z občinami in stroko odgovorna država. Primer ptujske čistilne naprave in drugi primeri pa kažejo, da takšnega sodelovanja ni dovolj in da z vodami v Sloveniji ne gospodarimo najboljše.

8 • LITERATURA

- Baars, J. K., The Use of Oxidation ditches for Treatment of Sewage from Small Communities; Bull.Org.mond.Sant, Bull.Wid Hith Org, 1962. Gradbeni vestnik, Ljubljana, februar 2008.
- Mahmood, N. A., Carmichael, W. W., Pfahler, D., Anticholinesterase poisonings in dogs from a cyanobacterial (blue-green algae) bloom dominated by *Anabaena flos-aquae*, Am J Vet Res, april 1988.
- Mravljak, J., Hidroenergetski potencial Slovenije, Elektrogospodarstvo Slovenije, d.d., 2000.
- Muskat, J., Oxygenation of water by bladed rotors, Research Institute for Public Health Engineering T.N.O., Report No.28, The Hague, 1959.
- Pasveer, A., New developments in the application of Kessener brushes (aeration rotors) in the activated-sludge treatment of trade-waste waters, Waste treatment, Proceedings of the Second Symposium on the Treatment, Of Waste Waters,Oxford,Pergamo, 1960.
- Rismal, M., Energetska in ekološka problematika obdelave in končne dispozicije blata iz čistilnih naprav, Gradbeni vestnik, Ljubljana, maj 2010.
- Rismal, M., Interdisciplinarnost in integralno upravljanje in načrtovanje vodnih sistemov, Gradbeni vestnik, februar 2012.
- Rismal, M., Primerjava CAST, SBR in kontinuirne čistilne naprave, Gradbeni vestnik, december 2005.
- Rismal, M., Problematika lastne energetske oskrbe čistilnih naprav z nitrifikacijo in denitrifikacijo z bioplinom, Gradbeni vestnik, september 2003.
- Rismal, M., Problematika negospodarne dispozicije blata iz ljubljanske čistilne naprave,
- Rismal, M., Sekvenčne (SBR) ali kontinuirne čistilne naprave za čiščenje komunalnih odpadnih vod, Gradbeni vestnik, julij 2004.

PERFORMANČNI NAČIN PROJEKTIRANJA POŽARNE ODPORNOSTI LEPLJENEGA LESENEGA NOSILCA – 1. DEL: MODELIRANJE RAZVOJA POŽARA V RAČUNALNIŠKEM PROGRAMU FDS

PERFORMANCE-BASED APPROACH TO FIRE SAFETY DESIGN OF GLULAM BEAM – PART 1: MODELLING THE DEVELOPMENT OF FIRE WITH THE FDS SOFTWARE

Sabina Huč, univ. dipl. inž. grad.
sabina.huc@gmail.com

Znanstveni članek
UDK 614.841.45:624.011.1

dr. Matej Rozman, univ. dipl. inž. grad.
matej@giiip.si
GiiP, d. o. o., gradbeni inženiring, nepremičnine, projektiranje
Dobja vas 200, 2390 Ravne na Koroškem

dr. Jerneja Kolšek, univ. dipl. inž. grad.
jerneja.kolsek@zag.si
Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

doc. dr. Tomaž Hozjan, univ. dipl. inž. grad.
tomaz.hozjan@fgg.uni-lj.si
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

Povzetek | V prispevku je na primeru lepljenega lesenega nosilca, ki je del nosilne strešne konstrukcije športne dvorane v Dravogradu, predstavljen koncept performančnega načina projektiranja požarne odpornosti konstrukcijskega elementa. V prvem delu prispevka je z uporabo naprednega računalniškega programa Fire Dynamics Simulator za modeliranje požara prikazana prva faza požarne analize. Analiziranih je osem požarnih scenarijev, v katerih sta podrobneje prikazana dva načina modeliranja požara, to sta model polno razvitega požara ob predpostavki sočasnega vžiga skupine gorljivih predmetov in model postopnega širjenja požara od mesta vžiga na preostale gorljive predmete v prostoru. Predviden časovni potek hitrosti sproščanja toplote gorljivih elementov je v obeh modelih povzet po standardu SIST EN 1991-1-2. Izbrani so kritični požarni scenariji glede na najbolj neugoden potek maksimalne adiabatne temperature na površini lepljenih lesenih nosilcev. Nadaljevanje požarne analize, tj. toplotno-mehanska analiza požarnega odziva lepljenega lesenega nosilca, bo predstavljeno v drugem delu prispevka, ki je v pripravi.

Ključne besede: požarni scenarij, FDS, hitrost sproščanja toplote, požarna analiza, lepljeni leseni nosilec, performančni način

Summary | The paper presents a performance-based approach to fire design of a glulam beam. The analyzed glulam beam is part of the sports hall roof structure located in Dravograd. In the first part of the paper advanced computer software Fire Dynamics Simulator is used for modelling the development of fire to present the first phase of the fire analysis. Overall eight fire scenarios were analyzed in which two different ways of modelling the fire development are presented in detail. The first one is the model of fully developed fire assuming the simultaneous ignition of flammable objects and the second one is the model of the gradual spread of fire from the ignition to other flammable objects in the compartment. The expected growth of the heat release rate of combustible elements in both models is taken according to the standard SIST EN 1991-1-2 (2004). Based on the most unfavourable growth of the maximum adiabatic surface temperature of the glulam beams critical fire scenarios were selected. The continuation of fire analysis, i.e. thermo-mechanical analysis of the glulam beam exposed to fire conditions, will be presented in the second part of the paper which is in preparation.

Keywords: fire scenario, FDS, heat release rate, fire analysis, glulam beam, performance-based approach

1 • UVOD

Varnost pred požarom je v Zakonu o graditvi objektov (ZGO-1, 2002) navedena kot ena izmed bistvenih zahtev, ki jih mora s svojimi lastnostmi in glede na svoj namen izpolnjevati vsak objekt. Cilj zagotavljanja varstva pred požarom je varovanje ljudi, živali, premoženja in okolja pred požarom in eksplozijo (ZVPoz, 2007). Nezaščena požarna varnost lahko privede do materialne škode, v najslabšem primeru je možna tudi izguba človeških življenj. Za preprečitev neželenih posledic požara in za zagotavljanje ustreznega nivoja požarne varnosti stavb se danes v vsakdanji inženirski praksi najpogosteje uporablja predpisni način projektiranja požarne varnosti.

Ideja predpisnega načina projektiranja požarne varnosti je zagotoviti potrebno požarno varnost objekta že pri arhitekturni zasnovi stavb z ustreznimi pasivnimi in aktivnimi ukrepi, ki se določijo glede na zahteve in priporočila smernic. Med pasivne ukrepe se uvršča izbira primernih gradbenih materialov, med aktivne ukrepe pa namestitve naprav za preprečitev, javljanje in gašenje požara ipd. V zadnjem času se je v študijah rekonstrukcij realnih požarov izkazalo, da je lahko predpisni način projektiranja požarne varnosti zaradi svoje enostavnosti tudi konservativen in stroškovno neučinkovit (Wang, 2013). To je privedlo do spoznanja, da je pri projektiranju požarne varnosti treba uvesti naprednejši pristop, t. i. performančni način,

ki bo varnejši in bolj realističen v primerjavi z do sedaj uveljavljenim predpisnim načinom. Namen performančnega načina projektiranja požarne varnosti je doseči zastavljeno stopnjo požarne varnosti s sodelovanjem projektantov, organov, pristojnih za požarno varnost in zavarovalnic. Pri tem se upoštevajo tako lastnosti objekta kakor tudi zahteve lastnika, uporabnika in okolice. Performančni način zajame spekter realnih požarov, ki lahko nastanejo v obravnavani stavbi, kar omogoča naprednejše in bolj efektivno projektiranje požarne varnosti v primerjavi s predpisnim načinom. Sočasno z uveljavljanjem performančnega pristopa se razvijajo napredni računski modeli za opis razvoja požara v stavbah in za opis mehanskega odziva požarno obremenjene konstrukcije. Projektiranje požarne varnosti stavb lahko razdelimo na dve fazi, in sicer primarno in sekundarno. Performančni način lahko uporabimo tako v primarni fazi, kjer za zagotovitev ustreznega nivoja požarne varnosti predvidimo aktivne in pasivne ukrepe, kakor tudi v sekundarni fazi projektiranja požarne varnosti stavb, v kateri se glede na zahtevano požarno odpornost nosilne konstrukcije požarnih sektorjev dimenzionirajo še posamezni konstrukcijski elementi. Požarno analizo konstrukcij, ki predstavlja sekundarno fazo projektiranja požarne varnosti stavb, smiselno razdelimo na tri matematično nepovezane faze. Performančni pristop lahko uporabimo že

v prvi fazi, v kateri s točnejšimi požarnimi modeli določimo časovni razvoj temperatur v požarnem sektorju. Dobljeni rezultati se nato uporabijo v drugi fazi požarne analize konstrukcij, imenovani toplotna analiza konstrukcije, kjer se določi časovno spreminjanje temperature po konstrukciji ali njenih delih med požarom. V tretji fazi požarne analize, imenovani tudi mehanska analiza konstrukcije, se z uporabo numeričnega modela dokazuje požarna varnost konstrukcije kot celote oziroma njenih delov v celotnem času izpostavljenosti požaru.

Prvi del prispevka z naslovom *Modeliranje razvoja požara v računalniškem programu FDS* na primeru novozgrajene športne dvorane, ki je del večnamenske dvorane ŠPIC D v Dravogradu (GiiP, 2011), obravnava načine modeliranja požara v programu Fire Dynamics Simulator (NIST, 2014). Analiziranih je osem požarnih scenarijev, v katerih sta prikazana dva načina modeliranja požara. Glede na napovedan najbolj neugoden razvoj maksimalne adiabatske temperature na površini lepljenih lesenih nosilcev, ki tvorijo nosilno strešno konstrukcijo obravnavane dvorane, med analiziranimi izberemo kritične požarne scenarije. S tem prikažemo uporabo performančnega načina projektiranja konstrukcijskega elementa v prvi fazi požarne analize. Druga in tretja faza požarne analize, tj. določitev toplotno-mehanskega odziva lepljenega lesenega nosilca, bo tematika drugega dela prispevka, ki bo objavljen samostojno.

2 • NUMERIČNO MODELIRANJE RAZVOJA POŽARA V ŠPORTNI DVORANI V DRAVOGRADU

Na nastanek in razvoj požara vpliva veliko dejavnikov, kot so na primer vir vžiga, vrsta in količina goriva, oblika ter velikost prostora in odprtini, prezračevanje, vrsta konstrukcije, obložnih materialov in možnosti gašenja. Poleg tega je požar kompleksen kemičen proces, ki vključuje veliko število kemijskih reakcij različnih gorljivih snovi s kisikom. Zaradi vpliva velikega števila parametrov ter upoštevanja fizikalnih in kemijskih pojavov med požarom je računalniško modeliranje gorenja in širjenja požara v prostoru izjemno zahtevna naloga. Uporaba računalniških programov na področju modeliranja požara, ki temeljijo na matematičnih modelih dinamike tekočin (ang. CFD), je zato v znanosti in stroki razširjena šele dobro desetletje. Trenutno najbolj razširjen računalniški program te vrste je Fire Dynamics Simulator (v nadaljevanju FDS).

2.1 Opis programa FDS

Program FDS že vrsto let razvijajo raziskovalci ameriškega inštituta NIST (ang. National Institute of Standards and Technology) v sodelovanju s finskim inštitutom VTT Technical Research Centre of Finland. Prva verzija je bila objavljena leta 2000. Program bere vhodne parametre iz tekstovne datoteke, uporabniško določene izhodne podatke, ki so namenjeni obdelavi in prikazu rezultatov, pa zapiše v različne tipe datotek. Smokeview (SMV) je spremljevalni menijski program, namenjen branju izhodnih datotek FDS in grafičnemu prikazovanju rezultatov simulacij. Programski paket FDS je brezplačno dostopen na svetovnem spletu. Zadnji objavljeni različici sta FDS 6.1.2 in SMV 6.1.12, opremljeni tudi z najnovejšimi navodili za uporabo ter obširnimi priročniki o delovanju, verifikaciji in validaciji programske opreme. Uporaba programa FDS se lahko znatno poenostavi s 3D-grafičnim uporabniškim vmesnikom PyroSim, ki samodejno generira vhodne zapise in izhodne datoteke programa FDS (TE, 2014).

Osnovna funkcija programa FDS so simulacije časovnega in krajevnega razvoja požara v prostoru. Program lahko napove razvoj in prenos dima, toplote, plamena, ogljikovega oksida in drugih snovi po požarnem prostoru, prav tako so mogoče simulacije odkrivanja požara s toplotnim javljalnikom in gašenje požara s šprinklerji. Kot takšno je orodje uporabno v širšem kontekstu načrtovanja požarne

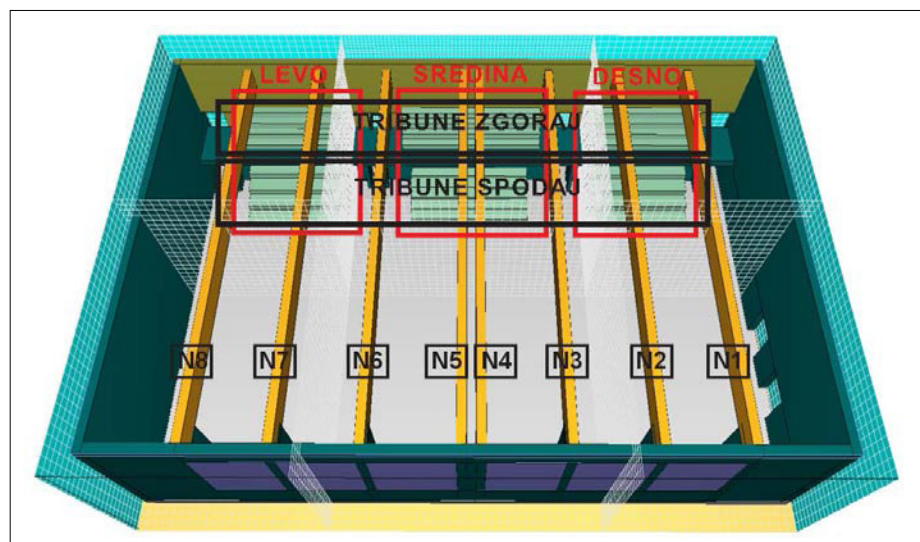
varnosti, na primer za projektiranje požarno varnih objektov, oceno varnosti obstoječih stavb, rekonstrukcijo požarov pri preiskavi po nesrečah ali za pomoč pri usposabljanju gasilskih enot. Programski paket vsebuje tudi orodja za analizo evakuacije ljudi in modeliranje situacij, ki sicer ne vključujejo pojavov, povezanih s požarom, so pa prav tako pomembne za kakovostno življenje ljudi, kot na primer prezračevalni sistem v stavbah. V nadaljevanju se osredotočimo zgolj na modeliranje požara oziroma požarnih scenarijev v programu FDS. Druge predstavljene zmožnosti programa vsebinsko ne sovpadajo z obravnavano temo, zato se jim v prispevku ne posvečamo.

2.2 Vhodna datoteka FDS za modeliranje požara

V tem poglavju predstavimo bistvene komponente vhodne datoteke FDS za računalniško simuliranje razvoja požara v obravnavani športni dvorani, ki je del večnamenske dvorane ŠPIC D v Dravogradu (GiIP, 2011). Datoteka vsebuje podatke o velikosti in delitvi računske mreže, globalni kemijski reakciji, lokaciji gorljivih elementov in količini energije, ki jo bodo ti sprostili z gorenjem, toplotnih lastnosti uporabljenih materialov, geometrijski zasnovi požarnega prostora in opazovanih količinah.

Športno dvorano v modelu obravnavamo kot en požarni sektor pravokotnih tlorisnih dimenzij 29,70 m x 44,70 m x 9,05 m. V programu jo umestimo v nekoliko večjo računsko domeno, ki jo razdelimo na šest računskih območij (mrež), in tako izkoristimo možnost paralelnega računanja. V vseh analiziranih primerih je celica mreže, v kateri je simulirano gorenje, dimenzij 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m. Preostalih pet mrež sestavljajo celice dimenzij 0,60 m x 0,60 m x 0,60 m. Skupno število računskih celic je približno 200.000. Meje računskega prostora odpremo v vseh smereh, razen v negativni smeri koordinate z. S tem onemogočimo kopičenje dima in izsevane toplote okrog modela in se izognemo napačnim napovedim rezultatov.

Športno dvorano v modelu sestavljata igralna površina in prostor, namenjen tribunam za gledalce v dveh nivojih. Na balkonu širine 3,90 m so fiksne, pod njim pa premične tribune. Tribune so v obeh etažah razdeljene na tri dele, ločene s po dvema izhodoma širine 1,20 m in višine 2,40 m. Dodatno sta na skrajnih koncih tribun v vsaki etaži locirana še dva izhoda širine 1,80 m in višine 2,40 m. Tako je celoten kompleks tribun za gledalce sestavljen iz šestih posameznih tribun in osmih izhodov (slika 1). V modelu sta na krajši strani dvorane ustvarjeni še dve odprtini širine 2,40 m. Slednji predstavljata izhoda, ki vodita v sosednjo manjšo večnamensko dvorano in prostor za shranjevanje orodja. Okenske odprtine, ki so razporejene na steni, nasproti tribun, kakor tudi kupole na strehi so med simulacijo zaprte. Ker ima športna dvorana velik volu-



Slika 1 • Model športne dvorane v programu FDS s prikazanim poimenovanjem tribun in lepljenih lesenih nosilcev. Stropna konstrukcija namenoma ni prikazana v celoti zaradi boljše preglednosti slike

men, se predvidi in kasneje tudi izkaže, da je ob opisanih ventilacijskih pogojih simuliran požar kontroliran z zalogo gorljivega materiala. Izbrani ventilacijski pogoji, ki ostanejo enaki med celotno simulacijo, predvidevajo najslabši možni požarni scenarij z vidika ventilacije, tj. v primeru, da odpove kontakt s požarno centralo in se naravno prezračevanje v dvorani ne vzpostavi na predviden način, kar pomeni z avtomatskim odprtjem kupol na strehi in oken na vzdolžni strani dvorane.

Potek gorenja in širjenje požara v programu FDS nadzorujemo tudi z globalno kemijsko reakcijo v plinski fazi. Podajanje reakcije zahteva podatke o zgorevalni toploti ali količini sproščene toplote na enoto porabljenega kisika in podatke o razmerju števila atomov kemijskih elementov oziroma spojin, s katerimi se določi sestava goriva in produktov gorenja. Pri analizi požarnih scenarijev v obravnavani športni dvorani uporabimo podatke za poliuretansko reakcijo, ki jih predlaga priročnik SFPE Handbook (Tewarson, 2008).

Športno dvorano dejansko tvori veliko število različnih gradbenih materialov. Model v tem smislu zelo poenostavimo, saj definiramo le nekaj osnovnih materialov. Te večinoma uvozimo iz obstoječe FDS-knjžnice, pri tem pa njihovih materialnih lastnosti (gostota, specifična toplota, toplotna prevodnost) ne spreminjamo. Za modeliranje nosilnih betonskih sten debeline 0,30 m tako uporabimo material concrete z izjemo stene za zgornjimi tribunami, kjer betonskemu sloju debeline 0,30 m dodamo še notranjo obložno leseno plast debeline 0,02 m, ki ji predpišemo material yellow pine. Enako sestavo predpišemo tudi tlom, medtem ko stropno konstrukcijo modeliramo z 0,22 m debelim slojem materiala foam in 0,02 m debelim slojem materiala yellow pine. Strešno konstrukcijo tvorijo še leseni lepljeni nosilci višine 1,80 m in debeline 0,22 m, ki so poenostavljeno modelirani enakomerno pravokotne oblike po celotni dolžni. Nosilec je predpisan material yellow pine. Lastnosti preostalih dveh materialov, uporabljenih pri modeliranju dvorane, pridobimo iz dostopne literature. Tribunam v modelu predpišemo debelino 0,01 m in lastnosti materiala polipropilen, tj. gostota je 1100,0 kg/m³, specifična toplota je 1,6 kJ/(kg K) in toplotna prevodnost je 0,3 W/(m K), kot jih podajata Hietaniemi in Mikkola (Hietaniemi, 2010). Okenskim odprtinam v modelu debeline 0,005 m predpišemo material steklo z materialnimi lastnostmi, kot jih predlaga Drysdale (Drysdale, 1998), tj. gostota je 2700,0 kg/m³, specifična toplota je 0,84 kJ/(kg K) in toplotna prevodnost je 0,76 W/(m K).

V programu FDS je mogoče definirati različne vrste merilnikov. V prvi fazi požarne analize želimo določiti maksimalne temperature v okolici lepljenih lesenih nosilcev. V ta namen v programu FDS po celotni dolžini nosilcev namestimo merilnike za merjenje adiabatne temperature na površini (*ang.* Adiabatic Surface Temperature). Adiabatna temperatura na površini nosilca v programu FDS predstavlja vpliv toplotnega toka iz zraka na trdno površino in je neodvisna od materialnih lastnosti površine. Ta temperatura ni enaka ne temperaturi zraka in ne temperaturi, merjeni na površini trdne snovi, ampak je definirana tako, da je primerna za izvoz v druge kompatibilne računalniške programe za računanje prevajanja toplote po trdni snovi. Izračunan potek adiabatne temperature na površini nosilca bo nadalje uporabljen v toplotno-mehanski analizi lepljenega lesenega nosilca, ki bo ločeno predstavljena v drugem delu prispevka.

2.3 Izbor požarnih scenarijev

Za določitev požarnih scenarijev ni enolično napisanih pravil, zato njihovo načrtovanje v splošnem temelji na znanju in izkušnjah. Ključna je opredelitev vira vžiga in količine toplote, ki se sprošča med razvojem požara. Iz spektra možnih požarnih scenarijev se nato na podlagi izbranih kriterijev določi kritične. Največjo požarno obtežbo obravnavane športne dvorane predstavljajo tribune za gledalce. Pri načrtovanju požarnih scenarijev smo tako upoštevali predpostavko, da je vir vžiga na posamezni tribuni, razvit požar pa ostane lokaliziran in se ne razširi na sosednje tribune. Širjenje požara preprečujejo relativno veliki odmiki med tribunami, kjer ni dodatne zaloge gorljivih predmetov. Po opisanih kriterijih za izbor požarnega scenarija smo v športni dvorani sprva zasnovali šest požarnih scenarijev z razvitim lokaliziranim požarom na vsaki izmed šestih tribun, kasneje pa še dva dodatna požarna scenarija ter preverjali njihov temperaturni vpliv na požarno nosilnost lepljenih lesenih nosilcev. Obravnavani požarni scenariji so opisani v nadaljevanju.

2.4 Modeliranje požara v programu FDS

V splošnem obstaja več pristopov modeliranja vžiga in gorenja elementov, ki narekujejo razvoj požara v prostoru. Prvi, teoretično najbolj realističen pristop je uporaba piroliznega modela, ki je vgrajen tudi v program FDS. Efektivna uporaba piroliznega modela zahteva poznavanje velikega števila različnih parametrov za opis kemičnih reakcij ter ma-

terialnih in toplotnih lastnosti materialov, ki jih je mogoče določiti le s pomočjo v ta namen opravljenih eksperimentov. Pirolizni modeli so danes še v razvojni fazi in kot takšni predmet aktivnih znanstvenih raziskav. Opisane omejitve in kompleksnost uporabe piroliznega modela za simuliranje požara v športni dvorani presega okvirje tega dela prispevka, zato ga v nadaljevanju ne obravnavamo.

Drugi, bolj uveljavljen pristop modeliranja požara je preprostejši od prvega, saj zahteva manj podanih parametrov. Gorljivim elementom v prostoru se poleg materialnih lastnosti predpiše še potek hitrosti sproščanja toplote (*ang.* Heat Release Rate, v nadaljevanju *HRR*) s pripadajočo temperaturo vžiga. Najenostavnejši, a nemalokrat tudi najbolj primeren, je tretji način modeliranja požara, kjer se vnaprej definiran potek *HRR* predpiše večjemu delu površine sektorja. Pri tovrstnem modelu se ne ukvarjamo s simulacijo gorenja posameznih predmetov v prostoru, ampak požar definiramo kot sočasno gorenje skupine predmetov. Ta način modeliranja je primeren zlasti za simulacije polno razvitih požarov.

V analiziranih požarnih scenarijih v obravnavani športni dvorani za modeliranje požara v računskem okolju FDS uporabimo prej opisano načina s predpisanim potekom *HRR*. Idealizirano projektno sproščanje toplote (predpisani potek *HRR*, slika 2) povzamemo po standardu SIST EN 1991-1-2 (SIST, 2004) in pri tem upoštevamo naslednje parametre:

- RHR_i (MW/m²) – maksimalna hitrost sproščanja toplote na enoto površine 1 m²,
- t_a (s) – čas za dosego hitrosti sproščanja toplote 1 MW,
- $q_{f,d}$ (MJ/m²) – projektna gostota požarne obtežbe na enoto površine 1 m²,
- A_p (m²) – maksimalna površina požara, ki je lahko celoten požarni sektor v primeru enakomerno porazdeljene požarne obtežbe ali manjša površina v primeru lokaliziranega požara.

Maksimalno površino požara A_p definira uporabnik sam, medtem ko parametra RHR_i in t_a glede na rabo stavbe predpisuje standard. Projektna gostota požarne obtežbe $q_{f,d}$ (MJ/m²) se skladno s standardom izračuna po enačbi

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \quad (1)$$

kjer je zgorevalni faktor, δ_{q1} faktor, ki upošteva nevarnost nastanka požara glede na velikost sektorja, δ_{q2} faktor, ki upošteva nevarnost nastanka požara glede na naselitev, $\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$

faktor, ki upošteva uporabo različnih aktivnih ukrepov, in $q_{t,k}$ (MJ/m²) karakteristična gostota požarne obtežbe na enoto ploščine tal. Vrednosti parametrov, ki nastopajo v enačbi 1, so v standardu predstavljene tabelarično. Na sliki 2 je na ordinatni osi prikazana hitrost sproščanja toplote HRR (MW) na abscisni osi pa čas trajanja požara t (s). Čas t_1 (s), ki opredeli trajanje faze naraščanja požara t^2 , določimo z izrazom

$$t_1 = t_{\alpha} \cdot \sqrt{HRR_{\max}} \quad (2)$$

kjer je $HRR_{\max}$ (MW) maksimalna hitrost sproščanja toplote, zapisana kot produkt

$$HRR_{\max} = RHR_f \cdot A_{fi} \quad (3)$$

Toplota $Q_{fi,d,1}$ (MJ), ki se sprosti v fazi naraščanja požara t^2 , je enaka integralu hitrosti sproščanja toplote

$$Q_{fi,d,1} = \int_0^{t_1} HRR \, dt = \frac{1}{3} \cdot HRR_{\max} \cdot t_1 \quad (4)$$

Vodoravni plato ($HRR_{\max}$) se konča, ko dogori 70 % celotne požarne obtežbe, ki se izračuna kot produkt površine požara A_{fi} (m²) in projektne gostote požarne obtežbe $q_{t,d}$ (MJ/m²). Hkrati je celotna požarna obtežba enaka sproščeni toploti med požarom $Q_{fi,d}$ (MJ), kar se zapiše z integralom celotne krivulje hitrosti sproščanja toplote

$$Q_{fi,d} = \int_0^{\infty} HRR \, dt = q_{t,d} \cdot A_{fi} \quad (5)$$

Sproščena toplota v fazi razvitega požara $Q_{fi,d,2}$ (MJ) se izračuna z izrazom

$$Q_{fi,d,2} = 0,7 \cdot Q_{fi,d} - Q_{fi,d,1} \quad (6)$$

čas t_2 (s), ki omejuje fazo razvitega požara pa kot

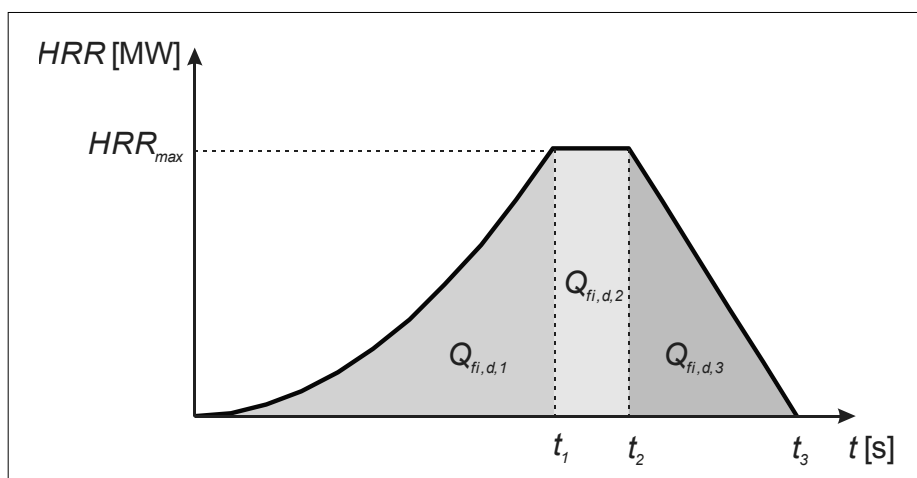
$$t_2 = t_1 + \frac{Q_{fi,d,2}}{HRR_{\max}} \quad (7)$$

Celotno trajanje požara izrazimo s časom t_3 (s)

$$t_3 = t_2 + 2 \cdot \frac{Q_{fi,d,3}}{HRR_{\max}} \quad (8)$$

kjer $Q_{fi,d,3}$ (MJ) predstavlja preostalih 30 % celotne požarne obtežbe, ki dogori v fazi poje-manja požara

$$Q_{fi,d,3} = 0,3 \cdot Q_{fi,d} \quad (9)$$



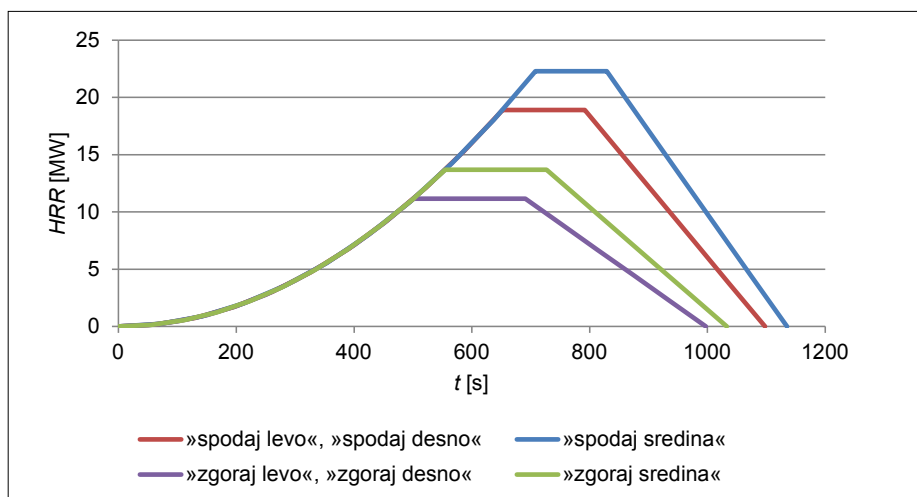
Slika 2 • Idealiziran časovni potek sproščanja toplote po SIST EN 1991-1-2

V prvem sklopu analiz (prvih šest požarnih scenarijev) za modeliranje požara v obravnavani športni dvorani uporabimo najpreprostejši način, tj. način, kjer obravnavamo polno razvit požar oz. sočasno gorenje ene tribune. Celotno požarno obtežbo tribune s predpisanim potekom HRR sorazmerno razdelimo na pet površin (velikost slednjih je odvisna od požarnega scenarija), ki jih postavimo na vrhnje dele stopničasto oblikovanih tribun. Drugih gorljivih elementov v modelu ne predvidimo. Za opis lastnosti lokaliziranega požara, ki se razvije na posamezni tribuni, skladno s standardom upoštevamo hiter razvoj požara (tj. $t_{\alpha} = 150$ s) in stopnjo rasti požara $RHR_f = 0,50$ MW/m². Projektna gostota požarne obtežbe je enaka $q_{t,d} = 255,0$ MJ/m² in je izračunana po enačbi (1), pri čemer so upoštevane naslednje vrednosti parametrov: $q_{t,k} = 300$ MJ/m², $m = 1$, $\delta_{q1} = 1,70$, $\delta_{q2} = 1,0$, $\delta_{n1} = 1,0$, $\delta_{n2} = 1,0$, $\delta_{n3} = 1,0$, $\delta_{n4} = 0,73$, $\delta_{n5} = 0,87$, $\delta_{n6} = 1,0$, $\delta_{n7} = 0,78$, $\delta_{n8} = 1,0$,

$\delta_{n9} = 1,0$ in $\delta_{n10} = 1,0$. Podan potek HRR ni enak v vseh predvidenih požarnih scenarijih (slika 3), saj je odvisen od površine požara, tj. površine posamezne tribune A_{fi} (m²). V preglednici 1 prikazujemo ime požarnega scenarija, ki ustreza tribuni, na kateri se razvije požar (slika 1), in pripadajoče površine tribun A_{fi} (m²).

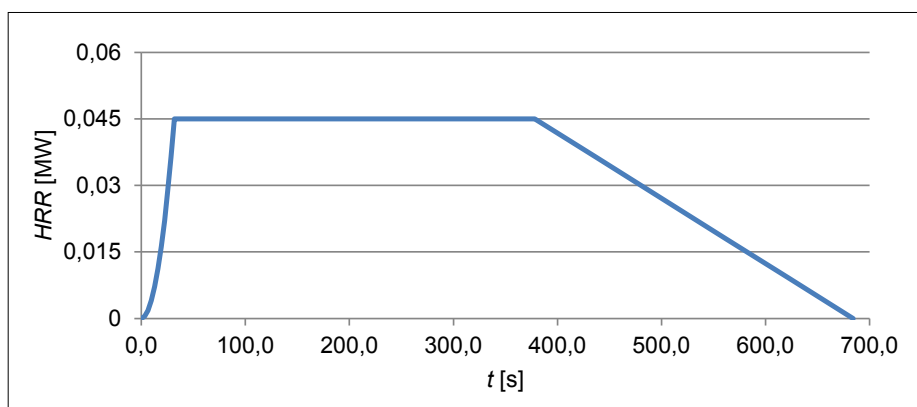
Požarni scenarij	A_{fi} (m ²)
»spodaj desno«	37,80
»spodaj sredina«	44,55
»spodaj levo«	37,80
»zgoraj desno«	22,32
»zgoraj sredina«	27,36
»zgoraj levo«	22,30

Preglednica 1 • Prvi sklop analiziranih požarnih scenarijev s pripadajočo površino tribune, na kateri je predpisan požar



Slika 3 • Predpisan potek hitrosti sproščanja toplote (HRR) v šestih požarnih scenarijih

Med simuliranimi prvimi šestimi požarnimi scenariji (spodaj levo, spodaj sredina, spodaj desno, zgoraj levo, zgoraj sredina, zgoraj desno) izberemo najbolj neugodne glede na časovni razvoj maksimalne adiabatne temperature na površini lepljenih lesenih nosilcev. Najbolj neugodne požarne scenarije nato modeliramo še na drug, nekoliko bolj zahteven način, s čimer v nadaljevanju prikažemo še osnovni princip modeliranja gorenja z upoštevanjem lastnosti gorljivih predmetov oz. materialov. V dodatnih dveh modelih gorljivim površinam (tribune) predpišemo ustrezno debelino in izbrane materialne karakteristike polipropilena. Poleg tega podamo temperaturo vžiga, ki predstavlja temperaturo na površini gorljivega elementa, pri kateri program prične vbrizgavati zgorevalne pline v računski prostor, ki ob zadostni količini kisika proizvedejo predviden potek HRR . V obeh dodatnih požarnih scenarijih za temperaturo vžiga površine gorljivega elementa izberemo vrednost $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hopkins, 1995). Potek HRR po vžigu površine pa podamo skladno s standardom, podobno kot v prvem sklopu požarnih scenarijev (prvih šest požarnih scenarijev). Pri tem spremenimo le površino požara oz. površino



Slika 4 • Potek hitrosti sproščanja toplote (HRR), predpisan površini tribun v dodatnih dveh požarnih scenarijih

sproščanja toplote, ki jo tokrat definiramo kot površino posamezne celice $A_f = 0,09\text{ m}^2$, ostali parametri za opis poteka HRR pa ostanejo enaki, tj. $t_{\alpha} = 150\text{ s}$, $RHR_f = 0,50\text{ MW/m}^2$ in $q_{f,d} = 255,0\text{ MJ/m}^2$. Prav tako ostaneta nespremenjeni tudi predvidena požarna obtežba $Q_{f,d}$ (MJ) in maksimalna hitrost sproščanja toplote HRR_{max} (MW). Potek HRR , ki ga na tak način predpišemo tribunam, je prikazan na sliki 4. Nazadnje v dodatnih dveh modelih določimo še vir vžiga. Definiramo ga v obliki

manjše gorljive površine, $A_f = 0,54\text{ m}^2$, ki ji predpišemo enakomerno hitrost sproščanja toplote na enoto površine $RHR_f = 1852,0\text{ MW/m}^2$ za čas 300 s od začetka simulacije. Od 300. sekunde dalje opazujemo gorenje materiala polipropilen oz. razvoj požara po površini tribune. Pričakujemo postopno širjenje požara in posledično drugačen napovedan potek hitrosti sproščanja toplote kot pri primerljivih požarnih scenarijih iz prvega sklopa.

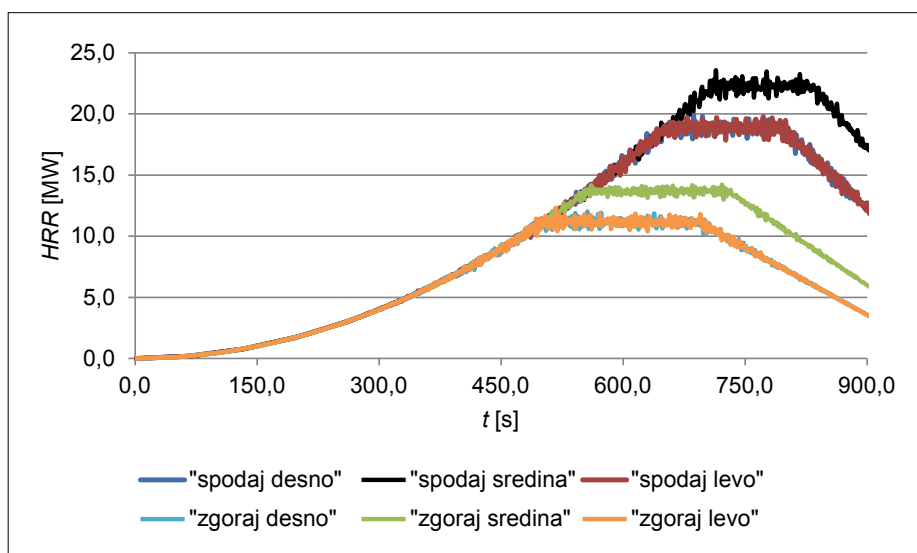
3 • REZULTATI

V nadaljevanju podrobneje predstavimo rezultate s programom FDS analiziranih osmih požarnih scenarijev v obravnavani športni dvorani v Dravogradu. Osredotočimo se zlasti na napovedane poteke HRR in maksimalne adiabatne temperature na površini lesenih lepljenih nosilcev v posameznem požarnem scenariju. Oznake lepljenih lesenih nosilcev, ki si z desne proti levi sledijo v zaporedju od N1 do N8 (slika 1), naj služijo lažji interpretaciji rezultatov. Rezultate simulacij prikazujemo za prvih 900 s (15 min.) požara, kar ustreza času, ko se v vseh požarnih scenarijih že razvijejo maksimalne temperature. Faza pogojenja požara v požarni analizi lepljenih lesenih nosilcev ne igra pomembnejše vloge, zato grafično ni vedno prikazana.

Najprej predstavimo rezultate prvih šestih požarnih scenarijev, kjer je predviden razvoj lokaliziranega požara na vsaki izmed tribun: spodaj levo, spodaj sredina, spodaj desno, zgoraj levo, zgoraj sredina ali zgoraj desno. Kot je opisano v poglavju 2, je požar na tribunah v vseh šestih primerih modeliran s

predpisanim potekom HRR celotne zaloge predvidenih gorljivih materialov (tribuna), ki zagori sočasno. Na sliki 5 je za posamezne

primere prikazan izračunan potek HRR . Razberemo lahko, da je v vseh primerih požar kontroliran z zalogo gorljivega materiala.



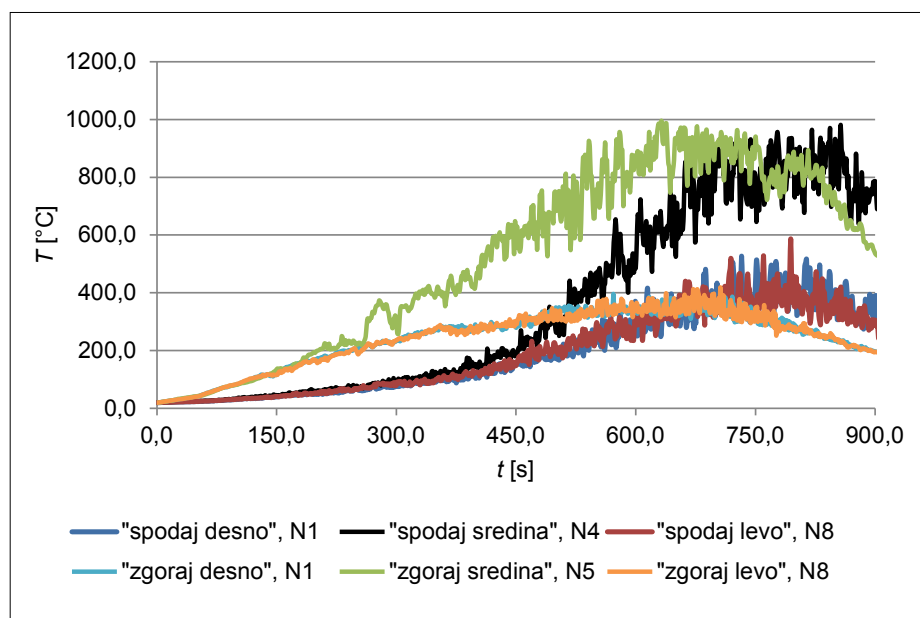
Slika 5 • S programom FDS napovedan potek hitrosti sproščanja toplote (HRR) v šestih požarnih scenarijih

Kisika je v prostoru dovolj, zato se *HRR* razvije po predpisanem režimu.

Slika 6 predstavlja izračunan potek maksimalne adiabatne temperature na površini lepljenih lesenih nosilcev za posamezni požarni scenarij. Opazimo, da požar, modeliran na spodnji oziroma zgornji levi tribuni, povzroči maksimalno adiabatno temperaturo na površini nosilca N8, analogno požar, modeliran na spodnji oziroma zgornji desni tribuni, povzroči maksimalno adiabatno temperaturo na površini nosilca N1, požar, modeliran na spodnji oziroma zgornji sredinski tribuni, pa povzroči maksimalno adiabatno temperaturo na površini nosilca N4 oziroma N5. S slike 6 razberemo še, da sta z vidika požarne nosilnosti lepljenih lesenih nosilcev najbolj neugodna požarna scenarija spodaj sredina in zgoraj sredina, pri katerih doseže maksimalna adiabatna temperatura na površini lepljenega lesenega nosilca vrednosti povprečno okrog 900 °C. V preostalih požarnih scenarijih so maksimalne izračunane adiabatne temperature na površini nosilcev bistveno nižje in se gibljejo okoli 400 °C. To gre pripisati predvsem manjši zalogi gorljivega materiala, saj so stranske tribune dimenzijsko manjše od sredinskih, kakor tudi modeliranim ventilacijskim pogojem.

Pri prikazu drugega, nekoliko bolj kompleksnega načina modeliranja požara v programu FDS izhajamo iz ugotovljenih najbolj neugodnih požarnih scenarijev iz prvega sklopa računskih simulacij, tj. scenarijev spodaj sredina in zgoraj sredina. V dodatnih dveh požarnih scenarijih opustimo predpostavko, da vsa predvidena količina gorljivih predmetov v prostoru zagori naenkrat, namesto tega pa privzamemo postopno širjenje požara, ki je odvisno od materialnih karakteristik gorljivih elementov (tribune), predpisane temperature vžiga in debeline materiala polipropilen kot tudi lokacije vira vžiga. Dodatna požarna scenarija poimenujemo "spodaj sredina mat" in "zgoraj sredina mat", pri čemer prvi del besednih zvez pove lokacijo vira vžiga, zadnji del (mat) pa nakazuje način modeliranja požara z upoštevanjem materialnih lastnosti gorljivih elementov.

Slika 7 primerja napovedan potek *HRR* v dodatnih dveh požarnih scenarijih "spodaj sredina mat" in "zgoraj sredina mat" z napovedanim potekom *HRR* v sorodnih požarnih scenarijih spodaj sredina in zgoraj sredina. Napovedan potek *HRR* se v omenjenih požarnih scenarijih bistveno razlikuje. Poleg samega poteka so opazne tudi raz-

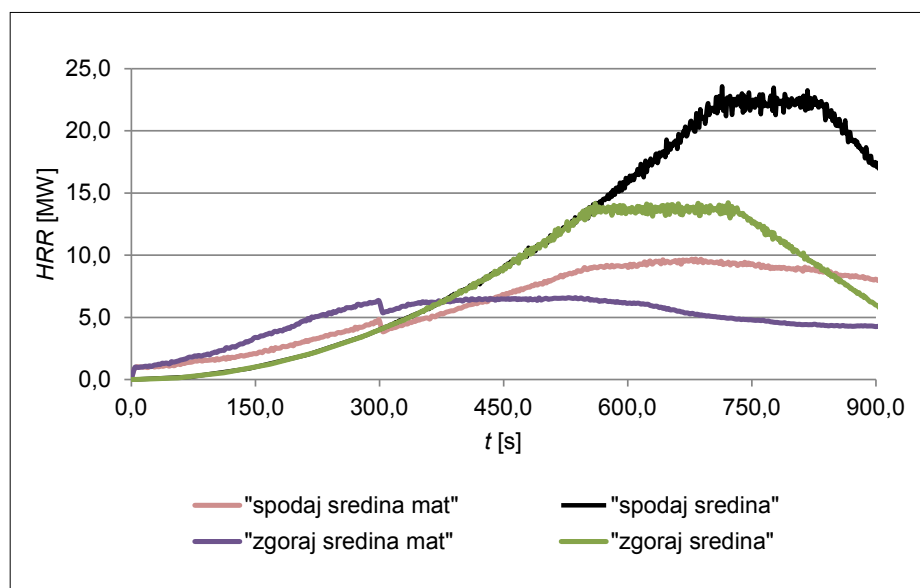


Slika 6 • S programom FDS napovedan potek maksimalne adiabatne temperature na površini lepljenega lesenega nosilca v šestih požarnih scenarijih. V legendi je poleg imena požarnega scenarija napisana tudi oznaka nosilca, na površini katerega je dosežena maksimalna adiabatna temperatura

like v maksimalni doseženi *HRR*, ki je v primeru "spodaj sredina mat" skoraj 10 MW, v primeru "zgoraj sredina mat" pa približno 6 MW. V obeh dodatnih primerih sta napovedani maksimalni hitrosti sproščanja toplote nižji kot v požarnih scenarijih s predpisanim potekom *HRR*, tj. spodaj sredina (22,275 MW) in zgoraj sredina (13,68 MW).

Pri 300 s je na grafih "spodaj sredina mat" in "zgoraj sredina mat" opazen padec *HRR* za pribl. 1 MW, kar je posledica odstranitve vira vžiga.

Slika 8 nadalje primerja izračunane časovne razvoje maksimalne adiabatne temperature na površini nosilcev v štirih požarnih scenarijih. Kljub temu da je maksimalna hitrost

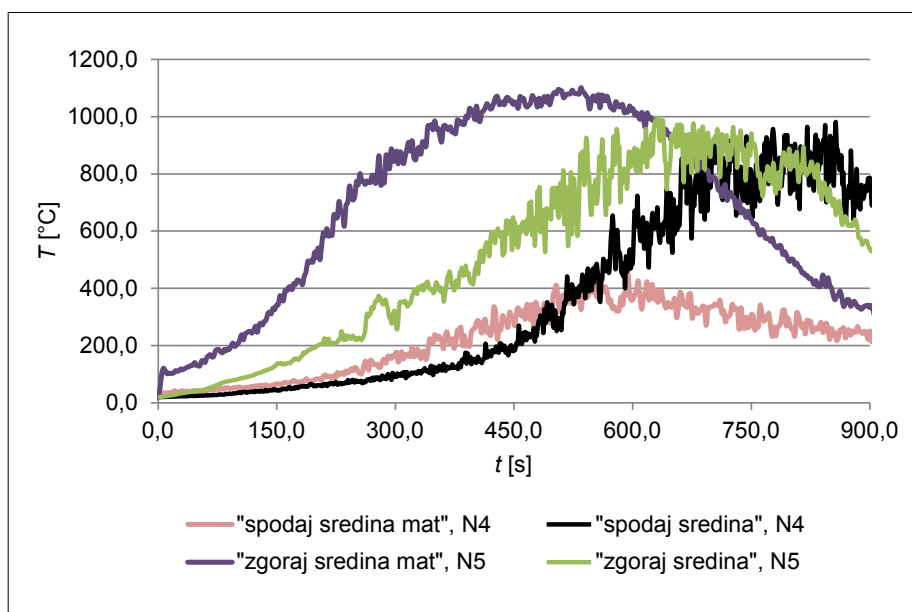


Slika 7 • Primerjava s programom FDS napovedanega poteka hitrosti sproščanja toplote (*HRR*) v požarnih scenarijih "spodaj sredina mat", "zgoraj sredina mat", spodaj sredina in zgoraj sredina

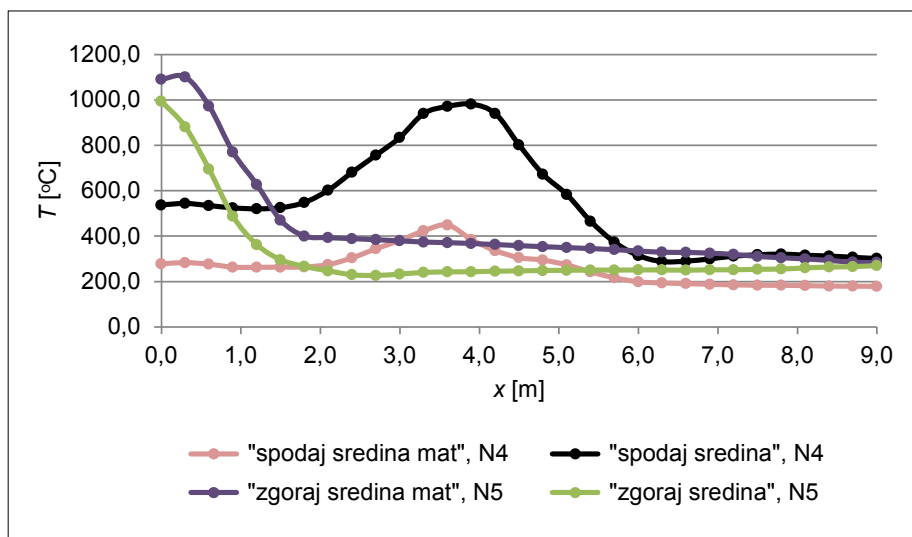
sproščanja toplote v požarnem scenariju "spodaj sredina mat" za slabe 4 MW višja kot v požarnem scenariju "zgoraj sredina mat", je s slike 8 razvidno, da so izračunane maksimalne adiabatne temperature na površini nosilca v prvem primeru kar za približno 700 °C nižje kot v drugem primeru. Nasploh je napovedana maksimalna adiabatna temperatura na površini nosilca v požarnem scenariju "spodaj sredina mat" najnižja med vsemi, od napovedi v sorodnem požarnem scenariju spodaj sredina se krepko razlikuje (približno 400 °C).

Na sliki 9 so za požarne scenarije "spodaj sredina mat", spodaj sredina, "zgoraj sredina mat" in zgoraj sredina prikazane ovojnice napovedanih maksimalnih adiabatnih temperatur na površini nosilcev N4 oziroma N5, merjene vsakih 0,30 m vzdolž nosilcev. Ovojnice prikazujemo na začetnih devetih metrih nosilca, saj se od tod naprej do konca nosilca maksimalne adiabatne temperature na površini zanemarljivo malo znižajo. Začetno krajišče nosilca je ob steni za tribunami, končno krajišče pa na nasprotni strani dvorane, ob steni z odprtinami. Dolžina nosilca je 28,30 m. Pričakovano se razvijejo najvišje adiabatne temperature na površini nosilca neposredno nad tribuno, na kateri je definiran požar, nato pa padajo po dolžini nosilca oziroma z oddaljenostjo od lokacije požara. Zaradi nehomogenega temperaturnega polja vzdolž nosilca se izkaže, da sta z vidika požarne odpornosti nosilca kritična dva požarna scenarija. Do 1,5 m dolžine nosilca najvišje maksimalne adiabatne temperature na površini povzroči požarni scenarij "zgoraj sredina mat", po ostali dolžini pa požarni scenarij spodaj sredina.

Na sliki 10 je prikaz napovedi razvoja požara in temperatur zraka v programu FDS pri karakterističnih časih 300 s, 600 s in 900 s za požarna scenarija (a) zgoraj sredina in (b) "zgoraj sredina mat". Opazimo, da se pri gorenju tribune v primeru b, kjer je požar modeliran z upoštevanjem materialnih karakteristik gorljivega materiala polipropilen, celice vžigajo ena za drugo, kar povzroči "potovanje" plamena in s tem spreminjanje površine požara od sredine proti levi strani tribune (slika 10b zgoraj). V požarnem scenariju zgoraj sredina (slika 10a) pa je površina požara, ki je na sliki prikazana v rdeči barvi, skupaj s potekom *HRR* določena kot vhodni podatek in ostane med simulacijo konstantna. Na spodnjem delu slike 9b so pri časih 300 s, 600 s in 900 s prikazane še napovedane temperature zraka v ravnini pred nosilcem N5.



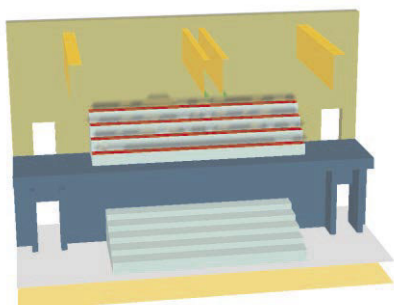
Slika 8 • Prikaz s programom FDS napovedanega poteka maksimalne adiabatne temperature na površini lepljenega lesenega nosilca v požarnih scenarijih "spodaj sredina mat" in "zgoraj sredina mat". Za primerjavo sta dodani še krivulji iz požarnih scenarijev spodaj sredina in zgoraj sredina. V legendi je poleg imena požarnega scenarija napisana tudi oznaka nosilca, na površini katerega je napovedana maksimalna adiabatna temperatura



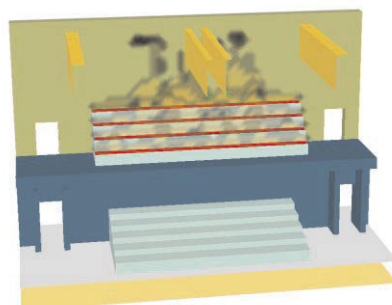
Slika 9 • Ovojnice maksimalnih adiabatnih temperatur na površini nosilcev N4 oziroma N5 izračunanih s programom FDS vsakih 30 cm vzdolž njihove dolžine v požarnih scenarijih "spodaj sredina mat" in spodaj sredina oziroma "zgoraj sredina mat" in zgoraj sredina. Rezultati so prikazani do dolžine nosilca x = 9,0 m

(a) Požarni scenarij zgoraj sredina

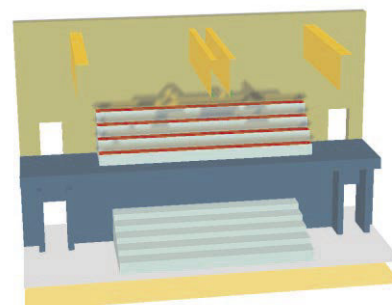
$t = 300$ s



$t = 600$ s

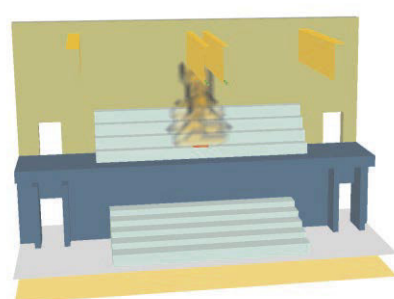


$t = 900$ s

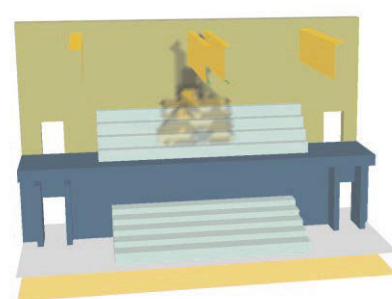


b) Požarni scenarij "zgoraj sredina mat"

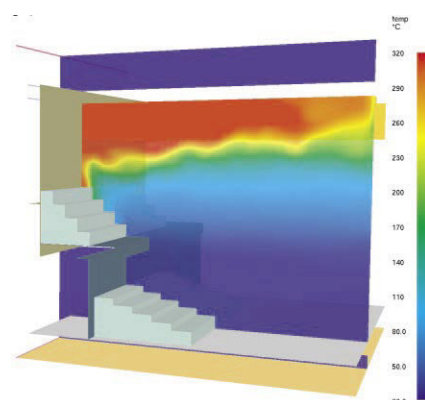
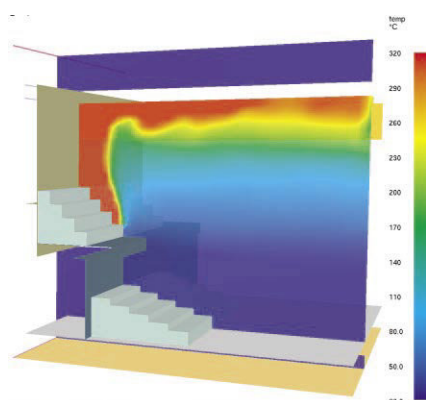
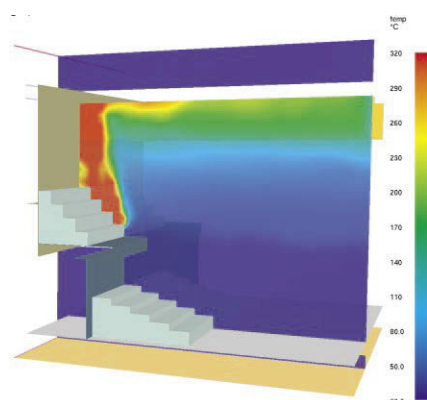
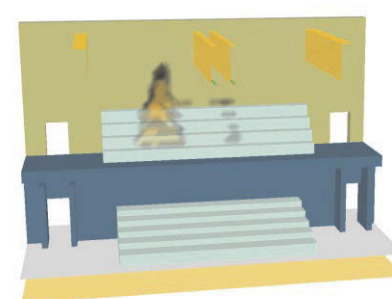
$t = 300$ s



$t = 600$ s



$t = 900$ s



Slika 10 • S programom FDS napovedan (a) razvoj požara v požarnem scenariju zgoraj sredina, (b zgoraj) razvoj požara v požarnem scenariju "zgoraj sredina mat" in (b spodaj) temperatura zraka v okolici nosilca N5 v požarnem scenariju "zgoraj sredina mat" pri časih 300 s, 600 s in 900 s

4 • SKLEP

V tem delu prispevku sta na primeru športne dvorane prikazana dva načina modeliranja požara v računalniškem programu FDS. Predstavljeni so potrebni vhodni podatki in anali-

ziranih osem požarnih scenarijev. V šestih je požar modeliran s predpisanim potekom *HRR* in upoštevana je predpostavka, da predvideni gorljivi elementi v prostoru (posamezna

tribuna) zagorijo istočasno. V dodatnih dveh požarnih scenarijih pa je dopuščena možnost postopnega širjenja požara po površini gorljivega elementa (tribuna) ob upoštevanju materialnih lastnosti, debeline in temperature vžiga materiala polipropilen. Rezultati analiz so prikazani na grafih časovnega razvoja *HRR* in maksimalne adiabatne temperature na

površini lepljenih lesenih nosilcev. Pomembna je ugotovitev, da sta zaradi neenakomernega temperaturnega polja vzdolž lepljenih lesenih nosilcev z vidika njihove požarne odpornosti kritična dva požarna scenarija, in sicer na delu nosilca nad gorljivo tribuno tisti, v katerem je požar modeliran z upoštevanjem karakteristik gorljivih elementov, po preostali površini nosilca pa tisti, kjer je požar modeliran na najenostavnejši način, tj. s predpisanim potekom *HRR*. To pomeni, da iz rezultatov ne moremo izpeljati splošne potrditve

pričakovanja, da je v vseh primerih merodajen tisti požarni scenarij, kjer je požar modeliran nekoliko podrobneje, tj. poleg predpisanega poteka *HRR* so upoštevane še karakteristike gorljivega materiala. Poleg zadostne mere ustreznega predznanja terjajo podrobnejši modeli namreč tudi določitev ustreznih karakteristik materialov, ki so za rezultat simulacije običajno odločilnega pomena. Te karakteristike je nemalokrat mogoče pridobiti le iz usmerjenih eksperimentov. V primeru, da ustrezni eksperimentalni podatki niso na voljo, lahko

postane zanesljivost rezultatov podrobnejšega modeliranja požara v FDS vprašljiva. V drugem delu prispevka, ki je v pripravi, bosta predstavljeni še druga faza, v kateri iz tukaj prikazanega napovedanega poteka maksimalne adiabatne temperature na površini lepljenega lesenega nosilca določimo spreminjanje temperature v karakterističnih prečnih prerezi vzdolž nosilca, in tretja faza požarne analize, v kateri z uporabo naprednih računskih metod po standardu SIST EN 1995-1-2 (SIST, 2005) preverimo še požarno odpornost lepljenega lesenega nosilca.

5 • ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru operacije KROP 13: Razvoj in implementacija projektantskih metod v gradbeno podjetje z lastno projektivo

in operativo – Priložnost za konkurenčno prednost na trgu, št. OP13.2.1.1.07.0018, ki jo po pogodbi št. C2130-14-090118 financirata

Republika Slovenija, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, in Evropska unija, Evropski socialni sklad.

6 • LITERATURA

Drysdale, D., An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons, str. 33, 1998.

GilP, d. o. o., Študija požarne varnosti, Večnamenska dvorana ŠPIC D, 2011.

Hietaniemi, J., Mikkola, E., Design Fires for Fire Safety Engineering, VTT Working Papers 139, str. 73, 2010.

Hopkins, D., Predicting the ignition time and burning rate of thermoplastics in the cone calorimeter, University of Maryland, NIST-GCR-95-677, str. 49, 1995.

NIST, VTT, Fire Dynamics Simulator (FDS) and Smokeview (SMV), 2014.

SIST EN 1991-1-2:2004 – Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije – 1-2. del: Splošni vplivi – Vplivi požara na konstrukcije, 2004.

SIST EN 1995-1-2:2005 – Evrokod 5 – Projektiranje lesenih konstrukcij – 1-2. del: Splošna pravila – Projektiranje požarno varnih konstrukcij, 2005.

TE, Thunderhead Engineering, PyroSim User Manual, 2014.

Tewarson, A., Generation of Heat and Gaseous, Liquid and Solid Products in Fires, The SFPE Handbook for Fire Protection Engineering, Section 3, Chapter 3-4, 2008.

Wang, Y., Burgess, I., Wald, F., Gillie, M., Performance-Based Fire Engineering of Structures, CRC Press, 369 str., 2013.

ZGO-1, Zakon o graditvi objektov, Uradni list RS, št. 110, 2002.

ZVPoz, Zakon o varstvu pred požarom, uradno prečiščeno besedilo, Uradni list RS, št. 3, 2007.

UPORABA MOBILNE APLIKACIJE @MOBILEBOX NA GRADBIŠČU

USE OF MOBILE APPLICATION @MOBILEBOX AT CONSTRUCTION SITE

Primož Rejec, dipl. inž. grad., mag. posl. ved
primoz.rejec@gradia.si
Gradia, d. o. o., Obrtna cesta 34 a, 3000 Celje

Znanstveni članek
UDK 004.087:69.055

Povzetek | Vodenje gradbiščne dokumentacije v Republiki Sloveniji je določeno s predpisi. Med načini vodenja je pogosto najhitrejši in najbolj učinkovit način računalniško vodenje z uporabo mobilnih tehnologij. Članek opisuje uporabo mobilne aplikacije @mobilebox za vodenje in spremljanje gradbiščne dokumentacije in vplive njene uporabe na kakovost vodenja gradbišča. Med uporabniki aplikacije je bila opravljena anketa, ki je pokazala njene prednosti in slabosti. Bistvene prednosti so: bolj organiziran način dela, manj možnosti, da se na dokumentacijo pozabi, dostop do vseh zakonov in pravilnikov ter lažje in učinkovitejše vodenje in spremljanje gradbiščne dokumentacije. Glavne slabosti pa so: mobilna aplikacija ne omogoča spremljanja dinamičnih podatkov na gradbišču (delovna sila, porabljen material, gradbeni dnevnik, kalkulacije ...), ne omogoča samodejne sinhronizacije in popolnega arhiviranja dokumentacije v elektronski obliki.

Ključne besede: gradbiščna dokumentacija, vodja gradbišča, mobilne aplikacije, gradbeni projekt, zakonodaja

Summary | Management of construction site documentation in the Republic of Slovenia is defined by law. One of several ways of managing construction site documentation, usually the quickest and most effective way, is computer-based approach using mobile technologies. The paper describes the use of the mobile application @mobilebox, which helps the construction project managers to manage construction site documentation more effectively, and the influence of its use on the quality of construction site management. We carried out a study which shows its advantages and disadvantages. Essential advantages are: better organisation of work, lower possibility of forgetting about the documentation, access to all regulations, as well as simpler and more effective monitoring of the construction site documentation. The main disadvantages of using the mobile application are: inability of surveying the dynamical site data, inability to print the documents into a physical form and inability of archiving the data.

Keywords: construction site documentation, construction project manager, mobile applications, construction project, legislation

1 • UVOD

Vodenje in spremljanje gradbiščne dokumentacije je stalna in obvezna naloga vsakega vodje gradbišča. Na območju Republike Slovenije velja več zakonov in pravilnikov, ki predpisujejo obseg in način vodenja in spremljanja gradbiščne dokumentacije ((RS, 2001), (RS, 2008a), (RS, 2008b), (RS, 2008c), (RS,

2013a), (RS, 2004), (RS, 2014), (RS, 2009), (RS, 2011), (RS, 2013b), (SFRJ, 1977)).

V gradbenem podjetju Gradia, d. o. o., smo lani izvedli več kot 60 gradbenih projektov, pri čemer so vodje gradbišč na tedenskih koordinacijskih sestankih poleg običajnih operativnih problemov navajali kot resno težavo

tudi spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi. Zadnji inšpekcijski ogled na enem izmed večjih gradbišč v Celju je pokazal, da je spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije nepopolno. Ob številnih pogovorih z vodji gradbišč tudi v drugih gradbenih podjetjih se kaže, da je spremljanje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih pomanjkljivo ali nezadostno, kar navadno vodi v visoke denarne kazni in povzroča nepotrebno slabo

voljo tako pri vodstvu podjetja kot pri vodji gradbišča. Za spremljanje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih obstaja več priročnikov, ki pomagajo vodji gradbišča hitreje in učinkoviteje spremljati dokumentacijo, s ciljem zadostiti zakonodajnim pogojem in poskrbeti za varno in nemoteno delo na gradbišču. Spremljanje gradbiščne dokumentacije pripomore k bolj organiziranemu delu na gradbišču, saj lažje izpolnimo zahteve gradbenega projekta. Vsak vodja gradbišča ima svoj način spremljanja gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi. Navadno se uporabljajo kontrolni listi, ki pomagajo skrbeti, da se na morebitno dokumentacijo ne more pozabiti, in hkrati skrbijo, da je zahtevana dokumentacija vedno pravočasno na gradbišču. Glede na intenziven razvoj računalništva in mobilnih tehnologij so se v zadnjem času začeli uporabljati tudi najrazličnejši računalniški programi, ki pomagajo vodji gradbišča uspešneje in učinkoviteje spremljati gradbiščno dokumentacijo. Najbolj razširjeni programi so Microsoft Project, Microsoft Excel in Autodesk Autocad. Poteka tudi intenziven razvoj mobilnih tehnologij in rešitev. Mobilni telefoni so se razvili v visokozmogljive računalnike, ki so zmožni izdelovati in prikazovati različne dokumente. Razvijalci mobilnih aplikacij so upo-

rabnikom ponudili uporabo najrazličnejših mobilnih aplikacij, ki pomagajo do lažjega in učinkovitejšega dela na različnih področjih gradbeništva. Enako velja tudi za spremljanje dokumentacije pri gradbenih projektih. Podjetja, kot je Autodesk, so izdelala nadgradnje svojih programov in uporabnikom mobilnih telefonov ponudila mobilne aplikacije, na primer AutoCAD 360, ki omogoča pregled gradbenih dokumentov in označevanje sprememb na njih.

Podroben pregled literature nam pokaže, da je akademskih raziskav, ki bi obravnavale mobilno spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih sicer veliko, vendar nam ni uspelo zaznati raziskave, ki bi obravnavala spremljanje gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji.

V ta namen smo se odločili, da bomo zasnovali in izdelali mobilno aplikacijo, s katero bodo vodje gradbišč lažje spremljali in obvladovali gradbiščno dokumentacijo, ki se zahteva s predpisi in ki bi omogočala pregled vseh predpisov na enem mestu. Ker nas je zanimalo, ali uporaba mobilnih aplikacij vodi v hitrejšo in bolj učinkovito spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi, kakšni so pozitivni in negativni učinki ob njeni uporabi, kakšno je mnenje

vodij gradbišč in ali obstajajo še kakšne druge posledice ob uporabi mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji, smo opravili anketo. Njeni rezultati so predstavljeni v nadaljevanju.

V drugem poglavju je prikazan pregled predpisov in pripadajoče dokumentacije, ki jo morajo spremljati in obvladovati vodje gradbišč. V tretjem poglavju so prikazani načini spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije na gradbiščih v Republiki Sloveniji.

V četrtem poglavju sta prikazana mobilno spremljanje gradbiščne dokumentacije in delovanje dveh mobilnih aplikacij.

V petem poglavju so prikazane zasnova, izdelava, testiranje in uporaba mobilne aplikacije @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji. Opisana je izvedena anketa o uporabi aplikacije s prikazom rezultatov statističnih analiz ter navedbo bistvenih prednosti in slabosti, ki se pokažejo ob njeni uporabi.

V šestem poglavju so prikazani ključne ugotovitve, primerjava rezultatov raziskave z rezultati avtorjev, ki se ukvarjajo s problematiko mobilnega spremljanja in obvladovanja gradbiščne dokumentacije, ter priporočila gradbenim podjetjem in vodjem gradbišč.

2 • PREGLED ZAKONDAJE IN PRIPADAJOČE GRADBIŠČNE DOKUMENTACIJE

Vodje gradbišč so po zakonu o graditvi objektov dolžni na gradbišču zagotoviti gradbiščno dokumentacijo, ki jo zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji ter sproti vnašati vse spremembe, ki se pojavijo na gradbišču. Gradbiščno dokumentacijo lahko razdelimo na obvezno in pomožno. Obvezno dokumentacijo določajo predpisi, ki predpisujejo tudi obseg in način vodenja gradbiščne dokumentacije. Pomožno dokumentacijo gradbena podjetja in vodje gradbišč vodijo in spremljajo z namenom dvigniti kvaliteto storitev, znižati stroške, skrajšati izvedbo del in zagotoviti večjo varnost na gradbišču.

2.1 Obvezna dokumentacija

Obvezno gradbiščno dokumentacijo so vodje gradbišč dolžni voditi in spremljati redno. V nadaljevanju prikazujemo seznam predpisov, ki določajo obvezno gradbiščno dokumen-

tacijo, ki so jo vodje gradbišč dolžni voditi, spremljati in hraniti na gradbišču:

- Zakon o graditvi objektov (RS, 2004),
- Zakon o prostorskem načrtovanju (RS, 2009),
- Pravilnik o gradbiščih (RS, 2008a),
- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (RS, 2011),
- Zakon o gradbenih proizvodih (RS, 2013a),
- Obligacijski zakonik (RS, 2001),
- Posebne gradbene uzance (SFRJ, 1977),
- Zakon o varstvu okolja (RS, 2013b),
- Uredba o ravnanju z gradbenimi odpadki (RS, 2008c),
- Pravilnik o obliki in vsebini dokazila o zanesljivosti objekta (RS, 2008b),
- Zakon o javnem naročanju (RS, 2014).

Pri večini predpisov je bilo po njihovi uveljavitvi sprejetih več sprememb.

2.2 Pomožna dokumentacija

Kot pomožno dokumentacijo razumemo vsotisto, ki skrbi za učinkovitejšo in bolj organizirano delo na gradbiščih. Gradbena podjetja so oblikovala različne notranje standarde in pravilnike, ki predvsem skrbijo za stroškovno učinkovitejšo, varnejšo in bolj organizirano delo. Gradbena podjetja na osnovi izkušenj in standardov s področja graditve izdelujejo in uporabljajo pomožno dokumentacijo predvsem zaradi kvalitete dela, nižanja stroškov, krajšanja izvedbe del ali povečanja varnosti in zdravja pri delu. V ta namen pripravljajo kontrolne obrazce, v katere vodje gradbišč vpisujejo podatke o delovni sili, količini materiala, mehanizaciji in opremi na gradbišču. Z različnimi računskimi operacijami preverjajo stroškovno učinkovitost, uspešnost gradbišča in vodijo različne evidence o kontroli kvalitete opravljenih del.

2.3 Skupine gradbiščne dokumentacije glede na namen

Omenjena obvezna in pomožna dokumentacija se na gradbišču lahko deli glede na njen namen oziroma čas, ko je potrebna:

- Začetek gradnje,
- Dnevna dokumentacija,
- Varstvo pri delu;
- Kvaliteta del,
- Dokumentacija o zakoličbi,
- Ravnanje z odpadki;
- Zaključek gradnje.

Posamezno dokumentacijo, ki spada v omenjene skupine, je mogoče najti v predpisih, navedenih v prejšnjem poglavju. Vodja gradbišča je dolžan spremljati in voditi gradbiščno dokumentacijo v obsegu, kot ga določa zahtevnost objekta. Zakon o graditvi objektov namreč predpisuje obseg sprem-

ljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije glede na zahtevnost gradnje.

3 • NAČINI VODENJA IN SPREMLJANJA GRADBIŠČNE DOKUMENTACIJE V REPUBLIKI SLOVENIJI

Vodje gradbišč lahko vodijo in spremljajo gradbiščno dokumentacijo različno. Najpogostejši način je ročno izpolnjevanje kontrolnih listov, s katerimi skrbijo, da v vsakem trenutku vedo, katero dokumentacijo potrebujejo na gradbišču, in beležijo njen obstoj. Gradbiščna dokumentacija se hrani v registerjih, najpogostejše glede na skupine, prikazane v poglavju 2.3. Takšen način dela je najpočasnejši in omogoča največ napak, saj navadno vodja gradbišča nima na voljo veliko časa za spremljanje in vodenje gradbiščne do-

kumentacije, obstaja pa tudi večja verjetnost človeške napake.

Drug način je računalniško spremljanje gradbiščne dokumentacije, kjer različni računalniški programi pomagajo vodji gradbišča voditi in spremljati gradbiščno dokumentacijo. Računalniški programi opominjajo vodjo gradbenega projekta na pravočasno dostavo gradbiščne dokumentacije in z različnimi vnaprej pripravljenimi obrazci pomagajo vsaj delno pospešiti in organizirati vodenje in spremljanje gradbiščne dokumen-

tacije. Določena gradbena podjetja so izdelala računalniške programe, prilagojene njihovim specifičnim potrebam. Takšni računalniški programi lahko precej olajšajo spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije.

Zadnji način je mobilno spremljanje gradbiščne dokumentacije. Gradbena podjetja lahko izdelajo mobilne aplikacije, ki se uporabljajo v mobilnih telefonih in jih vodje gradbišč lahko množično uporabljajo. Gre za najnovejši način dela, saj združuje računalniško podprto spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije ter mobilne tehnologije, ki omogočajo fleksibilnost, mobilnost in velike hitrosti prenašanja podatkov kjerkoli in kadarkoli. Mobilne aplikacije se uporabljajo skupaj s tehnologijami iz oblaka, kar omogoča dostop do podatkov kjerkoli in kadarkoli.

4 • MOBILNE APLIKACIJE ZA VODENJE IN SPREMLJANJE GRADBIŠČNE DOKUMENTACIJE

4.1 Pregled literature

Z intenzivnim razvojem računalništva in mobilnih tehnologij se je začelo tudi intenzivno akademsko raziskovanje na tem področju. Obstaja veliko število raziskav, ki obravnavajo spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije.

Rebolj in Menzel (Rebolj, 2004) ugotavljata, da mobilne tehnologije prinašajo nov potencial v moderno informacijsko družbo. Pri implementaciji mobilnih tehnologij v gradbeništvo je treba upoštevati specifične karakteristike gradbeništva, kot so terensko delo, projektno delo, in druge.

Magdič, Rebolj in Šumanova (Magdič, 2004) so preučevali, kako mobilno interaktivno osebno omrežje pomaga pri reševanju nepričakovanih dogodkov na gradbišču, ki so posledica kompleksnosti in dinamičnosti gradbenih projektov.

Šbül (Šbül, 2005) prikazuje naslednje prednosti, ki se pojavijo pri uporabi mobilnih tehnologij v gradbeništvo: izboljšana učinkovitost, boljša koordinacija in nadzor, boljši pregled nad izvajanjem del.

Qu (Qu, 2006) je preučeval uporabo mobilnih telefonov za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije. Ugotovil je, da so bili zaradi slabe zmogljivosti mobilnih naprav učinki precej slabi, saj sta bili ločljivost in svetlost zaslonov mobilnih telefonov nezadostni, hkrati pa je sam način vnašanja podatkov povzročal težavo zaradi nenatančnega pisala.

Tudi Almohsen (Almohsen, 2011) je preučeval vpliv uporabe mobilnih tehnologij v gradbeništvo. Na osnovi potreb uporabnikov je razvil model za spremljanje in obvladovanje logističnih procesov pri gradbenih projektih. Ugotovil je, da uporaba mobilnih tehnologij pomaga pospešiti delovne procese in povečati produktivnost.

Girsch-Bockova (Girsch-Bock, 2012) je preučila sedem sistemov za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije. Ugotovila je, da uporaba informacijskih tehnologij ni nujno zadostni dejavnik za uspeh v gradbeništvo, lahko pa močno pripomore do bolj organiziranega in hitrejšega načina dela,

kar posledično vodi v večje poslovne uspehe gradbenega podjetja.

Squire (Squire, 2012) je prav tako ugotovil, da je intenzivni razvoj računalništva povzročil tudi razvoj mobilnih tehnologij in mobilnih aplikacij. Avtor je razvil dve mobilni aplikaciji z namenom ugotoviti učinke uporabe mobilnih aplikacij za spremljanje in vodenje dokumentacije. Prvo mobilno aplikacijo je razvil z namenom spremljati in voditi evidenco delovnih ur zaposlenih ter opreme in mehanizacije. Drugo mobilno aplikacijo je razvil z namenom prenašanja informacij z gradbišč na strežnike. Ugotovil je, da uporaba mobilnih aplikacij vodi v bolj organizirano in hitrejše spremljanje dokumentacije. Hkrati avtor podaja tudi model, ki lahko služi za vodilo za razvoj in implementacijo mobilnih aplikacij za druga podjetja.

Nourbakhsh, Rosli, Irizarry, Zolfagharian, in Gheisari (Nourbakhsh, 2012) so preučevali vpliv uporabe mobilnih aplikacij na izboljšanje pretoka informacij v gradbeništvo. Izdelali so model, ki omogoča razvoj mobilnih aplikacij za potrebe gradbeništva, natančneje nadzora nad gradnjo.

Čížek (Čížek, 2013) je preučeval uporabo mobilnih aplikacij v procesu gradnje. Avtor je za področje zasnove, projektiranja in gradnje navedel pregled mobilnih aplikacij, ki se

uporabljajo v mobilnih napravah iPhone in iPad. Ugotovil je, da je mobilnih aplikacij, ki se uporabljajo v procesu graditve, veliko, od uporabnika pa je odvisno, za kakšen namen jih bo uporabljal.

Lovše (Lovše, 2013) je v svoji raziskavi preučeval dostop do projektne dokumentacije v prenosnih napravah z operacijskim sistemom Android. Med seboj je primerjal tri mobilne aplikacije z vidika količine prostora za datoteke, števila projektov, upravljanja datotek, oddajanja komentarjev, pregleda slik in spremljanja aktivnosti.

Podrobnejši pregled literature pokaže, da je število raziskav, ki bi obravnavale mobilno spremljanje gradbiščne dokumentacije, ki ga zahtevajo predpisi v posameznih državah, majhno. Raziskav, ki bi obravnavale mobilno spremljanje gradbiščne dokumentacije, ki ga zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji, nam ni uspelo najti, kar je bil tudi eden izmed glavnih vzrokov za izvedbo naše raziskave.

4.2 Mobilne aplikacije

Mobilne aplikacije so računalniški programi, ki so majhni po velikosti in so namenjeni za uporabo v mobilnih telefonih ali tabličnih računalnikih (Techopedia, 2014). Lahko so vnaprej naloženi v mobilnih telefonih ali pa si jih uporabniki naložijo brezplačno oz. za plačilo preko ustreznih internetnih trgovin. Za uporabnike mobilnih telefonov, v katerih je

nameščen operacijski sistem iOS, je na voljo internetna trgovina Apple Store.¹ Za uporabnike mobilnih telefonov, v katerih je nameščen operacijski sistem Android, je na voljo internetna trgovina Google Play.² Za uporabnike mobilnih telefonov, v katerih je nameščen operacijski sistem Windows, pa je na voljo internetna trgovina Windows Store.³ Internetne trgovine ponujajo uporabnikom mobilne aplikacije za najrazličnejša področja, uporabniki pa si jih lahko v mobilne telefone naložijo glede na svoje potrebe.

Mobilne aplikacije se v gradbeništvu lahko uporabljajo na različnih področjih graditve objektov:

- Projektiranje,
- Gradnja,
- Vzdrževanje.

Dalje se lahko mobilne aplikacije v gradbeništvu po namenu uporabe delijo na:

- Aplikacije za kalkulacije,
- Aplikacije za zajem podatkov (slikovnih, zvočnih, tekstovnih ...),
- Aplikacije za demonstracijo in učenje,
- Aplikacije za spremljanje in nadziranje poteka delovnih procesov,
- Aplikacije za gradbeniške slovarje ...

Mobilno aplikacijo @mobilebox lahko uvrstimo v področje gradnja ter za namen spremljanja in nadziranja poteka delovnih procesov.

4.3 Primeri uporabe mobilnih aplikacij za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije

Pregled ponudbe internetnih trgovin za spremljanje in vodenje dokumentacije na gradbiščih nam pokaže, da je ponudba precej majhna. Prikazujemo primer dveh mobilnih aplikacij, ki sta namenjeni za vodenje gradbišča in pripadajoče gradbiščne dokumentacije.

Prva mobilna aplikacija se imenuje iConfirm: Change Order App.⁴ Uporabniku omogoča fotografiranje in hranjenje fotodokumentacije z gradbišča, naročanje materiala, spremljanje terminskih planov, vodenje dopisov in spremljanja dogodkov na gradbišču. Mobilna aplikacija ne omogoča spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji, ampak je namenjena za vodenje sprememb, ki nastanejo na gradbišču.

Druga mobilna aplikacija se imenuje Tradies⁵ in je prav tako namenjena pomoči pri vodenju gradbišča. Omogoča naročanje gradbenega materiala, izdelavo ponudb in predračunov, gradbene kalkulacije, spremljanje in vodenje sestankov ter beleženje vremenskih podatkov. Tudi v tem primeru mobilna aplikacija ne omogoča spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji.

5 • UPORABA MOBILNE APLIKACIJE @MOBILE BOX NA GRADBIŠČU

5.1 Namen izdelave mobilne aplikacije za vodenje in spremljanje gradbiščne dokumentacije

Po pregledu ponudbe internetnih trgovin smo ugotovili, da ni mogoče najti mobilne aplikacije, ki bi omogočala spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi v Republiki Sloveniji. V ta namen smo zasnovali in izdelali mobilno aplikacijo, ki smo jo poimenovali @mobilebox.⁶ Mobilna aplikacija je namenjena za uporabo v mobilnih telefonih, ki uporabljajo operacijski sistem Android in je brezplačna. S ciljem ugotoviti učinke mobilnega

spremljanja gradbiščne dokumentacije smo od februarja 2014 do avgusta 2014 uporabljali mobilno aplikacijo za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije @mobilebox v gradbenem podjetju Gradija, Obrtna cesta 34a, 3000 Celje, pri gradnji stavb.

5.2 Razvoj mobilne aplikacije @mobilebox

Pred začetkom zasnove in izdelave mobilne aplikacije @mobilebox smo uporabili koncept, kot ga navaja Drew (Drew, 2013), ki smo ga nekoliko prilagodili. In sicer je razvoj mobilne aplikacije potekal v naslednjih korakih:

1. Ugotovitev in izpolnitev potreb uporabnikov;
2. Definiranje uporabniškega vmesnika mobilne aplikacije;
3. Definiranje časovnega okvira izdelave in stroškov;
4. Izбира mobilne naprave;
5. Programiranje mobilne aplikacije;
6. Testiranje pred pošiljanjem mobilne aplikacije v internetno trgovino;
7. Določitev trgovine za trženje mobilne aplikacije;
8. Pošiljanje mobilne aplikacije v internetno trgovino.

¹ <https://www.apple.com/>

² <https://play.google.com/store>

³ <http://windows.microsoft.com/en-us/windows-8/apps-windows-store-tutorial>

⁴ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dashboard.creative.iconfirm>

⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=au.com.dcb.tradies>

⁶ <https://play.google.com/store/apps/details?id=io.appery.project128073>

V prvem koraku smo tako morali ugotoviti, kdo so naši ciljni uporabniki. Glede na to, da so vodje gradbišč osebe, ki so zadolžene za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, smo se odločili, da razvijemo in predamo v brezplačno uporabo mobilno aplikacijo, ki bo namenjena njim. Glede na poglobljene intervjue, ki smo jih opravili z omenjenimi osebami, smo ugotovili, da je najpogostejši vzrok za neustrezno in pomanjkljivo vodenje gradbiščne dokumentacije pomanjkanje časa. Drug razlog je bil v tem, da je ročno vodenje dokumentacije predstavljalo odgovornim osebam dodatni napor. Ta dva razloga sta nam služila za vodilo pri zasnovi in izdelavi mobilne aplikacije.

V nadaljevanju smo morali določiti videz in način uporabe mobilne aplikacije. Glede na omenjena razloga smo se odločili za minimalističen videz ter čim manjše število gumbov in menijev. Drugo vodilo pri zasnovi in izdelavi mobilne aplikacije so nam predstavljala področja iz poglavja 2.3 Področja dokumentacije na gradbišču. Vsako področje

smo dodatno razdelili glede na zahtevano dokumentacijo, ki jo določajo predpisi področja graditve v Republiki Sloveniji. V mobilno aplikacijo smo dodali še gumba za pomoč in informacije ter povezave do predpisov s področja graditve objektov.

Pred programiranjem in izdelavo mobilne aplikacije smo določili še časovni okvir izdelave in predvidena finančna sredstva. Odločili smo se za naslednja časovna obdobja: en mesec za zasnovo mobilne aplikacije, dva meseca za programiranje in testiranje mobilne aplikacije in en mesec za izvedbo pilotnega projekta. Skupaj smo tako načrtovali štiri mesece za celotno zasnovo in izdelavo mobilne aplikacije. Pri načrtovanju proračuna smo predvideli približno 2500 evrov za celotno zasnovo in izdelavo mobilne aplikacije.

Pred začetkom programiranja in izdelave mobilne aplikacije smo morali določiti tudi tip mobilnih naprav, v katerih bo možno uporabljati mobilno aplikacijo. Odločili smo se, da bomo razvili mobilno aplikacijo, namenjeno za uporabo v mobilnih telefonih in tabličnih

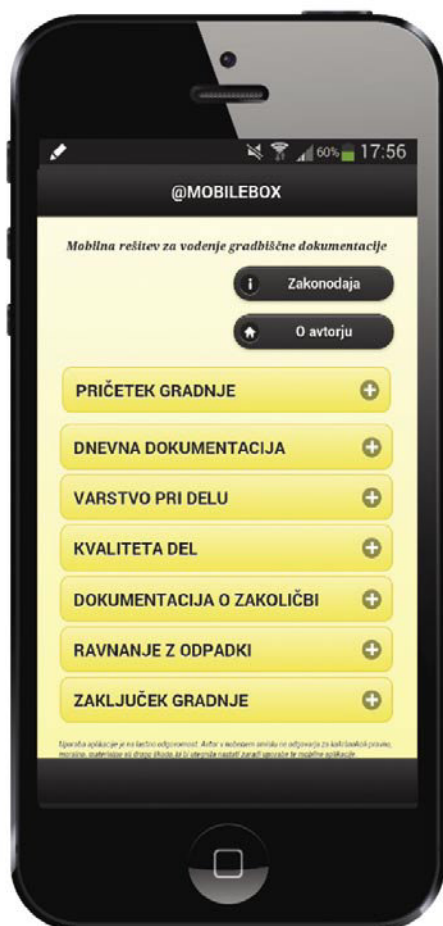
računalnikih, ki uporabljajo operacijski sistem Android.

Naslednji korak je predstavljajo programiranje in testiranje mobilne aplikacije. Ta korak je zahteval največ časa. Preden smo lahko mobilno aplikacijo ponudili v uporabo, smo jo morali temeljito testirati v različnih mobilnih napravah. Videz in delovanje sta lahko na različnih napravah namreč različna.

Pred pošiljanjem mobilne aplikacije v internetno trgovino smo izvedli še zadnje postopke, ki jih zahteva internetna trgovina (priprava promocijskega gradiva, navodil, informacij ...). Ugotovili smo, da je internetna trgovina Google Play uporabniku najbolj prijazna, saj je postopek pošiljanja mobilne aplikacije glede na druge internetne trgovine najenostavnejši in zahteva najmanj truda od razvijalca mobilne aplikacije.

5.3 Zahteve za mobilno aplikacijo @mobilebox

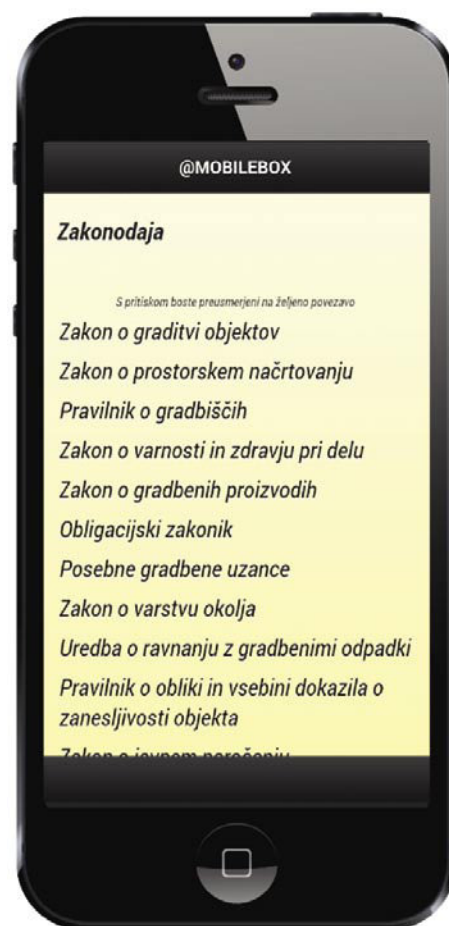
Mobilna aplikacija @mobilebox se lahko uporablja v vseh mobilnih napravah (mobilnih tele-



Slika 1 • Začetni zaslon mobilne aplikacije @mobilebox



Slika 2 • Prikaz zahtevane dokumentacije za skupino »Začetek gradnje«



Slika 3 • Prikaz zakonodaje in pravilnikov s področja graditve objektov v Republiki Sloveniji

fonih ali tabličnih računalnikih), ki uporabljajo operacijski sistem Android 2.2. ali novejšega. Zaradi intenzivnega razvoja računalništva in mobilnih tehnologij so današnje mobilne naprave postale izredno zmogljive tako z vidika ločljivosti zaslona kot z vidika zmogljivosti procesorja, zato ni pričakovati težav pri namestitvi in uporabi mobilne aplikacije @mobilebox.

5.4 Uporaba mobilne aplikacije @mobilebox

Mobilna aplikacija @mobilebox je izdelana z namenom, osebam, ki so odgovorne za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, olajšati in pospešiti vodenje gradbiščne dokumentacije. Uporaba je enostavna, saj od uporabnika zahteva minimalen trud, uporabniški vmesnik pa je prilagojen za čim hitrejšo vnašanje sprememb.

Po zagonu mobilne aplikacije @mobilebox se uporabniku prikaže začetni zaslon (slika 1). Na njem so prikazane skupine glede na namen med gradnjo. Uporabnik lahko s pritiskom na posamezno skupino odpre seznam vse predpisane gradbiščne dokumentacije. Na sliki 2 je prikazana zahtevana dokumentacija za »Začetek gradnje«. Ko uporabnik poskrbi, da je posamezna zahtevana dokumentacija na gradbišču v registratorjih, pritisne na posamezno dokumentacijo in s tem označi, da je dokumentacija na gradbišču. Uporabnik lahko kadarkoli s pritiskom na gumb »Zakonodaja« poišče ustrezno razlago zakona ali pravilnika, kar je prikazano na sliki 3, in si na ta način zagotovi enostaven pregled in spremljanje predpisov, veljavnih v Republiki Sloveniji. Ko uporabnik zaključi spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, enostavno zapre mobilno aplikacijo, vsi podatki pa ostanejo shranjeni.

Mobilna aplikacija @mobilebox je bila razvita za osebe, ki so odgovorne za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije. Glede na to, da se od teh oseb pričakuje, da imajo potrebno znanje in kompetence za vodenje gradbenih projektov ter ustrezne strokovne izpite za odgovorno vodenje del, posamezna dokumentacija v mobilni aplikaciji ni posebej obrazložena. Če uporabnik potrebuje dodatno razlago, mu je na voljo gumb »Zakonodaja«, kjer lahko pridobi vse potrebne informacije in morebitne dodatne zahteve, ki jih določajo predpisi o graditvi objektov.

5.5 Preizkus uporabe mobilne aplikacije @mobilebox

Z namenom ugotoviti, katere so bistvene prednosti in slabosti pri uporabi mobilnih aplikacij za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, smo opravili preizkus uporabe. Štirim vodjem gradbišč smo v gradbenem podjetju Gradia, d. o. o., predali v brezplačno uporabo mobilno aplikacijo @mobilebox, ki so jo uporabljali v obdobju od februarja 2014 do avgusta 2014 pri skupaj osmih gradbenih projektih stavb.

Vzorec

Vzorec so predstavljali vodje gradbišč s strokovno izobrazbo s področja gradbeništva z več kot 5-letnimi izkušnjami iz vodenja zahtevnih gradbišč in opravljenim strokovnim izpitom po Zakonu o graditvi objektov.

Podatki

Glede na to, da nas je zanimalo, koliko časa vodje gradbišč v povprečju porabijo za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, ki jo zahtevajo predpisi, in kako težavno se jim

zdi to početje, smo zbiranje podatkov razdelili v dve 6-mesečni obdobji.

V prvem obdobju smo vodje gradbišč mesečno prosili za odgovore na naslednji dve vprašanji:

- Q1 (Koliko ur v povprečju porabite na teden za spremljanje gradbiščne dokumentacije?)
- Q2 (Na lestvici od 1 do 5 ocenite težavnost spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije.)

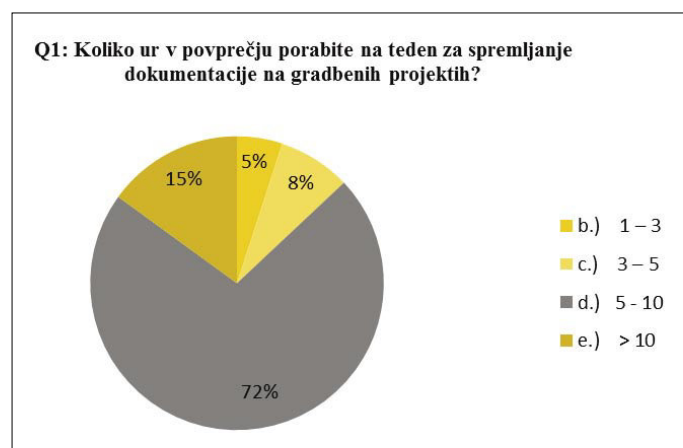
Ob koncu prvega obdobja smo z vsakim izmed štirih vodij gradbišč opravili poglobljene intervjuje, s ciljem ugotoviti, kaj jim pri klasičnem načinu spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije povzroča največjo težavo.

V drugem obdobju smo vodjem gradbišč predali v brezplačno uporabo mobilno aplikacijo @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije. Podobno kot v prvem obdobju smo tudi v drugem obdobju vodje gradbišč vsak mesec prosili za odgovore na vprašanji Q1 in Q2. Tudi v drugem obdobju smo z vodji gradbišč opravili poglobljene intervjuje s ciljem ugotoviti, kakšne prednosti in slabosti zaznavajo pri klasičnem in mobilnem spremljanju gradbiščne dokumentacije.

V nadaljevanju prikazujemo vprašanji Q1 in Q2, ki sta služili kot instrument za zbiranje primarnih podatkov.

Q1: Koliko ur v povprečju porabite na teden za spremljanje gradbiščne dokumentacije?

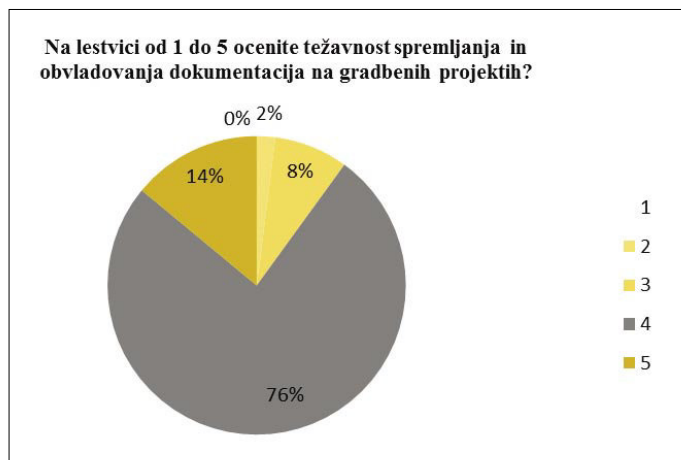
- 1
- 1–3
- 3–5
- 5–10
- >10



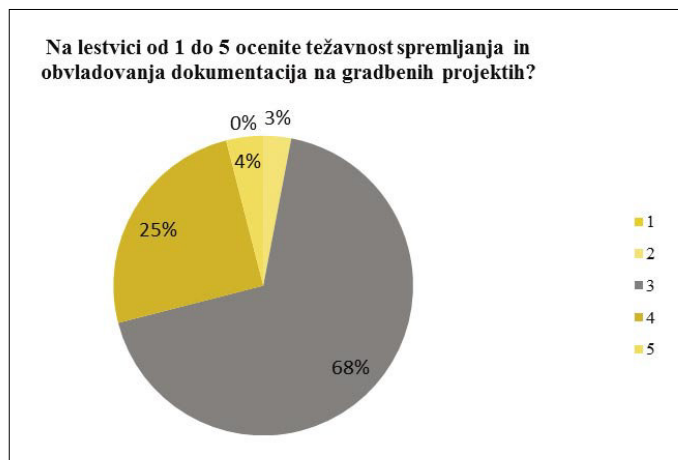
Slika 4 • Delež odgovorov na vprašanje Q1 pred začetkom uporabe mobilne aplikacije @mobilebox



Slika 5 • Delež odgovorov na vprašanje Q1 po koncu uporabe mobilne aplikacije @mobilebox



Slika 6 • Delež odgovorov na vprašanje Q2 pred začetkom uporabe mobilne aplikacije @mobilebox



Slika 7 • Delež odgovorov na vprašanje Q2 po koncu uporabe mobilne aplikacije @mobilebox

Q2: Na lestvici od 1 do 5 ocenite težavnost spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije?

- a.) 1
- b.) 2
- c.) 3
- d.) 4
- e.) 5

Rezultati

V prvem delu prikazujemo rezultate odgovorov na vprašanje Q1 glede števila ur, ki jih vodje gradbišč porabijo za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije.

Slika 4 prikazuje delež odgovorov na vprašanje Q1 pred začetkom mobilnega spremljanja gradbiščne dokumentacije, iz katere je razvidno, da so vodje gradbišč na vprašanje Q1 največkrat odgovarjali, da porabijo v povprečju 5–10 ur na teden za spremljanje gradbiščne dokumentacije (72 %). Sledijo deleži >10 ur

na teden (15 %), 3–5 ur na teden (8 %) in 1–3 ure (5 %).

Slika 5 prikazuje delež odgovorov na vprašanje Q1 po koncu uporabe mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije. S slike 5 je razvidno, da so vodje gradbišč po koncu obdobja mobilnega spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije največkrat odgovarjali, da porabijo 3–5 ur na teden za spremljanje gradbiščne dokumentacije (65 %). Sledijo deleži 5–10 ur na teden (25 %), >10 ur na teden 6 %, 1–3 ure na teden (4 %).

V nadaljevanju prikazujemo rezultate odgovorov na vprašanje Q2 glede stopnje težavnosti spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije pri gradbenih projektih. Slika 6 prikazuje delež odgovorov na vprašanje Q2 pred začetkom uporabe mobilne aplikacije @mobilebox. S slike je razvidno, da največji delež odgovorov predstavlja stopnja 4 (76 %).

Sledijo deleži odgovorov za stopnjo 5 (14 %), stopnjo 3 (8 %) in stopnjo 2 (2 %).

Slika 7 prikazuje delež odgovorov na vprašanje Q2 po koncu uporabe mobilne aplikacije @mobilebox. S slike je razvidno, da največji delež odgovorov na vprašanje Q2 predstavlja stopnja 3 (68 %). Sledijo deleži odgovorov za stopnjo 4 (25 %), stopnjo 5 (4 %) in stopnjo 2 (3 %).

Ugotoviti želimo, ali obstaja statistično značilna razlika med povprečnima vrednostma deležev odgovorov na vprašanji Q1 in Q2 pred uporabo mobilne aplikacije @mobilebox za pregled in spremljanje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih v Republiki Sloveniji in po uporabi mobilne aplikacije @mobilebox za pregled in spremljanje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih v Republiki Sloveniji.

Zaradi majhnega statističnega vzorca (4 vodje gradbišč) smo se odločili za uporabo t-testa.

	Obdobje	N	Povprečje	Standardni odklon	Standardna napaka
Št. ur	Pred Mobilebox	24	3,8750	0,74089	0,15123
	Po Mobilebox	24	3,1667	0,56466	,11526

		Levennov test enakosti varianc		t-test						
		F	Sig.	t	df	Sig. (dvostransko)	Povprečna razlika	Standardna napaka razlike	95 % interval zaupanja	
									Spodnji	Zgornji
Št. ur	Domneva enakosti variance	0,089	0,767	3,725	46	0,001	0,70833	0,19015	0,32558	1,09108
	Enakost variance ni predpostavljena			3,725	42,979	0,001	0,70833	0,19015	0,32486	1,09181

Preglednica 1 • Rezultati t-testa za vprašanje Q1

Postavili smo naslednjo hipotezo:

H0:

Uporaba mobilne aplikacije @mobilebox ne zmanjša časa, potrebnega za pregled in spremljanje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih v Republiki Sloveniji.

H1:

Uporaba mobilne aplikacije @mobilebox zmanjša čas, potreben za pregled in spremljanje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih v Republiki Sloveniji.

Rezultati so prikazani v preglednicah 1 in 2.

Iz preglednice 1 je razvidno, da znaša povprečni delež odgovorov na vprašanje Q1 $M = 3,88$ pred uporabo mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije ($SD = 0,74$) in $M = 3,17$ po uporabi mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije ($SD = 0,56$). Rezultati Levenovega testa so: $F(46) = 0,089$, $p = 0,767$. Uporaba t-testa pokaže, da obstaja statistično značilna razlika med povprečnima vrednostma deležev odgovorov na vprašanje Q1 za obdobje pred uporabo in obdobje po uporabi mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije $t(46) = 3,725$, $p = 0,001$.

Iz preglednice 2 je razvidno, da znaša povprečni delež odgovorov na vprašanje Q2 $M = 3,96$ pred uporabo mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije ($SD = 0,62$) in $M = 3,29$ po uporabi mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije ($SD = 0,62$). Rezultati Levenovega testa so: $F(46) = 1,725$, $p = 0,192$. Uporaba t-testa pokaže, da obstaja statistično značilna razlika med povprečnima vrednostma deležev odgovorov na vprašanje Q2 za obdobje pred uporabo in obdobje po uporabi mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije.

Iz preglednice 2 je razvidno, da znaša povprečni delež odgovorov na vprašanje Q2 $M = 3,96$ pred uporabo mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije ($SD = 0,62$) in $M = 3,29$ po uporabi mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije ($SD = 0,62$). Rezultati Levenovega testa so: $F(46) = 1,725$, $p = 0,192$. Uporaba t-testa pokaže, da obstaja statistično značilna razlika med povprečnima vrednostma deležev odgovorov na vprašanje Q2 za obdobje pred uporabo in obdobje po uporabi mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije.

5.7 Pozitivni učinki uporabe mobilne aplikacije @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije v Republiki Sloveniji

Vodje gradbišč so na koncu šestmesečnega obdobja pred uporabo mobilne aplikacije @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije kot največjo težavo pri spremljanju in vodenju gradbiščne dokumentacije navajali dolgotrajno in zamudno ročno delo ter nesistematičen način dela.

Na koncu šestmesečnega obdobja, v katerem so vodje gradbišč uporabljali mobilno aplikacijo @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije na gradbiščih, so ti navedli več pozitivnih učinkov, ki jih prikazujemo v nadaljevanju:

1. Bolj organiziran način spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije;
2. Manj možnosti, da bi pozabili, katero dokumentacijo so dolžni hraniti na gradbišču;
3. Možnost, da so vsi zakoni in pravilniki na enem mestu, jim daje hiter dostop do vseh potrebnih informacij;
4. Hitrejši način spremljanja zakonov in pravilnikov na gradbiščih v Republiki Sloveniji;
5. Zmanjšanje količine papirja na gradbišču;
6. Vse potrebne informacije na enem mestu.

Ugotovili smo, da je pozitivne učinke možno zaznati tudi pri ostalih osebah, ki so odgovorne za spremljanje in nadziranje gradbiščne dokumentacije v Republiki Sloveniji. Inšpektorji

in osebe, ki opravljajo strokovni nadzor, so zaradi preglednejšega in natančnejšega načina spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije porabili manj časa pri strokovnem nadzoru, hkrati pa so navajali, da takšen način dela prinaša bolj sistemizirano delo.

5.8 Negativni učinki uporabe mobilne aplikacije @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije v Republiki Sloveniji

Vodje gradbišč so zaznali tudi negativne učinke pri uporabi mobilne aplikacije @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, ki jih prikazujemo v nadaljevanju:

1. Mobilna aplikacija ne omogoča spremljanja dinamičnih podatkov na gradbišču (delovna sila, porabljen material, gradbeni dnevnik, kalkulacije ...);
2. Mobilna aplikacija ne omogoča samodejne sinhronizacije, ampak je treba posodobitve naložiti ročno;
3. Ni možnosti popolnega arhiviranja dokumentacije v elektronski obliki.

Negativni učinki, ki so jih navedli vodje gradbišč, so nam predstavljali pomembna vodilo pri prihodnji nadgradnji mobilne aplikacije za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije. Nova verzija mobilne aplikacije @mobilebox bo prinesla določene dodatne možnosti in bo upoštevala slabosti, ki so jih navedli vodje gradbišč. Nadgradnja bo omogočala samodejno posodabljanje informacij, ki jih prinašajo novi predpisi s področja graditve objektov, fotodokumentiranje gradbiščne dokumentacije, samodejno pošiljanje seznama gradbiščne dokumentacije vsem vpletenim osebam v procesu graditve ter samodejno arhiviranje podatkov in pregled nad dinamičnimi podatki na gradbiščih.

	Obdobje	N	Povprečje	Standardni odklon	Standardna napaka
Stopnje odgovorov	Pred Mobilebox	24	3,9583	0,62409	0,12739
	Po Mobilebox	24	3,2917	0,62409	0,12739

		Levenov test enakosti varianc		t-test s						
		F	Sig.	t	df	Sig. (dvostransko)	Povprečna razlika	Standardna napaka razlike	95 % interval zaupanja	
									Spodnji	Zgornji
Stopnje odgovorov	Domneva enakosti variance	1,752	0,192	3,70	46	0,001	0,66667	0,18016	0,30402	1,02931
	Enakost variance ni predpostavljena			3,70	46	0,001	0,66667	0,18016	0,30402	1,02931

Preglednica 2 • Rezultati t-testa za vprašanje Q2

6 • SKLEP

Z nadaljnjim razvojem računalništva in mobilnih tehnologij lahko pričakujemo še intenzivnejši razvoj mobilnih aplikacij, tudi na področju spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije.

Osebam, ki so odgovorne za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, smo dali na voljo mobilno aplikacijo, ki jim omogoča enostavnejši in učinkovitejši način spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije. V raziskavi smo prikazali zasnovo in izdelavo mobilne aplikacije @mobilebox za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumentacije, katere so ključne prednosti in slabosti pri takšnem načinu vodenja gradbiščne dokumentacije, na kaj moramo biti pozorni in kakšne rešitve lahko razvijemo z namenom olajšati vsakodnevno ročno delo.

Rezultati raziskave prikazujejo, da obstaja več prednosti in slabosti pri mobilnem spremljanju in vodenju gradbiščne dokumentacije. Največja prednost, ki jo uporabniki zaznavajo, je bolj sistematiziran in hitrejši način spremljanja gradbiščne dokumentacije. Slabosti, ki jih uporabniki zaznavajo, so predvsem v nezmožnosti spremljanja dinamičnih podatkov na gradbišču in nezmožnosti samodejne sinhronizacije. Izsledki raziskave so v osnovi podobni izsledkom raziskav drugih avtorjev, ki se ukvarjajo s tematiko mobilnega spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije, pomembnimi ugotovitvami in pojasnili glede mobilnega spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije.

Gradbenim podjetjem in vodjem gradbišč priporočamo uporabo mobilnih aplikacij za spremljanje in vodenje gradbiščne dokumen-

tacije na gradbiščih, saj takšen način dela vodi v bolj sistematiziran in hitrejši način dela, zmanjšuje zmedo in omogoča seznanitev z zadnjimi različicami predpisov s področja graditve objektov. Obstaja več različnih načinov, kako bi lahko takšen način dela povezali z drugimi sistemi. Predvsem bi bilo koristno vzpostaviti centralni informacijski sistem, ki bi ga nadziralo pristojno ministrstvo za okolje in prostor in do katerega bi lahko mobilna aplikacija tudi kontrolirano dostopala. Osebam, ki so zadolžene za spremljanje in vodenje dokumentacije na gradbenih projektih, bi tako omogočili hiter dostop do obrazcev, inšpektorjem in nadzornim inženirjem, ki opravljajo naloge strokovnega nadzora, pa bi omogočili bolj sistematično in urejeno delo. V raziskavi smo se omejili na stavbe, zato raziskovalcem priporočamo, da v svoje prihodnje raziskave na področju mobilnega spremljanja in vodenja gradbiščne dokumentacije vključijo tudi gradbene inženirske objekte.

7 • LITERATURA

- Almohsen, A., A computer tool for managing logistics in construction industry, doktorska disertacija, University of Calgary Canada, 2011.
- Čížek, T., Gradbeniške aplikacije za iOS. Diplomski naloga, UL FGG, 2013.
- Drew, J., How to develop and publish a mobile application, Journal of Accountancy, 2013.
- Girsch-Bock, M., Seven management systems that can help contractors & construction firms build a stronger business, CPA Practice Advisor, 2012.
- Lovše, T., Dostop do projektna dokumentacije na prenosnih napravah z operacijskim sistemom Android. Diplomski naloga, UL FGG, 2013.
- Magdič, A., Rebolj, D., Šuman, N., Effective control of unanticipated on-site events: A pragmatic, human-oriented problem solving approach, ITcon Vol. 9, Special Issue Mobile Computing in Construction, <http://www.itcon.org/2004/29>, 2004.
- Nourbakhsh, M., Rosli, M. Z., Irizarry, J., Zolfagharian, S., Gheisari, M., Mobile application prototype for on-site information management in construction industry, Engineering, Construction and Architectural Management, 2012.
- Qu, T., The usability of graphical user interfaces of mobile computing devices designed for construction foremen: Icons and pre-defined text lists compared, doktorska disertacija, University of Florida, 2006.
- Rebolj, D., Menzel, K., Mobile computing in construction (Editorial), ITcon Vol. 9, Special Issue Mobile Computing in Construction, <http://www.itcon.org/2004/19>, 2004.
- RS, Republika Slovenija, Obligacijski zakonik, Ur. l. RS, št. 83, 2001.
- RS, Republika Slovenija, Pravilnik o gradbiščih, Ur. l. RS, št. 55, 2008a.
- RS, Republika Slovenija, Pravilnik o obliki in vsebini dokazila o zanesljivosti objekta, Ur. l. RS, št. 55, 2008b.
- RS, Republika Slovenija, Uredba o ravnanju z gradbenimi odpadki, Ur. l. RS, št. 34, 2008c.
- RS, Republika Slovenija, Zakon o gradbenih proizvodih, Ur. l. RS, št. 82, 2013a.
- RS, Republika Slovenija, Zakon o graditvi objektov, Ur. l. RS, št. 102, 2004.
- RS, Republika Slovenija, Zakon o javnem naročanju, Ur. l. RS, št. 19, 2014.
- RS, Republika Slovenija, Zakon o prostorskem načrtovanju, Ur. l. RS, št. 108, 2009.
- RS, Republika Slovenija, Zakon o varnosti in zdravju pri delu, Ur. l. RS, št. 43, 2011.
- RS, Republika Slovenija, Zakon o varstvu okolja, Ur. l. RS, št. 92, 2013b.
- SFRJ, Posebne gradbene uzance, Ur. l. SFRJ, št. 18, 1977.

Squire, D., Developing a framework to analyze the effect of mobile technology within a department of transportation, doktorska disertacija, Utah State University, 2012.

Šbül, D., Vloga informacijske tehnologije pri vodenju projektov gradnje za trg na primeru podjetja SGP Pomgrad, diplomska naloga, EPF UM, 2005.

Techopedia, <http://www.techopedia.com/definition/2953/mobile-application-mobile-app>, 2014.

Mobilna aplikacija @mobilebox je na voljo v brezplačno uporabo na naslednji povezavi s QR-kodo:



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

vabi na

REDNO SKUPŠČINO,

ki bo v četrtek, 4. junija 2015, s pričetkom ob 12. uri, v prostorih Gostilne Livada, Hladnikova 15, Ljubljana.

Skupščina bo obravnavala in sprejemala:

1. Poročilo o delu ZDGITS v letu 2014
2. Poslovno poročilo ZDGITS za leto 2014 z bilanco stanja in izkazom poslovnega izida
3. Letni program in
4. Finančni načrt ZDGITS za leto 2015
5. razrešila organe ZDGITS in izvolila nove ter
6. podellla priznanja zaslužnim in častnim članom ZDGITS.

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

36. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

Že daljši čas slovensko gradbeništvo deluje v zelo ohromljenem stanju. Številna priznana izvajalska podjetja so ugasnila, v zadnjem obdobju pa so zaradi pomanjkanja investicij v vse večjih težavah tudi podjetja, ki se ukvarjajo s projektiranjem in inženiringom. Takšnim neprijaznim razmeram smo se že v preteklem letu prilagodili tudi v Slovenskem društvu gradbenih konstruktorjev (SDGK) in smo v smislu racionalizacije namesto tradicionalno dvodnevne pripravili enodnevno srečanje, ki je bilo zaradi bistveno nižjih stroškov med udeleženci dobro sprejeto. Glede na dodatno zaostrovanje razmer v panogi in pozitiven odziv na lanskem zborovanju smo se odločili, da tudi letošnje zborovanje, ki je bilo ponovno enodnevno, izvedemo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Z veliko mero razumevanja in podpore od vodstva in drugega osebja FGG – za kar se na tem mestu vsem iskreno zahvaljujemo – nam je uspelo prirediti ustrežno izpeljati v danih prostorskih razmerah. Upamo, da so bila pričakovanja vseh 92 udeležencev izpolnjena.

Udeležence zborovanja so ob odprtju nagovorili prodekan FGG prof. dr. Jože Korelc, univ. dipl. inž. grad., v imenu Fakultete

za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani kot gostiteljice, predsednik IZS mag. Črtomir Remec, univ. dipl. inž. grad., v imenu Inženirske zbornice Slovenije in predsednik SDGK Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.

Zborovanje je bilo namenjeno predvsem predstavitvi strokovnih novosti in izkušenj pri pridobivanju del, načrtovanju in izvedbi konstrukcij doma in v tujini, ob tem pa so imeli udeleženci priložnost za srečanje s kolegi in poslovnimi partnerji. Predvidena tematika zborovanja je kot običajno tudi letos obsegala celotno področje dejavnosti gradbenih konstruktorjev. Ob prispevkih s področja snovanja, graditve, rekonstrukcij, vzdrževanja, vodenja in nadzora izvedbe različnih vrst gradbenih konstrukcij je bilo na zborovanju prikazanih tudi nekaj dosežkov s področja razvojnoraziskovalne dejavnosti.

Na letošnjem zborovanju so avtorji predstavili 20 strokovnih ali znanstvenih prispevkov, razvrščenih v naslednje skupine:

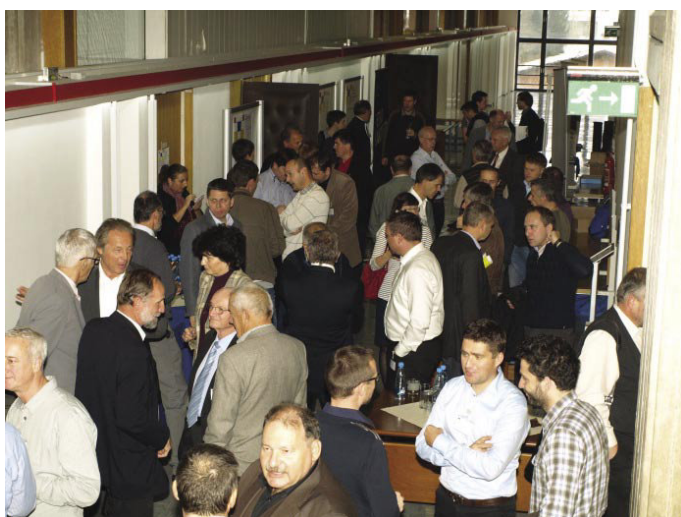
- vabljeno in predstavitevno predavanje,
- konstrukcije,
- mostovi,
- potresno inženirstvo in
- eksperimentalna in numerična analiza konstrukcij ter gradbeni materiali.

Uvodno vabljeno predavanje je imel prof. dr. Miloš Lazović, univ. dipl. inž. grad., vodja katedre za gradbeno geotehniko na Gradbeni fakulteti Univerze v Beogradu. Prof. Lazović je s soavtorjema as. mag. Marijo Radovanovićem, univ. dipl. inž. grad., in mag. Jankom Radovanovićem, univ. dipl. inž. grad., pripravil predavanje z naslovom Zaščita globokih gradbenih jam – moderne metode izvedbe in načrtovanja. V sklopu predstavitve enega od pokroviteljev, podjetja BBR Adria, d. o. o., iz Zagreba, pa sta Želimir Bodišić, univ. dipl. inž. str., in Predrag Presečki, univ. dipl. inž. grad., prikazala zanimive izvedene projekte njunega podjetja.

Na letošnjem zborovanju je bilo precej pozornosti namenjene mostovom za pešce. Ob predstavitvi treh aktualnih, pred kratkim izvedenih projektov tovrstnih objektov v sekciji mostov je v uvodnem delu zborovanja Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad., kot glavni urednik in soavtor predstavil novo knjigo Mostovi za pešce. Knjiga, ki je nastala v okviru evropskega projekta, prikazuje 200 različnih zanimivih mostov za pešce iz Evrope in Japonske, med njimi jih je 10 tudi iz Slovenije.

izr. prof. dr. Jože Lopatič,
univ. dipl. inž. grad.





NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Miha Berčič, Projekt nadomestne strešne konstrukcije in požarnega stopnišča stavbe UL FGG, mentor doc. dr. Franc Sinur, somentor doc. dr. Primož Može

Blaž Bizjak, Ocena potresne odpornosti stare upravne stavbe RŽS Idrija, mentor izr. prof. dr. Matjaž Dolšek, somentor asist. dr. Jure Snoj

Tadej Gutnik, Steklo kot konstrukcijski material, mentor prof. dr. Boštjan Brank

Rok Kovač, Uklon vzdolžne armature pri potresnem odzivu armiranobetonskih stebrov, mentorica prof. dr. Tatjana Isaković, somentor Andrej Anžlin

Marko Kravos, Grafični vmesnik za določanje požarne odpornosti enostavnih konstrukcijskih elementov skladno s standardi Evrokod, mentor doc. dr. Tomaž Hozjan, somentor izr. prof. dr. Stanislav Srpič

Andrej Mihelj, Analiza energetske prenove Osnovne šole Prade, mentor doc. dr. Mitja Košir, somentorica dr. Živa Kristl

Rok Soklič, Parametrično modeliranje in optimizacija konstrukcij s programom Rhinoceros-Grasshopper, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor prof. dr. Boštjan Brank

Luka Suzić, Projektiranje lesene brvi čez Savo Bohinjko pri Bohinjski Bistrici, mentor izr. prof. dr. Jože Lopatič

Elena Terzić, Modeliranje zadrževalnega časa vode v Tržaškem zalivu, mentor izr. prof. dr. Dušan Žagar, somentor dr. Matjaž Ličer

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

Kaja Zgonc, Raziskava upoštevanja načel HACCP pri vodooskrbnih sistemih v Sloveniji, mentor doc. dr. Darko Drev

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

Davor Korkoski, Vpliv sestave zunanje stene na izpolnjevanje gradbeno fizikalnih zahtev, mentor doc. dr. Roman Kunič

Damir Nadarevič, Primer izdelave modela 5D BIM, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek

Urška Tršinar, Problematika uvajanja enotne vozovnice v javnem potniškem prometu, mentor doc. dr. Tomaž Maher

I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Luka Ceglar, Izdelava 3D tiskalnika in preizkus mehanskih lastnosti tiskanih modelov, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek

Anej Špacapan, Dimenzioniranje sestavljenih lesenih nosilcev, mentor izr. prof. dr. Jože Lopatič, somentor doc. dr. Drago Saje

II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM OKOLJSKO GRADBENIŠTVO

Nejc Mohorič, Analiza vzdolžnih padcev hudourniških strug, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor asist. dr. Dejan Grigillo

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Boštjan Lorbek, Tehnični vidik zagotavljanja kakovosti pri proizvodnji in gradnji lesenih montažnih objektov, mentorica doc. dr. Nataša Šuman

Nenad Stropnik, Sanacija zemeljskega plazu Solčava, mentor doc. dr. Borut Macuh, somentor dr. Andrej Blažič, univ. dipl. inž. rud. in geoteh.

Marija Štramec, Izdelava dekorativnega umetnega kamna in njegova uporaba na objektu, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentor doc. dr. Andrej Ivanič

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Mateja Žerjav, Čiščenje odpadnih voda v malih komunalnih čistilnih napravah zmogljivosti do 50 PE, mentorica red. prof. dr. Renata Jecl, somentorica doc. dr. Janja Kramer Stajnko

I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Miloš Đaković, Organizacija gradbišča in terminsko planiranje gradnje Urgentnega centra Celje, mentor izr. prof. dr. Uroš Klanšek, somentor asist. Zoran Pučko

Ana Kontič, Sanacija poškodb zaradi posedanja objekta, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentor doc. dr. Borut Macuh

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

INTERDISCIPLINARNI UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

Marko Fesl, Odvajanje padavinske vode v podzemne ponikovalne sisteme, primerjava sistemov in ponudnikov ter stroškovna analiza teh sistemov po različnih krajih v Sloveniji, mentorja red. prof. dr. Renata Jecl – FG in red. prof. dr. Duško Uršič – EPF

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

KOLEDAR PRIREDITEV

10.-13.5.2015

ICSDEC 2015 – International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction
Chicago, ZDA
www.icsdec.com/index.html

13.-15.5.2015

IABSE Conference Nara 2015
Nara, Japonska
www.iabse.org/Nara2015

14.-16.5.2015

2. regionalni simpozij o zemeljskih plazovih v Jadransko-Balkanskem območju
Beograd, Srbija
<http://resylab2015.rgf.rs>

17.-21.5.2015

ICONE23 – 23rd International Conference on Nuclear Engineering
Makuhari, Čiba, Japonska
www.icone23.org/about.html

20.-23.5.2015

ICOCEE – Cappadocia – International Conference on Civil and Environmental Engineering
Nevsehir, Turčija
www.icocee.org

21.5.2015

2. konferenca trajnostne gradnje, GBC Slovenia
Brdo pri Kranju, Slovenija
<http://konferencatrajnostnegradnje.si/>

22.-28.5.2015

WTC 2015 – Svetovni kongres o tunelih in podzemni gradnji
Dubrovnik, Hrvaška
http://wtc15.com/marketing_tools

25.-29.5.2015

XVth IWRA World Water Congress
Edinburg, Škotska
www.worldwatercongress.com

27.5.2015

22. slovenski kolokvij o betonih: Uporaba mineralnih dodatkov v cementu in/ali betonu
Ljubljana, Slovenija
www.irma.si

3.-7.6.2015

5th International Congress on Construction History
Chicago, ZDA
www.5icch.org

22.6.-2.7.2015

XXVIth IUGG General Assembly
Praga, Češka
www.iugg.org/programmes/grants2015.php

28.6.-3.7.2015

36th IAHR World Congress
Hague, Nizozemska
www.iahr2015.info/

9.-11.7.2015

International Scientific Conference Road Research and Administration, "CAR 2015"
Bukarešta, Romunija
http://car.utcb.ro/page_id=17&lang=en

15.-17.9.2015

NDT-CE- International Symposium on Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE) 2015
Berlin, Nemčija
www.ndt-ce2015.net/home

1.-3.10.2015

16th International Symposium of Macedonian Association of Structural Engineers (MASE 2015)
Ohrid, Makedonija
<http://mase.gf.ukim.edu.mk/index.php?lang=en.net/home>

15.-16.10.2015

21. simpozij Vodni dnevi 2015
Podčetrtek, Slovenija
www.sdzv-drustvo.si/si/novice-2/25-aktualno/125-vodni-dnevi-2015

2.-4.11.2015

6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering
Christchurch, Nova Zelandija
www.6icege.com

26.-27.11.2015

15. kolokvij o asfaltih in bitumnih, ZAS
Bled, Slovenija
www.zdruzenje-zas.si/

7.-9.12.2015

Building Simulation Conference 2015
Hyderabad, Indija
www.bs2015.in/

27.-29.7.2016

3rd International Conference on Structures and Architecture
Guimaraes, Portugalska
www.icsa2016.arquitectura.uminho.pt/

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