





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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, februar 2013, letnik 62, str. 29-52

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 knjigo RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

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

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristijan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3400 izvodov

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojene 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je 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 presledkom 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. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavja 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, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja 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 in opisana z naslednjimi podatki: priimek, začetnica imena prvega avtorja, 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

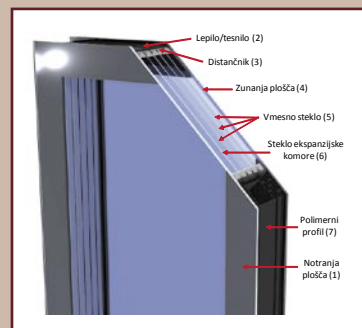
Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran **30**

mag. Aleš Kralj, univ. dipl. inž. stroj.
dr. Matjaž Žnidaršič, univ. dipl. inž. stroj.
dr. Mojca Japelj Fir, prof. kem.
Peter Lampič, univ. dipl. prav.

PET- IN VEČKOMORNI PROZORNI IZOLACIJSKI PANEL QBISS AIR FIVE AND MORE-CHAMBER, TRANSPARENT, INSULATED PANEL QBISS AIR



stran **37**

Sebastjan Meža, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Matevž Dolenc, univ. dipl. inž. grad.

RAZŠIRJENA RESNIČNOST V GRAJENEM OKOLJU AUGMENTED REALITY IN ARCHITECTURE, ENGINEERING & CONSTRUCTION



stran **45**

Rok Cajzek, mag. gosp. inž.
izr. prof. dr. Uroš Klanšek, univ. dipl. gosp. inž.

IZGRADNJA CENTRA BAROČNE UMETNOSTI V ŠMARJU PRI JELŠAH CONSTRUCTION OF THE CENTRE OF BAROQUE ART IN ŠMARJE PRI JELŠAH



Vabilo

stran **52**

Projektni forum 2013

Obvestilo ZDGITS

NOV CENIK OGLAŠEVANJA V GRADBENEM VESTNIKU OD 1. 1. 2013

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Opaž notranje betonske obloge predora Markovec na hitri cesti med Koprom in Izolo, foto Andrej Štimulak univ. dipl. inž. rud. in geotehnol.

PET- IN VEČKOMORNI PROZORNI IZOLACIJSKI PANEL QBISS AIR

FIVE AND MORE-CHAMBER, TRANSPARENT, INSULATED PANEL QBISS AIR

mag. Aleš Kralj, univ. dipl. inž. stroj.

ales.kralj@cbs-institut.si

dr. Matjaž Žnidaršič, univ. dipl. inž. stroj.

matjaz.znidarsic@cbs-institut.si

dr. Mojca Japelj Fir, prof. kem.

mojca.fir@cbs-institut.si

Peter Lampič, univ. dipl. prav.

peter.lampic@trimo.si

CBS inštitut, d. o. o., Prijateljjeva cesta 12, 8210 Trebnje

Trimo, d. d., Prijateljjeva cesta 12, 8210 Trebnje

Znanstveni članek

UDK: 66.045:692.23:699.8

Povzetek | V prispevku je predstavljen učinkovit sistem prozorne toplotne in zvočne izolacije, ki ga je CBS inštitut, d. o. o., razvil v sodelovanju s podjetjem Trimo, d. d. Osnovni princip delovanja temelji na sistemu dveh plošč z zadostno maso in ustrezno trdnostjo, ki skupaj s 100-milimetrsko izolacijsko sredico in integrirano podkonstrukcijo tvorita celovit fasadni element. Maksimalna dimenzija elementov 4000 mm x 1250 mm pri debelini 130 mm omogoča zvočno izolirnost najmanj 46 dB ter toplotno prehodnost skozi center stekla (U_g) pod $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ in toplotno prehodnost celotnega sistema (U_w), z upoštevanim učinkom prehoda toplote skozi robove, tudi pod $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. Z novim izdelkom se rešuje problem toplotnoizolacijskih panoramskih zasteklitev, kjer toplotne prehodnosti U_w pod $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ doslej niso bile tehnično dosegljive. Z našim novim proizvodom, prozornim elementom Qbiss Air, odpravljamo tudi potrebo po senčenju stene zaradi sončnega obsevanja, saj lahko dosegamo koeficient sončnih dobitkov (g) v rangi 0,1.

Ključne besede: prosojna toplotna izolacija, izolacijsko steklo, večkomorni panel, fasadni element

Summary | An effective system of transparent thermal and sound insulation, developed by CBS Institute d. o. o. in cooperation with Trimo, d. d. is presented in this paper. The product is based on two glass panels with sufficient mass and strength, which together with the 100 mm insulating core and integrated substructure, forms a comprehensive facade element. The maximum dimension of the elements is 4000 mm x 1250 mm. The 130 mm thickness of the element provides sound impedance of at least 46 dB and thermal transmittance through the center of the glass (U_g) of $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$. The thermal transmittance of the entire system (U_w), taking into account the effect of the leakage of heat through the edges, even under $0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$. The new product solves the problem of thermal insulation in panoramic glazing where so far heat thermal transmittance U_w of under $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, has not been technically achievable. With our new product, the transparent Qbiss Air element, we also do not need extra shading, as the element can achieve the solar heat gain coefficient (g) in the range of 0.1.

Key words: transparent thermal insulation, insulated glazed unit, multi-chamber panel, facade element.

1 • UVOD

Omejeni lahko dostopni naravni viri energije in posledična rast cene nafte so v zadnjih letih izredno pospešili razvoj novih načinov pridobivanja energije in predvsem varčevanja z njo na vseh področjih. Delež energije iz termoelektrarn se je na razvijajočem se vzhodu zelo povečal in z izpusti predstavlja pomemben škodljiv vpliv na okolje. Energija iz hidroelektrarn je sicer dokaj zanesljiv vir, vendar ni več možnosti za bistveno povečanje deleža hidroenergije. Alternativni viri energije vetra, bibavice, biomase itd. pa ne predstavljajo prelomnice v globalni energetski oskrbi zaradi majhne trenutne razpoložljivosti teh virov.

Odgovor vidimo tudi v zmanjšani porabi energije, še zlasti na področju stavbnih objektov.

V zadnjih letih se je pri gradnji v gospodarsko razviti Evropi in tudi v Sloveniji veliko storilo v smeri varčne rabe energije. Z državnimi predpisi in zahtevami po dodatni izolaciji stavb se je pospešil razvoj izolacijskih materialov z boljšimi toplotnoizolacijskimi lastnostmi.

Pri prozornih gradbenih sistemih v zadnjem času ni bilo večjega napredka. Nekaj časa so se veliki upi vlagali v t. i. vakuumska izolacijska stekla (VIG), vendar se je izkazalo, da VIG na splošno delujejo slabše od običajnih, z argonom polnjenih izolacijskih stekel (IGU) zaradi velikih toplotnih izgub skozi robna tesnila (Weinläder, 2005). Razvoj večkomornih izolacijskih stekel je nekako obvisel pri dvokomornih, znanih tudi kot izvedba s trojno zasteklitvijo (Jelle, 2012).

Pri slednjih je pogoj rabe kaljenih stekel debeline največ 6 mm vsaj na eni strani zasteklitve, da je omogočeno »dihanje« panela s spreminjajočim se tlakom plina v notranjosti komor panela, ki nastane zaradi širjenja plina pri visokih temperaturah in krčenja plina pri nizkih temperaturah. Večje debeline stekla pri manjših oknih zaradi svoje togosti ne dopuščajo ustreznega vbočenja oziroma izbočenja. Za panoramska stekla na visokih stavbah je raba debelih stekel nujna na zunanji kot tudi notranji strani. Na zunanji strani morajo biti stekla debela najmanj 8 mm zaradi odpornosti proti podnebnim vplivom, na notranji pa pogosto več kot 10 mm, da se zagotovi varnost uporabnikov stavbe tako, da slednji nikakor ne morejo pasti ven. Pri večjih oknih se pojavi za arhitekto nesprejemljivo vbočenje in izbočenje stekla, ki je posledica krčenja oziroma raztezanja izolacijskega plina zaradi temperaturnih sprememb.

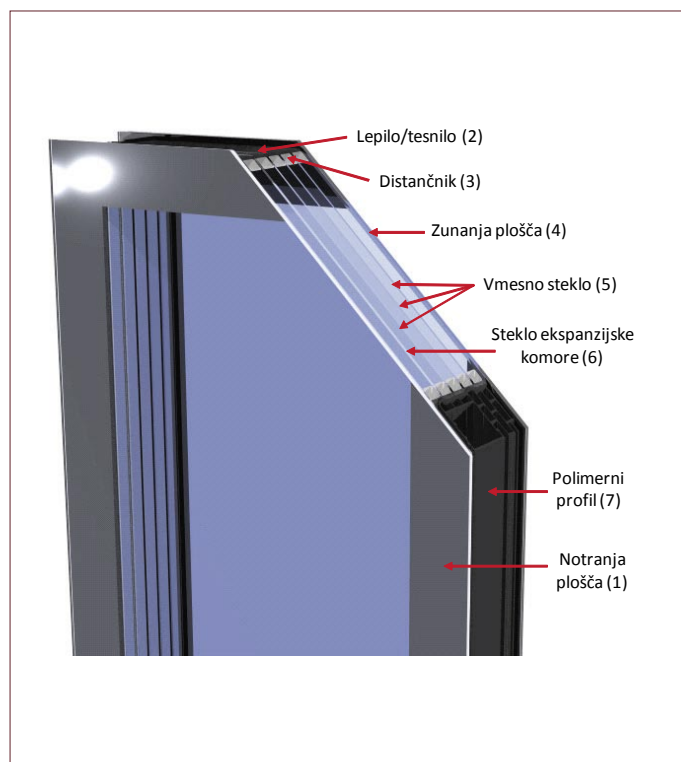
2 • SESTAVA PROSOJNEGA IN PROZORNEGA IZOLACIJSKEGA PANELA QBISS AIR

Leta 2011 je Trimo začel tržiti visokoizolacijski večkomorni, s plinom polnjeni gradbeni element pod blagovno znamko Qbiss Air

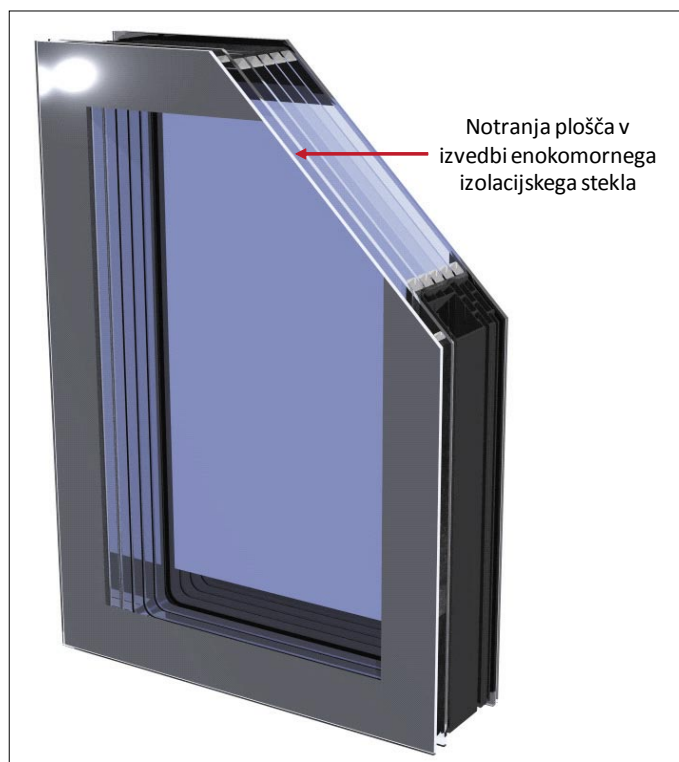
(<http://www.qbiss.eu>). Prva različica tega gradbenega elementa je bila neprosojni in neprozorni Qbiss Air ((Japelj, 2012), (Kralj,

2011), (Žnidaršič, 2010)). Z nadaljnjim razvojem smo osnovni Qbiss Air nadgradili v prosojni in prozorni Qbiss Air, ki je v nadaljevanju besedila podrobneje predstavljen in smo ga označili s kratico QATT.

Osnovni princip delovanja QATT temelji na sistemu dveh steklenih plošč z zadostno maso in ustrežno trdnostjo, ki skupaj s 100-



Slika 1 • Glavni sestavni deli QATT5



Slika 2 • Prozorni QATT s šestimi komorami (QATT6)

milimetrsko izolacijsko sredico in integrirano podkonstrukcijo tvori celovit fasadni element (slika 1). Med steklenima ploščama je

toplotno izolacijski vložek, sestavljen iz petih komor, ki so ločene s tankimi vmesnimi stekli. V posamezni komori je izolacijski plin argon

z nizko toplotno prevodnostjo, ki skupaj z nizkoemisijskimi nanosi na steklih učinkovito zavira prehod toplote. Ena izmed komor je urejena v posebno ekspanzijsko komoro, ki omogoča raztezanje in krčenje izolacijskega plina v preostalih komorah.

V osnovni postavitvi ima QATT pet komor (krajše QATT5, slika 1). Ker pa lahko na notranji strani gradbenega elementa namesto steklene plošče vgradimo eno- ali dvokomorno izolacijsko steklo, imamo lahko QATT tudi s šestimi (QATT6, slika 2) oziroma sedmimi (QATT7) komorami. V preglednici 1 so podrobneje predstavljeni glavni sestavni deli QATT. Da bi preprečili morebitno kondenzacijo vodne pare iz zraka v ekspanzijski komori med stekloma 1 in 6, smo morali konfigurirati naš panel tako, da je večina izolacijskih, s plinom napolnjenih komor nameščenih proti zunanosti stavbe. To so prve štiri komore od stekla z oznako št. 4 na sliki 1. Dodatno pa lahko brez škode v našem primeru eno ali dve s plinom napolnjeni izolacijski komori dodamo še na notranji strani panela (gl. steklo št. 1 v preglednici 1 in sliko 2) ter tako dobimo kompozicijo značilno za QATT6 oziroma QATT7.

1	Notranja plošča je lahko monolitna ali lepljena samostojna steklena plošča (QATT5), lahko je narejena v izvedbi enokomornega izolacijskega stekla (QATT6 – izvedba na sliki 2) ali dvokomornega izolacijskega stekla (QATT7).
2	Posebno, toplotno izolacijsko polisulfidno lepilo/tesnilo.
3	Hibridni distančnik.
4	Zunanja plošča: kaljeno ali kaljeno lepljeno steklo s posebnimi optičnimi lastnostmi.
5	Visokoprepustno tanko vmesno (nekaljeno) steklo z nizkoemisijskim nanosom (low-E) in luknjico za izenačitev tlaka med zunanjimi komorami (od zunanje plošče (4) do kaljenega stekla ekspanzijske komore (6)).
6	Kaljeno steklo ekspanzijske komore: tipična debelina je 3,8 mm z nanosom low-E, ki se lahko v sredini izboči ali vboči za 18 mm za potrebe uravnavanja širjenja ali krčenja plina v zatesnjenih komorah, ki so obrnjene proti zunanosti stavbe.
7	Poliamidni strukturni profil, ki strukturno povezuje stekli 1 in 4.

Preglednica 1 • Glavni sestavni deli QATT-panela

3 • NOVI KONCEPTI

3.1 Prehod na pet- in večkomorne tehnične rešitve

V tehniki za uporabo v gradbeništvu ne najdemo več kot trikomorne izolacijske panele s skupno debelino izolacijskih komor do 40 mm. Več kot trikomorne panele se za zdaj izdeluje le kot okenca za različne preizkuševalne komore, kjer ni zahtev po večji debelini stekel. Panele z večjo skupno debelino izolacijskih komor ne moremo uporabiti v gradbeništvu, saj so vbočenja in izbočenja stekla zaradi temperaturnega razširjanja ali krčenja izolacijskega plina prevelika. Načeloma bi lahko za še večje pomike uporabili tanjša kaljena stekla vsaj na eni strani zasteklitvenega panela. Težava tankih stekel je v tem, da je najmanjša debelina stekel (za večje dimenzije nad 3 x 1 m), ki jo še lahko kalimo, 6 mm, varnostne zahteve za visoke gradnje, kjer bi se taki paneli prvenstveno uporabljali, pa narekujejo uporabo debelin stekla 8 mm in več. Debelina stekla nad 6 mm zaradi svoje togosti ne omogoča več »dihanja« panela s spremembami temperature, ki povzročajo



Slika 3 • Primer dvokomornega stekla s 40 mm plinske izolacije pri -20 °C. Zunanje steklo se je vbočilo za več kot 5 mm

širjenje ali krčenje izolacijskega plina v njem. Povečan tlak v poletnem času bi povzročil razslojitev panela. V hladnem vremenu pa bi se zaradi vbočenja panela zmanjšala skupna debelina steklenega panela, kar bi se odrazilo v izgubi toplotnoizolacijske sposobnosti panela. Dvokomorni panel s skupno debelino plinske izolacije 40 mm se lahko vboči tudi za več kot 5 mm na vsaki strani (slika 3).

Da bi omogočili prehod na večkomorne rešitve brez zgoraj opisanih omejitev, smo se odločili preskočiti tri- in štirikomorne izvedbe. Pet- in večkomorne izvedbe imajo zaradi omejevanja konvekcije izolacijskega plina (v našem primeru argona) debelino posamezne komore med 18 in 20 mm) (Japelj, 2012). Pri pet-, šest- in sedemkomornih izvedbah lahko eno komoro napolnimo z zrakom namesto s plinom. Zračna komora, ki jo imenujemo tudi ekspanzijska, je odprta proti okoliškemu zraku in omogoča sosednjim komoram »dihanje« znotraj panela (slika 1: ekspanzijska komora). Notranje stene zračne komore žal ne morejo izkoriščati prednosti, ki jih ponujajo visokoučinkoviti mehki nizkoemisijski nanosi na steklu, ker bi jih stik z vlago iz zraka poškodoval. Načeloma bi lahko za notranje stene ekspanzijske komore uporabili manj učinkovit, trd nizkoemisijski nanos, a se zaradi tehničnih težav nanašanja trdega in mehkega nanosa na isto (ekspanzijsko) steklo, vsakega na svojo ploskev, za to rajši nismo odločili.

3.2 Potrebna je opustitev zbiranja sončnih dobitkov skozi okna – GULT

V preteklih letih je bilo zelo razširjeno računanje toplotnih dobitkov skozi okna. Za okna se je glede na osončenje celo podajal parameter letne energijske bilance okna, ki je bila v nekaterih primerih lahko celo pozitivna. Izračun energetske bilance osončenega okna sloni na premisi, da lahko sončna toplotna energija, prepuščena skozi okno v ogrevan prostor, nadomesti ali celo preseže toplotne izgube zaradi zimskih temperaturnih razlik. V praksi pa se izkaže, da so realni prihranki energije zaradi sončnega obsevanja bistveno manjši od računskih. Sončni dobitki so povezani z akumulacijo sončne energije v specifični toplotni kapaciteti notranjosti obravnavane stavbe. Ideja akumulacije toplote je na predpostavki, da bodo prebivalci take stavbe mirno prenašali nizke jutranje temperature okrog 18 °C, ki bi preko dneva (v času sončnih dobitkov) naraščale tudi za pet in več stopinj Celzija. V praksi zaznavajo ljudje temperaturno ugodje v precej ozkem temperaturnem območju (22 ± 1 °C), zato je takšen sistem

shranjevanja toplote zanje moteč in ga iz nevednosti ovirajo. Če je prebivalcem stavbe pozimi zaradi sončnega segrevanja prostora pretoplo, bodo odprli okna (ali celo klimatizirali), če pa jim bo zjutraj prehladno, bodo uporabili dodatno ogrevanje. Raziskava rabe energije energijsko varčnih hiš v nemškem naselju Scharnhauser Park (projekt Polycity) (Eicker, 2012) je pokazala, da je dejanska raba energije povsem odvisna od navad njenih prebivalcev in zelo malo od načina, kako so si stavbo zamislili arhitekti in projektanti.

Zelo vprašljiva je tudi pravilna raba senčil. Avtorji članka smo z lastnim opazovanjem rabe senčil in pogovorom z nestrokovnimi uporabniki senčil opazili naslednja miselna vzorca uporabnikov senčil:

1. Poleti se senčila odprejo, da je lepo svetlo in da ni treba uporabljati luči.
2. Pozimi se senčila močno priprejo ali povsem zaprejo, da nizko sonce ne blešči v oči oziroma da je okno bolj izolirano.

Nehote prvi in drugi povečujejo rabo energije v nasprotju z namenom rabe senčil. Avtorji članka ocenjujemo, da je takšna napačna raba senčil pretežna med nestrokovnimi uporabniki in bi jo bilo treba vsekakor raziskati tudi formalno, saj je koncept solarnih dobitkov pri gradnji napačen, če dejavnik uporabniške napake ni upoštevan.

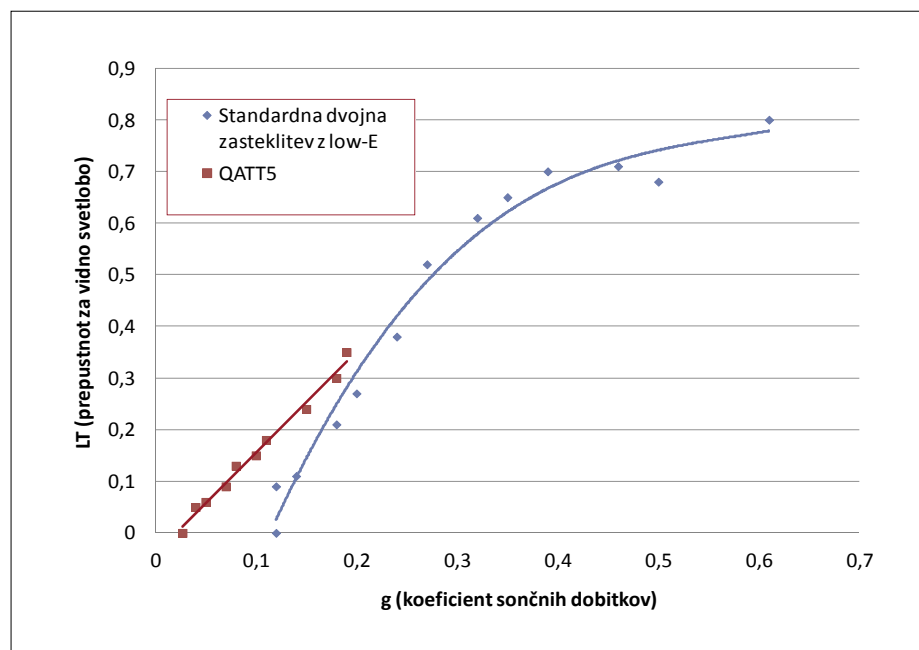
Pri avtomatiziranih motornih senčilih se pojavljajo druge težave. Motorji senčil v poletnih

mesecih prilagajajo senčila že zelo zgodaj zjutraj. Izkušnja enega izmed avtorjev, ki je poleti nekaj časa prebival v nemškem hotelu (Park hotel Bremen), opremljenim z robotiziranimi senčili, je, da po 5.30 zjutraj v poletnem času ni mogoče več spati, saj so se senčila vsakih 30 min. prilagajala s precej motečim zvokom.

Zunanja senčila so lahko estetska motnja za arhitekturni videz stavbe, predstavljajo pa tudi pokvarljivo napravo, ki ob odpovedi pokvari energijsko bilanco stavbe.

Po našem mnenju je za predvidljivost energetske rabe neke stavbe boljše sončne dobitke čim bolj omejiti. Hkrati pa je treba preprečiti uporabnikom, da bi sončne dobitke lahko kakorkoli povečali preko meje, določene v načrtu stavbe. Če so sončni dobitki (oznaka g) osončenih okenskih površin v rangu $g = 0,1$, potem tudi dodatno senčenje ni potrebno. Da bi lahko za nizkoenergijsko stavbo uporabili okno, ki za svojo energijskovarčno funkcijo ne izkorišča sončnih dobitkov, mora biti toplotna prehodnost (U_w) okna zelo nizka. Dosegljive toplotne prehodnosti oken (U_w) z danes znano trojno zasteklitvijo, ki so v rangu od 0,6 do 1 W/m²K, ne zadoščajo. Potrebne so toplotne prehodnosti U_w v rangu 0,2 do 0,5 W/m²K, ki so dosegljive ob uporabi pet- do sedemkomornih, s plinom polnjenih panelov.

Gradnja večkomornih QATT-panelov ima poleg problema ekspanzije plina tudi probleme



Slika 4 • Primerjava relacije med LT in g za standardno enokomorno zasteklitev in QATT5. Posamezne točke na sliki so izračunane s programom LBNL, Window 7, pri čemer so uporabljene dejanske kombinacije zasteklitev s čim višjimi selektivnostmi pri zunanem steklu (s čim višjim razmerjem LT/g)

pri doseganju nizkih vrednosti za sončne dobitke, temperaturnih napetosti v tankih notranjih steklih (slika 1) in doseganju čim večje prepustnosti za vidno svetlobo (LT). Ker so parametri g , U in LT prosojnih in prozornih panelov prepleteni in odvisni med seboj, smo povezane lastnosti poimenovali s kratico GULT.

Pri enokomorni izvedbi (običajna dvojna zasteklitev z nanosom low-E in izolacijskim plinom) je najnižja dosegljiva vrednost za g pri 0,12. In še to pri svetlobni prepustnosti (LT), ki je enaka nič (slika 4). Sončni dobitki (g) so sestavljeni iz sončne svetlobne energije, ki je prepuščena neposredno skozi zasteklitev, in toplotnega dela energije, ki pronica v prostor posredno kot posledica prehoda toplote od zunanjega stekla do notranjosti stavbe. Zunanje steklo pa tudi preostala stekla v sestavi okna v vsakem primeru absorbirajo nekaj sončne svetlobe in se zato segrevajo bolj, kot je temperatura okolice. Stekla (tudi refleksna), ki prepuščajo zelo malo svetlobe, se zato precej grejejo in tako povzročajo porast konstante sončnih dobitkov preko mehanizma prehoda toplote od zunanjega stekla do notranjosti stavbe. Pri klasični dvojni zasteklitvi dosežemo izenačenje $LT = g$ šele pri $LT = g = 0,16$, šele pri $LT > 0,16$ pa je lahko vrednost LT večja od g vrednosti. Prepustnost vidne svetlobe (LT) je lahko večja od prepustnosti za celotno sončno sevanje, zato ker lahko infrardeči del sončne svetlobe, ki predstavlja približno polovico vpadne energije, zavrne s selektivnimi stekli. To pomeni, da s konvencionalno enokomorno (dvoslojno) zasteklitvijo doseganje $g = 0,1$ sploh ni mogoče (slika 4).

Šele sistemi s trajno in večkratno zasteklitvijo imajo dovolj nizke toplotne prehodnosti skozi steklo (U_g), da je dosegljiva g vrednost okoli 0,1, pri čemer je v zasteklitvenem sestavu uporabljeno zunanje steklo z nizko prepustnostjo za vidno svetlobo. V primeru petkomornega QATT5 je vrednost $U_g = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar nam omogoča doseganje teoretično najnižjega $g = 0,025$, pri $LT = 0$. Pri $g = 0,1$ pa je LT že lahko sprejemljivih 0,16 (16 %). 16-odstotna svetlobna prepustnost pri panoramski zasteklitvi stene, presenetljivo, že zadošča za normalno branje v bližini okna ob oblačnem vremenu, kar smo preizkusili na Norveškem v sodelovanju z Norwegian University of Science and Technology iz Trondheima. Namen raziskave je bila evalvacija prosojnih QATT-panelov za gradnjo čitalnice v Deichmanske Library v Oslu (Norveška), slika 5.



Slika 5 • Knjižnica Deichmanske Library v Oslu, arhitekturni biro Lund Hagem

Preostala nam je še razlaga problema temperaturnih napetosti v tankem vmesnem steklu, označenim s številko 5 na sliki 1. Zakaj smo za vmesno steklo sploh izbrali tanko vmesno nekaljeno steklo Float? Paneli QATT imajo precejšnjo maso zaradi številnih stekel in nadaljnje povečanje mase, debeline panela in stroškov z vmesnimi stekli niso bili zaželeni. Kaljena stekla so tudi dodatno izpostavljena tveganju spontanega loma. Z vidika tveganj in stroškov izdelka v garancijski dobi je kljub uporabi testa Heat soak na kaljenih steklih (ta z veliko verjetnostjo izloči stekla, pri katerih bi se lahko morebiti zgodil spontani lom) zaželeno zmanjšati število kaljenih stekel v posameznem panelu na minimum. Nekaljena stekla so lahko tudi tanjša. V našem QATT smo se odločili za uporabo nekaljenih stekel Float

z nanosom low-E, z visoko prepustnostjo za svetlobo in debeline 2 mm. Zahteva za visoko svetlobno prepustnost pri vmesnih steklih je pogojena z nizko absorpcijo svetlobe, tako vidne kot infrardeče, da se zaradi svetlobe, ki je prepuščena skozi zunanje steklo (označeno s številko 4 na sliki 1), vmesna stekla ne segrejejo preveč. Nekaljena stekla Float prenesejo največ 55 K temperaturne razlike. Pri večji temperaturni razliki se praviloma zgodi lom stekla zaradi temperaturnih napetosti. Z izbiro zunanjih stekel, s katerimi dosežemo g vrednost med 0,1 in 0,2, izpolnimo pogoj, da se na tankih vmesnih steklih tudi v primeru potujoče sence nikoli ne ustvari temperaturna razlika, večja od 40 K. Omenjeno hipotezo smo po računskem preverjanju preverili tudi eksperimentalno (slika 6).



Slika 6 • Preizkus tankih vmesnih stekel pri QATT7 na temperaturne napetosti delno senčenega panela smo opravili 21. junija 2012 okoli 11. ure dopoldne pri temperaturi okolice 31 °C. Preizkusna stekla so bila obrnjena proti soncu in nagnjena nazaj za 20°. Pri preizkusu smo naredili polovični senci, kot je prikazano na sliki (levo in desno), vsako po najmanj 30 minut, tako da so se lahko na notranjih tankih steklih ustvarile največje temperaturne napetosti

3.3 Uporaba strukturnega stekla namesto aluminijastih okvirjev

Zastekljeni fasadni sistemi za visoke gradnje so običajno izvedeni po sistemu obešenih fasadnih panelov, ki se na stavbno gradbišče pripeljejo že izdelani in se jih samo namesti na ustrezna, vnaprej predvidena mesta na stavbi (slika 7). Današnji sistemi zastekljenih obešenih fasad so dveh tipov:

a) takšni, kjer je izolacijsko steklo vstavljeno v aluminijast okvir, ki daje panelu togost, in
b) takšni, kjer je izolacijsko steklo »strukturno« prilepljeno na tog aluminijast okvir (slika 7). Strukturno lepljenje je certificiran postopek lepljenja z gumielastičnim lepilom, ki zagotavlja trajno lego stekla na zunanji strani stavbe za čas življenjske dobe takega fasadnega ovoja. V obeh zgoraj navedenih izvedbenih primerih izdelave štrli aluminijast okvir v bivalni prostor. Globina štrline je od 70 mm do 300 mm, odvisno od zahtevane nosilnosti.

V primeru prozornih panelov Qbiss Air imamo vselej na voljo dve kaljeni stekli (slika 1: stekli, označeni s številkami 1 in 4) debeline 6 mm ali več, ki sta med seboj razmaknjeni za 100 mm. Kaljeno steklo ima upogibno trdnost nad 120 MPa. Če ti dve stekli strukturno prilepimo med sabo z nekim toplotnoizolativnim veznim konstrukcijskim elementom širine 100 mm, dobimo togo strukturo panela. V



Slika 7 • Primer gradnje s paneli Qbiss Air (QA), ki izkoriščajo 100-milimetrsko razdaljo med zunanjo in notranjo ploščo s strukturno povezavo

našem primeru smo ta vezni konstrukcijski element (slika 1, označen s številko 7) izdelali iz ekstrudiranega poliamida 6.6 s 40 % steklenih vlaken. V tem poliamidnem profilu je tudi odprtina, v katero je mogoče potisniti jeklen ojačitveni profil 50 x 30 x 2,5 mm ali 50 x 30 x 5 mm. Dodani jekleni profil pri daljših panelih preprečuje viskoelastične histerezne pojave, zaradi katerih bi panel z leti lahko postal izbočen ali vbočen, in seveda dodatno povečuje togost panela. Togost je

potrebna za doseganje odpornosti panelov na obremenitve vetra (Japelj, 2012). S to rešitvijo smo se v celoti ognili rabi masivnih aluminijastih profilov, ki zasteklitvene panele obremenjujejo z veliko vgrajene sive energije in posledično znatnimi stroški izdelave. Zaradi prihranka pri aluminijastem okvirju so stroški gradnje QATT5-panelov primerljivi z najboljšim sistemom s trojno zasteklitvijo z zunanjimi senčili. S tem smo dobili inovacijo, ki ponuja izboljšanje tehnike pri podobni ceni.

4 • TEHNIČNE LASTNOSTI PANELA QATT

Panel QATT lahko vgradimo vertikalno, po načinu vgradnje pa mu je najbližji sistem obešenih fasad (curtain wall system). V preglednici 2 so zbrane lastnosti panelov QATT z različnim številom komor (QATT5, QATT6 in QATT7) v primeru vertikalne vgradnje.

Vgradnja je lahko tudi horizontalna. Uporabo takšnega načina vgradnje vidimo v primerih streh in svetlobnih strešnikov (svetlobniki), redkeje pa kot horizontalni fasadni sistem. V preglednici 3 so zbrane lastnosti QATT-panelov z različnim številom komor (QATT5, QATT6 in QATT7) v primeru horizontalne vgradnje.

Oznaka	Notranja plošča (mm)	Zunanja plošča (mm)	U _g (W/m ² K)	U _{cw} * (W/m ² K)	g	LT	Višina (mm)	Širina (mm)
QATT5	6–30	8–21	0,31	> 0,42	0,03–0,20	0,05–0,30	700–4000	700–1250
QATT6	IGU 24–42	8–21	0,23	> 0,33	0,03–0,15	0,05–0,25	700–4000	700–1250
QATT7	IGU 40–50	8–21	0,19	> 0,27	0,03–0,10	0,05–0,15	700–4000	700–1250

*cw – curtain wall (obešen fasadni sistem)

Preglednica 2 • Tehnične lastnosti QATT pri vertikalni vgradnji, kot je na primer sistem obešenih fasad, nagnjenih do 10°

Oznaka	Notranja plošča (mm)	Zunanja plošča (mm)	Ug (W/m ² K)	Usky** (W/m ² K)	g	LT	Višina (mm)	Širina (mm)
QATT5	6–30	8–21	0,50	> 0,61	0,03–0,20	0,05–0,30	700–4000	700–1250
QATT6	IGU 24–42	8–21	0,38	> 0,46	0,03–0,15	0,05–0,25	700–4000	700–1250
QATT7	IGU 40–50	8–21	0,31	> 0,37	0,03–0,10	0,05–0,15	700–4000	700–1250

**sky – skylight (svetlobniki)

Preglednica 3 • Tehnične lastnosti QATT pri horizontalni vgradnji, kot so na primer strehe in svetlobni strešniki, vrednosti za 20° nagib

5 • SKLEP

Predstavljeni večkomorni visokoizolacijski prozorni panel QATT je zasnovan za gradnjo višjih stavb s panoramsko zasteklitvijo. To so poslovne stavbe, hoteli, bolnišnice, knjižnice, šole in tudi višji cenovni stanovanjski objekti. QATT6 in QATT7 ponujata boljšo in cenovno ugodnejšo rešitev, kot so dvojne steklene

fasade (double skin glass facade – DSGS), QATT5 pa konkurira obešenim fasadnim sistemom s trojno zasteklitvijo in zunanjimi senčili.

Ob razgradnji lahko celoten objekt, opremljen s QATT, podremo in odpeljemo z »enim tovornjakom«, ker so že tako tanke stene poleg

vsega še votle. Udobje bivanja je zagotovljeno zaradi ugodnega razmerja med parametri GULT: sončni dobitki (g), toplotna prehodnost zasteklitve (Ug) in prepustnost za vidno svetlobo (LT). Mehanske lastnosti (mejna stanja (Japelj, 2012)) so konstrukcijsko rešena za uporabo v vseh geografskih legah, od mrzle Arktike do viharne južne Azije. Uporabo pa vidimo tudi pri gradnji nizkoenergijskih hiš, kjer je optimalna izbira parametrov GULT izjemnega pomena.

6 • LITERATURA

- Eicker, U. (ur.), Pölczy, Baden-Württemberg International, Energy Efficiency in Buildings, Opening session, Deutsch-Slowenische Industrie und Handelskammer, Stuttgart 20. to 22. September, 2012, www.energy-efficiency-from-germany.info.
- Japelj Fir, M., Kralj, A., Žnidaršič, M., Remec, Č., S plinom polnjeni paneli za visokoizolacijske stavbne ovoje 21. stoletja, *Gradbeni vestnik*, št. 7, str. 15–166, 2012.
- Jelle, B. P., Hydn, A., Gustavsen, A., Arasteh, D., Goudey, H., Hart, R., Fenestration of Today and Tomorrow: A State-of-the-Art Review and Future Opportunities, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, št. 96, str. 1–28, 2012.
- Kralj, A., Žnidaršič, M., Japelj Fir, M., Remec, Č., Gas-filled panels as a high insulation alternative for 21st century buildings envelopes, *Proceeding of WEC 2011*, Zurich, Swiss Society of Engineers and Architects SIA, 2011.
- Weinläder, H., Ebert, H.-P., Fricke, J., Vacuum Insulation Glass, 7th International Vacuum Insulation Symposium, 2005.
- Žnidaršič, M., Kralj, A., Nov visokoizolacijski stavbni ovoj, *Industrijski forum IRT*, Portorož, 7.–8. junij 2010, Vir znanja in izkušenj za stroko, zbornik foruma, Škofljica: Profidtp, str. 133–136, 2010.

RAZŠIRJENA RESNIČNOST V GRAJENEM OKOLJU

AUGMENTED REALITY IN ARCHITECTURE, ENGINEERING & CONSTRUCTION

Sebastjan Meža, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Matevž Dolenc, univ. dipl. inž. grad.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Katedra za gradbeno informatiko, Jamova 2, Ljubljana
e-pošta: sebastjan.meza@fgg.uni-lj.si, ziga.turk@fgg.uni-lj.si,
matevz.dolenc@fgg.uni-lj.si

Znanstveni članek
UDK: 004:624.004.15

Povzetek | Današnja tehnologija dobro podpira izdelavo informacijskih modelov zgradb v pisarnah, gradbeni projekti pa večinoma potekajo na terenu. Tam se seznanita fizična resničnost in načrt oziroma informacijski model. Vzpostavljanje odnosa med njima pa je bilo doslej izključno v domeni premisleka in predstave človeka. Vzrok za številne napake v procesu gradnje je prav v napačno razumljeni, uporabljeni ali preneseni informaciji iz načrta v fizično resničnost. Z izdelavo vedno kakovostnejše dokumentacije in s predstavitvijo (npr. različne 3D-projekcije) so se jim poskušali izogniti, vendar je dostop do njih na terenu pogosto otežen. Tam so na voljo le prenosne naprave (prenosni in/ali tablični računalniki, pametni telefoni idr.). V zadnjih letih se je pojavila tehnologija razširjene resničnosti, ki je vzpostavljena na mobilnih napravah. Razširjena resničnost je metoda vizualizacije, ki lahko bistveno prispeva k boljši povezavi med informacijo in fizično resničnostjo. Članek v prvem delu pojasnjuje odnos med resničnim in virtualnim okoljem in s tem utemelji pojem razširjene resničnosti (*angl. Augmented Reality*). Prikazan je postopek razširjanja resničnosti in predstavljene so zahteve za razvoj aplikacij. Drugi del članka je namenjen preslikavi splošno uporabljenih metod razširjanja resničnosti na grajeno okolje. Najprej je utemeljena smiselnost združevanja realnega in navideznega, z namenom, da bi olajšali dostop do informacij, v nadaljevanju pa je predstavljen zgodovinski pregled razvoja strojne in programske opreme, od pionirskih poskusov do najsodobnejših aplikacij. Prototipna rešitev, ki naj bi uporabniku omogočila lažji dostop do informacijskih modelov na gradbišču, je predstavljena v četrtem poglavju. V sklepnem delu so predstavljeni možni uporabniški scenariji, s katerimi bi bilo mogoče olajšati dostop do informacijskih modelov.

Ključne besede: informacijski modeli zgradb, razširjena resničnost

Summary | Today design information often takes the form of building information models. The physical Reality (PR) of construction projects, however, is out there on the job site. It is on the job site where the PR of construction projects and the information in project documentation meet. Establishing the relationship between these two aspects of construction has so far been exclusively the domain of human effort not assisted much by information technology. Many construction errors occur when the information in project documentation is poorly transferred to physical reality either because the information is misunderstood or misused. There have been numerous attempts to try to minimize these errors that focus mainly on the production of higher and higher quality documentation and presentations. This, however, has not been able to solve the access problems to relevant

information on field, which is often difficult. In recent years, however, progress has been made in the field of Augmented Reality, which may be able to significantly improve the transfer of models to physical reality. This paper presents the relation between real and virtual environment and with that defines the concept of Augmented Reality. It presents the hardware requirements and the process of augmentation. The historical overview of Augmented Reality serves us as a starting point. With its foundations are laid to justify meaningfulness of augmentation. The hypothesis that Augmented Reality can facilitate the access to BIM models on the job site is provided in Chapter four. The opportunities for the use of Augmented Reality in construction industry are presented in the concluding part.

Key words: building information model, Augmented Reality

1 • UVOD

Gradbeništvo je panoga, ki so jo v preteklosti obšli nekateri trendi, ki so zaznamovali razvoj drugih sektorjev industrije in storitev, predvsem na področju industrializacije, avtomatizacije in sodobnih načinov upravljanja (Šuman, 2008). Pogosto navedeni razlogi za to so posebnosti panoge: ukvarja se z enkratnimi izdelki, ni utečenih partnerskih odnosov, saj se za vsak projekt izbira druga skupina, partnerji so na zelo različnih tehnoloških nivojih, da je težko natančno pripraviti projektno

dokumentacijo in plane gradnje – deloma zaradi nepredvidljivosti, deloma zato, ker bo načrt uporabljen le enkrat. Končni izdelek procesa gradnje je tako le zadnja ponovitev začetne ideje. Zaradi nenehnega prilagajanja in usklajevanja dokumentacije s stanjem na gradbišču pogosto nastajajo težave z dostopnostjo do informacij. Sodobna metodologija gradnje, tako imenovani pristop informacijskega modeliranja zgradb (*angl. Building Information Modelling – BIM*), celostno

obravnavava dokumentiranja, prenos in interpretacijo informacij. Proces dokumentiranja in prenosa informacij sta bolj raziskana na znanstvenem in praktičnem področju. Zadnji, a nič manj pomembni stopnji interpretacije je bilo v preteklosti namenjene manj pozornosti. Tako interpretacija ostaja v izključni domeni človekovega dojetja in predstave fizičnega načrta. Razširjena resničnost je tehnologija, ki spreminja dojetje stvarnosti. Problematika uporabe razširjene resničnosti v okviru grajenega okolja je bila v preteklosti že obravnavana ((Broll, 2004), (Behzadan, 2006), (Woodward, 2010)).

2 • RAZŠIRJENA RESNIČNOST

V angleški literaturi najdemo različna pojmovanja kontinuuma med realnim in virtualnim okoljem, Mixed Reality, Amplified Reality, Augmented Reality, Mediated Reality, Diminished Reality, Augmented Virtuality, Virtualised Reality. Termin Augmented Reality je bil v preteklosti največkrat povezan z glavnimi zasloni (*angl. Head-Mounted Display – HMD*). Z razvojem tehnologije mobilnih naprav pa se termin Augmented Reality uporablja tudi v povezavi s tabličnimi računalniki, pametnimi telefoni in drugimi prenosnimi napravami, ki omogočajo integracijo virtualnih informacij z realnim okoljem. Tako kot v angleški literaturi se tudi v slovenski pojavljajo različna pojmovanja kontinuuma med realnim in virtualnim okoljem. Slovenski avtorji ((Cerar, 2012), (Fijačko, 2011), (Podlesk, 2011), (Podrekar, 2011), (Pucer, 2011), (Remic, 2011)) polje definirajo s termini mešana resničnost, obogatena resničnost, nadgrajena resničnost, dopolnjena resničnost in razširjena resničnost. V spletnem Slovarju slovenskega knjižnega

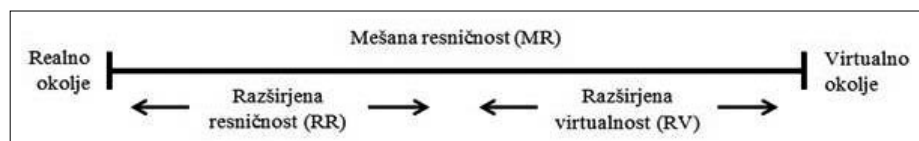
jezika ne najdemo nobene izmed zgoraj zapisanih besednih zvez, spletni terminološki slovar informatike angleški izraz Augmented Reality definira kot realen svet, dopolnjen z elementi navideznega sveta, ustvarjenimi z računalniško grafiko. Kot prevod pa dopušča sinonime dopolnjena resničnost, obogatena resničnost in razširjena resničnost (STSI, 2012). Slovar fakultete za računalništvo in informatiko Augmented Reality definira s terminom dopolnjena resničnost. Zaradi lažjega razumevanja bo v nadaljevanju uporabljena zgolj besedna zveza razširjena resničnost (RR). Aplikacije navadno delujejo tako, da se realni objekt oziroma prostor vzame za osnovo, ki se

ji z različnimi tehnologijami dodajajo smiselno povezani podatki za poglobljeno razumevanje. Po našem mnenju dobi uporabnik širši pregled dane realne situacije, zato bomo v nadaljevanju uporabljali zgolj termin razširjena resničnost (RR).

Razširjena resničnost ima tri bistvene značilnosti (Azuma, 2001):

- računalniško ustvarjeni navidezni predmeti in resnično okolje nastopajo združeno,
- navidezni predmeti so ustvarjeni v resničnem času, njihov videz in odziv pa morata biti odvisna od uporabnika in sprememb v okolju,
- resnični in navidezni predmeti morajo delovati usklajeno, sicer je iluzija sobivanja resničnega in navideznega ogrožena.

Odnos med realnim in virtualnim okoljem je mogoče shematsko predstaviti z dvema poloma mešane resničnosti.



Slika 1 • Kontinuum mešane resničnosti (Milgram, 1994)

Realno, fizično okolje lahko definiramo kot skupek elementov, ki dejansko obstajajo v nekem ekstremu kontinuuma. Termin realnosti tako obsega vse, kar je ustvarjeno, zgrajeno, načrtovano, opazovano in razumljeno. Drugi ekstrem je okolje, ki načrtovalcem omogoča modeliranje objektov brez kakršnekoli povezave s stvarnostjo. Razširjena resničnost je segment kontinuuma, kjer so sliki realne okolice dodani elementi virtualnega sveta.

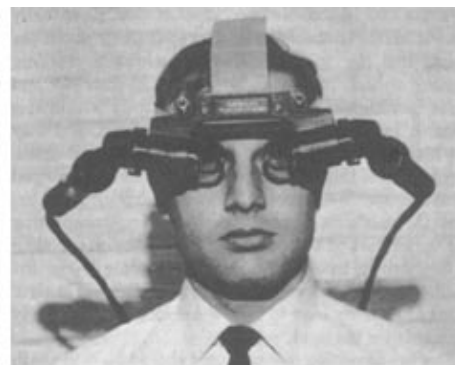
2.1 Zgodovinski pregled

Prvi zapisi o poskusih združevanja realnega in virtualnega okolja izhajajo že iz šestdesetih let prejšnjega stoletja. Leta 1966 je profesor Ivan Southerland izdelal prvi prototip naprave, ki je omogočala sinhron prikaz realne okolice z dodanimi virtualnimi elementi (slika 2) (Southerland, 1968). Pionirski poizkus je na svojega naslednika čakal vse do devetdesetih letih prejšnjega stoletja, ko je izraz Augmented Reality skoval profesor Tom Caudell (Caudell, 1992). V razvojnem oddelku tovarne letal v Seattlu je poskušal optimizirati proces proizvodnje z virtualnimi tehnologijami. Kompleksna programska oprema je delavcem omogočala prikaz predvidene lokacije sestavnih delov letal. Druga skupina raziskovalcev (Feiner, 1997) je v istem časovnem obdobju razvoj razširjene resničnosti močno zaznamovala s sistemom, imenovanim KARMA (Knowledge based Augmented Reality for Maintenance Assistance) (slika 3).

Z razširjeno resničnostjo so se ukvarjali še mnogi raziskovalci, vendar so bili vsi poskusi več ali manj povezani zgolj z raziskovalnim okoljem. Prava revolucija komercialnih aplikacij RR se je začela šele s pojavom tako imenovanih pametnih telefonov. Sodobni pametni telefoni namreč omogočajo sledenje,



Slika 2 • Prvi tridimenzionalni naglavni zaslon (Southerland, 1968)



procesiranje, prikaz in interakcijo, kar so štiri temeljne strojne zahteve RR.

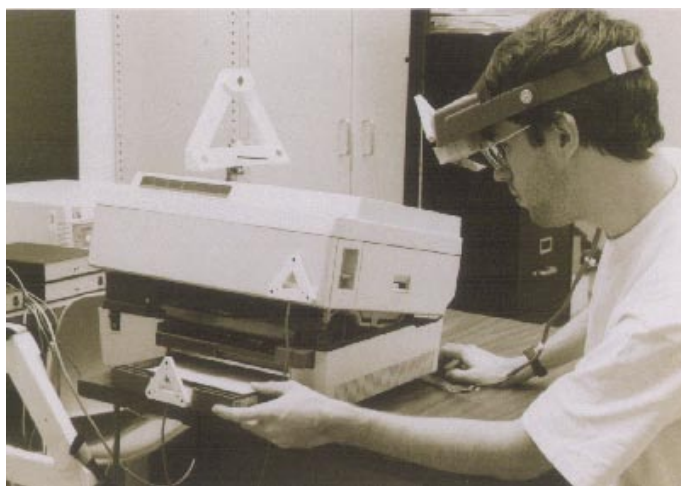
Poleg komercialnih aplikacij, ki so nameščene na prenosnih napravah (pametnih telefonih in tablicah) in se uporabljajo za namene oglaševanja, zabave in turizma, se tehnologija RR uporablja tudi na področjih medicine, avtomobilske industrije, vojaške industrije in pri vgrajevanju komponent v proizvodnih linijah. Zgoraj navedene panoge veljajo za tehnološko bolj razvite, zato so posledično bolj dovzetne za nove tehnologije. Sistem za pomoč pri parkiranju (slika 4) omogoča uporabniku ogled predvidene zavijalne krivulje, prav tako pa opozarja na morebitne ovire na vozni površini. Sledenje pri tem sistemu poteka z ultrasoničnimi senzorji (Halvoson, 2011).

Eden najbolj znanih primerov uporabe RR je uporaba v bojnih letalih. Tehnologija pilotom ves čas zagotavlja informacije o trenutni lokaciji in orientaciji letala (Imooran, 2010).

2.2 Postopek

Razširjena resničnost je metoda vizualizacije, ki omogoča sinhron prikaz realnega okolja z dodanimi virtualnimi elementi, pri čemer uporablja razne principe priprave podatkov, sledenja, procesiranja oziroma združevanja virtualnega in realnega okolja, prikaza in interakcije.

Prvi korak razširjanja resničnosti je **priprava podatkov**, ki bodo v nadaljevanju združeni s sliko realne okolice. Podatki so lahko v obliki besedila, 2D-slik, 2D-vida, 3D-modelov in 3D-animacije.



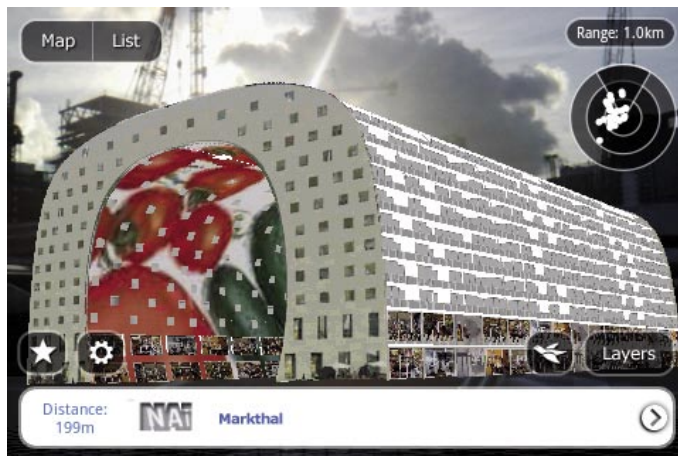
Slika 3 • Sistem za pomoč pri vzdrževanju (Feiner, 1997)



Slika 4 • Sistem za pomoč pri parkiranju (Halvoson, 2011)



Slika 5 • RR v vojaških letalih (Imoaran, 2010)



Slika 6 • Zasloni posnetek aplikacije Layar (Lancement, 2012)

Sledenje, določanje položaja in orientacije uporabnika v prostoru, je mogoče s sistemom za globalno določanje lege (*angl. Global Positioning System GPS*), giroskopom, kompasom, diferencialnim GPS, magnetometrom, ultrasoničnimi senzorji in referenčnimi slikami. V grobem lahko sisteme sledenja razdelimo v tri skupine. Prva skupina temelji izključno na senzorjih. V drugo skupino spadajo sledilni sistemi, ki temeljijo na zajeti digitalni sliki. Za določanje položaja se uporabljajo naravne značilnosti, referenčne slike, točke, črte, robovi in teksture. Tretja skupina združuje prednosti prve in druge. Je hibridni sistem, s katerim je mogoče doseči največjo natančnost.

Procesiranje je združevanje realnih in virtualnih informacij. Procesiranje lahko poteka ločeno ali na napravi, ki v končni fazi služi prikazu slike. Zaradi omejene zmogljivosti so prvi prototipi uporabljali prvi način, z razvojem mobilnih naprav pa sodobne aplikacije RR večinoma potekajo na prenosnih napravah.

Prikaz lahko poteka z naglavnimi, ročnimi ali prostorskimi zasloni. Naglavni zasloni omogočajo najbolj neposreden način prikaza, saj pokrivajo uporabnikovo celotno vidno polje. Glede na metodo prikaza razvrščamo naglavne zaslone na optično- in videoprepustne. Prednost naglavnega načina prikaza je, da ima uporabnik ves čas proste roke. Se pa postavlja vprašanje varnosti, saj v primeru okvare uporabnik nima neposrednega stika z okolico.

Tablične računalnike, dlančnike in pametne telefone uvrščamo v skupino ročnih zaslonov. Naprava deluje podobno kot lupa. S kamero, nameščeno na zadnji strani, zajema sliko, ki ji doda virtualne elemente in jo prikaže v obliki razširjene resničnosti. Zaradi relativno dobrih zmogljivosti in velike priljubljenosti teh naprav

se je na trgu pojavila cela vrsta aplikacij RR s to metodo prikaza.

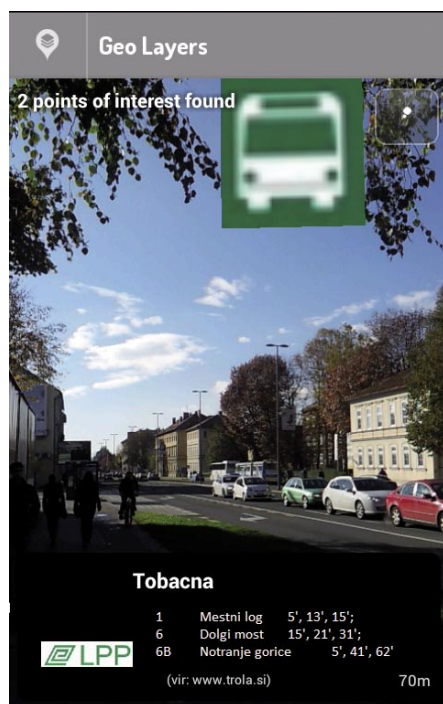
Če uporabnika ne želimo obremenjevati z očali in hkrati želimo, da ima proste roke, lahko resničnost razširimo tako, da informacije projiciramo kar na okolje. To je mogoče s prostorskimi projektorji.

Interakcija je povezana z načinom prikaza. Če je za prikaz uporabljen tablični računalnik, je ta navadno opremljen z zaslonom, občutljivim na dotik, in preko njega lahko uporabnik da povratno informacijo. Pri aplikacijah, ki za prikaz uporabljajo naglavne zaslone ali projektorje, pa potrebujemo dodatno napravo.

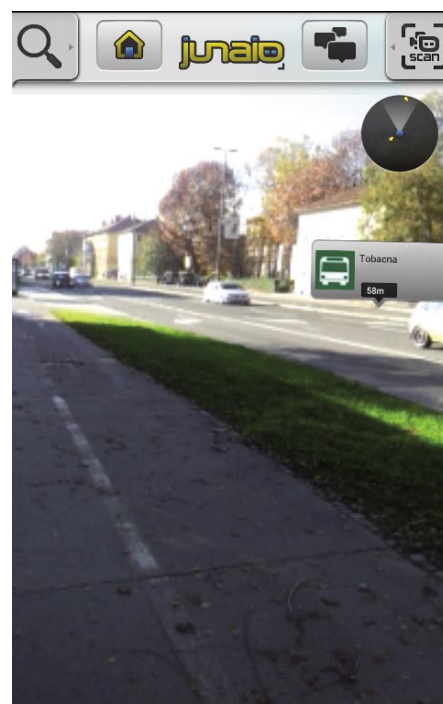
Raziskovalci so v preteklosti uporabili različne kombinacije modeliranja, sledenja, procesiranja, prikaza in interakcije. Nekaj primerov bomo predstavili v nadaljevanju.

2.3 Mobilne aplikacije razširjene resničnosti

Sodobne prenosne naprave, ki že imajo komponente, potrebne za sledenje, procesiranje, prikaz in interakcijo, prinašajo velik razvojni potencial. Poleg drastičnega povečanja procesorske moči, kakovosti zaslonov in pomnilniških kapacitet mobilnih naprav se je s pojavom mobilne tehnologije 3G in 4G povečala tudi hitrost prenosa podatkov na območjih, kjer



Slika 7 • Zasloni posnetek uporabniškega vmesnika Layar



Slika 8 • Zasloni posnetek uporabniškega vmesnika Junaio

nimamo na voljo neposrednega dostopa do svetovnega spleta. Z razvojem tablic se je na trgu pojavila vrsta aplikacij ((Argon, 2012), (Aurasma, 2012), (Karma, 2012), (Juniao, 2012), (Layar, 2012), (Metaio, 2012), (MixAre, 2012), (Wikitude, 2012) ...), ki omogočajo prikaz informacij iz digitalnega okolja v kombinaciji z živo sliko realne okolice. Aplikacije, ki so nameščene na prenosni napravi, nenehno spremljajo podatke o uporabnikovi lokaciji in orientaciji v prostoru. Ko uporabnik pride v območje, iz katerega je vidna interesna točka (*angl. Point of Interest – POI*), v podatkovni bazi poišče relevantne podatke in jih vključi v sliko realne okolice (slika 6).

2.4 Eksperimentalno preverjanje uporabniških vmesnikov

Z namenom, da bi izbrali najustreznejšo aplikacijo za nadaljnji razvoj, smo primerjali

uporabniška vmesnika Layar in Juniao. Izdelali smo prototip (Ljubljanski potniški promet – LPP, vozni redi), ki uporabniku omogoča prikaz interesnih točk (POI), to so lokacije avtobusnih postajališč z voznim redom. Za delovanje sistema potrebujemo ažurne podatke o lokaciji in orientaciji uporabnika v prostoru, na podlagi katerih je mogoče izračunati, kje je v uporabnikovem vidnem polju POI. Ob prikazu interesne točke aplikacija na spletnem portalu www.frola.si prebere zadnje podatke o prihodu avtobusov in jih vključi v opis interesne točke. Naš sistem smo preizkusili na pametnem telefonu Samsung Galaxy S2. Uporabniška vmesnika Layar (slika 7) in Juniao (slika 8) se razlikujeta po načinu prikaza opisa interesne točke. Opis POI je se pri layarju na zaslону, pri junaiou pa je treba POI izbrati, šele nato uporabnik pridobi zahtevane informacije. Z dodatnim korakom izgubimo pomen razširjene

resničnosti, saj izgubimo sliko okolice. Layar je prav tako bolj primeren za delo z modeli 3D, saj lahko pripravo modela avtomatiziramo s programom Layar 3D-model converter – command line version (Layar 3D, 2012). Iz zapsanega sledi, da je za nadaljnje delo bolj primerna aplikacija Layar.

Pri testiranju sistema smo naleteli tudi na težave. Najprej je treba izpostaviti omejeno natančnost sistema senzorjev. Druga tehnična težava je poraba energije, saj ob prikazu RR uporabljamo veliko naprav: kamero, senzorje, GPS in modem. Problemi pa niso zgolj tehnične narave. Pogosto se zgodi, da več interesnih točk POI leži v isti smeri orientacije. Problem je mogoče rešiti z omejevanjem razdalje prikaza. S prototipom smo dokazali, da je mogoče aplikacije RR prilagoditi, tako da omogočajo prikaz podatkov iz poljubnega vira.

3 • GRAJENO OKOLJE IN RAZŠIRJENA RESNIČNOST

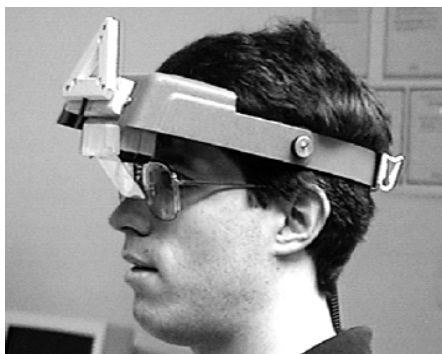
Pravočasen in zanesljiv dostop do aktualnih informacij je v dinamičnem procesu gradnje ključnega pomena. Podjetja, ki pri svojem delu že uporabljajo sodobne načine komunikacije, so tako posledično uspešnejša. Zaradi obilja podatkov si težko predstavljamo delo brez uporabe elektronske pošte, mobilnih telefonov in drugih sodobnih načinov izmenjave podatkov in informacij. Takšen pristop je v veliki meri že optimiziral delovni proces, še vedno pa ostaja odprto vprašanje interpretacije projektne dokumentacije na gradbišču.

3.1 Zgodovinski pregled uporabe razširjene resničnosti v grajenem okolju

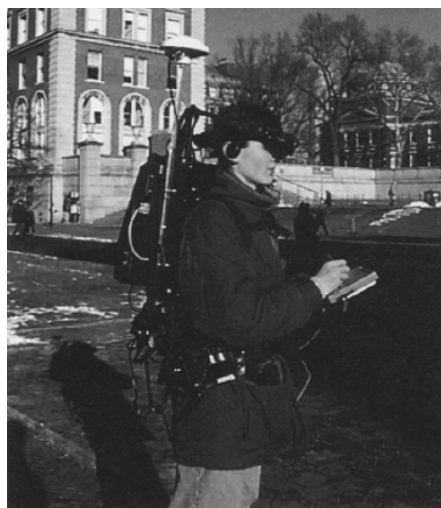
Razvoj aplikacij razširjene resničnosti v grajenem okolju se je kot na drugih področjih začel

v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Enega prvih delujočih prototipov v grajenem okolju je leta 1996 izdelal Webster (Webster, 1996). Aplikacijo je poimenoval arhitekturna anatomija (*angl. Architectural Anatomy, slika 9*) in je uporabniku omogočala prikaz vgrajene armature.

Raziskovalci iz Univerze Columbia so predstavili aplikacijo, ki je omogočala prikaz dodatnih informacij o okoliških zgradbah (Feiner, 1997). Pri tem prototipu je uporabnik zunaj. Sledenje je potekalo z GPS v povezavi z magnetometrom. Predviden uporabniški scenarij:



Slika 9 • Arhitekturna anatomija (Webster, 1996)



Slika 10 • Touring machine (Feiner, 1997)

uporabnik je na območju kampusa, okolico vidi z naglavnim zaslonom v povezavi s prenosnim računalnikom, ki ga nosi v nahrbtniku. Ob pogledu na zgradbo vidi poleg dejanske zgradbe tudi tekstualno oznako, ki jo je s tablico mogoče izbrati in dobiti dodatne informacije (slika 10).

ARTHUR (*angl. Augmented Round Table for Architecture and Urban Planning*) je sistem, ki je uporabnikom omogočal tridimenzionalni pogled medsebojnega vpliva zgradb (slika 11). V testnem okolju je bil preizkušen uporabniški scenarij gradnje londonskega nebotičnika Swiss-Re. Vprašanja, na katera je bilo mogoče odgovoriti s platformo AR-TUR, so bila povezana z lokacijo gradnje in z vključevanjem oblike novogradnje v okolje (Broll, 2004).

Možnosti optimizacije delovnega procesa gradnje z razširjeno resničnostjo je preučeval Behzadan. Na sliki 12 je prikazana njegova rešitev, ki je omogočala dinamično simulacijo gradnje. Avtor je sliki realne okolice dodal



Slika 11 • Urbanistično planiranje z RR (Broll, 2004)



Slika 12 • Simulacija gradbenega procesa (Behzadan, 2006)

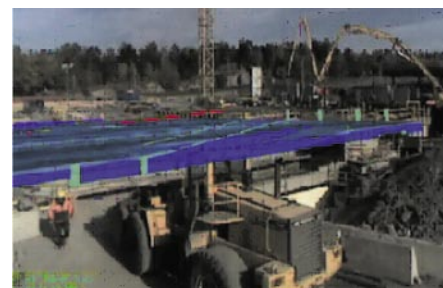


Slika 13 • RR-spremljanje procesa gradnje (Woodward, 2010)

modele gradbene mehanizacije 3D CAD. S tem naj bi bilo mogoče predvideti težav glede pomanjkanja prostora na gradbišču (Behzadan, 2006).

Enega najbolj kompleksnih sistemov RR so razvili na Finskem v raziskovalnem središču Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Gre za unikatni sistem, ki v vseh pogledih presega okvire prej predstavljenih prototipov (Woodward, 2010). Sistem omogoča integracijo

modelov BIM-IFC z živo sliko realne okolice. Programska oprema je sestavljena iz treh delov: studia 4D, mapstudia in predvajalnika. Studio je namenjen združevanju 3D-modela s terminskim planom. Mapstudio je namenjen pripravi podatkov o lokaciji objekta. Predvajalnik, ki je nameščen na mobilni napravi, je v bistvu končni uporabniški vmesnik, ki omogoča integracijo virtualnih elementov z realnim okoljem (sliki 13 in 14).

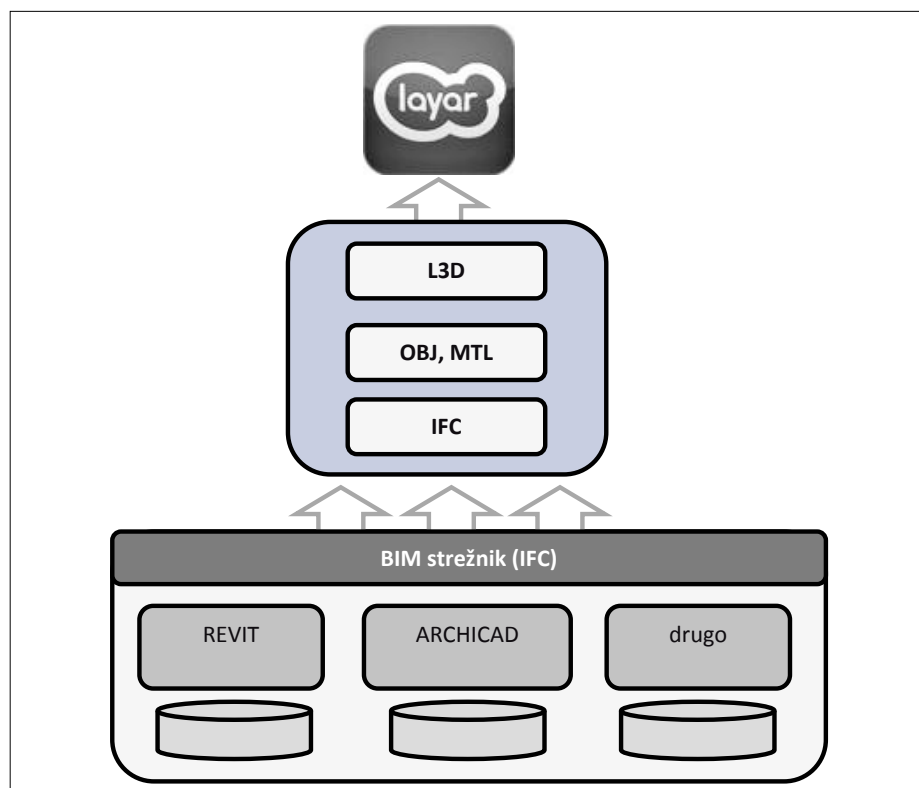


Slika 14 • RR-prikaz vgrajenih komponent (Woodward, 2010)

4 • RR KOT INFRASTRUKTURA ZA IZBOLJŠANJE KOMUNIKACIJE PRI GRADBENIH PROJEKTIH

Iz zgodovinskega pregleda razvoja RR v grajenem okolju je razvidno, da so raziskovalci poskušali aplicirati RR na tri uporabniške scenarije. S pregledom vgrajenih komponent po zaključku gradnje sta se ukvarjala (Webster, 1996) in (Klinker, 2001). Drugi predvideni uporabniški scenarij je uporaba RR za potrebe urbanističnega planiranja. Na tem področju so delovali ((Holler, 1999), (Broll, 2004), (Nielsen, 2004), (Woodward, 2010), (Olsson, 2012)). Zadnji do sedaj predvideni uporabniški scenarij vključuje simulacije pred pričetkom gradnje in njeno spremljanje. S tem scenarijem sta se ukvarjala (Woodward, 2010) in (Behzadan, 2006). Pri vseh doslej predstavljenih prototipnih rešitvah gre za konceptualno zasnovane predvidene uporabe. Raziskovalci so s tem dokazali, da razpoložljiva strojna oprema že omogoča razširjanje resničnosti tudi na področju grajenega okolja.

Drugo vprašanje je kompatibilnost programske opreme, ki je nameščena na mobilnih napravah z aplikacijami BIM, ki jih pri svojem delu uporabljajo inženirji, arhitekti idr. Neposredno povezavo je uspelo vzpostaviti le raziskovalcem iz finskega tehnološko-raziskovalnega središča (Woodward, 2010). Za potrebe spremljanja

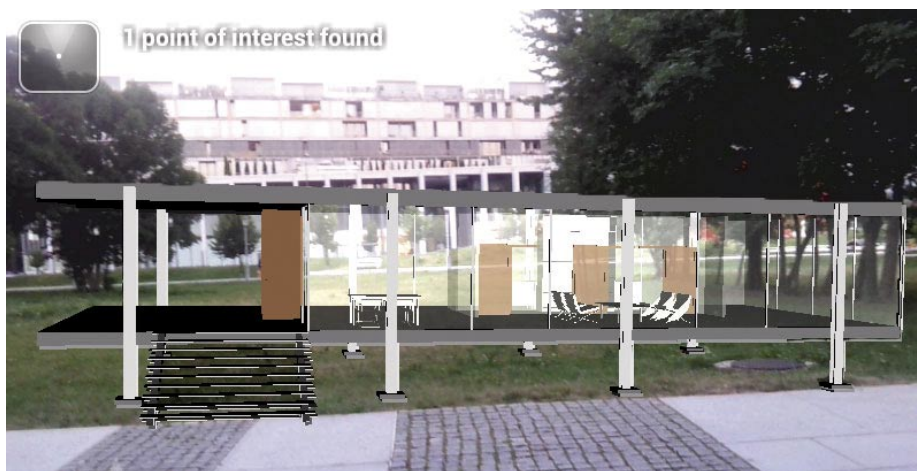


Slika 15 • Prikaz delovanja sistema, namenjenega dostopu do BIM modelov na terenu

poteka gradnje so informacijski model v zapisu IFC povezali s terminskim planom (slika 12).

V Katedri za gradbeno informatiko (KGI) Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (FGG) je bilo z namenom poenostavitve dostopa do relevantnih informacij in njihovo lažje interpretacije postavljeno ogrodje, ki temelji na strežniku BIM in mobilni aplikaciji Layar. Namen prototipnega sistema je lažje razumevanje idejnih zasnov v fazi urbanističnega planiranja (slika 16). Sistem pri svojem delovanju uporablja informacijski (BIM) model zgradbe. Model je mogoče ustvariti s poljubnim orodjem, ki podpira delo z datotekami IFC. Shematska struktura sistema je razvidna s slike 15.

V zgodnjih fazah gradbenih projektov investitorji navadno zahtevajo kopico idejnih rešitev, ki jih je treba nemalokrat popraviti. Z namenom, da bi olajšali izmenjavo podatkov med različnimi orodji, in zaradi lažjega pregleda aktualne verzije projekta poteka izmenjava z BIM-strežnikom (BIM Sever, 2012). Na ta način je vsem udeležencem vedno na voljo zadnja verzija projekta. Poleg izmenjave podatkov pa BIM-strežnik omogoča tudi tako imenovani Clash detection, to je iskanje napak, kar dodatno olajša delo.



Slika 16 • Zaslonski posnetek razširjene resničnosti

V drugem koraku sledi priprava 3D-modela, ki ga je mogoče prikazati s programom Layar. Najprej se z aplikacijo IFCObj (IfcOpenShell, 2012) geometrija objekta zapiše v datoteko .obj, za potrebe opisa lastnosti materialov pa se ustvari datoteka .mtl. Tako pripravljene podatke je mogoče prebrati z aplikacijo Layar 3d model converter (Layar, 2012). Pripravljeni

model je mogoče prikazati z aplikacijo, ki je nameščena na mobilni enoti.

Težave, s katerimi smo bili soočeni pri testiranju opisanega prototipa, so podobne tistim, ki so bile izpostavljene pri primeru aplikacije LPP v poglavju 2.4. Poleg že predstavljenih pa lahko nastanejo težave tudi zaradi preobremenitve mobilne enote.

5 • SKLEP

Razširjena resničnost, ki kot metoda vizualizacije omogoča sinhron prikaz realnega okolja z dodanimi virtualnimi elementi, ni nova tehnologija, toda šele v zadnjem času postaja praktično uporabna. Za to je zaslužen razvoj mobilnih naprav, ki postajajo zmogljivejše in dostopnejše. Z razširjeno resničnostjo je tako že danes mogoče olajšati človekovo delo in življenje, predvsem na tehnološko bolj razvitih področjih, kot so medicina, oglaševalska, vojaška in avtomobilska industrija. Zaradi razdrobljenosti gradbene panoge je vpeljava novih tehnologij pogosto težaven in dolgotrajen proces. Številne priložnosti, ki

jih prinašajo sodobne tehnologije, žal ostajajo neizkoriščene.

V članku je obravnavana problematika prenosa informacij v okviru grajenega okolja. Najprej so postavljeni teoretični okviri okolja, ki uporabniku omogočajo ogled realne okolice z dodanimi virtualnimi elementi, v nadaljevanju pa je podrobno opisano delovanje sistema, ki temelji na odprtokodnem strežniku in komercialni aplikaciji Layar. Predstavljena rešitev omogoča uporabniku na terenu ogled modela zgradbe, izdelanega s poljubnim BIM-orodjem, ki je združljivo s standardom IFC. S predstavljenim prototipom smo dokazali, da je tudi v grajenem

okolju mogoče uporabiti sodobne tehnologije in s tem olajšati dostop do relevantnih informacij. V predstavljenem primeru gre le za vizualizacijo izdelanega parametričnega modela zgradbe, kar je zgolj prvi korak uporabe BIM-tehnologije. Poleg vizualizacij bo v prihodnosti treba razviti aplikacije, ki bodo omogočale tudi druge segmente sodobnega BIM-pristopa. Še vedno ostajajo odprta vprašanja, povezana s simulacijo procesa gradnje na terenu, z možnostjo uporabe prenosnih naprav za analize energetske učinkovitosti zgradb in z lažjim dostopom do informacij za potrebe vzdrževanja ter v končni fazi tudi rušitve objekta. Izpostavljena odprta vprašanja bodo obravnavana v doktorskem delu z naslovom Razširjena resničnost kot infrastruktura za izboljšanje komunikacije pri gradbenih projektih.

6 • LITERATURA

Abel, A., povzeto po: <http://www.infoq.com/news/2012/08/Gartner-Hype-Cycle-2012>, 2012.

Argon – Augemented Reality Brovser, povzeto po: <http://argon.gatech.edu/> (6. 11. 2012), 2012.

Aurasma – Augemented Reality Brovser, povzeto po: <http://www.aurasma.com/> (6. 11. 2012), 2012.

Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre B., Recent advances in augmented reality, IEEE Computer Graphics and Applications, str. 34–47, 2001.

- Behzadan, A. H., Kamat, V., R., Animation of construction activities in outdoor augmented reality, In Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering str. 1–9, 2006.
- BIMSever, povzeto po: <http://bimserver.org/> (25. 9. 2012), 2012.
- Broll, W., Lindt, I., Ohlenburg, J., Wittkamper, M., Yuan, C., Novotny, T., Schiecky, A. F., Mottramy, C., Strothmannz, A., A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning, Journal of Virtual Reality and Broadcasting, Fraunhofer Institute for Applied Information Technology (FIT), Sankt Augustin, Germany, str. 1–10, 2001.
- Caudell, T., Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, System Sciences, 1992. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on Augmented reality, str. 659–699, 1992.
- Cerar, M., Nadgrajena resničnost na osnovi označevalnikov, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2012.
- Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., Webster, A., A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment, 1st International Symposium on Wearable Computers, Cambridge, MA, str. 74–81, 1997.
- Fijačko, J., Mobilna aplikacija za dopolnjeno stvarnost na osnovi lokacijskih podatkov, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2011.
- Halverson, B., povzeto po: http://www.thecarconnection.com/news/1041977_bmw-debuts-new-parking-assistant-in-2011-5-series (25. 9. 2012), 2011.
- Hollerer, T., Feiner, S., Terauchi, T., Rashid, G., Hallaway, D., Exploring MARS, Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System, Dept. of Computer Science, Columbia University, New York, str. 779–785, 1999.
- Imoran, A., povzeto po: <http://augreality.pbworks.com/w/page/9469034/Current%20Applications%20of%20AR> (25. 9. 2012), 2010.
- Juniao – Augmented Reality Brovser, povzeto po: <http://www.juniao.com/> (6. 11. 2012), 2012.
- IfcOpenShell, povzeto po: <http://ifcopenshell.org/> (25. 9. 2012), 2012.
- Karma – Augmented Reality Brovser, povzeto po: <http://monet.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html> (6. 11. 2012), 2012.
- Klinker, G., Stricker, D., Reiners, D., Augmented Reality for Exterior Construction Applications, Augmented Reality and Wearable Computers, str. 1–52, 2001.
- Layar – Augmented Reality Brovser, povzeto po: <http://www.layar.com/> (4. 4. 2012), 2012.
- Layar 3D – 3D model converter, povzeto po: <http://layar.pbworks.com/w/page/32586555/3D%20Model%20Converter> (7. 11. 2012), 2012.
- Milgram, P., Takemura, H., Augmented Reality, A class of displays on the reality-virtuality continuum, Telemanipulator and Telepresence Technologies, Vol 2351, str. 282–292, 1994.
- Metaio – Augmented Reality Brovser, povzeto po: <http://www.metaio.com/> (6. 11. 2012), 2012.
- MixAre – Augmented Reality Brovser, povzeto po: <http://www.mixare.org/> (6. 11. 2012), 2012.
- Nielsen, M. B., Kramp, G., Gronbak, K., Mobile Augmented Reality Support for Architects Based on Feature Tracking Techniques, M. Bubak et al. (Eds.): ICCS 2004, LNCS 3038, str. 921–928, 2004.
- Olson, T. D., Savisalo, A. T., Hakkarainen, M., Woodward, C., User evaluation of mobile augmented reality in architectural planning, eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, str. 733–740, 2012.
- Pasman, W., Woodward, C., Implementation of an Augmented Reality System on a PDA, Proceedings of the Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03), str. 1–2, 2003.
- Podlesk, Implementacija in uporaba knjižnice za prikaz bližnjih zanimivih točk z obogateno resničnostjo na mobilnih napravah, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FRI, 2011.
- Podrekar G., Razvoj sistema za neinvazivno opazovanje podkožnih ven z obogateno resničnostjo, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2011.
- Pucer, P., Razširjena resničnost, Zdravstveni vestnik, 80, str. 578–585, 2011.
- Remic, K., Mobilna aplikacija za razpoznavo gora na osnovi dopolnjene resničnosti, diplomska naloga, Univerza v Ljubljani FE, 2011.
- Sutherland, I., A Head-Mounted Three-Dimensional Display, Sutherland, I. E., AFIPS Conference Proceedings, Vol. 33, Part I, str. 757–764, 1968.
- STSI, Spletni terminološki slovar informatike, povzeto po: http://www.islovar.org/iskanje_enostavno.asp (3. 4. 2012).
- SSKJ, Slovar slovenskega knjižnega jezika, Inštitut za slovenski jezik Frana Ramovša ZRC SAZU, povzeto po: <http://bos.zrc-sazu.si/sskj.html> (3. 4. 2012).
- Šuman, N., Priprava in gradnja objektov v gradbenih podjetjih s poudarkom na konceptu reinženiringa, doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, str. 18, 2008.
- Povzeto po: <http://www.ifcopenshell.org/ifcobj.html> (24. 9. 2012), 2012.
- Webster, A., Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection, and Renovation. Proc., Computing in civil engineering, ASCE, str. 913–919, 1996.
- Wikitude – Augmented Reality Brovser, povzeto po: <http://www.wikitude.com/> (6. 11. 2012), 2012.
- Woodward, C., Hakkarainen, M., Raino, K., Mobile Augmented Reality for Building and Construction, Mobile AR Summit @ MWC 2010, str. 1–2, 2010.

IZGRADNJA CENTRA BAROČNE UMETNOSTI V ŠMARJU PRI JELŠAH

CONSTRUCTION OF THE CENTRE OF BAROQUE ART IN ŠMARJE PRI JELŠAH

Rok Cajzek, mag. gosp. inž.

GIC Gradnje, d. o. o.

Sveti Florijan 120, 3250 Rogaška Slatina

izr. prof. dr. Uroš Klanšek, univ. dipl. gosp. inž.

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

Smetanova 17, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK: 726.9:727.7(497.4)

Povzetek | V članku sta predstavljeni rekonstrukcija in dograditev več kot stoletje starega župnijskega gospodarskega poslopja v Šmarju pri Jelšah z namenom njegove preureditve v Center baročne umetnosti. V ta namen se je občina Šmarje pri Jelšah leta 2008 prijavila na razpis »Regionalni razvojni programi« za krepitev regionalnih razvojnih potencialov za obdobje 2007–2013 in pridobila nepovratna sredstva za investicijo. Pomemben del finančnih sredstev je občina prispevala tudi sama iz svojega proračuna. S tem je bila pridobljena pomembna zgradba za hrambo bogate kulturne dediščine iz šmarske Kalvarije, ki velja za enega izmed najboljšežnejših baročnih umetnostnih kompleksov v Sloveniji. Gradbena dela so se pričela v začetku avgusta 2011, objekt pa je bil dokončan v drugi polovici maja 2012. Center baročne umetnosti v Šmarju pri Jelšah ima trenutno status muzeja v nastajanju, saj zbirka še ni v celoti dokončana.

Ključne besede: rekonstrukcija, center baročne umetnosti, muzej, kulturna dediščina

Summary | This paper presents the reconstruction and completion of an annex of more than a century-old parish outbuilding in Šmarje pri Jelšah for the purpose of its rearrangement into the Centre of Baroque Art. Therefore, the municipality of Šmarje pri Jelšah applied for the public tender »Regional Development Program«, which was put out in order to strengthen regional development potential for the period from 2007 to 2013, and obtained granted co-financing for the investment. A significant part of financial resources was also contributed from the municipality budget. In this way, an important building was gained, intended for preserving rich material cultural heritage of Šmarska Kalvarija, which is said to be one of the largest passion baroque art complexes in Slovenia. Construction works started in the beginning of August 2011, while the building was finished in the second half of May 2012. Today, the Centre of Baroque Art in Šmarje pri Jelšah holds a status of a museum in the nascent stages, since its collection has not been completed yet.

Key words: reconstruction, Centre of Baroque Art, museum, cultural heritage

1 • UVOD

Lokacija objekta, ki je delno v lastništvu župnišča, delno pa v lasti občine, je pod Kalvarijo v središču kraja Šmarje pri Jelšah.

Parcelo poslopja obkrožajo na severni strani upravna enota, občina in policija, na zahodni strani dovozna Cesta na Sv. Rok, na južni in

vzhodni strani pa kmetijska zemljišča. Gospodarsko poslopje zadnjih nekaj let ni imelo uporabne funkcije, zato je bilo v precej slabem stanju. V letu 2008 je bila sprejeta odločitev, da bo v rekonstruiranem in dograjenem gospodarskem posloplju nastal Center baročne umetnosti z muzejsko zbirko, manjši del tega

objekta pa bo namenjen prostorom za potrebe župnišča. V ta namen je bil predviden naslednji obseg del (Čebela, 2010):

- rušitvena dela na zahodni in južni fasadi,
- rušitvena dela v notranjosti obstoječe zgradbe,
- sanacija vlage v zidovih in ojačitve,
- rekonstrukcija stropov,
- rušitev stare strešne konstrukcije in zamenjava z novo,
- izvedba pilotne stene,

- izgradnja prizidka,
 - zamenjava stavbnega pohištva z novim,
 - rekonstrukcija in obnova fasade,
 - izgradnja vodovodnega in kanalizacijskega sistema,
 - izvedba električnih in telekomunikacijskih inštalacij,
 - vgraditev sistema ogrevanja in prezračevanja ter
 - ureditev okolja.
- Projektno dokumentacijo za izvedbo predvi-

denih gradbenih, obrtniških in inštalacijskih del je izdelalo podjetje Studio List, d. o. o., iz Celja v sodelovanju z drugimi podjetji (Čebela, 2010). Na osnovi razpisa za oddajo javnega naročila in povabila k predložitvi ponudb za izvedbo gradbenih, obrtniških in inštalacijskih del je bilo izbrano podjetje GIC gradnje, d. o. o., iz Rogaške Slatine (Urleb, 2011). Gradbena dela so se začela v drugi polovici junija 2011. Prenovljeni objekt z dograjenim prizidkom je bil predan investitorju v drugi polovici maja 2012.

2 • KRATEK ZGODOVINSKI PREGLED

Za boljše razumevanje pomena rekonstrukcije in dozidave gospodarskega poslopja v Center baročne umetnosti se je treba najprej ozreti v preteklost. Poslopje je bilo zgrajeno ob vznožju hriba, pod cerkvijo sv. Roka, konec 19. stoletja in je bilo vseskozi v lasti šmarskega župnišča. Zgodnejše fotografije Šmarja pri Jelšah kažejo, da je bilo poslopje umeščeno in zgrajeno v naseljeno okolje tega kraja (glej objekt na skrajni levi strani slike 1).

Objekt je bil zgrajen iz preprostih, takrat dostopnih materialov, kot so kamen in opeka, zidana z apneno malto, ter les. V preteklosti se je objekt v glavnem uporabljal za potrebe kmetovanja in sčasoma se njegova namembnost ni bistveno spreminjala. Pred leti je bilo poslopje ponovno prekrito, obnovljena je bila fasada na zahodni in severni strani, izvedena pa so bila tudi manjša vzdrževalna dela. V času pred rekonstrukcijo in dozidavo je bil objekt prazen.

Odločitev o preureditvi župnijskega objekta v Center baročne umetnosti je bila sprejeta zaradi potrebe po ohranjanju kulturne dediščine in problematike shranjevanja dragocenih del iz bogate zgodovine kraja Šmarje pri Jelšah. Gospodarsko poslopje je namreč v neposredni bližini cerkve sv. Roka, ki je bila zgrajena med letoma 1645 in 1666, po legendi zaradi kuge,



Slika 1 • Razglednica Šmarja pri Jelšah iz leta 1900 (ZAC, 1900)

ki se je v Šmarju pri Jelšah razširila s Ptujca (Petrič, 2008). V notranjosti te cerkve so bile raznovrstne pomembne cerkvene skulpture iz začetka baroka pri nas. Prav tako je na pobočju pod cerkvijo sv. Roka šmarska Kalvarija s štirinajstimi kapelami, ki so povezane s kamnito potjo. V omenjenih kapelah so bili

številni dragoceni kipi iz kasnejšega obdobja, nekeje iz sredine 18. stoletja. Ideja o skupni hrambi izvirne materialne kulturne dediščine iz obdobja baroka na enem kraju je prispevala k odločitvi, da se prazno gospodarsko poslopje rekonstruira, dozida in preuredi v Center baročne umetnosti.

3 • STANJE OBJEKTA PRED REKONSTRUKCIJO

Gospodarski objekt je pred rekonstrukcijo obsegal pritličje in eno nadstropje ter bil zgrajen kot klasična opečna in deloma kamnita masivna gradnja. V objektu ni bilo napeljanih električnih, vodovodnih in telekomunikacijskih inštalacij. Vzhodni del objekta je v celotni

dolžini loža, iz katere je bila preko stopnišča urejena vertikalna povezava med pritličjem in nadstropjem. Leseni deli lože so bili dotrajani, predvsem vmesne letve med stebri in lesen strop. Stropne konstrukcije so bile grajene po dveh sistemih, in sicer tako, da so bili stropi

nad delom objekta leseni, na preostalem delu pa obokani z opeko in podprti z jeklenimi traverzami. Strešna konstrukcija je bila obnovljena pred približno dvajsetimi leti in ob tem izvedena kot klasična dvokapnica, prekrita z glineno opečno kritino. Fasada na severnem in zahodnem delu objekta je bila pred leti prav tako delno obnovljena, vendar pa je bila na preostalih dveh straneh v slabem stanju in na številnih mestih povsem dotrajana. Na sliki

2 je predstavljen videz poslopja ob začetku rekonstrukcije.

V notranjosti poslopja se je na več mestih pojavljala vlaga v zidovih, kjer so zaradi njenega dolgotrajnega delovanja nastale poškodbe, omet je začel odpadati, pojavljali se je soliter. Zunaj, na južni in vzhodni strani stavbe, so bili kamniti temelji poškodovani zaradi neustreznega odvodnjavanja in zmrzovanja, kar je povzročilo neenakomerno posedanje in razpoke na nekaterih delih objekta. Treba je bilo urediti odvajanje vode z drenažnim sistemom in opraviti sanacijo temeljev s podbetoniranjem. Povsem dotrajana so bila tudi leseno stavbno pohišstvo in okna z enoslojno zasteklitvijo.



Slika 2 • Videz poslopja ob začetku rekonstrukcije (A0ŠJ, 2011)

4 • REKONSTRUKCIJA IN DOZIDAVA OBJEKTA

4.1 Rušitvena dela

Prve aktivnosti rekonstrukcije gospodarskega poslopja so obsegale rušitvena dela na več mestih. Rušitvena dela so zajela zunanje leseno stopnišče v loži na vzhodnem delu fasade, obodni zid na zahodnem delu objekta, južno obodno steno nad prvo ploščo in strešno konstrukcijo. Prav tako je bilo treba odstraniti dimnik na zahodni fasadi poslopja. V notranjosti stavbe sta bili zaradi spremembe namembnosti prostorov izvedeni rušitev predelnih sten v pritličju in zamenjava lesenih stropov.

Za zagotavljanje varnosti gradnje je bilo treba med rušitvenimi deli izvesti dodatne podporne ukrepe s podporniki in sidranje obodnih zidov v novo ploščo nad pritličjem, ki je bila narejena predhodno. Jekleni nosilci so bili podprti s podporniki, obokani deli obstoječega stropa pa z lesenimi tramovi, ki so razporedili točkovne pritiske podpornikov (t. i. podpiranje z blazino). Porušeni predelni zidovi so bili nadomeščeni z armiranobetonskimi okvirji, ki zagotavljajo ustrezno togost in potresno varnost objekta. Pri rušitvenih delih nastali gradbeni odpadki so se ustrezno ločili

po vrstah in so bili oddani pooblaščenim zbiralcem v nadaljnjo obdelavo in deponiranje (Urleb, 2012).

4.2 Izkop gradbene jame, temeljenje in gradnja prizidka

Z zaključkom rušitvenih del sta se začela izvajati pilotna stena na južni strani objekta in širok izkop gradbene jame v območju predvidenega prizidka. Na podlagi sondiranja je bilo ugotovljeno, da so temeljna tla sestavljena iz površinskega glinasto-meljastega sloja, ki prehaja v preperelo podlago laporja, na večjih globinah pa je bil kompaktni lapor. Na območju novogradnje, na skrajni južni strani, je bilo treba izdelati sidrno podporno konstrukcijo, ki omogoča zaščito izkopa in



Slika 3 • Pilotna stena, temeljna plošča in opaževanje sten prizidka



Slika 4 • Opaževanje stropne plošče nad pritličjem prizidka

obenem zadržuje zaledno zemljino proti zdrsu (Venturini, 2010). Pilotna stena se je izvedla z dvajsetimi uvrtnimi piloti premera 60 cm v rastru 1,20 m z globino 6 do 9 metrov, ki je na vrhu povezana z armirano betonsko gredo dimenzij 80/60 cm (Klančnik, 2010). V vezno gred so v rastru 3,60 m vgrajena aktivna sidra dolžine 18 m, ki so sidrana v lapor pod kotom 35 stopinj. Sidra so imela približno 8 m vezne in 10 m proste dolžine.

Zaradi slabe nosilnosti tal na ozkem območju ob obstoječi južni steni objekta je bilo opravljeno utrjevanje terena z odvozom slabo nosilne zemljine in dovozom gramoza v plasteh. Na preostalem delu izkopa pa se je pojavljala lapor ustrezne nosilnosti. Za zagotovitev enakomernejšega posedanja novega dela objekta je bilo njegovo temeljenje opravljeno na armiranobetonski plošči, ki je bila izdelana na prej pripravljene tamponski blazini, sloju podložnega betona in horizontalni hidroizolaciji. Slika 3 prikazuje pilotno steno, temeljno ploščo in opaževanje sten prizidka.

Zaradi neizogibnih diferenčnih posedkov je bil novi del objekta konstrukcijsko dilatiran od obstoječe stavbe. Izkopi so bili opravljeni tudi v območju obstoječega objekta zaradi ugotavljanja stanja prvotnih temeljev in njihove sanacije, odvajanja vode in izdelave hidroizolacije.

K obstoječemu posloplju je bil na njegovi južni strani prizidan novi del objekta, ki je bil višinsko poenoten z obstoječim objektom in prekrit s skupno streho. Konstrukcija dozidanega dela objekta je bila izvedena kot armiranobetonska lupina. V osrednjem delu novega objekta je bila zgrajena vertikalna povezava etaž preko dvigala in stopnišča. Etažne plošče novega

prizidka so bile prav tako izvedene z armiranim betonom. Vsi vgrajeni betoni so bili izdelani v skladu s projektom betona (Prah, 2011). Slika 4 prikazuje opaževanje stropne plošče nad pritličjem prizidka.

Termoizolacija objekta je bila opravljena po sistemu izolacijskih fasad v debelini 15 cm z ekspanziranim polistirenom in tankoslojnim ometom. Za izvedbo termoizolacije kleti in fasadnega podstavka se je uporabil ekstrudiran polistiren.

4.3 Rekonstrukcija stropov na obstoječem delu poslopja

Obstoječi stropi so bili obokani z glineno opeko in izdelani v rastru, ki so ga narekovali prostori v pritličju objekta. Opečni oboki so bili v polju podprti preko vzporedno postavljenih jeklenih valjanih I-nosilcev. Rekonstrukcija stropov je bila predvidena tako, da se nad oboki izdela armiranobetonska plošča, ki se preko novih jeklenih I-profilov poveže z obstoječimi obodnimi nosilnimi zidovi objekta. Za boljšo povezanost celotnega objekta se je armiranobetonska plošča še dodatno vpela z navojnimi palicami in jeklenimi sidri v obodne zidove. Pred izvedbo armiranobetonske plošče so bila v zunanjih zidovih izdelana ležišča za naleganje novih jeklenih I-nosilcev, ki skupaj s ploščo tvorijo sovprežno stropno konstrukcijo. Ležišča nosilcev so bila pozneje obbetonirana. Sovprežnost med armiranobetonsko ploščo in jeklenimi nosilci je bila zagotovljena preko posebnih sider, ki so bila v ustreznih razmikih privarjena na stojnine I-profilov, tako kot je to bilo določeno po statičnem izračunu (glej sliko 5).

Na temeljito očiščene opečnate oboke se je namestila ustrezna debelina ekspanziranega

polistirena, preko katerega se je namestila gradbena folija PVC, ki je služila kot opažna površina za novo armiranobetonsko ploščo. Pri montaži novih jeklenih I-nosilcev je bila posebna pozornost namenjena temu, da se njihov raster ujame z rastrom stebrov vzhodne lože objekta. Na omenjene nosilce se je namreč v naslednji fazi nameščal jekleni skelet nosilne konstrukcije nadstropja in podstrešja.

4.4 Sanacija vlage v zidovih

V pritličju obstoječega dela poslopja je zaradi dolgotrajne čezmerne vlage začel odpadati omet, uničil se je tudi del konstrukcijskega materiala. Kapilarna vlaga je bila prisotna v obodnih in v predelnih zidovih. Sanacija je potekala tako, da je bil najprej odstranjen omet in nato očiščena površina zidu. Problem dviga kapilarne vode je bil odpravljen z vrtanjem sond s presekom 28 mm pod kotom 30 stopinj navzdol v različnih nivojih. Zid je bil nato penetriran do zasičenja, s čimer se je ustvarila hidrofobna bariera za preprečitev ponovnega dviga kapilarne vode. Sonde so se zatem zapolnile s hidrofobno sanacijsko malto, na očiščenih zidovih pa je bil na koncu izveden sušilni omet.

Tudi pri zunanji ureditvi objekta in ob izvedbi novih tlakov v pritličju je bila posebna pozornost namenjena sanaciji vlage v zidovih obstoječega objekta. Temelji pod obstoječimi zidovi so bili odkopani, vgrajene so bile drenažne cevi ustreznih presekov, drenažni nasipi pa so bili izdelani iz lomljenca z ločilnim slojem iz filca. Stik, med starim in novim delom stavbe, v območju temeljev in obstoječega zidu do višine 40 cm, se je ustrezno očistil, izravnal, premazal in nato hidroizoliral.



Slika 5 • Rekonstrukcija obstoječega stropa



Slika 6 • Namestitev ostrešja

4.5 Ostrešje in mansarda

Ostrešje obstoječega objekta je bilo precej dotrajano, zato se je v sklopu rušitvenih del odstranilo skupaj s kritino. Nad celotnim objektom se je naredilo novo ostrešje iz smrekovega lesa z legami, špirovci, deskanjem strešine, paroprepustno folijo, prezračevalnimi letvami in letvami za pokrivanje z glineno opečno kritino (glej sliko 6).

Konstruktivske premostitve v mansardi so bile pretežno opravljene preko antikorozijsko in protipožarno zaščitenih jeklenih okvirjev, ki so bili nameščeni na tlorisu jeklenih I-nosilcev rekonstruiranega stropa v obstoječem delu poslopja. Preostale konstruktivske premostitve

v mansardi so bile opravljene preko lepljenih lesenih nosilcev. V notranjosti podstrešja, ki ga je zajela nosilna konstrukcija mansarde, se je oblikoval nov uporaben prostor, ki je bil razporejen na več ločenih višinskih nivojih. Po dogovoru z naročnikom je bilo pokrivanje strehe na zahodni strani objekta izvedeno z novo kritino, na vzhodni strani pa se je uporabila skrbno prebrana obstoječa kritina.

4.6 Dostopi za ljudi z gibalnimi težavami

Dostopi za ljudi z gibalnimi težavami so s centralnim dvigalom omogočeni v vse dele objekta, vključno z medetažo. V pritličju in nadstropju sta bili izvedeni tudi dve pre-

hodni rampi za neoviran prehod invalidov. Glavni dostop do objekta je bil izpeljan v istem nivoju na severni strani, vstop v objekt pa je omogočen s prehodom skozi dvorišče in ložo do vhoda v centralno dvigalo. Drugi vhod v objekt je možen z zahodne strani, vendar je zaradi stopnic pred vhodom neprimeren za uporabo pri ljudeh z gibalnimi težavami. Dostop do etaž objekta je možen tudi preko centralnega stopnišča, ki je obloženo s površinsko obdelanimi lesenimi plohi, tako da je videz skladen z notranjim oblikovanjem nadstropja in mansarde.

4.7 Obnova fasade

Fasada obstoječega gospodarskega poslopja je bila zaradi dolgotrajnega delovanja vlage in zmrzali dotrajana. Najbolj sta bili poškodovani južna in vzhodna fasada, manj pa zahodna in severna, predvsem zaradi predhodne obnove, približno dvajset let nazaj. Obstoječe poslopje sicer ni bilo varovano kot kulturna dediščina, vendar stoji v neposredni bližini kulturnega spomenika, zato je bilo treba pri oblikovanju njegove zunanje podobe upoštevati priporočila Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije (Hohnec, 2010). Pri obnovi fasade objekta je bilo treba upoštevati predhodne fasadne odprtine in njihovo kompozicijo, finalno obdelavo v klasičnem zaglajenem ometu in ponovitev opečnih lin na južni fasadi (glej sliko 7). Obnova fasade na objektu je bila opravljena z dodatno toplotno izolacijo in tankoslojnim toplotnim ometom. Površina fasade je bila izvedena groboreliefno z gladko zaglajenimi vmesnimi črtami, ki so bile kasneje pobarvane. Podnožje je bilo izvedeno z akrilnim ometom iz večbarvnega marmornega granulata temnejših odtenkov.



Slika 7 • Videz fasade po končani rekonstrukciji in dozidavi objekta

5 • FUNKCIONALNA ČLENITEV OBJEKTA PO REKONSTRUKCIJI IN DOZIDAVI

Objekt Centra baročne umetnosti je po rekonstrukciji in dozidavi razdeljen v naslednje sklope:

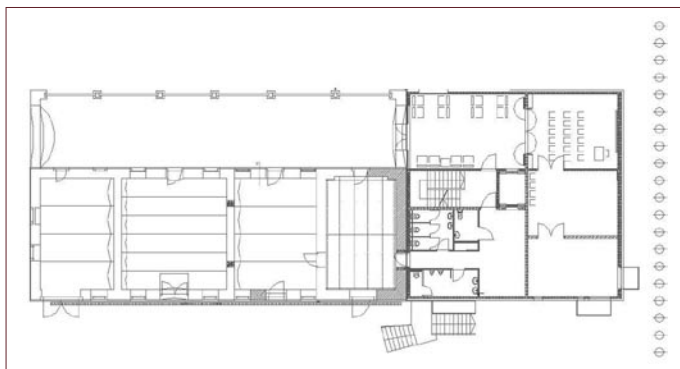
- sprejemnica,
- kapela,
- prostori župnišča in učilnice,
- komunikacije in pomožni prostori,
- sanitarije,
- garderoba,
- prostor za kustosa,
- razstavnih prostorov in
- loža z gospodarskim dvoriščem.

Na slikah 8, 9 in 10 so prikazani značilni tloris, prečni in vzdolžni prerez objekta po opravljeni rekonstrukciji in dozidavi.

V pritličju prvotnega dela poslopja so prostori župnišča, novi del objekta pa je namenjen muzeju. Tako je v pritličju poslopja kapela, v kateri se bodo lahko izvajale raznovrstne predstavitve s projiciranjem multimedijskih vsebin baročnih umetnosti s širšega območja Šmarja pri Jelšah. Prav tako so na tem mestu depo za skladiščenje muzejskih umetnin, sanitarije, sprejemnica in drugi pomožni tehnični pro-

stori za energetiko in tehniko. V sklop pritličja je zajeta tudi velika loža, ki je zaprta z dveh strani. V njej je v poletnih mesecih mogoče pripraviti različne delavnice. Na sliki 11 je prikazana severna stran poslopja z vhodom v ložo, na sliki 12 pa je predstavljena loža v pritličju objekta.

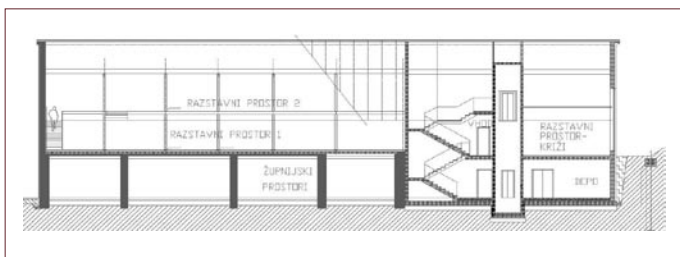
Pritličje objekta je preko dvoramnih stopnic in dvigala povezano s prvim nadstropjem. V prvem nadstropju stavbe je velik razstavni prostor, preostali prostori pa so v novem delu zgradbe. V prizidku so garderoba za obiskovalce, pisarna za kustosa in dvovišinski razstavni prostor. Prav tako je na tem mestu narejen dostop do stopnišča in dvigala. V mansardi so dva velika razstavna prostora



Slika 8 • Značilni tloris objekta (Čebela, 2011)



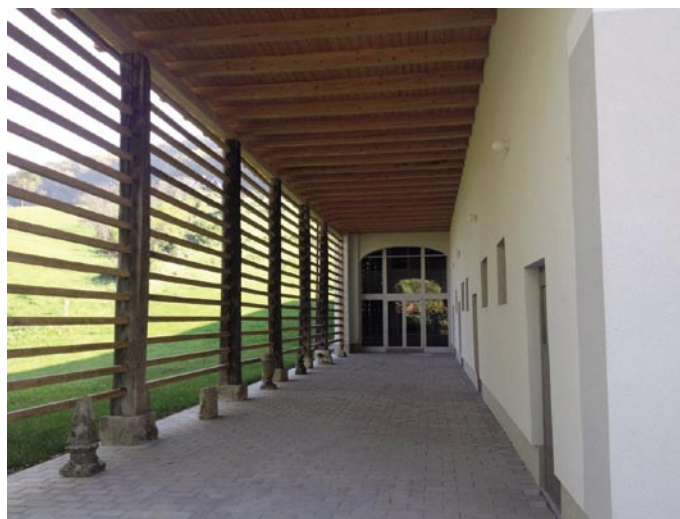
Slika 9 • Značilni prečni prerez objekta (Čebela, 2011)



Slika 10 • Značilni vzdolžni prerez objekta (Čebela, 2011)



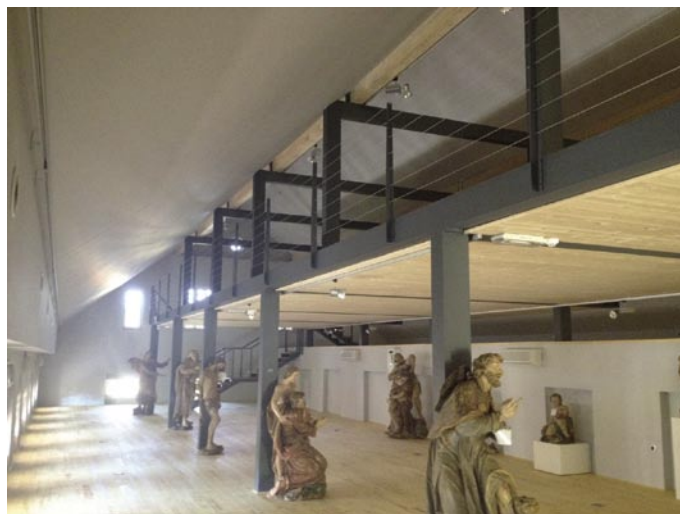
Slika 11 • Severna stran objekta z vhodom v ložo



Slika 12 • Loža v pritličju objekta

in dva manjša. Na sliki 13 je predstavljen razstavni prostor muzeja.

Iz galerije v mansardi je mogoč pogled skozi stekleno ograjo na vhod objekta ali pa na dvovišinski razstavni prostor iz pritličja. Iz galerije je možen pogled na južno stran preko velikih steklenih površin proti Kalvariji in cerkvi sv. Roka, kar daje obiskovalcu še dodaten vtis povezanosti Centra baročne umetnosti z bogato zgodovino.



Slika 13 • Razstavni prostor muzeja

6 • SKLEP

V članku so na kratko predstavljene rekonstrukcija, dozidava in preureditev več kot stoletje starega gospodarskega poslopja v Center baročne umetnosti v Šmarju pri Jelšah. V objekt so bili popolnoma na novo vgrajeni tudi električna in telekomunikacijska inštalacija, vodovodni sistem, kanalizacijski sistem, sistem ogrevanja, sistem hlajenja in prezračevanja. Investitor, občina, je zagotovil približno dve tretjini potrebnih sredstev, preostala finančna sredstva so bila pridobljena na javnem razpisu »Regionalni razvojni programi« za krepitev re-

gionalnih razvojnih potencialov za obdobje 2007–2013.

Projektno dokumentacijo za gradbena dela je izdelalo podjetje Studio List, d. o. o., glavni izvajalec del pa je bilo podjetje GIC gradnje, d. o. o., iz Rogaške Slatine. Gradbena dela so se pričela v začetku avgusta 2011, rekonstruiran Center baročne umetnosti s prizidkom pa je bil, po opravljenem kakovostnem pregledu, predan investitorju v drugi polovici maja 2012. Z rekonstrukcijo, dozidavo in preureditvijo gospodarskega

poslopja v Center baročne umetnosti je bila pridobljena pomembna zgradba za hrambo bogate materialne in kulturne dediščine s šmarske Kalvarije, ki velja za enega izmed najboljšežnejših pasijonskih baročnih umetnostnih kompleksov v Sloveniji. Investicija, v smislu ohranjanja arhitekturne in kulturne dediščine, predstavlja veliko pridobitev za Šmarje pri Jelšah in tudi za širše območje. Na koncu velja omeniti, da občina trenutno kandidira za finančna sredstva pri še enem razpisu, in v kolikor bo uspešna, bo s pridobljenimi sredstvi tehnološko podprla celotno zbirko, kar bo še dodatno pripomoglo k večjemu zanimanju za baročno umetnost na Slovenskem.

7 • ZAHVALA

Za posredovano pomoč pri nastajanju tega članka je posebna zahvala namenjena občini

Šmarje pri Jelšah, županu g. Jožetu Čakšu in mag. Zinki Berk ter kolegu Alešu Urlebu,

univ. dipl. inž. grad., iz podjetja GIC gradnje, d. o. o.

8 • LITERATURA

AOŠJ, Arhiv občine Šmarje pri Jelšah, fotografija videza poslopja ob začetku rekonstrukcije, 2011.

Čebela, M., idr., Muzej baroka, Projektna dokumentacija PGD, št. 1161/05, Studio List, d. o. o., Celje, 2010.

Čebela, M., idr., Muzej baroka, Projektna dokumentacija PZI-arhitektura, št. 1161/05, Studio List, d. o. o., Celje, 2011.

Hohnec, T., idr., Kulturnovarstveno soglasje, št. 02-7964/8-07/10, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, Celje, 2010.

Klančnik, T., Muzej baroka, Načrt zaščite gradbene jame, št. načrta T-16/10, Proming, d. o. o., Celje, 2010.

Petrič, F., Slovenske božje poti, Družina, d. o. o., Ljubljana, 2008.

Prah, D., Muzej baroka, Projekt betona, št. PB 11/007-I, GIC gradnje, d. o. o., Rogaška Slatina, 2011.

Rosc, A., Muzej baroka, Tehnološki elaborat – projekt hidroizolacije mešanih zidov, Sanacije Mernik, Slovenska Bistrica, 2011.

Urleb, A., idr., Muzej baroka, Organizacija gradbišča, št. načrta 11/009, GIC gradnje, d. o. o., Rogaška Slatina, 2011.

Urleb, A., Muzej baroka, Poročilo o nastalih gradbenih odpadkih in o ravnanju z njimi, št. poročila 329-AU/2012, GIC gradnje, d. o. o., Rogaška Slatina, 2012.

Venturini, S., Geotehnično poročilo, arhivska številka 2574/2010, Ini, d. o. o., Ljubljana, 2010.

ZAC, Zgodovinski arhiv Celje, razglednica 81-1 iz leta 1900.



ZPM Slovensko združenje za projektni management in GZS Zbornica osrednjeslovenske regije

vabita na

Projektni forum 2013,

ki bo na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani, 20. in 21. maja 2013 pod naslovom

Izzivi gospodarskega razvoja 2013 Inovativni projektni menedžment

Več informacij o prireditvi najdete
na spletni strani Projektnega foruma 2013: <http://www.zpm-forum.si/>,
na spletni strani ZPM: <http://sl.zpm-si.com/>,
in na spletni strani GZS ZOR: <http://www.ozljubljana.si/>

Rok za oddajo naslova prispevka in povzetka je 18. marec 2013.

Dodatne informacije dobite na naslovih:
info@zpm-si.com,
mag. Andrej Kerin andrej.kerin@guest.arnes.si telefon (041 360 335)
in dr. Tanja Arh tanja@e5.ijs.si (01 477 3336)

IPMA»

ZPM, Slovensko združenje za projektni management
Stegne 7, 1000 Ljubljana, URL: <http://www.zpm-si.com>, E-pošta: info@zpm-si.com
matična številka: 5830559, davčna številka: 48549983, številka TR: 03104-100009376



NOV CENIK OGLAŠEVANJA V GRADBENEM VESTNIKU OD 1. 1. 2013

GRADBENI VESTNIK je edina slovenska strokovno-znanstvena publikacija, ki nepretrgoma izhaja že 62 let in domači in tuji strokovni javnosti predstavlja dosežke z vseh področij gradbeništva. Revija je tudi člansko glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije ter Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije. Izhaja mesečno v nakladi 3400 izvodov, letno izide 12 števil s povprečnim obsegom 24 strani na številko. Poleg domačih naročnikov prejema fiskano publikacijo 20 naslovov iz tujine, vsebine Gradbenega vestnika so bralcem dostopne tudi v elektronski obliki na spletni strani ZDGITS (<http://www.zdgits.dobravila.si/gradbeni-vestnik>).

V reviji je možno oglaševati, od 1. 1. 2013 dalje po novih, **prepolovljenih cenah:**

Ovitek – zadnja stran 1/1	417,00 EUR
Notranja stran 1/1	312,00 EUR
Notranja stran 2/3	271,00 EUR
Notranja stran 1/2	208,00 EUR
Notranja stran 1/3	156,00 EUR
Notranja stran 1/4	83,00 EUR

V cenah ni upoštevan 20 % DDV!

Za enkratno ponovitev oglasa upoštevamo 10 % popust, za večkratno ponovitev 20 %.

Razpoložljivost oglaševalskega prostora:

1/1 stran obsega	165 x 245 mm
2/3	108 x 223 mm
1/2	165 x 115 mm
1/3	52 x 223 mm
1/4	165 x 60 mm

Oglas lahko pošljete v formatih PDF, JPEG, TIFF, EPS ali CDR.

Vsebine je mogoče poslati po e-pošti na naslov:

gradbeni.vestnik@siol.net

ali z redno pošto na naslov:

GRADBENI VESTNIK, Karlovška 3, 1000 Ljubljana.

Gradivo pričakujemo do 1. dneva v vsakem mesecu.

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Uroš Murn, Analiza trga stavbnih zemljišč v Mestni občini Novo mesto, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Darko Čavič, Uporaba ekspaniranega polistirena (EPS) pri geotehničnih gradnjah, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor asist. dr. Boštjan Pulko

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Sandi Ostanek, Projektiranje in analiza porabe energije v vrstnih hišah na Primorskem, mentor doc. dr. Živa Kristl, somentor doc. dr. Sebastjan Bratina

Primož Murn, Določanje učinkovitosti aktivne termografije za zaznavanje anomalij v betonskih konstrukcijskih elementih, mentor izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov, somentor asist. Patricia Cotič

Matija Kolarič, Večfrakcijski pristop k modeliranju transporta plavin, mentor doc. dr. Dušan Žagar

Jure Rupnik, Stopnja tveganja na glavnih državnih cestah po metodologiji EuroRAP, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura, somentor viš. pred. mag. Jure Kostanjšek

Marko Ahčin, Primerjava merjene in računske porabe toplote za ogrevanje v večstanovanjskih stavbah na Jesenicah, mentor prof. dr. Aleš Krainer, somentor Anže Urevc, doc. dr. Mitja Košir

Benjamin Bogovič, Optimizacija zasnove verige HE na srednji Savi na odseku pri Litiji, mentor doc. dr. Andrej Kryžanowski, somentor doc. dr. Simon Schnabl

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

Gašper Jarc, Podpora nadzornega sistema predelave odvečnega blata čistilnih naprav v trdno gorivo, mentor izr. prof. dr. Viktor Grlic

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Franc Zajamšek, Enotni informacijski sistem občinskih cest, mentor izr. prof. dr. Marijan Žura

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Mitja Horvat, Analiza izvedenih ureditvenih ukrepov na odseku Save Bohinjke od kraja Brod do Laškega Rovta, mentor doc. dr. Janja Kramer Stajniko

Jernej Šilak, Protihrupne ograje iz lahkega betona, mentor doc. dr. Milan Kuhta, somentor pred. Aljoša Klobučar

2. STOPNJA, MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Peter Jugovic, Vloga vodje gradbenega projekta v posameznih fazah procesa graditve, mentor doc. dr. Nataša Šuman

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

KOLEDAR PRIREDITEV

10.4.2013

Bridges 2013

21st Annual Conference and Exhibition

Birmingham, Anglija

<http://2011.bridges.surveyorevents.com/content/>

15.-21.4.2013

BAUMA 2013

30th International Trade Fair for Construction Machinery, Building Material Machines, Mining Machines, Construction Vehicles and Construction Equipment

München, Nemčija

www.bauma.de

16.-18.4.2013

2013 International Highway Technology Summit

Peking, Kitajska

www.bridgeweb.com/MemberPages/Article.aspx?typeid=5&id=2816

22.-24.4.2013

FIB Symposium

Engineering a concrete future: technology, modelling & construction

Tel Aviv, Izrael

www.fib2013tel-aviv.co.il/index.ehtml

2.-4.5.2013

SEI/ASCE Structures 2013 Congress

Pittsburgh, Pennsylvania, ZDA

<http://content.asce.org/conferences/structures2013/index.html>

6.-8.5.2013

International IABSE Spring Conference

Assessment, Upgrading and Refurbishment of Infrastructures

Rotterdam, Nizozemska

www.iabse2013rotterdam.nl

17.-19.5.2013

IC-SDCI

International Conference on Sustainable Development of Critical Infrastructure (Co-sponsored by IABSE)

Shanghai, Kitajska

<http://iem.sjtu.edu.cn/IC-SDCI/en/>

20.-22.5.2013

7th National Seismic Conference on Bridges & Highways

Oakland, Kalifornija, ZDA

www.7nsc.info

27.-29.5.2013

1st International Conference on Concrete Sustainability

Tokyo, Japonska

www.jci-iccs13.jp

12.-14.6.2013

COMPdyn 2013

4th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering

Otok Kos, Grčija

<http://compdyn2013.org/>

26.-28.6.2013

FRPRCS11

11th International Symposium on Fibre Reinforced Polymers for Reinforced Concrete Structures

Guimares, Portugalska

www.frprcs11.uminho.pt/Default.aspx?tabindex=1&tabid=1&lang=en-US&pageid=29

24.-26.7.2013

ICSA 2013

2nd International Conference on Structures and Architecture

Guimares, Portugalska

www.icsa2013.arquitectura.uminho.pt

24.-27.9.2013

26th IABSE Symposium

Long Span Bridge and Roof Structures – Development, Design and Implementation

Kolkata, Indija

www.bridgeweb.com/MemberPages/Article.aspx?typeid=5&id=2443

25.-27.9.2013

IWCS 2013

Third International Workshop on Concrete Spalling due to fire exposure

Pariz, Francija

<http://mfpa-leipzig.de/index.php?id=64>

6.-9.11.2013

ECOMONDO 2013

17th International Trade Fair of Material & Energy Recovery and Sustainable Development

Rimini, Italija

<http://en.ecomondo.com/>

2.-6.6.2014

3rd World Landslide Forum "Landslide risk mitigation: Constructing a safe geo-environment"

Peking, Kitajska

www.wlf3.org

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