

ČERNOBIL POSTAJE GOLEMI SOLARNI PARK

# Dovršena najveća pokretna konstrukcija na svijetu

PRIPREMILA:  
Anđela Bogdan

**U sjevernoj je Ukrajini izgrađena najveća pokretna konstrukcija na svijetu kako bi u idućih stotinu godina zaustavila širenje smrtonosne radijacije iz Černobilske elektrane**

Usred prostranog i već desetljećima napuštenog područja u sjevernoj Ukrajini izgrađena je najveća pokretna konstrukcija na svijetu kako bi u idućih stotinu godina zaustavila širenje smrtonosne radijacije iz poprišta najveće nuklearne katastrofe u povijesti čovječanstva. Njezin put po tračnicama, od gradilišta do četvrtoga nuklearnog reaktora u Černobilu, pomoću hidrauličkih uređaja trajao je dva tjedna. Nikad do sada nije napravljen projekt tolikih dimenzija na tlu kontaminiranom radioaktivnim izotopima.

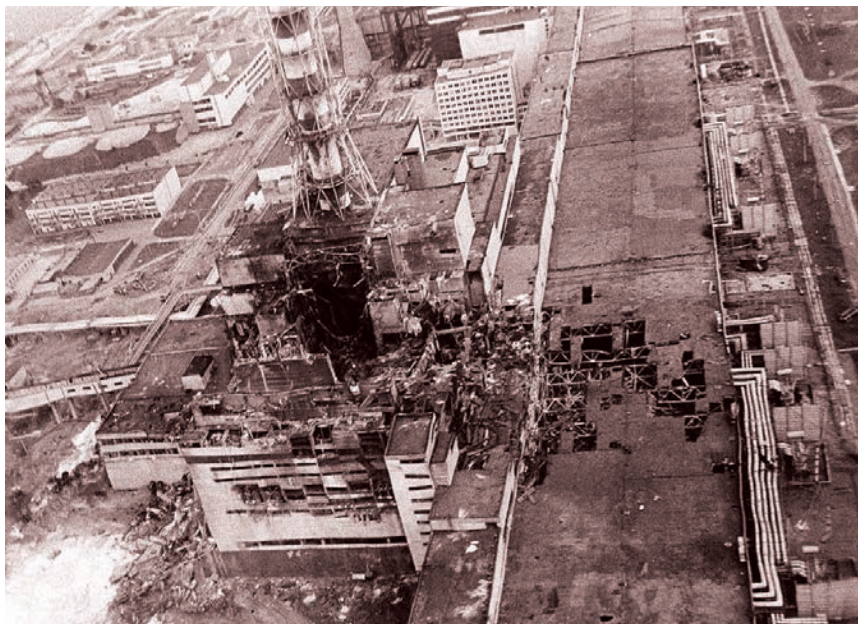
## Trideset godina od najveće nuklearne katastrofe

U travnju 2016. obilježena je trideseta godišnjica nesreće u Černobilu, čije posljedice još uvijek prijete zdravlju okolnog stanovništva.

Černobil je mali gradić u Ukrajini, na samoj granici Ukrajine s Bjelorusijom koji je sve do subote 26. travnja 1986. bio potpuno nepoznat u svjetskim okvirima, a nakon tog datuma postao sinonim katastrofe zbog eksplozije unutar četvrtoga nuklearnog reaktora koja je prouzročila najveću nuklearnu katastrofu u povijesti čovječanstva.

Nuklearna elektrana nije bila smještena u samome gradu Černobilu, već zapravo 18 km sjeverozapadno od toga gradića, a sastojala se od četiri reaktora tipa RBMK-1000, od kojih je prvi stavljen u pogon 1977., a kobni, četvrti reaktor 1983. godine. Černobilska je nuklearna elektrana u punome kapacitetu, sa sva četiri reaktora u radu, proizvodila otpri-

u jezgri cirkulira neprestano dok god ima nuklearnog goriva, cilj ispitivanja bio je taj da se utvrdi mogu li turbine u fazi gašenja proizvesti dovoljno energije da pokrenu vodene pumpe o kojima ovisi rad reaktora. U skladu s tim testiranjem tijekom



Četvrti nuklearni reaktor u Černobilu nakon eksplozije 1986.

like 10 posto ukupne električne energije za potrebe Ukrajine.

Černobil je mali gradić u Ukrajini, na samoj granici Ukrajine s Bjelorusijom koji je sve do subote 26. travnja 1986. bio potpuno nepoznat u svjetskim okvirima

Dan uoči kobne eksplozije, odnosno 25. travnja 1986., provodila su se ispitivanja sposobnosti turbina da generiraju dovoljne količine električne energije za pokretanje sigurnosnih sustava nuklearnog reaktora. Budući da je za rad nuklearnog reaktora RBMK-1000 potrebna voda koja

četvrtka 25. travnja 1986. pripremljeni su svi potrebni uvjeti kako bi testiranje moglo početi te se tako postupno počela smanjivati i produkcija električne energije sve do 50 posto mogućnosti reaktora, a zatim se potpuno neočekivano isključila regionalna elektrana koja je to područje opskrbljivala potrebnom električnom energijom. Nakon toga kontrolor u Kijevu izdao je naredbu da se daljnje postupno smanjivanje odgodi jer je još bila večer te je struja bila potrebna čitavoj regiji. Zbog te je naredbe testiranje odgođeno i povjerenje u ruke radnicima u noćnoj smjeni koji su imali vrlo malo iskustva s radom u nuklearnim elektranama jer je velika većina njih bila dovedena iz elektrana koje su radile na ugljen.



Pogled na reaktor na kojemu je izgrađen betonski sarkofag

Sva su četiri nuklearna reaktora bila rashlađivana vodom, a u slučaju njezina nedostatka umjesto do automatskoga gašenja dolazilo je do pregrijavanja. Taj neispravan i nestabilan dizajn reaktora, zajedno s ljudskim čimbenikom, lošom tehničkom procjenom i prebrzim odlukama koje su tada donijeli inženjeri, doveli su do eksplozije u četvrtome reaktoru. Provedeći eksperiment s turbinom generatora, inženjeri su povećali njegovu snagu, a znatno smanjili mjere sigurnosti. Došlo je do gubitka kontrole nad događajima, voda je zakuhala, a sustav za hlađenje namjerno je zatvoren. Nakon što je jedan od operatora uvidio pogrešku, pokušao je smanjiti razinu radioaktivnosti koristeći kontrolne grafitne šipke. To je bila fatalna pogreška jer je grafit samo pogoršao reakciju. Nakon toga četvrti je reaktor eksplodirao.

U ranim jutarnjim satima toga proljetnog dana, u paklenim uvjetima stotine vatrogasaca, tzv. likvidatora, pokušavalo je ugaziti vatru u generatoru. Približno

300 tona vode upumpavalo se svaki sat u preostali dio generatora, koji je nepopravljivo oštećen.

---

Sva su četiri nuklearna reaktora bila rashlađivana vodom, a u slučaju njezina nedostatka umjesto do automatskoga gašenja dolazilo je do pregrijavanja

---

Prema podacima Svjetske nuklearne udruge (*engl. World Nuclear Association*), vatrogasci su prestali gasiti požar nakon pola dana zbog opasnosti od poplave prvog i drugog reaktora. U sljedećim danima reaktor je još uvijek gorio pa je u nastojanjima da se zaustave požar i širenje radioaktivnih elemenata helikopterima preko njega preliveno približno 5000 tona gline, pijeska i olova. Deset zastrašujućih dana nakon nesreće gorjelo je nuklearno gorivo, raspršujući oblake

otrovne radijacije diljem kontinenta. Posebno su teško bile zahvaćene Ukrajina te susjedne Rusija i Bjelorusija.

Dok su se na mjestu nesreće počeli razabirati razmjeri užasa, sovjetske su vlasti šutjele u skladu s tradicijom da se o nesrećama koje bi mogle uništiti ugled sovjetske sile u doba hladnog rata ne govori.

Svjetsku su javnost uzbunili Šveđani 28. travnja 1986. detektiravši neobjašnjiv porast radijacije iznad svoje zemlje. Kemičar Cliff Robinson tog je jutra stigao na posao u nuklearnu elektranu *Forsmark*, koja se nalazi sjeverno od Stockholma. Prilikom sigurnosne provjere na ulazu u elektranu primijetio je da uređaj detektira visoku dozu radijacije na njegovim cipelama. Nakon što je provjereno cijelo postrojenje, bilo je jasno da nuklearna elektrana *Forsmark* nije oštećena. Prvo što mu je bilo palo na pamet bila je činjenica da je netko negdje upotrijebio nuklearno oružje. Tek nakon te objave Sovjeti su postali



Napušteni grad Pripjat

svjesni razmjera nuklearne katastrofe u Černobilu, priznali su da je četvrti reaktor eksplodirao pa su užurbano evakuirali 116.000 ljudi iz zone u krugu 30 kilometara oko nuklearne elektrane. Stanovnici su nakon nesreće mogli ponijeti samo kofer s dokumentima, knjigama i odjećom koja nije bila kontaminirana. U idućim godinama ista je sudbina zadesila još 230.000 stanovnika. Tada nitko od njih nije ni slutio da se nikada neće moći vratiti u svoje domove. Napuštena sela u okolini uništenog reaktora bila su toliko ozračena da su u njima vojnici mjesecima zatrpavali kuće sve do krovova kako bi se smanjile doze zračenja.

Grad Pripjat do danas je nenaseljen i pod redovitom je kontrolom ukrajinskih državnih službi za sanaciju okoliša

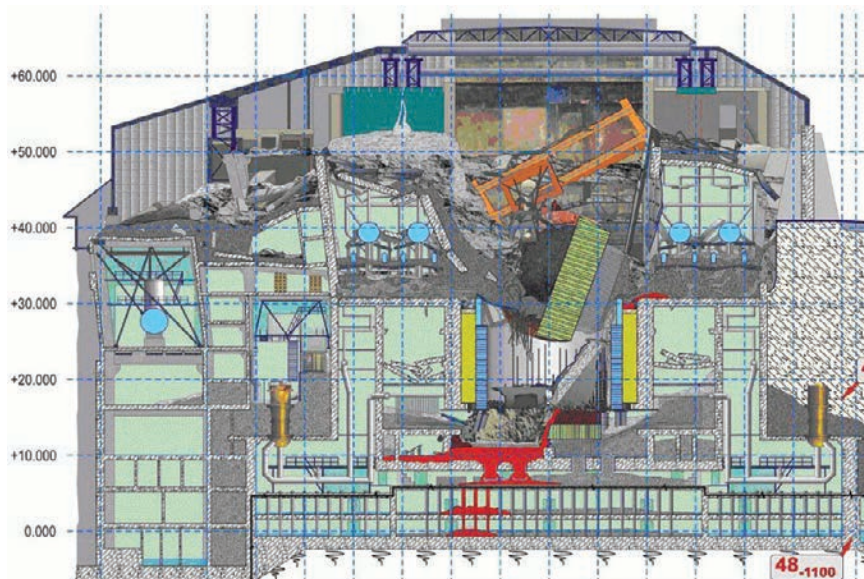
Stanovi, bazeni, bolnice i škole bili su potpuno napušteni, a sve unutar tih ustanova ostavljeno je da trune. Eksplozija je

uništila četvrti reaktor koji je potom ispuštio velike količine radioaktivne prašine, otprilike devet puta jače kontaminacije nego prilikom eksplozije nuklearne bombe u japanskome gradu Hirošimi.

Eksplozija je globalno odjeknula u svim svjetskim medijima i pojavilo se veliko nepovjerenje u sigurnost sovjetskih nuklearnih postrojenja. I sama je sovjetska vlada pod pritiskom svjetske javnosti



Zona isključenja na zemljovidu



Presjek uništenog reaktora ispod betonskog sarkofaga

morala maknuti veo tajnosti sa svojih nuklearnih projekata jer je eksplozija unutar četvrtog reaktora proširila radioaktivni oblak izvan granica ondašnjega Sovjetskog Saveza u istočnu, zapadnu i sjevernu Europu pa čak i u neke istočne dijelove sjeverne Amerike.

Grad Pripjat do danas je nenaseljen i pod redovitom je kontrolom ukrajinskih državnih službi za sanaciju okoliša. Početkom 21. stoljeća zgrade i stanovi potpuno su opljačkani. U tome gradu nije ostalo ništa vrijedno. Kuće i stanovi ispunili su se vodom pa danas nije neobično vidjeti kako drvo raste na krovu zgrade ili u njezinoj unutrašnjosti. Zbog dugogodišnjeg neodržavanja mnogim zgradama u Pripjatu danas prijete urušavanje.

### Sanacija nuklearne elektrane nakon eksplozije

Nakon nesreće postavljeno je pitanje što učiniti s oštećenom elektranom. Nad oštećenim, četvrtim reaktorom u kratkome vremenu izgrađen je betonski omotač, takozvani sarkofag koji je trebao štititi okoliš od daljnje radijacije, a između njega i zgrada koje su i dalje bile u uporabi izgrađena je masivna betonska barijera. U betonskom je sarkofagu sadržana glavnina nuklearnoga goriva iz reaktora

te sam uništeni reaktor s popratnom infrastrukturom. Peti i šesti reaktor, čija je izgradnja planirana, a petog reaktora i započeta, nikada nisu završeni. Postojeći betonski sarkofag izgrađen je između svibnja i studenoga 1986.

Nad oštećenim, četvrtim reaktorom u kratkome vremenu izgrađen je betonski omotač, takozvani sarkofag koji je trebao štititi okoliš od daljnje radijacije

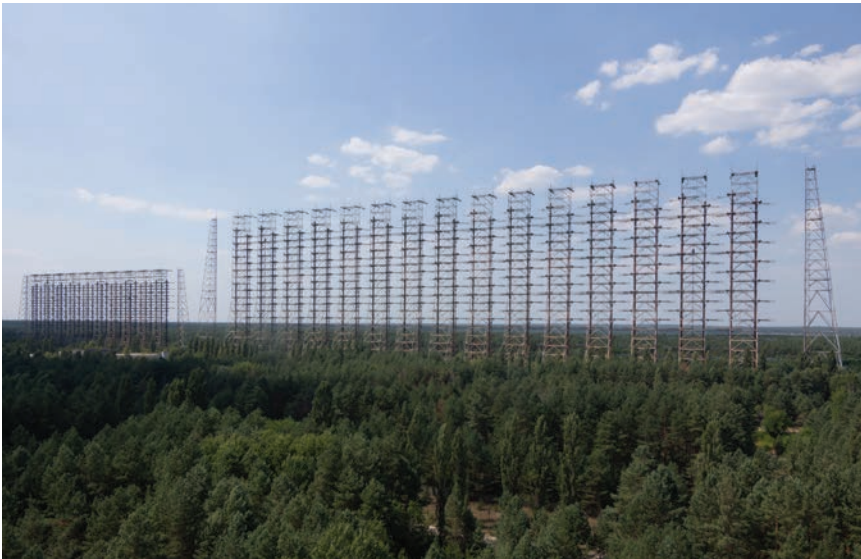
Bila je to izvanredna mjera za zaustavljanje istjecanja radioaktivnog materijala izvan četvrtog reaktora koji je uništen u eksploziji. Radnici, tj. vojnici-likvidatori, kako su ih nazivali, sarkofag su gradili u ekstremnim uvjetima, na području s vrlo visokim razinama radijacije opasnim za zdravlje i živote ljudi koji su ondje bili zaposleni. Mnogi od njih umrli su nedugo nakon nesreće zbog katastrofalnih posljedica radijacije.

Daljnji je rad nuklearne elektrane bio iskoristiv, ali i otežan zbog opasnosti po zdravlje zaposlenih. Relativno slaba ekonomska situacija Sovjetskog Saveza utjecala je na to da se proizvodnja u preostalim reaktorima nastavi. Ostala tri neoštećena reaktora ubrzo su ponovno pokrenuta. Postali su potpuno funkcionalni između listopada 1986. i prosinca 1987. godine. Godine 1991. u odjeljenju drugog reaktora izbio je požar pa je tijekom očevida donesen zaključak da se obustavi njegov rad. Prvi reaktor prestao je s radom u studenome 1996., u sklopu dogovora vlade Ukrajine i međunarodnih organizacija za zaštitu i sigurnost okoliša te IAEA-a (Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost). Ondašnji predsjednik Ukrajine Leonid Kučma osobno je 15. prosinca 2000. isključio treći reaktor, čime je posve zaustavljen rad nuklearne elektrane Černobil.

Ako u obzir uzmemo činjenicu da je 1986. trajao hladni rat, i ne čudi da su Sovjeti



Vizualizacija betonskog sarkofaga izrađenog nakon katastrofe 1986.



Pogled na raketni radar u Zoni isključenja

sve pozorno čuvali kao tajnu. Navodno nuklearna elektrana nije bila jedini zaštićeni objekt u toj regiji. Ondje se još uvijek nalazi tajni raketni radar izgrađen u sedamdesetim godinama prošlog stoljeća, na udaljenosti od oko 25 kilometara od Černobila. Radar je sada dio tzv. zabranjene zone. Prema pisanju nekih ruskih medija, nazvan je Černobil 2 ili *Duga*, a nije ga se moglo vidjeti na službenim kartama. Njegova je namjena trebala biti da otkrije eventualne rakete odaslane iz SAD-a. Na tome području civilima je bio zabranjen pristup, a približno tisuću vojnika i časnika koji su ondje radili živjelo je u malome gradiću u blizini radara. Oni su s obiteljima evakuirani odmah nakon katastrofe, a raketni je radar i danas ondje. Navodno je postojao plan da ga se sruši, ali od toga se odustalo zbog straha da podrhtavanje tla uslijed rušenja ne ošteti betonski sarkofag na uništenome černobilskom reaktoru.

Černobilsko napušteno područje koje se prostire na 2600 km<sup>2</sup> nazivaju Zonom isključenja ili Zabranjenom zonom

Kompletan ozračeni prostor do danas je ostao pod posebnom kontrolom ukrajinskih i svjetskih stručnjaka. U mnogim

izvorima upravo zbog toga černobilsko napušteno područje koje se prostire na 2600 km<sup>2</sup> nazivaju Zonom isključenja ili Zabranjenom zonom. Zbog visokih doza radijacije stanovnicima Pripjata i okolnih područja nikada nije dopušten povratak domovima te je taj grad diljem svijeta postao poznat kao ukrajinski "grad duhova". Prema pojedinim istraživanjima stručnjaka, biljni i životinjski svijet na tome prostoru počeo se zapanjujuće naglo oporavljati krajem devedesetih godina prošloga stoljeća te je zapaženo da su jako ozračeni prostor naselile i životinje koje su bile pred izumiranjem ili potpuno

istrijebljene. Razina radijacije u napuštenoj zoni još je uvijek 35 puta veća nego primjerice u Hrvatskoj, pa se mnogi pitaju kako je ondje moguć bilo kakav oblik života. Crvena šuma u okolici Černobila, na kojoj se prostire 10 km<sup>2</sup> borovine, nakon nesreće brzo je odumrla zbog tla natopljenog radijacijom, a s njom su nestali i glodavci, ptice i insekti. U zoni koju čuva vojska kako bi bivše mještane koji čeznu za svojim domom, znatiželjnike i turiste držala podalje od opasnosti nema, naravno, ni domaćih životinja. Međutim, vegetacija se s godinama obnovila sama, a u Zabranjenu zonu vratile su se neke autohtone vrste koje su ondje obitavale prije katastrofe poput vukova, divljih konja i jelena. Cijelo to područje danas je posebno zanimljivo znanstvenicima, istraživačima, ali i turistima koji ga posjećuju u strogo kontroliranim uvjetima, uz prisutnost ovlaštenog vodiča, bez mogućnosti duljeg zadržavanja u Zoni. Svaki je ulazak u Zonu na vlastitu odgovornost, a djeci mlađoj od 18 godina nije dopušten.

Biljni i životinjski svijet se na ozračenom prostoru počeo zapanjujuće naglo oporavljati krajem devedesetih godina XX. stoljeća, a zapaženo je da su ga naselile i životinje koje su bile pred izumiranjem



Rampa na ulazu u Zabranjenu zonu



Kip posvećen vatrogascima koji su gasili požar u Černobilu 1986.

Zanimljiva je činjenica da se u manja sela u blizini Pripjata vratilo stotinjak mještana, i to ubrzo nakon katastrofe. Naravno, ondje su se vratili ilegalno i riječ je bila uglavnom o starijoj populaciji ljudi, koji su čeznuli za domom pa su im ukrajinske vlasti dopustile boravak. Mnogi su umrli. Danas ih je ondje samo dvadesetak, a uglavnom se bave poljoprivredom. Ipak, strogo im je zabranjeno iznošenje ili prodaja bilo čega što je uzgojeno u kontaminiranoj zoni. Znanstvenici smatraju da za ljude život u toj zoni neće biti moguć još 20.000 godina.

### Međunarodni natječaj za novi sarkofag

Više od 200 tona uranija ostalo je u četvrtome reaktoru koji je eksplodirao prije tri desetljeća, što je izazvalo bojazan od istjecanja radioaktivnog materijala

ako, sada već ostarjeli, zaštitni betonski sarkofag popusti. Ruski su znanstvenici



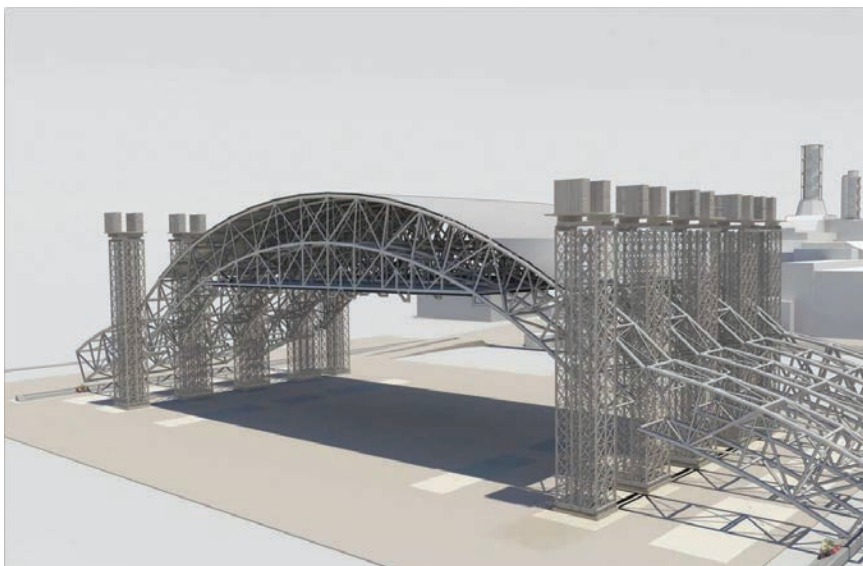
Pomoću dizalica uklonit će se stari betonski sarkofag

još u prosincu 1988. obznanili kako će postojeći betonski omotač biti upotrebljiv samo 20 do 30 godina, nakon čega će trebati osigurati dodatna sredstva za radove na održavanju sarkofaga. Uz pomoć Europske banke za obnovu i razvoj 1998. dovršen je program za održavanje te konstrukcije, koji je uključivao dodatno osiguranje krovne grede na sarkofagu kako bi se spriječilo urušavanje.

Znanstvenici su još u prosincu 1988. obznanili kako će postojeći betonski omotač biti upotrebljiv samo 20 do 30 godina, stoga je 1992. raspisan natječaj za dugotrajnije rješenje

Procjene govore da bi već jedan manji potres bio dovoljan da sruši krov sarkofaga, što bi značilo ispuštanje novoga radioaktivnog oblaka. Velik je problem i voda koja ulazi u sarkofag te širi radioaktivne čestice čitavom uništenom zgradom, a u zadnje vrijeme velik je problem i prašina jer se mnoge radioaktivne čestice slične pepelu gomilaju i talože. Taj je problem djelomično otklonjen ugradnjom filtara za zrak 2001. godine.

Ukrajinska je vlada 1992. objavila poziv na međunarodni natječaj za dostavu projektnih prijedloga kako bi se zamijenio



Vizualizacija novog luka za černobilski reaktor

betonski sarkofag i osmislilo dugotrajnije rješenje.

U jesen iste godine tvrtka *Design Group Partnership* (DGP) iz Manchestera je u suradnji s tvrtkom *Atomic Energy Authority* (AEA) iz Ujedinjenog Kraljevstva predstavila rješenje za zaštitu uništenog reaktora. Projektant David Haslewood predložio je rješenje koje se odnosi na izgradnju zaštitnog luka koji bi se izgradio stotinjak metara od uništenog reaktora, a potom bi se tračnicama prevezao na predviđeno mjesto. Predloženo je rješenje imalo nekoliko važnih prednosti. Prva je ta da radnici ne bi stalno bili izloženi visokim dozama radijacije koje se nalaze neposredno uz reaktor. Osim toga zaštitni omotač u obliku luka lakše je prevesti po tračnicama nego primjerice četvrtasti model omotača.

Projektant David Haslewood predložio je rješenje izgradnje zaštitnog luka koji bi se izgradio stotinjak metara od uništenog reaktora, a potom tračnicama prevezao na predviđeno mjesto

Od pristigla 394 prijedloga jedino je spomenuti britanski konzorcij predložio izgradnju luka. Tada nije proglašen pobjednik natječaja. Međutim, nakon pro-

vedenih ispitivanja stručnjaci su se ipak odlučili za gradnju luka pa je natječaj ponovljen jer u prvome natječaju nisu bile uvjetovane hidraulične dizalice koje bi luk podigle na određenu visinu, a kako bi se prekrilo četvrti reaktor. U rujnu 2007. nakon ponovljenog natječaja objavljeno je kako će francuski konzorcij koji čine *Vinci Construction Grands Projets* i *Bouygues Travaux Publics* zajedno s francuskom tvrtkom *Novarka* graditi novi zaštitni omotač u Černobilu.

## Moderno projektno rješenje sarkofaga

Cilj je izgradnje novoga čeličnog omotača taj da se spriječi curenje radioaktivnog materijala iz oštećenog reaktora te da se omogući sigurno uklanjanje stare konstrukcije i ostatka radioaktivnoga goriva unutar reaktora, pri čemu treba spriječiti to da radioaktivne čestice odu u atmosferu. Novi će omotač zamijeniti stari betonski sarkofag koji je izgrađen *ad hoc* nakon nesreće, kada su stotine radnika ugrađivale beton na reaktor kako bi se spriječilo istjecanje radioaktivnoga goriva.

Na gradnju novog zaštitnog omotača u Černobilu trebalo je čekati do 2010. godine, a luk je pomoću tračnica postavljen iznad uništenog reaktora 28. studenoga 2016.

Projekt je sufinancirala Europska banka za obnovu i razvoj (EBRD), uz donacije 40-ak europskih zemalja. U cijeli je projekt dosada uloženo približno 1,6 milijardi eura, a očekivani mu je životni vijek stotinu godina. Gradnja je započela 2010., a luk je pomoću tračnica postav-



Detalj s gradilišta

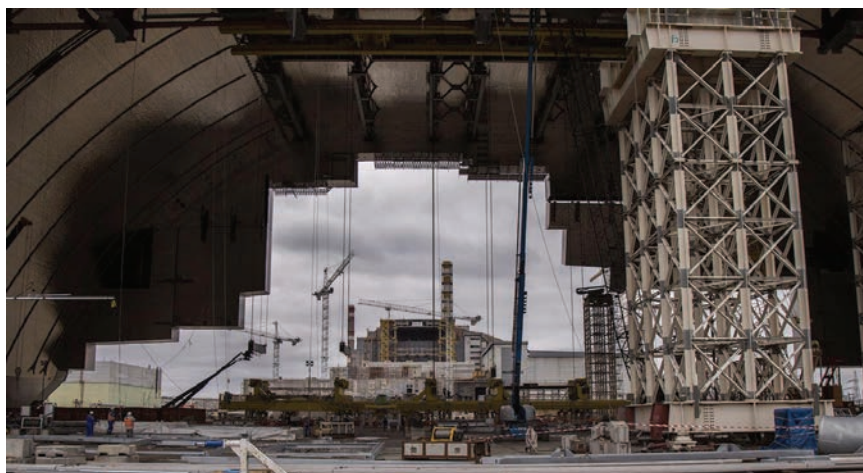
ljen iznad uništenog reaktora 28. studenoga 2016. Na izgradnji je radilo gotovo tisuću radnika. Njihovo je zdravstveno stanje bilo praćeno svaki dan, a iz Europske banke za obnovu i razvoj tvrde da ni jedan od radnika nije primio nedozvoljenu dozu zračenja na gradilištu. Plan je da se do kraja 2017. stari betonski sarkofag ukloni, kao i ostaci radioaktivnoga goriva unutar reaktora. To će se učiniti pomoću posebnih dizalica koje su postavljene na strop gigantskog luka.

Nakon što se ukloni betonski sarkofag, tekući radioaktivni otpad pretvorit će se u kruto stanje te premjestiti u specijalne spremnike i skladišteni u skladu sa zahtjevima za odlaganje radioaktivnog otpada.

Iz daljine ta divovska čelična kupola izgleda poput zrakoplovnoga hangara, a dimenzije su joj do sada neviđene. Visoka je 108 metara, odnosno kao zaGREBAČKA katedrala, duga 162 metra, s rasponom od 257 metara. Teška je 36 tisuća tona, površine dvaju nogometnih igrališta i u idućih stotinu godina zadržat će širenje smrtonosne radijacije u Černobilu.

Konstrukcija će u cijelosti izolirati mjesto nesreće i minimalizirati mogućnost prodora vode. Prilikom gradnje nije se smjelo puno kopati ili na koji drugi način remetiti gornje slojeve tla jer su oni izrazito kontaminirani radioaktivnim izotopima. Konstrukcija je stoga izgrađena 327 metara dalje od uništenog reaktora pa je po posebnim tračnicama dopremljena na mjesto nesreće. Takva je izvedba planirana kako ne bi došlo do nove nesreće i kako se ne bi ugrozili zdravlje i životi radnika. Pritom sarkofag nije trajno rješenje, već samo pouzdana izolacija mjesta nesreće dok se ne pronađe neko trajno, učinkovito rješenje.

Dimenzije luka određene su na temelju opterećenja od dizalica koje su ugrađene na unutrašnjem svodu omotača, a koristit će se za uklanjanje staroga betonskoga sarkofaga. Unutarnja visina čeličnog omotača je 92,5 metara. Unutarnji raspon luka je 245 metara, dok je vanjski 270 metara. Luk je na krajevima zatvoren zidovima od vertikalnih, pomičnih metalnih ploha.



Pogled odozdo na zaštitnu kupolu

**Konstrukcija luka sastavljena je od cjevastih metalnih elemenata, koji su s vanjske strane obloženi metalnim pločama koje podupiru dvije uzdužne betonske grede**

Konstrukcija je sastavljena od cjevastih metalnih elemenata, koji su s vanjske strane obloženi metalnim pločama, a podupiru je dvije uzdužne betonske grede. S unutrašnje strane konstrukcija je prekrivena polikarbonatnim pločama kako bi se spriječilo nakupljanje radioaktivnih čestica na elementima konstrukcije. Polikarbonatne ploče imaju izuzetne mehaničke i termičke osobi-

ne, a odlikuju se i dobrom otpornošću na vatru. Projektanti tvrde to da je novi omotač dovoljno čvrst da izdrži potres ili tornado. Svi čelični elementi na gigantskoj kupoli imaju granicu razvlačenja od 250 MPa ili veću. Kondenzacija unutar zaštitnog omotača spriječit će se održavanjem konstante vrijednosti temperature, a sofisticirani sustav ventilacije unutar omotača spriječit će pojavu korozije na konstrukciji. Francuski konzorcij koji je gradio novi omotač surađivao je s lokalnim kooperantima i drugima tvrtkama iz cijelog svijeta. Primjerice, luk je izrađen od čeličnih elemenata koji su projektirani i izgrađeni u Italiji. Dizalice su proizvedene u SAD-u, a tračnice u Nizozemskoj.



Zaštitna kupola postavljena je preko staroga betonskog sarkofaga





Zona isključenja iskoristit će se za postavljanje solarnih panela

### Černobil se pretvara u solarni park?

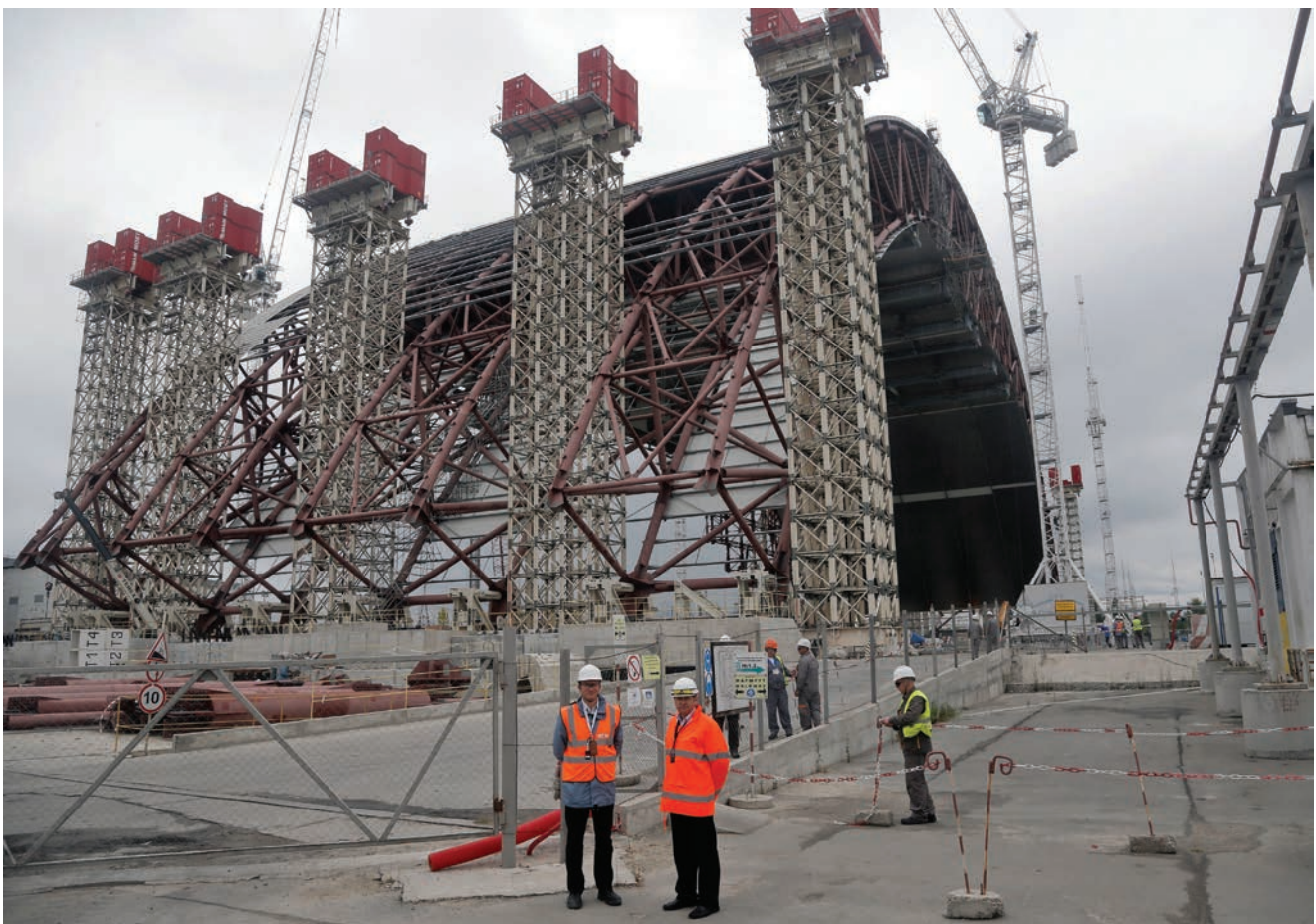
Posljedice radijacije u Černobilu dovele su do smrti, kako se procjenjuje, nekoliko tisuća ljudi, a nakon nesreće ostala je puistoš tisućama kilometara oko uništenog

reaktora s katastrofalnim posljedicama po biljni i životinjski svijet. No ta ista pustoš od 2600 km<sup>2</sup> mogla bi sada postati savršeno mjesto za solarni park. Jasno je kako taj teritorij zbog radijacije nije pogodan za poljoprivredu, no to je područje

zanimljivo za razne inovacijske i istraživačke projekte. Zemljište je, što nimalo ne čudi, vrlo jeftino, sunca ima dovoljno, a postoji i gotovo netaknuta infrastruktura kojom se proizvedena električna energija može dostaviti u ukrajinsku električnu mrežu.

Projektanti tvrde to da je novi omotač dovoljno čvrst da izdrži potres ili tornado jer svi čelični elementi na gigantskoj kupoli imaju granicu razvlačenja od 250 MPa ili veću

Prema planovima ukrajinske vlade, na tom će se mjestu proizvoditi čak trećina električne energije za potrebe Ukrajine. Prema najnovijim objavama, dvije kineske kompanije zainteresirane su za to da na tome mjestu grade dvije solarne elek-



Detalj s gradilišta



Pogled na novi omotač iz napuštenog Pripjata

trane, a svaka će imati snagu od 1 GW i bit će postavljene na području od šest hektara. Zabranjena je zona već trideset godina napuštena pa ne bi bio problem postaviti solarne panele po cijelome području. Na području se još uvijek nalazi infrastruktura koja je potrebna za isporuku velikih količina energije jer su stari dalekovodi i dalje neoštećeni te ne bi trebalo mnogo da ponovno budu u funkciji.

### Umjesto zaključka

Černobilska nuklearna katastrofa najgora je nuklearna katastrofa u ljudskoj povijesti koja je pozitivno osvijestila svjetsku javnost o potencijalu opasnosti koju u sebi nosi nuklearna energija. Ta je nesreća pokazala koliko skupe mogu biti pogreške prilikom rada s nuklearnim reaktorima i nagnala vlade država koje koriste nuklearne elektrane da traže nove i sigurnije vrste nuklearnih reaktora te da sigurnosne mjere povezane s postupanjem u nuklearnim elektranama postave na najviši mogući stupanj. O tome je li katastrofu izazvalo samo loše i neiskusno osoblje ili loš dizajn još se uvijek vode rasprave, iako su vjerojatno oba ta uzroka podjednako pridonijela nuklearnoj

eksploziji u četvrtome reaktoru černobilske elektrane. Trideset i jedna je osoba umrla od posljedica izlaganja radioaktivnim tvarima nedugo nakon eksplozije, a UN pretpostavlja kako će od posljedica kontaminiranosti okolnih područja koja okružuju Zonu isključenja umrijeti još nekoliko tisuća ljudi. Unatoč novome, golemom čeličnom sarkofagu područje koje okružuje Černobil od približno 2600 četvornih kilometara, što je veličina koja odgovara veličini Luksemburga, većinom će ostati zatvoreno za stanovanje.

**Černobilska nuklearna katastrofa najgora je nuklearna katastrofa u ljudskoj povijesti, no ona je pozitivno osvijestila svjetsku javnost o potencijalu opasnosti koju u sebi nosi nuklearna energija**

Priroda je brzo zaposjela napuštenu infrastrukturu toga područja, a iz hrđavih krovova u Pripjatu, gradu duhova koji je izgrađen za radnike černobilske nuklearne elektrane, raste drveće. Černobilska

će katastrofa iza sebe ostaviti, može se to i tako gledati, jednu od najvećih monumentalnih grobnica. Neće biti posvećena samo čovjeku, već rani koja će još dugo nagrizati tlo u kojemu se nalazi i koja će nadživjeti mnoge generacije nakon nas. Europska banka za obnovu i razvoj navela je kako bi financijski mogla poduprijeti projekt pretvaranja napuštenog područja Černobila u solarni park, ali naravno uz poštivanje određenih uvjeta kao što su pitanje okoliša i sigurnosti. No i dalje je upitno je li takav projekt sigurno ili uopće moguće izvesti u prostoru koji je opasan za sve koji uđu u njega.

Pripjat, ukrajinski grad duhova, i danas privlači znanstvenike i znatiželjnike. Ukrajinske vlasti kažu da to mjesto nikada neće biti namijenjeno klasičnome turizmu, već edukaciji kako bi kratkotrajni posjeti Zabranjenoj zoni bili svima podsjetnik na razornu snagu nuklearne katastrofe koja se dogodila zbog ljudske pogreške, ali i upozorenje cijelome svijetu da se takvo što nikada više ne ponovi.

### Izvor:

<http://www.ebrd.com/what-we-do/sectors/nuclear-safety/chernobyl-overview.html>

NOVE TEHNOLOGIJE U PROIZVODNJI OPEKA

# Ekološka opeka od otpada

PRIPREMILA:  
Lidija Orešković

**Odlagališta su zakrčena tonama korisnog otpada koji bi se mogao iskoristiti kao dodatna sirovina pri proizvodnji ekološkoga građevnog materijala visoke vrijednosti**

Posljednjih deset godina svjetski stručnjaci intenzivno razmišljaju o tome kako smanjiti bespregledne količine naoko bezvrijednog otpada koji se svakog dana gomila u globalnim razmjerima, a da se usput izvuče i neka korist. Odvoz i odlaganje starog papira, građevnog i industrijskog otpada velik je trošak i nije pravo rješenje. Sav bi se taj otpadni materijal mogao iskoristiti kao dodatak pri proizvodnji građevnog materijala, primjerice ekološki podobnih opeka boljih karakteristika.

Znanstvenici širom svijeta uspjeli su eksperimentiranjem iskoristiti razne vrste otpadaka dodajući ih osnovnoj smjesi kako bi opeka bila kvalitetnija, otpornija i lakša

Znanstvenici širom svijeta uspjeli su eksperimentiranjem iskoristiti razne vrste otpadaka dodajući ih osnovnoj smjesi kako bi opeka bila kvalitetnija, otpornija i lakša. Istraživači sa Sveučilišta Jaen u Španjolskoj pomiješali su papirni otpad i glinene materijale koji se primjenjuju u građevinskoj industriji te dobili kvalitetnu smjesu za izradu opeka izvrsnih svojstva i niske toplinske vodljivosti. Tako je nova opeka od papira ujedno izvrstan toplinski izolator. Celulozni se otpad prikuplja iz tvornica, reciklažnih skladišta i drugih izvora te se dodaje građevnoj glini. Smjesa se zatim miješa i preša pod tlakom. Izgrađen je i stroj iz kojega izlazi stlačena masa iz koje se režu i oblikuju opeke, koje se zatim peku u pećima.

Još jedna od prednosti dodavanja papirnog otpada smjesi za opeke jest to što je takav organski materijal energetske obogaćen pa se pri proizvodnji smanjuje potrošnja energije i skraćuje vrijeme pečenja.

## Novi prototipovi opeka

Zasad su izrađeni mali prototipovi dimenzija 3 x 1 x 6 cm, no već su testirane i veće opeke, a rezultati su slični. Uglavnom, ta nova tehnologija mogla bi donijeti velike energetske uštede pri proizvodnji opeke čiju kvalitetu povećava otpadni materijal. Ipak, španjolski stručnjaci priznaju da eksperimentalna opeka još nije za masovnu proizvodnju. Zasad

je Ahilova peta papirnih opeka njihova manja mehanička otpornost u odnosu na tradicionalne opeke, iako je dobiveni parametar iznad zakonskog minimuma. No, prije toga treba riješiti još neke probleme, jer se dijelovi smjese koji sadrže veći postotak papira teže oblikuju i slabije prianjaju.

Trenutačno se pokušava pronaći zlatna sredina između održivosti i otpornosti materijala te se istražuje kakve bi prednosti dobila opeka dodavanjem drugih otpadnih tvari kao što su mulj iz postrojenja za obradu voda, kanalizacijski mulj ili talog koji nastaje pri proizvodnji piva, maslinova ulja i biodizela. U stručnome časopisu *Fuel Processing Technology* objavljena je znanstvena studija kojom se potvrđuje to da se biodizelski otpad može iskoristiti za proizvodnju opeke, čime joj se izolacijska sposobnost povećava za 40 posto. Ideja o upotrebi industrijskog mulja rezultat je sve veće razine ekološke svijesti, ali i strožih propisa o



Pri tvornici Bindlas Duplex Paper Mill u Muzaffarnagaru otvoren je MIT-ov laboratorij za opeku

odlaganju kemijskog otpada. Primjena muljevitoga kemijskog otpada kao aditiva u građevinskoj industriji uvelike bi ublažila problem odlaganja.

**Nedavna istraživanja potvrđuju da se biodizelski otpad može iskoristiti za proizvodnju opeke, čime joj se izolacijska sposobnost povećava za 40 posto**

Za energetski jačom i ekološki podobnom opekom tragaju i drugi europski istraživači. Jedan španjolsko-engleski tim sastavljen od znanstvenika sa sveučilišta u Sevilli i Glasgowlu također je stvorio nov, ekološki prihvatljiv građevni materijal – opeku koja je jača od klasične, a pri proizvodnji zahtijeva manje energije. Njihova je opeka održiviji, neotrovan kompozit, a priprema se od lokalnih sirovina ojačanih vunom i morskim algama. Kada se glina pomiješa s vunom i alginatom, smjesa dobiva bolja mehanička svojstva i opeka je manje sklona pucanju, a kada se osuši, ne treba je peći, čime se uvelike smanjuje potrošnja energije pri proizvodnji.

Ideja o toj novoj opeci rođena je u Škotskoj gdje ima dovoljno gline i domaćih proizvođača vune koji na tržište ne mogu plasirati sve što proizvedu. Zato su istraživači željeli stvoriti građevni materijal od lokalnih sirovina pogodan za nepovoljne klimatske uvjete kakvi prevladavaju u Velikoj Britaniji i proizveli su vunastu opeku koja je na dodir ugodnija od klasične.

Zanimljiv pristup razvoju nove opeke imaju i Nizozemci koji joj konstruktivnom primjenom industrijskog otpada mijenjaju strukturu, izgled i oblik. Nakon dugotrajnih istraživanja otkrili su to da se u smjesu za opeke mogu umiješati razne vrste otpada te drugi ostaci poput trulog voća, razbijenog stakla, suhog lišća, slame, istrošene kože i zdrobljenoga kamenja, čime se dobivaju bolja povezanost i bolje izolacijske karakteristike, opeka može podnijeti veća opterećenja i ljepše izgleda. Izvrstan, tvrdi keramički materijal atraktivnog izgleda može se dobiti i dodavanjem otpada iz termoelektrana na ugljen: pepela, usitnjelog ugljena i ugljene prašine. Poboljšana



Zahvaljujući raznim dodacima, smjesa za opeke mijenja strukturu i dobiva raznolik kolorit (dolje), sasvim različit od onog tradicionalnog (gore)

opeka s dodacima zdrobljenoga kamenja već se proizvodi, a postoji i estetski dotjerana staklena, glatko polirana opeka zaobljenih uglova za izloge i oblaganje fasada koja se već primjenjuje.

### Opeka od pepela i prašine

Za ekološku opeku zainteresirani su i Amerikanci. Znanstvenici s MIT-a smislili su formulu za novu opeku pri čijoj se proizvodnji troši vrlo malo energije, a usput se s odlagališta skupljaju velike količine otpada.

Poticaј im je dala Indija, čija populacija najbrže raste, a da bi se svima osigurao krov nad glavom, potrebne su goleme količine građevnog materijala. Svake godine treba proizvesti više od 200 milijardi tradicionalnih glinenih opeka, pri čemu se stvaraju velika onečišćenja. Kako bi se ublažili ti ekološki problemi, na MIT-u je formiran tim koji je razvio jeftinu *eco-BLAC* opeku od pepela. Prve *eco-BLAC* opeke razvijene su kako bi se olakšala odlagališta i poboljšala kvaliteta života ljudi u industrijskome gradu Muzaffarnagaru, sjeverno od New Delhija. Pepeeo je nusproizvod proizvod-

nje energije u malim i srednjim tvornicama papira kakvih u Indiji ima osamsto pa svakodnevno proizvedu čak 80.000 tona otpadnog pepela koji uglavnom završi na odlagalištima gdje postaje ozbiljna opasnost za okoliš i ljudsko zdravlje.

Osim iskorištavanja pepela istraživači su obratili pozornost i na drugi ekološki problem – glinena se opeka peče na temperaturama oko 1000 °C što uzrokuje onečišćenje zraka i teške radne uvjete, a uz to se troši i mnogo energije.

**Nove su opeke često bolje za ljudsko zdravlje jer u njima nema štetnih čestica koje opterećuju dišne putove**



Ispitivanje primjerka *eco-BLAC* opeke u laboratoriju u Muzaffarnagaru

*Eco-BLAC* opeka proizvedena je uz pomoć alkalno-aktivacijske tehnologije, pri čemu se pepeo kao aluminij-silikat kombinira s alkalnom aktivacijskom otopinom. Pepeo se otapa u geopolimerni gel i stvara čvrstu 3D mrežu koja pridonosi snazi i izdržljivosti opeke. Pri tom postupku upotrebljava se 70 posto industrijskog otpadnog pepela, a proizvodnja je jeftina uz nisku potrošnju energije. Opeke stvorene kemijskom reakcijom ne pucaju, a pri proizvodnji se ne emitiraju

uglični dioksid i monoksid, sumporni dioksid, dušikovi oksidi, crni ugljik i druge čestice kao pri proizvodnji glinenih opeka. *Eco-BLAC* opeke testiraju se već tri godine, ispituju se i njihova mehanička otpornost pod kompresijom, trajnost i moć upijanja vode. Nakon dugotrajnih ispitivanja dokazano da je *eco-BLAC* opeka i jača od glinene pa se sada nastoji prijeći i na njezinu industrijsku proizvodnju. Osim toga spomenute opeke daju bolje rezultate u ostalim kategorijama: 24 po-

sto su bolje za ljudsko zdravlje, jer nema štetnih čestica koje opterećuju dišne putove, 15 posto su bolje u odnosu na klimatske promjene jer se pri proizvodnji ne ispuštaju velike količine CO<sub>2</sub> i 33 posto su bolje prema resursima jer se za njihovu proizvodnju ne crpe sirovine iz neobnovljivih izvora. Glinena je opeka u Indiji stoljećima bila najpopularniji građevni materijal zbog niske cijene, no pojavili su se negativni okolišni i socijalni učinci.

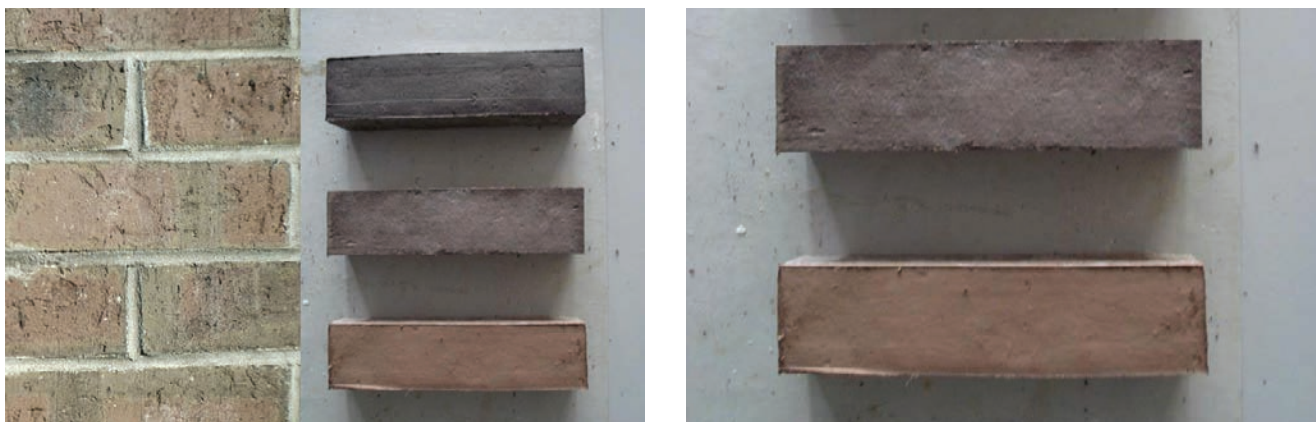
*Eco-BLAC* opeka ekonomski je i ekološki održiv, jeftin proizvod robusnog dizajna koji u toj mnogoljudnoj zemlji rješava dva vitalna problema – mogućnost stambene gradnje prihvatljivim materijalom i očuvanje okoliša.

### Zelena FPC opeka

Iz Sjedinjenih Američkih Država stiže još jedna inovacija – zelena FPC opeka koju je kreirao doktor Henry Liu, umirovljeni profesor Sveučilišta *Columbia*. Desetak je godina eksperimentirao kako bi od ugljene prašine, nusproizvoda proizvodnje električne energije u termoelektrocentrama, stvorio bolju opeku od klasične glinene. Liu je dugo proučavao hidrauličko prešanje kako bi inovirao industrijsku proizvodnju i smanjio njezine negativne posljedice po okoliš. Razvio je novu FPC opeku koja u zrak ispušta neznatne količine otrovnih metala.



*Eco-BLAC* opeke suše se na sobnoj temperaturi



Uzorci opeke oplemenjene vunom i morskim algama

Najprije je pomiješao ugljenu prašinu s vodom i dobio smjesu od koje se oblikuje opeka, koja se zatim preša pod tlakom od 4000 psi (28 MPa). U usporedbi s proizvodnjom glinene opeke, pri kojoj se potroši 24 puta više energije, ekološka je prednost nove tehnologije pri proizvodnji FPC opeke enormna jer se opeka od letećeg pepela (*fly ash* opeka) ne peče, već suši u posebnim komorama dva tjedna pri 70 °C kako bi iz nje isparila voda, nakon čega postaje čvrsta kao beton. To nije slučajnost jer je FPC opeka proizvedena na jednak način kao što se u prirodi ponašaju kalcitne stijene u reakciji s vodom, a Liujeve opeke proizvedene su od ugljene prašine kojoj je dodano 20 – 30 posto kalcijeva oksida. Ako se u budućnosti samo u SAD-u zamijeni 50 posto opsega proizvodnje glinene opeke proizvodnjom FPC opeke, na prirodome plinu, koji je glavni energent u proizvodnji, moglo bi se uštedjeti toliko da se zadovolje potrebe kućanstava s oko milijun ljudi.

Ispitujući prve primjerke FPC opeke, Liu je pri provedbi ispitivanja smrzavanja i odmrzavanja otkrio njihove nedostatke i pokušao promijeniti sastav smjese dodajući joj najlonska vlakna, no to joj nije poboljšalo karakteristike. Zatim su opeci dodane zračne čestice koje su u smjesi stvorile milijune mikroskopski sitnih mjehurića pa se količina vode drastično smanjila te je opeka postala još lakša i uspješno položila ispitivanja od stotinu ciklusa smrzavanja i odmrzavanja, dvostruko od propisanih zahtjeva.

FPC opeka ima nekoliko bitnih prednosti u odnosu na okoliš: štedi energiju, drastično reducira emisiju otrovnih metala, posebno žive, te smanjuje potrebu zbrinjavanja otpada ugljene prašine

FPC opeka prošla je i sigurnosni test jer ima nekoliko bitnih prednosti u odnosu na okoliš: štedi energiju, drastično reducira emisiju otrovnih metala, posebno žive, te smanjuje potrebu zbrinjavanja otpada ugljene prašine.

Tvornice u kojima će se FPC opeka proizvoditi imat će potpuno ekološki proizvodni proces tijekom kojeg se u zrak neće ispuštati ugljični dioksid i ostali štetni plinovi, a i cijena proizvodnje uvelike će se smanjiti. Pretpostavlja se to da će komad FPC opeke koštati samo dva centa. Za svoju zelenu opeku Liu je dobio brojne inovacijske nagrade, a nakon njegove smrti proizvodnju FPC opeke vodi njegov sin.

#### Nova otkrića u Australiji

Iskorištavanjem ugljene prašine iz termoelektrana pozabavili su se i Australci. Znanstvenici s instituta *New South Innovations* u New South Walesu razvili su čvrst i lagan građevni materijal koji bi mogao biti glavni potencijal za razvoj zelene građevinske industrije u mnogoljudnim zemljama

kao što su Kina i Indija. Naime, u kineskim termoelektranama ostaje 200 milijuna tona ugljene prašine godišnje, a u indijskima oko stotinu milijuna tona na čije se zbrinjavanje troše milijuni dolara. Najveći dio tog otpada odlaže se na odlagalištima koja su odgovorna za ozbiljno onečišćenje zraka i vode, a oko 25 posto primjenjuje se kao aditiv betonu i ostalim građevnim materijalima. Zato su znanstvenici razvili građevni agregat koji se može proizvoditi izravno od otpadne prašine u blizini termoelektrana. Smjesa sadrži 60 posto ugljene prašine kojoj se dodaju gips, vapno i pijesak pa se miješa s vodom. Tom jedinstvenom tehnološkom metodom uklanjaju se štetni kemijski sastojci pa je emisija otrovnih metala daleko ispod limitiranih standarda, a dobiveni je materijal ekološki čist i smanjuje cijenu gradnje.

*Flash* opeke su 28 posto lakše i 24 posto čvršće u usporedbi s glinenom opekama pa su idealna zamjena za onu klasičnu. Strojevi kojima se proizvode imaju ugrađenu najnoviju tehnologiju koja skraćuje proces proizvodnje i snižava cijenu samog proizvoda, tim više što strojevima mogu rukovati i priučeni radnici.

Znanstvenici su razvili građevni agregat koji se može proizvoditi izravno od otpadne prašine u blizini termoelektrana, smjesa sadrži 60 posto ugljene prašine kojoj se dodaju gips, vapno i pijesak pa se miješa s vodom

Najprije se priprema smjesa koja tekućom trakom stiže do automatiziranog i programiranog stroja koji za sat proizvede 1200 komada opeke. Stroj ima novorazvijeni hidraulički sustav s kompresivnom snagom od 30 tona pa se od prešanog materijala dobiva vrlo čvrsta i kvalitetna opeka. Nakon oblikovanja opeka se pomoću hidrauličkih kolica prevozi do komore za sušenje. Dakle, proizvodni proces *flash* opeke je u odnosu na proizvodni proces glinene opeke potpuno ekološki i puno ekonomičniji.

No to nije sve. Kreatori te vrste opeke, znanstvenici Kayali i Shaw, razvili su na temelju ugljene prašine *flashag*, odnosno smjesu koja se primjenjuje pri spravljanju betona kao zamjena za cement od kojega je 22 posto lakša i daje 20 posto čvršći materijal. *Flashag* omogućuje zidanje i podizanje lakših konstrukcija, gradnju plićih temelja, jeftiniji prijevoz te korištenje manje cementa i armiranja u betonu. Taj lakši a čvršći materijal pogodan je za proizvodnju tanjih i elegantnijih gotovih i polugotovih građevnih komponenti, što pridonosi većoj slobodi pri projektiranju. Australaska inovacijska primjena ugljene prašine u proizvodnji *flash* opeka i *flashagu* patentirana je već u SAD-u i u Europi, što otvara put razvitku zelene građevinske proizvodnje.

Druga australaska istraživačka ekipa otišla je korak dalje – dokazala je to



Prototipovi opeke ojačane usitnjem kamenom i sličnim građevnim otpadom

da se i otpad poput cigaretnih opušaka može iskoristiti za proizvodnju kvalitetnijega građevnog materijala. Godišnje se na cijelome planetu proizvede oko šest milijuna cigareta, a svjetska populacija popuši milijarde i milijarde, što uzrokuje milijune tona otrovnog otpada u obliku opušaka koji onečišćuju tlo metalima poput arsena, kroma, nikla i kadmija. K tomu predviđa se da će se taj otpad koji teško opterećuje cijeli planet

otrovnim supstancijama do 2025. povećati za više od 50 posto.

Doktor znanosti Abbas Mohajerani s Kraljevskog tehnološkog instituta u Melbourneu godinama je razmišljao o tome kako pronaći održivo i praktično rješenje da se smanji onečišćenje cigaretnim opušcima. Konačno, sinula mu je ideja kako sanirati problem opušaka uz dvostruku korist.

Naime, njegov istraživački tim otkrio je to da se pri pripremi glinene smjese za pečenje dodatkom samo jednog postotka odbačenih opušaka može dobiti lakša i učinkovitija opeka. Dodavanjem opušaka glini prije pečenja Australci su razvili novu tehniku kojom se štedi i u proizvodnji jer se trošak energije pri pečenju smanjuje i do 58 posto. Gotova opeka ima konstrukcijska svojstva usporediva s klasičnima, ali je lakša i bolji je izolator. Kada je opeka pečena, otrovni sastojci ostaju zarobljeni unutar nje pa ne mogu prodrijeti u okoliš i nije štetna po zdravlje.

Tom inovativnom metodom recikliranja opušaka za proizvodnju opeke može se učinkovito riješiti globalni problem te vrste onečišćenja, bez straha od ispiranja ili kontaminacije. Osim toga, što je veći postotak dodanih opušaka, troškovi se energije pri proizvodnji smanjuju.



Zahvaljujući raznim dodacima, smjesa za opeke mijenja strukturu i dobiva raznolik kolorit

INOVACIJE U CESTOGRADNJI

# Plastične ceste i energetske staze

PRIPREMILA:  
Lidija Orešković

**Inovacije u cestogradnji uz primjenu otpadnih materijala i novih tehnologija štede prirodne resurse, vrijeme i novac, a konačni rezultati pokazuju mnoge prednosti**

Stalno gomilanje plastičnog otpada već opasno zagušuje cijeli planet pa znanstvenici uporno tragaju za široko primjenljivim rješenjima kako bi se taj teško razgradivi materijal recikliranjem pretvorio u sekundarnu sirovinu. Ponovna upotreba plastike donosi višestruke koristi: drastično se smanjuje količina otpada koji teško onečišćuje prirodu, produžuje joj se životni vijek, sekundarna sirovina je jeftinija i čuvaju se prirodni resursi.

Jedno od vrlo perspektivnih rješenja ponovne upotrebe plastičnih boca ponudila je nizozemska tvrtka *VolkerWessels* koja se bavi inovacijama u građevinarstvu. Nakon što su osmislili plavi asfalt koji se može reciklirati, sada rade na novome projektu – asfalt namjeravaju potpuno zamijeniti prerađevinom od recikliranih plastičnih boca. Direktor tvrtke *VolkerWessels* Rolf Mars kaže kako ih je na to potaknula činjenica

da je asfalt na globalnoj razini odgovoran za emisiju 1,6 milijuna tona ugljičnog dioksida godišnje, što je dva posto svih emisija u cestovnome prometu. Tvrdi da plastika primijenjena u konstrukciji i izgradnji cesta ima višestruke prednosti – kao materijal, pri izgradnji i održavanju.

*Plastična je konstrukcija koja zamjenjuje asfalt lakša, čime se smanjuje opterećenje na tlo, i ima otvore, što olakšava instalaciju kabela i komunalnih cjevovoda ispod cestovne površine*

Plastična je konstrukcija lakša, čime se smanjuje opterećenje tla, a osim toga u njoj se mogu konstruirati šupljine za instalaciju kabela i komunalnih cjevovoda ispod cestovne površine, što uvelike

olakšava posao, a i instalacije su urednije postavljene i preglednije. Gotova konstrukcija može se proizvoditi modularno u tvornici te u dijelovima prevoziti do mjesta ugradnje, čime se znatno skraćuje trajanje cestovnih radova, a jednostavno održavanje smanjuje i gužve na cestama uzrokovane popravcima. Plastika može izdržati i veći temperaturni raspon, od - 40 do + 80 °C. Cesta može biti dovršena u roku od nekoliko tjedana, a ne mjeseci i triput je izdržljivija negoli asfaltna. Tomu treba dodati i to da je plastika i lakši materijal koji se jednostavnije i jeftinije prevozi.

Projekt *Plastic Road* još je u konceptualnoj fazi, no tvrtka se nada da će se prve plastične ceste pojaviti u roku do tri godine. Tu izvanrednu ideju već je prihvatio Rotterdam, po veličini drugi grad u Nizozemskoj, otvoren za inovacijske eksperimente, čija su uprava i stanovnici veliki zagovornici održivih tehnologija. U rotterdamskome gradskom vijeću kažu da na sva zbivanja oko projekta *Plastic Road* gledaju vrlo pozitivno i već su pripremili otvoreni cestovni laboratorij za ispitivanja.



Gotova konstrukcija može se proizvoditi modularno u tvornici te u dijelovima prevoziti do mjesta ugradnje, čime se znatno skraćuje vrijeme cestovnih radova





Ugradnja fotonaponskih panela (mala slika) i ispitivanje solarne biciklističke staze

Mars pak naglašava da ideja o zamjeni asfalta plastikom ima golemi potencijal za daljnji razvoj cestogradnje. Buduće ceste mogle bi biti ekološki puno podobnije i kvalitetnije, grijane, potpuno tihe i vjerojatno sigurnije. Zato im sada predstoje opsežna laboratorijska ispitivanja sigurnosti vožnje u mokrim i skliskim uvjetima i još mnogo toga.

Rotterdam je prvi pokazao zanimanje, no sada traže i druge partnere koji žele surađivati na pilot-projektu, kao i proizvođače u industriji plastičnih masa i u sektoru recikliranja te znanstvene institute i druge institucije koje bi željele surađivati. Nizozemci su uspješno realizirali još jednu inovaciju u cestogradnji – solarnu stazu koja generira električnu energiju. U jednome gradu sjeverno od Amsterdama postavili su prvu biciklističku stazu s ugrađenim fotonaponskim panelima. Iako je dugačka samo 70 metara, već skuplja obilje energije pa su i sami konstruktori iznenađeni rezultatima koji su bolji od očekivanih. Naime, pri ispitivanju se pokazalo to da je 70 metara staze već nakon šest mjeseci proizvelo 3000 kWh, što je dovoljno električne energije za opskrbu triju obiteljskih kuća u godini dana. Usporedi li se to s godišnjim prinosom, može se očekivati više od 70 kWh po četvornome metru godišnje. Projekt je osmišljen u tvrtki *SolaRoad* gdje kažu kako je to tek početak, jer fotonaponskim

panelima namjeravaju pokriti što više biciklističkih staza koje se u toj zemlji prostiru u dužini od 35 tisuća kilometara. Inovativna konstrukcija izgrađena je kao sendvič u koji su fotonaponski paneli ugrađeni između stakla, silikonske gume i betona. Paneli su dovoljno jaki i dobro zaštićeni pa mogu izdržati teret vatrogasnih vozila mase 12 tona bez ikakvih oštećenja, a na površinu nanesen je poseban neljepljivi premaz koji ih štiti te odbija kišu i prljavštinu kako bi staza bila potpuno izložena sunčevoj svjetlosti. K tomu, svaki je pojedini fotonaponski panel povezan s pametnim instrumentima koji optimiziraju proizvodnju električne energije i šalju je izravno u javnu rasvjetu ili električnu mrežu.

**Na prvoj dionici biciklističke staze s ugrađenim fotonaponskim panelima u šest mjeseci proizvedeno je 3000 kWh**

Tijekom ispitivanja stazom je prošlo više od 150.000 biciklista, a zapažen je samo jedan nedostatak. Zbog temperaturnih razlika odlijepio se mali dio zaštitnog premaza koji mora potpuno prijanjati na površinu panela pa sada inovatori istražuju kako mu poboljšati karakteristike. Konstruktori fotonaponskih panela pak tvrde da posebno prilagođeni paneli

mogu ne samo skupljati što je više moguće energije, nego da će trajati najmanje dvadeset godina, što znači da će imati životni vijek poput onih koji se ugrađuju na krovove.

Kada se promotri cijeli projekt ideja o ugradnji fotonaponskih panela u prometnice, mogla bi zaista biti vrlo isplativa, jer ima velik potencijal za dobivanje električne energije. Ceste s ugrađenim fotonaponskim panelima mogu generirati dovoljno struje za napajanje okolnih domaćinstava, a takav način pribavljanja električne energije iz obnovljivih izvora mogao bi napraviti i pravu revoluciju u javnoj rasvjeti. O tomu svjedoči i ta prva dionica u koju su ugrađene LED žaruljice. U institutu TNO koji je pokrenuo cijeli projekt tvrde da kada bi u Nizozemskoj 20 posto biciklističkih staza bilo pokriveno takvim panelima, dobilo bi se od 400 do 500 m<sup>2</sup> fotonaponskih minielektrana koje bi napajale mrežu te pokretale javnu rasvjetu, signalizaciju i prometne znakove na stazama i cestama. Stručnjaci predviđaju da će se projekt isplatiti za 15 godina, ali i da će se kroz to vrijeme tehnologija ugradnje cestovnih fotonaponskih panela toliko unaprijediti da će se to vrijeme uvelike skratiti. Taj nizozemski eksperiment mogao bi potaknuti i druge gradove na to da počnu razmišljati o ugradnji cestovnih solarnih minielektrana.

## Ljuboslav Ljubo Kuntarić, dipl. ing. građ. (1925. – 2016.)

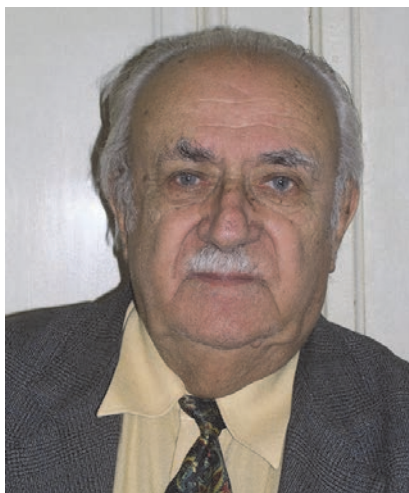
Nedavno nas je nakon kratke i teške bolesti u 92. godini zauvijek napustio Ljuboslav Kuntarić, kojega su za života svi nazivali jednostavno Ljubo. Bio je poznat kao iznimno plodan skladatelj šlagera, a ujedno i prvi naš hit majstor. U bazi autora ZAMP-a (*Zaštite autorskih muzičkih prava*) nalaze se čak 1132 njegova djela, ali glazbeni kritičari navode da je skladao više od 2000 zabavnih melodija, 160 skladbi za djecu, više od 200 zbornih te 180 klapskih, 48 tamburaških i 26 mandolinskih skladbi. Široj je javnosti manje poznato to da se njegov sakralni ciklus sastoji od čak 680 djela, a neke se tih pjesama godinama pjevaju na misama, i da često nitko ne zna tko im je autor. Skladao je i dvadesetak opereta, mjuzikala i opera te glazbu za petnaestak filmova.

Autor je mnogih tzv. evergrina, melodija koje su se pjevušile širom Hrvatske i ondašnje Jugoslavije, a i danas se često izvode i rado slušaju.

Izbrojeno je da je u karijeri dobio čak 45 festivalskih nagrada, ali i mnoga druga društvena i državna priznanja koje je gotovo i nemoguće nabrojiti. Osobno su mu najdraža bila priznanja zlatno odličje *Pro ecclesia et pontifice* koju mu je za skladanje sakralne glazbe dodijelio papa Ivan Pavao II., nagrada *Zrinski* Međimurske županije i glazbena nagrada *Porin* za životno djelo. Valja istaknuti to da je bio proglašen za počasnog građanina Čakovca, Požege, Omiša i Imotskog.

Nekako se ipak čini da je njegova iznimno bogata karijera jednoga od najplodnijih hrvatskih kompozitora pomalo zasjenila njegovu veliku građevinarsku karijeru kao voditelja građenja, projektanta i nadzornog inženjera. Štoviše, njegova su ga velika inženjerska zaduženja, skupa s obiteljskim obvezama, i usmjerila prema skladanju šlagera jer u početku svoje karijere nije ni imao vremena za skladanje nekih složenijih i zahtjevnijih glazbenih sadržaja.

Ing. Ljubo Kuntarić diplomirao je 1951. na Građevinskom odjelu Tehničkog fakulteta u Zagrebu diplomskim radom o kanalizaciji



Makarske kod prof. Rudolfa Broza. U to su doba dirigrani rasporedi za zaposlenje bili sasvim normalna pojava pa se bojao da će mu biti dodijeljena Vlasina u Srbiji ili Mavrovo u Makedoniji. Zato je bio zaista presretan kada je upućen u *Istarske vodovode* sa sjedištem u Opatiji, u poduzeće koje je brinulo o svim istarskim vodovodima i dijelu kvarnerskih otoka. Uostalom, u tom je gradu ostao raditi i živjeti sve do kraja života.

U početku je radio na obnovi razrušenih i uništenih postrojenja, ali je još kao mladi inženjer počeo graditi vodovod Cres – Lošinj. Zanimljivo je to da se taj njegov prvi veći posao ističe u svim biografijama, iako je ing. Kuntarić u 35 godina svoje bogate građevinarske karijere nakon rekonstrukcije održavao vodoopskrbu cijele Labinštine, ali i radio na rekonstrukciji složenoga Kraškog vodovoda. Nakon nekoliko godina rada prešao je raditi u montažno poduzeće *Instalater* u Rijeci, a razlog je bio sasvim razumljiv – dvostruko veća plaća. S tim je poduzećem izvodio radove po cijeloj Hrvatskoj, primjerice na bolnici u Varaždinu, zdravstvenim stanicama u Črnomercu i Maksimiru u Zagrebu te na vodoopskrbi vojarni u Kninu, Sinju i Gospiću. Ujedno je kao vanjski suradnik u raznim projektima uredima projektirao vodovodne i kanalizacijske instalacije za građevinska poduzeća *Jadran* i *Primorje* iz Rijeke.

Kada je 1959. u Opatiji osnovan *Opatija-projekt*, postao je voditelj Hidrosanitarnog odjela. Glavna je zadaća te ugledne projektantske tvrtke bila temeljita rekonstrukcija svih opatijskih hotela koji nisu imali kupao-nice u sobama. Kuntarić je osobno projektirao ili nadzirao ugradnju vodoopskrbe i odvodnje u više od 80 hotelskih građevina po cijeloj obali, od Istre do Cavtata i Bara. Bio je uključen u rješavanje problema kanalizacije Plitvičkih jezera, ali i mnogih istarskih hotelskih naselja. Za mnoge je hotele projektirao nove bazene ili rekonstruirao postojeće. Osobno je projektirao pedesetak uređaja za pročišćavanje otpadnih voda i tridesetak kanalizacijskih ispusta.

Posljednjih je osam godina rada bio direktor *Opatija-projekta*, a u invalidnosti je mirovinu zbog premorenosti i problema sa srcem otišao sredinom osamdesetih godina prošlog stoljeća. Tada se s više žara posvetio svojoj velikoj ljubavi – skladanju.

Ljubo Kuntarić rođen je 1925. u Čakovcu, gdje je otac Ljuboslav stariji bio profesor na preparandiji, a majka Olga učiteljica. Obitelj Kuntarić potječe iz Požege gdje su mnogi njegovi preci bili ugledni intelektualci. Budući je inženjer i skladatelj četiri razreda osnovne škole završio u Čakovcu, a potom je školovanje nastavio u gimnaziji u Varaždinu. Nakon dolaska Mađara otac je bio prognan iz Međimurja pa su se preselili u Požegu, gdje je Ljubo 1944. maturirao.

Počeo je svirati klavir sa sedam godina u Čakovcu, a u Varaždinu je polazio glazbenu školu. Od 1941. nastavio je glazbenu izobrazbu u Požezi te uz klavir učio svirati violinu i flautu, harmoniju i početke polifonije. Tijekom studija privatno je učio harmoniju, kontrapunkt, instrumentaciju, kompoziciju i muzičke forme kod prof. Rudolfa Matza, a kod prof. Albe Vidakovića nastavio je izučavati harmoniju, kontrapunkt i glazbene forme.

Ljubo Kuntarić ostat će zapamćen kao najbolji kompozitor među građevinskim inženjerima i najbolji građevinar među kompozitorima.

Branko Nadilo

## Prof. emer. dr. sc. Nenad Bićanić, dipl. ing. građ. (1945. – 2016.)

U subotu 8. listopada 2016. zauvijek nas je napustio kolega i prijatelj, cijeljeni stručnjak, znanstvenik i sveučilišni nastavnik Nenad Bićanić, dipl. ing. građ. Preminuo je iznenada u svojoj kući u Velom Lošinj u pravu na dan planiranog povratka u Oxford.

Nenad Bićanić rođen je 6. rujna 1945. u Zagrebu. Nakon što je završio Građevinsku tehničku školu, akademske godine 1964./65. upisao je Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (konstruktorski smjer), gdje je i diplomirao već u prosincu 1968., u najkraćem mogućem roku, i to kao prvi u generaciji.

Nakon što je odslužio vojni rok kratko je bio zaposlen u *APZ Planu* u Zagrebu, a nakon toga su Nenad i njegova supruga Jasna otišli u Nizozemsku, gdje se Nenad zaposlio u konstruktorskom birou *Adviesbureau* u Arnhemu. Tamo se prvi put susreo s novitetima u primjeni računala u proračunu konstrukcija i s metodom konačnih elemenata, što je na određeni način obilježilo njegov životni put.

Po povratku u Zagreb 1972. zaposlio se u Institutu građevinarstva Hrvatske, najprije nakratko u Zavodu za ispitivanje materijala i konstrukcija, a potom u "Grupi 0112". Grupa je osnovana zaslugom prof. dr. sc. Simovića, a osnovna zadaća njezinih članova (J. Dvornika, H. Wernera, N. Ivančića, N. Bićanića, S. Sekulića, R. Fejza, M. Srkoča) bila je vezana uz proučavanje i razvoj numeričkih metoda u proračunu konstrukcija, posebno metode konačnih elemenata. Naravno, uskoro je počela i praktična primjena novih saznanja, a najvažniji projekt bila je kotlovnica termoelektrane *Urinj* s dimnjakom visokim 250 m. Tada je to bila jedna od najvećih i najsloženijih konstrukcija izgrađenih na lokaciji na kojoj je bila zabilježena najveća ikad izmjerena brzina vjetera. Oblik dimnjaka Nenad je odredio zajedno s prof. dr. sc.

Josipom Dvornikom uz pomoć izvornoga optimizacijskog programa.

Od projekata u inozemstvu valja spomenuti jedan veliki betonski vijadukt u Kuala Lumpuru u Maleziji. Ondje je zbog pojave tzv. odgođenog formiranja entrigita (DEF) tijekom izgradnje vijadukta oštećena njegova konstrukcija. Naime, zbog previsoke temperature u ranoj fazi beton

nije do kraja hidratirao. Nenad je radio kompletnu računsku analizu "unatrag", što je uključivalo faze montaže, procjene i provjere toga kada se što dogodilo, odnosno u kojoj fazi, određivanje uzroka određenog oštećenja te procjene varijanti oštećenja. U tome postupku primijenjena je i nelinearna termomehanička analiza.



Prof. Nenad Bićanić snimljen ispred matičnog fakulteta u Zagrebu 2015. za posljednjeg razgovora za *Građevinar*

Nakon što se obitelj Bičanić proširila za dva člana (Tihana, 1972. i Nikola, 1974.) uslijedio je novi odlazak u inozemstvo. Dobivši 1976. stipendiju Republičkog savjeta za znanstveni rad, Nenad je otišao na doktorski studij na Sveučilište u Walesu (Swansea, Velika Britanija). U to je vrijeme Sveučilište u Swanseau, upravo pod vodstvom profesora dr. sc. Zienkiewicza, bilo središte razvoja metode konačnih elemenata. Ondje je Nenad 1978. obranio doktorsku disertaciju pod naslovom *Nonlinear Transient Dynamic Response of Concrete Structures*. U radu je predložio viskoplastični konstitutivni model ponašanja betona pri naglom opterećenju i razjasnio razloge iznenađujućih oscilacija rješenja pri nepotpunoj integraciji u primjeni izoparametarskih konačnih elemenata.

Odmah nakon povratka iz Swansea Nenad je biran u zvanje docenta na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a 1985. izabran je u zvanje redovitog profesora. Na dodiplomskome i poslije-diplomskome studiju držao je predavanja iz kolegija Građevna statika, Dinamika konstrukcija, Plošni nosači, Metoda plastičnosti i Numeričke metode u analizi konstrukcija.

Godine 1983. obitelj Bičanić ponovno je privremeno odselila u inozemstvo, no taj put u Sjedinjene Američke Države. Naime, Nenad je kao gost profesor dobio jednogodišnju specijalizaciju na Sveučilištu Colorado u Boulderu. Ondje je zajedno s profesorom Willamom Kasparom razvio jedan od prvih matematičkih modela postupnog popuštanja nosivosti betona (omekšanje – *softening*). Predloženi je model matematički opis, formuliran u kontekstu nelinearne mehanike loma, procesa lokalizacije deformacija vezanih uz nastajanje i razvoj pukotina u betonu, čime se regularizira diskontinuitet polja pomaka. Predloženi je model bio jedan od prvih u nizu modela koji su danas standardni u inženjerskoj praksi.

Njegujući i dalje suradnju sa Sveučilištem u Swanseau, Nenad je zajedno s prof. dr. sc. Franom Damjanićem, koji je također doktorirao u Swanseau, organizirao međunarodnu konferenciju o numeričkome modeliranju ponašanja betona i beton-



Prof. Bičanić ispred istarskog kažuna u Nacionalnom parku Peak District u Engleskoj

skih konstrukcija u Splitu 1984. (ICC). Konferencija je okupila sve vodeće svjetske znanstvenike u tome području. Nakon spajanja s postojećim nizom konferencija *Delft Concrete Mechanics Colloquia*, izvorna je splitska konferencija, u sklopu dugotrajne suradnje s profesorima Herbertom Mangom iz Beča i Renéom de Borstom iz Delfta, prerasla u niz prestižnih konferencija *Computational Modelling of Concrete and Concrete Structures (EURO-C)*. U trideset godina konferencije se uglavnom održavaju svake četvrte godine. Mnoge su danas važne spoznaje vezane uz primjenu numeričkog modeliranja betona i betonskih konstrukcija prvi put predstavljene upravo na tim konferencijama. Sljedeća konferencija 2018. bit će organizirana u znak sjećanja na Nenada Bičanića.

Uskoro je Nenad otišao sa Sveučilišta u Zagrebu i od tada su on i njegova obitelj trajno boravili u Velikoj Britaniji. Naime, 1985. prihvatio je poziv prof. dr. sc. Zienkiewicza na trogodišnji boravak u Swanseau koji je poslije prerastao u stalni položaj (*Lecturer, Senior lecturer, Reader*) na Građevinskom odjelu (*Department of Civil Engineering*). Ipak, uz predavanja i istraživanja i dalje je redovito držao poslijediplomsku nastavu u Zagrebu. S prof. dr. sc. Zienkiewiczem razvio je model apsorbujućeg ruba (engl. *absorbing*, "silent ili non

*reflecting boundary*) kako bi se korektno modelirao utjecaj neograničenih sredina u seizmičkim proračunima. Taj je model poslije uključen u nekoliko proračunskih paketa za primjenu u nuklearnoj industriji pa nije nimalo neobično to što je Nenad vodio seizmičku analizu dijela nuklearne elektrane u Koebergu u Južnoj Africi.

U to je vrijeme održao niz predavanja u Međunarodnom centru za mehaniku (CISM) u Udinama, a istodobno je razvijao i bezuvjetno stabilne algoritamske postupke (engl. *iterative stress return*) za kvazikrhe materijale i radio na razvoju kombinirane metode konačnih i diskretnih elemenata (FEM/DEM) kod višepoljnih (engl. *multifield*) problema. To je radio s profesorom Rogerom Owenom sa Sveučilišta u Swanseau te s profesorima Antom Munjizom i Nikicom Petrinićem. Nakon gotovo desetgodišnjeg boravka u Walesu obitelj Bičanić otišla je u Škotsku. Naime, 1994. Nenad je prešao na Sveučilište u Glasgowu na položaj *Regius Professor of Civil Engineering and Mechanics*. To je najstarija titula profesora u tehničkim područjima u Britanskoj zajednici naroda (Commonwealth), koju je 1840. utemeljila britanska kraljica Viktorija. Do sada je tu titulu imalo ukupno deset stručnjaka, a Nenad je bio deveti (od 1994. do 2012.) i po tome je nesumnjivo najviše rangirani hrvatski građevinar uopće. U razdoblju

od 1996. do 2001. bio je predstojnik (*Head of Department*) Građevinskog odjela (*Department of Civil Engineering*). Osim toga obnašao je dužnost direktora Zajedničkog istraživačkog instituta četiriju sveučilišta na zapadu Škotske koji okuplja i potiče daljnji razvoj i širu primjenu numeričke mehanike u područjima bioznanosti i medicinskih znanosti (*Joint Research Institute of Mechanics of Materials and Structures and Bioengineering*).

U Glasgowu je Nenad utemeljio novu grupu za računalnu mehaniku (*Computational Mechanics*) koja je s vremenom postala jedna od najjačih u Velikoj Britaniji. Znanstveni se interes proširio na modeliranje nelinearno termo-higro-mehaničkog ponašanja betona pod utjecajem visokih temperatura, uključujući i eksperimentalna istraživanja lomne energije sloma betona pri visokim temperaturama. Također je istraživana primjena tog modela u modeliranju dugotrajnog ponašanja zaštitnih građevina od prednapetog betona u nuklearnim elektranama (projekt *EU MAECENAS* u suradnji više europskih sveučilišta).

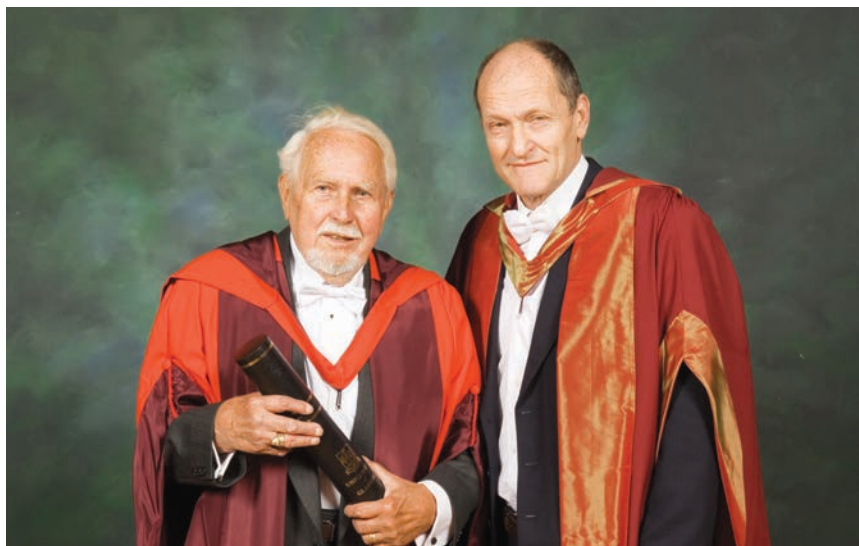
Nenadov se znanstveni interes širio i na modeliranje povezanih višepoljnih (engl. *coupled multifield*) problema diskontinuiranih sredina kao što su zidane konstrukcije, raspucane stijenske mase ili sipki sadržaj silosa. "Klasična" metoda konačnih elemenata primjenjuje se u rješavanju zadaća mehanike kontinuuma u kojima su nepoznata polja (najčešće polja pomaka) neprekinuta pa i dovoljno glatka. No, za spomenute je probleme pogodnije neposredno prikazati međusobno nepovezana tijela ili diskontinuitet poput pukotina. Pritom diskontinuiteti mogu biti prisutni "od početka" (spojevi između blokova zidanih konstrukcija, jednostrani kontakti između zrna), ali mogu postupno nastajati i razvijati se (pukotine u betonu ili stijenama). Zato se tu radi o prijelazu iz kontinuuma u diskontinuum. Područje je matematičkog i numeričkog modeliranja diskontinuiranih sredina vrlo široko i zahtijeva različite pristupe pa su predložene i razvijene različite metode. Nenad Bičanić i grupa u Glasgowu razvijali su mnoge od njih: metodu diskretnih elemenata, već spo-

minjanu kombiniranu metodu diskretnih i konačnih elemenata, metodu analize diskontinuirane deformacije (*Discontinuous Deformation Analysis – DDA*), metodu numeričkih višestrukosti (*Numerical Manifold Method – NMM*) i NSCD metodu (*Non Smooth Contact Dynamics*). Razvoj uključuje doprinose u algoritamskom smislu, ponajprije u učinkovitome implicitnom rješenju nelinearnoga lokalnog kontakta, ali i u novim metodama rješavanja velikih sustava nelinearnih jednadžbi za probleme koji nisu glatki poput jednostranih kontakata i nejednakosti u rubnim uvjetima u kontaktu. Razvijene metode imale su i važnu praktičnu primjenu u Velikoj Britaniji za modeliranje kritičnih sustava grafitnih blokova jezgre u nuklearnim reaktorima pri seizmičkome opterećenju i za procjenu sigurnosti na pukotine i iradijacijsko oštećenje grafita, ali i u analizi i procjeni sigurnosti građevina kulturne baštine poput povijesnih zidanih lučnih mostova.

Sveobuhvatni pregled područja modeliranja diskontinuiranih sredina Nenad Bičanić zaključio je u poglavlju o metodama diskretnih elemenata (u širem smislu) u knjizi *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics* (autori O. C. Zienkiewicz i R. L. Taylor). Pisao je o tome i u prvoj *Enciklopediji računalne mehanike (Encyclopedia of Computational Mechanics)* koju su uredili Erwin Stein, René de Borst i Thomas Hughes.

Osim što se bavio znanstvenim istraživanjima, Nenad je na preddiplomskom (B. Eng. i M. Eng.) i poslijediplomskom studiju pri Građevinskom odjelu Sveučilišta u Glasgowu držao predavanja iz niza predmeta: Matematike, Građevne statike (Proračuna konstrukcija), Numeričkog modeliranja, Dinamike konstrukcije i potresnog inženjerstva, Numeričke metode u teoriji plastičnosti itd.

Ovdje treba napomenuti to da je Nenad za boravka u Velikoj Britaniji ostvario važne kontakte s pojedinim kolegama u Rijeci pa je na taj način stvorena podloga za njegov izbor u zvanje i formalno zapošljavanje. Ponajprije valja spomenuti to da je Nenad bio mentor pri izradi disertacije pod naslovom *Numeričko modeliranje procesa korozije armiranobetonskih konstrukcija u moru* koju je prof. dr. sc. Gojko Balabanić obranio 1993. godine. Osim toga Nenad je bio nositelj kolegija *Rubni problemi* na sveučilišnom poslijediplomskom magistrarskom studiju, koji se izvodio na Građevinskom fakultetu u Rijeci od akademske godine 1999./2000. Suradivao je i na trima znanstvenim projektima koji su ostvareni u suradnji Odjela građevinarstva pri Sveučilištu u Glasgowu i Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci. Riječ je o projektima *Investigation of Damage Evolution in Continuum Modelling of Quasibrittle Materials* (1997. – 2000), ALICE (*Academic Links and Interchange Scheme*) bilateralni projekt *Investigation of Damage Evolution*



Dodjela počasnog doktorata Olgierdu Cecilu Zienkiewiczu 2008. u Glasgowu

in *Continuum Modelling of Quasibrittle Materials* (1997 – 2000) i *Prestressed concrete pressure vessel and prestressed concrete containment materials at elevated temperature: Concrete tensile fracture energy release rate* (2000 – 2001). Nositelji tih projekata iz Građevinskog fakulteta u Rijeci bili su prof. dr. sc. Gojko Balabanić i prof. dr. sc. Ivica Kožar.

Nakon što je 2010. završio svoju sveučilišnu karijeru u Velikoj Britaniji i otišao u zasluženu mirovinu, proglašen je za profesora emeritusa Sveučilišta u Glasgou. Tada su Nenad i njegova supruga preselili u Oxford, s time da su redovito dio godine provodili u svojoj kući u Velom Lošinj. Naravno, zahvaljujući svojoj vitalnosti te želi da nastavi djelovati u nastavničkom i znanstvenom području, Nenad je nastavio svoju suradnju s Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Rijeci gdje je bio redoviti profesor od 2010. do 2015. Vodio je predavanja na diplomskom studiju na predmetu *Plošni nosači* i bio mentor dvojici doktorskih kandidata. Bio je voditelj UKF znanstvenog projekta *Evidence Based Characterisation of Dynamic Sensitivity for Multiblock Structures – Computational Simulation and Experimental Validation* o dinamičkom ponašanju diskontinuiranih blokovskih konstrukcija i sustava. Također je bio aktivni sudionik u projektu *Research Infrastructure for University of Rijeka Campus (RISK)*, zadužen za osmišljavanje istraživačkog profila i provedbu nabave laboratorijske opreme za seizmička ispitivanja i nekontaktno mjerenje. Bio je i suradnik na HRZZ-ovu projektu *Configuration-dependent Approximation in Non-linear Finite-element Analysis of Structures* zadužen za razvoj eksperimentalnih i numeričkih procedura za analizu multiblokovskih sustava.

Kao dodatni dokaz Nenadove aktivnosti u toj "riječkoj fazi" može poslužiti popis 17 znanstvenih članaka koje je objavio od 2010. do 2015. u suradnji s članovima Sveučilišta u Rijeci.

Nenad Bičanić autor je ili koautor više od 150 članaka u znanstvenim časopisima i zbornicima znanstvenih simpozija. Bio je također urednik za Europu (engl. *European Editor*) međunarodnog časopisa

*Computers & Concrete* (1990. – 2014.) te član izdavačkih odbora nekoliko časopisa poput *Computers & Structures*, *International Journal of Numerical Methods in Geomechanics* i *International Journal of Cohesive Frictional Materials*.

Bio je mentor na 29 doktorata, a prestižno udruženje ECCOMAS (*European Community on Computational Methods and Applied Sciences*). 2008. proglasilo je disertaciju o metodi NSCD Tomasza Koziara najboljom iz područja računalne mehanike

Nenad je bio član brojnih znanstvenih i strukovnih udruženja. Jedan je od osnivača ACME-UK-a (*Associations for Computational Mechanics in Engineering*) i organizator prve konferencije tog udruženja 1993. godine. Sudjelovao je u osnivanju i aktivnostima CEACM-a (*Central European Association for Computational Mechanics*) koji obuhvaća Austriju, Poljsku, Mađarsku, Slovačku, Češku, Sloveniju i Hrvatsku, a bio je član upravnih tijela ACME-UK-a i ECCOMAS-a. Bio je počasni član Hrvatskog društva za mehaniku te suradnik udruženja *The International Association for Computational Mechanics (FIACM)* i *The Institution of Civil Engineers (FICE)*.

Dopisni član HAZU-a, u Razredu za tehničke znanosti, postao je 2010. godine. Akademiji se predstavio pozvanim predavanjem *Computational Modelling of Concrete and Masonry Structures, Possibilities, Limitations and Current Development*, koje je objavljeno u Biltenu Razreda za tehničke znanosti.

Osim što je djelovao kao građevinski stručnjak, sveučilišni nastavnik i znanstvenik, Nenad je bio u pravome smislu te riječi svestrana osoba. Već u školskim danima bio je ponajprije vrstan atletičar. Svojedobno je bio juniorski prvak Jugoslavije i rekorder u štafetnome trčanju (doduše u pomalo neobičnoj disciplini – 4 x 300 m) kao član zagrebačke *Mladosti*. Volio je košarku, tenis, skijanje i planinarenje.

Posebno je volio organizirati sportska druženja studenata i nastavnika i to je činio na svim mjestima gdje se dulje zadržavao pa takvi građevinski sportski dani postoje još u Coloradu (natjecanje u skijanju), Swanseau i Glasgou. Bio je jedan od organizatora *Gimbletona*, masovnoga teniskoga godiš-

njeg druženja ondašnjega Građevinskog instituta koji je okupljao znanstvenike, stručnjake i ostale zaposlenike.

Još kao dijete volio je muzicirati, osobito klavir. Upravo ljubav prema glazbi dovela ga je do folklor. Već u studentsko doba postao je članom SKUD-a *Ivan Goran Kovačić* u kojemu je upoznao suprugu Jasnu. To koliko im je bavljenje folklorom bilo važno najbolje svjedoči jedna Nenadova rečenica: "U to doba nam naravno nije bilo jasno – pretpostavljam jednako kao i mnogim drugima – koliko će taj prekrasni period dati pečata našem budućem životu." I u tome okruženju Nenad je pokazao svoje organizacijske sposobnosti. Naime, krajem 1981. sa suprugom Jasnom osnovao je Grupu za međunarodni folklor i organizirao prvi tečaj međunarodnog folklor. Grupa je u početku djelovala pod okriljem Građevinskog instituta, a danas nosi naziv Grupa međunarodnog folklor SKUD-a "Ivan Goran Kovačić".

Za boravka u Britaniji Nenad i Jasna ponovno su se uključili u aktivnosti ondašnjeg društva za međunarodni folklor (*Society for International Folkdancing – SIFD*), a u više su navrata podučavali hrvatske narodne plesove. Tako su hrvatski narodni plesovi postali redovit dio folklornog repertoara plesnih grupa u Britaniji.

Još jedan dokaz Nenadove svestranosti jest njegov interes za slikanje. Nedavno se ohrabrio slikati vodenim bojama razne motive.

Premda je veći dio svoje profesionalne karijere proveo u inozemstvu, Nenad nikada nije prekidao veze sa svojom domovinom i matičnim sveučilištem, pomagao je mnogobrojnim kolegama u uspostavi kontakata s vodećim znanstvenicima, kao i pri upisu na doktorske studije na sveučilištima gdje se nalazio i radio. U tome kontekstu valja spomenuti to da je Nenad bio jedan od osnivača alumni udruge AMAC-UK i njezin predsjednik u dva mandata. Bilo je to u vrijeme kad se Hrvatska još borila za svoju samostalnost. Udruga je osnovana 1993. u Oxfordu na poticaj grupe sedamdesetak bivših studenata hrvatskih sveučilišta i njihovih prijatelja iz Velike Britanije. Zadaća je udruge pomaganje mladim znanstvenicima iz Hrvatske u boravku na sveučili-

štima u Velikoj Britaniji, u sudjelovanju na konferencijama u Velikoj Britaniji i sl. Od 1995. Udruga je ustanovila godišnju nagradu za mlade znanstvenike u Hrvatskoj, i to za projekte vezane uz suradnju s britanskim sveučilištima. Primjerice, u području građevinarstva AMAC-UK-ove stipendije dobilo je više studenata u Rijeci, Osijeku, Splitu i Zagrebu.

Bio je i koordinator petogodišnjeg projekta EU-TEMPUS ACEM 1990. - 1996. (*Trans-European Mobility Programme for University Studies*) za sveučilišta u Ljubljani, Splitu, Mariboru i Zagrebu. Projekt je omogućio usavršavanje mladih znanstvenika u modernim numeričkim metodama u mehanici, u vrijeme velikog i kritičnog napretka u računalnoj mehanici. Osim niza intenzivnih višednevnih tečajeva u Ljubljani, Mariboru, Zagrebu i Splitu, koji su bili otvoreni za sve zainteresirane, projekt je uključivao i veliki broj duljih studijskih putovanja u partnerske institucije koje su uvelike utjecale na opći razvoj i primjenu računske mehanike u nas i na akademski ili profesionalnu karijeru mnogih mladih istraživača. Osim toga omogućena je i nabava računalne opreme. Od 2003. do 2006. godine s prof. dr. sc. Antunom Szavits-Nossanom bio je koordinator trogodišnjeg EU-TEMPUS projekta RUCÉ (*Reconstruction of Civil Engineering Education in Croatia*) za građevinske fakultete u Zagrebu, Rijeci, Osijeku i Splitu. U projektu sudjelovalo je više uglednih inozemnih visokoškolskih ustanova kao i Hrvatska komora inženjera u graditeljstvu s ciljem da se visokoškolski nastavni programi građevinarstva u Hrvatskoj približe novim društvenim potrebama i tržišnim izazovima te usklade s Bolonjskim procesom konvergencije sustava visokog obrazovanja u Europi. Nakon što je projekt završen, bogata i vrlo vrijedna iskustva stečena radom na tome projektu konačno su i ugrađena u nove nastavne programe. Nenadov svestrani istraživački duh i njegova želja za istraživanjem i otkrivanjem novog, kao i trajna veza s matičnim sveučilištem, posebno je dokumentirana u časopisu *Glasnik AMCA-FA 15* (2016) gdje se u rubrici RAZGOVOR S POVODOM mogu naći i ove njegove riječi: "Nisam nikad mislio da ću otići živjeti vani i raditi sve ono što sam radio. Ja jesam znatiželjan i to me



je vodilo. Sve je dobro završilo, ali moglo je biti i drugačije. Kao da me je odozgo nešto pazilo da sve završi kako treba."

Nenad je bio inicijator i voditelj izgradnje Istarskog kašuna u Peak District National Parku u Velikoj Britaniji, kao trajnog spomen obilježja povodom ulaska Republike Hrvatske u članstvo Europske unije 2013. Kašun je svečano otvoren 2. srpnja 2013. u sklopu festivala *Welcome Croatia* u kojemu je Nenad bio jedan od članova Organizacijskog odbora. Projekt je proveden u suradnji s arhitektom Brankom Orbančićem, zajedno s majstorima iz Žminja, a uz financijsku pomoć Ministarstva kulture RH i Istarske županije. U gradnji se koristio kamen vapnenac iz obližnjega kamenoloma, a gradnja je trajala 17 dana. Ideja o gradnji kašuna nastala je kao proširenje aktivnosti AMAC-UK-a. Na svečanom se otvorenju plesao hrvatski folklor. Kao dokazani poštovatelj suhozidne tradicijske gradnje Nenad je bio inicijator i organizator foruma o graditeljskoj baštini Tradicijske kamene ulične obloge i pokrovi u organizaciji Građevinskoga fakulteta Sveučilišta u Rijeci i Grada Maloga Lošinja 2014. godine. Posebno je bio ponosan na činjenicu da je uspio nagovoriti Mjesni odbor u Velom Lošinjju da se od betoniranja spasi jedna od glavnih ulica i obnovi u tradicijskoj kamenoj oblozi. Zaslužan je i za izgradnju kamene klupe (*banak na pjalalu*) ispred župne crkve u Velom Lošinjju 2016.

Uskoro je došla i najava još jedne uspješne i sretne godine: rodila se unuka Aleksandra Elizabeta. Naravno, bila je to naj-sretnija moguća vijest. Međutim, kruta realnost donijela je obitelji Bičanić u istoj godini i najtužniji mogući događaj. Nenadov ovozemaljski život završio je upravo u Velom Lošinjju, u koji je u djetinjstvu dolazio na ljetovanje kod tete Ane. U obavijesti o tome iznenadnom i tragičnom događaju, koja je uvečer istoga dana krenula u svijet, Jasna je napisala i ovo: "He had a happy life all the way to the end". Tako je Nenad protrčao kroz život svugdje ostavljajući neizbrisiv trag. Svi mi u Zagrebu, Arnhemu, Boulderu, Swanseau, Glasgowu, Oxfordu, Londonu, Los Angelesu, Rijeci i Velom Lošinjju sačuvat ćemo trajno sjećanje na velikog prijatelja, vrsnog stručnjaka i profesora, neumornog istraživača i znanstvenika, uzornog supruga, oca i djeda, i nadasve dobrog čovjeka.

**Davorin Kovačić**

Veći dio ovog teksta preuzet je iz članka "Modeliranje diskontinuiranih sredina i međunarodni plesovi", *Građevinar 2/2015*. Zahvaljujem autoru Branku Nadilu što je to odobrio. Zahvaljujem na pomoći kolegi Miljenku Srkoču, prof. dr. sc. Ivici Džebi i prof. dr. sc. Krešimiru Freslu s Građevinskog fakulteta u Zagrebu, prof. dr. sc. Gordanu Jeleniću, prof. dr. sc. Gojku Balabaniću i prof. dr. sc. Ivici Kožaru s Građevinskog fakulteta u Rijeci te prof. dr. sc. Antunu Szavits-Nossanu.

D. K.

## DRUŠTVENE VIJESTI

Uredila: Tanja Vrančić

SJEDNICA PREDSEDNIŠTVA HSGI-a

## Razgovori o posebnim uzancama u građenju

**Posebnim uzancama o građenju uređuju se odnosi između naručioca i izvođača radova u poslovima izvođenja radova na građevinama, one su kodificirani poslovni običaji u području građenja koji su se ustalili u graditeljskoj djelatnosti**

Četrnaesta sjednica Predsjedništva Hrvatskog saveza građevinskih inženjera (HSGI-a) održana je 8. studenoga 2016. u Zagrebu. Sjednicu je vodio predsjednik Dragan Blažević, dipl. ing. građ.

Nakon kratkog pregleda zaključaka usvojenih na prethodnoj sjednici jednoglasno je usvojen zapisnik s 13. sjednice Predsjedništva održane 13. rujna 2016. u Zagrebu.

U uvodnome dijelu sjednice Anđela Bogdan iznijela je preliminarne izvještaj o Saboru hrvatskih graditelja održanome 17. i 18. listopada 2016. u Cavtatu. Sabor je otvorio Dragan Blažević, predsjednik HSGI-a. Na otvorenju Sabora sve nazočne pozdravio je dubrovačko-neretvanski župan Nikola Dobroslavić, izaslanik Kolinde Grabar-Kitarović, predsjednice Republike Hrvatske. Skup su pozdravili i Branko Baričević, predstavnik Europske komisije u Republici Hrvatskoj, Mirko Arend, direktor sajma *Bau München*, te Zvonimir Sever, predsjednik Hrvatske komore inženjera građevinarstva. Na Saboru su uručene dvije nagrade za životno djelo, i to Dominiku Brigoviću iz DGIT-a Dubrovnik i prof. dr. sc. Josipu Marušiću iz DGI-a. Održana su četiri okrugla stola, i to *Hrvatsko otvoreno tržište inženjerskih usluga*, *Zakonska regulativa - iskustva, problemi i rješenja*, *Infrastrukturna problematika grada Dubrovnika* te *Posebne uzance u građenju*, na kojima su bile vođene vrlo aktivne rasprave. Sabor je bio dobro popraćen u

sredstvima javnog informiranja, a jedan je prilog objavljen i na državnoj televiziji. Nakon Sabora stiglo je nekoliko poziva sudionika, najviše iz Bosne i Hercegovine, koji su iznijeli pozitivna mišljenja o organizaciji i cjelome konceptu rada Sabora. Zatražili su zaključke sa Sabora jer ista problematika muči i njihove inženjere.

Predsjednik Predsjedništva HSGI-a Dragan Blažević rekao je to kako je održavanjem Sabora hrvatskih graditelja HSGI dobio izuzetne reference, da je pokazao da i dalje aktivno i kvalitetno radi, a ostvareni su i vrlo vrijedni kontakti sa sudionicima, predavačima, institucijama na svim razinama te izlagačima.

Na kraju Blažević je zahvalio prof. dr. sc. Stjepanu Lakušiću, Dragutinu Mihelčiću i Andrinu Petkoviću na velikome trudu i zalaganju uložene u organizaciju Sabora hrvatskih graditelja 2016.

Na sjednici Predsjedništva podneseno je i izvješće o provedbi programa stručnog usavršavanja za razdoblje od 1. studenoga 2015. do 11. travnja 2016. koje je pripremio prof. dr. sc. Josip Rupčić. Seminare su održali DGI Zagreb (devet seminara s 414 polaznika), DAGIT Nova Gradiška (jedan seminar s 15 polaznika), DGI Rijeka (jedan seminar s 15 polaznika), DGITM Čakovec (tri seminara sa 71 polaznikom), Dubrovnik (dva seminara sa 17 polaznika), Slavonski Brod (jedna stručna ekskurzija na koju se odazvalo 35 polaznika), DGIT Varaždin (jedna

stručna ekskurzija na koju se odazvalo 48 polaznika) i DAGIT Vinkovci (jedan seminar s 23 polaznika). Ukupno je održano 18 seminara, dvije stručne ekskurzije i tri stručna skupa na kojima su ukupno sudjelovala 1322 polaznika koja su ostvarila 16.451 bodova struke i 7280 bodova građevno-tehničke regulative.

Predsjednik Blažević zaključio je da se rezultati provedbe stalnoga stručnog usavršavanja mogu smatrati zadovoljavajućima s obzirom na probleme s kojima se suočava graditeljstvo u RH.

Miljana Brkić, nova voditeljica stručnog usavršavanja, pripremila je plan za novo petogodišnje razdoblje, od 1. siječnja 2017. do 31. prosinca 2021. To je zasad radna verzija koja se šalje svim članovima Verifikacijskog povjerenstva na usuglašavanje. Konačni prijedlog stručnog usavršavanja bit će predložen na prihvaćanje svim članovima Predsjedništva na sljedećoj sjednici. Napomenula je kako kao voditeljica stručnog usavršavanja treba imenovati članove Verifikacijskog povjerenstva koje ima pet članova. Za članove predložila je Mirnu Amadori, Željku Šarić, prof. dr. sc. Josipa Rupčića i prof. dr. sc. Vjerana Mlinarića. Prijedlog je jednoglasno prihvaćen.

Brkić je istaknula i to kako je prema Pravilniku o provođenju stručnog usavršavanja uvedeno bodovanje seminara, ali istodobno i vrednovanje prema nastavnim satima. Također je rekla kako regulativu nije potrebno odvajati od stručnih sati. Potom je prihvaćeno da će na snazi i dalje ostati odvajanje regulative od struke.

Uz pozive za sjednicu predsjednik Blažević svim članovima Predsjedništva uputio je prijedlog programa rada i financijskog plana za 2017. Zamolio je sva temeljna društva da pošalju svoje prijedloge prije sjednice Predsjedništva koja će se održati u prosincu 2016.



## DRUŠTVENE VIJESTI

O uzancama o građenju izvijestila je Željka Šarić. Posebnim uzancama o građenju uređuju se odnosi između naručitelja i izvođača radova u sklopu radova na građevinskim objektima. One su kodificirani poslovni običaji u području građenja i sadrže poslovne (trgovačke) običaje koji su se ustalili u graditeljskoj djelatnosti do dana donošenja uzanci. Ti običaji nisu se, u najvećoj mjeri, promijenili do danas pa se navedene uzance i danas ugovaraju kao pravni izvor koji uređuje odnose između ugovaratelja u poslovima gradnje Hrvatska gospodarska komora i Hrvatska udruga poslodavaca na temelju članka 199. Zakona o gradnji (NN 153/2013) pokrenuli su inicijativu i objavili prijedlog teksta nacrtu posebnih uzanci o građenju. U iznošenje prijedloga mogu se uključiti svi koji to žele.

Na sjednici se razgovaralo o članarini HSGI-a za 2017. te o pretplati na časopis *Građevinar*. Dogovoreno je kako će se za sljedeću sjednicu pripremiti službeni dokument - cjenik za 2017. godinu. Na kraju se razgovaralo o aktivnostima temeljnih društava. Tako je Miljana Brkić pozvala okupljene na stručni seminar *Dani vodoopskrbe* koji je Hrvatska udruga stručnjaka za vodu, odvodnju i plin organizirala 8. studenoga. Prof. dr. sc. Vjeran Mlinarić potvrdio je to da će se Konferencija Hrvatske udruge za organizaciju građenja održati od 27. do 30. rujna 2017. u Poreču. Prva obavijest i poziv bit će poslani u sljedećim tjednima. Željka Šarić najavila je stručni seminar *Aktualna građevno-tehnička regulativa* koji je DGI Zagreb organizirao 25. studenoga. Istoga dana održan je i *Bal građevinara*.

Dragan Blažević rekao je to kako je DGI Rijeka pokrenuo aktivnosti međulaboratorijske usporedbe koja se bavi vodonepropusnim ispitivanjem kanalizacije i ostalih voda za sve ovlaštene laboratorije RH koji ispituju kanalizacijske sustave. Mirna Amadori izvijestila je okupljene o tome da su članovi DGIT-a Varaždin od 7. do 10. listopada bili na stručnoj ekskurziji u Poljskoj na kojoj je sudjelovalo 66 sudionika. Antun Pospišil rekao je to kako su u Slavonskom Brodu 28. listopada održali stručno predavanje o energetske učinkovitosti u pokretu. U organizaciji seminara pomogli su im predstavnici projekta *Croskills*. Željko Andričević izvijestio je kako su članovi DAGIT-a Vinkovci bili na stručnoj ekskurziji u Trogiru gdje su obišli gradilište novog mosta. Na ekskurziji je bilo 30 sudionika.



**IZDANJA HSGI-a**  
<http://www.casopis-gradjevinar.hr/izdavastvo/>  
 Narudžbe na e-mail: [gradjevinar@hsgi.org](mailto:gradjevinar@hsgi.org), faks: 01/4872-526

## DRUŠTVENE VIJESTI

STRUČNA EKSKURZIJA MEĐIMURSKOG DRUŠTVA

### Posjet baltičkim zemljama

Sudionici stručnog putovanja obišli su tri baltičke zemlje: Estoniju, Latviju i Finsku

Sredinom rujna 2016. međimurski građevinari, članovi Društva građevinskih inženjera i tehničara Međimurja posjetili su tri najistočnije baltičke zemlje.

Na putovanje prema aerodromu u Beču krenuli su iz Čakovca autobusom, a u Beču su se ukrkali u avion za Rigu. Nakon slijetanja autobusom su nastavili putovanje do poznatog ljetovališta Jurmale, omiljenog ljetovališta Brežnjeva i Hruščova. Inače, Jurmale je najveće izletišta stanovnika Rige, obalni gradić s velikom plažom, a od Rige je udaljen četrdesetak minuta vožnje. Osim spomenute plaže grad krasi građevine socijalističke arhitekture. Atrakcija su drvene kućice izgrađene u stilu secesije. Smještene su u lijepim crnogorično-brezovim šumama. Namijenjene su za odmor pa se u njima uglavnom nalaze hoteli, bungalovi i slično. Nakon obilaska Jurmale izletnici su krenuli prema Rigi, glavnome gradu Latvije. Drugog dana putovanja razgledali su glavni grad Latvije koji je proglašen europskim gradom kulture 2014. godine. Ulaskom u Rigu odmah se primjećuje arhitektura koja najviše pripada razdoblju secesije. Riga je poznata i po svojem koloritu. Raznobojne fasade, zeleni parkovi puni djece i rijeka Dougava s brojnim mostovima stvaraju dojam romantičnog grada.

Riga se nalazi na ušću rijeke Dougave u Baltičko more. Dougava teče s Valdajske uzvisine, iste uzvisine u Rusiji s koje teku i Volga, Dnjepr i Lovat, svaka na svoju stranu. Stara Riga nalazi se na UNESCO-ovoj listi svjetske baštine, jer ima najveći broj građevina u stilu secesije (*jugend stila*) u Europi. Riga je 2001. proslavila 800

godina postojanja. Najveći je broj gradskih znamenitosti u starome dijelu koji se naziva Vecriga ("stara Riga"). Može se reći da

je prava ljepota Rige njezina stara jezgra. U središtu staroga gradskog trga nalazi se kuća mačaka, građevina na čijemu se vrhu krova nalazi skulptura mačke. Ta je mačka postala jedan od gradskih simbola.

Vrlo je dojmjljiva i crkva sv. Petra, stara kao i sam grad. Toranj je visok 123 m i na njezinu je vrhu lik pijetla visok 210 cm i težak 158 kg. Prekrasno je zdanje i tzv. Kuća crnoglavih, sagrađena u 14. stoljeću za potrebe gradskih čelnika i trgova-



Sudionici ekskurzije u Talinu

## DRUŠTVENE VIJESTI

ca. Uz velebno zdanje Nacionalne opere, koja osvaja svojom bjelinom i antičkim izgledom, stoji spomenik slobodi. Visoki kip na čijemu je vrhu brončana skulptura žene, simbol državnosti Latvije. Šetalište ispred kipa omiljeno je sastajalište građana. Inače, u Rigi prevladavaju evangelističke crkve, osim katedrale u kojoj su jedne od najvećih orgulja u Europi. Grad je jako uredan, čist i održavan. Pročelja su uređena. Latvija je zemlja koja je bila predmetom tuđih osvajanja, čiji su narod sustavno pokoravali, zatirući njegovo podrijetlo i nacionalni identitet.

Nakon što su obišli Rigu sudionici stručnog putovanja krenuli su prema nacionalnom parku Guaje gdje su i prenoćili.

Razgledanje nacionalnog parka Guaje započelo je obilaskom ruševina dvorca Turaide iz 13. stoljeća. Dvorac je sagrađen u stilu baltičke gotike, a smješten je u lijepome parku okruženome šumama i jezericama. Ruševine starog dvorca jedan su od glavnih simbola Sigulde. Njegovi očuvani obrambeni tornjevi, s oružarnicom i stražarskom kulom, posjetitelje vraćaju u srednji vijek.

Na putu prema Tallinu izletnici su se zastavili u slikovitome ribarskom i ljetovališnome Parnu. Nastavak putovanja obilježio je jednoličan krajolik s nepreglednim ravninama i šumama četinarara i breza. Unatoč monotoniji pejzaž je lijep i opuštajući. U Tallin, glavni grad Estonije, izletnici su stigli predvečer te su grad razgledali panoramski.

Četvrti dan putovanja bio je predviđen za cjelodnevni izlet u Helsinku. Nakon dvosatne vožnje trajektom sudionici stručnog putovanja stigli su u glavni grad Finske i krenuli u njegovo razgledanje. Helsinku ima brojne znamenite građevine izgrađene u neoklasicističkome stilu. Veći broj građevina izgradio je arhitekt Carl Ludvig Engel. Najpoznatija je Luteranska katedrala. Ispred nje poznata je skulptura ruskog cara Aleksandra II. koji je imao titulu velikog vojvode Finske. Poznata je i



Međimurski građevinari u središtu Rige

Uspenska katedrala. Obišli su i olimpijski stadion, crkvu u stijeni čija je unutrašnjost prekrasno uređena, zgradu finskog parlamenta, zgradu opere te željeznički kolodvor. Nakon službenog razgledanja znamenitosti Helsinkija dio članova otišao je na vožnju po Baltiku oko obližnjih otoka, dok je drugi imao slobodno vrijeme za šetnju gradom. U Tallin su se vratili kruzom u večernjim satima. Povratak je bio vrlo ugodan i veseo, a obilježila ga je zabava uz karaoke.

Peti dan počeo je razgledanjem znamenitosti Tallina koje izletnici nisu vidjeli prilikom panoramskog obilaska. Inače, Estonija je država na sjeveroistoku Europe, na obali Baltičkog mora i Finskog zaljeva. Kroz povijest Estonijom su vladali mnogi narodi: Danci, Nijemci, Šveđani, Poljaci i Rusi.

Stari dio grada datira iz 13. stoljeća, nalazi se na UNESCO-ovoj listi zaštićene kulturne baštine i jedan je od najočuvanijih i najautentičnijih srednjovjekovnih gradova. Stari je grad nekada bio podijeljen na dva dijela. Brdo Toompea ili Gornji grad bilo je mjesto gdje je živjelo plemstvo koje je vladalo okolicom. Donji grad bio je zaseban politički subjekt s pravima

samostalnoga grada. Tijekom obilaska brda Toompeje i njegovih znamenitosti sudionici stručnog putovanja popeli su se uskim uličicama popločanim kaldrmom do vrha gdje se nalazi vidikovac, odakle se pruža prekrasan pogled na Donji grad. S njega se vide krovovi zgrada natiskanih oko crkve sv. Olafa. Panoramu dodatno krasí pogled na Baltičko more. U blizini se nalazi i crkva Aleksandra Nevskog, najveća pravoslavna crkva u Tallinu. Izgrađena je 1900. u vrijeme kada je Estonija bila dio Ruskog Carstva, a svrha joj je bila da pokaže političku i kulturnu dominaciju nad tim neposlušnim teritorijem. U crkvi se nalazi i najveće zvono u Tallinu teško čak 15 tona. Preko puta crkve nalazi se Toompejski dvorac, koji je od svoje izgradnje u 13. stoljeću služio kao utvrda svim imperatorima koji su vladali tim područjem. Jedno od najistaknutijih obilježja dvorca je 46 m visoka kula. Danas je dvorac sjedište estonskog parlamenta. Razgledanje se nastavilo spuštanjem do gradskoga trga gdje je mnogo malih restorana i suvenirnica. S trga su izletnici krenuli prema aerodromu na let za Beč, a iz Beča autobusom za Čakovec.

Danica Medved

## DRUŠTVENE VIJESTI

TRADICIONALNI SEMINAR DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA ZAGREBA

### Aktualna građevno-tehnička regulativa

Seminar je okupio inženjere svih struka, a bio je namijenjen svim osobama koje obavljaju poslove projektiranja, građenja, stručnog nadzora i održavanja građevina

Društvo građevinskih inženjera Zagreb održalo je 25. studenoga 2016. u hotelu *International* u Zagrebu seminar Aktualna građevno-tehnička regulativa. Seminar je okupio 70 inženjera svih struka, a bio je namijenjen svim osobama koje obavljaju poslove projektiranja, kontrole projekata, nostrifikacije, stručnog nadzora, građenja, održavanja građevina, izrade elaborata za potrebe projekata, ocjenjivanja sukladnosti i izdavanja certifikata sukladnosti građevnih proizvoda, prostornog uređenja, predstavnika općina, gradova i mnoge druge.

Na otvorenju seminara okupljenima se obratio Zdravko Jurčec, dipl. ing. građ., predsjednik Društva građevinskih inženjera Zagreb, koji je održao uvodno izlaganje na temu *Građevinarstvo u gospodarstvu RH – vizije i perspektive*. Nakon njega doc. dr. sc. Maja Marija Nahod govorila je o stanju građevinskog sektora u RH prije gospodarske krize i nakon nje. Tom prigodom obrazložila je rezultate analiza koje su pokazale znatan pad broja zaposlenih u građevinarstvu u RH u razdoblju od 1998. do 2015., što je izravna posljedica snažne recesije, no u posljednje vrijeme zabilježen je u rast cijena rada, ali i nedostatak radne snage, pa se postavlja pitanje mogu li neracionalna investiranja uopće opstati u uvjetima povećanih cijena.

Ariana Vela, konzultantica za EU-ove fondove, govorila je o iskustvima, problemima i preporukama za sufinanciranje infrastrukturnih projekata iz EU-ovih fondova. Dr. sc. Srđan Šimac, sudac Visokog trgovačkog suda Republike Hrvatske, održao je izlaganje na temu *Rješavanje građevinskih sporova mirenjem*. Mirenje je kao alternativni način rješavanja sporova i s obzirom na sve njegove prednosti najpogodniji, najbrži i najjeftiniji način rješavanja sporova između stranaka. Rekao je kako će mirenje kao svojevrsni "drugi put do pravde", pored onog uobičajenog i redovitog, i u uvjetima neučinkovitoga sudskog postupka pronaći zasluženo mjesto u svakodnevnoj praksi rješavanja sporova u Republici Hrvatskoj onog trenutka kada stranke otkriju kako rješenje svih problema vezanih uz njihove sporove zapravo leži u

njihovim vlastitim rukama, a ne u rukama drugih – odvjetnika, sudaca i drugih pravnih stručnjaka. Predavanje posvećeno novim posebnim uzancama o gradnji održao je odvjetnik Mičo Ljubenko. Govorio je o uobičajenim odnosima i pravilima struke između naručitelja i izvođača, projektanta i nadzornog inženjera, sudionika u građenju i revidenta. Također je spomenuo kako su aktualni problemi u zakonskoj regulativi stručni nadzor građenja, ugovorna kazna (penali), primopredaja – tehnički pregled, okončani obračuni i okončana situacija te sudska praksa u građevinskim sporovima. U popodnevnom dijelu seminara Josip Bienenfeld, dipl. iur. Održao je predavanje na temu potrebnih izmjena i dopuna Zakona o gradnji. O procjeni vrijednosti nekretnina u investicijskim projektima u graditeljstvu govorio je mr. sc. Željko Uhlir, dipl. ing. građ. Zakon o procjeni vrijednosti nekretnina i pripadni pravilnici osnovno su jamstvo investitorima i građanima da će vrijednost njihovih nekretnina u RH biti ispravno procijenjena i da će na taj način biti pravno osigurana sredstva koja su uložena. U svojem izlaganju analizirao pokrivenost propisanim postupcima procjena vrijednosti nekretnina u investicijskim projektima u graditeljstvu. Nakon seminara, u večernjim je satima za sudionike seminara organiziran Bal građevinaru u hotelu *International*, a goste je zabavljala grupa *Peti element*.

### Seminari Društva građevinskih inženjera Zagreba

Izobrazba za Modul 1	18.-21. siječnja 2017.	Pripremni seminar za koordinate	
Izobrazba za Modul 2	25.-28. siječnja 2017.	zaštite na radu	6.-7. veljače 2017.
Pripremni seminar		Stručno usavršavanje za osobe koje provode	
za polaganje stručnog ispita	30.-31. siječnja 2017.	energetski pregled građevina	6. veljače 2017.
(građevinske i arhitektonske struke)		Procjena vrijednosti nekretnina	13. veljače 2016.

Svi se seminari održavaju prostorijama DGIZ-a, u Zagrebu, Berislavićeva 6  
Za informacije i prijave pogledati na [www.dgiz.hr](http://www.dgiz.hr) ili na telefon 01 4872 498

## UPUTE AUTORIMA

*Građevinar* je časopis koji objavljuje znanstvene i stručne radove te ostale priloge iz građevinarstva i s njim povezanih područja. Časopis je također i društveno glasilo svih udruga u sastavu Hrvatskoga saveza građevinskih inženjera.

## ZNANSTVENI STRUČNI ČLANCI

- Izvorni znanstveni rad** sadrži neobjavljene rezultate izvornih znanstvenih istraživanja, a znanstvene informacije su tako izložene da se eksperiment može ponoviti i polučiti opisani rezultat s točnošću koju navodi autor ili unutar dopustive granice eksperimentalne pogreške, odnosno da se mogu ponoviti autorova opažanja, analize, proračuni ili teorijski izvodi te zauzimati stavovi o njegovim zaključcima i rezultatima.
- Prethodno priopćenje** je znanstveni rad koji sadrži jedan ili više novih znanstvenih podataka koje je potrebno hitno objaviti, ali ne mora imati dovoljno pojedinosti za ponavljanje ili provjeru rezultata. U istu kategoriju spada i reagiranje na publicirani rad ako sadrži znanstvene doprinose.
- Pregledni rad** je znanstveni rad koji sadrži cjelovit izvještaj o nekom posebnom pitanju ili području graditeljstva na temelju analize prikupljenih publiciranih informacija. Autor je dužan navesti podatke o svim publiciranim radovima koji su pridonijeli razrješenoj razmatranog pitanja ili razviku odgovarajućeg područja, odnosno, koji bi tome pridonijeli da nisu previđeni ili zanemarivani.
- Stručni rad** sadrži priloge iz graditeljstva s obrađenim vrijednim iskustvima u primjeni poznatih znanstvenih dostignuća koja pridonose širenju znanja i prilagođavanju izvornih istraživanja potrebama prakse.

## OSTALI PRILOZI

Ostali su prilozima: stručni prikazi i osvrti, prikazi gradilišta, pogledi i mišljenja, reagiranja na radove objavljene u časopisu, prilozima o graditeljskoj baštini i iz povijesti graditeljstva, napisi o zaštiti okoliša, stručne zanimljivosti, prikazi i komentari zakonskih rješenja i drugih propisa, napisi o primjeni novih tehnologija i novih materijala, novosti o građevinskoj mehanizaciji, informacije o znanstvenim i stručnim skupovima, bibliografski prikazi, društvene informacije, prenošenje stručno i društveno zanimljivih napisa i dr. Znanstveno-stručni radovi moraju biti izvorni i neobjavljeni te se ne smiju istodobno nuditi drugim časopisima. Autor je odgovoran za izneseni sadržaj te za ishođenje eventualno potrebnih suglasnosti vezanih uz objavljivanje pojedinih podataka. Autor može predložiti kategorizaciju članka, a odluku o tome donosi Urednički odbor. Znanstveni i stručni članci podliježu ocjeni dvaju recenzenata koje imenuje Urednički odbor. Autori kategoriziranih članaka dobivaju besplatno po jedan primjerak časopisa u kojemu je rad objavljen. Autori ostalih priloga dobivaju primjerak časopisa u kojemu je prilog tiskan. Znanstveni i stručni radovi te ostali prilozima tiskaju se na hrvatskome jeziku. U on-line izdanju, znanstveno-stručni radovi će, osim na hrvatskom biti u cijelosti i na engleskom jeziku dok će stručno-informativni prilozima imati samo sažetak na engleskom jeziku.

Autori mogu dostaviti radove na bilo kojem europskom jeziku, Uredništvo časopisa može osigurati prijevod i lekturu teksta, no autori preuzimaju nastale troškove.

Autori su dužni u člancima i drugim prilozima upotrebljavati međunarodni sustav jedinica s nazivima na hrvatskome jeziku.

U tekstovima će časopis upotrebljavati građevinsko stručno nazivlje (terminologiju) koje je prihvaćeno u hrvatskim normama, pa se preporučuje autorima da se toga pridržavaju. **Znanstveni i stručni članci mogu biti veličine do 32000 slovnih znakova**, a dulji samo uz odobrenje Uredništva časopisa.

Naslov članka mora biti koncizan (preporučljivo je najviše 6 riječi), informativan i jasno izražavati sadržaj. U naslovu ne smije biti upitnih ni uskličnih rečenica niti izricanja posebnih teza. Kategorizirani članci moraju imati sažetak u kojem se ukratko opisuje o čemu se u članku govori, kakvi su postupci primijenjeni i do kojih se rezultata došlo. **Sažetak može imati 500 do 520 slovnih znakova (90 do 100 riječi)**. Uz sažetak treba posebno navesti 5 do 7 ključnih riječi koje ističu glavne pojmove iz članka. Rukopisi sa svim prilozima predaju se ili dostavljaju uredništvu. Članak treba biti pisan u Microsoft Wordu, može se predati ili dostaviti na CD-u ili poslati elektroničkom poštom na adresu: [gradjevinar@hsgi.org](mailto:gradjevinar@hsgi.org) ili putem *web stranice* [www.casopis-gradjevinar.hr](http://www.casopis-gradjevinar.hr) koristeći on-line sustav priređen za podnošenje radova.

Tekst rada treba pisati na A4 formatu stranice s marginama od 25 mm u **10 point Arial font** koristeći **1.35 razmak između redova**. Tekst je potrebno pisati u jednom stupcu te koristiti obostrano poravnanje teksta. Ovako pripremljen tekst olakšati će postupak lektoriranja i recenzije. Na prvoj stranici rad treba sadržavati naslov, imena autora (maks. pet autora), adresu ustanove ili tvrtke autora, sažetak rada te ključne riječi. Naslovi poglavlja trebaju imati lijevo poravnanje i pisati ih u 12 pt Arial bold.

Likovni prilozima (dijagrami, crteži, fotografije itd.) mogu biti crno-bijeli ili u boji, u formatima JPG, TIFF ili BMP te razlučivosti 300 dpi. Vektorske grafike rađene AutoCAD-om ili nekim drugim alatom treba priložiti u vektorskom formatu (wmf, emf, svg) ili pretvoriti u JPG, TIFF ili BMP format te ih uklopiti u sadržaj teksta. Fotografije, ako ih ima u tekstu, trebaju biti kvalitetno priređene. Svi likovni prilozima i tablice moraju imati naslov, biti numerirani i pozicionirani u članku.

Popis literature navodi se na kraju članka (ne u fusnotama). Naziv ovog poglavlja ne treba biti numeriran. Naslov časopisa, knjige ili zbornika konferencije potrebno je pisati u *italic* formi. Za navod u tekstu koristiti uglate zagrade i brojeve, kao npr: [1], [2]. Literaturu treba svrstati onim redom kojim se navodi u tekstu, tj. prvi navod u tekstu treba biti usklađen s prvim navodom u poglavlju *Literatura*. Literatura se nalazi na kraju rada i pojedini navod se oblikuje na sljedeći način: prezime autora, inicijal imena, naslov rada, naziv časopisa ili knjige, volumen izdanja, broj stranice, godina izdanja. Primjer oblikovanja navoda literature dan je u sljedećim primjerima: [1] članak u časopisu (*prezime i prvo slovo imena autora, naslov rada, naziv časopisa, volumen, godina izdavanja u zagradi, broj časopisa u godini, početna i završna stranica rada*); [2] knjiga (*prezime i prvo slovo imena autora, naslov knjige, redni broj izdanja, izdavač, mjesto izdavanja knjige, godina izdavanja knjige*); [3] poglavlja u knjizi; [4] članak u zborniku konferencije; [5] osobna komunikacija; [6] web stranica:

## LITERATURA

- [1] Popp, K., Kruse, H. & Kaiser, I.: Vehicle-Track Dynamics in the Mid Frequency Range, *Vehicle System Dynamics*, 31 (1999) 3, pp. 423-464,
- [2] Esveld, C.: *Modern Railway Track, Second edition*, TU-Delft, 2001.
- [3] Schwager, T. & Poschel, T.: Rigid Body Dynamics of Railway Ballast (Chapter), *System Dynamics and Long-Term Behaviour of Railway Vehicles, Track and Subgrade*, eds. K. Popp & W. Schiehlen, Springer-Verlag, Berlin and New York, pp.451-470, 2002.
- [4] Lazarevic, D. & Dvornik, J.: Selective Time Steps in Predictor-Corrector Methods Applied to Discrete Dynamic Models of Granular Assemblies, *4th International Conference on Analysis of Discontinuous deformation, Glasgow*, pp. 193-201, 2001.
- [5] Person, A. *Personal communication*, 20 November 2008, Position of Person in Company, Name of Company or University, City, Country.
- [6] APS-The street level power supply, [www.transport.alstom.com](http://www.transport.alstom.com), datum pristupa dokumentu.

## INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

*Gradjevinar* is a monthly journal that features research and professional papers and other contributions and articles from the field of civil engineering and other related fields. The journal is also the official bulletin of the Croatian Association of Civil Engineers.

### SCIENTIFIC AND PROFESSIONAL PAPERS

1. **An original research paper** must contain unpublished results of an original research work in which research information is presented in such a way that the experiment can be repeated and that the described result can be obtained with accuracy specified by the author, or with tolerance acceptable for such experiments, i.e. that the author's observations, analyses, calculations or theoretical deductions can be repeated and that an opinion can be formulated about the author's conclusions and results.
2. **A preliminary report** is a research paper containing one or several new scientific data that deserve urgent publishing, but it is not required to have the level of detail needed to repeat or verify the results. Reactions to published work would also belong to this category provided that they contain elements regarded as a contribution to research work
3. **A subject review** is a research paper containing a detailed account of a special civil engineering issue or area, based on the analysis of information that has already been published. The author is required to provide data about all published papers that have contributed to the solution of the problem under study or to the development of the area considered, or that could have contributed to such an area were they not overlooked or neglected.
4. **A professional paper** deals with a civil engineering topic and analyses a valuable experience gained in the application of some known scientific achievements that contribute to the propagation of knowledge and to harmonization of original research endeavours with practical needs.

### OTHER CONTRIBUTIONS

Professional reports and reviews, construction site presentations, views and opinions, reactions to papers published in the journal, software presentations, contributions about history of civil engineering, professional curiosities, bibliographical reports, social information, professional and social information conveyed from other publications, etc.

Technical papers must be original and still unpublished contributions, and should not simultaneously be offered to another journal. The author is responsible for the information presented in the paper and for obtaining any approvals that may be needed for publication of individual pieces of information. The author is required to propose category for the paper submitted, but the final decision rests with the Editorial Board. Technical papers are evaluated by two reviewers as nominated by the Editorial Board.

The authors of categorized papers will be given a complimentary copy of the journal in which the paper was published as well as ten off prints of the paper. The authors of other contributions will be given a complimentary copy of the journal in which the contribution was published.

All papers and other contributions are published in Croatian language.

Authors can submit papers in any European language. Editorial Office can provide translation and proofreading the text, but the authors take over the costs arising. All contributions are proofread by a language editor before publication.

The length of papers and other contributions must not exceed one printing sheet (or 32,000 characters). This length may be exceeded only if approved by the Editorial Board.

The paper title must be brief (no more than six words), informative and clearly descriptive of the theme treated in the paper. The paper must be devoid of interrogatory or exclamatory sentences, and the authors should restrain from formulating a particular thesis.

The categorized articles must be preceded by an abstract in which the author will briefly describe the theme treated, procedures applied, and results obtained. The abstract will range from 500 to 520 characters in size (90 to 100 words). Below the abstract, the author must formulate 5 to 7 key words that describe main points of the paper.

Manuscripts including all appendixes should be submitted to the Editorial office. Documents should be prepared using Word 97 - 2003 file format (.doc) and submitted in digital form. They can be submitted in person or by regular mail on a CD, via the journal website [www.casopis-gradjevinar.hr](http://www.casopis-gradjevinar.hr) using the on-line submission system or by e-mail to the address [gradjevinar@hsgi.org](mailto:gradjevinar@hsgi.org).

Text must be prepared on A4 paper format with 25mm margins in 10pt Arial font using 1.35 line spacing. It should be positioned in one column and aligned to both left and right margin (justify). This format is suitable for the reviewer or language editor notes. First page should contain a paper title, names of authors (5 authors max.), authors' affiliations, paper abstract and keywords. Chapter headings should be aligned to the left and formatted in 12pt Arial bold.

Figures (drawings, charts, photographs etc.) can be black-and-white or in colour in JPG, TIFF or BMP file format with a resolution of 300dpi. Vector graphic produced with AutoCAD or similar software should be converted to a popular vector format (wmf, emf, svg) or to JPG, TIFF or BMP raster format with size fitted to article format. Photographs, if any, should be prepared in adequate resolution (300 dpi). Every figure or table should be numbered, titled and positioned in the article.

The reference used by the author must be presented at the end of the paper: the reference must not be cited in footnotes. The reference must be presented in chronological order, in the order it is referred to in the text. For citations in the text please use square brackets and numbers: [1], [2]. The first citation in the text should correspond with the first name on the reference list. Formatting citations of reference is given in the following examples: [1] article in the journal (*Author's last name and initial letter of the first name, Title of the paper, Title of the journal, Volume, Year in parenthesis, Number of issue in the year, Initial and final page of the paper*), [2] Books (*Author's last name and initial letter of the first name, Title of the book, Edition number, Publisher, Town in which the book was published, Year of publishing*), [3] chapter in the book, [4] papers in conference proceedings, [5] Personal communication, [6] Web site:

### REFERENCES

- [1] Popp, K., Kruse, H. & Kaiser, I.: Vehicle-Track Dynamics in the Mid Frequency Range, *Vehicle System Dynamics*, 31 (1999) 3, pp. 423-464,
- [2] Esveld, C.: *Modern Railway Track, Second edition*, TU-Delft, 2001.
- [3] Schwager, T. & Poschel, T.: Rigid Body Dynamics of Railway Ballast (Chapter), *System Dynamics and Long-Term Behaviour of Railway Vehicles, Track and Subgrade*, eds. K. Popp & W. Schiehlen, Springer-Verlag, Berlin and New York, pp.451-470, 2002.
- [4] Lazarevic, D. & Dvornik, J.: Selective Time Steps in Predictor-Corrector Methods Applied to Discrete Dynamic Models of Granular Assemblies, *4th International Conference on Analysis of Discontinuous deformation, Glasgow*, pp. 193-201, 2001.
- [5] Person, A. *Personal communication*, 20 November 2008, Position of Person in Company, Name of Company or University, City, Country.
- [6] APS-The street level power supply, [www.transport.alstom.com](http://www.transport.alstom.com), dd.mm.yyyy.opinion

When submitting the title of the paper, the author must provide his/her full family name and first name, academic title, research degree, and the name of the company or establishment in which the author is employed. When submitting the paper, the author must provide his/her full address and phone number. The authors will be informed about the acceptance or refusal of papers. The manuscripts and contributions will be not returned except in exceptional cases, if previously agreed with the author.