

AKADEMIJA TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE (HATZ)
GODIŠNJAK AKADEMIJE TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE
2016.

Izdavač i nakladnik:

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske,
Kačićeva 28, 10000 Zagreb, Hrvatska

Glavni i odgovorni urednik:

Prof. dr. sc. Vladimir Andročec,
predsjednik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske

Urednik:

Prof. dr. sc. Zdravko Terze,
dopredsjednik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske

Izdavački savjet:

Prof. dr. sc. Vladimir Andročec, predsjednik Akademije
Prof. dr. sc. Zdravko Terze, dopredsjednik Akademije
Prof. dr. sc. Vladimir Medved, dopredsjednik Akademije
Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, glavni tajnik Akademije
Prof. emer. dr. sc. Stanko Tonković, prethodni predsjednik Akademije

Suradnice:

Melanija Strika, prof. soc., poslovna tajnica Akademije
Andrea Gmajnički, mag. iur., referentica općih i pravnih poslova Akademije

Izrada naslovnice:

Vladimir Pavlič, dipl. ing. (GRAPA d.o.o., Zagreb)

ISBN 978-953-7076-27-6

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu
pod brojem 000962555.

Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2016.
God. Akad. teh. zn. Hr. 2016.

Lektor:

Miroslav Horvatić, prof.

Priprema:

Vladimir Pavlič, dipl. ing. (GRAPA d.o.o., Zagreb)

Tisak:

Tiskara Zelina d.o.o., Zelina

Naklada:

300 knjiga, 100 CD-a

Izjava o dozvoli za korištenje:

„Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2016.“ vlasništvo je Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Radovi, tekstovi, slike, grafikoni, tablice i drugi podaci ne smiju se kopirati, distribuirati niti koristiti u publikacijama koje nisu akademske i znanstvene, bilo u pisanom ili u elektroničkom obliku, u cijelosti ili djelomično, osim uz izričitu dozvolu Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Akademija tehničkih znanosti Hrvatske dopušta korištenje radova, tekstova, slika, grafikona, tablica i drugih podataka isključivo u akademske i znanstvene svrhe.

Izjava Izdavačkog savjeta:

S obzirom na temu Okruglog stola, Izdavački savjet ne snosi odgovornost za stavove pojedinih autora iznesene u radovima. Stavovi autora ne odražavaju nužno stavove Akademije.

AKADEMIJA TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE

God. Akad. teh. zn. Hr. 2016.

ISBN 978-953-7076-27-6

**GODIŠNJAK AKADEMIJE
TEHNIČKIH ZNANOSTI
HRVATSKE
2016.**



Zagreb, 2017.

Sadržaj

Predgovor.....	9
Riječ Urednika.....	11

Stanje i budućnost tehničkih i biotehničkih znanosti u Hrvatskoj u 21. stoljeću

Agić Darko, Rajendrakumar Anayath, Pap Klaudio, Žiljak Jana, Agić Ana, Žiljak Vilko

Blisko infracrvena spektroskopija blizanaca bojila na tkanini	15
---	----

Banić Nikola, Lončarić Sven

Postojanost boja u digitalnim kamerama: pregled trenutnog stanja i budućí smjerovi	29
---	----

Bolanča Zdenka, Bolanča Mirković Ivana

Razvoj i ekološka održivost u području grafičke tehnologije	41
---	----

Car Stjepan, Elez Ante

Uloga tehničkih znanosti u razvoju električnih strojeva	57
---	----

Ćosić Krešimir, Srbljinović Armano, Popović Siniša

Nacionalna sigurnost i društvena rezilijentnost	77
---	----

Gaurina-Međimurec Nediljka, Pašić Borivoje, Mijić Petar

Nove tehnologije izrade naftnih i plinskih bušotina.....	101
--	-----

Hofman Daniel, Žagar Martin

Procesori budućnosti u Hrvatskoj129

Kovačević Meho Saša, Bačić Mario, Librić Lovorka

Potencijali primjene nerazornih metoda ispitivanja tla i stijene
za potrebe sanacije strateških infrastrukturnih linijskih objekata.....141

Krakar Zdravko, Vuković Marin, Tomić Rotim Silvana

Internet, digitalni svemir i kibernetička sigurnost157

Kurtanjek Želimir

“Big data analytics” za analizu sustava upravljanja u kemijskom
procesnom inženjerstvu175

Liščić Božidar

Kako realizirati pametnu proizvodnu specijalizaciju za izvozne
proizvode velike dodane vrijednosti185

Lončarić Rudolf, Amadori Mirna

Graditeljska znanost i graditeljski projekti u 21. stoljeću203

Majdandžić Niko

Inovacije pripremnih i proizvodnih procesa u cilju pripreme hrvatskog
gospodarstva za informacijsko društvo EU217

Marušić Josip, Holjević Danko, Josipović Marko

Hidrotehničke melioracije – preduvjet uspješnijeg razvoja poljoprivrede
Hrvatske u 21. stoljeću.....235

Miloš Ivan

Razvoj primarnog helikopterskog hitnog medicinskog servisa HEMS
na području RH, s elementima zaštite i spašavanja SAR.....261

Pušić Tanja, Dekanić Tihana, Orešković Maja, Soljačić Ivo

Tehnološka unapređenja u industrijskim praonicama rublja279

Rogale Dubravko, Firšt Rogale Snježana, Dragčević Zvonko, Ujević Darko Nove tehnologije i inovacije u svrsi opstanka i razvoja odjevne industrije.....	291
Šimpraga Miljenko, Pivac Anita Obrazovanje za budućnost.....	315
Tomašić Ivan Tehničke znanosti u proizvodnji i preradi mineralnih sirovina	329
Vrkljan Darko Rudarska djelatnost u Republici Hrvatskoj – status i mogućnosti razvoja.....	341
Zelenika Saša, Kamenar Ervin Inženjerstvo na polju mikro- i nanoznanosti i tehnologija kao ključna razvojna tehnologija pametne specijalizacije RH	361
Žagar Zvonimir Školovanje građevinskih inženjera za potrebe nejasne budućnosti.....	381

**Pregled aktivnosti
Akademije tehničkih znanosti Hrvatske u 2016. godini**

Strika Melanija Pregled aktivnosti Akademije tehničkih znanosti Hrvatske u 2016. godini.....	411
--	-----

Predgovor

Poštovani čitatelji,

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske u svojoj gotovo četvrtstoljetnoj povijesti, kao jednoj od važnih i stalnih djelatnosti posebnu pažnju posvećuje izdavaštvu publikacija koje promiču tehničke i biotehničke znanosti.

Posebno mjesto u ovoj djelatnosti ove godine ima izdavanje godišnjaka Akademije za 2016. godinu, koji svojim sadržajima prikazuje odgovarajuće aktivnosti članova Akademije.

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske znanstvena je organizacija odabranih i istaknutih znanstvenika s područja tehničkih i biotehničkih znanosti koja se bavi promicanjem tehničkih znanosti, okupljanjem i poticanjem suradnje znanstvenika različitih tehničkih, biotehničkih i drugih područja zbog podupiranja djelotvornoga znanstvenog i gospodarskog razvitka Hrvatske, posebno kroz poticanje suradnje znanosti i gospodarstva.

Hrvatska kao mala zemlja koja nije visoko na skali opće razine vrijednosti odnosno kvalitete života, posebno nakon burnih tranzicijskih događanja koja još uvijek traju, sigurno ima nužnu potrebu brzog uključivanja u spomenuti razvoj tehničkih i tehnoloških znanosti kako bi dostigla razinu značajnije razvijenih zemalja, posebno u okviru Europske unije. Zato je važno da kao bitni i integralni dio razvijenih procesa društva sagledamo prošlost, sadašnjost i budućnost tehničkih znanosti u Hrvatskoj te predložimo kvalitetne, optimalne ili alternativne procese razvoja.

Kao zemlja s nažalost malim brojem temeljnih istraživanja, a kao korisnik dostignuća u svijetu, koja se rabe i primjenjuju kod nas, sigurno je jedan od pravaca kod nas dosad nedovoljno snažan proces razvoja inovacija koje mogu brzo utjecati na kvalitetu razvoja našeg gospodarstva.

S obzirom na navedeno poslanje, a u svjetlu općeg stanja u društvu, koje je nužno potrebno bitno mijenjati, odlučili smo, kao prilog problematici uloge i razvoja teh-

ničkih i biotehničkih znanosti, pozvati naše članove da prirede svoja promišljanja o stanju i budućnosti tehničkih i biotehničkih znanosti u Hrvatskoj u 21. stoljeću.

„Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2016.“ sadrži radove naših eminentnih članova u kojima oni prikazuju svoje viđenje i stavove o užem području svoga profesionalnog djelovanja.

Na temelju ovih radova održan je početkom svibnja 2017. i Okrugli stol o temi „Stanje i budućnost tehničkih i biotehničkih znanosti u Hrvatskoj u 21. stoljeću“, gdje su se sudionici upoznali sa stavovima autora i odabranih predavača, što je, vjerujem, pridonijelo daljnjem promišljanju o potrebi razvoja tehničkih znanosti u napretku naše države.

Očekujem da će sadržaj “Godišnjaka Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2016.” biti doprinos utvrđivanju potrebe primjene tehničkih i biotehničkih znanosti u budućem razvoju Hrvatske, interdisciplinarnе suradnje tehničkih i drugih struka sa željom da se pomogne onima koji kreiraju strategije razvoja hrvatskoga gospodarstva i cijelog društva.

Vladimir Andročec
Predsjednik Akademije tehničkih
znanosti Hrvatske

Riječ Urednika

Razvoj tehničkih i biotehničkih znanosti osnova je cjelokupnog društvenog napretka. Bez obzira na neupitnu važnost fundamentalnih istraživanja, svjedoci smo da se posljednjih godina fokus međunarodnih istraživačkih natječaja usmjerava prema primijenjenoj sferi. Naglašenost inovacijskih procesa također je primjetna, kao i preporuka uključivanja malih i srednjih poduzeća u istraživačke aktivnosti.

Zbog ubrzanog razvoja tehničkih znanosti, odgovor na pitanje o budućim smjerovima razvoja nije jednoznačan. Republici Hrvatskoj, kao manjoj zemlji s još nedosegnutim vrijednostima kvalitete života i tehnološkim standardima razvijenih država Europske unije, jedan od visokih prioriteta treba biti promišljanje vlastitog odnosa prema temeljnim načelima takvog razvoja.

Teme optimalnog visokoškolskog obrazovanja i poticanja inovativnosti, kao i primjerenog uključivanja inženjerskih znanosti u opće društvene tokove, daju posebno značenje važnosti analize postojećeg stanja i zacrtavanju smjernica budućeg razvoja.

U smislu gore rečenog, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske organizirala je okrugli stol „*Stanje i budućnost tehničkih i biotehničkih znanosti u Hrvatskoj u 21. stoljeću*“, s ciljem promišljanja uloge tehničkih i biotehničkih znanosti u budućem razvoju Republike Hrvatske te doprinosa Akademije pri promicanju razvoja društva temeljenog na znanju i primjeni novih tehnologija.

„*Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2016.*“ sadrži radove autora koji su – iz rakursa svog ekspertnog područja – ponudili odgovore na neka pitanja Okruglog stola.

Nadam se da će takav doprinos naći primjeren odjek u društvenoj zbilji naše domovine.

Zdravko Terze
Dopredsjednik Akademije tehničkih
znanosti Hrvatske

Godišnjak Akademije tehničkih
znanosti Hrvatske
2016.

**Stanje i budućnost tehničkih
i biotehničkih znanosti u Hrvatskoj
u 21. stoljeću**

Blisko infracrvena spektroskopija blizanaca bojila na tkanini

Agić Darko^{1,5}, Rajendrakumar Anayath^{1,2}, Pap Klaudio^{1,3,4}, Žiljak Jana^{4,5},
Agić Ana³, Žiljak Vilko^{1,3,4,5}

¹Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, HATZ

²The Technological Institute of Textil & Science, Birla Colony, Bhiwani, India

³Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

⁴Sveučilište Sjever, Sveučilišni centar Varaždin

⁵Tehničkog veleučilište u Zagrebu

darkoagic@yahoo.com, profanayath@titsbhiwani.ac.in, klaudio.pap@hatz.hr, vziljak@grf.hr

Dvojne slike na tkanini postignute su s blizancima bojila po metodi INFRSA-REDESIGN®. Eksperimentalni rad je proveden kao tisak na žučkastoj tkanini koji je upravljan modelom CMYKIR separacije boja i bojila. Forenzičko skeniranje prototipa zaštitne odjeće je provedeno barijernim filterima ultravioletnom, vidnom i blisko infracrvenom spektru.

Taj postupak upućuje na proširenje sigurnosnog tiska uz primjenu dvojne, sakrivene informacije na različitim materijalima: svila, poliester, pamuk. Značajke heterogenih podloga, bojila, različitost pristupa nanosa bojila otvaraju široki prostor dizajnerima i tehnolozima za primjenu vidljive i sakrivene slike u skladu s njihovim idejama, konceptima, projektom ili traženom produktu. U cilju stvaranja slika s NIR IRD tehnologijom definirani su dvojni parovi bojila nazvani "blizanci boja", te su prikazane njihove reprodukcijske barijerne i spektralne značajke. Dat je regresioni model na bazi eksperimentalnog rada u postizanju jednakosti blizanaca bojila u vizualnom spektru. Svi tonovi bojila imaju jednake spektrograme u području do 900 nm s razlikom ΔZ za „vizualna i infracrvena“ bojila.

Ključne riječi:

prošireno vizualno područje, NIR tehnologija slika, dvojna slika, dvojne boje, barijerno skeniranje, IRD na tkanini

1. Osnovne postavke

Sakrivanje informacija od neželjenih osoba poznato je od antičkih vremena [Žiljak i sur., 2009.]. Pojam “stenografsko” [Streetman 2014., Singh i sur., 2015.] obuhvaća sve situacije i metode sakrivanja teksta, podataka, slika realiziranih posebnim bojama, prebojanih slika, nekih inkorporiranih podataka, minijaturnih slika ili simbola ili bilo koje akcije ili postupka koji sakriva neku informaciju. Moderna stajališta su često vezana za forenzička stanovišta, jer su moderne tehničke, instrumentalne, znanstvene metode toliko usavršene da pružaju niz podataka o promatranoj materiji, materijalu, objektu, strukturi ili bilo kojem traženom parametru. Ako su slike u fokusu interesa, pitanja mogu biti o njihovoj starosti, korištenim materijalima, krivotvorenju, popravcima. S obzirom na aktualna određena svojstva, IRD tehnologija omogućuje “sakrivenu informaciju”, kao što je sekundarna slika sakrivena u NIR području [Pap i sur., 2010.]. Moguće ju je lako vizualizirati sa NIR kamerom. Ona je postojana i sigurna od krivotvorenja. Istodobno je ljudski vizualni doživljaj proširen na blisko infracrveno područje [Heesang i sur., 2010.].

Napominjemo da eksperimentalni rad, istraživanja, razvoj i primjena IRD tehnologije te CMYKIR separacije traje više od deset godina. Simpozij “Printing and Design” koji se vodi u Centru za grafičko inženjerstvo Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, uvijek donosi novosti IRD istraživanja, prototipove IRD odjeće i dokumente. Generiranje dvojnih boja kao ključna postavka za IRD tehnologiju obožavana je proširenim spektralnim određivanjima ΔE , uključujući ΔZ kriterij koji pomaže kod kritičnih određivanja kvalitete blizanaca bojila.

2. Proširenje grafičke reprodukcije na bliski infracrveni spektar

Vizualni spektar pokriva područje približno od 390 do 770 nm. Većina standardnih sustava vizualizacije pokrivaju to područje, uključujući grafičku reprodukciju, separaciju i sustav otiskivanja. Današnja tehnologija dozvoljava proširenja vizualnog područja tako da pomak prema bliskom infra crvenom području nije kompleksni zadatak. Naša istraživanja promatraju bliski infracrveni spektar u njegovom prvom dijelu do 1000 nm. Proširenje ljudskog vizualnog doživljaja uključuje tehnologiju CMYKIR separacijske metode. Kolorimetrijska spektrofotometrijska istraživanja unutar nosećeg NIR spektra omogućuju stvaranje dvojne slike, jedne u vizualnom području (V) te druge, Z (1000 nm) slike, “sakrivene” u NIR domeni. Nužno je nadopunjavati znanje o materijalima, podlogama, bojilima kako bi se povećao opseg primjene INFRAREDESIGN® reprodukcije na što raznolikije primjene i projekte.

3. Refleksija i apsorpcije bojila u V (vizualnom) i Z (NIR) području

Primarni interes IRD postupaka je vizualni odziv primijenjenih bojila i supstrata u V i Z području. Razmatraju se fizikalno-kemijska svojstva bojila, supstrata i ostalih korištenih sredstava. Apsorpcijska i refleksijska svojstva materijala uzrokuju/omogućuju specifičnost vizualnog doživljaja. Za takova ispitivanja koriste se razni kolorimetrijski modeli za opisivanje boja [Hunt 1995.]. Uobičajeni postupci za takva određivanja su optička/spektrofotometrijska mjerenja u rasponu od 250 nm (da se kontrolira i UV) do 1000 nm. Većina grafičkih reprodukcijjskih okruženja definirana je i opisana svjetski prihvaćenim specifikacijama (CMM) (Fraser i sur., 2005.) Osim njih, postoji i niz drugih boja, spot boja, koje je također moguće primijeniti, kao i veliki broj ne klasificiranih boja/bojila.

Otežavajuća je okolnost što postoje diskrepancije u okruženju podešavanja značajki dvojnih boja. Smatra se da ljudski vizualni doživljaj, iako s malim intenzitetom djelovanja, doseže do 770 nm. Separacijski filteri (crveni) koji se koriste također prelaze 700 nm što ukazuje da se utjecaj cijan boje proteže prema NIR području. Standardni mjerni optički uređaji često mjere samo do 700 ili 720 nm što ukazuje da ΔE ne odgovara u potpunosti što je krucijalno za vizualnu ocjenu blizanaca. Standardni uređaji ne daju informaciju o području razdvajanja apsorpcijskih krivulja blizanaca boja što je bitno za separaciju.

Mnogi likovni stvaraoci, dizajneri, ali i drugi umjetnici, kreiraju vlastite “palette” boja. Sistemske boje su uglavnom opisane svojim refleksijsko/apsorpcijskim svojstvima na izabranim supstratima.

4. Karbon crna boja

Miješanjem sa crnom bojom obično se modulira situacija intenziteta neke boje. Sa crnom bojom se oduzimaju procesne C, M, Y boje po GCR metodi. Dodatna situacija pojavljuje se u grafičkoj reprodukciji gdje (suptraktivnim bojama) CMY se dodaje crna K boja pri čemu se proširuju reprodukcijjska svojstva. Crna boja [Agić i sur.,1995.] [Agić i sur.,2009.] [Agić i sur.,2012.] obično označena kao “karbon crna” iskazuje visoka apsorpcijska svojstva kroz cijeli vizualni spektar, ali i u NIR području. Karbon crna djeluje akromatski od najmanjih do najvećih intenziteta. Općenito se smatra da crna ima ulogu modulatora intenziteta, slično kao komplementarna boja kod suptraktivne sinteze, što joj omogućuje da se svaki ton boje može doživjeti u nizu intenziteta, od tamnog do svijetlog.

5. Izmjena procesnih tiskarskih boja na akromatski način

Reprodukcija otiskivanjem omogućuje doživljaj boje zahvaljujući autotipiskom (rasterskom) načinu stvaranja boja. Taj model uključuje suptraktivno miješanje boja uz pomoć rasterskih elemenata. Opseg boja postiže se u suglasnosti s primijenjenim opisom raspodjele doživljaja boja. Podudaranje s principima grafičke reprodukcije i dalje se ostvaruje te se uz tri primarne (suptraktivne) boje/bojila C-M-Y, koristi i četvrta, kao crna boja te odgovarajući dodani programski kanal. Principi akromatske redukcije omogućeni su u većini programskih aplikacija grafičke reprodukcije [Enoksson, 2008.]. Takav pristup omogućuje situaciju da se niz doživljenih boja mogu realizirati kombinacijama pokrivenosti primara i crne, postižući pri tome isti vizualni doživljaj. Ta situacija predstavlja jedan od postulata za postizanje dvojnih boja, što je osnova za realizaciju dvojnih slika. Aplikacije za obradu slika često nude opciju akromatske redukcije, ali određeni redukcijski iznos potrebno je definirati namjenski. Produblivanjem i širenjem saznanja dovela su do promjena na standardni redukcijskim iznos, a CMYKIR separacijski programski modul može ponuditi fiksni iznos za cijelo područje slike [Agić i sur.,2015.]. Takav je pristup umirio stanovite vizualne devijacije te poboljšao način diferenciranja sekundarne slike pri čemu je vidljivost i prepoznatljivost unaprijeđena u postignutom kontrastu opisanim Z stanjem (u NIR području), kao i programiranih/reprodukcijskih značajki primijenjene tiskarske tehnologije [Žiljak i sur.,2012.].

6. Upravljanje bojama i specifičnosti NIR domene

Specifikacije upravljanja bojama ugrađene su u većini aplikacija za obradu i manipulaciju slika s nakanom unapređenja reprodukcije boja/slika. Moduli upravljanja bojama uglavnom su sastavni dio tiskarske prakse te asistiraju optimalnoj reprodukciji boja za izabrane uvjete i profil. Specifikacije i odrednice se podešavaju aktiviranjem programskog alata za određenu situaciju primijenjenih medija, boja, iluminanta kao i drugih postavki značajnih za printer. Primjenjivani CMYKIR modul upravljanja bojama pokriva vizualno područje, ali područje sekundarne, sakrivene slike je u području NIR, ovisno o specifikaciji bojila. U vidljivom području odgovarajući parovi boja (dvojne boje) trebaju biti reproducirani što je moguće bliže (jednako), stvarajući praktično isti vizualni doživljaj. Kontroliranje i manipulacija proširenim (NIR) područjem kroz postojeće metode upravljanja vizualnog područja pokazuje se neprihvatljivim, kako je već napomenuto da postojeće standardno mjerno okruženje ne obuhvaća područje razdvajanja niti Z područje.

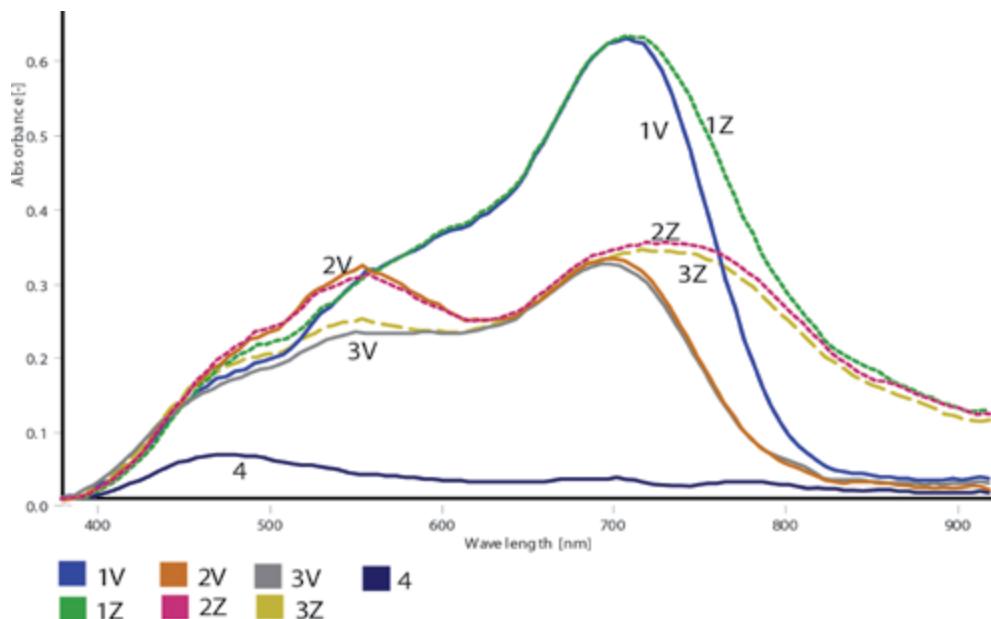
Valno područje od 750 do 1000 nm moguće je podijeliti na produženo (extended) područje 750-800 nm te na rašireno (expanded, unaprijeđeno) područje od 800-1000

nm. Za bolje razumijevanje rasprave o dizajniranju NIR, početno područje NIR je razlikovno područje, značajno za diferencijaciju u produženo području. Stvaranjem i miješanjem potrebnih kombinacija bojila, u tom dijelu spektrofotometarske krivulje ne trebaju biti suviše blizu. Ako je taj uvjet ispunjen, u sljedećem području (900-1000 nm), označenom kao Z područje (domena, identifikacija i diferencijacija između slika smatra se prihvatljivom, što je bitno za vidljivost sekundarne skrivene slike. Razlikovni odnos te vizuabilnost Z kamere [Vujić i sur., 2013.] unutar pretpostavljenog i/ili ispunjenog Z parametra značajna je za kvalitetu sekundarne slike [Žiljak i sur., 2011.]. Takav pristup proširuje nova saznanja o korištenju i primjeni materijala i bojila [Rudolf i sur., 2012.] [Friščić i sur., 2013.] te proširuje tehnologije, dizajn i informatičke mogućnosti [Vujić i sur., 2013.] [Vujić i sur., 2014.] [Žiljak-Vujić i sur., 2016.] na nova, neotkrivena područja vizualizacije u području bojenja tkanina.

7. Dvojnost reproduciranih boja i značaj Z domene

Dvojna važnost za značenje reproduciranih boja je neophodna za dobivanje sustava dvostrukih slika. CMYKIR separacija u odnosu na "standardnu" CMY+K separaciju u vizualnom dijelu mora omogućiti instrumentalnu vizualizaciju unutar NIR domene za sakrivenu sliku bez mijenjanja vizualnog doživljaja slike. Standardna grafička separacija uz akromatske principe omogućuje materijalizaciju u tiskarskom smislu, neku boju na više načina bez promjene vizualnog doživljaja. Boje postignute na takav način mijenjanjem reprodukcijjskih parametara (npr. pokrivenosti) su dvojne boje. Tehnički govoreći, razlika takvih parova boja u vidljivom području trebala bi biti što je moguće manja, optički i instrumentalno. Na slici 1 prikazani su spektrogrami za plave (1, V i Z), crvene (2, V i Z) i sive (3, V i Z) parove boja te žučkasto podlogu (4). Snimljeni su forenzičkim spektralnim uređajem Projectina 4500 [Ultra Electronics Forensic Technology Inc., www.projectina.ch]. Sva Z bojila imaju jednake vrijednosti apsorpcije NIR svjetla na 900 nm. Isto je i za V bojila koja imaju jednake vrijednosti na 900 nm bez obzira na njihovo svojstvo apsorpcije u vizualno prostoru od 400 do 700 nm. Razliku V i Z bojila na 900 nm nazivamo DZ.

Plavi par (1) iskazuje preklapanja spektralnih krivulja do 650 nm te izrazitu apsorpciju u području oko 700 nm. Nakon 700 nm počinje razdvajanje da bi poslije 800 nm razlika između V i Z bila izrazita te u Z području definirala razliku apsorpcija, koja se prikazuje kao ΔZ te je odgovorna za kvalitetno distanciranje Z grafike. Crveni par (2) iskazuje apsorpciju u području do 600 nm uz blisko preklapanje krivulja, dok razdvajanje također počinje nakon 700 nm. Sivi par (3) ima ujednačen tok krivulje uz preklapanja s time da je nešto povećana apsorpcija u crvenom s obzirom na ujednačavanje doživljaja sivog s obzirom na apsorpcijska svojstva podloge (žučkasti dominantni ton). Podloga (4-žučkasto platno) iskazuje stanoviti dominantni ton, približno



Slika 1 – Spektrofotometrijske krivulje dvojnih V i Z boja: plave (1), crvene (2), sive (3) te podloge (4).

apsorpciju 0,06 u plavom području (apsorpcija žute komponente) s obzirom na ujednačenost (približno 0,3) u daljnjem području, uključivo i Z područje.

Pokrivenost crne $K=40$ izabrana je kao optimalna vrijednost za Z (NIR) dio dvojnog para, prikazujući ujednačenu apsorpciju u vizualnom te odgovarajuću u NIR području. Prijelazno područje razdvajanja (700-800 nm) je izrazito, što vodi prihvatljivoj diferencijaciji ΔZ u Z (NIR) području gdje su apsorpcije parova različite i očite te tako određuju različitost ΔZ očitavanja. Osnovna kombinacija pokrivenosti parova sadrži tri boje blizanaca.

Tablica 1 – Kolorimetrijske vrijednosti i pokrivenost parova blizanaca

Naziv boje $\Delta E_{76} (X_0 / X_{40})$	$L^* a^* b (V)$ $L^* a^* b (Z)$	Vizualno X_0 C-M-Y %	NIR - Z - X_{40} - R C - M - Y - K % eksperimentalno	NIR- Z- X_{40} - R C- M- Y- K % regresija
1. Plava 5,22	54, -18, -10 54, -13, -10	90, 48, 51	77, 2, 2, 40	77, 0, 0, 40
2. Crvena 7,60	52, 18, -8 53, 16, -1	40, 86, 36	0, 68, 15, 40	7, 68, 16, 40
3. Siva 1,52	64, 4, 7 62, 4, 7	43, 43, 46	12, 10, 10, 40	14, 7, 9, 40
4. žućkasta podloga	89, 0, 8	Platno (Čateks)		

U vizualnom dijelu ne smije doći do vizualne diferencijacije dvojnih boja. U Z području se razlika očitava adekvatnom Z kamerom. ΔZ se izražava numerički kao vrijednost uspješnosti prepoznavanja separacije NIR dvojne slike.

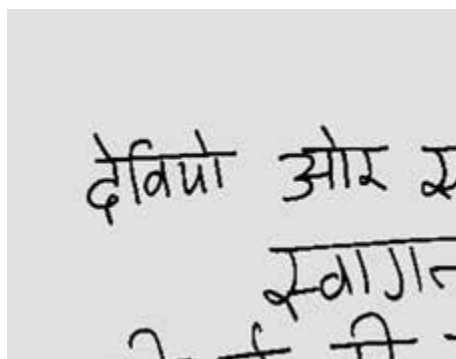
8. Skeniranje s barijerama

Slike 2 i 3 prikazuju „ulazne slike” koje će se koristiti u dvojno sigurnosnoj NIR tehnologiji. Slika 2 prikazuje detalj zaštitne odjeće (maskirnog dizajna) na platnu koja će biti u vidljivom dijelu, a slika 3 prikazuje Z sigurnosnu dvojnu sliku koja će se prepoznati skeniranjem u NIR području.

Maskirni dizajn je skeniran u 12 barijera. Spojen je u kontinuirane promjene od ultravioletnog; 245nm do bliskog infracrvenog položaja na 1000 nm. Video animacija je postavljena na adresi www.jana.ziljak.hr/Anayath.swf



Slika 2 – Ulazna vizualna slika na tkanini.



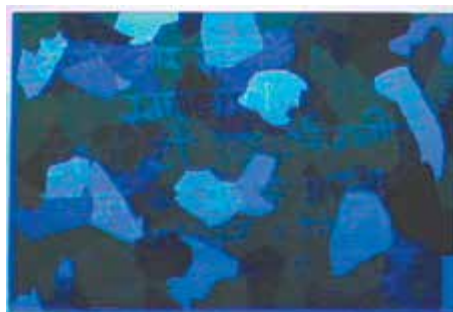
Slika 3 – Ulazna Z grafika koja će biti sakrivena

Slike 2 i 3 (rukopis dr. Rajendrakumar Anayata) predstavljaju inicijalna stanja koja će se primijeniti za ovaj primjer separacijskog procesa CMYKIR tehnologije. Ovaj dvojni par inkorporiran je u kolornu shemu platna. S obzirom na svojstva korištenih boja/bojila i njihovo nepredviđeno refleksijsko/apsorpcijsko ponašanje, provedeno je skeniranje u barijerama od UV do NIR područja s forenzičkim skenerom Projektina 4500.

Cilj eksperimentalnih određivanja X40 za zadane X0 uključuje jednakost svih spektrograma nakon 850 nm (slika 1). Najveće razlike između V i Z bojila (ΔZ) su na 850 nm. Pokušava se izgraditi NIR filter za konvencionalne foto kamere, upravo



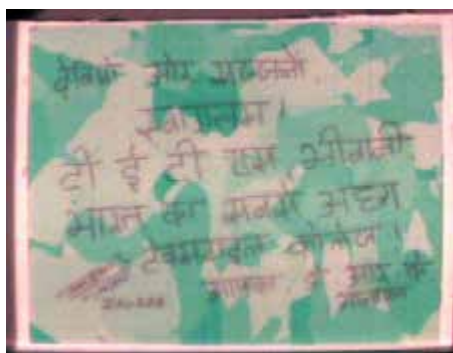
Slika 4 – Barijera na 254 nm (UV)



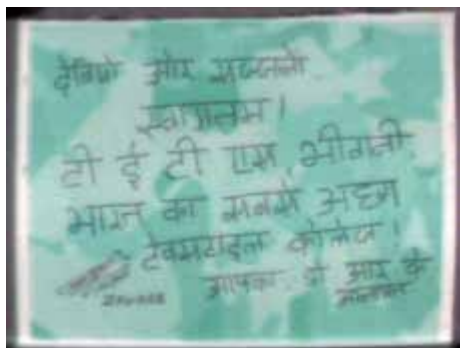
Slika 5 – Barijera UV 365 nm



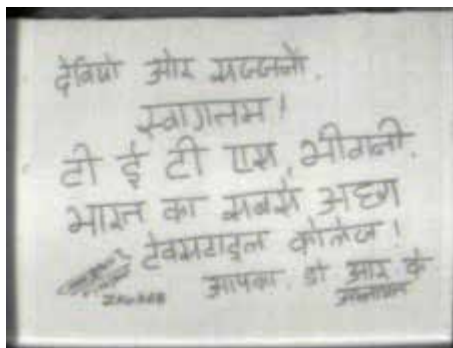
Slika 6 – Barijera 570 nm



Slika 7 – Barijera 645 nm



Slika 8 – Barijera na 715 nm



Slika 9 – Barijera 1000 nm

za tu valnu duljinu. Ta ekstremna razlika se vidi skeniranjem sa forenzičkim instrumentom Projektina.

Dvije bluže (slika 10) imaju jednake Z slike koje se sastoje od portreta autorica dizajna: Ula, Jana, Lidija i Ana. Vizualno su to dva različita dizajna: vertikalne linije i jednobojna zelena boja.



Slika 10 – Dizajn bluza s bliskom infracrvenom grafikom

9. Model slaganja boja kroz „regresiju za pamuk“

Regresijski model X_{40} (C_{40} , M_{40} , Y_{40} , $K=40$) kao ovisnost o X_0 (C , M , Y , $K=0$) izveden je za blizance bojila izmjerenih za realnu pamučnu tkaninu. Svi eksperimenti za izračunavanje blizanaca boja i bojila su izvođeni na žućkastoj tkanini (grafikon, slika 1).

Za realne materijale, i pripadna bojila potrebno je postaviti nove modele ovisnosti X_{40} o X_0 . Prijedlog nezavisnih varijabli je ovisnost svih procesnih C_{40} , M_{40} , Y_{40} , boja o svakoj C_0 , M_0 , Y_0 , procesnoj boji na različitim pozicijama „nulte separacije“ Tkanina je tiskana s ploterom HP5000 i njegovim standardnim tintama. Regresija se oslanja na eksperimentalne rezultate 60 blizanaca bojila. Četiri blizanca (tablica 1) kao ulazni podaci u regresiju su dati na slici 1. Kontinuirani tonovi boja na pokrivenosti karbon crnog bojila od 40%, dati su kao model:

$$C40 = -0.176 * Y - 0.133 * M + 1.38 * C - 31.501$$

$$M40 = 0.0015 * Y + 1.388 * M - 0.337 * C - 37.650$$

$$Y40 = 1.060 * Y + 0.385 * M - 0.351 * C - 41.309$$

Bojanje tanine se odvija prema regresionim vrijednostima budući da je početna slika (slika 2 i slika 5) X_0 zadana s velikim brojem različitih tonova boja. Sivi tonovi za NIR prikaz su izračunati linearnom ekstrapolacijom unutar raspona od vrijednosti nula do 40% pokrivenosti karbon crnog bojila. Dosad je objavljeno desetak regresijskih modela s pripadnim parametrima za različite tiskarske postupke [Matas i sur.,2016.) [Friščić i sur.,2013.), [Žiljak i sur.,2016.] i različite materijale. Modeli uključuju međusobne odnose procesnih bojila s obzirom na njihovu transparentnost, oblike rasterskih elemenata i penetraciju bojila u materijale na koje se tiska vizualna i nevidljiva slika. Jedini kriterij dobrote modela je sakrivanje nevidljive slike. I najmanja greška daje neugodan rezultat. Planirana Z slika „izvire“ u prepoznavanje golim okom.

Većina regresionih modela sadrži šest nezavisnih varijabli Razlog je u korištenju bojila sa izraženom saturacijom. To su boje koje se sastoje s malim udjelom barem jedne od tri procesne boje. Takav ekstremni sadržaj boje je osjetljiv u IRD tehnologiji koja traži primjenu GCR postupka oduzimanja CMY bojila sa zadanim intenzitetom. Razvijeni su algoritmi o podizanju CMY bojila sa ciljem minimalizacija približavanja jednoličnom sivom tonu. CMYKIR separacija i pripadna saturacija osigurava živost početnog dizajna slaganja boja. U ovom radu se naglašava kontrolirani algoritamski dizajn kao rješenje maksimalizacije DZ, odnosno razlike u kontrastu Z-NIR slike.

9. Zaključak

Postupak Infrareddesign® podrazumijeva dvije slike, vizualnu i NIR-Z. Jedna slika se vidi kod standardnih uvjeta osvjetljenja, a druga, sakrivena, prepoznaje se i vizualizira se instrumentom - Z kamerom. Takav način sakrivanja slike omogućuje kreaciju sakrivene i sigurnosne informacije, grafike, teksta stvarajući Z grafiku na tkanju korištenjem digitalnog tiska ili sitotiska. Takav postupak je prilagodljiv te ga se može primijeniti u različitim područjima omogućujući širok prostor dizajnerskim i tehnološkim aplikacijama uključujući primjenu na maskirnoj odjeći.

Za otiskivanje ink-jetom ili sitotiskom koriste se bojila raznih sastava i fizikalno-kemijskih svojstava, gdje dispergirano bojila, upojnost i vezivanje na podlogu mogu podlijegati različitim mehanizmima. Postupak stabilizacije bojila na podlo-

gu može djelovati na ukupni učinak otiskivanja. Za svaku kombinaciju tiskarskog postupka nužna su dodatna istraživanja. Reprodukcijski uvjeti jednog okruženja neće se moći direktno primijeniti na neko drugo okruženje.

Dva diferencirana stanja su moguća, jedno za vizualno, a drugo za blisko infracrveno područje. Neovisnost stanja određuje CMYKIR separacijski modul s procesnim bojilima. Prva slika, vizualna, prikazuje se kao standardna, dok se sekundarna slika, monokromatska informacija, prikazuje u bliskom infracrvenom području sa Z kamerom. NIR informacije su krenule uz standardne tiskarske tehnike offseta na papiru, ali se mogu primijeniti na nizu medija kao što su tkanina svila i koža.

Literatura

- Kibbee D. Streetman, *Steganography Art of Covert Communications*, Vol. 1, Issue 2 (May, 2014) e-ISSN: 1694-2329 | p-ISSN: 1694-234 GV/ICRTEDC/29, <http://www.infragard-etn.org/wp/wp-baljit-singh>
- Baljit Singh, Jagreeti Kaur, Survey on steganography techniques for digital images 1,2 CSE/IT Department, Baba Banda Singh Bahadur Engineering College, Fatehgarh Sahib, Punjab, India, IJESAT, vol 2 issue 3, ISSN 2250-3676 acc 8. 2015
- Žiljak V., Pap K., Žiljak I., CMYKIR Security Graphics Separation in the Infrared Area, *Infrared Physics and Technology*. 52 (2009), 2-3; p 62-69 dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2009.01.001
- Pap K., Žiljak I., Vujić, Ž.J., Image reproduction for near infrared spectrum and the infraredesign theory, *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 54, no. 1, p. 10502-1-10502-9(9) 2010; dx.doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2010.54.1.010502
- Heesang S., Napoleon H., R.; Barczak A. L., Colour Object Classification Using the Fusion of Visible and Near-Infrared Spectra, *Trends in Artificial Intelligence*, 11th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence ISBN:3-642- 15245-7 978-3-642-15245-0, Daegu, Korea, 2010. Proceedings, p 498-505, DO I10.1007/978-3-642- 15246-7_46
- Žiljak V., Pap K., Žiljak-Vujić J., Žiljak-Stanimirović I., Color Management Expansion on Infrared Spectrum with the INFRAREDESIGN Theory. *Engineering Power, Bulletin of the Croatian Academy of Engineering*, HATZ Zagreb, 9 (2010) , 1; p 1-2 , ISSN 1331-7210
- R.W.G Hunt; *The Reproduction of Color*, Fountain Press Kingston Upon-Thames, England, 1995, pp 304-311
- Fraser B., Murphy C., *Worldwide color management*, Peachpit Press Barkley 2005, ISBN 032126722-2, pp 79-99
- Agić A., Žiljak Stanimirović I., Agić D., Miljković P., Reduction Rate Strategies by Programmed NIR Dual Image Reproduction Process / Strategija iznosa zamjene kod programirane dvojne slike u nir reprodukcijskom procesu, *Polytechnic and design*, Zagreb 2015, Vol 3 No3 p: 250 – 257 DOI:10.19279/TVZ.PD.2015-3-3-02
- Agić D, Strgar Kurečić, M, Mandić, L, Pap, K., Black separation strategies in colour reproduction, *DAAAM International Scientific Book 2009. 8 (2009) ISSN 1726-9687; 001-008. DOI: 10.2507/daaam.scibook.2009.01*
- Agić D., Rudolf M., Agić A.; Stanić Loknar N., Case Study Carbon Black Separation Extended Features, *International Symposium on graphic engineering and design*, GRID (6, 2012) Novi Sad, Proceedings ISBN 978-86-7892-457-6, pp 187-195
- Enoksson, E., Compensation by Black: a new separation, *Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts*, TAGA, 2006 pp 193-217, KTH , School of Computer Science and Communi-

- cation (CSC), Media Technology and Graphic Arts, Media publication, QC 20141; www.scientificcommons.org/44629123, acc 2008., OAI:DiVA.org:kth-155869
- Agić A., Žiljak Vujić J., Agić D., Metoda namjenskog podešavanja za dvojne boje – nužni postupak za vizualnu i NIR sliku, *Polytechnic and Design* Vol. 3, No 2, 2015, Zagreb, 2015, pp 170-174. ISSN 1849 – 1995; DOI:10.19279/TVZ.PD.2015-3-2-07
- Žiljak V., Pap K.; Žiljak-Stanimirović I.; Žiljak-Vujić J., Managing dual color properties with the Z-parameter in the visual and NIR spectrum, *Infrared physics & technology*. 55 (2012); dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.02.009, pp 326-336
- Vujić Ž. J, Morić B, Rudolf M, Friščić M., Postage stamps with hidden information in security Z values: Technics Technologies Education Management, Vol. 8/4./2013; p: 1466- 1473; ISSN:1840-1503, e-ISSN 1986-809X;IF0.414; http://www.ttem.ba/ttem_8_4_web.pdf
- Žiljak V.; Pap K., Žiljak-Stanimirović I., Development of a Prototype for ZRGB Infraredesign Device, *Technical Gazette*. 18 , 2; p:153-159, ISSN 1330- 3651201
- Agić D.; Agić A., Bernašek A., Blizanci Bojila za proširenje Infra informacijske tehnologije, *Polytechnic and design*, Vol 1, No 1, 2013, Zagreb 2013., p 28-31.
- Vujić, J, Ž, Stanimirović Ž, I., Bjelovučić-Kopilović S, Friščić M., Zaštita prozirne savitljive plastične ambalaže postupkom infraredesign, *POLIMERI* 34(2013)2-3:42-4 <http://www.fsb.unizg.hr/polimeri/116678>
- Žiljak V., Pap K.; Žiljak-Stanimirović I., Žiljak- Vujić J., Managing dual color properties with the Z-parameter in the visual and NIR spectrum. *Infrared physics & technology*. 55 (2012) ; p 326-336. dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.02.009
- Agić D, Agić A, Bernašek A., Blizanci bojila za proširenje ininfra informacijske tehnologije; *Politechnic & Design*; Vol. I, No. I, 2013. pp: 27-32; ISSN 1849 – 1995; DOI:10.19279/TVZ.PD.2013-1-1-03
- Rudolf Maja, Koren T, Vujić Jana. Ž., New postage stamp design with tone gradation in infraredesign technology, *Acta Graphica*, Vol.23, No. 3-4 (2012), ISSN0353-4707 /e.ISSN 1848-3828, p 57-64.
- Friščić M, Medugorac O, Tepeš L, Jurečić D., Invisible information on the transparent polymer food packaging with infra v/z technology // TTEM, Technics Technologies Education Management, Vol 8/4./ 2013; p: 1512 -1519, ISSN:1840-1503, e-ISSN 1986-809X.
- Vujić Jana, Ž, Stanimirović Ž, I, Bjelovučić-Kopilović S, Friščić M., Zaštita prozirne savitljive plastične ambalaže postupkom infraredesign, *POLIMERI* . 34(2013)2-3:42-4 UDK 655 25-535-62<http://www.fsb.unizg.hr/polimeri>
- Vujic J Z, Stanimirovic I. Z., Hoic A.: Connecting two images on the postage stamp with infrared protection ; Technics Technologies Education Management , Vol. 9, No.4, 2014. ISSN 1840-1503, p:745 -750;
- Žiljak Vujić J., Crnjac S., The protection of document printing in healthcare *Polytechnic and Design* vol 4, no. 1, 2016, ISSN 1849-1995, pp 8-15. DOI:10.19279/TVZ.PD.2016-4-1-02
- Matas M., Žiljak Vujić J., Hoić A; Sakrivene informacije na tekstu u dizajnu za vizualni i infracrveni spektar; Hidden information on textile design for the visual and infrared spectrum/ *Polytechnic & Design*, Vol 4 No3 p: 339 – 344; DOI: 10.19279/TVZ.PD.2016-4-3-13
- Friščić M, Medugorac O, Tepeš L, Jurečić D., Invisible information on the transparent polymer food packaging with Infra V/Z technology, TTEM, Technics Technologies Education Management Vol 8/4./ 2013; p: 1512 -1519, ISSN:1840-1503, e-ISSN 1986-809X
- Žiljak V, Agić D, Rajendrakumar A., Broadening INFRARED technology on cotton fabric coloration with double information ability in visual and infrared spectra; <http://www.ttem.ba>; TTEM, Technics Technologies Education Management Volume 11 Number 1, 2016, ISSN 1840-1503, e-ISSN 1986-809X p3-10
- Matas M, Žiljak Vujić J, Hoić A., Sakrivene informacije na tekstu u dizajnu za vizualni i infracrveni spektar/Hidden Information on Textile Design for the Visual and Infrared Spectrum, *Polytechnic and design*, Vol 4 No3 pp: 339–344, Zagreb 2016, DOI:10.19279/TVZ.PD.2016-4-3-13

Near-Infrared Spectroscopy of Twins Dyes on the Fabric

**Agić Darko^{1,5}, Rajendrakumar Anayath^{1,2}, Pap Klaudio^{1,3,4}, Žiljak Jana^{4,5},
Agić Ana³, Žiljak Vilko^{1,3,4,5}**

¹Croatian Academy of Engineering, HATZ

²The Technological Institute of Textil & Science, Birla Colony, Bhiwani, India

³Faculty of Graphic Arts University of Zagreb

⁴University North, University Center Varaždin

⁵Zagreb University of Applied Sciences

darkoagic@yahoo.com, profanayath@titsbhiwani.ac.in, klaudio.pap@hatz.hr, vziljak@grf.hr

Dual images on fabric are achieved with twin colors according to the INFRA-REDESIGN® method. The experimental work was performed as print on yellowish fabric managed by the CMYKIR model of colors and dyes separation. Forensic scanning of protective clothes prototype was carried out with barriers in the ultraviolet, visual and near infrared spectrum.

This procedure expands security printing by implementing dual, hidden information on various materials, such as silk, polyester, cotton. Characteristics of heterogeneous substrates, dyes, variety of ink layer/coverage approaches opens a wide area to designers and technologists to use visual and hidden image according to their ideas, concepts, projects or demanded product. To create images using the NIR IRD technology, pairs of dyes were generated, called “twin dyes”, and their reproduction barrier and spectral features are presented. A regression model based on experimental work to achieve the equality of twin dyes in the visual spectrum is displayed. All color hues have the same spectrograms in the area to 900 nm with DZ difference for “visual and infrared” dyes.

Key words:

expanded visual domain, NIR image technology, dual image, dual colors, barrier scanning, IRD on fabric

Postojanost boja u digitalnim kamerama: pregled trenutnog stanja i budući smjerovi

Banić Nikola, Lončarić Sven

Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu
nikola.banic@fer.hr, sven.loncaric@fer.hr

Metode za postojanost boja su važan element sustava za obradu slike kod većine digitalnih kamera i cilj im je smanjiti utjecaj osvjetljenja u sceni i karakteristika senzora na boje objekata. Predložene su brojne metode za postojanost boja pri čemu glavne grupe čine brže, ali manje točne statističke metode te složenije, ali i točnije metode temeljene na učenju. S vremenom je ostvaren značajan napredak u brzini i točnosti ovih metoda, no u nekim izazovnim uvjetima osvjetljenja i scene one još uvijek zakazuju. U ovom radu dan je kratak pregled najvažnijih metoda za postojanost boja. Razmatra se potencijal za njihovo istraživanje i razvoj i prikazuju se neki budući smjerovi i trendovi u polju postojanosti boja.

Ključne riječi:

postojanost boja, procjena osvjetljenja, poboljšavanje slika, obrada slike, automatsko podešavanje bijele.

1. Uvod

Postojanost boja je mogućnost ljudskog vizualnog sustava da prepoznaje boje objekata, neovisno o osvjetljenju u sceni i još uvijek nije poznato koji točno mehanizmi u mozgu su odgovorni za nju. Gotovo svaka digitalna kamera na početku svojeg cjevovoda za obradu slike ima implementiranu računalnu postojanost boja; međutim, današnje metode za rješavanje tog problema još uvijek nisu na razini točnosti koja bi u svim uvjetima bila zadovoljavajuća. Glavni koraci računalne postojanosti boja su procjena osvjetljenja i kromatska adaptacija. Procjena osvjetljenja procjenjuje boju osvjetljenja u sceni te je važniji i teži korak. Kromatska adaptacija koristi informaciju dobivenu procjenom osvjetljenja za ispravljanje boja i predstavlja

jednostavniji korak. Za ove zadatke često se koristi pojednostavljeni model formiranja slike koji se može opisati jednadžbom

$$f_c(\mathbf{x}) = \int_{\omega} I(\lambda, \mathbf{x}) R(\lambda, \mathbf{x}) \rho_c(\lambda) d\lambda$$

gdje je c kanal boje, \mathbf{x} je odabrani piksel, λ je valna duljina svjetlosti, ω je vidljivi spektar,

$I(\lambda, \mathbf{x})$ je spektralna distribucija izvora svjetlosti, $R(\lambda, \mathbf{x})$ je površinska refleksija i $\rho_c(\lambda)$ je osjetljivost senzora kamere za kanal boje c . Pri implementaciji postojanosti boje na početku cjevovoda za obradu slike se pretpostavlja uniformno osvjetljenje na sceni čime je iz modela formiranja slike moguće ukloniti \mathbf{x} pa se „uočen“ izvor svjetlosti može opisati jednadžbom

$$\mathbf{e} = \begin{pmatrix} e_R \\ e_G \\ e_B \end{pmatrix} = \int_{\omega} I(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda$$

Za uspješnu kromatsku adaptaciju dovoljno je znati samo smjer vektora \mathbf{e} . Ako je boja nekog objekta pod osvjetljenjem boje $(e_R, e_G, e_B)^T$ dana opisana kao $(R_n, G_n, B_n)^T$, onda se primjenom najjednostavnije kromatske adaptacije, tzv. von Kriesove transformacije, boja istog tog objekta pod željenim kanonskim osvjetljenjem boje $(c_R, c_G, c_B)^T$ dobiva se jednadžbom

$$\begin{pmatrix} R_c \\ G_c \\ B_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_1 & 0 & 0 \\ 0 & d_2 & 0 \\ 0 & 0 & d_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_n \\ G_n \\ B_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{c_R}{e_R} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{c_G}{e_G} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{c_B}{e_B} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{jn} \\ G_n \\ B_n \end{pmatrix}$$

pri čemu se za boju kanonskog osvjetljenja u velikoj većini slučajeva obično uzima bijela. Za kromatsku adaptaciju su, osim von Kriesove transformacije, korištene i neke druge kao što su linearizirani Bradford (Lam, 1985) ili CIECAT02 (Moroney, Fairchild, Hund, Li, Luo, Newman, 2002.).

Budući da su u općem slučaju poznate samo vrijednosti piksela slike \mathbf{f} , izračun komponenti vektora \mathbf{e} je loše postavljen problem i da bi ga se riješilo, potrebno je uvesti dodatne pretpostavke. Na temelju različitih pretpostavki nastale su brojne metode za procjenu osvjetljenja koje se mogu podijeliti u dvije glavne grupe (Gijssenij, Gevers, Van De Weijer, 2011.). Prvu grupu čine statističke metode koje se za

procjenu osvjetljenja oslanjaju na jednostavne statistike koje je moguće izračunati za pojedine slike. Te su metode obično brže i jednostavnije za implementaciju, često su korištene posebice u sklopovskim implementacijama, ali često nemaju visoku točnost. Drugu grupu čine metode temeljene na učenju koje parametre za svoje pretpostavke uče iz skupa slika za učenje s poznatim osvjetljenjem koje utječe na njih. Ove metode karakterizira visoka točnost, a u zadnje vrijeme postaju i sve brže te čak i pogodne za rad u stvarnom vremenu. Budući da se digitalne kamere koriste sve više i to u različitim oblicima – od vrlo jednostavnih i jeftinih do složenih i skupih – uz potrebu za točnim metodama, sve je izraženija i potreba za metodama koje je moguće učinkovito implementirati i u jednostavne sklopovske sustave.

Ostatak rada organiziran je ovako: u 2. poglavlju dan je kratak pregled najznačajnijih metoda za procjenu osvjetljenja, u 3. poglavlju se analizira mogućnost i potreba daljnjeg razvoja, u 4. poglavlju je opisana moguća implementacija u gospodarstvo, a 5. poglavlje zaključuje rad.

2. Pregled najznačajnijih metoda

Neke od prvih metoda za računalnu postojanost boja koje se danas još uvijek koriste se temelje na Retinex-teoriji (Land, McCann, 1971.) (Land, 1977.). Ako se za svaki piksel procjena osvjetljenja dobije kombinirajući maksimalne intenzitete svakog kanala boje u cijeloj slici, tako dobivena metoda se zove max-RGB. Drugim riječima, glavna pretpostavka max-RBG-a je da za svaki kanal boje postoji barem jedan piksel u slici koji maksimalno reflektira izvor osvjetljenja za taj kanal pa kad se te maksimalne refleksije spoje, dobije se boja izvora osvjetljenja. Usprkos činjenici da je glavna pretpostavka max-RGB-a intuitivno dobra, primjena max-RGB-a na slike obično daje nisku točnost što se može dogoditi već i zbog jednog lošeg šumovitog piksela (Funt, Shi, 2010a) ili zbog lošeg opsega ekspozicije digitalne kamere (Funt, Shi, 2010b). Da bi se uklonili problemi koje uzrokuju šumoviti izračun maksimuma, predložene su tri metode predobrade: (a) uklanjanje preeksponiranih piksela, (b) median-filtriranje i (c) promjena veličine slike. Ispitivanje max-RGB-a s ove tri metode predobrade je na nekoliko ispitnih skupova slika pokazalo značajno poboljšanje točnosti, ali ove metode ipak ne garantiraju da su svi šumoviti pikseli uklonjeni čime se onemogućuje puna mogućnost početne pretpostavke te time i viša točnost. Još jedna mogućnost značajnog povećanja točnosti max-RGB-a je izbjegavanje šuma korištenjem slučajnih uzoraka i usrednjavanjem rezultata max-RGB-a dobivenih na više takvih uzoraka (Banić, Lončarić, 2014.).

Neke od najpoznatijih i najvažnijih statističkih metoda za procjenu osvjetljenja su metode temeljene na pretpostavci sivog svijeta (*engl. Gray-world*) budući da ih u

određenom obliku koriste mnoge kamere (Deng, Gijsenij, Zhang, 2011.). Pod pretpostavkom sivog svijeta prosječna refleksija u sceni je akromatska (Buchsbaum, 1980.) pa bi prema tome prosječna boja osvjetljenja u slici trebala biti jednaka boji izvora osvjetljenja

$$\frac{\int \mathbf{f}(x) dx}{\int dx} = k\mathbf{e}$$

pri čemu je $k \in [0, 1]$ iznos refleksije. Kasnije je pretpostavka sivog svijeta generalizirana u metodi tonova sive (*engl. Shades-of-Gray*) dodavanjem Minkowskijeve norme p :

$$\left(\frac{\int (\mathbf{f}(x))^p dx}{\int dx} \right)^{\frac{1}{p}} = k\mathbf{e}$$

Gray-world i max-RGB su specijalni slučajevi ove metode i to za $p=1$ i za $p=\infty$. Uz lokalno zaglađivanje dobiva se proširenje zvano generalizirani Gray-world (Van De Weijer, Gevers, Gijsenij, 2007.):

$$\left(\frac{\int (\mathbf{f}^\sigma(x))^p dx}{\int dx} \right)^{\frac{1}{p}} = k\mathbf{e}$$

gdje je $\mathbf{f}^\sigma = \mathbf{f} * \mathbf{G}^\sigma$, a \mathbf{G}^σ je Gaussov filter sa standardnom devijacijom σ .

Daljnji napredak u ovom smjeru je predstavljala pretpostavka sivih rubova (*engl. Gray-edge*) prema kojoj je prosječni gradijent refleksija akromatičan (Van De Weijer, Gevers, Gijsenij, 2007) pa se boja osvjetljenja dobiva kao

$$\left(\int \left| \frac{\partial^n (\mathbf{f}^\sigma(x))^p}{\partial x^n} \right| dx \right)^{\frac{1}{p}} = k\mathbf{e}$$

gdje je n red derivacije. Dodavanjem težine pojedinim rubovima funkcijom težine $w(\mathbf{f})$ i parametrom utjecaja težine κ , dobiva se još fleksibilniji model (Gijsenij, Gevers, Van De Weijer, 2012):

$$\left(\frac{\int w(\mathbf{f})^\kappa \left| \frac{\partial^n \mathbf{f}^\sigma(x)}{\partial x^n} \right|^p dx}{\int dx} \right)^{\frac{1}{p}} = k\mathbf{e}$$

U (Joze, Drew, Finlayson, Rey, 2012.) je predloženo općenito poboljšanje metoda za procjenu osvjetljenja tako da se umjesto svih, koriste samo svijetli pikseli slike. Prvo se uklone pikseli koji u nekom kanalu boje prelaze 90% dinamičkog opsega kamere. Zatim se u nekoj drugoj odabranoj metodi koristi samo najsvjetlijih $T\%$. Svjetlina je pritom definirana kao zbroj vrijednosti svih kanala, a T je podesivi parametar. Ovaj pristup je doprinio značajnom poboljšanju točnosti max-RGB-a i Gray-worlda.

Daljnja zanimljiva statistička metoda je opisana u (Cheng, Prasad, Brown, 2014.). Metoda ne uzima u obzir prostorne informacije pretpostavljajući da se sve potrebne informacije mogu izvući iz razdiobe boja. Pri samom radu prvo se odabere $p\%$ najsvjetlijih i $p\%$ najtamnijih piksela pri čemu je p podesiv parametar. Potom se na odabranim pikselima provede analiza glavnih komponenti i prva komponenta se proglasi procjenom osvjetljenja što se pokazalo prilično točnim, a i sam postupak je relativno brz.

Metode temeljene na učenju s druge strane mogu dati mnogo veću točnost procjene osvjetljenja od statističkih metoda. Međutim, njihova računaska složenost je zato ponekad veća i nisu uvijek jednako prikladne za sklopovsku implementaciju kao statističke metode. To se posebice odnosi na starije metode temeljene na učenju, dok su neke nedavno predložene istovremeno brze i točne.

Jedna od povijesno najutjecajnijih metoda za procjenu osvjetljenja temeljenih na učenju je mapiranje gamuta. Osnova te metode uvedena u (Forsyth, 1990) je pretpostavka da je u stvarnom svijetu za određeno osvjetljenje moguće vidjeti samo ograničen broj boja. Stoga se bilo koja boja u slici koja nije kompatibilna sa željenim kanonskim osvjetljenjem može pripisati drugom osvjetljenju u sceni. Prvi korak kod mapiranja gamuta je naučiti kanonski gamut odnosno skup boja koje je moguće vidjeti pod kanonskim osvjetljenjem. Taj gamut je konveksan što znači da je za bilo koje dvije boje koje se mogu opaziti moguće opaziti i njihove konveksne kombinacije. Učenje gamuta se vrši opažanjem što većeg broja boja u slikama iz skupa za učenje s poznatim osvjetljenjem. Kad je potrebno procijeniti osvjetljenje u novim slikama, prvo se na temelju slika procijeni gamut nepoznate slike. Na kraju se procjena osvjetljenja dobije odabirom prikladnog mapiranja kojim se iz gamuta slike prelazi u kanonski gamut. Sam odabir se vrši primjerice tako da rezultat bude najšarenija varijanta slike ili se provodi težinsko usrednjavanje (Barnard, 2000.).

Osim osnovnog modela, predložena su mnoga proširenja mapiranja gamuta. Neka od njih uključuju zanemarivanje svjetline piksela korištenjem samo kromatičnosti (Finlayson, 1996.) (Finlayson, Hordley, 2000.), korištenje kocke umjesto konveksne ljuške (Mosny, Funt, 2010.), uključivanje gradijenata slike u izračun gamuta (Gijsenij, Gevers, Van De Weijer, 2010.), popravljavanje završnog mehanizma odabira osvjetljenja (Finlayson, Hordley, Tastl, 2006.), zamjenu kanonskog gamuta kore-

lacijskom matricom koja sadrži vjerojatnosti promatranja kromatičnosti pod nekim mogućim osvjetljenjem i onda biranje najizglednijeg osvjetljenja (Finlayson, Hordley, Hubel, 2001.).

Prethodno spomenuto računanje korelacijske matrice (Finlayson, Hordley, Hubel, 2001.) je ujedno i jedna od probabilističkih metoda procjene osvjetljenja. Jedan od općih pristupa probabilističkih metoda je oslanjanje na apriorne vjerojatnosti pojavljivanja osvjetljenja i površina koje se onda koriste primjerice prilikom računanja najveće izglednosti. Neki od takvih pristupa su opisani u (D'Zmura, Iverson, Singer, 1995.) (Brainard, Freeman, 1997.) (Sapiro, 1999.) (Rosenberg, Minka, Ladsariya, 2003.) pri čemu je jedna od najbitnijih stvari pravilno modeliranje razdiobe refleksija. U (Gehler, Rother, Blake, Minka, Sharp, 2008.) je potreba za dobrim početnim vjerojatnostima pojavljivanja osvjetljenja i refleksija dodatno naglašena.

U (Cardei, Funt, Barnard, 2002.) je učena neuronska mreža koja je za dane histograme kromatičnosti trebala odrediti kromatičnost procjene osvjetljenja. Iako je takav pristup davao dobre rezultate kod pravilnog učenja, bile su potrebne velike količina podataka za učenje. Slični pristupi su s više ili manje razlika predlagani u (Funt, Cardei, Barnard, 1996.) (Cardei, Funt, Barnard, 1998.) (Funt, Xiong, 2004.) (Ning, De, Bing, 2009.) (Agarwal, Gribok, Koschan, Abidi, 2006.) (Agarwal, Gribok, Abidi, 2007.) (Agarwal, Gribok, Koschan, Abidi, Abidi, 2009.).

Metoda nedavno predložena u (Barron, 2015.) procjenu osvjetljenja postavlja kao problem 2D lokalizacije u prostoru log-kromatičnosti i uči prepoznavanje slika koje su pod utjecajem određenog osvjetljenja.

U (Joze, Drew, 2012.) je predložena metoda temeljena na primjerima površina koja za danu sliku prvo segmentira površine te ih opisuje pomoću teksture i razdiobe boja. Nakon toga se u prostoru modela površina za svaku površinu traže najsličnije površine u slikama iz skupa za učenje i njihova pripadna osvjetljenja se kombiniraju u procjenu osvjetljenja početne slike. Ovaj pristup daje procjene osvjetljenja visoke točnosti i lako ga je moguće proširiti na problem procjene više izvora osvjetljenja na istoj sceni.

Daljnja uspješna metoda koja koristi statistike razdiobe boja je predložena u (Finlayson, 2013.). Najprije računa momente prvog, drugog i viših redova iz slike i njezinih gradijenata, a potom vrši procjenu osvjetljenja tako da ih pomnoži s prethodno naučenom matricom.

U (Banić, Lončarić, 2015a) i (Banić, Lončarić, 2015c) se činjenica da se u odgovarajućem prostoru kromatičnosti većina osvjetljenja iz prirode u blizini istog pravca koristi za pojednostavljenje opisa boje osvjetljenja te se traži veza između histograma boja i kromatičnosti danih slika i spomenutog opisa njihovih osvjetljenja.

U (Cheng, Price, Cohen, Brown, 2015.) su četiri jednostavne značajke korištene za učenje regresijskih stabala koja procjenjuju osvjetljenje. Različita stabla za crvene i zelene komponente kromatičnosti osvjetljenja se uče na individualnim značajkama dobivenima iz slika s bliskim poznatim osvjetljenjem. To rezultira u nekoliko grupa takvih regresijskih stabala po jednoj značajki, a završna procjena osvjetljenja se vrši kombiniranjem rezultata svih stabala. Ova metoda ne samo da je vrlo točna, već je i vrlo brza.

Korištenje semantičkih informacija za unapređenje procjene osvjetljenja je također korišteno u više pristupa. U (Van De Weijer, Schmid, Verbeek, 2007.) vizualne informacije visoke razine su korištene za generiranje hipoteza o osvjetljenju koje bi prema naučenom modelu trebalo vjerodostojne slike. Primjerice, hipoteza, koja bi rezultirala plavim nebom, bi trebala imati prednost pred hipotezom koja bi rezultirala ljubičastim nebom. Još jedan primjer korištenja semantičkih informacija je korištenje boje kože ljudskih lica kako bi se poboljšala točnost procjene osvjetljenja (Bianco, Schettini, 2012) (Bianco, Schettini, 2014.).

Budući da postoje mnoge metode za procjenu osvjetljenja od kojih se nijedna ne može smatrati univerzalnom, u nekim pristupima pokušalo se kombinirati različite takve metode. Neki od tih pristupa su nelinearna fuzija metoda (Cardei, Funt, 1999.), kombiniranje izglednosti prethodno definiranih izvora osvjetljenja dobivenih statističkim i fizičkim metodama (Schaefer, Hordley, Finlayson, 2005.), korištenje različitih strategija računanja srednje procjene primjerice dviju najbližih procjena (Bianco, Gasparini, Schettini, 2008.). Sličan pristup je ne kombinirati više različitih metoda procjene osvjetljenja, već odabrati najprikladniju od njih. U (Gijsenij, Gevers, 2011.) se za odabir najprikladnije metode koriste intrinzična svojstva slika. Primjerice, slike s malo rubova su obrađene metodama kao što su max-RGB ili Gray-world, a slike koje imaju više rubova metodom Gray-edge. Značajke koje se koriste za određivanje koju metodu primijeniti se izvlače Weibullovom parametrizacijom koja se pokazala dobrom za svojstva na koja su metode za procjenu osvjetljenja osjetljive.

Više numeričkih detalja o točnosti i brzini pojedinih metoda, koje su ovdje spomenute, moguće je vidjeti u (Gijsenij, Gevers, Van De Weijer, 2011.) i (Cheng, Prasad, Brown, 2014.).

3. Analiza mogućnosti i potreba razvoja

Kao što je već spomenuto, iako postoje vrlo točne metode za procjenu osvjetljenja, još ne postoji univerzalna koja bi davala zadovoljavajuće rezultate u svim uvjetima osvjetljenja. Već iz toga se može zaključiti da i trenutno najtočnije metode u odre-

denim okolnostima rade značajne pogreške te je problem procjene osvjetljenja još uvijek otvoren pa postoji mnogo prostora za poboljšanje. Osim potrebe za novim pretpostavkama koje bi vodile prema točnijoj procjeni, još jedan značajan problem je što postojeći ispitni skupovi kalibriranih slika nisu dovoljno veliki da bi se iskoristio puni potencijal dubokog učenja koje trenutno pokazuje veliku moć rješavanja različitih problema u računalnom vidu. Glavna prepreka ovdje je ta što kalibracija slika oduzima mnogo vremena. Naime, za početak je potrebno odabrati sliku s jednolikim osvjetljenjem, potom u scenu treba postaviti kalibracijski objekt s akromatskim površinama, zatim se snima sama slika, a kasnije je kalibracijski objekt potrebno segmentirati i s njegove akromatske površine očitati vrijednost stvarnog osvjetljenja na slici. Budući da ovaj postupak često sadrži mnogo ručnog posla koji nije najtrivijalnije automatizirati, trenutno najkvalitetniji ispitni skupovi nisu pretjerano veliki (Cheng, Prasad, Brown, 2014.), a često se dogodi i da kalibracija nije odrađena dovoljno precizno (Zakizadeh, Brown, Finlayson, 2015.). Zbog toga je, osim nalaženja dobrih pretpostavki, dodatan izazov stvaranje novih ispitnih skupova točno kalibriranih slika. Alternativa bi bila da se razviju postupci kojima bi se moglo učiti i iz nekalibriranih slika čime bi se značajno proširila mogućnost istovremenog učenja iz velikog broja različitih uvjeta osvjetljenja. Naime, u tom slučaju bi glavno težište bilo na dohvat slika koji bi se mogao ubrzati jer bi se izbjeglo rukovanje kalibracijskim objektom, a potencijalno bi se mogle koristiti i već javno dostupne slike kojih na internetu ima na pretek, iako bi to uvelo dodatna svojevrsna ograničenja jer se vjerojatno ne bi radilo o linearnim slikama kakve su zbog korištenog modela formiranja slike najbolji izbor za učenje metoda za procjenu osvjetljenja. Ukratko, može se slobodno reći da još uvijek postoji više smjerova mogućeg razvoja te da neke od potreba još nisu zadovoljene.

4. Moguća implementacija u gospodarstvo

Osim što je znanstvenom smislu najizazovnije vjerojatno postizati što veću točnost uz što manje vrijeme izvođenja, u gospodarskom smislu još jedan važan pogled na problem metoda za procjenu osvjetljenja je i lakoća njihove sklopovske implementacije. Naime, kako se danas digitalne kamere koriste u različitim oblicima kao dio mnogih digitalnih uređaja, javljaju se i različita ograničenja maksimalne dopuštene složenosti, količine memorije i potrošnje energije koje smiju karakterizirati metode za procjenu osvjetljenja u takvim kamerama. U tom smislu se može reći da sve dok bude oblikovanja novih kamera, bit će i potrebe za različitim prilagodbama postojećih i novih metoda za procjenu osvjetljenja jer će se sa ciljem optimiranja cijene i kvalitete uvijek morati razlučivati o kompromisu između složenosti i točnosti. Nadalje, budući da za razvoj metoda za procjenu osvjetljenja nije potrebno posjedovati skupu opremu, osim stjecanja potrebnog znanja i dodatnih detalja oko rada

cjevovoda za obradu slika u digitalnim kamerama, ne postoje ozbiljnije prepreke za bavljenje ovom problematikom u smislu industrijskog razvoja. Ovim se problemom, osim u industriji kamera na sklopovskoj razini, moguće baviti i u softverskoj industriji za slučajeve kad je slike potrebno naknadno urediti i ispraviti im boje za što isto već postoje odgovarajuća rješenja.

5. Zaključci i preporuke

Postizanje računalne postojanosti boja, koja bi davala zadovoljavajuće rezultate u svim uvjetima, još je uvijek otvoren problem. Usprkos tomu, u posljednje vrijeme točnost metoda temeljenih na učenju postaje sve veća i uz to one postaju sve prilagođenije za sklopovsku implementaciju. Zbog sve veće prisutnosti digitalnih kamera u digitalnim uređajima različitih namjena javljaju se i različita ograničenja složenosti implementacije i brzine izvođenja. U praktičnom smislu to znači da još uvijek postoje brojne mogućnosti komercijalnog uključivanja u razvoj pojedinih oblika rješenja računalne postojanosti boja za rad u zadanim uvjetima. Što se tiče teorijskog pogleda, osim utvrđivanja novih pretpostavki koje dovode do boljih procjena osvjetljenja, u budućnosti će dodatan izazov biti kako prilagoditi metode temeljene na učenju da koriste informacije i iz velikih skupova nekalibriranih slika koje zbog velikog broja korištenih kamera postaju sve dostupnije na internetu i u drugim medijima.

Literatura

- Agarwal, V., Gribok, A. V., Koschan, A., & Abidi, M. A. (2006, listopad). Estimating illumination chromaticity via kernel regression. In *Image Processing, 2006 IEEE International Conference on* (pp. 981-984). IEEE.
- Agarwal, V., Gribok, A. V., & Abidi, M. A. (2007). Machine learning approach to color constancy. *Neural Networks*, 20(5), 559-563.
- Agarwal, V., Gribok, A., Koschan, A., Abidi, B., & Abidi, M. (2009). Illumination chromaticity estimation using linear learning methods. *Journal of Pattern Recognition Research*, 4(1), 92-109.
- Banić, N., Lončarić, S. (2014, listopad). Improving the White patch method by subsampling. In *Image Processing (ICIP), 2014 IEEE International Conference on* (pp. 605-609). IEEE.
- Banić, N., & Lončarić, S. (2015). Color Cat: Remembering Colors for Illumination Estimation. *IEEE Signal Processing Letters*, 22(6), 651-655.
- Banić, N., & Lončarić, S. (2015). Color Dog-Guiding the Global Illumination Estimation to Better Accuracy. In *VISAPP (1)* (pp. 129-135).
- Banić, N., & Lončarić, S. (2015, September). Using the red chromaticity for illumination estimation. In *Image and Signal Processing and Analysis (ISPA), 2015 9th International Symposium on* (pp. 131-136). IEEE.

- Barnard, K. (2000). Improvements to gamut mapping colour constancy algorithms. *Computer Vision-ECCV 2000*, 390-403.
- Barron, J. T. (2015). Convolutional color constancy. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision* (pp. 379-387).
- Bianco, S., Gasparini, F., & Schettini, R. (2008). Consensus-based framework for illuminant chromaticity estimation. *Journal of Electronic Imaging*, 17(2), 023013-023013.
- Bianco, S., & Schettini, R. (2012, June). Color constancy using faces. In *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2012 IEEE Conference on* (pp. 65-72). IEEE.
- Bianco, S., & Schettini, R. (2014). Adaptive color constancy using faces. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 36(8), 1505-1518.
- Brainard, D. H., & Freeman, W. T. (1997). Bayesian color constancy. *JOSA A*, 14(7), 1393-1411.
- Buchsbaum, G. (1980). A spatial processor model for object colour perception. *Journal of the Franklin institute*, 310(1), 1-26.
- Cardei, V. C., Funt, B., & Barnard, K. (1998). Adaptive illuminant estimation using neural networks. In *ICANN 98* (pp. 749-754). Springer London.
- Cardei, V. C., & Funt, B. (1999, siječanj). Committee-based color constancy. In *Color and Imaging Conference* (Vol. 1999, No. 1, pp. 311-313). Society for Imaging Science and Technology.
- Cardei, V. C., Funt, B., & Barnard, K. (2002). Estimating the scene illumination chromaticity by using a neural network. *JOSA a*, 19(12), 2374-2386.
- Cheng, D., Prasad, D. K., & Brown, M. S. (2014). Illuminant estimation for color constancy: why spatial-domain methods work and the role of the color distribution. *JOSA A*, 31(5), 1049-1058.
- Cheng, D., Price, B., Cohen, S., & Brown, M. S. (2015). Effective learning-based illuminant estimation using simple features. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 1000-1008).
- D'Zmura, M., Iverson, G., & Singer, B. (1995). Probabilistic color constancy. *Geometric representations of perceptual phenomena*, 187-202.
- Deng, Z., Gijsenij, A., Zhang, J. (2011, studeni). Source camera identification using auto-white balance approximation. In *Computer Vision (ICCV), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 57-64). IEEE.
- Finlayson, G. D. (1996). Color in perspective. *IEEE transactions on Pattern analysis and Machine Intelligence*, 18(10), 1034-1038.
- Finlayson, G., & Hordley, S. (2000). Improving gamut mapping color constancy. *IEEE Transactions on Image Processing*, 9(10), 1774-1783.
- Finlayson, G. D., Hordley, S. D., & Hubel, P. M. (2001). Color by correlation: A simple, unifying framework for color constancy. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(11), 1209-1221.
- Finlayson, G. D., Hordley, S. D., & Tastl, I. (2006). Gamut constrained illuminant estimation. *International Journal of Computer Vision*, 67(1), 93-109.
- Finlayson, G. D. (2013). Corrected-moment illuminant estimation. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision* (pp. 1904-1911).
- Forsyth, D. A. (1990). A novel algorithm for color constancy. *International Journal of Computer Vision*, 5(1), 5-35.
- Funt, B., Cardei, V., & Barnard, K. (1996, siječanj). Learning color constancy. In *Color and Imaging Conference* (Vol. 1996, No. 1, pp. 58-60). Society for Imaging Science and Technology.
- Funt, B., & Xiong, W. (2004, siječanj). Estimating illumination chromaticity via support vector regression. In *Color and Imaging Conference* (Vol. 2004, No. 1, pp. 47-52). Society for Imaging Science and Technology.

- Funt, B., Shi, L. (2010, siječanj). The rehabilitation of maxRGB. In Color and Imaging Conference (Vol. 2010, No. 1, pp. 256-259). Society for Imaging Science and Technology.
- Funt, B., Shi, L. (2010, veljača). The effect of exposure on maxrgb color constancy. In IS&T/SPIE Electronic Imaging (pp. 75270Y-75270Y). International Society for Optics and Photonics.
- Gehler, P. V., Rother, C., Blake, A., Minka, T., & Sharp, T. (2008, June). Bayesian color constancy revisited. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2008. CVPR 2008. IEEE Conference on (pp. 1-8). IEEE.
- Gijsenij, A., Gevers, T., & Van De Weijer, J. (2010). Generalized gamut mapping using image derivative structures for color constancy. *International Journal of Computer Vision*, 86(2), 127-139.
- Gijsenij, A., & Gevers, T. (2011). Color constancy using natural image statistics and scene semantics. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 33(4), 687-698.
- Gijsenij, A., Gevers, T., & Van De Weijer, J. (2011). Computational color constancy: Survey and experiments. *IEEE Transactions on Image Processing*, 20(9), 2475-2489.
- Gijsenij, A., Gevers, T., Van De Weijer, J. (2012). Improving color constancy by photometric edge weighting. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(5), 918-929.
- Joze, H. R. V., Drew, M. S., Finlayson, G. D., & Rey, P. A. T. (2012, siječanj). The role of bright pixels in illumination estimation. In Color and Imaging Conference (Vol. 2012, No. 1, pp. 41-46). Society for Imaging Science and Technology.
- Joze, H. R. V., & Drew, M. S. (2012). Exemplar-Based Colour Constancy. In *BMVC* (pp. 1-12).
- Lam, K. M. (1985). *Metamerism and colour constancy* (Doktorska disertacija, Sveučilište Bradford).
- Land, E. H., & McCann, J. J. (1971). Lightness and retinex theory. *Josa*, 61(1), 1-11.
- Land, E. H. (1977). The retinex theory of color vision (pp. 2-17). *Scientific America*.
- Moroney, N., Fairchild, M. D., Hunt, R. W., Li, C., Luo, M. R., & Newman, T. (2002, siječanj). The CIECAM02 color appearance model. *Color and Imaging Conference* (Vol. 2002, No. 1, pp. 23-27). Society for Imaging Science and Technology.
- Mosny, M., & Funt, B. (2010, siječanj). Cubical gamut mapping colour constancy. In *Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision* (Vol. 2010, No. 1, pp. 466-470). Society for Imaging Science and Technology.
- Ning, W. A. N. G., De, X. U., & Bing, L. I. (2009). Edge-based color constancy via support vector regression. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 92(11), 2279-2282.
- Rosenberg, C. R., Minka, T. P., & Ladsariya, A. (2003, prosinac). Bayesian Color Constancy with Non-Gaussian Models. In *NIPS* (Vol. 2, No. 6, p. 7).
- Sapiro, G. (1999). Color and illuminant voting. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 21(11), 1210-1215.
- Schaefer, G., Hordley, S., & Finlayson, G. (2005, lipanj). A combined physical and statistical approach to colour constancy. In *Computer Vision and Pattern Recognition, 2005. CVPR 2005. IEEE Computer Society Conference on* (Vol. 1, pp. 148-153). IEEE.
- Van De Weijer, J., Gevers, T., Gijsenij, A. (2007). Edge-based color constancy. *IEEE Transactions on image processing*, 16(9), 2207-2214.
- Van De Weijer, J., Schmid, C., & Verbeek, J. (2007, listopad). Using high-level visual information for color constancy. In *Computer Vision, 2007. ICCV 2007. IEEE 11th International Conference on* (pp. 1-8). IEEE.
- Zakizadeh, R., Brown, M. S., & Finlayson, G. D. (2015). A Hybrid Strategy For Illuminant Estimation Targeting Hard Images. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops* (pp. 16-23).

Color Stability in Digital Cameras: Overview of the Current State and Future Directions

Banić Nikola, Lončarić Sven

Faculty of Electrical Engineering and Computing University of Zagreb
nikola.banic@fer.hr, sven.loncaric@fer.hr

Color constancy methods are presented at the beginning of image processing pipelines of most digital cameras and they aim to reduce the influence of scene illumination and sensor characteristics on object colors. Numerous color constancy methods have been proposed with the main groups being the faster, but less accurate low-level statistics-based methods and the more complex, but also more accurate learning-based methods. Over time a significant progress has been made with respect to the speed and accuracy of these methods, but there are still challenging illumination and scene conditions in which these methods fail. In this paper a brief review of the most important color constancy methods is given, the potential for their research and development, and some future directions and trends in the color constancy field are presented.

Key words:

color constancy, illumination estimation, image enhancement, image processing, automatic white balance.

Razvoj i ekološka održivost u području grafičke tehnologije

Bolanča Zdenka¹, Bolanča Mirković Ivana²

¹Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, HATZ; zdenka.bolanca@grf.hr

²Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Cilj ovog rada je na osnovu relevantnih literaturnih podataka i rezultata nekih vlastitih istraživanja obuhvatiti ekološki aspekt područja grafičke tehnologije, fokusirano na razvoj kroz povijest, nove tehnologije, alate ekološke održivosti i tehnologije budućnosti. Ekološka održivost u toj domeni se promatra u području eko dizajna, čistih tehnologija, naprednih materijala, zatvorenog kružnog toka te protoka energije i materijala. Rezultati pokazuju da tiskani i digitalni mediji mogu biti ekološko održiviji uz pomoć alata kao što su : LCA prema konceptu „od kolijevke do kolijevke“, eko dizajna i eko etiketiranja. Obećavajuće su održive prednosti e-papira, kao alternative postojećoj zelenoj tiskarskoj praksi. 3D ispis podržava održivost, možda će biti tehnika budućnosti, međutim kada se promatra ekološka problematika, treba to raditi kompleksno i biti oprezan pri procjeni. Integracija upravljanja učinkom održivosti u ukupno korisno poslovno planiranje je važan aspekt koji treba riješiti jer učinkovitost upravljanja ovisi o vezi između menadžmenta sustava i strateških odluka.

Ključne riječi:

grafička tehnologija, ekološka održivost, razvoj, napredni materijali, tehnologije budućnosti

1. Uvod

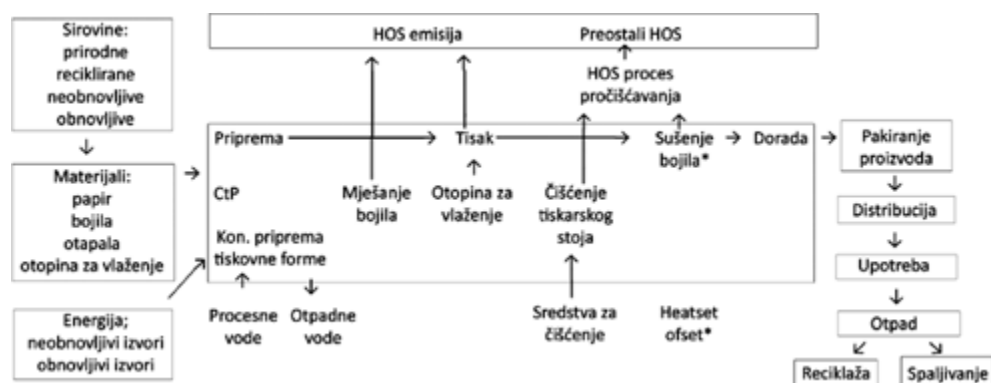
Konvencionalna grafička industrija počela se prilagođavati ekološko prihvatljivijoj proizvodnji pod pritiskom politike i javnosti. Koristila je materijale s većim udjelom obnovljive sirovine, sekundarna vlakanca za proizvodnju tiskovnih podloga te metode za pročišćavanje zraka ili procesnih voda, sve sa svrhom smanjivanja negativnog utjecaja na okoliš. Neke od tih mjera pokazale su određene nedostatke, kao

što je veći utrošak energije ili nastajanje otpada koji treba zbrinuti nekom od metoda. Izazov moderne grafičke proizvodnje je implementacija ciljeva održivog razvoja u konkretni ekološki koncept općeg sustava upravljanja.

Cilj i važnost ovog rada su primjeri dobre industrijske proizvodne prakse i smjernice s naglaskom na ekološku održivost, razvoj i tehnologije budućnosti.

2. Utjecaj na okoliš grafičke tehnologije: povijesni pregled i stanje

Procjena životnog ciklusa (LCA) može pomoći u identifikaciji mogućnosti za poboljšanje utjecaja proizvoda na okoliš pa je na slici 1 prikazan pojednostavljen životni ciklus ofsetnog otiska.



Slika 1 – Životni ciklus ofsetnog otiska (Bolanča,1999.)

Utjecaj ofsetnog tiska na okoliš ovisi o vrsti sirovina (neobnovljive, obnovljive, reciklirane) koje se koriste u proizvodnji grafičkih materijala (Bolanča, 1998.) U grafičkoj pripremi s ekološkog aspekta značajna je izrada tiskovne forme. Autori uspoređuje utjecaj na okoliš konvencionalnog procesa izrade tiskovne forme s CtP tehnologijom i prikazuju se karakteristike otpadne vode (Bolanča, 1999; Bolanča, Dragojević, 1998). Primjenom CtP tehnologije doprinosi se kvaliteti okoliša, nema otpadnih voda, postiže se povoljniji gospodarsveni efekt u kontekstu uštede materijala (film i kemijske supstance za razvijanje) i ubrzava se postupak grafičke pripreme. Zarwan prikazuje rezultate istraživanja za četiri kategorije ofsetnih ploča koje se pripremaju: s konvencionalnim kemijskim procesom, sa smanjenim korištenjem kemikalija, bez upotrebe kemikalija i bez procesne. U radu diskutira utjecaj na okoliš u domeni utroška kemikalija, energije, vode i nastajanja otpada (Zarwan, 2009.).

Sam proces tiska karakterizira s ekološkog aspekta, ovisno o korištenim materijalima, onečišćenje zraka, kruti otpad i buka strojeva. Konvencionalne ofsetne boje na osnovi mineralnog ulja mogu emitirati ishlapljive organske spojeve (HOS spojevi), a posebno je značajna emisija u slučaju ofsetnih rotacija. U tom slučaju potrebno je koristiti neku od metoda za pročišćavanje zraka, kao što je adsorpcijski postupak ili povoljnije membransko-adsorpcijski postupak (Bolanča, 1993.). Ekološka povoljnost postiže se korištenjem bojila koja suše pomoću UV zračenja ili snopom elektrona. Radi mehanizma sušenja mnogo je manja apsorpcija u tiskovnu podlogu pa su prikladna za tisak na ambalaži. Njihova ekološka pogodnost je da ne emitiraju HOS spojeve i njihovom primjenom se smanjuje utrošak energije. Ekološki nepovoljan sastojak UV bojila su fotoinicijatori (benzofenoni), a ta problematika tema je mnogih radova, uključujući njihovu migraciju i analize (Popilloud, Baudraz, 2002; Castle, Damant, Honeybone, Johaus, Jickels, Sharman, Gillbert, 2007.).

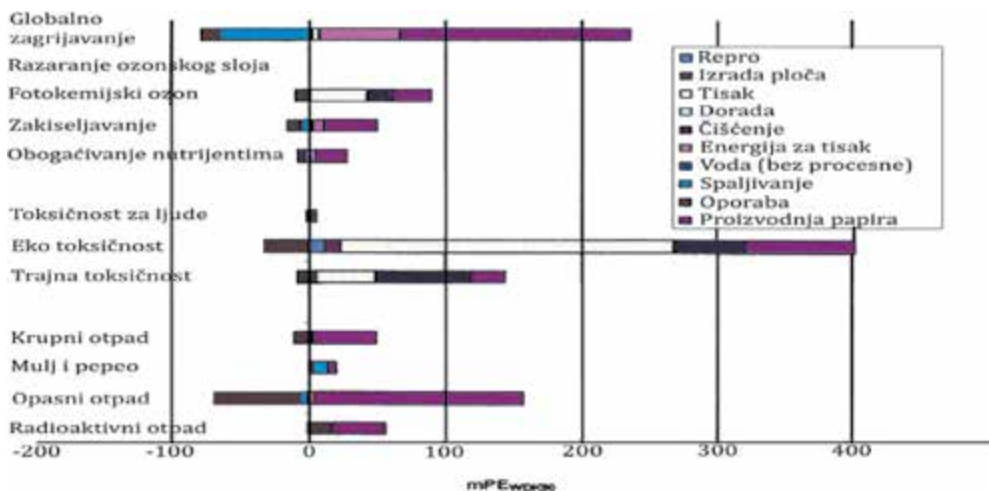
Pigmenti u bojilima, koji sadrže teške metale, mogu na sljedeće načine utjecati na kvalitetu okoliša: u otpadnoj boji koja ostaje nakon procesa tiska, (zdravstveno i sigurnosno rizična i tretiraju se kao opasni otpad), u otiscima koji nakon konzumentske faze mogu se zbrinuti kompostiranjem ili spaljivanjem, (kompostiranjem se utječe na kvalitetu tla, moguće i na kvalitetu podzemnih voda, ili spaljivanjem na kvalitetu zraka) te u talogu koji nastaje tijekom deinking flotacije, najčešće korištenog procesa za reciklažu papira (kruti otpad prema načinu zbrinjavanja može djelovati na kvalitetu tla, podzemnih voda ili pak zraka) (Bolanča, 2007).

Kako je vidljivo iz prikaza na slici 1 s ekološkog aspekta u procesu ofsetnog tiska bitna je otopina za vlaženje. Ta tekućina sadrži, između ostaloga, 2-propanol koji spada u lako ishlapljive spojeve. Osim što djeluje na kvalitetu zraka, ostatak otopine za vlaženje potencijalno je zagađivač voda. Metoda za pročišćavanje je reciklaža unutar pogona primjenom postupka mikrofiltracije poprečnog toka (Bolanča, 1995.). Područje vlaženja u ofsetnom tisku je istraživano s ciljem pronalaženja alternativnih supstancija, veće ekološke podobnosti ili pak valjaka načinjenih drugim tehnikama, veće hidrofилности površina koji bi u tisku trošili manje otopine za vlaženje (Bolanča, Belošić, Habuš, 1997.).

Prije korištena sredstva za pranje strojeva u ofsetnom tisku bili su derivati nafte s vrlo niskim plamištem. Osim određene zdravstvene i sigurnosne rizičnosti unutar pogona, ovi spojevi mogu sudjelovati u fotokemijskim reakcijama u vanjskoj atmosferi. Novija sredstva za pranje imaju viša plamišta i ne spadaju u ishlapljive organske spojeve (Bolanča, 1998.). Sredstvo za pranje koje bi zadovoljilo trebalo bi imati sljedeće karakteristike: plamište iznad 55°C, ne bi smjelo sadržavati terpe-
ne, aromatske spojeve može sadržavati u udjelu manjem od 0,1%, ne smije sadržavati supstance koje su rizične i ne smije sadržavati tvari s jednim brojem većim od 20.

Dosadašnja istraživanja su pokazala da spektar mehaničke buke ofsetnih strojeva sadrži mnogo diskretnih frekvencija (Radanović, Bolanča, 1996.). Ukupnoj razini zvuka pridonosi papirna traka u ovisnosti o površinskim svojstvima tiskovne podloge i karakteristikama bojila.

Na osnovu rezultata analize LCA ofsetnog otiska, koju su načinili Dalheim i Axelsson te IFRAS, proizlazi da papir kao tiskovna podloga ima dominantan utjecaj na okoliš (Dalheim, Axelsson, 1996.; IFRAS, 1998.). Proizvodnja papira utječe na okoliš u kategoriji utroška energije, globalnog zagrijavanja, kiselosti i eutrofikacije. U tisku novina ofsetnom tehnikom uz pomoć metode ReCiPe utvrđeno je da pri proizvodnji jedne tone proizvoda nastaje oko 375 kg krutog otpada (Dalheim, Axelsson, 1996.). Larsen i koautori koristili su za procjenu utjecaja na okoliš metodu EDIP i promatrali kategorije kako slijedi: toksičnost zraka, eko toksičnost u vodi, opasni otpad, nuklearni otpad, šljaku i pepeo te glomazni otpad (Larsen, Hauschild, Hausen, 2006). Dominantan utjecaj izražen u mPE je u području eko toksičnosti s time da se oko 240 mPE odnosi na proces tiska, a oko 80 mPE na proizvodnju papira (Larsen, Hauschild, Hausen, 2006).

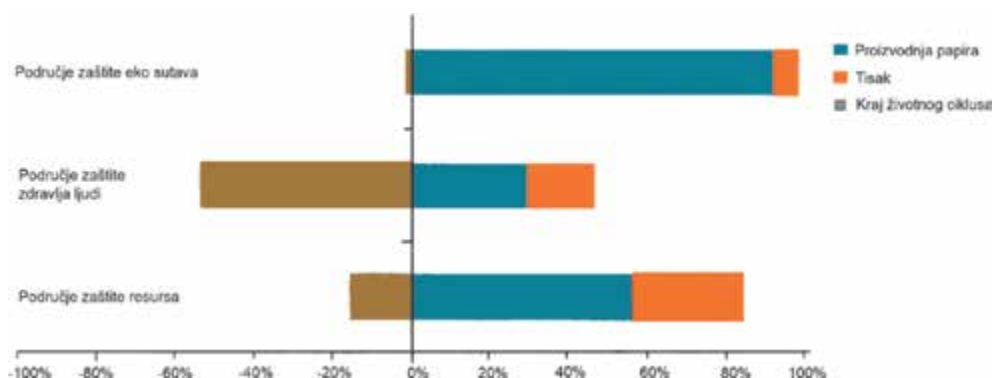


Slika 2 – Ponderirani životni ciklus ofsetnog otiska načinjenog na stroju za tisak na arke (Modificirano prema: Larsen, Hauschild., Hausen, 2006).

Studija Cosme i koautora uzima u razmatranje s jednakim naglaskom energiju kao i emisije kemikalija, a istraživanje ima krajnji cilj eko etiketiranje otiska načinjenog na stroju za tisak na arke (Cosme, Larsen, Hanschild, 2013). U ovom radu primijenjena je nova kategorija utjecaja koristeći LCIA metodu imProved sustainability characterisation of technologies u skladu s ISO 14040. Karakterizacija utjecaja otiska na okoliš podijeljena je prema glavnim fazama životnog ciklusa: proizvodnja papira, tisak i kraj životnog ciklusa (EOL) (slika 3). Kraj životnog ciklusa

uključuje reciklažu kako bi se izbjegla ekološki nepovoljna proizvodnja djevičanskih vlakana.

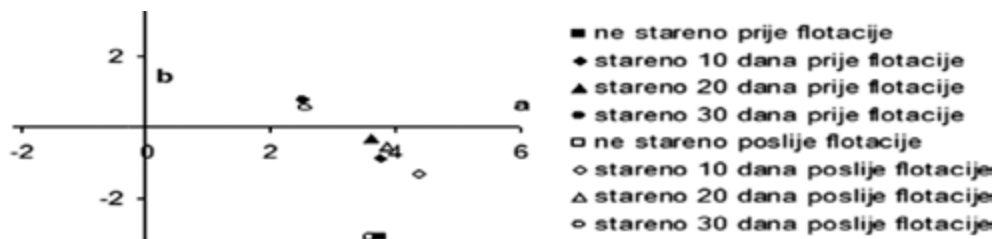
Bolanča i Bolanča istraživali su utjecaj formulacije ofsetnih bojila (komercijalno konvencionalno bojilo, komercijalno bojilo s mineralnim i biljnim uljem, modelno bojilo s većim udjelom obnovljive sirovine, i modelnim bojilima s različitim udjelima biljnih estera) na efikasnost deinking flotacije, veličinu i broj zaostalih čestica bojila nakon određenih faza reciklaže te optičke karakteristike listova načinjenih od recikliranih vlakana (Bolanča, 2001; Bolanča, Bolanča 2005; Bolanča Mirković, Bolanča 2007).



Slika 3 – Glavne faze životnog ciklusa ofsetnog otiska i doprinos svakoj kategoriji oštećenja izražen u postotcima (modificirano prema: (Cosme, Larsen, Hauschid, 2013))

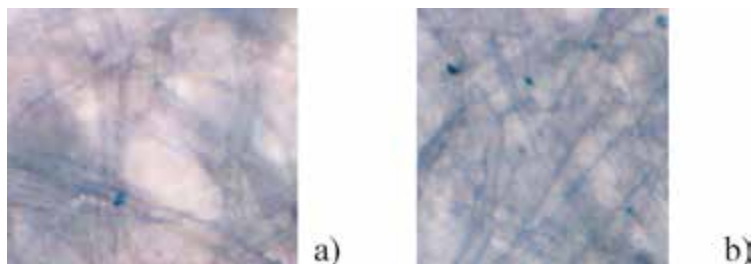
Na laboratorijskom listu načinjenom od vlakana recikliranih ofsetnih otisaka načinjenih modelnim bojilom na osnovu obnovljive sirovine dolazi do pomaka kromatskih vrijednosti a^* i b^* u odnosu na izlaganje otisaka ubrzanom starenju prema standardu ISO 5630-3.

Osim sastava bojila, i kemijski sastav tiskovne podloge utječe na karakteristike recikliranih vlakana. U tom kontekstu praćena je svjetlina lista mjerena sa i bez



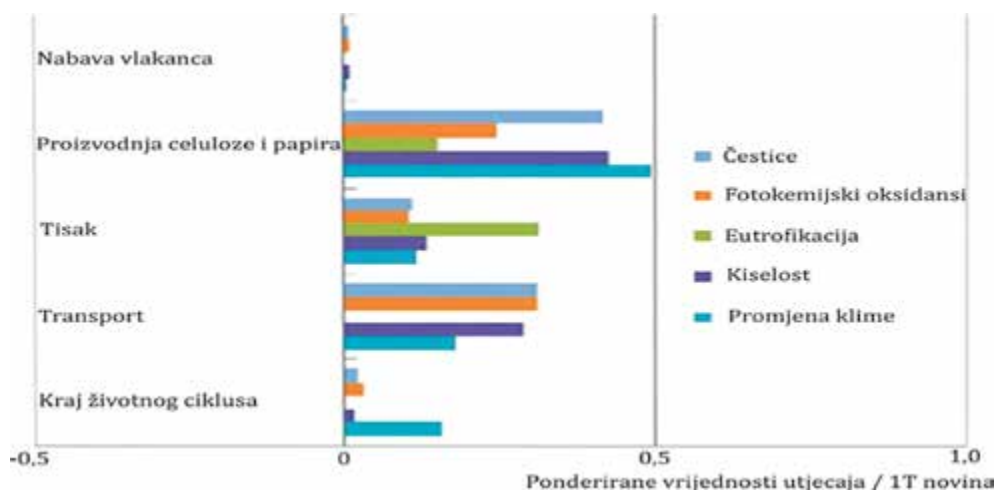
Slika 4 – Kromatske vrijednosti a^* i b^* laboratorijski listova prije i poslije flotacije ofsetnih otisaka s modelnim bojilima na osnovu obnovljive sirovine u ovisnosti o vremenu izlaganja ubrzanom starenju prema standardu ISO 5630-3 (Bolanča 2007)

UV izvora svjetla i izračunati su gubici fluorescentnih optičkih bjelila, prirast svjetline lista, ukupni broj čestica prije i poslije flotacije i efikasnost flotacije za premazane i nepremazane vrste papira (Bolanča, Agić, Bolanča, 2001.; Bolanča Mirković, Bolanča 2008.).



Slika 5 – Laboratorijski listovi načinjeni od vlaknaca nakon dezintegracije: a) ofsetni otisci na premazanom papiru za umjetnički tisak b) ofsetni otisci na nepremazanom ofsetnom papiru (Bolanča, Agić, Bolanča, 2001)

Pihkola i suradnici prikazuju rezultate istraživanja utjecaja na okoliš jedne tone novina i jedne tone časopisa tiskanih coldset ofsetnom tehnikom (Pihkola, Nors, Kujanpää, Helin, Kariniemi, Pajula, Dahlbo, Koskela, 2010.). Novine su otisnute na papiru načinjenom od 100% recikliranih vlaknaca, a časopis je tiskan na papiru od 100% djevičanskih vlaknaca. Na kraju životnog ciklusa za zbrinjavanje su korištene metode kako slijedi: reciklaža za 79% otpadnog papira, odlaganje za 16%, a spaljivanje za preostalih 5%. Utjecaj na okoliš je ponderiran: 1 stanovnik na godinu =1, a rezultati su prikazani na slici 6.



Slika 6 – Rezultati LCIA za jednu tonu novina otisnutih coldset ofsetnom tehnikom tiska (Pihkola, Nors, Kujanpää, Helin, Kariniemi, Pajula, Dahlbo, Koskela, 2010)

Tako ugljikov otisak za jednu tonu otisnutih novina iznosi 750-940 kg CO₂ eq, dok za jednu tonu časopisa iznosi 1140-1350 kg CO₂ eq (Pajula, Nors, Pihkola, 2009.). Najveći utjecaj na ugljikov otisak ima energija potrebna za proizvodnju celuloze i papira te iznosi 43-66% ukupnog ugljikovog otiska (Nors, Pajula, Pihkola, 2009.). Isti autori su utvrdili da na fazu tiska otpada 12-17% plinova staklenika, dok na transport 8-17%. Utjecaj odlaganja iskorištenih otisnutih proizvoda na deponije iznosi 1-21 % od ukupnog ugljikovog otiska.

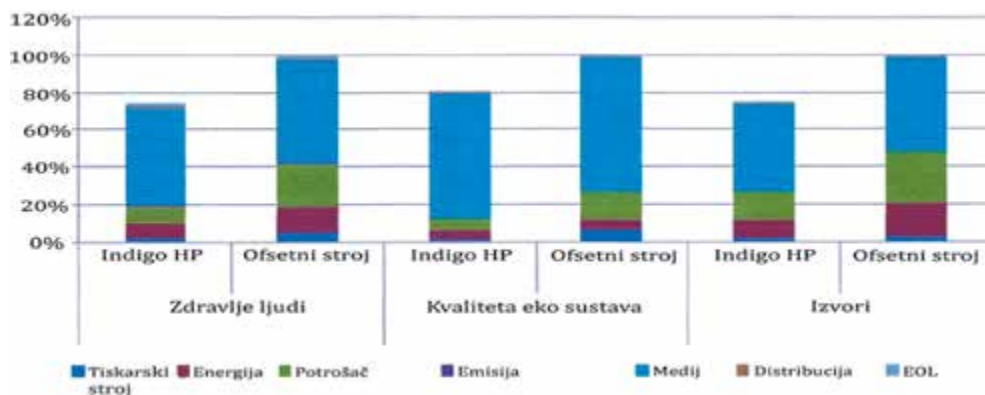
Tablica 1 – Prosječne vrijednosti indikatora okoliša za bakrotisak i ofsetni tisak (Euroth, Johansson, 2006)

	Bakrotisak	Ofsetni tisak
Proizvodnja u tonama	140000	54000
Otpadni papir tone/tone proizvoda	0.21	0.13
Korištena energija kWh/ tone proizvoda	890	610
HOS kg/tona proizvoda	3.0	1.9
Opasni otpad kg/tona proizvoda	3.5	1.1

U tablici je prikazan utjecaj na okoliš određenog dijela životnog ciklusa otisaka bakrotiska i ofsetnog tiska (Euroth, Johansson, 2006.). Hansen i Eggert su utvrdili da je u bakrotisku najznačajnije ishlapljivanje toluena koje doseže i do 272 mg/kg otisnutog grafičkog proizvoda (Hansen, C. Eggert, 2003.). Ishlapljivi organski spojevi mogu se supstituirati drugim ekološko povoljnijim tvarima (AEA group, 2009.). U bakrotisku se koriste uređaji za sakupljanje i povrat otapala u ponovnu proizvodnju, a primjenjuju se i najbolje dostupne tehnologije (EU Reference, 2008.; Rothenberg, S., Toribio, R., Becker, M., 2007.).

Digitalni tisak ide u smjeru održivog razvoja i ekološke održivosti. Ove tehnike tiska u odnosu na konvencionalne imaju prednost u manjem utjecaju na okoliš: brža priprema tiska, nije potrebna priprema ploča i s time povezano upotreba kemikalija, materijala i nastajanje otpada u odnosu na konvencionalni tisak (Bolanča, 1996; Canonico, S. Sellman, Preist, (2009.).

Lasage je usporedio potencijalni utjecaj na okoliš digitalnog stroja Indigo 7000 s podacima za ofsetni stroj (Lesage, 2010.). Usporedba je provedena za određeni otisak: brošura, 8 stranica, četiri boje, pokrivenost 60%, obostrani otisak na sjajnom papiru. Istraživana su dva scenarija; 11,2 sati/dan aktivnog korištenja i 4,5 sata/dan aktivnog korištenja.



Slika 7 – Usporedba utjecaja na okoliš digitalnog tiska (LEP tehnologija) i konvencionalnog tiska (ofset) (Lesage, 2010).

Rezultati na slici prikazuju usporedbu utjecaja na okoliš za klase: zdravlje ljudi, djelovanje na ekosustav i one su za oko 20-25% manje za LEP tehnologiju u odnosu na ofsetni tisak na ekonomskoj graničnoj točki (Lesage, 2010). Ekonomska granična točka predstavlja veličinu rada pri kojoj su potencijalni utjecaj na okoliš po otisku isti za oba stroja. Najmanja razlika utjecaja na kvalitetu okoliša kod te usporedbe je u području djelovanja na eko sustav. Kadam i koautori su utvrdili da stroj HP Indigo 3000 pokazuje ukupno nižu potrošnju resursa, generiranje otpada i eko utjecaj u odnosu na Heidelberg Speedmaster 74 ofsetni stroj pri tisku 500 otisaka (tablica 2) (Kadam, Evans, Rothenberg, 2008.). Najvažniji uzročnik emisije HOS spojeva u digitalnoj LEP tehnologiji je lako hlapivo ulje (isopar) sastojak ElectroInka, dok kod ofsetnog tiska na arke to su obično sredstva za čišćenje stroja. Počevši od stroja HP Indigo 5500 sve nove generacije strojeva imaju ugrađenu tehniku reciklaže otpadnog ulja, koja smanjuje potrošnju za oko 50% (HP eco solution, 2010.).

Razvojem digitalnih tehnologija tiska količina otpadnog papira ubrzano raste. Međutim, pokazalo se da je u procesu deinking flotacije teško odvojiti ElectroInk s vlaknaca zbog karakteristika bojila (Bolanča, Agić, Bauer, 2000.; Carre, Mangin, 2002.; Hladnik, Bolanča Mirković, Bolanča, 2006.). Nove formulacije ElectroInka i promjena kemikalija deinkinga mogu pozitivno djelovati na efikasnost procesa. Macias, i suradnici istraživanjima u pilot postrojenju za reciklažu s uzorkom sastavljenim od 5% otisaka HP Indiga i 95% miješanog otpada rezultiralo je brojem zaostalih čestica nakon reciklaže koji je sličan onom dobivenom iz procesa reciklaže mješovitog uredskog otpada (Macias, Lane, Miller, Belson, Ng, 2010.).

Cilj našeg opsežnog istraživanja bio je utvrditi utjecaj promjene uvjeta u tisku koristeći stroj HP Indigo na mehanizam procesa deinking flotacije, njenu učinkovitost i karakteristike recikliranih vlaknaca (Bolanca Mirkovic, Bolanca 2005.; Bolanca

Tablica 2 – Emisija lako ishlapljivih organskih spojeva za Heidelberg Speedmaster 74 ofsetni stroj i digitalni stroj HP Indigo 3000 (modificirano prema (Kadam, Evans, Rothenberg, 2008).

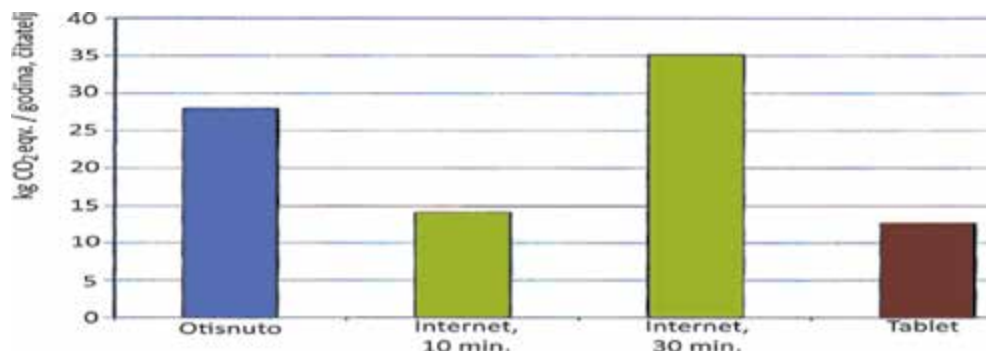
	Speedmaster 74, emisija HOS (g)	HP Indigo 3000, emisija HOS (g)
Bojilo	11,92	12,82
Agensi za PEP	-	0,196
Isopar	-	17,43
Tekućina za vlaženje	93,17	-
Tekućina za oslojavanje	13,8	-
Tekućina za izradu ploča	108,95	-
Sredstvo za čišćenje uz korištenje krpa	412,21	-
Sredstvo za čišćenje bez korištenja krpa	37,10	-
Ukupno	677	3,45

Mirkovic, Majnaric, Bolanca, Grgasović, 2009.; Bolanca Mirkovic, Majnaric, Bolanča 2012.; Bolanača Mirković, Bolanca, Majnaric, 2014.; Bolanča Mirković, Vučkoje, Majnarić, Bolanča, 2015.). Istraživana su izvođenja u uvjetima promjene napona razvijaačkog bubnja, povratnih valjaka, istisnog valjka, intermedijarnog cilindra, promjene gustoće bojila i promjene temperatura intermedijarnog cilindra. Tijekom eksperimenta samo jedna komponenta je varirana, a ostale su konstantne definirane kalibracijom.

3. Potreba razvoja i mogućnosti

Održive alternative za novine dostupne su već dugo vremena. Kada se koristi e-papir umjesto otisaka izbjegava se papirna tiskovna podloga, tisak i fizička distribucija. Osim toga, korištenje papira značajno utječe na globalno zagrijavanje (Counsell, Allwood, 2006.). Cilj istraživanja Deetman i Odegard je utvrditi globalni potencijal zagrijavanja (GWP) iRex čitača i uredskog pisača na osnovi LCA (Deetman, Odegard, 2006.). U studiji je korištena funkcionalna jedinica - jednogodišnja potrošnja papira. Za istraživanje je upotrijebljen premazani papir i bezdrveni nepremazani papir. Globalni potencijal zagrijavanja (GWP/CO₂) za oba scenarija je iznosio 17, dok je GWP za ispis s manjim brojem araka manji u odnosu na iRex čitač i daleko veći s povećanje naklade (premazani papir: 2000 araka= 11,7, 12.480

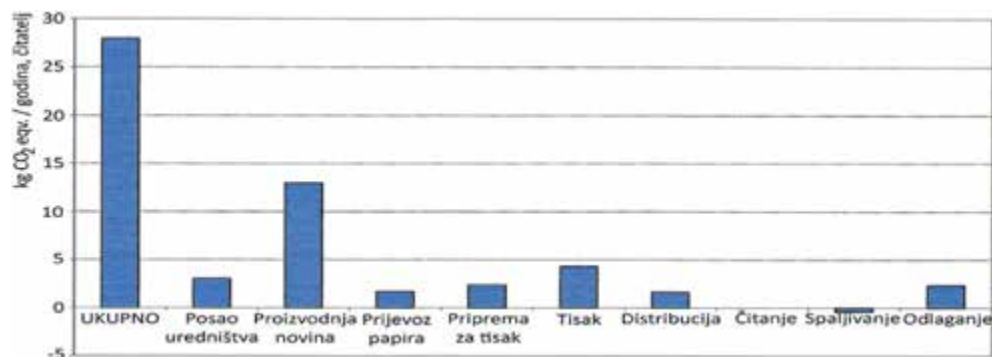
araka= 67,8; nepremazani papir: 2000 araka= 7,42, 12.480 araka= 42,2) (Deetman, Odegard, 2006.). Moberg i koautori su zaključili da čitanje novina na webu ima najveći utjecaj na GWP, i to 35 kg CO₂ godišnje po čitatelju, a tiskane novine uzrokuju 28 kg CO₂ godišnje po čitatelju, dok upotreba weba i tableta u vremenu od 10 min. dovodi do manjeg utjecaja na okoliš od tiskanih novina (slika 8) (Moberg, Johansson, Finnveden, Jonsson, 2007.).



Slika 8 – Globalni potencijal zagrijavanja za otisnute novine, web I tablet (Moberg, Johansson, Finnveden, Jonsson, 2007).

Ukupni GWP za čitanje novina na webu bez ispisa iznosi 14 kg CO₂ godišnje po čitatelju, od toga 8 kg se odnosi na čitanje na ekranu, zatim slijedi posao uredništva s 3,8 kg CO₂ godišnje po čitatelju (Moberg, Johansson, Finnveden, Jonsson, 2007.). U slučaju korištenja ispisa GWP se povećava na 18,5 kg CO₂ godišnje po čitatelju, a povećanje uzrokuju faze ciklusa vezane uz papir.

Analizom životnog ciklusa korištenja tableta proizlazi da se slični ukupni GWP dobiva i kod čitanja na webu, a u ovom slučaju proizvodnja tableta ima GWP 9,3kg



Slika 9 – Globalni potencijal zagrijavanja, faze životnog ciklusa novina na webu bez ispisa (Moberg, Johansson, Finnveden, Jonsson, 2007)

CO₂ godišnje po čitatelju i posao uredništva je oko 3 CO₂ godišnje po čitatelju, dok su ostale faze gotovo bez utjecaja (Moberg, Johansson, Finnveden, Jonsson, 2007.).

Općenito se može zaključiti da su ekološke prednosti tiskanih medija kako slijedi: na bazi su prirodnih i obnovljivih materijala, lako se recikliraju i ne troše energiju kod korištenja. Prednosti digitalnih medija su u tome što nema fizičkog distribuiranja, lako se transformiraju i ažuriraju i koriste više funkcionalni uređaj. Nedostaci tiskanih medija su: utrošak energija za proizvodnju papira i tisak, otpad i emisija HOS spojeva, a nedostaci digitalnih medija su: proizvodnja i korištenje uređaja za prijenos podataka, korištenje ne obnovljivih materijala i e-otpada. Eko dizajn smanjuje utjecaj na okoliš tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda i baziran je na postavkama LCA. Korist eko dizajna može biti smanjenje materijala i energetska učinkovitost te povećanje znanja.

Tiskani i digitalni mediji, kao što je navedeno, imaju određene prednosti, ali postoji i potreba za većom održivosti što bi se moglo postići uz pomoć alata kao što su: eko dizajn i eko etiketiranje te procjena životnog ciklusa proizvoda.

Elektronska tinta može doprinijeti većoj ekološkoj održivosti u odnosu na tiskanu knjigu ili neki drugi proizvod od papira. Tiskana knjiga kroz životni ciklus emitira četiri puta više stakleničkih plinova, a potrošnja vode je veća za tri puta u odnosu na e-čitač (Song, 2009.). Osim toga, elektronski čitači koriste manje energije što im daje prednost u kontekstu održivosti u odnosu na papirnati proizvod (Rodriguez Fernandez, Zalama Casanova, Gonzales Alonso, 2015.). Međutim, postoje i kritike zaslona na uređajima s elektronskim tintama. Smatra se da su manje osjetljivi na korisnički unos od LCD zaslona, funkcija ažuriranja može biti sporija, a i funkcije na nekim uređajima su ograničene (Mehong, 2017.).

Elektronski papir je obećavajuća tehnologija za aplikacije koje trebaju rijetko ažuriranje slike. Tehnologije zaslona moraju se razvijati dovoljno brzo da bi zadržale korak napredovanjem u drugim područjima. Razvoj treba biti sa ciljem poboljšanja svjetline, kontrasta, kvalitete slike s naglaskom na nisku potrošnju energije.

Tehnika koja nudi održiva rješenja je 3D tisak. Ta tehnika zadovoljava potrebe za personalizacijom, nema vidljivog otpada, nema ambalaže, skladišta i trgovačkih centara. Međutim, procjena životnog ciklusa upozorava na činjenicu da određene vrste 3D printera zapravo daju mnogo otpadnog materijala. Primjer je 3D ink jet pisač koji daje 45 % otpadne polimerne tinte (Faludi, J., Generiwala, R., Kelly, B., Rygg, T., F., Yang, C., 2014.). S obzirom na to da 3D tisak postaje sve značajniji, važno je utvrditi ekološki aspekt u kontekstu održivosti materijala. Utvrđeno je da PLA bioplasika ima manji učinak na okoliš od ABS (Faludi, Hu, Abrashed, Braunholz, Kaul, Kassaye, 2015.). Prema citiranim autorima jedan od 3D pisaača može smanjiti učinak na okoliš prema ReCiPe endpoint H za 1/35 od najvećeg utjecaja pisaača i materijala na maksimumu iskoristivosti. 3D tisak podržava održivost i mogao bi biti tehnika budućnosti uz daljnji inovativni održivi razvoj.

4. Zaključci i preporuke

Može se zaključiti da tiskani i digitalni mediji imaju ekološke nedostatke, ali i prednosti. Digitalni mediji imaju prednost što koriste multi funkcionalne uređaje, sadržaj se lakše transformira i ažurira te nije potrebna fizička distribucija, dok tiskani materijali mogu biti načinjeni od prirodnih obnovljivih materijala, uglavnom se lako recikliraju i pri korištenju nije potrebna energija. Tiskani i digitalni mediji mogu biti ekološki održiviji uz pomoć alata kao što su: LCA prema konceptu „od kolijevke do kolijevke“, eko dizajna i eko etiketiranja. Prednost ekološkog dizajniranja su: ušteda materijala; izbor materijala (obnovljive sirovine) i reciklirani materijali; čišće tehnologije, najbolje dostupne tehnologije; proizvodi s više funkcija; optimalni životni vijek proizvoda; poticaj za inovacije i kreativnost i zadovoljstvo potrošača.

Tehnologije mijenjaju način na koji čitamo pa se tiskani materijal zamjenjuje s elektroničkim. Obecavajuće su održive prednosti e-papira kao alternative postojećoj zelenoj tiskarskoj praksi. Izgleda da proizvodnja e-čitača ima određeni utjecaj na okoliš.

3D ispis podržava održivost i možda će biti tehnika budućnosti. Međutim, kada se promatra ekološka problematika, treba to raditi kompleksno i biti oprezan pri procjeni. Kod procjene učinka na okoliš mora se biti pažljiv i potrebni su pravi i vjerodostojni podatci o svakom novom načinu proizvodnje ili održivo rješenje da bi se mogle koristiti pouzdane metode za uspoređivanje i utvrđivanje utjecaja na okoliš.

Tehnološki razvoj zahtijevat će novi pristup i inovativne ideje, a zapaženu ulogu imat će ekološka održivost. Nova istraživanja i nova područja primjene važna su da bi se zadovoljile promjenjive potrebe društva. Te promjene zahtijevat će transformaciju proizvodnje, poslovanja i paradigme tvrtki. Integracija upravljanja učinkom održivosti u ukupno korisno poslovno planiranje je važan aspekt koji treba riješiti jer učinkovitost upravljanja ovisi o vezi između menadžmenta sustava i strateških odluka.

Literatura

- ISO 14040 (2006) Environment management - Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines, Geneva.
- Bolanča Z. (1999) Materijali za predavanja na kolegiju Industrija i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb
- Bolanča, Z., (1998). Utjecaj ofsetnog tiska na okoliš, Acta Graphica 10(4)1998 pp. 179-181
- Bolanča, Z., Dragojević D., (1998), Pollutants in Waste Waters in Offset Printing Prepress, Proceedings of the 15th International Conference on Graphic Arts, Zagreb, pp. 201- 206

- Bolanča, Z., (1999). Ekološki aspekt CTP tehnologije, *Acta Graphica* 11(4), pp. 193-197.
- Zarwan, J., (2009). The environmental impact of a printing plate. Izvor: <http://www.jzarwan.com/pubs/environmentalplate.pdf> (Datum zadnjeg pristupa: 3. ožujka 2017)
- Lancey, S., (2008). CTP technology in a small offset printer. <http://www.newruoa.org/webconference/ctp/ctptechnologyinasmalloffsetprinter.pdf> (Datum zadnjeg pristupa: 3. ožujka 2017)
- Bolanča, Z., (1996). Ekološki aspekt nekih boja za ofsetni tisak, *Acta Graphica* 8(1) 39- 41
- Bolanča, I., (2007). Ekološko povoljnije ofsetne boje i mehanizmi deinkinga otisaka. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet, Zagreb
- Bolanča, Z. (1993) Adsorpcijsko-membranski postupci pročišćavanja zraka, *Acta Graphica* 5(4) (1993) pp. 247-251
- Robias R., (2015) Green ink in all color- Printings ink from renewable resources. *Progress in Organic Coatings* 78(2015)187-272.
- Bolanča, Z., (1998). Ekološki aspekt tiskarskih boja koje suše UV zračenjem kao i onih koje suše pomoću snopa elektrona, *Acta Graphica* 10(1) (1998) pp. 35-38
- Prissel, B.,(2007) Ultraviolet/electron beam inks. <http://www.uwstouedu/content/2007/pdf> (Datum zadnjeg pristupa: 3. ožujka , 2017)
- Popilloud S., Baudraz D., (2002). Analysis of food packaging UV inks for chemicals with potential to migrate into food simlutions. *Food. Addit. Contam.* 19(2)(2002) 168-175
- Castle L., Damant A., Honeybone S., Johaus H., Jickels S., Sharman M., Gillbert J., (2007) Migration studies from paper and bord food packaging materials. Part 2 Survey for residuals of dialkilaminobenzofenon UV cure ink photoinitiator. *Food. Addit. Contam.* 14(1)(2007) pp. 45-52
- Bolanča, Z., (1995). Reciklaža otopine za vlaženje, *Acta Graphica* 7(2) (1995) pp. 114-118
- Bolanča, Z., Belošić, D., Habuš, Z., (1997.) Ecobalance of Alcohol Wetting in Weboffset. *Proceedings of 24th International Research Conference IARIGAI, Bristow A.J. (Ed) London, 11-17.*
- Bolanča, Z. (1998). Ekološka podobnost sredstava za pranje tiskarskih strojeva, *Acta Graphica* 10(3) (1998) pp. 129-132
- Radanović, B., Bolanča Z. (1996), Noise of the Offset Printing Machines, 14th International Scientific Symposium, *Intergraphica*, Zagreb
- Dalhielm, R., Axelsson, U., (1996),. Life cycle analyse for graphic production. *Tehnik Rapport*, 4., 95-116,
- Axel Springer Verlag AG,Stora and canfor, (1998.). *LCA Graphic paper and print products*.INFRAS, Zürich
- INFRAS, (1998.). A life cycle assesment of the production of a daily newspaper and a weekly magazine. A project of Axel Springer Verlag, Zürich.
- Refenburg, C., Mayer, E., (1998), Life cycle analysis of the Le Monde, *International Journal of LCA*, 3(3)1998, pp. 113-123
- Larsen, H., F., Hanschild, M. & Hausen M., S., (2008). Ecolabeling of printed matter. In *Green Graphic Design*, B. Dougherty, Allworth Press.. New York .
- Bolanča, Z., Bolanča I., (2004). The Characteristics of Recycled Fibers in the Function of the Natural and Accelerated Ageing of Prints, *International Recycling Symposium, Rhodos*, pp. 132-138
- Bolanča, Z., (2001) The Influence of Printing Materials and Printing Techniques on the Efficiency of the Paper Recycling Process, *Annual of the Croatian Academy of Engineering*, D. Aničić (Ed), Croatian Academy of Engineering, Zagreb, pp. 83-88
- Bolanča, I., Bolanča, Z., (2005). Influence of Offset Inks Composition on Process Recycling of the Waste Paper. Chapter in: *Waste Management and Environment*, Lekkas T., D., (Ed) Wit Press, Boston.
- Bolanča Mirković I., Bolanča Z., (2007). Influence of the Renewable Raw Material in Offset Inks on the Characteristics of the Recycled Fibres, *Proceedings of the 6th International Congress Valorisation and Recycling of Industrial waste*, Pelino M. (ed.) L' Aquila, 2007 pp. 57-62

- Bolanča, Z., Agić, D., Bolanča, I., (2001), The Influence of Substrate on Characteristics of Recycled Fibers, Proceedings of the 12th International DAAAM Symposium, Jena, (2001), pp. 31-34
- Bolanča Mirković, I., Bolanča, Z., (2008). Paper Kinds and the Effectiveness of the Phases of the Prints Recycling Process. Chapter in DAAAM International Scientific Book 2008, Katalinić, Branko (Ed.). Vienna, Austria: DAAAM International, Viena. pp.111-124
- Pihkola, H., Nors, M., Kujanpää, M., Helin T., Kariniemi, M., Pajula T., Dahlbo H., Koskela S., (2010). Carbon footprint and environmental impacts of print products from cradle to grave, Edita Prima Oy, Helsinki.
- Pajula, T., Nors, M., Pihkola, H., (2009). Challenges in carbon footprint calculation and interpretation - Case Magazine. 36th IARIGAI Conference, Stockholm, September, 2009
- Nors, M., Pajula, T., Pihkola, H., (2009). Calculating the carbon footprints of a Finish newspaper and magazine from cradle to grave. In Koukkari and Nors (Eds.) Life Cycle Assessment of Products and Technologies LCA Symposium VTT, Espoo, 2009 pp. 54-65
- Euroth, M., Johansson, M., (2006). Environmental data on gravure and offset printing. Acta Graphica, 18(4)(2006) pp. 1-10
- Hansen, O., C., Eggert, T., (2003). Survey emission and evaluation of volatile organic chemicals in printed matter. Danish Environmental Protection Agency, Survey no 36
- EU Direktive (2008). Document on Best Available Techniques on Surface Treatment Using Organic Solvents, European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau, Seville
- Rothenberg, S., Toribio, R., Becker, M., (2007). Environmental management in lithographic printing, A Research Monograph of the Printing Industry Center at RIT No PICRH 2002- 07, Rochester Institute of Technology, Rochester
- AEA group, (2009) Guidance on VOC Substitution and Reduction for Activities Covered by the VOC Solvents Emissions Directive, Directive 1999/13/EC, European Commission
- Bolanča, Z., (1996) Ekološki aspekt elektronički upravljanih tehnika tiska, Acta Graphica 8(2)(1996) pp. 91-93
- Canonico, S., Sellman, R., Preist, C. (2009): Reducing the greenhouse gas emissions of commercial print with digital technologies. International Symposium on Sustainable Systems and Technology, ISSST '09. IEEE
- Lesage P., (2010). Comparative life cycle assessment of marketing collateral printing. Comparing Potential environmental impacts of printing on a Hewlett Packard Indigo7000 and a specific competitive sheetfed offset press, Sylvatica
- HP ecosolution, (2010). HP Indigo digital presses. Printing with the environmental in mind. 2AA2-8314ENN, www.hp.com/go/graphicarts (Datum zadnjeg pristupa: 4. ožujak 2017.)
- Kadam, S., Evans, M., A., Rothenberg, S., (2008). A comparative study of the environmental aspects of lithographic and digital printing processes, A Research Monograph of the Printing Industry Center at RIT No PICRM 2005-01, Rochester Institute of Technology, Rochester
- Bolanča, Z., Agić, D., Bauer, K., (2000). Recycling of the Digital Prints, Advances in Digital Printing. IARIGAI Conference, Montreal A. J. Bristow (Ed), PIRA International Ltd, Surrey. pp.1-5
- Carre, B., Mangin L. (2002) Digital printing - a threat to the deinking industry? PTS-CTP Symposium, Bordeaux, (2002) pp.7-15
- Hladnik A., Bolanča Mirković I., Bolanča Z., Characteristic of Recycled Fibres from Digital Prints Using Solid and Liquid toner, Proceedings of the 2nd International Symposium on Novelities in Graphics, Možina K., (Ed), Ljubljana, (2006). pp. 65-70
- Macias, M., Lane, G., Miller, N., Belson, J., Ng, H.T., (2010) Deinking of HP commercial prints. Proceedings of PaperCon, Atlanta, <http://www.hpl.hp.com> (Datum zadnjeg pristupa 4. ožujka 2014.)
- Bolanca Mirkovic, Z. Bolanca, (2005) Optical properties of deinked pulp. J. Imaging Sci.Tech., 49(3) (2005) pp.284-292

- Bolanca Mirkovic, I., Majnaric, Z., Bolanca, A., Grgasović, (2009) Recycling of waste paper with different density of liquid toner. Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium, Katalinić B. Ed. DAAAM International Vienna, 2009, pp. 1411-1412
- Bolanca Mirkovic, I., Majnaric, I., Bolanča, S., (2012) Recycling optimisation of the electrophotographic prints. Proceedings of the 8th International Conference of DAAAM, Otto, T., (Ed.), Baltic Industrial Engineering, Tallinn, 2012, pp. 119-124
- Bolanca Mirkovic, I., Bolanca, Z., Majnaric I., (2014) Prints recycling in function of the press conditions and substrate characteristics. *Procedia Engineering*, 69(2014) pp.150-157 Bolanča Mirković, I., Vukoje, M., Majnaric, I., Bolanča, Z.(2015). Prints recycling of LEP technology in the function of voltage change of developing drum and squeegee roller. International conference on materials and tribology, MATRIB , Vela Luka 2015, pp.1-13
- Counsell, T., Allwoord, J.,H., Reducing climate change gas emissions by cutting out stages in the life cycle of office paper (2006)
- Deetman S., Odegard I., (2009), Scanning life cycle assessment of printed and e-paper document based on the iRex digital reader. CML, Leiden University, Leiden
- Moberg, A., Johansson, M., Finnveden, G., Jonsson A., (2007). Screening environmental life cycle assessment of printed, web based and tablet e-paper newspaper, Reports from the KTH Centre for Sustainable Communications, Stockholm
- Song V. (2009). Electronic Ink: Paperless Display Technology Saves Trees and the -Environment. Toronto Sun. <http://www.torontosun.com/life/greenplanet.html> .(Datum zadnjeg pristupa:14.3. 2017)
- Mehong, V., (2017) Current uses of electronics ink, *Illumin* 17(3) 2017
- Faludi, J., Generiwala, R., Kelly, B., Rygg, T., F., Yang, C., (2014) Sustainability of 3D printing vs. Machining: Do machine type and size matter? *Ecobalance* 2014, Tsububa, Japan
- Faludi, J., Hu, Z., Abrashed, S., Braunholz, I., Kaul, S., Kassaye, L., (2015). Does material choice drive sustainability of 3D printing? *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 9(2) 2015 pp.216-223

Development and Ecological Sustainability in the Field of Graphic Technology

Bolanča Zdenka¹, Bolanča Mirković Ivana²

¹Croatian Academy of Engineering, HATZ; zdenka.bolanca@grf.hr

²Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

The purpose of this paper is to present the environmental aspect of graphic technology, based on relevant literature and the results of personal research, with a focus on historical development, new technologies, environmental sustainability tools, and future technologies. Environmental sustainability is observed through the prism of eco design, cleaner technologies, advanced materials, closed loops and the flow of energy and materials. The results indicate that the print and digital media can be more environmentally sustainable with help of tools such as: LCA based on the “cradle-to-cradle” concept of eco-design and eco-labelling. The sustainable advantages of e-paper display are promising as an alternative to existing green printing practices. 3D printing supports sustainability, it could become the technology of the future; however, when considering environmental issues, this requires a complex approach and cautious assessment. The integration of sustainability management with overall useful business planning is a vital aspect that needs to be resolved, as the efficiency of management depends on the link between system management and strategic decisions.

Key words:

graphic technology, environmental sustainability, advanced materials, future technologies

Uloga tehničkih znanosti u razvoju električnih strojeva

Car Stjepan¹, Elez Ante²

¹scar@koncar-institut.hr

²KONČAR – Generatori i motori, d.d. aelez@koncar-gim.hr

Nezamisliv je danas svijet bez korištenja okretnog magnetskog polja čije je nastajanje osmislio *Nikola Tesla* još davne 1887. a služi za pretvorbu mehaničke energije u električnu i obratno. Zahvaljujući nastavku rada niza naših znanstvenika kao i mnogobrojnih inženjera i inovatora u proizvodnji, u Hrvatskoj je nastala uspješna industrija transformatora i rotacijskih strojeva koja danas posluje na globalnom tržištu.

Za daljnji održivi razvoj električnih strojeva potrebna su daljnja interdisciplinarna znanstvena istraživanja, prije svega iz polja tehničkih znanosti: elektrotehnike, strojarstva, kemijskog inženjerstva i računarstva, ali i iz znanosti o okolišu kao i iz polja društvenih znanosti: ekonomije, dizajna i projektnog menadžmenta. Korištenje novih materijala i novih tehnologija te optimiranje strojeva po troškovima u cijelom životnom vijeku kao i primjena industrijske elektronike, informacijske i komunikacijske tehnologije i senzoričke u sekundarnoj opremi za upravljanje i nadzor strojeva, a sve uz prihvatljiv utjecaj na okoliš, uvjeti su za njihov daljnji održivi razvoj. Sve to ne bi bilo moguće postići bez istraživanja, matematičkog modeliranja spregnutih pojava i tehničko tehnološkog i troškovnog optimiranja uz korištenje modernih računalnih i simulacijskih alata.

Historijski pregled razvoja električnih strojeva i njihova današnja prisutnost na globalnom tržištu, garancija su mogućnosti za njihov daljnji razvoj prema zahtjevima održivosti, a prije svega zahtjevima pametne specijalizacije i niskouglijične strategije koju namjerava provesti Hrvatska. Kao što je i dosadašnji razvoj strojeva bio usko povezan sa znanošću, tako ni daljnji razvoj je nezamisliv bez primjene novih znanstvenih spoznaja i tehnoloških dostignuća uz interdisciplinarnost i blisku povezanost s proizvodnjom strojeva, tržištem i brigom za okoliš.

Ključne riječi:

električni strojevi, elektroindustrija, industrijska istraživanja i eksperimentalni razvoj, ekološki dizajn, novi materijali i nanotehnologija u električnim strojevima, dijagnostika i monitoring

1. Uvod

Kohezijska politika Europske komisije ima cilj smanjiti razlike između regija i osigurati razvoj cijeloj Europi. Glavni alat za provođenje takve politike su strukturni fondovi. Zato je Europska komisija napravila Strategiju istraživanja i inovacija za pametnu specijalizaciju (RIS3).

Platforma pametne specijalizacije (S3P) je inovativni koncept Europske komisije gospodarskog razvoja i prosperiteta regija, koristeći javno financiranje za istraživanje i inovacije sa ciljem razvijanja njihovih prednosti uz primjenu odgovarajućih specijalizacija [1].

Tematska područja EU platforme su:

- poljoprivreda i hrana,
- energetika i
- modernizacija industrije.

U svibnju 2015. Europska komisija objavila je platformu Europske pametne specijalizacije za energetiku kao podlogu za financiranje razvoja održive energetike regija i država EU, bazirane na primjeni niskougličnih tehnologija. Platforma ima cilj poticati gospodarski rast, osiguravajući održivu, konkurentnu i sigurnu opskrbu energijom.

Platforma pametne specijalizacije za modernizaciju industrije je alat za kombiniranje specijalizacije i međuregionalne kooperacije kao poticaj razvoju industrijske konkurentnosti i inovacija. Sve regije EU sa svojim klasterima i industrijskim partnerima pozvane su da se uključe u inicijativu, koristeći prednosti platforme za vlastiti razvoj.

Prema kohezijskoj politici investira se u četiri ključna područja:

- Inovacije i istraživanje,
- Digitalnu agendu,
- Podršku poslovanju malih i srednjih poduzeća i
- Niskouglično gospodarstvo.

Niskouglično gospodarstvo podrazumijeva pak provođenje projekata energetske učinkovitosti, primjenu obnovljivih izvora energije, izgradnju održivog gradskog prometa kao i provođenje istraživanja i stvaranje inovacija.

2. Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske 2016. – 2020.

U skladu s kohezijskom politikom Europske komisije i platforme pametne specijalizacije, Vlada Republike Hrvatske usvojila je u ožujku 2016. Strategiju pametne specijalizacije (S3) za razdoblje 2016.-2020. kao i Akcijski plan za njenu provedbu [2]. Strategija je prepoznala pet tematskih prioritetnih područja, slika 1, od kojih su područja:

- Energija i održivi okoliš
 - Energetske tehnologije, sustavi i oprema,
 - Ekološki prihvatljive tehnologije, oprema i novi materijali i
- Promet i mobilnost
 - Proizvodnja dijelova i sustava visoke dodatne vrijednosti za cestovna i željeznička vozila,
 - Ekološki prihvatljiva prometna rješenja i
 - Inteligentni transportni sustavi i logistika,

prilika za novi razvojni iskorak elektroindustrije u Hrvatskoj što je prepoznato i u analizi postojeće industrije i njene strategije razvoja [3], kao perspektivni dio gospodarstva koji ima sve preduvjete za svoj daljnji razvoj.

U gore spomenutim tematskim područjima navedene su i prioritetne teme koje su od posebnog značaja za daljnji razvoj električnih strojeva (transformatora i rotacijskih strojeva) i opreme vezane uz njih. To su prije svega:



Slika 1 – Prioritetna tematska područja (TPP) Strategije pametne specijalizacije (S3) [2]

- Razvoj nove i poboljšanje postojeće primarne i sekundarne opreme za elektroenergetske sustave (primarna oprema: turbine, generatori, motori, transformatori, sklopke, dalekovodi i kabeli te sekundarna oprema: upravljanje, mjerenje, zaštita, nadzor i vođenje),
- Tehnologije i rješenja vezana za smanjenje potrošnje resursa i otpada,
- Optimiranje korištenja resursa uključenjem novih i naprednih materijala ,
- Nove tehnologije i poboljšanja vezana za elektrane, trafostanice, komponente i sustave vezane za obnovljive izvore energije,
- Dijagnostika i bolje upravljanje energetsom opremom i
- Napredni tramvaji i vlakovi kao i njihovi dijelovi.

Navedene teme vrlo je teško rješavati bez uključenja spoznaja tuđih i vlastitih primijenjenih istraživanja odnosno uključenja akademske zajednice i istraživačko razvojnih instituta.

Napominje se da prema novoj terminologiji primijenjeno istraživanje uključuje teoretski i eksperimentalni rad koji se provodi u svrhu stjecanja novog znanja, a koje je prvenstveno usmjereno na primjenu. Ono uključuje:

- a) industrijsko istraživanje i
- b) eksperimentalni razvoj.

Dok industrijsko istraživanje ima za cilj stjecanje novih znanja i vještina za razvoj novih proizvoda, procesa ili usluga odnosno za njihovo poboljšanje, eksperimentalni razvoj usmjeren je na stjecanje, kombiniranje, oblikovanje i uporabu postojećih znanstvenih, tehnoloških, poslovnih i ostalih znanja i vještina u cilju razvoja novih i inoviranih proizvoda, procesa ili usluga [2].

3. Povijest elektroindustrije Hrvatske i temelji za daljnji razvoj

3.1. Počeci učenja elektrotehnike

Kao što je u [4] prikazano, Hrvatska ima respektabilnu povijest elektroindustrije kao i povezanost s akademskom zajednicom koja seže još od početka 20. stoljeća. Naš najveći promotor prirodnih znanosti krajem 19. i početkom 20. stoljeća na području elektrotehnike bio je dr. Oton Kučera (1857.-1931.), koji je napisao niz knjiga od kojih je najpopularnija bila *Crte o magnetizmu i elektricitetu* objavljena 1891. U jednom od svojih članaka u *Vijencu* 1902. osvrnuo se na izum telegrafa američkog fizičara S. F. B. Morse (1791.-1872.), izum bežične telegrafije talijan-

skog inženjera G. Marconija (1874.-1937.) i pokuse Nikole Tesle (1856.-1943.) u Americi riječima:

„Blago narodima u kojima se dovoljan broj talentiranih sinova njihovih za vremena naoruža nužnim znanjem prirodne nauke, kako bi se s drugim narodima plemenito mogli natjecati za lovor! Njihova je budućnost, makar bili danas i maleni.“



Slika 2 – Model stroja kojim je Nikola Tesla na Svjetskoj izložbi u Chicagu 1893. demonstrirao okretno magnetsko polje [7]

O intenzivnom djelovanju na području elektrotehnike najznačajnije mjesto u svijetu svakako zauzima slavni Nikola Tesla, istraživač, izumitelj, znanstvenik i vizionar, rođen u Smiljanu, koji je završio Kraljevsku veliku realku u Rakovcu, otišao na studij u Graz, a zatim u Ameriku gdje je patentirao više od 700 izuma iz područja izmjeničnih struja i bežičnog prijenosa električne energije. Njegovi višefazni sustavi i okretno magnetsko polje značili su u ono vrijeme tehnički i tehnološki skok u pretvorbi i prijenosu električne energije s istosmjernih struja na izmjenične, a na čijim načelima radi i današnji globalni elektroenergetski sustav. Prilikom svečanog puštanja u rad HE Niagare 1896. godine s Teslinim višefaznim generatorima, profesor dr. Charles Scott sa sveučilišta Yale rekao je:

„Razvitak električne energije od Faradayeva otkrića 1831. pa do prve velike instalacije Teslina višefaznog sustava 1896. godine, neosporno je najveći događaj u čitavoj povijesti tehnike.“

Ne smije se zaboraviti da je Teslino okretno magnetsko polje najefikasniji način elektromehaničke pretvorbe energije i ima danas ogromni gospodarski značaj u kojem je i hrvatska elektroindustrija zauzela svoje mjesto.

3.2. Počeci elektroindustrije

Počeci proizvodnje i uporabe električne energije u Hrvatskoj sežu od davne 1877. kada je uvedena ulična rasvjeta u Zagrebu s pomoću lučica napajanih iz baterija. Vrlo brzo uslijedila je i primjena izmjeničnih struja koju su promovirali proizvođači opreme, nudeći tržištu svoja, tada nova tehnička rješenja. Prva termoelektrana izgrađena je 1892. u Rijeci s jednofaznim generatorima, a 1895. prva hidroelektrana na Krki kod Šibenika s dvofaznim generatorom 320 kVA, 3000 V, 42 Hz, 4 mjeseca nakon što je pušten u pogon prvi Teslin višefazni generator u HE Niagare. U to vrijeme na hrvatskom su tržištu prisutne elektrotehničke tvrtke: GANZ & Co iz Budimpešte, SIEMENS Schuckert Werke i ELIN iz Beča, AEG i TELEFUNKEN iz Njemačke, ASEA i VARTA iz Švedske, BBC iz Švicarske, ŠKODA iz Praga i MARCONI iz Italije, ali i mnoge druge. Njihove servisne radionice pomalo su prerastale u proizvodnje, ali pojavili su se i domaći poduzetnici kao npr. PASPA za proizvodnju baterija i svjetiljki.

Dana 19. kolovoza 1919. u Zagrebu je upisana u trgovački registar za društvene tvrtke ELEKTRA, društvo za elektrotehničku i strojarsku industriju čiji su vlasnici bila dva inženjera iz Zagreba. Tvrtka je postala i zastupnik bečke tvrtke SIEMENS Schuckert Werke AG koja je 1921. ušla u vlasništvo ELEKTRE te je nastavila poslovanje pod imenom Jugoslavensko Siemens d.d. Tvrtkom se upravljalo iz Beča a 1927. u njoj se zaposlio ing. Antom Dolenc koji je već 1930. uveo za izradu namota motora lakiranu žicu, umjesto žice izolirane pamukom, kao posve novu tehnologiju u proizvodnji motora. Ubrzo su uslijedile i druge tehničke i tehnološke inovacije, a sve kao rezultat vlastitih industrijskih istraživanja i eksperimentalnog rada u tadašnjoj tvorničkoj ispitnoj stanici. Već 1932. ing. Dolenc je imenovan upraviteљem, a tri godine kasnije tvrtka je prešla u nadležnost centrale SIEMENSA u Berlinu. Njen proizvodni program se postepeno širio da bi 1939. obuhvaćao: elektromotore snage do 30 KS, transformatore snage do 5 kVA, potporne izolatore, uljne sklopke, rastavljače, bojlere, grijača tijela za glačala, električna brojila i telefone.

Poduzeće je radilo za vrijeme Drugog svjetskog rata da bi početkom 1947. imovina tvrtke bila nacionalizirana te zajedno s tvrtkom NORIS osnovano je novo poduzeće RADE KONČAR za proizvodnju: električnih strojeva, transformatora, uklopnih uređaja i telefona u državnom vlasništvu. Poduzeće je bilo od državnog značaja za proizvodnju opreme za elektrifikaciju i industrijalizaciju Jugoslavije.

Stalno povećanje proizvodnje dovelo je do potrebe izlaska na vanjska tržišta što se dogodilo već 1953. simboličnim izvozom elektromotora da bi izvoz postepeno rastao tako da je 1961. iznosio 2 mil.USD, a već 1975. narastao je na 46 mil.USD. Bio je to izvoz ponajprije elektroenergetske opreme.

Suočeni s jakom konkurencijom i potrebom efikasnijeg razvoja, poduzeće je 1961. osnovalo vlastiti istraživačko razvojni centar Elektrotehnički institut RADE KONČAR, ustanovu u kojoj su bili objedinjeni mnogobrojni tvornički laboratoriji i dio tehničkog kadra sklonog razvoju novih proizvoda i inoviranju postojećih kao i uvođenju poboljšanih i novih tehnologija.

3.3. Stvaranje industrije i uključenost akademske zajednice

Povezanost KONČARA i njegovog INSTITUTA s akademskom zajednicom, a posebno s Elektrotehničkim fakultetom, danas Fakultetom elektrotehnike i računarstva (FER), bila je vrlo jaka koja je iznjedrila: 2 akademika, 6 dekana i 20 sveučilišnih profesora, a 24 končarevca sudjelovala su u sveučilišnoj nastavi. U KONČARU je izrađeno 59 doktorata od kojih 41 u INSTITUTU i 180 magistarskih radnji od kojih čak 116 u INSTITUTU.

Najeminentnija imena vezana uz sam početak istraživanja, razvoja i sveučilišnu nastavu na području strojeva bila su:

- Prof. Antun DOLENC, doctor honoris causa, uveo je lakiranu žicu, lijevani kavez, konstrukciju paketa “jež”, a bio je prvi upravitelj pogona Siemensu u Zagrebu i prvi dekan Elektrotehničkog fakulteta (ETF) u Zagrebu,
- Akademik Tomo BOSANAC napravio je projekt sinkronog generatora 120 MVA za HE Zakučac, tada najvećeg na svijetu, bio je prvi direktor poduzeća RADE KONČAR i prvi doktor znanosti iz KONČAR-a,



Dr. hc. Antun Dolenc



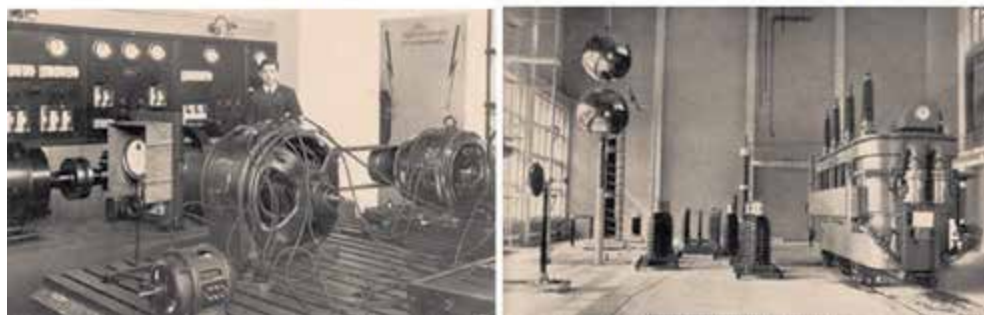
Akademik Tomo Bosanac



Prof. ing. Zlatko Plenković



Akademik Vojislav Bego



Slika 3 – Doajeni početaka industrijskih istraživanja i razvoja strojeva u Hrvatskoj [4]

- Prof. Zlatko PLENKOVIĆ bio je začetnik proizvodnje energetske elektronike u KONČARU i njen sveučilišni nastavnik kao i prvi direktor KONČAR-INSTITUTA i
- Akademik Vojislav BEGO, projektant i utemeljitelj ispitnih stanica u proizvodnji strojeva i aparata u KONČAR-u, osmislio je i napravio strujnu vagu i bio dekan ETF-a u Zagrebu.

4. Istraživanje i razvoj u tržišnim uvjetima

Prilikom dvadesete obljetnice KONČAR-INSTITUTA 1981. bio je organiziran znanstveni skup znakovitog naziva: *Znanost u udruženom radu* na kojem su bile istaknute dvije misli:

- *Tehnološki razvoj je uvjet za izlazak u svijet i*
- *Znanost i privreda su nerazdvojni.*

Ovo nam govori da bez obzira na društveni ustroj, razvoj gospodarstva nije moguć bez industrijskih istraživanja i eksperimentalnog razvoja a njegova efikasnost naravno da ovisi prije svega o društvenim odnosima i motiviranosti ljudi da stvaraju nešto novo i različito od postojećeg a što je tvrtkama u tržišnom gospodarstvu od najveće važnosti. Širina proizvodnog programa, nedostatak materijalnih i ljudskih resursa ali i neefikasno centralističko upravljanje doveli su KONČAR devedesetih godina do bankrota pojedinih dioničkih društava nastalih transformacijom iz društvenog vlasništva u državno. Tek novom organizacijom 1990. s matičnim dioničkim društvom KONČAR-Elektroindustrija d.d. i mnogobrojnim društvima kćeri sa specijaliziranim programima proizvodnje i usluga, čineći tako Grupu KONČAR, postalo je sposobno za nove poslovne izazove u tržišnim uvjetima. Jedno od društava kćeri je dioničko društvo KONČAR – Institut za elektrotehniku d.d. koje je specijalizirano za primijenjena istraživanja i razvoj proizvoda. Budući da svako društvo ima u svojoj organizaciji funkciju istraživanja i razvoja, INSTITUT se morao okrenuti i drugim kupcima na globalnom tržištu. Danas KONČAR-INSTITUT uspješno posluje stjecajući oko 60 % svojih prihoda na internom tržištu a ostatak izvan Grupe KONČAR, nudeći globalnom tržištu:

- industrijska istraživanja i eksperimentalni razvoj na područjima: transformatora, rotacijskih strojeva, sklopnih aparata i energetskih pretvarača za elektroenergetska postrojenja i električna tračnička vozila,
- razvoj i plasman monitoring sustava, sustava upravljanja i zaštite kao i drugu specifičnu elektroničku opremu,
- razvojna i tipska ispitivanja elektrotehničke opreme te utvrđivanje sukladnosti s normama i certificiranje i
- dijagnostiku i nadzor gradnje elektroenergetske opreme i postrojenja.

Mnogobrojni laboratoriji izgrađeni do 90-tih značajno su prošireni i modernizirani prema novim tržišnim potrebama, slika 4, te stečena znanja i dobro poznavanje postojećih tehnologija proizvoda koje INSTITUT istražuje i razvija zajedno s proizvodnim društvima kao i nova znanja stečena putem dodatnih visokoškolskih obrazovanja, danas bitno pridonose tržišnom uspjehu tako da INSTITUT stječe gotovo polovicu svog prihoda na izvoznom tržištu, ponajviše plasmanom svojih visoko tehnoloških proizvoda monitoringa transformatora i rotacijskih strojeva, primjenjujući IC tehnologiju i vlastita rješenja različitih senzora.

Pri tome vrlo je istaknut sinergijski efekt plasmana opreme proizvodnih društva i INSTITUTA istim prodajnim kanalima, ali i stjecanje referenci za plasman nove informatičke opreme drugim proizvođačima strojeva.

Nova znanja i nova tehnička rješenja često su rezultat znanstvenih istraživanja koja se provode i u svrhu stjecanja akademskih zvanja suradnika INSTITUTA, slika 5,



Slika 4 – Laboratoriji za rotacijske strojeve u KONČAR-INSTITUTU pušteni su u rad još 1971. te i danas rade ali s modernim instrumentarijem [4]



Slika 5 – Suradnja akademske zajednice i industrije putem doktorskih radnji i zajedničkih projekata primijenjenih istraživanja [6]

ali i radom na zajedničkim projektima, posebno s FER-om a koji su sufinancirani iz EU fondova. Nemogućnost objavljivanja postignutih rezultata ili objavljivanja sa zadržkom radi čuvanja intelektualnog vlasništva te zahtijevanje kratkih rokova izvršenja zadataka i njihovo poštivanje, sigurno su prepreke boljoj suradnji gospodarstva i akademske zajednice. Ono što bi bilo vrlo važno za obostrani transfer znanja kao i transfer znanja koji se događa na projektima s EU partnerima, je uključanje znanstvenika iz industrije u takve projekte koji kasnije mogu pomoći plasmanu proizvoda kao rezultat zajedničkih primijenjenih istraživanja.

Područje koje je posebno uspješno u Grupi KONČAR je proizvodnja električnih strojeva. Tako npr. tri društva koja proizvode: mjerne, distributivne i specijalne transformatore te energetske transformatore zapošljavaju preko 1200 radnika i izvoze od 80 do 97 % na strana tržišta ovisno o vrsti transformatora s ukupnom prodajom većom od 250 mil. EUR-a godišnje. Iako je vlasnička struktura navedenih društava bitno različita, ulaganje u industrijska istraživanja i eksperimentalni razvoj u koje je uključen i KONČAR-INSTITUT, rezultirali su da je Hrvatska postala mjesto na kojem se proizvodi više od 3% ukupnog svjetskog izvoza transformatora. Nadalje, područje generatora također ima veliki potencijal kojem sada predstoji značajnija modernizacija proizvodnje, izvozi oko 75 % i zapošljava preko 350 radnika. Također veliki tržišni potencijal imaju i niskonaponski motori veće korisnosti u skladu s niskougljičnom strategijom ali i specijalni izmjenični motori s nadolazećom erom elektromobila.

Ovi podaci najbolje govore o značaju industrijskih istraživanja i eksperimentalnog razvoja koji trebaju biti prožeti suradnjom s akademskom zajednicom. Takvom suradnjom i akademska zajednica je na dobitku budući da se njihova znanja primjenjuju i imaju veći odjek u svijetu. Zajedničko organiziranje KONČARA-a i FER-a Poslijediplomskog specijalističkog studija transformatora godine 2007. dao je poseban obol takvoj plodnoj suradnji.

5. Uvjeti za daljnji razvoj električnih strojeva

Kako je industrija ključna gospodarska grana jer njen rast stvara nova radna mjesta i nije ograničena veličinom domaćeg tržišta, daljnji razvoj električnih strojeva treba uskladiti s novim potrebama tržišta i kriterijima koje nameće politika zaštite okoliša. Strategija ujednačenog razvoja podrazumijeva korištenje prije svega lokalnih resursa i podloga je za provođenje pametne specijalizacije. Ciljevi gospodarske EU politike su:

- smanjenje emisije stakleničkih plinova,
- povećanje energetske učinkovitosti,
- održivi industrijski preporod temeljen na ulozi potrošača te na malom i srednjem poduzetništvu,
- učinkovito korištenje resursa sa smanjenim utjecajem na okoliš i
- internacionalizacija poslovanja.

Načini koje koristi Europska komisija za usmjeravanje takvog razvoja su:

- tehnološki vodeće tvrtke utječu na donošenje novih EU direktiva i uredbi putem Savjetodavnog foruma Komisije,
- države članice EU utječu na primjenu novih tehničkih, ekoloških i cijelo životnih ekonomskih zahtijeva na proizvode putem javnih nabavki i
- države vrše nadzor tržišta o sukladnosti proizvoda s direktivama i uredbama.

Kružno gospodarstvo koje se zasniva na novoj paradigmi „uzmi minimalno koliko ti treba, napravi i pazi na okoliš, popravi i obnavljaj te recikliraj i ponovo koristi“, predstavlja novu priliku za daljnji razvoj proizvoda: smanjenjem materijala te zamjenom opasnih materijala i materijala koji se teško recikliraju, smanjenjem potrošnje energije u procesu proizvodnje i u radu proizvoda, produljenjem životnog vijeka proizvoda, osmišljavanjem proizvoda s jednostavnijim održavanjem i s mogućnošću njihovog popravka i naknadnog poboljšanja te razvijanjem usluga održavanja, popravaka i obnavljanja kao i korištenjem sekundarnih sirovina.

Sve te mjere zahtijevanju nova istraživanja i inoviranje postojećih proizvoda ali to je i poticaj za razvoj sasvim novih proizvoda prestižnih karakteristika. Model kruž-

nog gospodarstva kao i niskougljična strategija razvoja gospodarstva gotovo da nisu mogući bez novih materijala, novih tehnologija i novih tehničkih rješenja, a to pak znači:

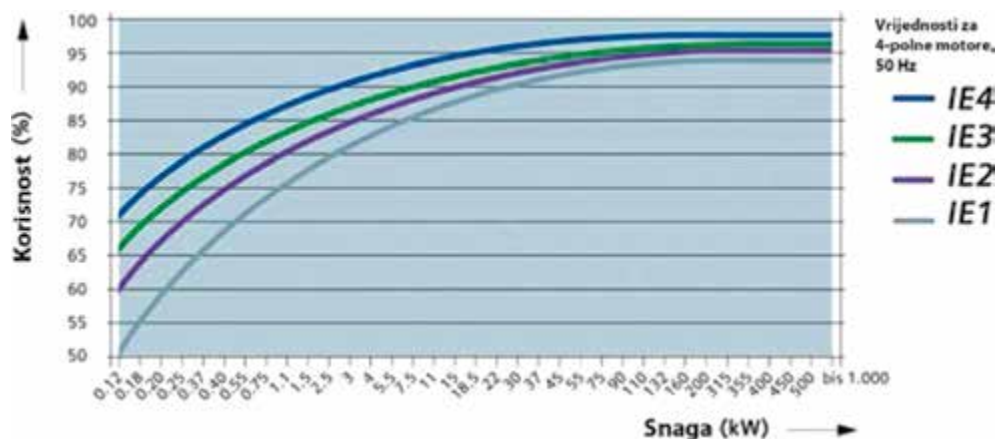
- upotreba materijala novih i poboljšanih svojstava,
- korištenje matematičkih modela za računanje spregnutih fizikalnih pojava kao i primjena rješenja koja stvara priroda (bionika),
- primjena informatičko komunikacijske tehnologije za upravljanje i nadzor rada,
- korištenje aditivnih tehnologija u proizvodnji dijelova,
- primjena nanotehnologije u proizvodnim procesima i pri izradi komponenata
- primjena fotonike u prijenosu informacija i u senzorima,
- upotreba sekundarnih sirovina i materijala dobivenih recikliranjem,
- korištenje obnovljivih izvora energije, energije gubitaka i energije raspršene u prostoru i
- kod optimiranja i vrednovanja nekog proizvoda uzimanjem u obzir tehničkog, ekonomskog i ekološkog aspekta u njegovom cijelom životnom vijeku.

6. Ekološki dizajn strojeva

Daljnji razvoj električnih strojeva pretpostavlja uvažavanje gospodarske politike i politike zaštite okoliša EU putem primjene njenih direktiva i uredbi. Jedna od najvažnijih direktiva za razvoj elektrotehničkih proizvoda je prije svega direktiva 2009/125/EZ koja govori o ekološkom dizajnu proizvoda, a odnosi se na sve proizvode koji koriste energiju i prodaju se u EU godišnje u više od 200.000 jedinica. Ekološki dizajn podrazumijeva razvoj proizvoda sa što manje kritičnih materijala, učinkovitijim prijenosom i pretvorbom energije kao i pogodnim za obnavljanje i recikliranje. Sukladnost proizvoda s EU direktivama proizvođači dokazuju CE znakom kojim potvrđuju da su proizvodi ispitani u skladu s odgovarajućim tehničkim normama i zadovoljavaju odgovarajuće direktive.

Donedavno je razvoj strojeva bio vođen ciljem što manji i jeftiniji proizvod, dok se danas motor promatra u njegovom cijelom životnom vijeku što ima značajne posljedice na njegov projekt, konstrukciju i tehnologiju. Potreba za motorima veće korisnosti nikada nije bila veća nego što je danas. Povećanje cijene energije i globalna politika ograničenja emisije stakleničkih plinova zahtijevaju povećanje korisnosti motora. Elektromotorni pogoni troše oko 46 % ukupne električne energije a čak 68 % odnosi se na potrošnju motora srednje veličine 0,75 – 375 kW [8].

Najnovija međunarodna norma IEC 60034-30-1:2014 za niskonaponske motore definira četiri klase energetske učinkovitosti (International Efficiency – IE) čije vrijednosti za četveropolne motore su prikazane na slici 6. Međunarodna organizacija IEC za



Slika 6 – Različiti nivoi ili klase energetske učinkovitosti odnosno korisnosti niskonaponskih elektromotora (IEC 60034-30-1: 2014.): IE1-standardna, IE2-povišena, IE3-visoka i IE4-super visoka [9]

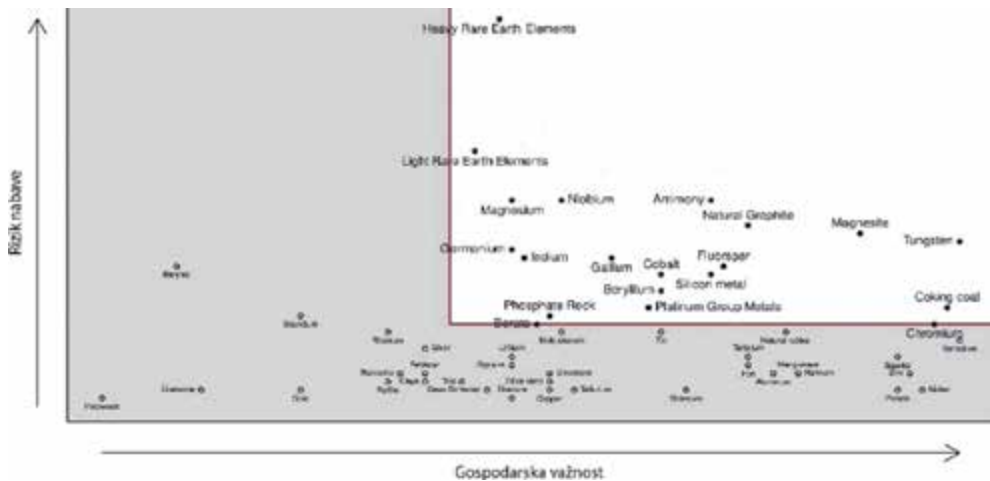
norme razmatra uvođenje korisnosti i klase IE5 koja podrazumijeva 20% niže gubitke od klase IE4 ali još su nepoznata tehnička rješenja kojima se to postiže. Troškovi proizvodnje a time i nabavne cijene značajno su veći za motore viših klasa korisnosti.

Tako npr. za 4-polni motor snage 7,5 kW napravljena analiza u [10] pokazala je da su cijene motora klase IE3 odnosno IE4 veće u odnosu na motore klase IE2 za oko 1,4 odnosno 2,3 puta. Ako se pak promatraju ukupni troškovi motora u vremenu od 15 godina (Life Cycle Cost – LCC) došlo se do spoznaje da je nabavna cijena motora klase IE2 svega 2,3 % ukupnih troškova. Zamjenom motora klase IE2 sa skupljim motorom klase IE3 odnosno IE4 povrat povećanih troškova nabave je za oko 1,1 odnosno 1,9 godinu a ako se pak prelazi s motora klase IE1 onda se povrat skraćuje na svega 0,9 odnosno 1,5 godinu.

Ovi podaci pokazuju da osim smanjenja potrošnje energije, a time i emisije stakleničkih plinova, postoji i veliki ekonomski doprinos korištenja motora veće korisnosti. Tehnička rješenja koja najviše pridonose višim klasama korisnosti, osim optimiranja svih dimenzija motora, su:

- za niskonaponske motore korisnosti klase IE3
- korištenje dinamima lima manjih specifičnih gubitaka i
- bakreni kavezni namot na rotoru a
- za niskonaponske motore korisnosti klase IE4
- radikalno smanjenje gubitaka na rotoru prelaskom motora u sinkroni rad bilo uslijed reluktancije rotora ili ugradnje permanentnih magneta ili uslijed oba zahvata.

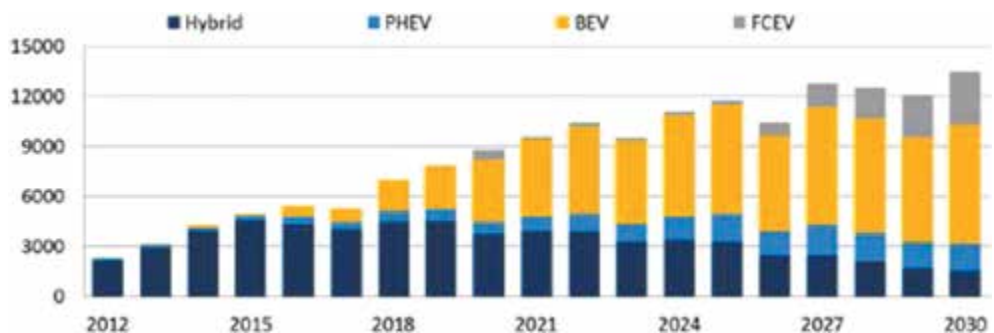
Danas se permanentni magneti na bazi elemenata rijetkih zemalja (SaCo i NeFeB) najčešće koriste kod rotacijskih strojeva radi postizanja što veće gustoće pretvorbe energije. Ovi magneti imaju visoke energetske produkte od oko 350 kJ/m³ u odnosu na ferite



Slika 7 – Ovisnost rizika nabave materijala o njegovoj gospodarskoj važnosti. Kritični materijali za EU su u bijelom polju [13]

(barijev ili stroncijev ferit) koji imaju energetski produkt oko 40 kJ/m^3 ali spadaju za EU u kritične materijale, slika 7. Zato je budućnost u iznaženju tehničkih rješenja rotacijskih strojeva koja koriste upravo ferite kojima je cijena $1/10$ cijene magneta na bazi rijetkih zemalja i koji se mogu koristiti u okolišu preko $400 \text{ }^\circ\text{C}$ te imaju veliki električni otpor pa nema bojazni od vrtložnih struja, a pojednostavljuju i proces recikliranja.

Promet je jedan od ključnih utjecaja na okoliš putem emisije stakleničkih plinova, posebno automobilski. Na svjetskoj razini upravo se događa ubrzani prijelaz na električna vozila te se motor s unutrašnjim sagorijevanjem nadomještava izmjeničnim elektromotorom napajanim preko pretvarača iz baterija. Očekuje se značajan porast električnih vozila u narednom razdoblju, slika 8, a primijenjena istraživanja



Slika 8 – Prognoza godišnjeg porasta broja elekromobila u svijetu po godinama i vrsti pogona: Hybrid-rješenje s motorom s unutarnjim izgaranjem i elektromotorom, PHEV-rješenje s unutarnjim sagorijevanjem i elektromotorom i baterijama, BEV-rješenje s elektromotorom i baterijama, FCEV-rješenje s elektromotorom i gorivim člancima [11]

i razvoj prepoznali su asinkroni motor i hibridni sinkroni motor s reluktancijom i PM ugrađenim u unutrašnjost rotorske jezgre kao najbolja rješenja elektromotora za vučni pogon.

Na području transformatora danas su najvećih izazovi postizanje što boljih parametara koji svi u konačnici pridonose smanjenju utjecaju na okoliš. To su prije svega:

- daljnje smanjenje gubitaka,
- kompaktnija izvedba s manje materijala i manje težine,
- produljenje životnog vijeka i povećanje pouzdanosti i
- zamjena mineralnih ulja s ekološki prihvatljivijim biljnim esterima.

Pored toga, ima i drugih izazova kao što je sekundarna oprema transformatora, posebno područje senzora za praćenje starenja transformatorskog ulja ili pojava u provodnicima.

7. Utjecaj novih materijala i nanotehnologije na daljnji razvoj strojeva

Dok se bakar i aluminij koriste za izradu namota strojeva još od 19. stoljeća, bolje vodljivo srebro je preskupo da bi bilo ekonomično njegovo korištenje, a jednaki razlog je i kod korištenja supravodljivih materijala koji dolaze u obzir tek kod strojeva u magavatnom području snaga.

Nanoznanost i nanotehnologija bitno pridonose stvaranju inovacija, novih tehničkih rješenja i proizvoda te pružaju mnogobrojne mogućnosti razvoja materijala poboljšanih svojstava za primjene u industriji. Dok nanoznanost podrazumijeva istraživanje svojstava materijala na nanometarskoj skali, nanotehnologija znači način i vještine upotrebe svojstava materijala na nanometarskoj skali.

Jedno od značajnih istraživanja na području primjene nanotehnologije u električnim strojevima koje najavljuje vrlo dobre rezultate zasniva se na sintezi nanokompozitnog izolacijskog sustava dodavanjem nanočestica SiO₂ u epoksidnu smolu čime se povećava električni otpor i toplinska vodljivost izolacijskom sustavu a također produžava i životni vijek [13]. Tanja visokonaponska izolacija i bolje hlađenje namota omogućuju ugradnju u uređaje više bakra što dovodi do povećanja nazivne struje odnosno veće snage visokonaponskih strojeva i do 10 -15 %.

Nadalje, pređa napravljena od vrlo tankih niti koje čine ugljične nanocijevi (CNT) [14], obećavajuća je tehnologija izrade vodiča kako za transformatore tako i za električne strojeve budući da se već sada postiže dva puta veća vodljivost ugljične

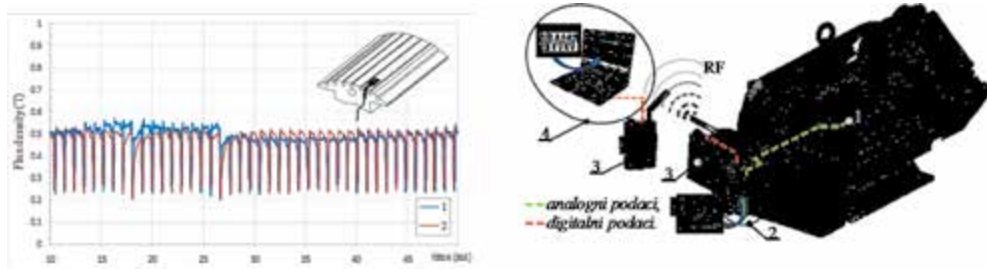
prede nego što ima bakar. Tako se mogu značajno smanjiti gubici u namotu koji su dominantni i kod transformatora i kod rotacijskih strojeva ali i smanjiti dimenzije i težina strojeva [15].

Dodavanjem odgovarajućih nanočestica u transformatorsko ulje mijenjaju se električna i toplinska svojstva ulja što omogućuje značajne izmjene u konstrukciji transformatora a sensorima na bazi ugljikovih nanocijevi mogu se identificirati plinovi u ulju transformatora koji nastaju uslijed procesa ubrzanog starenja zbog razvoja kvara u namotu.

To su samo neki primjeri korištenja nanotehnologije a u narednom razdoblju očekuju se radikalne promjene u elektrostrojogradnji upravo zahvaljujući znanstvenim i tehnološkim dostignućima na području nanotehnologije kojima se bave industrije, instituti i akademske zajednice u svijetu. Takva interdisciplinarna zajednička istraživanja neophodna su i za hrvatsku industriju električnih strojeva.

8. Dijagnostika i monitoring

Dijagnostika strojeva vrlo je važna gospodarska djelatnost koja ima lokalni značaj jer se aktivnosti redovito odvijaju na mjestu instaliranja strojeva. Istraživanja pojava u kvarnim stanjima dovela su do razvoja mnogobrojnih uređaja kojima se mjere: mehaničke, toplinske, električne i magnetske prilike i zaključuje o ispravnom odnosno kvarnom stanju stroja. Znanstvena istraživanja koja se provode u hrvatskoj elektroindustriji i akademskoj zajednici u sklopu doktorskih radnji i zajedničkih projekata rezultirala su novim metodama otkrivanja kvarnih stanja, slika 9, prije svega analizom prilika u zračnom rasporu rotacijskih strojeva, dakle na mjestu pretvorbe električne energije u mehaničku i obrnuto.



Slika 9 – Raspodjela magnetske indukcije u zračnom rasporu promatrana s polne papuče rotora za generator u praznom hodu uz prisutne međuzavojne kratke spojeve svitka namota armature: krivulja 1 – mjerenje; krivulja 2 – izračun: 1 – Hall-ov senzor, 2 – procesna jedinica, 3 – jedinice za bežični prijenos podataka, 4 – računalo [16, 17]

Fizikalne spoznaje i matematičko modeliranje omogućili su ne samo bolju dijagnostiku nego i razvoj monitoring sustava za trajno praćenje stanja kao i automatsku dojavu kvarnih pojava. Monitoring sustavi za transformatore kao i monitoring sustavi za rotacijske strojeve su visokotehnološki uređaji informatičke tehnologije koji koriste mnogobrojne uobičajene i novo razvijene senzore [17, 18] te uz pomoć složenih algoritama upućuju na nastajanje kvara u njegovoj fazi razvoja. Ugradnjom i trajnim praćenjem pomoću monitoring sustava otkrivaju se kvarne pojave i tako bitno smanjuju troškovi popravaka i održavanja.

Razvoj, proizvodnja i prodaja monitoring sustava imaju ogromno ekonomsko značenje jer su to proizvodi namijenjeni globalnom tržištu i nisu vezani uz određenog proizvođača strojeva. Danas KONČAR- INSTITUT godišnje proizvodi monitoring sustve za transformatore i rotacijske strojeve u vrijednosti preko 5 mil. EUR-a, a plasira ih na globalno tržište. Njegova originalna rješenja rezultat su dugogodišnjeg bavljenja dijagnostikom strojeva, usmjerenog industrijskog istraživanja i eksperimentalnog razvoja. Na tom području doktoriralo je samo u INSTITUTU 5 znanstvenika, a očekuju se još dvojica.

To su najbolji primjeri kako se proizvodi postepeno mijenjaju, kako nastaju novi sekundarni proizvodi i usluge te kako industrija i akademska zajednica mogu i moraju biti povezane.

9. Zaključci i prijedlog područja suradnje znanosti i industrije

Dugogodišnja suradnja KONČARA, kao najboljeg predstavnika elektroindustrije u Hrvatskoj, pokazala je nužnost suradnje na industrijskim istraživanjima i eksperimentalnom razvoju koji su poticani potrebama tržišta i procjeni vlastitih mogućnosti. Elektroindustrija je prepoznata kao strateška grana industrije u Hrvatskoj te predstavlja dio pametne specijalizacije koja podržava niskougličnu strategiju i ima veliki potencijal za daljnje širenje na globalnom tržištu. Načini i postupci koji će sigurno ubrzati razvoj industrije putem suradnje s akademskom zajednicom su:

- U međunarodne i domaće projekte znanstvenih istraživanja treba uključivati i znanstvenike iz industrije a što bi trebala novčano poticati Vlada RH.
- Studentski radovi, diplomske radnje i doktorske disertacije trebaju biti s temama iz industrije.
- Znanstvenici iz industrije trebaju prenositi svoja iskustva putem predavanja u sklopu redovnih predmeta kao gosti predavači.
- Napredovanje znanstvenika u području tehničkih znanosti koje je danas povezivano uglavnom samo s objavom znanstvenih dostignuća, treba povezati i s doprinosom znanstvenika industrijskom razvoju kroz patente i inovacije.

- Znanstvene centre izvrsnosti u području nanotehnologije Vlada bi trebala novčano poticati samo one istraživačke projekte koje potiče i industrija.
- Centri kompetencije trebaju biti okrenuti prvenstveno domaćoj industriji što bi trebala novčano poticati Vlada RH.
- Zelena javna nabava trebala bi poticati razvoj i primjenu proizvoda koji su u skladu s pametnom specijalizacijom i niskougljičnom strategijom.

Fond *Jedinstvo pomoću znanja* kojeg provodi Ministarstvo znanosti i obrazovanja uz podršku Svjetske banke najbolji je primjer dobre prakse i pokazuje kako se mogu usmjeravati znanstvenici u gospodarstvu i u akademskoj zajednici na zajednička istraživanja i primjenu rezultata istraživanja.

Literatura

- [1] Industry Global Value Chans, Connectivity and Regional Smart Specialisation in Europe, JRC Science for policy report, 2016.
- [2] Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine i Akcijski plan za provedbu strategije pametne specijalizacije Republike Hrvatske od 2016. do 2017., NN br. 32, 13. travnja 2016.
- [3] Industrijska strategija Republike Hrvatske 2014.-2020., Ministarstvo gospodarstva RH, Zagreb, siječnja 2014.
- [4] S. Car: 50 godina primijenjenih znanstvenih istraživanja i razvoja na području elektrotehnike, Monografija, KONČAR – Institut za elektrotehniku d.d., Zagreb, 2011.
- [5] S. Car: Primjena nanotehnologije u elektroindustriji. 7. dani ovlaštenih inženjera elektrotehnike, HKIE, Zadar, 25.- 27.rujna 2014., str. 88.-103.
- [6] S. Car: Daljnji razvoj inovatorstva u Hrvatskoj, 3. konferencija Inovacijama do konkurentnosti, Nacionalna strategija inovacija RH 2013.-2020., UIH, Zagreb, 2012.
- [7] S. Car: Teslino otkriće okretnog magnetskog polja i njegovo značenje za gospodarstvo danas, Elektroenergetika 1/2006, str. 63-71.
- [8] A. Chausovsky: Integral HP Industrial Motors & Drives: A Global Market Update, Proceedings of the 7th International Conference EEMODS 11 Energy Efficiency in Motor Driven Systems, 2013. Report EUR 25758 EN.
- [9] A. T. De Almeida, F. J.T.E. Ferreira: Technical and Economical Considerations on Super High-Efficiency Three-Phase Motors, IEEE Transactions on Industry Application, Vol. 50, No 2, March/April 2014. pp. 1274-1285.
- [10] P.Waide, C. U. Brunner: Energy-efficiency policy opportunities for electric motor driven systems, OECD/IEA 2011.
- [11] U. Bast, R. Blank, T. Elwert, F. Finsterwadler, G. Homig, T. Klier, S. Langkau, F. Marscheider-Weidman, J. O. Muller, Ch. Thurigen, F. Treffer, T. Walter: Recycling von Komponenten und strategischen Metallen aus elektrischen Fahrtriebwerken, MORE project und Bundes Ministerium für Bildung und Forschung, FKZ 03X4622, 2012.-2014.
- [12] J. D. Widmer, R. Martin, M. Kimiabeigi: Electric vehicle traction motors without rare earth magnets, Sustainable Materials and Technologies 3, 2015., 7-13.
- [13] P. Gropper, T. Hildinger, F.Pohlman, J. R. Weidner: „Nanotechnology in high voltage insulation systems for large electrical machinery – first results”, CIGRE Paper A1□103, August 2012.

- [14] L. Kurzepa, A. Lekawa-Raus, J. Patmore, K. Koziol: Replacing Copper Wires with Carbon Nanotube Wires in Electrical Transformers, *Advance Funct. Mater.* 2014., 24, 619-624.
- [15] B. Ruff, W. Venkatasubramanian, D. Mast, A. Sovani, M. Schulz, T. J. Harned: Development of Lightweight Sustainable Electric Motors, *Nanotube Superfiber Materials*, Elsevier, Oxford, 2014.
- [16] A. Elez, S. Car, Z. Maljković: A new method of inter-coil short circuit detection in synchronous machine armature winding, *The International Review of Electrical Engineering (IREE)*, vol. 7, N.6 (2012)
- [17] A. Elez, S. Car, K. Meštorvić, S. Tvorčić, “Detection of faults in rotating machines by analysis of magnetic field inside machine air gap”, *POLYTECHNIC & DESIGN*. Vol. 1, N. 1 (2013), 7-19
- [18] A. Elez, S. Car, S. Tvorčić, B. Vaseghi: “Rotor Cage and Winding Fault Detection Based on Machine Differential Magnetic Field Measurement (DMFM)”, *IEEE Transactions on Industry Applications – Special Issue on Fault Diagnosis of Electric Machines, Power Electronics and Drives*, May/June 2017 (u pripremi za tisak).

Role of Technical Sciences in the Development of Electrical Machines

Car Stjepan¹, Elez Ante²

¹scar@koncar-institut.hr

²KONČAR – Generatori i motori, d.d. aelez@koncar-gim.hr

The world today would not be the same without the rotating magnetic field which was invented by Nikola Tesla back in 1887 which is used to convert any mechanical energy into electrical energy and vice versa. Thanks to the effort of our scientists, engineers and innovators, the industrial production of globally recognized transformers and rotating machines in Croatia is successfully created.

For further sustainable development of electrical machines interdisciplinary scientific research is necessary, primarily from the field of engineering: electrical and mechanical engineering, chemical engineering and computer science as well as from the environmental sciences as well as from the fields of social sciences: economics, design and project management. The application of new materials and new technologies, optimizing the costs of machines throughout the lifecycle and the use of industrial electronics, information and communication technology, sensors in the secondary equipment management and control, and all at an acceptable impact on environment, are the conditions for their further sustainable development. All this would not have been possible without research, mathematical machine modelling and technical, technological and cost optimization with the use of modern computing and simulation tools.

Historical overview of the development of electric machines and their current presence in the global market, guarantee the possibilities for their further development per the requirements of sustainability, and above all the requirements of smart specialization and low-carbon strategy, which intends to be implemented in Croatia. As the current development of machinery was closely associated with science, no further development is unthinkable without the application of new scientific and technological achievements with the interdisciplinary approach and close links with production machinery, market and care for the environment.

Key words:

electric machine, electrical industry, industrial research and experimental development, eco-design, new materials and nanotechnology in electric machines, diagnostic and condition monitoring

Nacionalna sigurnost i društvena rezilijentnost

Ćosić Krešimir, Srbljinović Armano, Popović Siniša

Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu
kresimir.cosic@fer.hr, armano.srbljinovic@fer.hr, sinisa.popovic@fer.hr

Snažnija usredotočenost na ljudski faktor, kao osnovu sustava nacionalne sigurnosti, zahtijeva više multidisciplinarnih i interdisciplinarnih istraživačkih napora. U ovom radu pod društvenom rezilijentnošću podrazumijevamo sposobnost društva da se relativno brzo oporavi od mogućih poremećaja koji ugrožavaju njegovu funkcionalnost i stabilnost, kao i skladan gospodarski i društveni razvoj. Nacionalna sigurnost i društvena rezilijentnost snažno ovise o psihološkim sposobnostima stanovništva da se uspješno nosi s nepredvidljivim stresorima te održava normalno psihološko i fizičko funkcioniranje cijelog društva. U našim istraživanjima rezilijentnosti analiziraju se bihevioralne značajke na individualnoj razini kao produkt kompleksnih interakcija između specifičnog individualnog i društvenog okruženja te rezilijentnih ili vulnerabilnih genskih mreža. Na temelju toga nastoje se izgraditi prediktivni modeli individualne rezilijentnosti koji se temelje na strojnom učenju nad heterogenim skupovima multidisciplinarnih podataka. Jačanje individualnih značajki rezilijentnosti temelji se na različitim metodama računalno potpomognutog kognitivno-bihevioralnog treninga kojima se unapređuju kognitivno-operativne sposobnosti pojedinaca te ublažavaju ili otklanjaju posljedice traumatičnih stresora. Pomoću skupova metrika koje se odnose na psihologiju grupa, dominantne grupne emocije i osjećaje, dominantne sadržaje i strukturu društvenih mreža, socio-ekonomski status, makroekonomske indikatore, kulturološke značajke i sl. definira se društvena rezilijentnost. Na osnovi tih indikatora generiraju se prediktivni modeli ponašanja grupa, uključujući i predikcije terorizma kao ekstremnog oblika individualne i/ili grupne radikalizacije. Po analogiji s programima treninga za jačanje individualne rezilijentnosti razvijeni su koncepti emocionalno utemeljenih strateških komunikacija kojima se mijenja koncept kognitivnih prosudbi koji karakterizira specifične grupe i utječe na mehanizme emocionalne regulacije grupa. Korištenjem internetskih društvenih mreža otvaraju se nove mogućnosti primjene emocionalno utemeljenih strateških komunikacija.

Ključne riječi:

nacionalna sigurnost, vitalni ljudski resursi, individualna i društvena rezilijentnost, multidisciplinarnе metrike rezilijentnosti, estimacija i predikcija individualne i društvene rezilijentnosti

1. Uvod

Nacionalna sigurnost može se definirati kao skup hijerarhijski kompleksnih, multidimenzionalnih, nelinearnih i stohastičkih dinamičkih sustava. U okviru takvog teorijskog koncepta definicija rezilijentnosti sustava nacionalne sigurnosti odnosi se na njegovu sposobnost da pravovremeno reagira na sve moguće kratkoročne i dugoročne sigurnosne izazove i prijetnje u svom okružju, kao i da se relativno brzo oporavi od mogućih poremećaja koji ugrožavaju njegovu funkcionalnost i društvenu i političku stabilnost, kao i skladan sveukupni gospodarski i društveni razvoj (Allenby, Fink, 2005.; Thoma, Scharte, 2015.). Rezilijentan sustav nacionalne sigurnosti, utemeljen na proaktivnom prediktivnom upravljanju, sposoban je, dakle, odgovoriti na sve prijetnje koje ugrožavaju normalno funkcioniranje i razvoj čitave države te je isto tako sposoban osigurati dinamički skladan i stabilan razvoj čitavog društva u slučaju bilo kakve sigurnosne turbulencije ili nestabilnosti u njegovom okružju. Pristup konceptu nacionalne sigurnosti preko teorije sustava iziskuje kontinuirano praćenje i proaktivno upravljanje njegovim ključnim varijablama stanja, korištenjem svih raspoloživih upravljačkih instrumenata i sredstava državne politike, kako bi se nadvladale potencijalne multidimenzionalne prijetnje i izazovi blagostanju svih građana i opstanku nacionalne države (Paleri, 2008.; Maybury, 2011.). U sklopu takvog sveobuhvatnog teorijskog pristupa nacionalnoj sigurnosti, u okviru ovog rada, psihološkoj rezilijentnosti vitalnih nacionalnih ljudskih resursa (Barnett, 2004.; Chemtob, 2005.; Meredith i sur., 2011.; Ajdukovic, Kimhi, Lahad, 2015.) posvetit će se posebna pozornost.

U našim dosadašnjim istraživanjima, koja su se odnosila na rezilijentnost kritičnih ljudskih resursa (Ćosić i sur., 2007., 2010a,b, 2012a, 2013., 2016.; Popović i sur., 2009.), analizirale su se bihevioralne značajke na individualnoj razini kao produkt kompleksnih interakcija između specifičnog individualnog i društvenog okružja te rezilijentnih ili vulnerabilnih genskih mreža. Prediktivni modeli individualne rezilijentnosti temelje se na strojnom učenju nad heterogenim skupovima multidisciplinarnih podataka koji se odnose na interakcije između sveukupnog genoma i stresne okoline; specifične neuroendokrine i imunološko-inflamatorne biomarkere; multimodalne fiziološke, akustičke, facijalne i EEG značajke; funkcionalno oslikavanje moždanih aktivnosti; te različite psiho-socijalne metrike. Općenito, takva prediktivna metodologija rezilijentnosti može biti izuzetno korisna u selekciji kandidata za visoko stresne poslove poput onih u specijalnim snagama, policiji, hitnim službama te visoko stresnim razinama menadžmenta, kako u korporativnom, tako i u javnom sektoru. Jačanjem mentalne spremnosti pojedinaca kroz različite programe treninga za unaprjeđenje individualne rezilijentnosti, može se omogućiti visok stupanj habituacije i zaštite od stresa u realnom visoko stresnom okružju. Takvi programi treninga, kao dio preventivnih strategija, mogu znatno unaprijediti funkcionalne i operativne sposobnosti pojedinaca u stresnim situacijama te smanjiti relativno visoke stope mogućih mentalnih zdravstvenih poremećaja. Kroz računalno potpomognuti

kognitivno-bihevioralni trening nastoje se unaprjeđivati individualni kognitivni mehanizmi za nošenje s najrazličitijim stresorima, kao i pravovremeno prepoznavanje i sprječavanje negativističkih kognitivnih stilova.

Iz perspektive nacionalne sigurnosti, grupna i društvena rezilijentnost od posebnog su strateškog interesa za svaku državu (Werther, 2014a). Predložene multidisciplinarnе metrike društvene rezilijentnosti obuhvaćaju skupove indikatora koji se odnose na područja psihologije grupa, dominantnih grupnih emocija i osjećaja, dominantne sadržaje društvenih mreža, socio-ekonomski status stanovništva, najrazličitije makroekonomske indikatore i kulturološke značajke itd. Dosad, naš je istraživački rad bio usredotočen na dominantne emocije u grupama, tendencije djelovanja grupa, njihove bihevioralne karakteristike i sl. (Ćosić i sur., 2012b). Na osnovi takvih društvenih značajki nastoje se razvijati prediktivni modeli pojave ekstremnih političkih stavova i radikaliziranog ponašanja, uključujući međunarodni terorizam i slične pojave. Po analogiji s programima treninga za individualnu rezilijentnost, predložen je koncept emocionalno utemeljenih strateških komunikacija, kako bi se utjecalo na stil kognitivnih prosudbi koje karakteriziraju radikalne društvene skupine, potičući obrasce pozitivnih evaluacija situacija i događaja važnih za status i odnos određenih grupa prema njihovom širem društvenom okružju (Ćosić i sur. 2012c). Emocionalno utemeljene strateške komunikacije generiraju semantički i emocionalno prilagođene multimedijske poruke prema ciljanim grupama, kao vrstu strateških komunikacija temeljenih na pozitivnoj psihologiji, a u svrhu deradikalizacije njihovog ponašanja i/ili (re)integracije grupa u šire društveno okružje. Oporavak od ekonomskih i društvenih kriza, prirodnih katastrofa ili vojnih sukoba često prate snažne društvene promjene koje zahtijevaju sveobuhvatne psihološke i društvene transformacije. Stoga bolje razumijevanje ljudskih socio-psihološko-demografskih stanja može olakšati razvoj inkluzivnijih, sigurnijih i rezilijentnijih društava, kao i inovativnijih i pouzdanih sustava nacionalne sigurnosti.

2. Multidisciplinarni, višerazinski pristup društvenoj rezilijentnosti

Nacionalna sigurnost i društvena rezilijentnost snažno ovise o psihološkim sposobnostima stanovništva da se uspješno nosi s nepredvidljivim traumatskim stresorima te održava normalno psihološko i fizičko funkcioniranje, a time i normalno funkcioniranje cijelog društva (Wehbé, 2016). Ozbiljni poremećaji mentalnog zdravlja, kao što su anksioznost, depresija, post-traumatski stresni poremećaj (PTSP) i dr., neizbježne su posljedice svake prirodne i ekološke katastrofe ili vojnih sukoba. Na to upozoravaju i visoke stope ozbiljnih poremećaja mentalnog zdravlja među hrvatskim ratnim veteranima i članovima njihovih obitelji, što značajno utječe na mentalno zdravlje čitave populacije, kvalitetu života, a neizravno i na potencijal našeg demografskog rasta. Zato sveobuhvatnije razumijevanje sustava nacionalne sigurnosti

nosti treba uključivati i istraživanja ljudskog faktora kao ključne komponente sustava nacionalne sigurnosti, strateški važne za cijelo društvo (Werther, 2014a; Gal, 2014). Multidisciplinarna istraživanja prikazana u ovom radu mogu pomoći da se ublaže posljedice ozbiljnih poremećaja mentalnog zdravlja u pojedinim segmentima hrvatskog društva, koji su se pojavili za vrijeme i nakon završetka Domovinskog rata te da se dugoročno smanji negativan utjecaj tih posljedica na hrvatsko društvo (Ćosić i sur., 2008.). Takva istraživanja mogu pospješiti zacjeljivanje “nevidljivih ratnih rana” (Tanielian, Jaycox, 2008.) i pridonijeti poboljšanju načina na koji se pojedinci i društvo nose sa stresom, a time i poboljšanju kvalitete života za vrijeme i nakon iznimno teških traumatskih događaja kao što su ratni sukobi i razaranja (Kimhi, Eshel, 2009.; Gouws, 2011., 2013.).

Vitalni ljudski resursi, kao ključni strateški podsustav sveukupnog sustava nacionalne sigurnosti, mogu se promatrati kao agregirani nacionalni civilni i vojni ljudski potencijal na svim hijerarhijskim društvenim razinama, ali se isto tako mogu promatrati i disagregirano kao ljudski potencijali na pojedinim društvenim razinama: individualnoj, obiteljskoj, grupnoj razini, razini pojedinog poslovnog subjekta itd.; pri tome je važno analizirati međusobne utjecaje između pojedinih razina. Matematičko modeliranje i simulacije takvih kompleksnih, multidimenzionalnih društvenih fenomena predstavlja danas vrlo aktualno i izazovno područje istraživanja (Speckhard, 2011.; Barbrook-Johnson, Badham, Gilbert, 2016.; Brudermann, Hoffer, Yamagata, 2016.; Stroeve, Everdij, 2017.). Dublje razumijevanje kompleksne naravi individualne i društvene rezilijentnosti i njihove interakcije gotovo je nemoguće bez odgovarajućih multidisciplinarnih i multidimenzionalnih metrika (slika 1)



Slika 1 – Nacionalna sigurnost i društvena rezilijentnost kao višedimenzionalni, višerazinski fenomeni

koje prikazuju kompleksne interakcije na različitim hijerarhijskim razinama od molekularne, genske, epigenetske, psihološke, emocionalne, kognitivne, bihevioralne do šire društvene razine. Multidisciplinarni i višerazinski pristup (Giordano, 2012.; Falk i sur., 2013a; Giordano, DiEuliis, 2015.; Paus, 2010., 2016.) odlikuje se skalabilnošću od stanične razine preko molekularne, neuronske pa sve do obitelji, grupa, zajednica te društvenih i kulturoloških sustava (Masten, Tellegen, 2012.).

3. Multidisciplinarne metrike individualne rezilijentnosti i trening za jačanje rezilijentnosti

Identifikacija multidisciplinarnih značajki individualne rezilijentnosti ili vulnerabilnosti kao prediktora individualnog odgovora na stres, predstavlja ozbiljan znanstveni izazov (Ingram, Luxton, 2005.; Kalisch, Müller, Tüscher, 2015.; i sur., 2015.). Općenito, stresna okolina može inducirati čitav niz promjena u fiziološkim, akustičkim, facijalnim i EEG značajkama kao i u biomarkerima na razini DNA/SNP, mRNA, proteina, promjena u konektivnosti moždanih struktura što u srednjoročnoj i dugoročnoj perspektivi može dovesti do ozbiljnih promjena u ponašanju (Russo i sur., 2012.; Siegel, 2012.; van Rooij i sur., 2016.). Rezultati psiholoških, fizioloških i bioloških istraživanja ukazuju na postojanje razlika između rezilijentnih i vulnerabilnih pojedinaca na različitim hijerarhijskim razinama. Međutim, mehanizmi koji dovode do tih razlika još nisu dovoljno istraženi (Karatsoreos, McEwen, 2013.; Wood, Bhatnagar, 2015.). U našim se istraživanjima (Ćosić i sur., 2012a, 2016) predikcije individualne rezilijentnosti temelje na strojnom učenju nad heterogenim skupovima multidisciplinarnih podataka koji uključuju: interakcije između gena i okoline, gensku ekspresiju, neuroendokrine i imunološko-inflamatorne biomarkere; multimodalne fiziološke, akustičke, facijalne i EEG značajke; funkcionalno oslikavanje moždanih aktivnosti; te psiho-socijalne metrike.

Na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu razvijen je Sustav za multimodalnu elicitaciju, estimaciju i regulaciju emocija, koji omogućuje simulacije stresne okoline koje uključuju generiranje različitih stresora kao što su pobude prepadnog tipa, kratkotrajni mlazovi zraka, averzivni zvukovi, slike i video materijali. Pritom se najčešće koriste pobude iz standardiziranih, međunarodno verificiranih baza, kao što su *International Affective Picture System* (IAPS) za statične slike (Lang, Bradley, Cuthbert, 2005.) i *International Affective Digitized Sounds* (IADS) za zvukove (Bradley, Lang, 1999.). Sustav omogućuje mjerenje utjecaja tih pobuda na pojedince, primjerice utjecaja na refleksne reakcije itd. (Ćosić i sur., 2016.). Na temelju usporedbi mjerenih fizioloških stanja pojedinaca prije i poslije takvih stresora te mjerenja vremena potrebnog za normalizaciju fizioloških funkcija formira se jedna od metrika individualne rezilijentnosti.

Najzahtjevniji tipovi stresora dio su tzv. S.E.R.E. (*Survival, Evasion, Resistance, Escape* – preživljavanje, izbjegavanje, otpor, bijeg) vojne obuke (Dorani sur., 2012.; Taylor i sur., 2007.), tijekom koje se kandidati za psihički i fizički najzahtjevnije zadaće u oružanim snagama osposobljavaju za preživljavanje u ekstremnim uvjetima. Na temelju usporedbe reakcija pojedinaca na različite stresore i drugih metrika individualne rezilijentnosti mjerenih prije, za vrijeme i nakon S.E.R.E. obuke nastoje se identificirati dominantni multidisciplinarni faktori rizika koji bi se mogli koristiti kao prediktori rezilijentnosti, odnosno vulnerabilnosti vojnika. Specifični, reducirani ili prošireni model rezilijentnosti, odnosno vulnerabilnosti, moraju se u obzir uzeti relevantnost, preciznost, kao i trošak mjerenja svake pojedine značajke rezilijentnosti.

Multifunkcionalni nosivi senzori i uređaji za kontinuirano praćenje fizioloških parametara i/ili tjelesne aktivnosti sve se više primjenjuju u medicini (Hurvitz i sur., 2014.; Li i sur., 2017.), kao i mobilni telefoni (Heron, Smyth, 2010.; Luxton i sur., 2011.; Miller, 2012; Free i sur., 2013.; Gravenhorst i sur., 2015.) pa se vrlo skoro mogu očekivati i njihove šire primjene u istraživanjima rezilijentnosti. Brojni fiziološki parametri testiranih pojedinaca moći će se putem nosivih senzora pratiti u realnom vremenu što će omogućiti pouzdanije motrenje i mjerenje različitih fizioloških stanja. Istodobno praćenje geografskog položaja pojedinaca na terenu GPS-om, npr. tijekom ratnih operacija, omogućit će pouzdanije utvrđivanje stupnja izloženosti pojedinaca na stresore iz borbene okoline u svakom pojedinom trenutku, a onda i pouzdanije utvrđivanje korelacija između pojedinih fizioloških indikatora i indikatora izloženosti stresorima. U konačnici, sve to će rezultirati preciznijim i pouzdanijim prediktivnim modelima rezilijentnosti odnosno vulnerabilnosti.

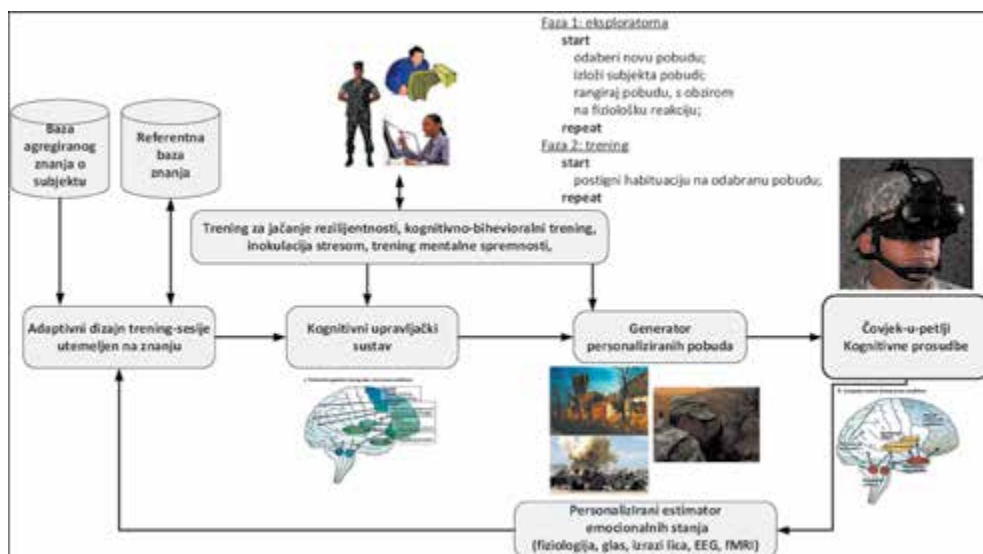
Prediktivno modeliranje čimbenika koji utječu na rezilijentnost izuzetno je važno u svjetlu činjenice da su aktualni načini liječenja uznapredovalih ozbiljnih poremećaja mentalnog zdravlja, kao što je PTSP, ograničeno učinkoviti. Stoga je važno takve poremećaje početi tretirati u što ranijoj fazi, a ako je moguće i prije nego što se bolest razvije. Ako bi se pomoću prediktivnih modela moglo u ranoj fazi identificirati pojedince kod kojih postoji rizik za razvoj poremećaja mentalnog zdravlja, tada bi se pravovremeno mogle poduzeti odgovarajuće preventivne mjere. Primjerice, potencijalno vulnerabilne pojedince moglo bi se usmjeriti u profesije koje su manje izložene stresu, tj. na poslove na kojima je bitno manja vjerojatnost pojave vanjskih „okidača“ genskih predispozicija za razvoj poremećaja.

Kvalitetniji prediktivni modeli mogu također omogućiti osmišljavanje kvalitetnijih psiholoških i/ili psihijatrijskih pristupa i programa za jačanje rezilijentnosti. Jačanjem mentalne spremnosti pojedinaca kroz programe treninga za jačanje rezilijentnosti koji se temelje na načelima inokulacije stresom (Meichenbaum, 1985) i računalno potpomognutom kognitivno-bihevioralnom treningu (Baer, Greist, Marks, 2007), može se omogućiti visok stupanj otpornosti i habituacije te zaštite od stresa

u realnom okružju. Trening za jačanje rezilijentnosti mogao bi, kao dio preventivnih strategija, znatno unaprijediti operativne sposobnosti pojedinaca te smanjiti stope poremećaja mentalnog zdravlja kako u vojnim primjenama tako i u društvu u cjelini.

Računalno potpomognuti kognitivno-bihevioralni trening vodi npr. instruktor specijalnih snaga ili psihoterapeut koji tijekom seanse na posebnom računalnom sustavu prate fiziološke, glasovne, facijalne i EEG značajke ispitanika na različite pobude te određuju tijek treninga odnosno terapije. Svrha je treninga, odnosno terapije, regulirati stil individualnih kognitivnih prosudbi: poticati pozitivne kognitivne procjene, razvijati samosvjesnost, unapređivati samokontrolu, poticati što objektivnije procjene vlastitih potencijala za nošenje sa stresnom situacijom kao i pravovremeno prepoznavanje negativističkog stila u vlastitom razmišljanju (slika 2). Tijekom treninga, odnosno terapije, mogu se koristiti različiti automatizirani sadržaji kao što su sekvence stimulacija za relaksaciju, automatizirani moduli za inokulaciju stresom, automatizirani autogeni trening i dr. Metoda inokulacije stresom temelji se na nadziranom izlaganju pojedinaca sve višim razinama stresa, kako bi oni postupno razvijali sposobnosti nošenja sa specifičnim stresorima, povjerenje u vlastite sposobnosti, a time i rezilijentnost (Meichenbaum, 2017).

Pretpostavlja se da je relativno visok udio psihičkih poremećaja na visoko stresnim radnim mjestima u specifičnim profesijama posljedica interakcije između individualne izloženosti mnoštvu nepredvidljivih stresora, individualne vulnerabilnosti te nedostatka prikladnog treninga za jačanje rezilijentnosti, tj. odgovarajućeg kogni-



Slika 2 – Računalno potpomognuti kognitivno-bihevioralni trening/terapija

tivno-bihevioralnog treninga, odnosno terapije. Stoga primjena takvih metoda u procesima selekcije i obuke za kritična radna mjesta unutar sustava nacionalne sigurnosti ima velike mogućnosti primjene (Seligman, 2011.; Wald i sur., 2016.) s tim više što očuvanje mentalnog zdravlja i jačanje rezilijentnosti osoblja u sustavu nacionalne sigurnosti treba biti jedan od nacionalnih prioriteta (Wehbé, 2016.).

4. Multidisciplinarnе metrike društvene rezilijentnosti i emocionalno utemeljene strateške komunikacije

Grupna i društvena rezilijentnost od strateškog su interesa za nacionalnu sigurnost svake države. Naime, poznavanje profila rezilijentnosti/vulnerabilnosti pojedinih grupa i društva u cjelini (Werther, 2014b), može omogućiti predikcije ponašanja grupa u ekstremnim sigurnosnim uvjetima, kad se očekuju povećane razine stresa, a time i veća vjerojatnost da će normalno funkcioniranje grupa, zajednica, poslovnih subjekata i cijelog društva biti narušeno, a društvena rezilijentnost smanjena.

U posljednje se vrijeme sve veći dio aktivnosti pojedinaca, poslovnih subjekata, neformalnih skupina, ali i radikaliziranih, ekstremističkih, terorističkih i kriminalnih grupa odvija u virtualnoj sferi, tj. na virtualnim društvenim mrežama poput Twittera, Facebooka, MySpacea i sličnih. Virtualne društvene mreže omogućuju brzo okupljanje pojedinaca iz geografski udaljenih područja te njihovu organizaciju oko najrazličitijih političkih, poslovnih, društveno-aktivističkih, ali i kriminalnih, ekstremističkih ili terorističkih ciljeva (Kopal, Korkut, Krnjašić, 2016.; Nicodemo, 2016.; Bright, 2017.). Dakle, uz društvene i gospodarske dobrobiti koje proizlaze iz mrežnih aktivnosti, s transnacionalnih mreža potječu i brojne prijetnje nacionalnoj sigurnosti (Drapeau, Wells II, 2009.; NATO, 2013., 2015.). Virtualne društvene mreže predstavljaju medij preko kojega je relativno lako ciljati pojedine grupe, naročito one psihološki vulnerabilne, širiti propagandu i dezinformacije te utjecati na emocije i raspoloženja grupa – raspirivati mržnju, poticati na nasilje, destabilizaciju ili rušenje društvenog poretka. Pritom se vrlo često koriste emocionalno obojene poruke koje „inficiraju“ ciljanu publiku pobuđujući „zapaljive“ emocionalne reakcije koje u konačnici mogu rezultirati ekstremnim, nasilnim ili terorističkim činovima (Morris, 2012.). Stoga društvene mreže predstavljaju nezaobilazan čimbenik u razmatranjima grupne i društvene rezilijentnosti i nacionalne sigurnosti.

Metrike društvene rezilijentnosti odnose se na: psihologiju grupa, dominantne grupe emocije i osjećaje, dominantne sadržaje i strukturu društvenih mreža, socio-ekonomski status, makroekonomske indikatore, kulturološke značajke i sl. (npr. Cutter, Burton, Emrich, 2010.; National Institute of Standards and Technology, 2015., pogl. 10). Svaki od tih skupova metrika sadrži određene indikatore koje je

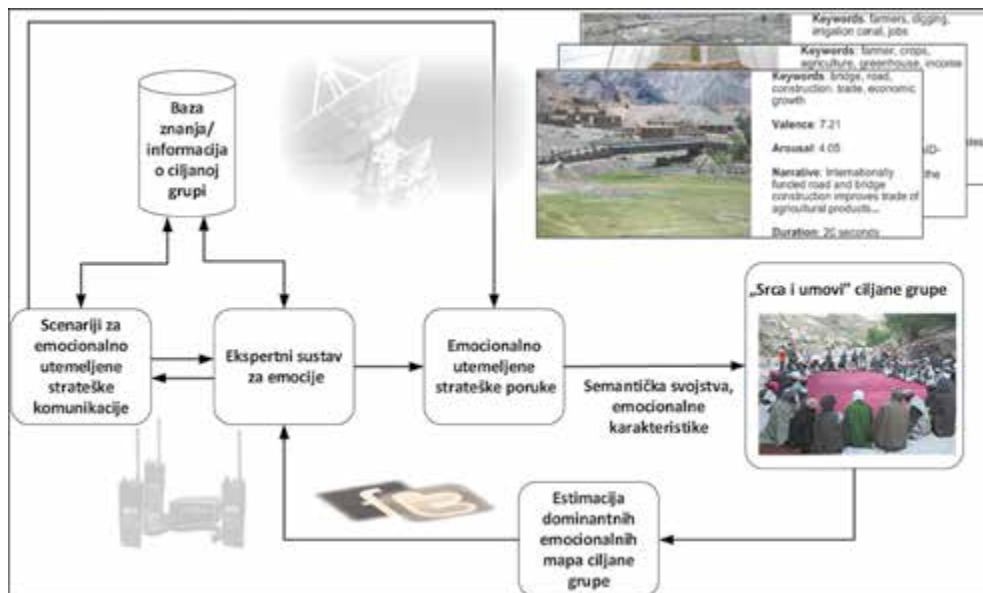
moguće povezati s društvenom rezilijentnošću u smislu sposobnosti društvenog sustava da podnese sve izazove, teškoće i prijetnje koje ugrožavaju njegovu stabilnost, opstojnost i razvoj. Na osnovi tih indikatora nastoje se razvijati prediktivni modeli ponašanja grupa, uključujući i predikcije terorizma kao ekstremnog oblika individualne i/ili grupne radikalizacije. Prije same predikcije takvih pojava potrebni su uvidi u mentalno stanje društvenih segmenata i grupa iz kojih se ekstremno radikalizirani pojedinci regrutiraju (Victoroff, 2005.; Mastors, 2015.; Corner, Gill, Mason, 2016.; Aggarwal, Cedeño, Bhui, 2017.).

U društvima koja preplavljaju krize ili sukobi, duboke emocionalne traume mogu uzrokovati masovni PTSP (Badhken, 2012), kolektivne traume i strahove. Za vrijeme tzv. „Nevolja“ (*Troubles*, 1969.-1998.) u Sjevernoj Irskoj opaženi su neki društveni fenomeni koji su analogni simptomima PTSP-a na individualnoj razini kao što su: stalno ponavljanje istih obrazaca u kolektivnom ponašanju, poremećeni odnosi između pojedinaca i grupa, prekid uobičajenog životnog ritma i prijelaz zajednica u modalitet „trajnog izvanrednog stanja“, procesi decivilizacije i društvene regresije, politička paraliza te konfuzija u kolektivnim identitetima (Elliott, Bishop, Stokes, 2004.). Istraživanje, koje je nedavno provedeno među sirijskom djecom unutar i oko izbjegličkih kampova uz sirijsko-tursku granicu, pokazalo je da se skoro polovinu (49%) djece može okarakterizirati anksioznom/povučenom, 62% uplašenom, a više od trećine ih iskazuje klinički značajne probleme u ponašanju (Cartwright i sur., 2015.). U Švedskoj je među djecom izbjeglicama uočen poremećaj poznat kao „sindrom resignacije“, koji se očituje povlačenjem u stanje slično komi u kojem se može ostati mjesecima ili čak godinama (Sallin i sur., 2016.). U istraživanju među tražiteljima azila u Srbiji prosječan rezultat na ljestvici PTSP-a od 1 do 4 iznosio je čak 2,52 (Vukčević, Dobrić, Purić, 2014.). Postoji veza između velikih prirodnih katastrofa ili društvenih kriza i povećane pojavnosti poremećaja povezanih sa stresom kao i povećane stope samoubojstava; primjerice, ustanovljena je 25%-tna stopa PTSP-a nakon velikog potresa u Turskoj 1999. godine (Tural i sur., 2004.); 30,6%-tna stopa PTSP-a kod djece i adolescenata nakon ciklona u Indiji iste godine (Kar i sur., 2007.); povećane stope PTSP-a, depresije i anksioznosti nakon tsunamija u Indijskom oceanu 2004. godine (Hollifield i sur., 2008.; van Griensven i sur., 2006.); negativan utjecaj smanjenja broja zaposlenih na mentalno zdravlje zaposlenika (Kivimäki i sur., 2007.), što postaje naročito izraženo kod masovnih otpuštanja u doba recesija (Brand, Levy, Gallo, 2008.); povećana pojavnost samoubojstava za vrijeme velikih gospodarskih kriza (Tapia Granados, Diez Roux, 2009; Stuckler i sur., 2009.; Reeves, McKee, Stuckler, 2014.) te brojni drugi nepoželjni i društveno štetni učinci. Posljedice neliječenih ili neadekvatno liječenih poremećaja povezanih sa stresom izuzetno su dalekosežne, one pogađaju pojedince, članove njihovih obitelji i cijelo društvo, a očituju se u bračnim problemima, problemima u odgoju djece, nasilju u obitelji, ovisnosti o alkoholu i opijatima, smanjenoj produktivnosti, nezaposlenosti, stambenim problemima i beskućništvu, povećana-

noj stopi samoubojstava i drugim društvenim problemima (Tanielian, Jaycox, 2008.; Weehuizen, 2008.).

Negativne emocije kao što su strah, pesimizam, očajanje, beznade, poniženost, frustracija, nezadovoljstvo, ljutnja, mržnja i druge, mogu početi obilježavati tzv. „kolektivne emocionalne orijentacije“ (Bar-Tal, 200.; Jarymowicz and Bar-Tal, 2006.) čitavih društava. U Afganistanu, na primjer, i nakon što su stotine milijardi dolara investirane u tu zemlju, negativne emocije i dalje prevladavaju među stanovništvom, a naročito u područjima koja su bila najviše zahvaćena ratnim razaranja. Među stanovništvom pokrajine Helmand utvrđeno je postojanje sljedećih emocija u postocima: ljutnja 69%, tuga/depresija 41%, frustracija 35%, sreća 2%, pouzdanje 1%, optimizam i ambicija 0% (MacDonald i sur., 2010., str. 38). Slični su rezultati dobiveni i za pokrajinu Kandahar. U nedavnoj studiji UNHCR-a o mentalnom zdravlju i psiho-socijalnom stanju sirijskih izbjeglica izvješćuje se o „širokom rasponu emocionalnih, kognitivnih, fizikalnih, bihevioralnih i društvenih problema“ pri čemu „emocionalni problemi uključuju: tugu, žalovanje, strah, frustracije, anksioznost, ljutnju i očajanje“ (Hassan i sur., 2015., str. 14). Situacija je vrlo slična u briselskoj četvrti Molenbeek koja je postala svojevrsni geto za muslimanske imigrante. Dominantne emocije i tu su negativne: ljutnja, frustracija, povlačenje u sebe, sram, razočaranost, osjećaj usamljenosti, strah, inferiornost, unutarnji osjećaj sukoba između dvaju svjetova, odnosno kultura, osobne dvojbe, strah od gubitka kulturnog identiteta, gubitak osjećaja pripadnosti, nostalgija i čežnja za domovinom (Moulaert, 2014.). Takvi emocionalni obrasci mogu biti ključni za razumijevanje kompleksnosti političkih i sigurnosnih okružja zahvaćenih društvenim sukobima kao i za nacionalnu sigurnost.

Posljednjih se godina sve više uočava da rješavanje mnogih važnih društvenih problema iziskuje promjene kolektivnih obrazaca percepcije i ponašanja te da se takve promjene mogu uspješno poticati znanstveno utemeljenim metodama usmjerenima prema specifičnim grupama ili segmentima društva (Rowland, van den Berg, 2012.). Takve metode mogu biti usmjerene i prema jačanju grupne i društvene rezilijentnosti. Stoga smo, po analogiji s programima treninga za jačanje individualne rezilijentnosti (Ćosić i sur., 2010a,b, 2013.; Popović i sur., 2009.) počeli razvijati koncept emocionalno utemeljenih strateških komunikacija (slika 3), kojima se nastoji mijenjati stil kognitivnih prosudbi koji karakterizira specifične grupe (Ćosić i sur., 2012c). Pretpostavlja se, naime, da je upravo stil kognitivnih prosudbi onaj ključni mehanizam rezilijentnosti, odnosno vulnerabilnosti (Kalisch, Müller, Tüscher, 2015.). Promjenu stila kognitivnih prosudbi nastoji se ostvariti pomicanjem fokusa pozornosti grupe s negativnih, konfliktno konotiranih situacija i događaja na pozitivno konotirana zbivanja u širem društvenom okružju (Ćosić i sur., 2012c; Halperin, Sharvit, Gross, 2011.). Pritom se asocijativnu memoriju članova grupa nastoji restrukturirati tako da pozitivna emocionalna iskustva u sjećanjima članova grupe prevladaju nad negativnima. Riječ je zapravo o strategiji emocionalne regu-



Slika 3 – Emocionalno utemeljene strateške komunikacije

lacije, s time što se u ovom slučaju regulacija nastoji ostvariti na razini grupe, dok je u psihološkoj literaturi uobičajeno regulaciju razmatrati i primjenjivati na individualnoj razini (Gross, 2008.). Emocionalno utemeljene strateške komunikacije predstavljaju proširenje tradicionalnog koncepta strateških komunikacija (Stavridis, 2007.; Tatham, 2008.) u koje se nastoje ugraditi razne strategije emocionalne regulacije.

Emocionalno utemeljene strateške komunikacije generiraju semantički i emocionalno prilagođene multimedijske poruke prema ciljanim grupama, kao vrstu strateških komunikacija temeljenih na pozitivnoj psihologiji, a u svrhu ublažavanja negativistički obojenih emocionalnih stanja grupe, deradikalizacije (Clutterbuck, 2015.) i/ili (re)integracije grupe u šire društveno okružje. Procjene o tome koje vrste emocija prevladavaju u pojedinim grupama temelje se na podacima koji se prikupljaju analizama društvenih mreža, ispitivanjima javnog mnijenja, obavještajnim aktivnostima, kao i analizama raznih otvorenih izvora (Maybury, 2011.). Estimacije emocionalnih stanja uključuju procjene emocija, uvjerenja, stila kognitivnih prosudbi, bihevioralnih značajki kao što su impulzivne ekspresivne geste, tendencije djelovanja i sl. Na temelju komparativne analize odašlih, semantički i emocionalno anotiranih poruka te njihovog učinka na dominantne emocije ciljane grupe, dovoljno osjetljivi, adaptivni ekspertni sustav može autonomno prilagođavati stimulacijsku strategiju kojom se nastoji utjecati na percepcije, stavove i ponašanja ciljane grupe. Odabrane multimedijske poruke odašilju se putem masovnih medija, ciljajući pritom „srca i umove“ pripadnika ciljane skupine, čiji kognitivni i emoci-

onalni sustavi procesiraju primljene poruke, smještaju ih u odgovarajući povijesni, kulturni i politički kontekst, evaluiraju njihova značenja te iskazuju određene reakcije (Goodall, Trethewey, McDonald, 2006.). Odaslane poruke karakteriziraju odgovarajuća emocionalna svojstva, kao što uroda i pobudenost te semantička svojstva kao što su narativna struktura i sadržaj. Emocionalna i semantička svojstva moraju se fleksibilno integrirati pri čemu je ključno da poanta svake poruke bude naglašena u za to najpogodnije vrijeme (Casebeer, 2015.; Wright, 2015.). Pokazuje se da su najuspješnije kombinacije emocionalnih i semantičkih svojstava one koje mogu brzo postići „rezonanciju“ sa ciljanom publikom te uspostaviti svojevrsnu “transformativnu pozitivnu povratnu vezu” (Tatham, 2008.; Trethewey, Corman, Goodall, 2009.). Na primjer, u kontekstu specifičnih taktika za deradikalizaciju grupa, bivši član radikalne organizacije ISIS UK Adam Deen, koji danas pomaže u borbi protiv ekstremizma, naglašava da „samo nudeći vjerodostojne alternative islamističkim i ekstremističkim interpretacijama Kurana možemo ponovno osvojiti srca i umove vulnerabilnih pojedinaca. U taktičkom smislu potrebno je potpuno zasićenje informacijske sfere takvim alternativnim porukama i interpretacijama. To je jedini put da se zaustave teroristički napadi.“ (Deen, 2016.).

Emocionalno utemeljene strateške komunikacije moguće su i na društvenim mrežama. Postoje razne metode utvrđivanja emocionalnog stanja grupa i populacija na društvenim mrežama kao što su analiza sentimentata (Feldman, 2013.) i analiza afekata (Morris, 2012.). Za sada se takve analize uglavnom provode *a posteriori*, tj. nakon što su se događaji koji ugrožavaju sigurnost, a emocionalno utječu na grupu ili populaciju već dogodili (Choudhari i sur., 2012.; Ringsquandl, Petković, 2013.; Larsen i sur., 2015.). Međutim, danas postoje i alati s mogućnošću prihvata oko 750 tweetova u sekundi pa psihijatar Ian Hickie sa Sveučilišta u Sydneyu u kontekstu praćenja mentalnog zdravlja ističe: „Analize društvenih medija u realnom vremenu mogle bi se razvijati po uzoru na metode motrenja širenja zaraznih bolesti, što bi omogućilo izgradnju sustava za rano upozoravanje i predikciju.“ (citirano u Slezak, 2014.). Rezultati analiza individualnih ili grupnih fluktuacija raspoloženja mogli bi se koristiti za odabir najprikladnijih personaliziranih ili grupno-ciljanih kognitivnih intervencija i programa koji bi se također mogli isporučivati preko društvenih mreža (Venkatesh, Christensen, 2017.). Odabir najprikladnijih poruka i/ili komunikacijskih programa u početku bi provodili eksperti, no s vremenom bi se i taj proces mogao automatizirati. Kao što već postoje sustavi umjetne inteligencije, odnosno kognitivnog računarstva (Modha i sur., 2011.) koji na temelju povijesti bolesti predlažu najprikladnije metode za liječenje pacijenata (Kelly III, 2015.; Chen, Argentinis, Weber, 2016.), moguće je konstruirati sličan sustav koji bi na temelju povijesti emocionalnih fluktuacija, iščitanih iz korisničkih interakcija na društvenim mrežama, predlagao najprikladnije personalizirane ili grupno-ciljane terapijske intervencije (Venkatesh, Christensen, 2017.). U kontekstu emocionalno utemeljenih strateških komunikacija, intervencije preko društvenih mreža obuhvaćale bi, slično ranije opisanim intervencijama putem tradicional-

nih komunikacijskih medija, slanje posebno odabranih multimedijjskih poruka kojima bi se ciljali „srca i umovi“ pripadnika ciljanih grupa i nastojalo postići „rezonanciju“ sa ciljanom publikom što bi omogućilo emocionalnu regulaciju i re-strukturiranje kognitivnih prosudbi članova grupe.

Automatizaciju analiza društvenih mreža omogućuju botovi – virtualni korisnički računari na računalnim mrežama koji pripadaju artificijelnim softverskim agentima, a u mrežne interakcije ulaze poput stvarnih ljudskih korisnika te ih je teško od njih razlikovati (Chu i sur., 2012.; Ferrara i sur., 2016.). Botovi na mrežama općenito obavljaju brojne korisne funkcije: od prikupljanja i analize raznih podataka, uključujući i podatke o sadržaju i drugim karakteristikama društvenih mreža koji su korisni za nacionalnu sigurnost (Bouchard, Joffres, Frank, 2014.) preko prikupljanja i distribucije vijesti za informativne agencije i medije (Lokot, Diakopoulos, 2015.) do asistiranja u financijskim transakcijama (Stevenson, 2015.). Na žalost, botovi se također lako zloupotrebljavaju u manipulativne, špijunske, kriminalne i terorističke svrhe (Wilson, 2008.). Mreže botova, kojima maliciozni pojedinci i skupine nastoje zaraziti druga računala i računalne mreže, nazivaju se botneti i nalaze se na samom vrhu popisa prijetnji nacionalnoj sigurnosti u kibernetičkom prostoru (Rodríguez-Gómez, Maciá-Fernández, García-Teodoro, 2013.; Goodman, 2017.). Izuzetno je teško otkriti tko zapravo upravlja pojedinim botovima i botnetima, kao i tko se koristi podacima koje oni prikupljaju (Ferrara i sur., 2016.). Poput stvarnih, ljudskih korisničkih računara, botovi i botneti mogu dugo vremena biti neaktivni, a onda se iznenada aktivirati, u velikim razmjerima zbog izvršavanja malicioznih zadataka (Echeverria, Zhou, 2017.). Tehnologija botova ima velik potencijal u kontekstu automatizacije analize sadržaja društvenih mreža i odabira prikladnih strateško-komunikacijskih intervencija, ali treba imati na umu da slične metode stoje na raspolaganju i raznim drugim akterima u kibernetičkom prostoru zbog čega stalno treba osmišljavati odgovarajuće protumjere (Stone-Gross i sur., 2009.; Silva i sur., 2013.; Ferrara i sur., 2016.).

U posljednje su vrijeme također intenzivirana istraživanja u kojima se analize društvenih mreža i analize sentimenata (Falk, Brook O'Donnell, Lieberman, 2012.; Brook O'Donnell, Falk, 2015.) te narativne analize (Zak, 2014., 2015.) kombiniraju s metodama utemeljenima na neuroznanstvenim istraživanjima, kako bi se bolje razumjeli procesi koji se odvijaju u mozgu pošiljatelja i u mozgu primatelja poruka u komunikacijskim procesima (Falk i sur., 2013b; Cascio, Scholz, Falk, 2015.). Može se očekivati da će takva istraživanja omogućiti daljnje usavršavanje dosad poznatih metoda komunikacije (Falk, 2012.; Casebeer, 2015.) pa tako i emocionalno utemeljenih strateških komunikacija.

Bilo da se provode u stvarnom ili u virtualnom komunikacijskom prostoru, krajnji je cilj emocionalno utemeljenih strateških komunikacija utjecati na raspoloženja i osjećaje kritične mase pripadnika ciljane grupe tako da pozitivne emocije u grupi

prevladaju nad negativnima, ali i obratno, ako se takav način komunikacije koristi u procesima radikalizacije, odnosno destabilizacije sustava nacionalne sigurnosti. Brzina i intenzitet promjene emocija ovisi o više faktora kao što su prethodna emocionalno obojena uvjerenja i njihova ukorijenjenost unutar ciljane grupe, vidljivost i percipirana signifikantnost pojedinih poruka, način prezentacije poruka ciljanoj grupi, unutarnja dinamika grupe i dr. Dakle, emocionalno utemeljene strateške komunikacije možemo konceptualizirati kao sredstva transformacije dominantno negativnih emocija u dominantno pozitivne, ili obratno, ako je svrha komunikacije emocionalna destabilizacija ciljane grupe.

Sustav nacionalne sigurnosti treba takve emocionalne strateške transformacije koje mogu spriječiti radikalizaciju grupa, odnosno destabilizaciju sustava te ponovno uspostaviti i osigurati stabilnost društva pogođenog krizom. Emocionalno utemeljene strateške komunikacije predstavljaju važan element strategije prevencije i ublažavanja posljedica eskalacije negativnih emocija u društvima pogođenima velikim prirodnim katastrofama, gospodarskim kolapsima ili društvenim krizama, tj. važan element strategije emocionalne regulacije na makro-razini.

5. Zaključci

Sveobuhvatan pristup nacionalnoj sigurnosti, koji uzima u obzir sve nacionalne resurse i instrumente, tj. društvene, političke, vojne, gospodarske, znanstvene, tehnološke, a također i psiho-socijalnu komponentu ljudskih resursa, zaslužuje više pozornosti u odnosu na tradicionalni pristup koji je u prvom redu usredotočen na vojnu moć te može biti kontraproduktivan za cjelovito sagledavanje sustava nacionalne sigurnosti. Stoga smo se u ovom radu usredotočili na ljudski faktor i njegovu rezilijentnost kao važnu sastavnicu sveobuhvatnog pristupa nacionalnoj sigurnosti. Rezilijentnost, kao sposobnost održavanja normalnih funkcija i u uvjetima izloženosti različitim vrstama stresora, može se razmatrati na različitim hijerarhijskim razinama iz perspektiva različitih znanstvenih disciplina. Pozornost je usmjerena prema individualnoj i društvenoj rezilijentnosti i njihovom dubljem razumijevanju koje je gotovo nemoguće bez odgovarajućih multidisciplinarnih i multidimenzionalnih metrika.

Na temelju heterogenih skupova podataka koji uključuju: interakcije između gena i okoline, gensku ekspresiju, neuroendokrine i imunološko-inflamatorne biomarkere; multimodalne fiziološke, akustičke, facijalne i EEG značajke; funkcionalno oslikavanje moždanih aktivnosti; te psiho-socijalne metrike formiraju se prediktivni modeli individualne rezilijentnosti koji se mogu primjenjivati u selekciji pojedinaca za

visoko stresne poslove. Na temelju tih modela mogu se unaprijediti već postojeće metode kognitivno-bihevioralnog treninga za jačanje individualne rezilijentnosti.

Na grupnoj i društvenoj razini rezilijentnost se mjeri pomoću skupova metrika koje se odnose na psihologiju grupa, dominantne grupne emocije i osjećaje, dominantne sadržaje i strukturu društvenih mreža, socio-ekonomski status, makroekonomske indikatore, kulturološke značajke i sl. te se na temelju tih metrika nastoje razvijati prediktivni modeli ponašanja grupa u ekstremnim sigurnosnim uvjetima. Po analogiji s programima treninga za individualnu rezilijentnost, predložili smo koncept emocionalno utemeljenih strateških komunikacija kao vrstu strateških komunikacija temeljenih na pozitivnoj psihologiji, kojima se nastoji mijenjati stil kognitivnih prosudbi te utjecati na mehanizme emocionalne regulacije ciljanih grupa, a u svrhu ublažavanja negativistički obojenih emocionalnih stanja grupe, deradikalizacije i/ili (re)integracije grupe u šire društveno okružje. S rastom aktivnosti pojedinaca i grupa na internetskim društvenim mrežama rastu društvene i gospodarske dobrobiti koje proizlaze iz mrežnih aktivnosti, ali također rastu i prijetnje nacionalnoj sigurnosti. Dostignuti stupanj razvoja informacijsko-komunikacijske tehnologije omogućuje primjenu emocionalno utemeljenih strateških komunikacija na internetskim društvenim mrežama.

Razmatranja individualne, kao i sveukupne društvene rezilijentnosti, ili vulnerabilnosti, pružaju dodanu vrijednost sveobuhvatnijoj analizi sustava nacionalne sigurnosti. Kontinuirana evaluacija i predikcija individualne i društvene rezilijentnosti zaslužuju više interdisciplinarnih napora i istraživanja radi daljnjeg jačanja nacionalne sigurnosti.

Literatura

- Aggarwal, N. K., Cedeño, K., Bhui, K. (2017). The role of psychiatrists in countering violent extremism. *Psychiatric Times*, February 27, 2017.
- Ajdukovic, D., Kimhi, S., Lahad, M. (ur.) (2015). *Resiliency: Enhancing Coping with Crisis and Terrorism*. NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics – Vol. 119. Amsterdam, Netherlands: IOS Press.
- Allenby, B., Fink, J. (2005). Toward inherently secure and resilient societies. *Science* Vol. 309 (August 2005) pp. 1034-1036, Washington, DC, USA: American Association for the Advancement of Science.
- Badkhen, A. (2012). PTSDland. *Foreign Policy* Vol. 195 (September/October 2012) pp. 34-36, Washington, DC, USA: FP Group.
- Baer, L., Greist, J., Marks, I. M. (2007). Computer-aided cognitive behavior therapy. *Psychotherapy and Psychosomatics* Vol. 76(4) pp. 193-195, Basel, Switzerland: Karger.
- Barbrook-Johnson, P., Badham, J., Gilbert, N. (2016). Uses of agent-based modeling for health communication: The TELL ME case study. *Health Communication*, Epub ahead of print, DOI: 10.1080/10410236.2016.1196414, Abingdon, UK: Routledge.

- Barnett, M. D. (2004). Congress must recognize the need for psychological resilience in an age of terrorism. *Families, Systems, & Health* Vol. 22(1) pp. 64-66, Washington, DC, USA: American Psychological Association.
- Bar-Tal, D. (2001). Why does fear override hope in societies engulfed by intractable conflict, as it does in the Israeli society? *Political Psychology* Vol. 22(3) pp. 601-627, Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- Bouchard, M., Joffres, K., Frank, R. (2014). Preliminary analytical considerations in designing a terrorism and extremism online network extractor. U: Mago, V. K., Dabbaghian, V. (ur.), *Computational Models of Complex Systems, Intelligent Systems Reference Library* Vol. 53, pp. 171-184, Berlin, Germany: Springer.
- Bradley, M. M., Lang, P. J. (1999). International affective digitized sounds (IADS): Stimuli, instruction manual and affective ratings. Technical Report B-2. Gainesville, FL, USA: University of Florida
- Brand, J. E., Levy, B. R., Gallo, W. T. (2008). Effects of layoffs and plant closings on depression among older workers. *Research on Aging* Vol. 30(6) pp. 701-721, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Bright, J. (2017). Explaining the emergence of echo chambers on social media: The role of ideology and extremism. arXiv:1609.05003v2 [cs.SI], Ithaca, NY, USA: Cornell University.
- Brook O'Donnell, M., Falk, E. B. (2015). Big data under the microscope and brains in social context: Integrating methods from computational social science and neuroscience. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science* Vol. 659(1) pp. 274-289, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Brudermann, T., Hofer, C., Yamagata, Y. (2016). Agent-based modeling – A tool for urban resilience research? U: Yamagata, Y., Maruyama, H. (ur.), *Urban Resilience*, pp. 135-151, Berlin, Germany: Springer.
- Cartwright, K., El-Khani, A., Subryan, A., Calam, R. (2015). Establishing the feasibility of assessing the mental health of children displaced by the Syrian conflict. *Global Mental Health* Vol. 2:e8, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Cascio, C. N., Scholz, C., Falk, E. B. (2015). Social influence and the brain: Persuasion, susceptibility to influence and retransmission. *Current Opinion in Behavioral Sciences* Vol. 3 (June 2015) pp. 51-57, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Casebeer, W. D. (2015). Thinking about influence across the spectrum of conflict: Neurobiological approaches. U: Giordano, J., DiEuliis, D. (ur.), *White Paper on Social and Cognitive Neuroscience Underpinnings of ISIL Behavior and Implications for Strategic Communication, Messaging, and Influence*, pp. 33-37, Washington, DC, USA: US DoD Strategic Multi-Layer Assessment Office.
- Chemtob, C. M. (2005). Finding the gift in the horror: Toward developing a national psychosocial security policy. *Journal of Aggression, Maltreatment & Trauma* Vol. 10(3/4) pp. 721-727, Haworth, UK: Haworth Press.
- Chen, Y., Argentinis, E., Weber, G. (2016). IBM Watson: How cognitive computing can be applied to big data challenges in life sciences research. *Clinical Therapeutics* Vol. 38(4) pp. 688-701, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Choudhary, A., Hendrix, W., Lee, K., Palsetia, D., Liao, W.-K. (2012). Social media evolution of the Egyptian Revolution. *Communications of the ACM* Vol. 55(5) pp. 74-80, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.
- Chu, Z., Gianvecchio, S., Wang, H., Jajodia, S. (2012). Detecting automation of Twitter accounts: Are you a human, bot, or cyborg? *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing* Vol. 9(6) pp. 811-824, Piscataway, NJ, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Clutterbuck, L. (2015). Deradicalization programs and counterterrorism: A perspective on the challenges and benefits. U: Marret, J.-L., Tol, G. (ur.), *Understanding Deradicalization: Pathways to Enhance Transatlantic Common Perception and Practices*, Washington, DC, USA: Middle East

- Institute; Paris, France: Fondation pour la Recherche Stratégique. Izvor: <http://www.mei.edu/sites/default/files/Clutterbuck.pdf> (Datum zadnjeg pristupa: 10. veljače 2017.)
- Corner, E., Gill, P., Mason, O. (2016). Mental health disorders and the terrorist: A research note probing selection effects and disorder prevalence. *Studies in Conflict & Terrorism* Vol. 39(6) pp. 560-568, Abingdon, UK: Routledge.
- Cutter, S. L., Burton, C. G., Emrich, C. T. (2010). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management* Vol. 7(1):51, Berlin, Germany: De Gruyter.
- Ćosić, K., Popović, S., Jovanović, T., Kukolja, D., Slamić, M. (2007). Physiology-driven adaptive VR system: Technology and rationale for PTSD treatment. *Annual Review of Cybertherapy and Telemedicine* Vol. 5 pp. 179-189, San Diego, CA, USA: Interactive Media Institute.
- Ćosić, K., Slamić, M., Popović, S., Doričić, S. (2008). Interdisciplinary joint approach to suicide prevention of warfighters. U: Wiederhold, B. K. (ur.), *Lowering Suicide Risk in Returning Troops*, NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics – Vol. 42 pp. 75-89, Amsterdam, Netherlands: IOS Press.
- Ćosić, K., Popović, S., Kukolja, D., Horvat, M., Dropuljić, B. (2010a). Physiology-driven adaptive virtual reality stimulation for prevention and treatment of stress related disorders. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* Vol. 13(1) pp. 73-78, New Rochelle, NY, USA: Mary Ann Liebert, Inc.
- Ćosić, K., Popović, S., Kostović, I., Judaš, M. (2010b). Virtual reality adaptive stimulation of limbic networks in the mental readiness training. *Studies in Health Technology and Informatics* Vol. 154 pp. 14-19, Amsterdam, Netherlands: IOS Press.
- Ćosić, K., Popović, S., Fabek, I., Kovač, B., Radoš, M., Radoš, M., Vasung, L., Judaš, M., Kostović, I., Šimić, G. (2012a). Pilot fMRI study of neural activation patterns induced by professional military training. *Translational Neuroscience* Vol. 3(1) pp. 46-50, Berlin, Germany: Springer.
- Ćosić, K., Srblijinović, A., Popović, S., Wiederhold, B. K., Wiederhold, M. D. (2012b). Emotionally based strategic communications and societal stress-related disorders. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* Vol. 15(11) pp. 597-603, New Rochelle, NY, USA: Mary Ann Liebert, Inc.
- Ćosić, K., Srblijinović, A., Popović, S., Kostović, I., Judaš, M., Vukšić, M. (2012c). Extreme political attitudes and emotionally based strategic communications (EBSC). *Journal of US-China Public Administration* Vol. 9(6) pp. 637-653, El Monte, CA, USA: David Publishing.
- Ćosić, K., Popović, S., Horvat, M., Kukolja, D., Dropuljić, B., Kovač, B., Jakovljević, M. (2013). Computer-aided psychotherapy based on multimodal elicitation, estimation and regulation of emotion. *Psychiatria Danubina* Vol. 25(3) pp. 340-346, Zagreb, Croatia: Medicinska naklada.
- Ćosić, K., Popović, S., Kukolja, D., Dropuljić, B., Ivanec, D., Tonković, M. (2016). Multimodal analysis of startle type responses. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* Vol. 129 (June 2016) pp. 186-202, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Deen, A. (2016). I used to be an Islamic extremist. This is the truth about how you can prevent further terror attacks. Independent, July 20, 2016. Izvor: <http://www.independent.co.uk/voices/i-used-to-be-an-islamic-extremist-this-is-the-truth-about-how-you-can-prevent-further-terror-attacks-a7145816.html> (Datum zadnjeg pristupa: 10. veljače 2017.)
- Doran, A. P., Hoyt, G. B., Hiller Lauby, M. D., Morgan III, C. A. (2012). Survival, evasion, resistance, and escape (SERE) training: Preparing military members for the demands of captivity. U: Kennedy, C. H., Zillmer, E. A. (ur.), *Military Psychology: Clinical and Operational Applications*, Second Edition, pp. 306-330, New York, NY, USA: Guilford Press.
- Drapeau, M., Wells II, L. (2009). Social software and national security: An initial net assessment. Report of the Center for Technology and National Security Policy. Washington, DC, USA: National Defense University.
- Echeverria, J., Zhou, S. (2017). The 'Star Wars' botnet with >350k Twitter bots. arXiv:1701.02405v1 [cs.SI], Ithaca, NY, USA: Cornell University.

- Elliott, M., Bishop, K., Stokes, P. (2004). Societal PTSD? Historic shock in Northern Ireland. *Psychotherapy and Politics International* Vol. 2(1) pp. 1-16, London, UK: Whurr Publishers.
- Falk, E. (2012). Can neuroscience advance our understanding of core questions in communication studies? An overview of communication neuroscience. U: Jones, S. (ur.), *Communication @ the Center*, pp. 77-94, New York, NY, USA: Hampton Press.
- Falk, E. B., Brook O'Donnell, M., Lieberman, M. D. (2012). Getting the word out: Neural correlates of enthusiastic message propagation. *Frontiers in Human Neuroscience* Vol. 6: 313, Lausanne, Switzerland: Frontiers Media.
- Falk, E. B., Hyde, L. W., Mitchell, C., Faul, J., Gonzalez, R., Heitzeg, M. M., Keating, D. P., Langa, K. M., Martz, M. E., Maslowsky, J., Morrison, F. J., Noll, D. C., Patrick, M. E., Pfeffer, F. T., Reuter-Lorenz, P. A., Thomason, M. E., Davis-Kean, P., Monk, C. S., Schulenberg, J. (2013a). What is a representative brain? Neuroscience meets population science. *Proceedings of the National Academy of Science* Vol. 110(44) pp. 17615-17622, Washington, DC, USA: National Academy of Sciences.
- Falk, E. B., Morelli, S. A., Welborn, B. L., Dambacher, K., Lieberman, M. D. (2013b). Creating buzz: The neural correlates of effective message propagation. *Psychological Science* Vol. 24(7) pp. 1234-1242, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Feldman, R. (2013). Techniques and applications for sentiment analysis. *Communications of the ACM* Vol. 56(4) pp. 82-89, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.
- Ferrara, E., Varol, O., Davis, C., Menczer, F., Flammini, A. (2016). The rise of social bots. *Communications of the ACM* Vol. 59(7) pp. 96-104, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.
- Free, C., Phillips, G., Galli, L., Watson, L., Felix, L., Edwards, P., Patel, V., Haines, A. (2013). The effectiveness of mobile-health technology-based health behaviour change or disease management interventions for health care consumers: A systematic review. *PLOS Medicine* Vol. 10(1):e1001362, San Francisco, CA, USA: Public Library of Science.
- Gal, R. (2014). Social resilience in times of protracted crises: An Israeli case study. *Armed Forces & Society* Vol. 40(3) pp. 452-475, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Giordano, J. (2012). Neuro-cognitive science and technology: Assessing and affecting social behavior and avoiding Icarus' folly. U: Egan, M., Hardenberg, M. (ur.), *National Security Challenges: Insights from Social, Neurobiological, and Complexity Sciences*, White Volume, pp. 194-199, Washington, DC, USA: US DoD Strategic Multi-Layer Assessment Office.
- Giordano, J., DiEuliis, D. (2015). A concise overview of neurobiological processes involved in aggression and violence. U: Giordano, J., DiEuliis, D. (ur.), *White Paper on Social and Cognitive Neuroscience Underpinnings of ISIL Behavior and Implications for Strategic Communication, Messaging, and Influence*, pp. 15-20, Washington, DC, USA: US DoD Strategic Multi-Layer Assessment Office.
- Goodall B., Trethewey, A., McDonald, S. R., (2006). Strategic ambiguity, communication, and public diplomacy in an uncertain world: Principles and practices. Report #0604, Consortium for Strategic Communication, Hugh Downs School of Human Communication. Tempe, AZ, USA: Arizona State University.
- Goodman, N. (2017). A survey of advances in botnet technologies. arXiv:1702.01132v1 [cs.CR], Ithaca, NY, USA: Cornell University.
- Gouws, J. J. (2011). A soldier's tale: Resilience as a collective, rather than as an individual response to extreme challenge. U: Gow, K. M., Celinski, M. J. (ur.), *Wayfinding through Life's Challenges*, pp. 269-280, New York, NY, USA: Nova Science Publishers.
- Gouws, J. J. (2013). 21st century warfare: Can deployment resilience assist the return to civilian life? U: Gow, K. M., Celinski, M. J. (ur.), *Mass Trauma: Impact and Recovery Issues*, pp. 159-174, New York, NY, USA: Nova Science Publishers.
- Gravenhorst, F., Muaremi, A., Bardram, J., Grünerbl, A., Mayora, O., Wurzer, G., Frost, M., Osmani, V., Arnrich, B., Lukowicz, P., Tröster, G. (2015). Mobile phones as medical devices in mental

- disorder treatment: An overview. *Personal and Ubiquitous Computing* Vol. 19(2) pp. 335-353, Berlin, Germany: Springer.
- Gross, J. J. (2008). Emotion regulation. U: Lewis, M., Haviland-Jones, J. M., Feldman Barrett, L. (ur.), *Handbook of Emotions*, Third Edition, pp. 497-512, New York: Guilford Press.
- Halperin, E., Sharvit, K., Gross, J. J. (2011). Emotion and emotion regulation in intergroup conflict: An appraisal-based framework. U: Bar-Tal, D. (ur.), *Intergroup Conflicts and Their Resolution: Social Psychological Perspective*, pp. 83-103, New York: Psychology Press.
- Hassan, G, Kirmayer, L. J., Mekki-Berrada A., Quosh, C., el Chammay, R., Deville-Stoetzel, J. B., Youssef, A., Jefee-Bahloul, H., Barkeel-Oteo, A., Coutts, A., Song, S., Ventevogel, P. (2015). Culture, Context and the Mental Health and Psychosocial Wellbeing of Syrians: A Review for Mental Health and Psychosocial Support Staff Working with Syrians Affected by Armed Conflict. Geneva, Switzerland: UNHCR.
- Heron, K. E., Smyth, J. M. (2010). Ecological momentary interventions: Incorporating mobile technology into psychosocial and health behaviour treatments. *British Journal of Health Psychology* Vol. 15(1) pp. 1-39, Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- Hollifield, M., Hewage, C., Gunawardena, C. N., Kodituwakku, P., Bopagoda, K., Weeraratne, K. (2008). Symptoms and coping in Sri Lanka 20-21 months after the 2004 tsunami. *British Journal of Psychiatry* Vol. 192(1) pp. 39-44, London, UK: Royal College of Psychiatrists.
- Hurvitz, P. M., Vernez Moudon, A., Kang, B., Saelens, B. E., Duncan, G. E. (2014). Emerging technologies for assessing physical activity behaviors in space and time. *Frontiers in Public Health* Vol. 2:2, Lausanne, Switzerland: Frontiers Media.
- Ingram, R. E., Luxton, D. D. (2005). Vulnerability-stress models. U: Hankin, B. L., Abela, J. R. Z. (ur.), *Development of Psychopathology: A Vulnerability-Stress Perspective*, pp. 32-46, , Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Jarymowicz, M., Bar-Tal, D. (2006). The dominance of fear over hope in the life of individuals and collectives. *European Journal of Social Psychology* Vol. 36(3) pp. 367-392, Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- Kalisch, R., Müller, M. B., Tüscher, O. (2015). A conceptual framework for the neurobiological study of resilience. *Behavioral and Brain Sciences* Vol. 38:e92, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kar, N., Mohapatra, P. K., Nayak, K. C., Pattanaik, P., Swain, S. P., Kar, H. C. (2007). Post-traumatic stress disorder in children and adolescents one year after a super-cyclone in Orissa, India: Exploring cross-cultural validity and vulnerability factors. *BMC Psychiatry* Vol. 7:8, London, UK: BioMed Central.
- Karatsoreos, I. N., McEwen, B. S. (2013). Resilience and vulnerability: A neurobiological perspective. *F1000Prime Reports* Vol. 5:13, London, UK: Faculty of 1000.
- Kelly III, J. E. (2015). *Computing, Cognition and the Future of Knowing: How Humans and Machines are Forging a New Age of Understanding*. Somers, NY, USA: IBM Global Services.
- Kimhi, S., Eshel, Y. (2009). Individual and public resilience and coping with long-term outcomes of war. *Journal of Applied Biobehavioral Research* Vol. 14(2) pp. 70-89, Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- Kivimäki, M., Honkonen, T., Wahlbeck, K., Elovainio, M., Pentti, J., Klaukka, T., Virtanen, M., Vahtera, J. (2007) Organisational downsizing and increased use of psychotropic drugs among employees who remain in employment. *Journal of Epidemiology & Community Health* Vol. 61(2) pp. 154-158, London, UK: BMJ Group.
- Kopal, R., Korkut, D., Krnjašić, S. (2016). Analiza (socijalnih) mreža: praktična primjena. Zagreb: Algebra i IN2data.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. (2005) *International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual*. Technical Report A-6. Gainesville, FL, USA: University of Florida.

- Larsen, M. E., Boonstra, T. W., Batterham, P. J., O'Dea, B., Paris, C., Christensen, H. (2015). We feel: Mapping emotion on Twitter. *IEEE Journal Of Biomedical And Health Informatics* Vol. 19 (4) pp. 1246-1252, Piscataway, NJ, USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Li, X., Dunn, J., Salins, D., Zhou, G., Zhou, W., Schüssler-Fiorenza Rose, S. M., Perelman, D., Colbert, E., Runge, R., Rego, S., Sonecha, R., Datta, S., McLaughlin, T., Snyder, M. P. (2017). Digital Health: Tracking Physiomes and Activity Using Wearable Biosensors Reveals Useful Health-Related Information. *PLOS Biology* Vol. 15(1):e2001402, San Francisco, CA, USA: Public Library of Science.
- Lokot, T., Diakopoulos, N. (2015). News bots: Automating news and information dissemination on Twitter. *Digital Journalism* Vol. 4(6) pp. 682-699, Abingdon, UK: Routledge.
- Luxton, D. D., McCann, R. A., Bush, N. E., Mishkind, M. C., Reger, G. M. (2011). mHealth for mental health: Integrating smartphone technology in behavioral healthcare. *Professional Psychology: Research and Practice* Vol. 42(6) pp. 505-512, Washington, DC, USA: American Psychological Association.
- MacDonald, N., Manfreda, P., Jackson, A., Picardi, M. (2010). Afghanistan: The relationship gap. A Report by the International Council on Security and Development. London, UK: ICOS.
- Masten, A. S., Tellegen, A. (2012). Resilience in developmental psychopathology: Contributions of the Project Competence Longitudinal Study. *Development and Psychopathology* Vol. 24(2) pp. 345-361, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mastors, E. (2015). The psychology of terrorism. U: Vos Fellman, P., Bar-Yam, Y., Minai, A. A. (ur.), *Conflict and Complexity: Countering Terrorism, Insurgency, Ethnic and Regional Violence*, pp. 73-87, New England Complex Systems Institute Book Series, Berlin, Germany: Springer.
- Maybury, M. (2011). Social radar for smart power. U: Schmorow, D., Nicholson, D. (ur.), *Advances in Cross-Cultural Decision Making*, pp. 26-36, Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Meichenbaum, D. (1985). *Stress Inoculation Training*. Elmsford, NY, USA: Pergamon.
- Meichenbaum, D. (2017). *The Evolution of Cognitive Behavior Therapy: A Personal and Professional Journey with Don Meichenbaum*. Abingdon, UK: Routledge.
- Meredith, L. S., Sherbourne, C. D., Gaillot, S., Hansell, L., Ritschard, H. V., Parker, A. M., Wrenn, G. (2011). *Promoting Psychological Resilience in the U.S. Military*. Santa Monica, CA, USA: RAND Corporation.
- Miller, G. (2012). The smartphone psychology manifesto. *Perspectives on Psychological Science* Vol. 7(3) pp. 221-237, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Modha, D. S., Ananthanarayanan, R., Esser, S. K., Ndirango, A., Sherbondy, A. J., Singh, R. (2011). Cognitive computing. *Communications of the ACM* Vol. 54(8) pp. 62-71, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.
- Morris, T. (2012). Extracting and networking emotions in extremist propaganda. U: Memon, N., Zeng, D. (ur.), *Proceedings of the 2012 European Intelligence and Security Informatics Conference, EISIC 2012, Odense, Denmark, 22-24 August 2012*, pp. 53-59, Washington, DC, USA: IEEE Computers Society.
- Moulaert, F. (2014) Molenbeek's emotional geography. Izvor: https://www.academia.edu/12392190/Molenbeek_s_emotional_geography (Datum zadnjeg pristupa: 10. veljače 2017.).
- National Institute of Standards and Technology (2015). *Disaster Resilience Framework, Draft for San Diego, CA Workshop, Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology*. Izvor: https://www.nist.gov/sites/default/files/documents/el/building_materials/resilience/Framework_LineNumbered_75-25_11Feb2015.pdf (Datum zadnjeg pristupa: 10. veljače 2017.).
- NATO (2013). *Strategic Foresight Analysis: 2013 Report*. Norfolk, VA, USA: NATO Headquarters Supreme Allied Command Transformation.
- NATO (2015). *Strategic Foresight Analysis: 2015 Interim Update to the SFA 2013 Report*. Norfolk, VA, USA: NATO Headquarters Supreme Allied Command Transformation.

- Nicodemo, A. (2016). Tweeting terror: Understanding extremism on social media. Tempe, AZ, USA: Arizona State University. Izvor: <https://research.asu.edu/stories/read/tweeting-terror-understanding-extremism-social-media> (Datum zadnjeg pristupa: 20. ožujka 2017.).
- Paleri, P. (2008). National Security: Imperatives and Challenges. New Delhi, India: Tata McGraw Hill.
- Paus, T. (2010). Population neuroscience: Why and how. *Human Brain Mapping* Vol. 31(6) pp. 891-903, Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- Paus, T. (2016). Population neuroscience. U: Rosano, C., Ikram, M. A., Ganguli, M. (ur.), *Neuroepidemiology, Handbook of Clinical Neurology* Vol. 138 (3rd series) pp. 17-37, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Popović, S., Horvat, M., Kukulja, D., Dropuljić, B., Ćosić, K. (2009). Stress inoculation training supported by physiology-driven adaptive virtual reality stimulation. *Studies in Health Technology and Informatics* Vol. 144 pp. 50-54, Amsterdam, Netherlands: IOS Press.
- Reeves, A., McKee, M., Stuckler, D. (2014). Economic suicides in the Great Recession in Europe and North America. *British Journal of Psychiatry* Vol. 205(3) pp. 246-247, London, UK: Royal College of Psychiatrists.
- Ringsquandl, M., Petković, D. (2013). Analyzing political sentiment on Twitter. U: Hovy, E., Markman, V., Martell, C., Uthus, D. (ur.), *Analyzing Microtext: Papers from the 2013 AAAI Spring Symposium*, pp. 40-47, Palo Alto, CA, USA: AAAI Press.
- Rodríguez-Gómez, R. A., Maciá-Fernández, G., García-Teodoro, P. (2013). Survey and taxonomy of botnet research through life-cycle. *ACM Computing Surveys* Vol. 45(4):45, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.
- Rowland, L. A., van den Berg, G. (2012). In Pursuit of a Contextual Diagnostic Approach to Behavior Change Interventions. London, UK: Behavioural Dynamics Institute.
- Russo, S. J., Murrough, J. W., Han, M.-H., Charney, D. S., Nestler, E. J. (2012). Neurobiology of resilience. *Nature Neuroscience* Vol. 15(11) pp. 1475-1484, London, UK: Nature Publishing Group.
- Sallin, K., Lagercrantz, H., Evers, K., Engström, I., Hjern, A., Petrovic, P. (2016). Resignation syndrome: Catatonia? Culture-bound? *Frontiers in Behavioral Neuroscience* Vol. 10:7, Lausanne, Switzerland: Frontiers Media.
- Seligman, M. (2011). Building resilience. *Harvard Business Review* Vol. 89(4) pp. 100-106, Watertown, MA, USA: Harvard Business Publishing.
- Siegel, D. (2012). *The Developing Mind*, Second Edition. New York, NY, USA: Guilford Press.
- Silva, S. S. C., Silva, R. M. P., Pinto, R. C. G., Salles, R. M. (2013). Botnets: A survey. *Computer Networks* Vol. 57(2) pp. 378-403, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Slezak, M. (2014). Tweets map the world's emotional response in real-time. *New Scientist*, May 23, 2014. London, UK: Reed Business Information. Izvor: <https://www.newscientist.com/article/dn25623-tweets-map-the-worlds-emotional-response-in-real-time/> (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017.).
- Southwick, S. M., Pietrzak, R. H., Tsai, J., Krystal, J. H. (2015). Resilience: An Update. *PTSD Research Quarterly* Vol. 25(4) pp. 1-10, White River Junction, VT, USA: National Center for PTSD.
- Speckhard, A. (2011). Modeling psycho-social resilience to terrorism. U: Speckhard, A. (ur.), *Psychosocial, Organizational and Cultural Aspects of Terrorism, Final Report of the NATO Human Factors and Medicine Research Task Group 140, TR-HFM-140*, pp. 15-1-15-10, Brussels, Belgium: NATO Research and Technology Organization.
- Stavridis, J. G. (2007). Strategic communication and national security. *Joint Force Quarterly* Iss. 46 (3rd quarter 2007) pp. 4-7, Washington, DC, USA: NDU Press.
- Stevenson, S. (2015). The wolf of Wall Tweet. Izvor: http://www.slate.com/articles/business/moneybox/2015/04/bot_makes_2_4_million_reading_twitter_meet_the_guy_it_cost_a_fortune.html (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017.).

- Stone-Gross, B., Cova, M., Cavallaro, L., Gilbert, B., Szydłowski, M., Kemmerer, R., Kruegel, C., Vigna, G. (2009). Your botnet is my botnet: Analysis of a botnet takeover. U: Al-Shaer, E., Jha, S., Keromytis, A. D. (ur.), CCS '09 – Proceedings of the 16th ACM Conference on Computer and Communications Security, Chicago, Illinois, USA, November 09–13, 2009, pp. 635-647, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.
- Stroeve, S. H., Everdij, M. H. C. (2017). Agent-based modelling and mental simulation for resilience engineering in air transport. *Safety Science* Vol. 93 (March 2017) pp. 29-49, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Stuckler, D., Basu, S., Suhrcke, M., Coutts, A., McKee, M. (2009). The public health effect of economic crises and alternative policy responses in Europe: An empirical analysis. *Lancet* Vol. 374 pp. 315-323, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Tanielian, T., Jaycox, L. H. (ur.) (2008). *Invisible Wounds of War: Psychological and Cognitive Injuries, Their Consequences, and Services to Assist Recovery*. Santa Monica, CA, USA: RAND Corporation.
- Tapia Granados J. A., Diez Roux A. V. (2009). Life and death during the Great Depression. *Proceedings of the National Academy of Science* Vol. 106(41) pp. 17290-17295, Washington, DC, USA: National Academy of Sciences.
- Tatham, S. (2008). *Strategic Communication: A Primer*. Shrivenham, UK: Defence Academy of the UK.
- Taylor, M. K., Sausen, K. P., Mujica-Parodi, L. R., Potterat, E. G., Yanagi, M. A., Kim, H. (2007). Neurophysiologic methods to measure stress during survival, evasion, resistance, and escape training. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* Vol. 78(5, Suppl.) pp. B224-B230. Alexandria, VA, USA: Aerospace Medical Association.
- Thoma, K., Scharte, B. (2015). Building a resilient society. per *Concordiam – Journal of European Security and Defense Issues* Vol. 6(1) pp. 30-35. Garmisch-Partenkirchen, Germany: Marshall Center.
- Trethewey, A., Corman, S. R., Goodall B. (2009). Out of their heads and into their conversation: Countering extremist ideology. Report #0902, Consortium for Strategic Communication, Hugh Downs School of Human Communication. Tempe, AZ, USA: Arizona State University.
- Tural, U., Coşkun, B., Onder, E., Corapçioğlu, A., Yildiz, M., Kesepara, C., Karakaya, I., Aydin, M., Erol, A., Torun, F., Aybar, G. (2004). Psychological consequences of the 1999 earthquake in Turkey. *Journal of Traumatic Stress* Vol. 17(6) pp. 451-459, Hoboken, NJ, USA: Wiley-Blackwell.
- van Griensven, F., Chakkraband, M., Thienkrua, W., Pengjuntr, W., Lopes Cardozo, B., Tantipiwatnaskul, P., Mock, P. A., Ekassawin, S., Varangrat, A., Gotway, C., Sabin, M., Tappero, J.W. (2006) Mental health problems among adults in tsunami-affected areas in southern Thailand. *JAMA – The Journal of the American Medical Association* Vol. 296(5) pp. 537-548, Chicago, IL, USA: American Medical Association.
- van Rooij, S. J. H., Stevens, J. S., Ely, T. D., Fani, N., Smith, A. K., Kerley, K. A., Lori, A., Ressler, K. J., Jovanovic, T. (2016). Childhood trauma and *COMT* genotype interact to increase hippocampal activation in resilient individuals. *Frontiers in Psychiatry* Vol. 7:156, Lausanne, Switzerland: Frontiers Media.
- Venkatesh, S., Christensen, H. (2017). Using life's digital detritus to feed discovery. *Lancet Psychiatry* Vol. 4 (March 2017) pp. 181-183, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Victoroff, J. (2005). The mind of the terrorist: A review and critique of psychological approaches. *Journal of Conflict Resolution* Vol. 49(1) pp. 3-42, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Vukčević, M., Dobrić, J., Purić, D. (2014). *Study of the Mental Health of Asylum Seekers in Serbia*. Belgrade, Serbia: UNHCR Serbia.
- Wald, I., Fruchter, E., Ginat, K., Stolin, E., Dagan, D., Bliese, P. D., Quartana, P. J., Sipos, M. L., Pine, D. S., Bar-Haim, Y. (2016). Selective prevention of combat-related post-traumatic stress

- disorder using attention bias modification training: A randomized controlled trial. *Psychological Medicine* Vol. 46(12) pp. 2627-2636, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Weehuizen, R. M. (2008). *Mental Capital: The Economic Significance of Mental Health*. Doctoral dissertation. Maastricht, Netherlands: University of Maastricht.
- Wehbe, A. (2016). *The mental health of our national security: Protecting the minds that protect the homeland*. *National Security Law Brief* Vol. 7(1) pp. 83-119, Washington, DC, USA: American University – Washington College of Law.
- Werther, G. F. A. (2014a). Introduction to the AF&S Forum on National/Social Resilience. *Armed Forces & Society* Vol. 40(3) pp. 403-407, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Werther, G. F. A. (2014b). Resilience: Its conceptual links to creating society-specific forecasts about emerging change. *Armed Forces & Society* Vol. 40(3) pp. 428-451, Thousand Oaks, CA, USA: SAGE.
- Wilson, C. (2008). *Botnets, Cybercrime, and Cyberterrorism: Vulnerabilities and Policy Issues for Congress*. Washington, DC, USA: Congressional Research Service.
- Wood, S. K., Bhatnagar, S. (2015). Resilience to the effects of social stress: Evidence from clinical and preclinical studies on the role of coping strategies. *Neurobiology of Stress* Vol. 1 (January 2015) pp. 164-173, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Wright, N. D. (2015). Neuro-cognitive mechanisms of motivation and decision-making. U: Giordano, J., DiEuliis, D. (ur.), *White Paper on Social and Cognitive Neuroscience Underpinnings of ISIL Behavior and Implications for Strategic Communication, Messaging, and Influence*, pp. 21-32, Washington, DC, USA: US DoD Strategic Multi-Layer Assessment Office.
- Zak, P. (2014). *Why your brain loves good storytelling*. Harvard Business Review, October 28, 2014. Watertown, MA, USA: Harvard Business Publishing.
- Zak, P. (2015). *Why inspiring stories make us react: The neuroscience of narrative*. Cerebrum, February 02, 2015. New York, NY, USA: Dana Foundation.

National Security and Resilience of People

Ćosić Krešimir, Srbljinović Armano, Popović Siniša

Faculty of Electrical Engineering and Computing University of Zagreb
kresimir.cosic@fer.hr, armano.srbljinovic@fer.hr, sinisa.popovic@fer.hr

Stronger focus on human component as the cornerstone of the national security system requires more multidisciplinary and interdisciplinary research efforts. In this work the notion of societal resilience is understood as societal capacity to recover quickly from any significant challenges that threaten its functionality and stability, including the challenges to harmonious economic and social development. National security and societal resilience strongly depend on the psychological capacities of the population to successfully cope with unpredictable stressors and maintain normal psychological and physical functioning of the entire society. In our resilience research behavioral characteristics are analyzed on the individual level as products of complex interactions between specific individual and social environment and resilient or vulnerable gene networks. On the basis of such analyses we try to build predictive models of individual resilience based on machine learning over heterogeneous sets of multidisciplinary data. Strengthening individual features of resilience is based on various methods of computer-aided cognitive-behavioral training, which improve individual's cognitive operational abilities and mitigate or eliminate consequences of traumatic stressors. Societal resilience is defined by using sets of metrics that address group psychology, dominant group emotions and feelings, dominant content and structure of social networks, socio-economic status, macroeconomic indicators, cultural features, etc. Based on those indicators, predictive models of group behavior, including predictions of international terrorism as an extreme form of individual and/or group radicalization, are generated. In analogy with individual resilience-building training programs, the concepts of Emotionally Based Strategic Communications (EBSC) have been developed which attempt to change the "(re)appraisal style" of specific groups and influence mechanisms of emotional regulation on the group level. By using Internet social networks new possibilities for application of the Emotionally Based Strategic Communications have been opened.

Key words:

national security, vital human resources, individual and societal resilience, multidisciplinary resilience metrics, estimation and prediction of individual and societal resilience

Nove tehnologije izrade naftnih i plinskih bušotina

Gaurina-Međimurec Nediljka, Pašić Borivoje, Mijić Petar

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
nediljka.gaurina-medjimurec@rgn.hr; borivoje.pasic@rgn.hr; petar.mijic@rgn.hr

Tehnologija izrade bušotina, u funkciji pridobivanja nafte i plina, u sve težim uvjetima koji vladaju u podzemlju, predstavlja velik izazov za naftne inženjere koji takve rizične projekte osmišljavaju i provode uz uvažavanje tehnoloških, ekonomskih i okolišnih zahtjeva.

Većina naftnih i plinskih bušotina je vertikalna i izrađuje se primjenom klasičnog sastava bušaćih alatki. Međutim, bušenjem koso usmjerenih, a posebno horizontalnih bušotina ostvaruju se brojne prednosti te povećava iscrpak ugljikovodika iz postojećih i novih ležišta pa je njihov broj u stalnom porastu.

Dosad su izrađene vertikalne bušotine dubine i preko 12 000 m, kao i usmjerene bušotine kojima je duljina horizontalnog kanala preko 11 000 m.

Izrada takvih bušotina omogućena je zahvaljujući napretku tehnologije materijala i radnih fluida, korištenju uronjenih motora, rotirajućih upravljivih sustava i vršnog pogona te razvoju mjerne opreme koja omogućuje da se tijekom bušenja u realnom vremenu dobivaju podaci neophodni za točno upravljanje putanjom kanala bušotine.

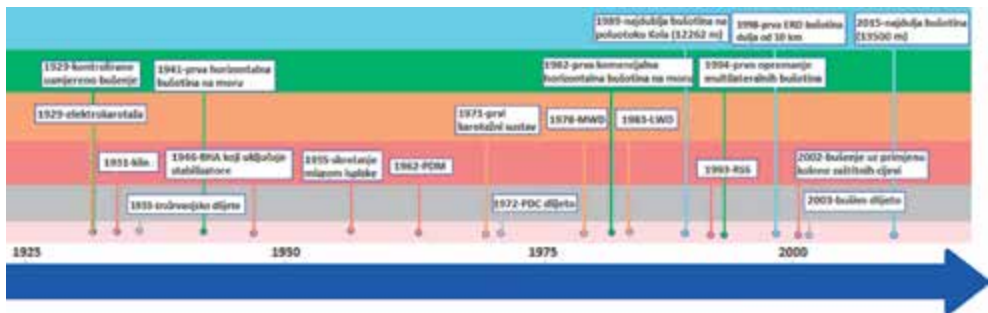
U radu je prikazana tehnologija izrade vertikalnih i usmjerenih bušotina s osvrtom na izradu horizontalnih bušotina velikog dosega, kao i tehnologija bušenja uz pomoć kolone zaštitnih cijevi i bušaćeg lajnera. Nadalje, prikazani su primjeri primjene novih tehnologija u svijetu i postignuti rezultati. Dat je pregled izrađenih bušotina u Republici Hrvatskoj u periodu od 2006. do 2016. godine.

Ključne riječi:

bušenje, vertikalne i horizontalne bušotine, bušotine velikog dosega, bušenje uz primjenu zaštitnih cijevi, rotirajući upravljivi sustav

1. Uvod

Istraživanje i eksploatacija ugljikovodika nisu mogući bez izrade naftnih i plinskih bušotina. Razvojem različitih segmenata unutar tehnologije izrade bušotina postalo je moguće bušenje u sve težim uvjetima kao što su: visoki tlakovi i temperature na dnu bušotine, velike dubine zalijeganja ležišta ugljikovodika, bušenje u dubokim vodama, bušenje kroz djelomično iscrpljena ležišta, bušenje kroz problematične reaktivne naslage, zone gubljenja isplake itd. Primjenom različitih tehnoloških rješenja omogućeno je postizanje smanjenja neproduktivnog vremena tijekom izrade kanala bušotine, a time i ukupnih troškova. Razvoj različitih segmenata tehnologije izrade bušotina prikazan je na slici 1.



Slika 1 – Povijesni razvoj tehnologije bušenja (<http://www.spe.org/industry/history/timeline.php>)

Uvođenjem polikristalinskih dlijeta (*engl. polycrystalline diamond compact (PDC) drill bits*) 1972. godine s PDS reznim elementima koji smanjuju trošenje dlijeta i omogućuju postizanje većeg napretka bušenja (*engl. rate of penetration – ROP*) i



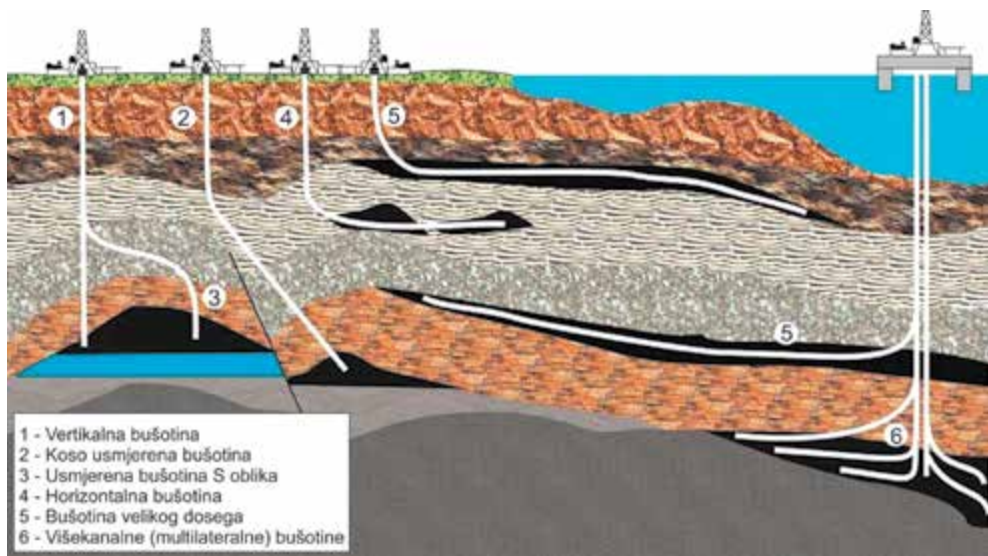
Slika 2 – Različiti tipovi dlijeta
(<http://cnpcbit.manufacturer.globalsources.com>; <http://trenchlesstechnology.com>)

bušivih dlijeta (*engl. drillable casing bit*) (2003. godine) povećana je uspješnost izrade bušotina korištenjem klasičnog niza alatki kao i primjenom kolone zaštitnih cijevi (slika 2) (Gaurina-Međimurec, 2005.; Kerunwa, Anyadiiegwu, 2015.).

Bušiva dlijeta se spajaju s donjim krajem kolone zaštitnih cijevi te su specijalno dizajnirana za izradu vertikalnih i usmjerenih bušotina do konačne dubine u samo jednom spuštanju. Tijelo bušivog dlijeta može biti izrađeno iz mekog čelika ili iz legure bakra i bronce što omogućuje da se ono, nakon dosezanja konačne dubine i cementiranja kolona zaštitnih cijevi, izbuši standardnim PDC dlijetom kojim se nastavlja produbljivanje bušotine, odnosno izrada novog kanala manjeg promjera.

2. Tehnologija izrade naftnih i plinskih bušotina

Istraživanje i eksploatacija ležišta ugljikovodika uključuju izradu i opremanje dubokih naftnih i plinskih bušotina. Izrada vertikalnih bušotina moguća je primjenom klasičnog sastava bušaćih alatki koji obuhvaća dlijeto, teške šipke, stabilizatore, teške bušaće šipke i bušaće šipke. Nakon izrade pojedine dionice kanala bušotine, niz bušaćih alatki izvlači se na površinu te se u bušotinu spušta niz zaštitnih cijevi odgovarajućeg promjera, dok se izacijevni prostor popunjava cementnom kašom. Nakon stvrđnjavanja cementne kaše, odnosno njenog prelaska u cementni kamen određene tlačne čvrstoće bušenje se nastavlja s novim sastavom bušaćih alatki do



Slika 3 – Tipovi bušotina s obzirom na položaj kanala u podzemlju

sljedeće planirane dubine. Vertikalna bušotina omogućava pristup rezervama nafte i plina koje se nalaze na određenoj dubini direktno ispod ušća bušotine te je za eksploataciju ugljikovodika iz prostorno raširenih ležišta potreban velik broj vertikalnih bušotina. Međutim, kanal bušotine može biti otklonjen od vertikale odnosno koso usmjeren ili horizontalan (slika 3). Također, moguće je i iz postojećeg kanala izraditi novi kanal bušotine (*bočne bušotine; engl. re-entry well*) ili više kanala (*više kanalne bušotine; engl. multilateral wells*). Izradom usmjerenih bušotina povećava se duljina kanala koji je u kontaktu s ležištem i/ili povezuje nekoliko odvojenih ležišta. Kod vertikalnih bušotina dubina i duljine kanala su jednake, a kod usmjerenih bušotina duljina kanala (*engl. measured depth – MD*) je veća od njegove vertikalne dubine (*engl. true vertical depth – TVD*). Dubina kanala bušotine je važna za određivanje tlaka na dnu bušotine, a duljina kanala za određivanje duljine bušaćih alatki.

Izrada usmjerenih bušotina, a posebno bušotina sve većeg horizontalnog dosega u stalnom je porastu upravo zahvaljujući razvoju telemetrijskih sustava s prijenosom podataka preko impulsa tlaka isplake (*engl. mud-pulse telemetry*): sklop za mjerenje tijekom bušenja (*engl. Measurement while Drilling – MWD*) 1978. godine i sklop za karotažna mjerenja tijekom bušenja (*engl. Logging while Drilling – LWD*) 1983. godine i primjeni rotirajućih upravljivih sustava (1993. su ih primjenile kompanije Agip i Baker Hughes) čime je omogućeno dosezanje ležišta ugljikovodika koja se ne nalazi direktno ispod ušća bušotine, već daleko od njega (<http://www.spe.org/industry/history/timeline.php>).

Navedene telemetrijske sustave koriste velike naftne kompanije (npr. Halliburton, Schlumberger i dr.), a kod nas je MWD sustav prvi put primijenjen 1993. godine tijekom izrade prve horizontalne bušotine OK – 58 H. Pomoću telemetrijskog sustava mogu se dobiti, u stvarnom vremenu podaci o: (1) položaju kanala bušotine (*engl. directional data*): kut otklona, azimut i položaj lica alata; (2) svojstvima probušeni stijena (*engl. formation evaluation data*): gustoća, radioaktivnost, otpornost, šupljikavost; (3) pokazateljima bušenja (*engl. drilling data*): opterećenje na dlijeto, zaokretni moment, moment savijanja, temperatura, tlak i (4) sigurnosnim parametrima (*engl. safety data*): podaci o naslagama u smislu otkrivanja područja s povećanim slojnim tlakom te otkrivanja dotoka fluida u kanal bušotine. Prednosti dobivenih podataka u realnom vremenu očituju se u sljedećem: (a) bitno se smanjuje rizik prihvata bušaćih alatki, (b) povećava se mehanička brzina bušenja, (c) pravovremeno se otkrivaju naslage s povećanim slojnim tlakom, (d) pravovremeno se uočavaju oštećenja dlijeta ili motora, (e) može se precizno odrediti dubina postavljanja pete kolone zaštitnih cijevi i (f) može se precizno upravljati putanjom kanala bušotine. Sklop za usmjereni bušenje s osnovnim komponentama prikazan je na slici 4.



Slika 4 – Sklop za usmjerenno bušenje s osnovnim komponentama (Glebov et al., 2015)

Većina usmjerenih bušotina ima uvodnu dionicu koja je vertikalna. Na određenoj dubini, koja se zove točka sretanja (*engl. Kickoff point – KOP*), započinje se sa povećanjem kuta otklona i skretanjem kanala bušotine od vertikale u željenom smjeru (azimut kanala), odnosno prema i kroz ležište ugljikovodika.

2.1. Načini skretanja/usmjeravanja kanala bušotine

Tijekom izrade usmjerenih bušotina potrebno je usmjeriti dlijeto u smjeru u kojem se želi bušiti i održavati projektirane parametre putanje kanala bušotine kako bi se postigao konačni cilj izrade bušotine odnosno doseglo ciljano ležište ugljikovodika. Usmjeravanje dlijeta, a time i kanala bušotine može se postići na različite načine odnosno korištenjem:

- klina za skretanje,
- mlaza isplake,
- rotirajućeg dubinskog bušačkog sklopa,
- dubinskog motora i kosog prijelaza te
- rotirajućeg upravljivog sustava.

Klin za skretanje. Klin (*engl. whipstock*) je jedna od najstarijih alatki za skretanje kanala od vertikale, a uveden je u praksu bušenja početkom 1930-tih godina (IADC Drilling Manual, 2015.). Kod korištenja klina bušači sklop se izvlači na površinu, a u bušotinu se ugrađuje klin za skretanje i orijentira u željenom smjeru. Nakon postavljanja klina u bušotinu spušta se alat za izradu zakrivljenog dijela kanala bušotine.

Bušenje mlazom isplake. Skretanje kanala bušotine djelovanjem mlaza isplake (*engl. jetting*) kojim se erodira stijena na dnu kanala učinkovito je samo kod

bušenja mekih naslaga pa se danas rijetko koristi. Tijekom mlaznog bušenja koristi se trožrvanjsko dlijeto s jednom produljenom mlaznicom (*engl. tri-cone jetting bit*) koja se orijentira u željenom smjeru skretanja putanje kanala bušotine.

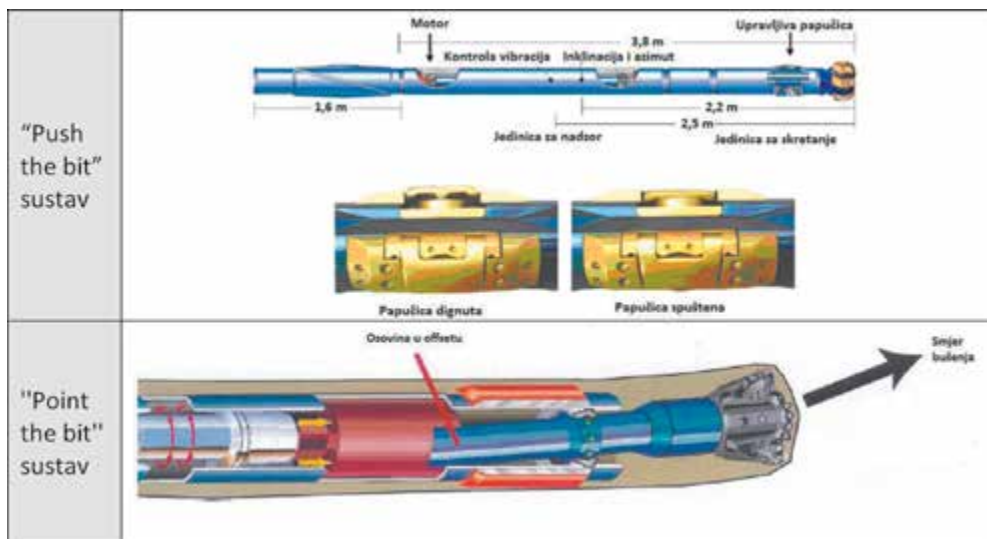
Rotirajući dubinski bušači sklop. Rotirajući dubinski bušači sklop (*engl. bottom hole assembly – BHA*) se sastoji od: dlijeta, teških šipki, stabilizatora, proširivača, prijelaznih komada i drugih alatki koje se nalaze ispod bušačkih šipki. U početcima usmjereno bušenje je uključivalo korištenje jednostavnog dubinskog bušačkog sklopa te se mijenjanjem parametara kao što su: opterećenje na dlijeto (*engl. Weight on bit – WOB*), broj okretaja dlijeta i same geometrije bušačkog sklopa usmjeravalo dlijeto u željenom smjeru (Mantle, 2014). Mijenjanjem pozicije stabilizatora u sastavu dubinskog bušačkog sklopa, mijenja se bočna sila koja djeluje na dlijeto i bušači sklop čime se omogućava povećavanje, smanjenje ili zadržavanje postojećeg kuta otklona. Ovisno koji dio putanje kanala se izrađuje koristi se drugačiji sklop (mijenja se položaj stabilizatora): sklop za povećanje kuta otklona, sklop za zadržavanje kuta otklona ili sklop za smanjenje kuta otklona.

Učinkovitost primijenjenog dubinskog bušačkog sklopa u izradi usmjerenog kanala bušotine ovisi o: krutosti dubinskog bušačkog sklopa, položaju stabilizatora, broju okretaja dlijeta, opterećenju na dlijeto, promjeru bušotine, nagibu kanala bušotine i svojstvima stijena (Mantle, 2014.).

Dubinski motor i kosi prijelaz. Razvojem pouzdanih dubinskih motora (*engl. positive displacement motor – PDM or steerable motor assemblies*) početkom 1960-tih godina došlo je do napretka tehnologije izrade usmjerenih bušotina. Iznad motora se nalazi kosi prijelaz (*engl. bent sub*) (zakrivljena cijev) koji usmjerava dlijeto u smjeru različitom od osi kanala bušotine. Mijenjanjem načina rada iz kliznog u rotirajući može se kontrolirati putanja kanala bušotine te je usmjeriti u željenom smjeru. U kliznom načinu rada (*engl. sliding mode*) dlijeto se najprije usmjeri u željenom smjeru, a zatim se cirkulacijom isplake prenosi snaga na dlijeto bez rotacije bušačkih šipki. Kad se postigne željeni smjer, taj se smjer održava rotiranjem cijelog niza bušačkih alatki (rotirajući način rada – *engl. rotation mode*) pomoću vršnog pogona (*engl. top drive*). Trajektorija kanala bušotine može se precizno pratiti podešavanjem duljine kanala bušene uz klizanje alatki u odnosu na duljinu bušenu uz rotaciju bušačkih alatki. Sila natega je mnogo veća u slučaju kad bušaće šipke ne rotiraju što je slučaj kod ugradnje šipki ili kod usmjerenog bušenja u kliznom načinu rada. Koeficijent trenja uslijed klizanja obično je u rasponu od 0,30 do 0,50, dok je tijekom rotacije znatno manji i iznosi od između 0,03 i 0,07 (Gupta, 2006.). To je ujedno i glavni razlog popularnosti rotirajućih upravljivih sustava.

Rotirajući upravljivi sustav. Rotirajući upravljivi sustavi (*engl. Rotary steerable system – RSS*) uvedeni su u praksu 1993. godine, omogućavaju izradu usmjerenih bušotina uz kontinuiranu rotaciju cijelog niza bušačkih alatki s površine, pri čemu nije potrebno izrađivati bušotinu kliznim načinom. Njihova prednost se očituje u poboljšanom čišćenju kanala bušotine uslijed rotacije, izradi kanala bušotine ujednačenog promjera uz bolju orijentaciju u prostoru (Mantle, 2014.).

Rotirajućim upravljivim sustavom se upravlja na način da se prenosi informacija s površine pomoću oscilacija tlaka u stupcu isplake. Za usmjeravanje putanje kanala bušotine koriste se dvije metode: metoda guranja dlijeta (*engl. Push the bit*) i metoda usmjeravanja dlijeta (*engl. Point the bit*). Kod metode guranja dlijeta iznad dlijeta se nalazi alatka s papučama na vanjskoj strani. Papuče se aktiviranjem odmiču od tijela alatke i oslanjaju o stijenku kanala bušotine te guraju dlijeto na suprotnu stranu uzrokujući promjenu smjera dlijeta odnosno kanala bušotine. Kod metode usmjeravanja dlijeta moguće je mijenjanje smjera dlijeta u odnosu na smjer ostalih alatki savijanjem/otklanjanjem osovine s kojom je dlijeto povezano, a koja se nalazi unutar nerotirajućeg kućišta (slika 5).



Slika 5 – Rotirajući upravljivi sustavi

Prednosti koje se ostvaruju korištenjem rotirajućeg upravljivog sustava u odnosu na bušenje u kliznom načinu rada su (Gupta, 2006):

- manji broj manevara jer se koriste dlijeta s fiksnim rezačima (PDC dlijeta) koja su otpornija od žrvanjskih i imaju dulji radni vijek;

- učinkovito čišćenje kanala bušotine zbog kontinuirane rotacije niza pri većim brzinama, što rezultira manjim otporima protjecanju isplake, većim prijenosom opterećenja na dljeto te mogućnošću izrade kompleksnijih bušotina;
- veću brzinu bušenja zbog manje torzije i natega;
- izradu kanala ujednačenog promjera što olakšava provođenje mjerenja i dobivanje točnijih podataka o stijinama te ugradnju zaštitnih cijevi ili tubinga, a ujedno rezultira i manjom količinom otpadne isplake.

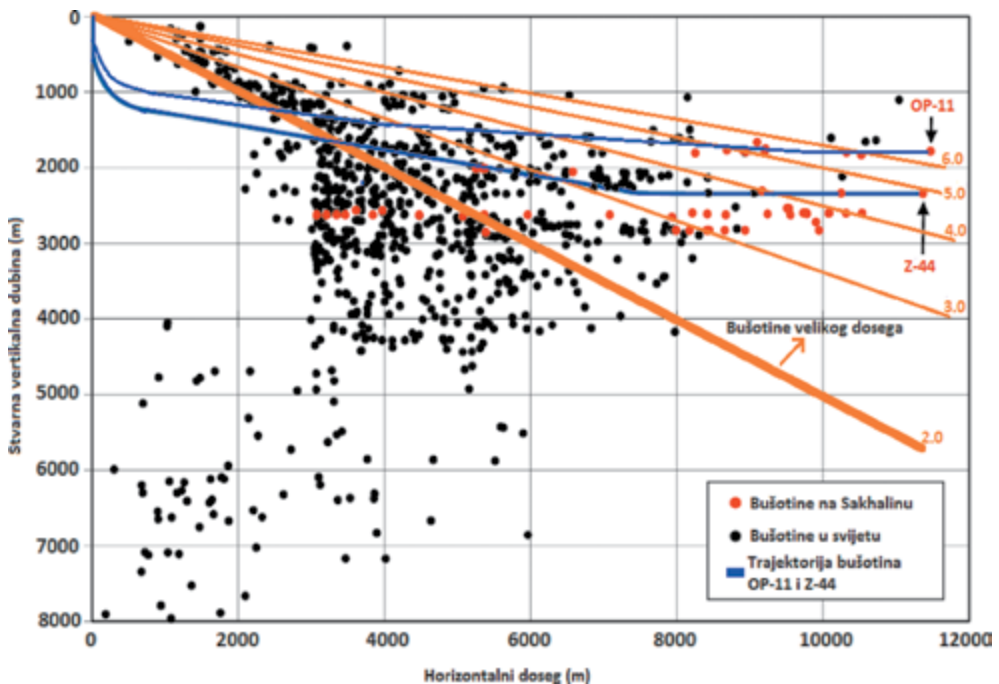
Na tržištu postoji više proizvođača i tipova rotirajućih upravljivih sustava za usmjereno bušenje. Oni uglavnom imaju iste komponente, a razlikuju se u načinu skretanja kanala bušotine. U tablici 1 prikazani su rotirajući upravljivi sustavi različitih proizvođača i njihove karakteristike bitne za proces bušenja.

Tablica 1 – Rotirajući upravljivi sustavi i njihove karakteristike (www.halliburton.com; www.gyroddata.com; www.bakerhughes.com; www.aps-tech.com; www.slb.com/resources)

Kompanija	Schlumberger		APS Technology, Inc.	Gyroddata		Baker Hughes
Model	PowerDrive Orbit 475	PowerDrive Orbit 675	SureSteer-RSS-475	WellGuide RSS	WellGuide RSS	AutoTrak G3
Tip	„Push the bit“			„Point the bit“		Hibrid od „Point the bit“ i „Push the bit“
Vanjski promjer, mm (in)	120,65 (4 3/4)	171,45 (6 3/4)	–	120,65 (4 3/4)	254,00 (10)	209,55 (8 1/4)
Duljina, m	4,11	4,13	–	7,3	9,5	–
Promjer bušotine, mm (in)	146,05 do 171,45 (5 3/4 do 6 3/4)	215,9 do 222,25 (8 1/2 do 8 3/4)	152,4 do 171 (6 do 6 3/4)	149,23 do 171,45 (5 7/8 do 6 3/4)	311,15 do 469,9 (12 1/4 do 18 1/2)	269,87 (10 5/8)
Maksimalni kut otklona, °/30 m	30 klizni 10 rotirajućih	16 klizni 8 rotirajućih	–	12,5	3	6,5
Protok, l/min	640 do 1250	946 do 3590	570 do 1320	1135	4540	1135 do 4880
Maksimalni broj okretaja, min ⁻¹	350	350	200	250	150	400

3. Tehnologija izrade horizontalnih bušotina velikog doseg

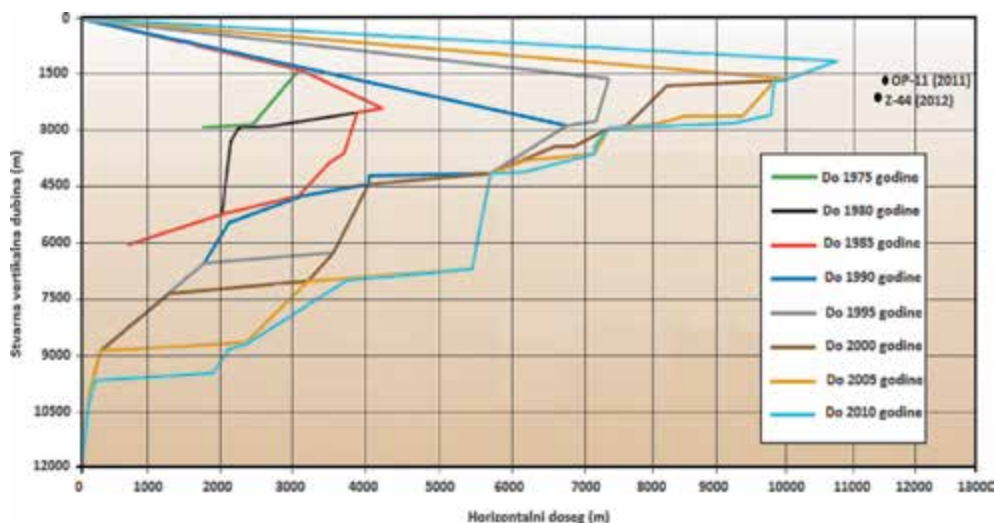
Planiranje i izrada bušotina velikog doseg (engl. *Extended Reach Wells*) su izrazito kompleksni te se zahtijeva istovremena primjena rotirajućih upravljivih sustava i telemetrijskih sustava. Razlozi izrade bušotina velikog doseg su: (1) povezivanje više izoliranih ležišta sa samo jednom bušotinom, (2) dosezanje više rasprostranjenih ležišta s jedne lokacije te (3) izbjegavanje lociranja bušotina u ekološki osjetljivim područjima (Bennetzen i sur., 2010.). Bušotine velikog doseg imaju veliku mjerena duljinu kanala bušotine, danas već preko 13 kilometara, na relativno maloj dubini. Prema definiciji bušotina velikog doseg je svaka bušotina čiji je odnos horizontalnog doseg i stvarne vertikalne dubine veći od 2 (Bennetzen i sur., 2010.; Walker, 2012.). Na slici 6 prikazan je odnos mjerene duljine kanala i stvarne vertikalne dubine kanala bušotine. Trenutno najdulja bušotina velikog doseg u svijetu je bušotina O-14 koja je 2015. godine izbušena u Rusiji u sklopu projekta Sakhalin-1 koji je započeo 2003. godine na polju Chayvo. Duljina kanala bušotine O-14 iznosi 13 500 m s horizontalnim dosegom od 12 033 m. Prije izrade bušotine O-14 bušotine, u sklopu Sakhalin-1 projekta, 9 od 10 izrađenih bušotina imalo je u trenutku izrade najdulji kanal bušotine. U siječnju 2011. na polju Odoptu izbušena je bušotina OP-11 mjerene duljine kanala 12 345 m i horizontalnog doseg 11 479 m.



Slika 6 – Odnos mjerene duljine kanala i stvarne vertikalne dubine kanala bušotine (prema Walker, 2012. i Gupta i sur., 2013.)

Stvarna vertikalna dubina bušotine OP-11 iznosila je 1784 m (Walker, 2012.). Na polju Chayvo 2012. godine izbušena je bušotina Z-44 mjerene duljine kanala 12 376 m i horizontalnog dosega 11 371 m (Gupta i sur., 2013.). U travnju 2013. godine je izbušena bušotina Z-43 mjerene duljine kanala 12 450 m, a u lipnju bušotina Z-42 mjerene duljine kanala 12 700 m i horizontalnog dosega 11 739 m. U travnju 2014. je izbušena bušotina Z-40 mjerene duljine kanala 13 000 m i horizontalnog dosega 12 130 m koja je do izrade bušotine O-14 imala titulu najdulje ikad izbušene bušotine (www.worldoil.com).

Na slici 7 prikazana je povijest izrade bušotina velikog dosega. Može se uočiti kako se razvojem tehnologije povećavala mjerena duljina kanala bušotina uz smanjenje stvarne vertikalne dubine te se danas izrađuju bušotine za koje je karakteristično da je horizontalni doseg i više od 6 puta veći od stvarne vertikalne dubine, npr. za bušotinu OP-11.



Slika 7 – Povijest izrade bušotina velikog dosega (prema Bennetzen i sur., 2010.)

U tablici 2 su prikazani podaci o konstrukciji, načinu izrade i isplaci za bušotine velikog dosega (Meader et al., 2000; Mason i sur., 2003.; Schamp i sur., 2006.; Sonowal i sur., 2009.; Walker, 2012.; Gupta i sur., 2013.; Okot i sur., 2015.; Muñoz i sur., 2015.).

Tablica 2 – Podaci o konstrukciji, načinu izrade i isplaci za bušotine velikog doseg (nastavak) (Schamp i sur., 2006.; Sonowal i sur., 2009.; Walker, 2012.; Gupta i sur., 2013.; Okot i sur., 2015.; Muñoz i sur., 2015.)

Bušotina		tipska	BD-04A	OP-11	Z-44	A	M-1
Polje		Chayvo	Al-Shaheen	Odoptu	Chayvo	Manifa	-
Izvor, godina		Schamp i sur., 2006.	Sonowal i sur., 2009.	Walker, 2012.	Gupta i sur., 2013.	Okot i sur., 2015.	Muñoz i sur., 2015.
Lokacija		Sakhalin, Rusija	Katar	Sakhalin, Rusija	Sakhalin, Rusija	Saudijska Arabija	Saudijska Arabija
KOP (m)		Oko 200	Oko 300	180	-		275
Uvodna kolona	Promjer kolone, mm (in)	473,075 (18 5/8)	508 (20)	473,075 (18 5/8)	473,075 (18 5/8)	473,075 (18 5/8)	473,075 (18 5/8)
	Duljina kolone, m	800	175	800	800	317	275
I tehnička kolona	Promjer kolone, mm (in)	346,075 (13 5/8)	339,725 (13 3/8)	346,075 (13 5/8)	346,075 (13 5/8)	346,075 (13 5/8)	339,725 (13 3/8)
	Duljina kolone, m	3300	900	5254	4551	1490	1850
II tehnička kolona	Promjer kolone, mm (in)	244,475 (9 5/8)	244,475 (9 5/8)	244,475 (9 5/8) lajner	244,475 (9 5/8) lajner	244,475 (9 5/8)	244,475 (9 5/8)
	Duljina kolone, m	7800 do 9600	1485	10758	8883	3411	3375
Proizvodna kolona	Promjer kolone, mm (in)	168,275 ili 177,8 (6 5/8 ili 7) lajner	-	-	-	177,8 (7) lajner	177,8 (7) lajner
	Duljina kolone, m	1300-3200	-	-	-	7262	8608
Duljina kanala (MD), m		9100-11134	12289	12345	12376	8950	11293
Vertikalna dubina (TVD), m		Oko 3000	Oko 1100	1784	Oko 2300	Oko 1200	Oko 2500 m
Nagib tangente, °		76 do 81	-	-	-	-	-
Duljina tangente, m		4500 do 6300	-	-	-	-	-
Dubinski bušaći sklop		RSS	RSS	RSS	RSS	-	RSS
Tip isplake		Uljna	Na bazi vode s malo čestica, nedispergirana	Uljna, sintetička	Uljna, sintetička	Uljna	Uljna

Izrada kanala bušotina velikog doseg a zahtijeva djelotvornu kontrolu kuta otklona i azimuta koji se, uz promjenu kuta otklona, mijenja tijekom izrade kanala bušotine što omogućava operatorima da povežu više ležišta s jednom bušotinom. Jedan od najvećih izazova za izradu bušotina velikog doseg a su velike vrijednosti torzije i natega unutar zakrivljenih dionica kanala bušotine jer, među ostalim, otežavaju ugradnju kolona zaštitnih cijevi u bušotine dulje od 8000 m (Gupta, 2006.). Zbog smanjenja natega tijekom ugradnje kolona zaštitnih cijevi promjera 0,2445 m (9 5/8") i lajnera promjera 0,1778 m (7") u praksu je uvedena metoda ugradnje plutajuće kolona zaštitnih cijevi (*engl. floating collar casing technology*) koja podrazumijeva podjelu niza zaštitnih cijevi u dvije sekcije, gornju ispunjenu isplakom koja daje težinu potrebnu za ugradnje kolone te donju ispunjenu zrakom koja omogućava plutanje kolone (Meader i sur., 2000.; Gupta, 2006.; Munoz, 2015.).

Pravilan odabir tipa isplake i njenih svojstava jedan je od ključnih čimbenika koji utječu na uspjeh izrade bušotina velikog doseg a. Dizajniranje isplake za različite intervale kanala bušotine zahtijeva sveobuhvatan inženjerski pristup radi prevladavanja mogućih problema kao što su: (1) mala razlika između slojnog tlaka i tlaka frakturiranja, (2) otežano održavanje odgovarajuće ekvivalentne cirkulacijske gustoće, (3) neadekvatno iznošenje krhotina razrušenih stijena, (4) povećane vrijednosti torzije i natega, (5) otežano održavanje stabilnosti kanala bušotine, posebno kroz natpritisnute i reaktivne formacije, (6) gubljenje isplake, (7) prihvat alatki, (8) mogućnost taloženja barita u kanalu bušotine i dr. (Gaurina-Međimurec, 1998.; Cameron, 2001.).

Važnost izbora isplake za ispiranje tijekom izrade bušotine velikog doseg a povećava činjenica da će potencijalno problematične formacije u većoj duljini i kroz dulji vremenski period biti izložene isplaci.

Izbor tipa isplake za ispiranje kanala bušotine velikog doseg a je u biti isti kao i za klasične bušotine. U početku se mora napraviti izbor između uljne isplake (na bazi mineralnog ulja) odnosno inverzne emulzijske isplake, sintetičke isplake (na bazi sintetičkih spojeva: esteri, eteri, olefini) i isplake na bazi vode.

Gdje je to moguće, za ispiranje bušotina velikog doseg a poželjno je korištenje inverzne emulzijske isplake. Inverzne emulzijske isplake su uspješno korištene tijekom izrade bušotina velikog doseg a u mnogim područjima svijeta, npr. u Velikoj Britaniji (polje Wytch Farm), Argentini, Meksički zaljev i dr. (Cameron, 2001.). U slučajevima ograničenja u vezi zaštite okoliša koja priječe upotrebu bilo kojeg tipa uljne isplake, treba razmotriti korištenje sintetičke isplake.

Ukoliko ekološka ili logistički ograničenja u potpunosti onemogućavaju korištenje uljne ili sintetičke isplake, mora se izabrati odgovarajući tip isplake na bazi vode (Cameron, 2001.; Gupta, 2006.). Najpogodnije isplake na bazi vode, kada

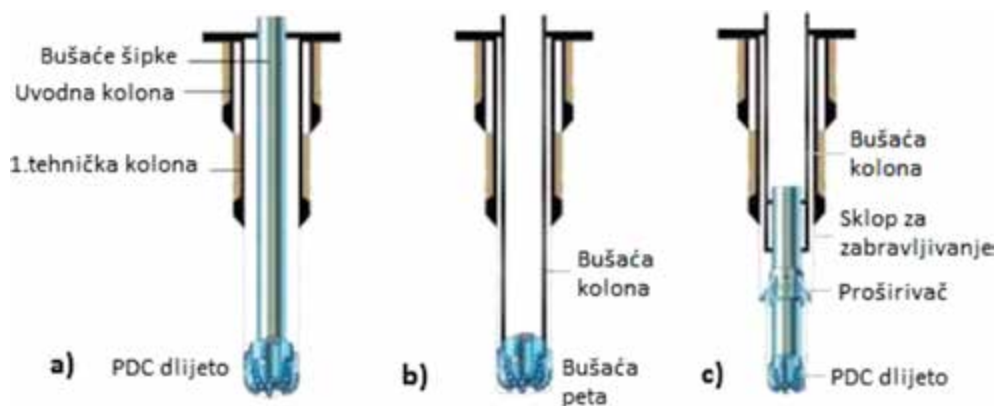
je potrebna inhibicija hidratacije glinovitih stijena, jesu: kalijaska isplaka, ne-dispergirana isplaka, polimerne isplake koji sadrže glikol ili silikate. U ostalim slučajevima, može se uzeti u obzir korištenje polimerne isplake s malo čvrstih čestica ili isplake s miješanim metalnim hidroksidima uz dodatak odgovarajućeg podmazivača (Cameron, 2001.; Gupta, 2006.).

4. Tehnologija bušenja uz primjenu kolone zaštitnih cijevi i bušačeg lajnera

Program izrade bušotina uz primjenu kolone zaštitnih cijevi (*engl. Casing Drilling – CD ili Drilling with Casing – DwC*) započeo je 1999. godine u SAD-u pilot projektima u Wyoming-u (područje Wamsutter-u) koji su provodile kompanije Tesco i British Petroleum. Nakon toga su i druge kompanije (npr. Schlumberger, Weatherford, ...) počele primjenjivati ovu tehnologiju, u početku za izradu vertikalnih, a kasnije i usmjerenih bušotina (Gaurina-Međimurec, 2005.; Gaurina-Međimurec i sur., 2009.; Guna et al. 2008; Bourassa et al., 2008; Zreik et al., 2008; Jianhua et al., 2009; Avery i sur., 2009.; Gallardo i sur., 2010.; Mat Jusoh, Won, 2012.; Chima i sur., 2012.).

Tijekom bušenja uz primjenu kolone zaštitnih cijevi, za razliku od klasičnog bušenja, koristi se standardna kolona zaštitnih cijevi umjesto niza teških i bušačih šipki (slika 8).

Ova tehnologija predstavlja jedno od najvećih unapređenja u procesu bušenja, a obuhvaća istovremeno bušenje i zacjevljenje bušotine. Koristi se za izradu pojedini



Slika 8 – Usporedba konvencionalnog bušačeg niza (a), bušače kolone zaštitnih cijevi s neizvlačivim (b) i izvlačivim sklopom alatki na dnu (c) (<http://www.offshore-mag.com>)

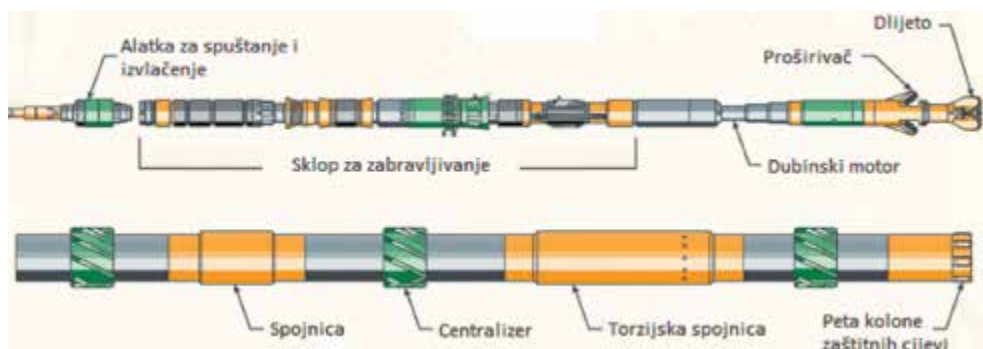
nih dionica kanala bušotine kako bi se riješili različiti bušotinski problemi, ubrzalo vrijeme izrade kanala i smanjili sveukupni troškovi.

Nakon izrade kanala do planirane dubine kolona zaštitnih cijevi se na toj dubini cementira bez njenog izvlačenja.

Na taj način moguće je ostvariti značaju uštedu u vremenu potrebnom za izradu bušotine, odnosno smanjiti troškove njene izrade, jer na sami manevar konvencionalnim bušačim alatkama otpada približno 35% vremena potrebnog za izradu kanala bušotine (Tessari, Madell, 1999.). Bušenje uz primjenu kolone zaštitnih cijevi ima i čitav niz drugih prednosti kao što su: upotreba bušačkih postrojenja manje snage te u skladu s tim manji utrošak goriva za njihov rad, olakšani transport postrojenja na lokaciju, izbjegavanje problema koji se često pojavljuju tijekom bušenja i manevra konvencionalnim bušačim nizom (zaglave, dotok slojnog fluida, gubitak bušotinskog fluida i sl.), bolja stabilnost kanala bušotine te u konačnici smanjenje negativnih utjecaja bušačkih aktivnosti na okoliš (Gaurina-Međimurec, 2005.; Karimi i sur., 2011.).

Najjednostavniji sustav za bušenje uz primjenu zaštitnih cijevi sastoji se od same kolone zaštitnih cijevi opremljene centralizerima te bušivog ili nebušivog dlijeta postavljenog na njeno dno. Bušivo dlijeto (bušiva bušača peta zaštitnih cijevi) se koristi za bušenje mekih do srednje tvrdih stijena i omogućava da se kroz njega nastavi izrada kanala PDC dlijetom manjeg promjera. Nebušiva dlijeta (*engl. non-drillable bits*) su izrađena od tvrdog čelika i koriste se za bušenje tvrdih stijena te se nakon bušenja odvajaju od niza zaštitnih cijevi, odlažu bočno u mišju rupu (*engl. rat-hole*) te trajno ostaju u bušotini (Gaurina-Međimurec, 2005.; Gaurina-Međimurec i sur., 2009.). Do 2005. godine u oko 80% slučajeva bila su korištena nebušiva dlijeta.

Tijekom bušenja uz primjenu kolone zaštitnih cijevi koriste se alatke izvlačive na žici (*engl. wireline-retrievable bottom hole assembly – BHA*) što omogućava zamjenu dlijeta i sklopa alatki na dnu (BHA), jezgrovanje, EK mjerenja i čak usmjereno ili horizontalno bušenje (Gaurina-Međimurec, 2005.). U ovom slučaju sklop alatki na dnu obuhvaća: alatku za spuštanje i izvlačenje (*engl. Running & Retrieving Tool*) sklopa za završljivanje (zaključavanje) (*engl. Drill Lock Assembly – DLA*), profiliranu spojnicu (*engl. Casing Profile Nipple – CPN*), prema potrebi dubinski motor, proširivač (*engl. Underreamer*) i dlijeto (*engl. Casing Bit*) (slika 9). Sklop za završljivanje osigurava mehanički spoj i hidrauličko brtvljenje sa zadnjom zaštitnom cijevi. Sastoji se od: sustava brtvi, aksijalne brave, mehanizma za lociranje, torzijske brave s klinovima koji odgovaraju utorima u profiliranoj spojnici. U tablici 3 prikazani su primjeri izrade bušotina primjenom niza zaštitnih cijevi



Slika 9 – Kolone zaštitnih cijevi s izvlačivim sklopom alatki na dnu
(<http://images.pennwellnet.com/ogj/images/ogj3/9720jte02.gif>)

Tablica 3 – Primjeri izrade bušotina uz primjenu kolone zaštitnih cijevi (Guna i sur., 2008.; Bourassa i sur., 2008.; Zreik i sur., 2008.; Jianhua i sur., 2009.; Avery i sur., 2009.; Gallardo i sur., 2010.; Mat Jusoh & Won, 2012.; Chima i sur., 2012.)

Zemlja (Izvor)	Godina	Bušotina	Tip bušotine	Dubina, m	Promjer zaštitne cijevi, m (in)	Sklop alatki na dnu
Malezija (Guna i sur., 2008.)	2007	Naga Besar 1	Vertikalna (more)	908	0,3397 (13 3/8)	Izvlačiv
Norveška (Bourassa i sur., 2008.)	2007	Eldfisk/2/7B-16A	Usmjerena (more)	1 490 3 684	0,2731 (10 3/4) 0,1969 (7 3/4)	Izvlačiv
Papua Nova Gvineja (Zreik i sur., 2008.)	2008	Korobosea-1	Usmjerena (more)	301	0,2445 (9 5/8)	Izvlačiv
Indonezija (Jianhua i sur., 2009.)	2007	Banuwati A-3	Usmjerena (more)	3 147	0,1778 (7)	Neizvlačiv
Katar (Avery i sur., 2009.)	2008	Idd el Shargi North Dome	Usmjerena (more)	1 400	0,2445 (9 5/8)	Izvlačiv
Peru (Gallardo i sur., 2010.)		Cashiriari (Block 88)	Vertikalna (kopno)	841	0,2445 (9 5/8)	Neizvlačivi (nepovratni)
Malezija (Mat Jusoh & Won, 2012.)	2009	PM-1	Vertikalna (more)	890	0,3397 (13 3/8)	Neizvlačivi (nepovratni)
Saudijska Arabija (Chima i sur., 2012.)	2009	-	Usmjerena (kopno)	1 156	0,3397 (13 3/8)	izvlačivi (povratni)

4.1. Bušenje uz primjenu bušaćeg lajnera

Bušenje uz primjenu bušaćeg lajnera može se odvijati pomoću: (1) lajnera s neizvlačivim, rotirajućim sklopom (*engl. nonretrievable rotating-liner drilling system*) ili (2) lajnera s izvlačivim BHA (*engl. liner drilling system with retrievable bottom hole assembly*) i uz mogućnost usmjeravanja lajnera (*engl. Steerable drilling liner system – SLD*; npr. Sure Trak™ Steerable Drilling Liner).

Sustav za bušenje uz primjenu lajnera s neizvlačivim sklopom alatki na dnu sastoji se od lajnera na čijem se donjem kraju nalazi bušivo lajner dlijeto, dok se na gornjem kraju nalazi hidraulička balansirana vješalica lajnera te paker s hidraulički uravnoteženom profiliranom spojnicom. Ostatak niza bušaćih alatki do površine čine bušaće/teške bušaće šipke koje su s lajnerom povezane pomoću hidraulički uravnoteženog alata za postavljanje.

Kod bušaćeg lajnera s izvlačivim sklopom alatki na dnu nakon bušenja predviđenog intervala lajner se odsjeda u prethodnoj koloni zaštitnih cijevi, a sam sklop alatki na dnu pomoću bušaćeg niza izvlači na površinu. U oba slučaja maksimalna dubina bušenja određena je položajem vješalice lajnera na nizu bušaćih alatki.

U tablici 4 prikazani su primjeri izrade bušotina uz primjenu bušaćeg lajnera.

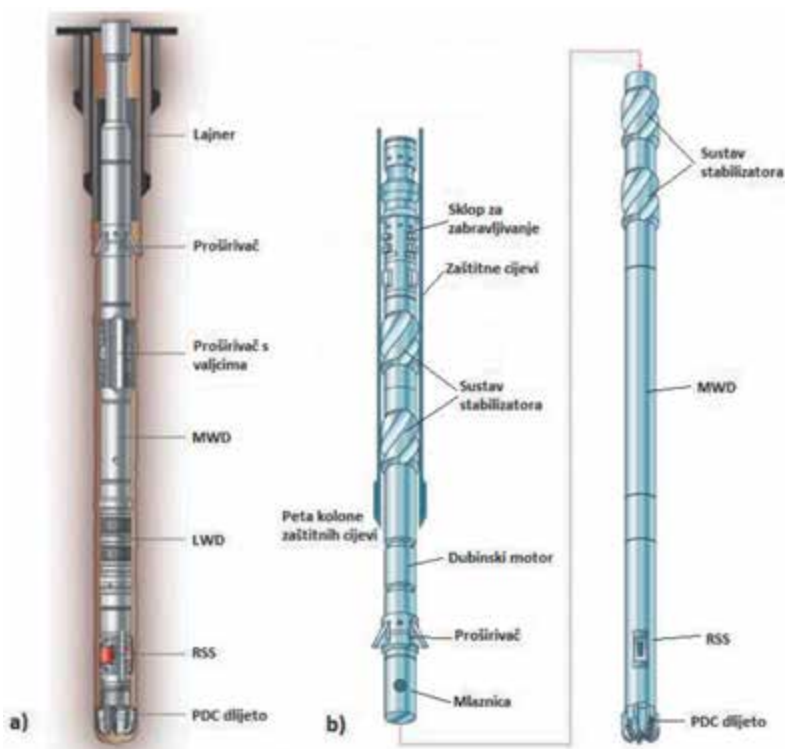
Tablica 4 – Primjeri izrade bušotina uz primjenu bušaćeg lajnera (Billa i sur., 2006.; Kunning i sur., 2009.; Eriksen i sur., 2011.; Rosenberg i sur., 2014.)

Korišteni sklop					
Izvor	Kompanija	Lokacija	Promjer prethodne kolone, mm (in.)	Promjer lajnera, m (in.)	Dubina izbušena lajnerom, m (ft)
Neizvlačivi rotirajući sklop					
Kunning et al., 2009.	Baker Hughes	Meksički zaljev, Walker Ridge	269,88 (10 5/8)	0,244 (9 5/8)	189,89 (MD) (od 7912,91 do 8102,80)
Rosenberg et al., 2014.	Weatherford	Meksički zaljev, Mississippi Canyon, na moru	339,73 (13 3/8)	0,250 (9 7/8)	93,27 (MD) (od 3947,1 do 4040,4)
Nezvlačivi BHA					
Billa et al., 2006.	Shell, Hughes, Christiansen i Baker Oil Tool	Južni Teksas	193,68 (7 5/8)	0,127 (5)	142,65 (TD)
Izvlačivi BHA					
Eriksen et al., 2011.	Tesco Corporation, Tenaris	Schlumberger Cameron Texas Facility (CTF)	339,73 (13 3/8)	0,244 (9 5/8)	270,36 (MD) (od 704,09 do 974,45)

4.2. Izrada usmjerenih bušotina uz primjenu zaštitih cijevi ili bušačeg lajnera

Osim vertikalnih, primjenom zaštitnih cijevi ili bušačeg lajnera moguće je izrađivati koso usmjerene i horizontalne bušotine pri čemu izvlačivi sklop alatki na dnu sadržava, osim ranije nabrojene opreme, i rotacijski upravljivi sustav (*RSS*), sklop za mjerenje tijekom bušenja (*MWD*) te sklop za karotažna mjerenja tijekom bušenja (*LWD*).

Na slici 10a prikazan je sklop alatki za usmjereno bušenje primjenom bušačeg lajnera, dok je na slici 10b prikazan sklop alatki za usmjereno bušenje primjenom zaštitih cijevi.



Slika 10 – Sastav za izradu usmjerenih bušotina uz primjenu lajnera (a) (<http://www.slb.com>) te uz primjenu zaštitnih cijevi (b) (Fontenot i sur., 2005.)

5. Tehnologija izrade bušotina u Republici Hrvatskoj

Istraživanje i eksploatacija ugljikovodika u Republici Hrvatskoj ima bogatu povijest i odvija se već desetljećima te na kopnu traje preko 60 godina, a na moru preko 40 godina. Do sada je izrađeno oko 4500 istražnih i razradnih bušotina. Od toga je

trenutno oko 1200 eksploatacijskih naftnih bušotina i oko 200 eksploatacijskih plinskih bušotina (<http://www.azu.hr/hr-hr/e-p>). Izradu bušotina uglavnom izvodi kompanija Crosco – član INA grupe koja je izbušila preko 4000 bušotina ukupne duljine preko 6 300 000 m, a posjeduje 11 kopnenih bušačkih postrojenja tipa National, Emsco, Midco, Ideco, Skytop te jednu samopodizujuću bušaću platformu (*engl. jack up rig*) – Labin. Maksimalni kapacitet izrade bušotina je do 8000 m ovisno o postrojenju (<http://crosco.com/servisi/busenje/>).

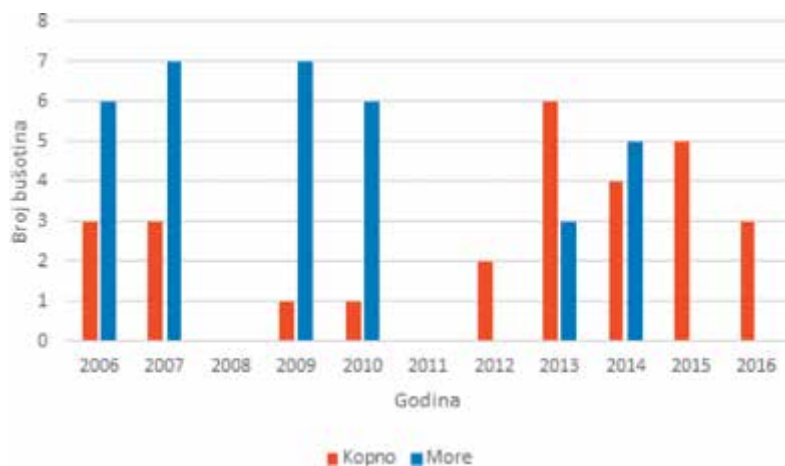
Na kopnu RH, u Panonskom bazenu, istražnim bušenjem otkriveno je 1917. godine prvo plinsko polje – Bujavica, a 1941. godine i prvo naftno polje – Gojlo. Hrvatska trenutno ima 57 eksploatacijskih polja ugljikovodika na kopnu i tri eksploatacijska polja ugljikovodika na moru („Sjeverni jadransko“, „Izabela“ i „Marica“) (<http://www.azu.hr/hr-hr/e-p>). U razdoblju od 1952. godine (od osnutka Naftaplina) do danas u Hrvatskoj je opremljeno i pušteno u rad 45 naftnih (Beničanci, Stružec, Žutica, Šandrovac, Ivanić, Lipovljani, Jamarice, Đeletovci, Jagnjedovac, Bilogora...) i 30 plinskih polja (Molve, Bokšić, Kalinovac, Stari Gradac, Okoli...).

Na području Jadranskog mora povijest istraživanja i eksploatacije ugljikovodika traje preko 45 godina. Bušenje hrvatskog dijela sedimentnog bazena jadranskog podmorja započelo je izradom bušotine Jadran-1, nasuprot Dugog otoka, 1970. godina s bušaće platforme „Neptun“, nastavljeno izradom bušotina s platforme „Panon“ (bušotina Jadran-11, 1977. godine) te kasnije intenzivirano izradom bušotina s poluuronjive platforme „Zagreb 1“ (od 1981. godine) i platforme „Labin“ (od 1983. godine). Istražnom bušotinom Jadran 6 otkriveno je 1973. godine polje Ivana, prvo i ujedno najveće plinsko polje na području Jadranskog mora. Od 1999. godine iz plinskih ležišta hrvatskog dijela jadranskog podmorja pridobiva se prirodni plin.

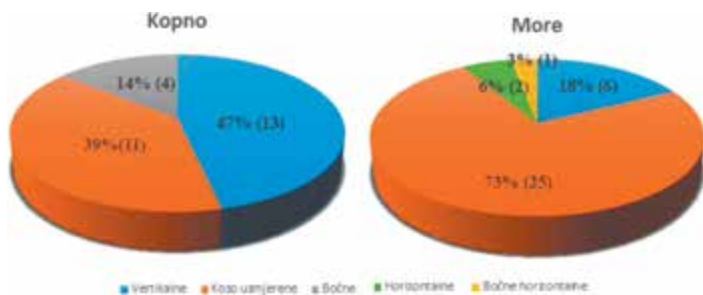
Za potrebe ovog rada napravljena je analiza bušotina koje se izrađene u RH u posljednjih deset godina, odnosno u periodu od 2006. do 2016. godine. U navedenom 10-godišnjem razdoblju izbušeno je ukupno 62 bušotine, 28 na kopnu i 34 na moru (slika 11). U 2008. i 2011. godini nije izrađena niti jedna bušotina.

Udjel pojedinog tipa bušotine u broju izrađenih bušotina na kopnu i moru prikazan je na slici 12. U razmatranom periodu na kopnu su bile najzastupljenije vertikalne bušotine (13 bušotina), zatim usmjerene bušotine (11 bušotina), a izrađene su i četiri bočne (re-entry) bušotine iz postojećeg kanala. Tijekom 10-godišnjeg razdoblja na kopnu nije izrađena niti jedna horizontalna bušotina. Na moru je izrađeno najviše koso usmjerenih bušotina (25 bušotina), 6 vertikalnih, 2 horizontalne i 1 bočna horizontalna.

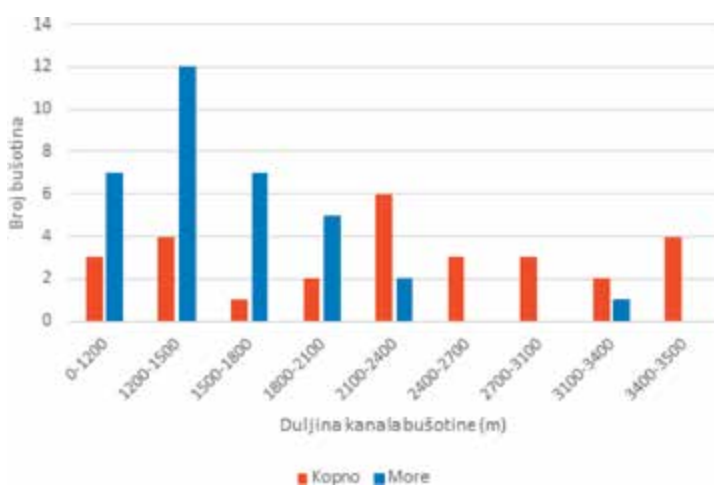
Ukupna duljina svih izbušenih kanala (62 bušotine) od 2006. do 2016. godine iznosi 117 087,9 m, od čega duljina bušotinskih kanala na kopnu iznosi 64 471,89 m, a na moru 52 616 m. Usporedni prikaz broja bušotina u odnosu na duljinu njihova kanala prikazan je na slici 13.



Slika 11 – Broj izbušenih bušotina na kopnu i moru u RH u razdoblju od 2006. do 2016. godine



Slika 12 – Udjel pojedinog tipa bušotine u ukupnom broju bušotina u RH izrađenih na kopnu i moru u razdoblju od 2006. do 2016. godine



Slika 13 – Usporedni prikaz broj bušotina u odnosu na duljinu njihova kanala u razdoblju od 2006. do 2016. godine

Dublje bušotine su zastupljenije na kopnu nego na moru. Razlog tome su veće dubine zalijeganja ležišta na kopnu koja su probušena razmatranim bušotinama.

Na temelju analiziranih podataka o bušotinama, može se zaključiti da su bušotine na kopnu, ovisno o dubini, u pravilu zacjevljene s tri (uvodna, tehnička i proizvodna/lajner kolona) ili četiri (uvodna, 1. tehnička, 2. tehnička i proizvodna/lajner kolona) kolone zaštitnih cijevi (tablica 5). Bušotine na moru u pravilu su zacjevljene s tri (uvodna, tehnička i proizvodna/lajner kolona) kolone zaštitnih cijevi (tablica 6).

Tablica 5 – Podaci o konstrukciji bušotina, dubinskom bušačem sklopu i isplaci na kopnu u razdoblju od 2006. do 2016. godine

Uvodna kolona	Promjer, mm (in) / tip dljijeta	660,4 (26) / žrvanjsko	444,5 (17 1/2) / žrvanjsko
	Promjer kolone, mm (in)	508 (20)	339,725 (13 3/8)
	Sastav alata za izradu kanala za uvodnu kolonu	Klasični BHA	
1. Tehnička kolona	Promjer, mm (in) / tip dljijeta	444,5 (17 1/2) / žrvanjsko i PDC	311,15 (12 1/4) / žrvanjsko
	Promjer kolone, mm (in)	339,725 (13 3/8)	244,475 (9 5/8)
	Sastav alata za izradu kanala za 1. tehničku kolonu	Klasični BHA ili PDM uz MWD/LWD	
2. Tehnička kolona	Promjer, mm (in) / tip dljijeta	311,15 (12 1/4) / žrvanjsko i PDC	-
	Promjer kolone, mm (in)	244,475 (9 5/8)	-
	Sastav alata za izradu kanala za 2. tehničku kolonu	Klasični BHA ili PDM uz MWD/LWD	-
Proizvodna kolona	Promjer, mm (in) / tip dljijeta	215,9 (8 1/2) / žrvanjsko i PDC	
	Promjer kolone, mm (in)	139,7 (5 1/2) ili 177,8 (7)	
	Sastav alata za izradu kanala za proizvodnu kolonu	Klasični BHA ili PDM uz MWD/LWD	
Lajner ili otvoreni kanal (ako postoje)	Promjer, mm (in) / tip dljijeta	149,225 (5 7/8) / žrvanjsko i PDC ili 95,25 (3 3/4) / žrvanjsko i PDC	
	Promjer kolone ili otvorenog kanala, mm (in)	114,3 (4 1/2) lajner, open hole promjer kao i dljijeto	
	Sastav alata za izradu kanala za lajner ili otvoreni kanal	Klasični BHA ili PDM uz MWD/LWD	
Tip isplake/gustoća (kg/m ³)	uvodna	Bentonitna suspenzija	
	1. tehnička	Obradena bentonitna suspenzija, rijetko polimerna	
	2. tehnička	KCl/polimerna	
	proizvodna	KCl/polimerna, Drill in	
	lajner	KCl/polimerna, Drill in	
Izvođač radova	Crosco		

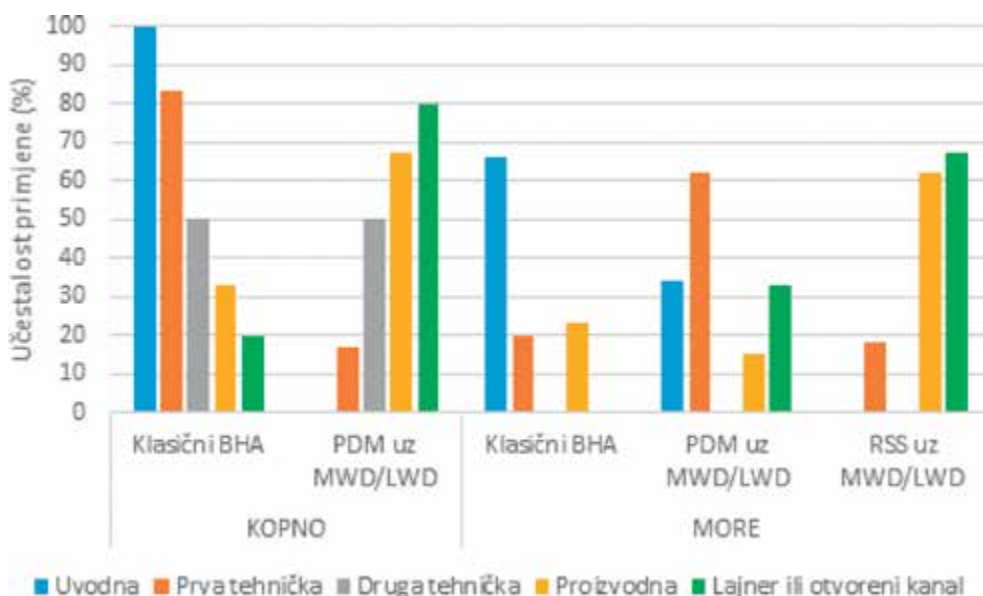
Tablica 6 – Podaci o konstrukciji bušotina, dubinskom bušačem sklopu i isplaci na moru u razdoblju od 2006. do 2016. godine

Uvodna kolona	Promjer, mm (in) / tip dlijeta	406,4 (16) / žrvanjsko
	Promjer kolone, mm (in)	339,725 (13 3/8)
	Sastav alata za izradu kanala za uvodnu kolonu	Klasični BHA ili PDM uz MWD/LWD
Tehnička kolona	Promjer, mm (in) / tip dlijeta	311,15 (12 1/4) / žrvanjsko i PDC
	Promjer kolone, mm (in)	244,475 (9 5/8)
	Sastav alata za izradu kanala za tehničku kolonu	Klasični BHA ili PDM uz MWD/LWD ili RSS uz MWD/LWD
Proizvodna kolona	Promjer, mm (in) / tip dlijeta	215,9 (8 1/2) / PDC
	Promjer kolone, mm (in)	177,8 (7)
	Sastav alata za izradu kanala za proizvodnu kolonu	RSS uz MWD/LWD
Lajner ili otvoreni kanal (ako postoje)	Promjer, mm (in) / tip dlijeta	155,575 (6 1/8) / žrvanjsko i PDC
	Promjer kolone ili otvorenog kanala, mm (in)	127 (5) lajner, open hole promjer kao i dlijeto
	Sastav alata za izradu kanala za lajner ili otvoreni kanal	PDM uz MWD/LWD ili RSS uz MWD/LWD
Tip isplake/ gustoća (kg/m ³)	uvodna	Bentonitna suspenzija
	tehnička	Polynox (Halliburton)
	proizvodna	Polynox (Halliburton)
	lajner	Drill in
Izvođač radova		Crosco

Na slici 14 prikazana je učestalost korištenja pojedinog dubinskog bušačkog sklopa za izradu pojedinih intervala kanala bušotine.

Na temelju podataka prikazanih na slici 13 može se zaključiti da je klasični dubinski bušači sklop (BHA) korišten za bušenje kanala za ugradnju uvodne kolone na kopnu u svim bušotinama, a na moru u 66% bušotina (u 34% bušotina je korišten dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD).

Za bušenje kanala za ugradnju 1. tehničke kolone na kopnu korišteni su dubinski bušači sklop (83% bušotina) i dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (17% bušotina), a za bušenje kanala za ugradnju 2. teh-



Slika 14 – Učestalost primjene pojedinog dubinskog bušačkog sklopa za izradu pojedinih intervala kanala bušotine

ničke kolone na kopnu korišteni su dubinski bušači sklop (50% bušotina) i dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (50% bušotina).

Na moru su za bušenje kanala za ugradnju tehničke kolone korišteni: dubinski bušači sklop (20% bušotina), dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (62% bušotina) i rotirajući upravljivi sustav (RSS) s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (18% bušotina).

Na moru su za bušenje kanala za ugradnju proizvodne kolone korišteni: dubinski bušači sklop (23% bušotina), dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (15% bušotina) i od 2009. godine rotirajući upravljivi sustav (RSS) s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (62% bušotina), dok je na kopnu u 33% bušotina korišten klasični dubinski bušači sklop, a u 67% bušotina dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD).

Na moru su za bušenje kanala kroz ležište u koji je ugrađen lajnera (u nekim bušotinama je ostavljen nezacijevljen taj dio kanala bušotine) korišteni: dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (33% bušotina) i rotirajući upravljivi sustav (RSS) s mjernim sklopovima (MWD/LWD) (67% bušotina), dok je na kopnu u 20% bušotina korišten klasični dubinski bušači sklop, a u 80% bušotina dubinski motor (PDM) u kombinaciji s mjernim sklopovima (MWD/LWD).

6. Zaključci i preporuke

Rastuća svjetska populacija te intenzivan industrijski razvoj nameću kontinuiranu potrebu za osiguravanjem dodatnih izvora energije što za posljedicu ima kontinuirano istraživanje novih područja sa ciljem pronalaska novih ležišta i povećanja rezervi ugljikovodika. Nova istražna područja zahvaćaju područja koja su do sada bila slabo ili gotovo uopće neistražena (npr. Arktički pojas) i/ili područja čije je istraživanje bilo preskupo zbog složenih i zahtjevnih uvjeta (npr. visoki tlak ili temperatura, problemi sa stabilnošću kanala bušotine, male debljine ležišta, velike dubine mora i dr.). Kako bi se prevladali navedeni problemi, naftna industrija ulaže napore u kontinuirani razvoj novih tehnologija poput onih obrađenih u ovom radu. Međutim, svaka nova tehnologija bušenja ima svoje prednosti, ali i ograničenja u primjeni jer se očekuje da, uz ispunjenje tehnoloških zahtjeva, bude ekonomski isplativa i ekološki prihvatljiva, a ujedno zahtijeva i ponešto drugačiji pristup bušenju i projektiranju bušotina (projektiranje složenih putanja kanala bušotine, modeliranje natega i torzije, procjenu stabilnosti kanala bušotine, kontinuirani razvoj opreme, materijala i fluida, analizu rizika i sl.).

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu kontinuirano nadograđuje svoj nastavni program na studiju naftnog inženjerstva novim spoznajama u području tehnologije bušenja, kako u teoretskom smislu tako i kroz analizu literaturno dostupnih primjera primjene novih tehnologija u praksi. Na taj način studenti se osposobljavaju da se što lakše i brže uključe u praksu i implementiraju stečena teoretska znanja.

Opisane nove tehnologije izrade kanala bušotine primjenjuju se u specifičnim uvjetima, odnosno u slučajevima u kojima je to tehnološki, ekonomski i ekološki opravdano. Budući da se u Republici Hrvatskoj bušenje u zadnjih desetak godina odvija u područjima koja su relativno dobro istražena, uglavnom se primjenjuju klasične tehnologije izrade kanala bušotine koje su se dokazale u praksi. To je ujedno i temeljni razlog zašto neke od u radu opisanih specifičnih tehnologija izrade naftnih i plinskih bušotina nisu do sada primjenjivane na području Republike Hrvatske. Međutim, iz analiziranih podataka o izrađenim bušotinama u periodu od 2006. do 2016. godine vidljivo je da naftni inženjeri, u određenoj mjeri, prate razvoj tehnologije i njene rezultate primjenjuju u praksi pogotovo kod izrade bušotina na moru.

7. Zahvala

Zahvaljujemo se kompaniji INA – Industrija nafte, d.d. na ustupljenim podacima o bušenju u RH u razdoblju od 2006. do 2016. godine.

Literatura

1. Avery, M., Stephens, T., Al-Hadad, A.K., Turki, Mounir, Abed, M. (2009). High Angle Directional Drilling With 9 5/8-in. Casing in Offshore Qatar. SPE/IADC 119446, SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 1-10.
2. Bennetzen, B., Fuller, J., Isevcan, E., Krepp, T., Meehan, R., Mohammed, N., Poupeau, J-F., Sonowal, K. (2010). Extended-Reach Wells. *Oilfield Review*, 22(3), str. 4-15.
3. Billa, R., Watkins, D., Weissman, M., Clark, L., McClain, E., Sessions, J., Evans, K. (2006). Reducing Well Cost Utilizing Liner-Drilling Operations in South Texas. IADC/SPE 99110, IADC/SPE Drilling Conference, Miami, Florida, SAD, 1-16.
4. Bourassa, K., Husby, T., Watts, R., Oveson, D., Warren, T., Bjornneli, H.M., Lesso, B., Sunde, F. (2008). A Case History of Casing Directional Drilling in the Norwegian Sector of the North Sea. IADC/SPE 112560, IADC/SPE Drilling Conference, Orlando, Florida, SAD, 1-14.
5. Cameron, C. (2001). Drilling Fluids Design and Management for Extended Reach Drilling, IADC/SPE 72290, IADC/SPE Middle East Drilling Technology, Bahrain, 1-7.
6. Chima, J., Zhou, S., Al-Hajji, A., Okot, M., Sharif, Q. J., Clark, D., Oveson, D., Moellendick, E., Holt, C., Neidhardt, D. (2012). Casing Drilling Technology Application: Case Histories from Saudi Arabia. SPE 160857, SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition, Al-Khobar, Saudi Arabia, 1-18.
7. Eriksen, E., Herrera, D., Moffitt, M., Jordan, G. R., Mazzaferro, G. (2011). Liner Drilling with a Multi-Set Liner Hanger. SPE/IADC 148607, SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition, Muscat, Oman, 1-17.
8. Fontenot, K. R., Lesso, B., Strickler, R. B., & Warren, T. M. (2005). Using casing to drill directional wells. *Oilfield Review*, Summer, str. 44-61.
9. Gallardo Falero, H., Cassanelli, J. P., Barrett, S., Romero, P. D., & Mufarech Rey, A. (2010). Casing-Drilling Technology (CwD) Mitigates Fluid Losses In Peruvian Jungle. SPE 139065, SPE Latin American & Caribbean Petroleum Engineering Conference, Lima, Peru, 1-11.
10. Gaurina-Medimurec, N. (1998). Horizontal Well Drill-In Fluids, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Vol.10, Zagreb, 73-76.
11. Gaurina-Medimurec, N. (2005). Casing Drilling Technology, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Vol.17, Zagreb, 19-26.
12. Gaurina-Medimurec, N., Pašić, B., Matanović, D., Simon, K., Malnar, M., Moslavac, B. (2009). Casing Drilling: Advantages and Limitations. 5. Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom gospodarstvu „Imaju li nafta i plin energetsku zamjenu u ovom stoljeću?“, Šibenik, Hrvatska, 1-12.
13. Glebov, E., Shokarev, I., Gulov, A., Zhudov, A., Dymov, S., Dobrokhleb, P., Kretsul, V., Zadvornov, D., Kondarev, V., Fedotov, A. (2015). Yurkharovskoye Extended Reach Drilling Campaign Resulted in the Successful Completion of Record Multilateral Well. SPE-176507-MS, SPE Russian Petroleum Technology Conference, Moscow, Russia, 1-19.
14. Guna, S., Won, S.W.K., Tan, M.Z. (2008). Continual Advancement of Casing-While-Drilling Technology, SPE 115375, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, SAD, 1-11.
15. Gupta, A. (2006). Planning and Identifying Best Technologies for ERD Wells. SPE/IADC 102116, SPE/IADC Indian Drilling Technology Conference and Exhibition, Mumbai, India, 1-6.
16. Gupta, V. P., Sanford, S. R., Mathis, R. S., DiPippo, E. K., Egan, M. J. (2013). Case History of a Challenging Thin Oil Column Extended Reach Drilling (ERD) Development at Sakhalin. SPE/IADC 163487, SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, The Netherlands, 1-22.
17. Jianhua, L., Darmawan, A., Chao, Z., Rosenberg, S., Hillis, K., Utama, B. (2009). Use of Liner Drilling Technology as a Solution to Hole Instability and Loss Intervals: A Case Study Offshore Indonesia. SPE/IADC 118806, SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 1-13.

18. Karimi, M., Petrie, S., Moellendick, E., Holt, C. (2011). A Review of Casing Drilling Advantages to Reduce Lost Circulation, Improve Wellbore Stability, Augment Wellbore Strengthening, and Mitigate Drilling-induced Formation Damage. SPE/IADC 148564, SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition, Muscat, Oman, 1-8.
19. Kerunwa, A., Anyadiegwu, C. I. C. (2015). Overview Of The Advances In Casing Drilling Technology. *Petroleum & Coal*, 57(6), str. 661-675.
20. Kunning, J., Wu, Y., Thomson, I. J., Marshall, L. M., Daigle, D., Mata, H. J., Pena, R., Hensgens, M., Eppley, B. (2009). Nonretrievable Rotating Liner Drilling System Successfully Deployed To Overcome Challenging Highly Stressed Rubble Zone in a GOM Ultradeepwater Salt Application. SPE 124854, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, 1-12.
21. Mantle, K. (2014). The art of controlling wellbore trajectory. *Oilfield Review*, Winter, 25(4), str. 54-55.
22. Mason, C. J., Lopez, J., Meling, S., Munger, R., Fraser, B. (2003). Casing Running Challenges for Extended-Reach Wells. SPE 84447, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, Colorado, USA, 1-14.
23. Mat Jusoh, M. F., Won, S. W. (2012). Reactive and Weak Zone Drilling Solution: Non-retrievable Casing Drilling. IADC/SPE 154003, IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology Conference and Exhibition, Tianjin, China, 1-12.
24. Meader, T., Allen, F., Riley, G. (2000). To the Limit and Beyond-The Secret of World-Class Extended-Reach Drilling Performance at Wytch Farm. IADC/SPE 59204, IADC/SPE Drilling Conference, New Orleans, Louisiana, USA, 1-15.
25. Muñoz, G., Campos, M., Mousa, A., Osman, A., Elsadig, M., Al-Massari, B., Askar, O., Verma, V., Almry, F. (2015). Pushing the Limit for Extended Reach Drilling: Delivering the Longest Well in Saudi Arabia and the Worldwide Deepest 6 1/8-in. Section. SPE-177816-MS, Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, UAE, 1-22.
26. Okot, M., Dubais, J., Al-Hajji, A., Chima, J., Deschamps, B., Elrefaei, I. (2015). Innovative Rotatable Friction Reduction Tool Applies Extra Force to Deploy Longest 7 in. Liner in Saudi Arabia. SPE-172545-MS, SPE Middle East Oil & Gas Show and Conference, Manama, Bahrain, 1-13.
27. Rosenberg, S. M., Karimi, M., Manuel, B., Tan, M. Z., Salinas, A., Winchell, R. L. (2014). Use of Liner Drilling Technology to Isolate a Depleted Sand – A Case Study in Mississippi Canyon. SPE-170290-MS, SPE Deepwater Drilling and Completions Conference, Galveston, Texas, SAD, 1-12.
28. Schamp, J. H., Estes, B. L., Keller, S. R. (2006). Torque Reduction Techniques in ERD Wells. SPE/IADC 98969, IADC/SPE Drilling Conference, Miami, Florida, USA, 1-9.
29. Sonowal, K., Bennetzen, B., Wong, K. M., Isevcu, E. (2009). How Continuous Improvement Lead to the Longest Horizontal Well in the World, SPE/IADC 119506, SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 1-12.
30. Tessari, R.M., Madell, G. (1999). Casing Drilling – A Revolutionary Approach to Reducing Well Costs, SPE/IADC 52789, SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, Holland, 1-9.
31. Walker, M. W. (2012). Pushing the Extended Reach Envelope at Sakhalin: An Operator's Experience Drilling a Record Reach Well. IADC/SPE 151046, IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition, San Diego, California, 1-11.
32. Zreik, A., Western, C., Ersan, B., Jurica, C., Clark, L. (2008). Casing Drilling Package Reduces Overall Drilling Time: Critical Analysis of an Operation in Papua New Guinea. IPTC 12539, International Petroleum Technology Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 1-12.
33. ****Crosco servisi – usluge bušenja (2017). Izvor: <http://crosco.com/servisi/busenja/> (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
34. ****IADC Drilling Manual (2015). Chapter Directional Drilling. Izvor: www.iadc.org/wp-content/uploads/2015/08/preview-dd.pdf (Datum zadnjeg pristupa: 21. ožujka 2017)

35. ****Agencija za ugljikovodike – Pregled istraživanja i eksploatacije ugljikovodika (2017). Izvor: <http://www.azu.hr/hr-hr/e-p> (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
36. <http://cnpcbit.manufacturer.globalsources.com/si/6008850462089/pdtl/PDC-drill/1130862633/A-Series-PDC-Drill-Bit.htm>
37. www.spe.org/industry/history/timeline.php (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
38. <http://trenchlesstechnology.com/drill-bit-selection-simplifying-the-process/>
39. www.worldoil.com/news/2015/4/14/sakhalin-1-sets-new-extended-reach-drilling-record-rosneft-says (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
40. www.halliburton.com/public/cem/contents/Books_and_Catalogs/TECH/Sect15_ce.pdf (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
41. www.gyrodata.com/services/drilling-services/well-guide-rss/ (pristupljeno 21.3.2017)
42. www.bakerhughes.com/news-and-media/resources/brochures/autotrak-g3-ov (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
43. www.aps-tech.com/products/drilling-systems/rotary-steerable-system (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
44. www.slb.com/resources/other_resources/brochures/drilling/powerdrive_orbit_br.aspx (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
45. <http://images.pennwellnet.com/ogj/images/ogj3/9720jte02.gif> (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
46. <http://www.offshore-mag.com/articles/print/volume-72/issue-10/drilling-and-completion/casing-drilling-marks-a-century-of-progress.html> (Datum zadnjeg pristupa: 22. ožujka 2017)
47. <http://www.slb.com>

New Technologies for the Production of Oil and Gas Wells

Gaurina-Medimurec Nediljka, Pašić Borivoje, Mijić Petar

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
nediljka.gaurina-medjimurec@rgn.hr; borivoje.pasic@rgn.hr; petar.mijic@rgn.hr

Technology of drilling oil and gas production wells in increasingly difficult downhole conditions is a challenge for petroleum engineers who design and implement such risky projects considering the technological, economic and environmental requirements.

Most oil and gas wells are vertical and are made by applying a standard bottom hole assembly (BHA). However, directional drilling (or slant drilling), especially drilling of horizontal directional wells shows numerous advantages and increases the recovery of hydrocarbons from existing and new deposits due to that fact that the number of such wells is constantly growing.

Wells with true vertical depth of over 12,000 m, and horizontal wells whose horizontal length is over 11,000 meters have already been drilled.

Drilling such wells was possible thanks to advances in technology of materials and drilling fluids, use of downhole motors, rotary steerable systems and top drive. Also, an important role was played by the development of measuring equipment that allows for drilling, receives information necessary to accurately control the wellbore trajectory in real time.

The application of each new drilling technology has its advantages but also its limitations because it is expected that with the fulfillment of technological requirements, it is economically viable and environmentally acceptable.

The paper presents the technology of drilling vertical and directional wells, extended reach drilling, as well as casing and liner drilling. Examples of the application of new technologies in the world and achieved results are presented. Also, an overview of drilled wells in the Republic of Croatia in the period from 2006 to 2016 is given.

Key words:

drilling, vertical and horizontal wells, extended-reach wells, casing drilling, rotary steerable system

Procesori budućnosti u Hrvatskoj

Hofman Daniel, Žagar Martin

Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu
daniel.hofman@fer.hr, martin.zagar@fer.hr

Dolaskom novih tehnologija i početkom četvrte industrijske revolucije nastavlja se ubrzani razvoj potrebe za obradom većih količina podataka. Obrada velikih količina podataka zahtjeva i unaprjeđenje infrastrukture koja može omogućiti efikasnu obradu podataka. Nastavkom revolucije očekuje se dodatni porast zahtjeva za računalnim resursima što će zahtijevati i razvoj tehnologija koje se koriste u trenutnim računalnim sustavima.

Kao centralna komponenta u računalnim sustavima nalazi se procesor. Procesori su se u posljednjih nekoliko desetljeća razvijali prema Mooreovom zakonu koji je formuliran krajem šezdesetih godina prošlog stoljeća. Ove godine je Nature objavio članak [1] koji prikazuje mogući kraj ovog zakona čija je temeljna značajka udvostručenje broja tranzistora na svakoj budućoj generaciji procesora. Direktna posljedica toga je i smanjenje veličine pojedinog procesora zbog ograničenja površine procesora.

U skladu s Mooreovim zakonom procesori su se uglavnom svake četiri godine smanjivali na polovicu svoje veličine. Trenutno se na tržištu nalaze Intelovi procesori iz serije Broadwell i Skylake koji imaju tranzistore rađene u tehnologiji od 14 nanometara. Fizička ograničenja tehnologija u kojima se izrađuju procesori onemogućuju nastavak trenda minijaturizacije. Daljnji razvoj procesora u budućnosti okreće se prema razvoju više procesorskih jezgri unutar jednog procesora što omogućuje nastavak povećanja procesorske snage bez povećavanja frekvencije rada procesora.

Buduće arhitekture procesora – mnogojezgrene arhitekture nameću se kao pravi put za razvoj procesorske snage koji može pratiti buduće zahtjeve tržišta. Mnogojezgrene arhitekture se razvijaju u smjeru homogenih i heterogenih arhitektura. Dok se kod homogenih arhitektura ističe jednostavniji razvoj i korištenje procesorskih jezgri, kod heterogenih arhitektura pojedine jezgre su specijalizirane kako bi mogle optimalno obrađivati podatke.

Obrada podataka se koristi u različitim domenama suvremene industrije i neizbježno je korištenje snažnih procesorskih arhitektura. Značajnije domene u kojima se koristi paralelna obrada podataka i koje svakim danom zahtijevaju sve više računalnih resursa su obrada multimedije, edukacijske, istraživačke, medicinske i vojne domene.

Ključne riječi:

obrada multimedije, mnogojezgrene arhitekture, paralelno procesiranje, mreža na čipu, kompresija medicinskih podataka

1. Uvod

Područje računarstva u 21. stoljeću zauzima važno mjesto u razvoju svih znanstvenih grana i u razvoju cjelokupnog gospodarstva. Kao grana znanosti koja je neizostavno zastupljena u svim ostalim područjima zahtjeva svakodnevni napredak kako bi omogućila, podržala i ubrzala razvoj čovječanstva. Isprepletenost s ostalim područjima je vidljiva i kroz konstantno povećanje potrebe za obradom sve više podataka koji dolaze iz područja prirodnih znanosti, biomedicine i zdravstva, biotehničkih znanosti, društvenih znanosti, humanističkih znanosti i ostalih tehničkih znanosti.

Konstantan rast potrebe za obradom velikih količina podataka pokreće daljnji napredak računarstva kako bi se pratila potražnja i udovoljilo potrebama tržišta. Potrebe tržišta su takve da zahtijevaju obradu ne samo sve veće količine podataka već i završetak obrade u što kraćem vremenu. Smanjivanje vremena obrade dolazi do razine obrade u realnom vremenu što predstavlja obradu podataka i dobivanje traženih rezultata neposredno nakon trenutka kada su podatci prikupljeni. Takva obrada podataka u realnom vremenu zahtjeva veliku količinu dostupnih resursa za obradu podataka. Zbog toga se obrada velikih količina podataka često obavlja na više računala koja su spojena u farmu računala kako bi se omogućila dovoljno snaga procesiranja koja može u realnom vremenu obaviti sve potrebne korake obrade podataka i isporučiti rezultate obrade. Ovakav način obrade velike količine podataka naziva se *Računarstvo visokih performansi* (engl. High Performance Computing – skraćeno HPC) i područje je računarstvo koje se ubrzano razvija u 21. stoljeću.

Potreba za sve većim razvojem performansi HPC-a i broja podatkovnih centara u svijetu gdje se procesiraju velike količine podataka uzrokovana je i brzim razvojem interneta i usmjeravanja iz tekstualnog i slikovnog sadržaja prema multimedijским sadržajima. Prema istraživanjima tvrtke Cisco, količina podataka koja se prenese godišnje putem interneta iznosi više od jednog zeta bajta (ZB, 1000^7 bajtova) [2]. Do 2020. godine se očekuje da će 82% tog prometa biti video promet i da će 98% prometa biti korišteno putem mobilnih uređaja. Količina video prometa je tolika da bi jednom čovjeku trebalo 5 milijuna godina da pogleda sav video promet koji prođe kroz Internet u mjesec dana. Za prilagodbu i prijenos tolike količine podataka potrebne su velike količine računalnih resursa.

U području biomedicine i zdravstva također postoji rastuća potreba za obradom velike količine podataka. Slikovni medicinski zapisi sadrže velike količine podataka. Jedan zapis snimke magnetske rezonance (engl. Magnetic Resonance Imaging – skraćeno MRI) pacijenta može sadržavati i do nekoliko gigabajta (GB, 1000^3 bajtova) podataka. Pri obradi medicinskih zapisa koriste se također farme računala kako bi se u realnom vremenu obradili svi podatci. U ovom području posebno je važan zahtjev obrade u realnom vremenu jer pri medicinskim zahvatima nisu prihvatljiva kašnjenja koja bi mogla uzrokovati negativni ishod zahvata. Vizualizacija medicinskih podataka i korištenje telemedicine omogućuju medicinskom osoblju rad na udaljenim lokacijama i bolji uvid u stanje pacijenta pri medicinskom zahvatu.

Osim u navedenim područjima, HPC se koristi u širokom rasponu računalno zahtjevnih zadataka iz raznih područja uključujući kvantnu mehaniku, prognoziranje vremena, klimatska istraživanja, istraživanje nafte i plina, molekularno modeliranje i fizičke simulacije.

2. Povijest i stanje šireg i užeg područja bavljenja autora

Autori ovog rada bave se područjem obrade multimedijских sadržaja. Sama obrada multimedijских podataka dio je šireg procesa koji počinje spremanjem video sadržaja snimljenog pomoću kamere ili kreiranog na računalu. U standardnim slučajevima prijenosa multimedijских sadržaja putem interneta oni se spremaju na poslužitelj s kojeg se dalje distribuiraju do krajnjih korisnika koji ga žele koristiti. Multimedijски sadržaj koji se dostavlja do krajnjih korisnika može biti prilagođen njihovim preferencijama uzimajući u obzir karakteristike i ograničenja cijelog sustava. S obzirom da originalni sadržaj može biti spremljen u različitim formatima, postoje razne tehnike koje se mogu koristiti za transformaciju multimedijskog sadržaja kako bi on bolje odgovarao zahtjevima krajnjeg korisnika. Primjerice, ako je propusnost mreže kroz koju se multimedijски sadržaj šalje krajnjem korisniku nedovoljna, onda pružatelj usluge može prilagoditi veličinu multimedijskog sadržaja kako bi on bio nesmetano dostavljen. Također, tokom prilagođavanja, u procesu transkodiranja, video može biti pretvoren iz jednog formata u drugi format kodiranja. Primjerice, High Efficient Video Coding (skraćeno – HEVC) video može biti pretvoren u stariji h.264 format kodiranja kako bi se mogao prikazati na uređaju koji ne podržava novije formate. Transkodirani video bi trebao imati željeni format i željenu rezoluciju i ostale karakteristike kako bi najbolje odgovarao krajnjem korisniku.

U idućem koraku, tokom prijenosa podataka kroz mrežu može doći do raznih grešaka u prijenosu koje će mrežni zaštitni mehanizmi otkloniti ili ako je moguće njih će otkloniti uređaj krajnjeg korisnika. Krajnji korisnik može imati uređaj koji je

ograničen sa snagom procesiranja, rezolucijom ekrana, dostupnim formatima dekodiranja i slično. Rezolucija ekrana može biti u rasponu od 240 x 320 piksela korištenom na starijim mobilnim uređajima pa do 8K ekrana izuzetno visoke rezolucije (engl. 8K Ultra High Definition Television – skraćeno UHD TV) s rezolucijom od 7680 x 4320 piksela. Osim same rezolucije, velika je razlika i u udaljenosti s koje se gleda multimedija i način na koji se upravlja multimedijским sadržajem. Svi ti faktori utječu na odabir načina prilagodbe originalnih multimedijских sadržaja pri isporuci krajnjem korisniku.

Samo transkodiranje videa je proces dekodiranja videa iz jednog formata i kodiranja u neki drugi željeni format. Transkodiranje omogućuje prilagođavanje video sadržaja kako bi se efikasno prikazivali na uređajima koji imaju različite mogućnosti reproduciranja. Proces transkodiranja je procesorski izuzetno zahtjevan i uobičajeno se odvija na snažnim poslužiteljima ili farmama računala. Dobar transkoder mora imati mogućnost obrade velike količine podataka i pri tome biti efikasan u korištenju energije za obradu. Tokom transkodiranja dolazi do komprimiranja podataka pri čemu se pazi da kvaliteta sadržaja ostane u dozvoljenim granicama kvalitete odnosno da ne padne ispod definirane razine. Proces transkodiranja traje određeno vrijeme te s time dodaje kašnjenje u cijeli sustav. Kako bi se to kašnjenje smanjilo i zadržalo u dozvoljenim granicama, koriste se mogućnosti paralelnog procesiranja. Pri paralelnom procesiranju dijelovi multimedijского sadržaja se istovremeno obrađuju na više jedinica za procesiranje. Svaka jedinica koja izvodi procesiranje mora moći neovisno o drugim jedinicama obraditi podatke. Za procesiranje se koriste procesorske jezgre u mnogojezgrenim arhitekturama procesora. Mnogojezgrene arhitekture računala su budućnost razvoja računalnih arhitektura. Trenutno se radi o desecima jezgara koje se nalaze na jednom procesorskom čipu i mogu paralelno obrađivati podatke. U budućnosti se očekuje povećanje broja jezgara i prelazak na stotine i tisuće jezgara na procesoru.

Jezgre na procesoru razmjenjuju međusobno podatke i komuniciraju s ostatkom računalnog sustava. Pri međusobnom razmjenjivanju podataka koriste različite načine međusobnog povezivanja. Moderni mnogojezgreni procesori koriste mrežu na čipu (engl. Network-On-Chip – skraćeno NoC) za prijenos podataka. Mreža na čipu omogućuje izgradnju skalabilnih procesora čija propusnost podataka raste usporedno s povećanjem broja jezgara na procesoru. Koncept NoC-a je došao iz standardnih računalnih mreža kod kojih su računala spojena međusobno pomoću mrežnih kablova i usmjerivača. Iako je to područje detaljno istraženo, ipak se ne može direktno primijeniti na NoC, prvenstveno zbog razlika u topologiji, potrošnji energije, prostornog i memorijskog ograničenja i ostalih parametara.

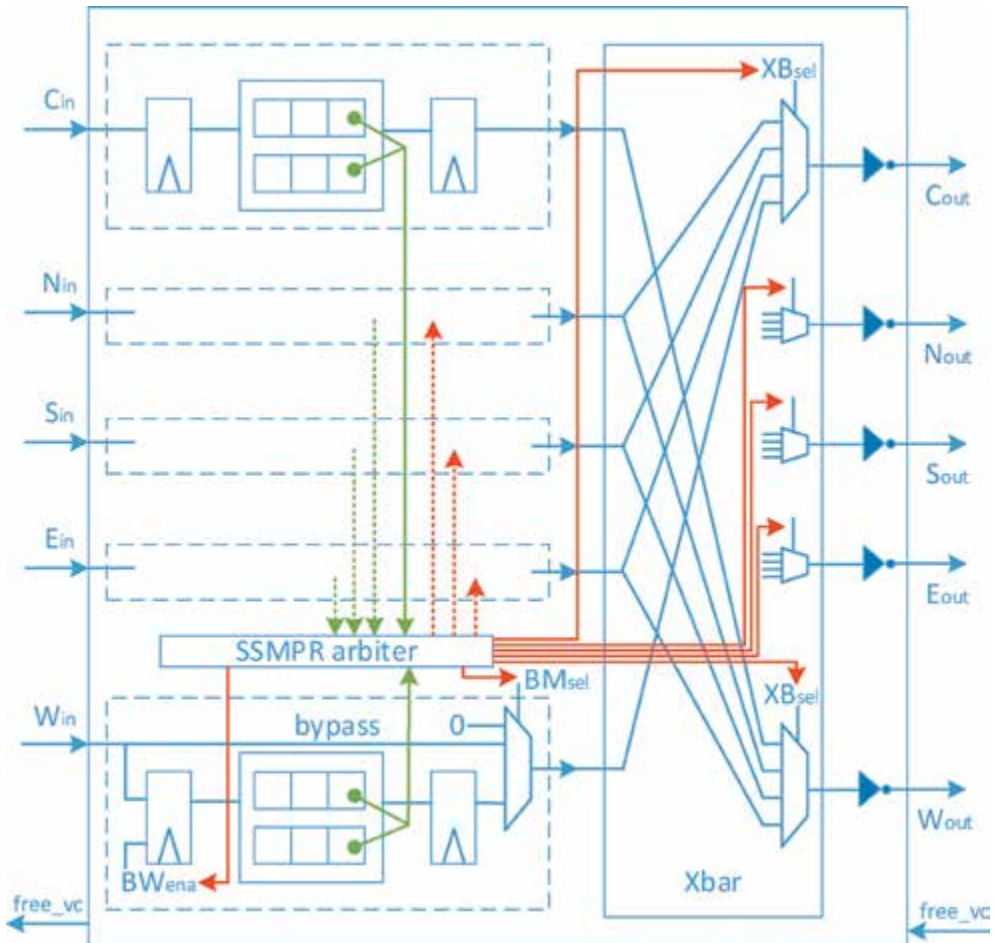
Istraživanja u području NoC-a i primjena u mnogojezgrenim procesorima omogućili su paralelno procesiranje velikih količina podataka na više jezgara jednog procesora. Najnovije mreže na čipu sadrže usmjerivače koji imaju najmanje 4 stupnja

paralelizacije, koriste virtualne kanale i omogućuju procesiranje paketa u samo jednom mrežnom ciklusu [3]. U standardnom NoC usmjerivaču, u tehnologiji izrade od 45 nm, frekvencija mreže je ograničena s logičkim kašnjenjem u usmjerivaču. Uobičajene frekvencije mreže na čipu su između 1 i 2 GHz, a usporedno s tim su i povezni putevi usklađeni kako bi mogli slati paketiće u periodima između 0,5 i 1 ns. Ako se koriste usmjerivači bez takta vođenja, moguće je prenijeti paketiće i na mnogo veće udaljenosti u istom vremenskom periodu [4]. Primjer takvog usmjerivača je SMART usmjerivač koji u jednom mrežnom ciklusu može paketić prebaciti ne samo između dva susjedna usmjerivača, nego i kroz nekoliko usmjerivača. Prije takvog prijenosa paketića moraju se napraviti virtualni putevi kroz koje se može prenijeti niz paketića. Sličan način prijenosa paketića korišten je u doktorskoj disertaciji [5] za izradu arhitektura koje omogućavaju prioritetnu obradu multimedijских podataka na mnogojezgrenim arhitekturama. Pomoću nje moguće je učinkovito korištenje aplikacija za obradu multimedijских sadržaja koje iskorištava mogućnosti procesiranja mnogojezgrenih arhitektura.

Istraživanja opisana u ovoj disertaciji rezultirala su kreiranjem visoko učinkovite mnogojezgrene arhitekture, zasnovane na mreži na čipu za obradu video podataka koje koriste mrežnu infrastrukturu (usmjerivač prikazan na slici 1.) koja može brzo asinkrono prenositi paketiće kroz mrežu i prioritetno raspoređivati i usmjeravati tokove mrežnog prometa kontroliranog od strane aplikacija za procesiranje multimedije. Uz arhitekture definirani su i algoritmi usmjeravanja za predložene arhitekture, zasnovane na mreži na čipu koji mogu raspoređivati tokove podataka s obzirom na njihov prioritet i usmjeravati ih kroz mrežu stvarajući putove koje paketići mogu prijeći u jednom ciklusu. Također su i definirani algoritmi za obradu video podataka, optimirani za predložene arhitekture zasnovane na mreži na čipu koristeći tokovne karakteristike multimedijских podataka s mogućnošću kontroliranja prioritetnog usmjeravanja prometa u mreži.

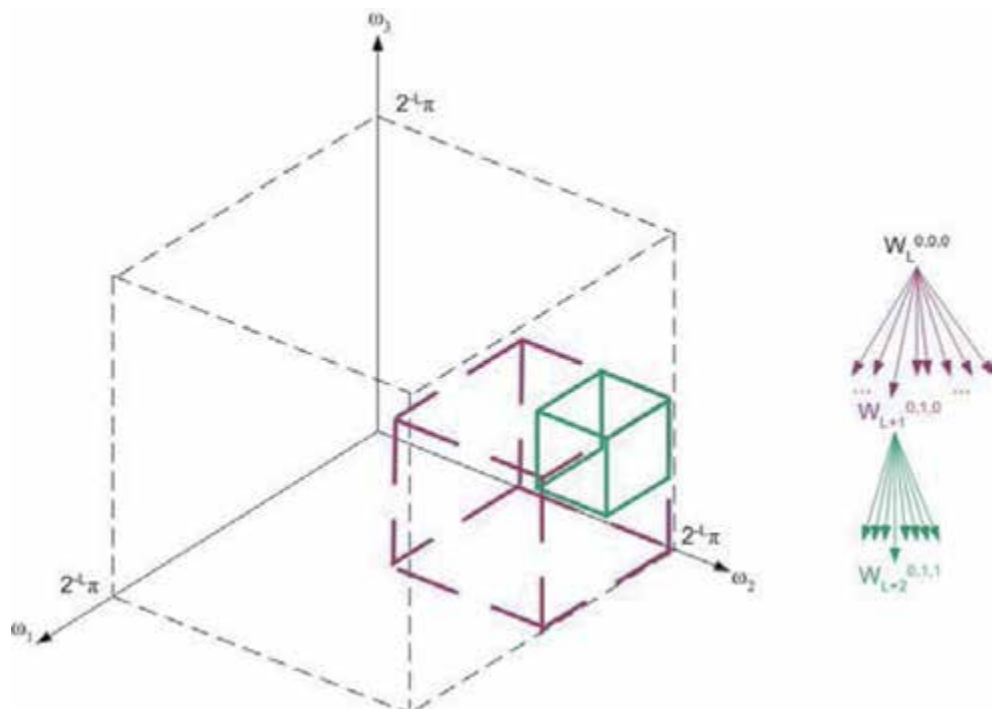
Korištenje visoko učinkovitih mnogojezgrenih arhitektura omogućuje transkodiranje videa u realnom vremenu. Video se transkodira kako bi se prilagodio uređajima na kojima će se koristiti. Pri tome treba obratiti pažnju na količinu energije koju će korisnički uređaj trošiti pri prikazivanju multimedijского sadržaja. Kako bi se potrošnja energije smanjila postoje razne metode osiguravanja optimalno prilagođenog sadržaja. U članku [6] opisan je način odabira optimalne rezolucije transkodiranja videa i načina kako smanjiti potrošnju energije. Pri korištenju videa transkodiranog na rezoluciju prilagođenu uređaju na kojem se gleda moguće je smanjiti potrošnju energije za više od 12% i istovremeno smanjiti protok podataka za 32% pri čemu će se dodatno smanjiti potrošnja energije mobilnog uređaja.

U području medicine obrada velikih količina podataka je neizostavni dio vizualizacije MRI slika putem trodimenzionalnog prikaza. Uz trodimenzionalni prikaz moguća je i bolje vizualizacija u četiri dimenzije. Novi programski okvir za kompresiju četve-



Slika 1 – SSMPR usmjerivač s prikazanim ulaznim i izlaznim portovima

rodimensionalnih (4D) medicinskih podataka predložen je u radu [7]. Arhitektura ovog programskog okvira temelji se na različitim procedurama i algoritmima koji detektiraju vremenske i prostorne zalihosti u ulaznim 4D medicinskim podatcima. Pokret kroz vrijeme analizira se pomoću vektora pomaka koji predstavljaju ulazne parametre za neuronske mreže koje se koriste za procjenu pokreta. Kombinacijom segmentacije, pronalaženja odgovarajućih blokova i predikcijom vektora pomaka, zajedno s ekspertnim znanjem, moguće je optimirati performanse sustava. Frekvencijska svojstva se analiziraju proširenjem transformacije valićima na tri dimenzije (dekompozicija prikazana na slici 2). Za mirne volumetrijske objekte moguće je konstruirati različite pakete valića s različitim filtrima koji omogućavaju širok raspon analiza frekvencijskih zalihosti. Kombinacijom uklanjanja vremenskih i prostornih zalihosti moguće je postići vrlo visoke omjere kompresije koji su potrebni kako bi se omogućila pohrana i distribucija takvih medicinskih podataka.



Slika 2 – Dekompozicija valića na tri dimenzije

U sljedećem poglavlju bit će analizirane mogućnosti i potrebe za razvoj ovog područja računarstva.

3. Analiza mogućnosti i potreba razvoja

Hrvatska prati svjetske trendove korištenja informacijskih i komunikacijskih tehnologija (engl. Information and Communication Technologies – skraćeno ICT) u svrhu poboljšanja načina života građana. Korištenjem ICT tehnologija u stvaranju, pohrani, obradi i razmjeni informacija stvaraju se temelji za digitalno društvo u kojemu svi mogu imati lagani pristup informacijama zamjenjujući prijašnje analogne načine korištenja informacija. Na taj način se smanjuju geografske i jezične barijere i omogućuje transparentan rad javne uprave.

Prema Strategiji e-Hrvatska 2020 [8] vidljivo je da su još uvijek potrebne velike promjene, zasnovane na primjeni ICT-a. Dobra rješenja su primijenjena u području e-zdravstva, e-uprave i e-obrazovanja, ali ona su zasad nažalost samo izolirana rješenja koja je potrebno sustavno povezati u cjelokupnu strategiju e-Hrvatske. Stva-

ranje dodatnih digitalnih usluga, prvenstveno u području komunikacije između građana, gospodarstva, lokalne samouprave, nevladinih organizacija i Vlade uz maksimalnu zaštitu osobnih podataka i informaciju sigurnost omogućit će građanima i poduzetnicima direktan pristup informacijama i olakšano poslovanje.

Kao podloga svim tih procesima nalazi se obrada i distribucija velike količine podataka. Za samu distribuciju potrebno je omogućiti širokopojasni pristup svim sudionicima informacijskog sustava. Kod obrade podataka potreba za povećanom obradom informacija je zahtjev koji dolazi iz različitih područja gospodarstva. Uz informacije, vezane za navedene e-usluge u području multimedijских usluga, potreba je vidljiva i u Hrvatskoj, a i u svjetskim razmjerima. Konkretno, količina multimedijских sadržaja, koji se prikazuju na popularnim video servisima kao što su *YouTube*, *Vimeo* i *Facebook*, konstantno raste. Multimedija se koristi i u raznim drugim multimedijских sustavima primjerice pri gledanju TV emisija ili filmova, igrice i 3D sadržaja. Uz to se koristi i za edukacijske svrhe u formi udaljenog učenja i udaljenih konferencijskih veza. Značajno korištenje multimedije je i u području medicine, pogotovo za telemedicinu kako bi se omogućili udaljeni medicinski zahvati ili konzultacije. Multimedija se također koristi i u vojne svrhe, pogotovo u vojnim letjelicama. Globalno gledajući multimedija je isprepletena s većinom modernih aktivnosti od kupovine do turizma.

4. Prijedlog optimalnog razvoja i moguća implementacija u hrvatsko gospodarstvo

U razvoju područja računarstva, konkretnije obrade velikih količina podataka, kao što su multimedijски podatci, potrebno je planski i sustavno organizirati istraživačke aktivnosti u Hrvatskoj i blisku suradnju s gospodarstvom. Glavni pokretač istraživanja su istraživačke ustanove koje pomoću dostupnih istraživačkih kapaciteta unaprjeđuju znanost u Hrvatskoj. S obzirom na ograničene kapacitete i u broju istraživača i u infrastrukturi potrebno je dodatno financiranje kako bi se omogućila istraživanja. Pri tome većina financiranja dolazi iz fondova Europske unije. Uz fondove Europske unije dio istraživanja se izvodi uz podršku gospodarstva i u suradnji s istraživačkim jedinicama iz gospodarstva. Uz njih dio financiranja dolazi i od drugih subjekata kao što je primjerice Hrvatska zaklada za znanost. Za unaprjeđenje istraživanja potrebno je kvalitetnije povezati gospodarstvo s istraživačkim zajednicama kako bi se omogućio transfer tehnologija. Pomoću transfera tehnologija moguće je implementirati nova znanja u komercijalne proizvode koji se mogu plasirati na domaće i strano tržište.

Važan aspekt istraživanja je i suradnja s drugim istraživačkim zajednicama u Europi i svijetu. Dio te suradnje se odvija tijekom međunarodnih istraživačkih projekata i raznih programa razmjene znanja, istraživača i informacija. Akademija tehničkih

znanosti Hrvatske također sudjeluje u poticanju i promoviranju razmjene istraživačkih dostignuća. Sama diseminacija je izuzetno važan korak u kojem je potrebno upoznati javnost o istraživačkim rezultatima. Pri tome diseminacija treba biti usmjerena ne samo na istraživačke zajednice već i na druge interesne skupine. Diseminacija treba uključivati i interdisciplinarnе skupine kako bi se mogla primijeniti dostignuća iz jednog područja i u drugim područjima.

Jedan od primjera podrške istraživačkim aktivnostima je projekt Hrvatski znanstveni i obrazovni oblak (skraćeno HR-ZOO) čiji cilj je izgradnja računalnog i podatkovnog oblaka koji će biti temeljna sastavnica nacionalne istraživačke i inovacijske e-infrastrukture. Osmišljen je kao zajednička infrastruktura koja će omogućiti usluge virtualnih računalnih i spremišnih resursa na načelu računarstva u oblaku, resurse grida, računalne resurse visokih performansi, velike spremišne kapacitete te povezivanje s europskim e-infrastrukturama. On podrazumijeva izradu računalnog i podatkovnog oblaka kao temeljne sastavnice nacionalne istraživačke i inovacijske e-infrastrukture. Uz uspostavu 6 sjedišta HR-ZOO-a, uspostaviti će se infrastruktura za računarstvo u oblaku, računarstvo visokih performansi od 25000 procesorskih jezgri te velikih spremišnih kapaciteta 7 PB do kraja 2023. godine. HR-ZOO će biti povezan i s europskim e-infrastrukturama.

5. Zaključci i preporuke

Istraživački projekti su od izuzetne važnosti za razvoj istraživačke zajednice koja može pokrenuti gospodarstvo Hrvatske i povećati konkurentnost na svjetskom tržištu. Pri tome je bitno da istraživanja koja se odvijaju u istraživačkim institucijama i gospodarstvu imaju podršku vladinih institucija kako bi se mogli efikasno baviti istraživačkim aktivnostima i širiti rezultate istraživanja. Pri tome se očekuje provođenje donesenih strategija i stvaranje novih strategija kako bi se sustavno i planski razvijala cjelokupno znanstveno-istraživačko okruženje.

U strategiji e-Hrvatska 2020 [8] navedeni su operativni ciljevi u kojima se osigurava razvoj centralnog sustava za upravljanje informacijskom sigurnošću koja će jamčiti stabilno i sigurno okruženje za korištenje e-usluga. Uz to vidljiva je tendencija korištenja oblaka i svih prednosti platforme i programskih rješenja oblaka u kojem će se moći ujednačiti poslovno/upravno postupanje tijela javnog sektora. Za razvoj takvih sustava potrebno je korištenje novih računalnih arhitektura koje omogućuju obradu svih podataka u oblaku. Kako bi se razvili ti sustavi i arhitekture, potrebno je potaknuti istraživanje u tom području i omogućiti transfer tehnologija iz znanstvenih organizacija u gospodarstvo.

Suradnja s ostalim istraživačkim zajednicama u svijetu i poticanje mobilnosti i razmjene znanja potrebna je kako bi istraživanja bila konkurentna i relevantna. Osim suradnje u inozemstvu, potrebno je i bolje povezivanje s drugim istraživačkim zajednicama u državi i bolja suradnja s gospodarstvom kako bi se mogli pratiti zahtjevi tržišta i potaknuti gospodarstvo inovacijama.

Izuzetno je važno napraviti okvire kako bi se podržala načela održivog razvoja znanosti i gospodarstva [9] s punom zaposlenošću, ekonomske, socijalne i teritorijalne kohezije, visokog stupnja obrazovanosti građana, kao i visokog stupnja zaštite zdravlja i očuvanja okoliša.

6. Priznanja

Zahvaljujemo članstvu Akademije i kolegama s Fakulteta elektrotehnike i računarstva na brojnim diskusijama vezanima za razvoj računarstva i posebice obrade multimedije.

Literatura

- [1] M. M. Waldrop. The chips are down for Moore's law. *Nature News*, 530 (7589), (2016), 144
- [2] White paper: Cisco VNI Forecast and Methodology, 2015-2020. Izvor: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html>
(Datum zadnjeg pristupa: 1. ožujka 2017.)
- [3] S. Park, T. Krishna, C.-H. Chen, B. Daya, A. Chandrakasan, and L.-S. Peh. Approaching the theoretical limits of a mesh NoC with a 16-node chip prototype in 45nm SOI. *Proceedings of the 49th Annual Design Automation Conference (DAC)*, 2012, pp. 398–405
- [4] T. Krishna, C. O. Chen, W. Cheol, and K. L. Peh. Breaking the On-Chip Latency Barrier Using SMART. *Proceedings of the IEEE 19th International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA)*, 2013, p. 12
- [5] Hofman, Daniel. *Mnogojezgrene arhitekture mreža na čipu za obradu multimedije*. Doktorska disertacija. Zagreb: Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2015., 159 str.
- [6] L. Dragić, D. Hofman, M. Kovač, M. Žagar, and J. Knezović. Power Consumption and Bandwidth Savings with Video Transcoding to Mobile Device-specific Spatial Resolution. *Proceedings of 9th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*, 2014, pp. 348 – 352
- [7] Žagar, Martin; Kovač, Mario; Hofman, Daniel. Framework for 4D Medical Data Compression. *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*. 19 (2012) , 1; 99-106
- [8] STRATEGIJA e-HRVATSKA 2020, Ministarstvo uprave – prosinac 2015. Izvor: [http://europski-fondovi.eu/sites/default/files/dokumenti/Strategija e-Hrvatska 2020. \(20.01.2016.\).pdf](http://europski-fondovi.eu/sites/default/files/dokumenti/Strategija e-Hrvatska 2020. (20.01.2016.).pdf)
(Datum zadnjeg pristupa: 7. ožujka 2017.)
- [9] Strategija održivog razvoja Republike Hrvatske, Hrvatski Sabor, Narodne Novine NN 30/2009, veljača 2009., dokument: 658

Processors of the Future in Croatia

Hofman Daniel, Žagar Martin

Faculty of Electrical Engineering and Computing University of Zagreb
daniel.hofman@fer.hr, martin.zagar@fer.hr

With the arrival of new technologies and the beginning of the fourth industrial revolution we are facing a rapid increase in need for processing large amounts of data. Processing large amounts of data requires the improvement of the infrastructure which can provide efficient data processing. With the continuation of the revolution, a further increase in demands for computing resources is expected, which will require advances in technologies used in current computer systems.

The central component in the computer systems is the processor. In recent decades' processors have been developing following the Moore's Law, which was formulated at the end of the sixties. This year, Nature published an article [1] showing a possible end to this law which actually describes doubling the number of transistors on every future generation of processors. The direct consequence is a reduction in the size of individual processors due to the limitations of the processor.

In accordance with Moore's Law processors are generally decreased to half its size every four years. Currently there are Intel processors from the series Broadwell and Skylake on the market which have transistors made in the technology of 14 nanometers. Physical limitations of technology in which processors are made make it impossible to continue the trend of miniaturization. The further development of the processors is turning to the development of multiple processor cores within a single processor enabling the continued increase of processing power without increasing the frequency of the processor.

Future processor architectures – Manycore architectures are imposed as the right path for the development of processing power which can follow future market requirements. Manycore architectures are being developed in the direction of homogeneous and heterogeneous architectures. While the homogeneous architecture emphasizes simpler development and use of processor cores, with heterogeneous architectures individual cores are specialized to be able to optimally process data.

Data processing is used in various domains of modern industry and the use of powerful processor architecture is inevitable. Significant domains that use parallel processing and require every day more computing resources are multimedia processing, educational, research, medical and military domains.

Key words:

multimedia processing, manycore architectures, parallel processing, network-on-chip, medical data, compression

Potencijali primjene nerazornih metoda ispitivanja tla i stijene za potrebe sanacije strateških infrastrukturnih linijskih objekata

Kovačević Meho Saša, Bačić Mario, Librić Lovorka

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
msk@grad.hr, mbacic@grad.hr, llibric@grad.hr

Geotehnika predstavlja spregu između klasične građevine i geoznanosti te kao takva obuhvaća širok spektar aktivnosti koje je nužno provesti, sve u cilju izvedbe sigurne, funkcionalne i ekonomične građevine. U posljednje vrijeme se sve veći naglasak stavlja na sanaciju postojećih objekata gdje geotehnički istražni radovi predstavljaju ključni element u postupku ocjene njihovog trenutnog stanja. Činjenica je da su u ocjeni stanja još uvijek dominantno zastupljene razorne metode ispitivanja koje zahtijevaju značajne financijske i vremenske resurse. S druge strane, sve češće svoju primjenu u postupku ocjene stanja nalaze nerazorne metode ispitivanja koje mogu zahvatiti veći volumen ispitivanog medija. Dakako, ove metode su još uvijek opterećene određenim nedostacima koje djelomično ograničavaju njihovu primjenu, ali trend porasta njihove primjene je evidentan. Prednosti primjene nerazornih ispitivanja do izražaja dolaze pri ocjeni stanja strateških infrastrukturnih linijskih objekata kao što su željezničke linije, mreže cesta i autocesta, nasipi za obranu od poplava itd. Svaka vrsta linijskog objekta uvjetuje i kriterije primjene pojedine nerazorne metode. Primjeri ocjene stanja strateških infrastrukturnih linijskih objekata, s nerazornim metodama u fokusu metodologije, dat će se kroz prikaz niza stručnih aktivnosti Zavoda za geotehniku Građevinskog fakulteta u Zagrebu koje za cilj imaju pouzdanu i kvalitetnu ocjenu trenutnog stanja.

Ključne riječi:

nerazorna ispitivanja, geofizička ispitivanja, sanacija, infrastrukturni linijski objekti, ocjena stanja

1. Uvod

Stanje strateških infrastrukturnih linijskih objekata u Republici Hrvatskoj, kao što su željeznice ili nasipi za obranu od poplava, nije na zavidnoj razini. Nepostojanje jasne strategije za njihovo održavanje i neulaganja dodatno potaknuta gospodarskom krizom, doveli su do toga da je većina objekata u vrlo lošem stanju te je njihova rekonstrukcija neizbježna ako se želi očuvati minimalna razina njihove funkcionalnosti i sigurnosti. Iznimka je mreža cesta i autocesta gdje je njihova intenzivna izgradnja u posljednjih 20-ak godina značajno oblikovala trendove u geotehničkom inženjerstvu, a kao rezultat Hrvatska danas ima modernu, sigurnu i funkcionalnu mrežu s oko 6900 km državnih cesta i oko 1300 km autocesta. Nasuprot tome, pojedine željezničke linije su, kao i u ostatku Europske Unije, starije od 100 godina, i na mnogim linijama je brzina prometovanja ograničena na 20-40 km/h upravo kao posljedica neadekvatnog stanja infrastrukture. Vrlo dobar primjer nesrazmjera između ulaganja u mrežu cesta i mrežu željeznica je analiza koju su proveli Kreč i dr. (2012), a vezano na "Strategiju prometnog razvitka Hrvatske" iz 1999. godine (Strategija prometnog razvitka Hrvatske, 1999) prema kojoj je do 2007. godine 5 posto BDP-a planirano za razvoj prometa. Prema tablici 1, planirano je ulaganje 25% ukupnog iznosa u razvoj željeznica. Međutim, uloženo je znatno manje dok je za cestovni sektor uloženo znatno više nego je planirano.

Većina nasipa za obranu od poplava, koji predstavljaju linijske građevine duljine i nekoliko kilometara (pa čak i desetke kilometara), u Republici Hrvatskoj su izvedeni prije više desetaka godina. S obzirom da su ovakvi objekti, osim neupitne degradacije, izloženi opterećenjima za koje nisu prvotno projektirani (primjerice utjecaj sve izraženijih klimatskih promjena), nužna je njihova adekvatna rekonstrukcija.

Tablica 1 – Usporedba ulaganja u pojedine prometne grane u Hrvatskoj, zbirno 1992-2007, Kreč i dr. (2012)

Vrsta prometa	Razdioba prema strategiji iz 1999 (%)	Razdioba ostvarenja prema postocima razdiobe iz strategije (mil. €)	Stvarno ostvarenje 1992-2007. (mil. €)	Stvarno ostvareno/strategija (%)
Ceste i cestovni promet	40	4681,6	6770,8	144,6
Željezničke pruge i željeznički promet	25	2926,0	818,8	28,0
Pomorski i riječni promet	20	2340,8	305,2	13,0
Zračni (aerodromi i dr.)	5	585,2	146,6	25,1
Integralni transport (suvremene transportne tehnologije) i terminali	10	1170,4	nema podataka	–
Ukupno	100	11.704,0	8041,4	68,7

U praksi je još uvijek dominantno zastupljen pristup u kojem ne postoji sistematičnost s aspekta definiranja problema, a time i provedbe programa istražnih radova koji bi poslužili kao kvalitetna podloga za projektiranje mjera sanacije linijskih infrastrukturnih objekata. Naime, odgovorne osobe koje upravljaju infrastrukturom u Hrvatskoj nemaju širu sliku stanja objekata već, se svakom problemu pristupa individualno tek nakon što do problema dođe (Jurić-Kačunić, 2015). Ovakvo reaktivno suočavanje s problemom značajno utječe na sigurnost i funkcionalnost objekata, a i s ekonomskog aspekta je ovakav pristup nepovoljniji. Međutim, da bi se jedan infrastrukturni objekt adekvatno sanirao, a imajući u vidu ograničene financijske resurse kojima raspolažu odgovorne osobe, potrebno je na pravilan način odrediti prioritete u rekonstrukciji, kao i opseg sanacije pojedinih dionica linijskih građevina. U ovom postupku ključnu ulogu imaju istražni radovi.

Klasična ispitivanja tla i stijena u prvom redu podrazumijevaju bušotinska ispitivanja s kontinuiranim jezgrovanjem koja predstavljaju osnovna geotehnička ispitivanja kojima se dobiva uvid u geološku strukturu temeljnog tla. Provođenjem SPT pokusa za vrijeme izvođenja radova, kao i uzimanjem uzoraka i njihovim ispitivanjem u laboratoriju dobiva se uvid i u fizikalno – mehaničke karakteristike temeljnog tla. Statička penetracijska ispitivanja (CPT) su također često zastupljena te predstavljaju terenska ispitivanja gdje se posebna sonda utiskuje u tlo konstantnom brzinom pri čemu se mjeri otpor na šiljku sonde, trenje po plaštu sonde kao i porni tlak. Iz navedenih vrijednosti se korelacijama mogu odrediti fizikalno-mehaničke karakteristike temeljnog tla. Međutim, ove tradicionalne metode imaju određena ograničenja s aspekta vremena i financija, a upravo su ta ograničenja bila motiv za razvoj metoda koje će, osim uštede spomenutih resursa, omogućiti obuhvaćanje većih volumena koji se ispituju. Među ovim metodama se ističu geofizičke metode koje zahtijevaju kompleksnu metodologiju i relativno naprednu matematiku za interpretaciju rezultata mjerenja. Ipak, mnoge se informacije mogu jednostavno procijeniti već na ispitivanoj lokaciji (Kovačević, 2013). Da bi se neka metoda ocijenila prihvatljivom i uspješnom, mora postojati promjena fizikalne karakteristike na koju je metoda osjetljiva te je zato od ključne važnosti odabir geofizičke metode pogodne za promatrani problem, što je naročito od značaja kod linijskih infrastrukturnih objekata. Vrsta fizikalne karakteristike, na koju je određena metoda osjetljiva, jasno određuje opseg primjene te metode (Kovačević, 2014). Također, za interpretaciju podataka prikupljenih geofizičkim metodama potrebni su znanje i iskustvo, jer skup podataka dobiven ispitivanjima ne mora ukazivati na specifičan uvjet u tlu ili stijeni što za posljedicu može imati nezadovoljavajuće rezultate. Nužno je zato, uz geofizička, koristiti i klasična inženjerska ispitivanja jer ona daju informacije o tlu i stijeni koje su jednoznačne, iako su sama ispitivanja skupa i daju informacije samo u diskretnom području (točkaste informacije). Za dobivanje kvalitetnog programa istražnih radova geofizičke metode se svakako preporučuju u preliminarnim fazama istraživanja, kako bi se pomoću

njih dobila opća slika stanja infrastrukturnog objekta te da se na temelju takvih podataka odredi gdje bi bilo potrebno izvesti bušotine. Česta je primjena geofizičkih ispitivanja i za vrijeme istražnih bušotinskih radova da bi se potvrdila interpretacija strukture tla ili stijene između bušotina, a osim primjene pri određivanju geologije ispitivanog područja, za inženjersku praksu je od velike važnosti njihova primjena pri određivanju fizikalnih svojstava tla ili stijene gdje geofizičke metode daju vrlo dobre rezultate kod mjerenja krutosti pri malim deformacijama (Menzies, 2001).

U nastavku će se prikazati mogućnosti primjene geofizičkih površinskih nerazornih metoda kroz niz primjera – od primjene na željezničkoj infrastrukturi preko primjene na mreži autocesta pa sve do primjene na nasipima za obranu od poplava. Na slici 1 je dan prikaz lokacija istražnih geofizičkih radova koje je proveo Zavod za geotehniku Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.



Slika 1 – Lokacije geofizičkih istražnih radova provedenih na Zavodu za geotehniku Građevinskog fakulteta u Zagrebu s naglaskom na linijske infrastrukturne objekte

2. Nerazorno ispitivanje objekata željezničke i tramvajske infrastrukture

Danas u Republici Hrvatskoj postoji 2976 km željezničkih linija, naspram cca 215 400 km koliko je izgrađeno u svim zemljama Europe, pri čemu je najveći broj pruga izgrađen od 1862. godine (prva željeznička pruga izgrađena u sjevernoj Hrvatskoj povezujući Nagykanizsu u Mađarskoj i Pragersko u Sloveniji u duljini od 41 km) do perioda Drugog svjetskog rata. Nakon Drugog svjetskog rata samo je cca 200 km novih pruga izgrađeno, ali većina postojećih linija je elektrificirana (Jurčić-Kačunić, 2015). Zahvaljujući ponajprije europskim fondovima, željezničke pruge u Republici Hrvatskoj u nekoliko proteklih godina doživljavaju temeljitu revitalizaciju te je evidentno da će ona potrajati i duži niz godina. Brojni projekti uključuju izgradnju novih dionica, ali i sanaciju postojećih.

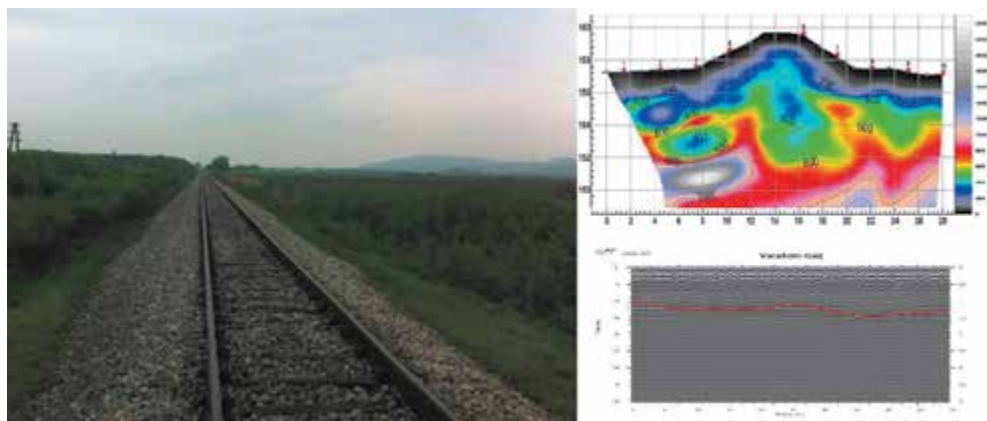
Što se tiče gradskog tramvajskog prijevoza koji ima važnu ulogu u razvoju urbanih sredina, u Hrvatskoj se tramvaj koristi jedino u Zagrebu (oko 115 km trase) i Osijeku (oko 17 km trase).

2.1. Nerazorno ispitivanje nasipa željeznice

Radi nesistematičnosti s aspekta definiranja problema povezanih sa željezničkom infrastrukturom, osobe koje upravljaju željeznicama u Hrvatskoj nemaju širu sliku stanja željezničkih nasipa, već se svakom problemu pristupa individualno tek nakon što do problema (klizanja, učestalog podbijanja, itd.) dođe. Brojni su primjeri sanacije željezničkih nasipa u kojem se istražni radovi i projektiranje provode tek nakon što je došlo do pojave prekomjernih deformacija ili nestabilnosti. Zavod za geotehniku Građevinskog fakulteta u Zagrebu je sudjelovao kroz provedbu istražnih radova i izradu projektne dokumentacije na sanaciji niza postojećih željezničkih nasipa u Hrvatskoj (slika 1). Metodologija provedbe istražnih radova koji su prethodili izradi projekta sanacije na svakom je nasipu uključivala primjenu više geofizičkih metoda, istražna bušenja, laboratorijske istražne radove te inženjersko geološku prospekciju.

Jedan takav primjer je sanacija nestabilnosti nasipa u km 132+200 do km 133+000, dionica pruge Pčelić – Virovitica, pruga R202 Varaždin-Dalj (Građevinski Fakultet Zagreb, 2014a). Naime, su česta podbijanja zastornog materijala kao rezultat prekomjernih slijeganja. U sklopu istražnih radova od geofizičkih metoda su korištene geofizičke georadarskog snimanja i seizmičke refrakcije (slika 2).

Istražnim radovima se ustanovilo da se željeznički nasip nalazi na mekom tlu čije su krutosne karakteristike izrazito nepovoljne te je kao optimalno rješenje sanacije



Slika 2 – Nestabilni nasip u km 132+200 do km 133+000, pruga R202 te refrakcijski i georadarski profil snimljeni u sklopu sanacije nasipa (Građevinski fakultet Zagreb, 2014a)

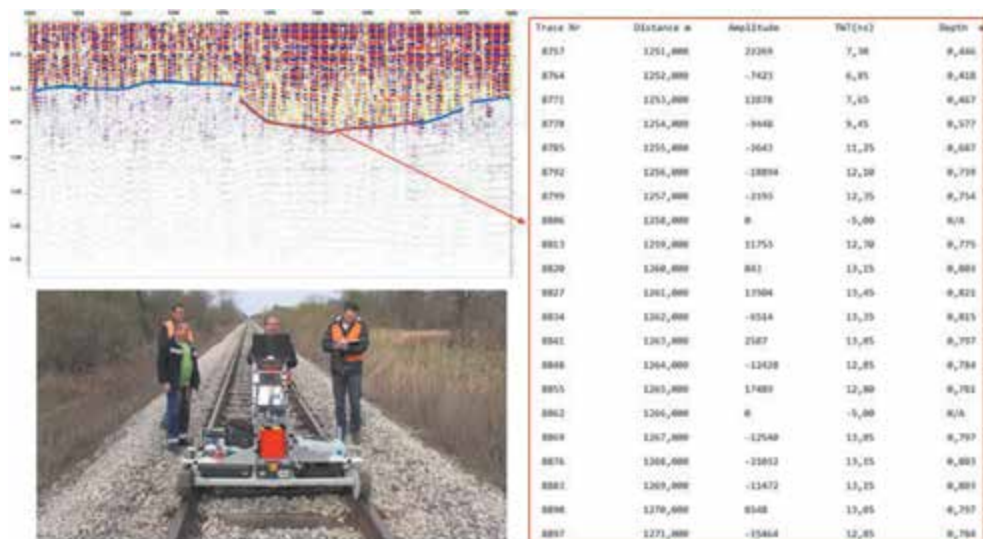
nestabilnosti predmetnog nasipa odabrano poboljšanje temeljnog tla mlazno injektiranim stupnjacima promjera 60 cm, duljine 4-8 m uz ojačanje tijela nasipa izvođenjem šljunčanih rovova na uzdužnom razmaku od 3 m (iznad ojačanja mlazno injektiranim stupnjacima). Krutosne zone, na kojima je izvršena optimizacija projektnog rješenja, jasno su detektirane primijenjenim geofizičkim metodama čime se dobila šira slika stanja nasipa.

Prepoznajući problematiku navedene nesistematske ocjene stanja željezničke infrastrukture, HŽ Infrastruktura d.o.o. kao tvrtka odgovorna za upravljanje infrastrukturnim sektorom Hrvatskih željeznica je prepoznala potrebu sistematične procedure određivanja stanja željezničkih nasipa. Zato je provedena metodologija ocjene stanja gornjeg i donjeg ustroja k pregledom, prikupljanjem, sistematizacijom i analizom niza podataka (Kovačević i dr., 2016), a u fokusu metodologije je višekanalni georadarski sustav, kojim su se detektirali fenomeni koji imaju utjecaj na stabilnost postojećih željezničkih nasipa. Raspon fenomena koji se mogu detektirati georadarom izrazito je širok – od dubine balasta, zastornih uvala, razgraničenja slojeva, miješanja zastornog materijala i tla, relativne vlažnosti balasta, anomalija u vidu cijevi, životinjskih prokopa itd. Da bi se detektirali svi navedeni fenomeni, bila je potrebna primjena više antena jer antene više frekvencije prodiru pliće, ali imaju veću rezoluciju (potrebne za detekciju stanja zastorne prizme), dok antene niže frekvencije prodiru dublje u ispitivani materijal, ali im je rezolucija nešto niža (služe za detektiranje anomalija u nasipima, razgraničenja slojeva, itd.). Napravljena su i posebna fleksibilna kolica prilagođena za kretanje po tračnicama, koja su opremljena 100 MHz antenom (penetracija do 15 m, rezolucija od 0.5 m), 250 MHz antenom (penetracija do 5 m, rezolucija od 0,2 m), 400 MHz antenom (penetracija do 4 m, rezolucija od 0,1 m) i 1000 MHz antenom (penetracija do 1,5 m, rezolucija od 0,05 m), slika 3. Ispitivanja su provedena na 182 km željezničkih pruga diljem Republike Hrvatske.

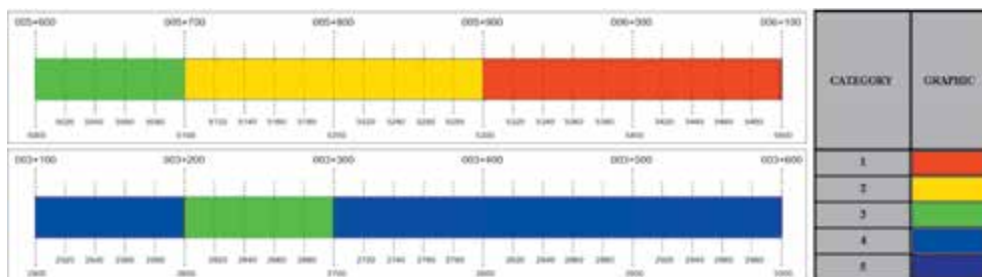


Slika 3 – Izrađena kolica i oprema (upravljačka jedinica i antene) za ispitivanje 182 km željezničkih nasipa u Hrvatskoj

Kombinacijom faznog i ručnog (‘manual’) određivanja razgraničenja slojeva kontakt između zastornog materijala i materijala donjeg ustroja određen je poluautomatskom metodom, slika 4. Prvi stupanj kategorizacije se zasnivao na rezultatima georadarskih ispitivanja. Ova kategorizacija je nadopunjena s postojećim podacima o stanju pojedine ispitane dionice (informacije su dobivene od odgovornih osoba) te opširnomo foto-dokumentacijom i video-dokumentacijom (više od 5500 slika i 1,5 TB videa). Ovo je rezultiralo s drugom razinom kategorizacije gdje su sve ispitane dionice podijeljene u pet pripadajućih kategorija, ovisno o stanju same dionice. Prva kategorija označena crvenom bojom, slika 5, označava najkritičnije točke, dok peta kategorija označava dionice u odličnom stanju. Na temelju ove kategorizacije dani su prijedlozi dodatnih standardnih in-situ geotehničkih istražnih radova i radova monitoringa u cilju dobivanja detaljnijeg uvida u stanje pojedine dionice.



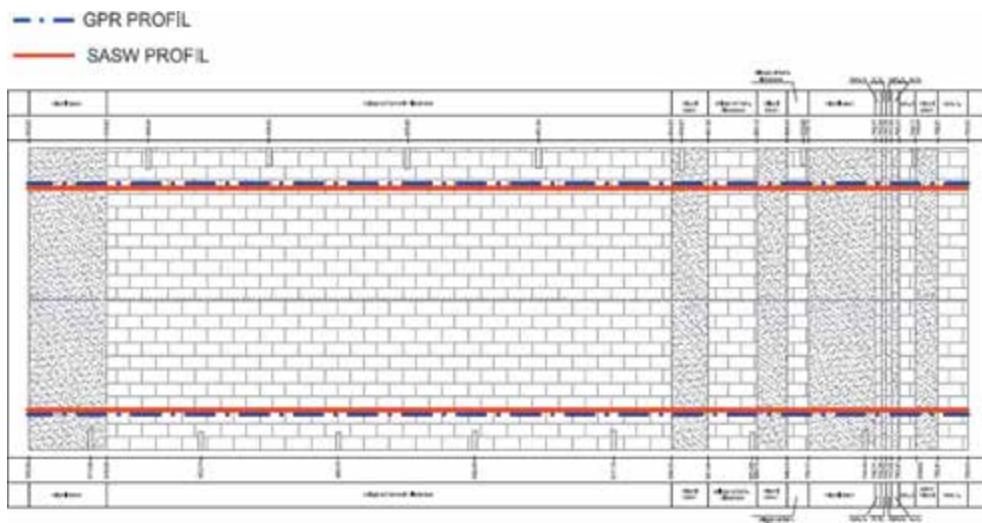
Slika 4 – Određivanje razgraničenja slojeva između zastornog materijala i materijala donjeg ustroja poluautomatskom metodom



Slika 5 – Primjer dionice u relativno lošem stanju, gore te dionice u relativno dobrom stanju, dolje (Građevinski fakultet Zagreb, 2015)

2.2. Nerazorno ispitivanje željezničkih tunela

Osim ispitivanja željezničkih nasipa, Zavod za geotehniku je sudjelovao i u ispitivanju stanja niza postojećih željezničkih tunela čime se stvorila podloga za projekt sanacije, slika 1. Jedan takav primjer je i tunel Lupinjak u duljini od 440 m, koji je izgrađen 1928. godine. Tunel se nalazi na dionica željezničke pruge L103 Zabok – Đurmanec – državna granica (sa Slovenijom). U cilju poticanja gospodarskog razvoja ovog pograničnog područja, 2014. godine su započeli prvi radovi na sanaciji predmetne pruge, koja je bila zatvorena 20-ak godina, čime se ponovno uspostavila željeznička prometna veza sa Slovenijom. Kako je definirano projektom (Građevinski fakultet Zagreb, 2014b), prije bilo kakvih radova sanacije provedena su ispitivanja geofizičkim metodama GPR i SASW u cilju određivanja stvarnog stanja podgradnog sustava. Ispitivanja objema metodama su provedena na dva pro-



Slika 6 – Razvijeni tlocrt tunela s naznačenim GPR i SASW profilima (Kovačević i dr., 2015)



Slika 7 – Ispitivanje elektromagnetnom GPR metodom (a) i seizmičkom SASW metodom (b) (Kovačević i dr., 2015)

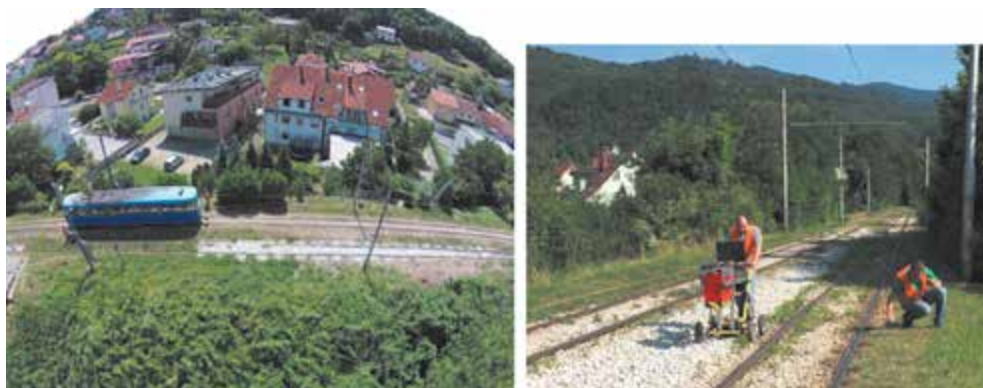
fila, slika 6, duž cijele duljine tunela. Ukupno je prije radova sanacije provedeno 880 m' georadarskih snimanja te 880 m' SASW snimanja.

Ispitivanje na tunelu Lupinjak provedeno GPR metodom je prikazano na slici 7a, dok je ispitivanje SASW metodom prikazano na slici 7b.

Primjenom georadarske metode stekao se uvid u potencijalna oštećenja podgradnog sustava i potencijalne anomalije u tlu iza podgradnog sustava duž cijelog tunela s lijeve i desne strane, dok se provođenjem SASW ispitivanja definirala krutost postojećeg podgradnog sustava. Kao dodatna mjera ostvarivanja sigurnosti tijekom izvođenja radova sanacije, naročito radova rezanja tunelske podgrade u cilju nužnog proširenja tunelskog profila, kao i u cilju osiguranja dugoročne stabilnosti tunela, projektom je predviđeno (prije početka radova na sanaciji) injektiranje određenih zona iza postojeće kamene obloge. Rezultat injektiranja je povećanje krutosti i čvrstoće sustava tlo-podgradni sklop. Zato je glavni cilj primijenjenih metoda GPR-a i SASW-a bio utvrditi stvarno stanje sustava tlo-podgradni sklop. Ovo je omogućilo i racionalnost u smislu izbjegavanja paušalnog definiranja zona injektiranja projektom, a bez poznavanja stvarnih okolnosti u kojima se tunel nalazi. Na lijevoj strani tunela je definirano da na 204 m tunela (46,36% ukupne duljine tunela) postoje zone s oštećenjima i/ili smanjenom krutosti podgradnog sklopa, dok se na desnoj strani te zone protežu na ukupno 202 m (45,9% ukupne duljine tunela).

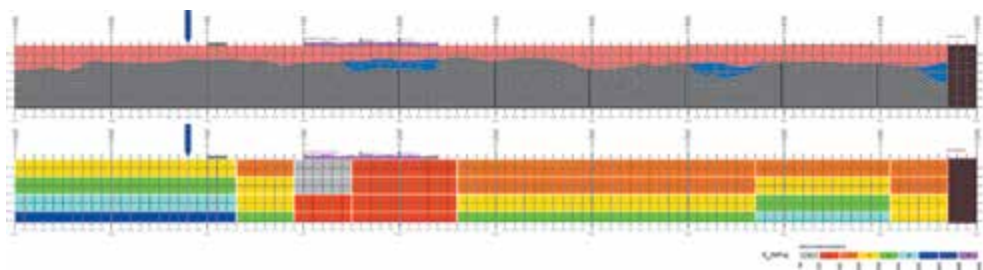
2.3. Nerazorno ispitivanje tramvajskih nasipa

1950. godine je dovršena i puštena u promet najkraća tramvajska pruga ZET-a Mihaljevac – Dolje. Pruga je duga tek 2711 metara i pri njoj izgradnji primijenjene su tada nove metode gradnje. Predviđena najveća brzina prometovanja od 60 km/h te je zbog toga duž trase izrađen poseban lančani ovjes vozne žice. Na taj se način



Slika 8 – Ispitivanje na tramvajskom nasipu trase Mihaljevac – Dolje

većim razmakom štedjelo na broju stupova, a ovsjesne su žice iskorištene i za dovod električne energije. Međutim, starost tramvajske infrastrukture je neupitno uzrokovala njezinu postupnu degradaciju te su u cilju povećanja razine sigurnosti i smanjenja troškova sanacije (a planira se i povećanje osovinskog opterećenja na predmetnoj dionici) cjelokupne trase provedeni geofizički istražni radovi (Građevinski fakultet Zagreb, 2016a) kojima bi se detektiralo stanje nasipa na kojem se nalazi predmetna pruga, slika 8. Primijenjena je kombinacija elektromagnetne metode georadarskog snimanja – GPR i seizmičke metode kontinuirane analize površinskih valova – CSWS.



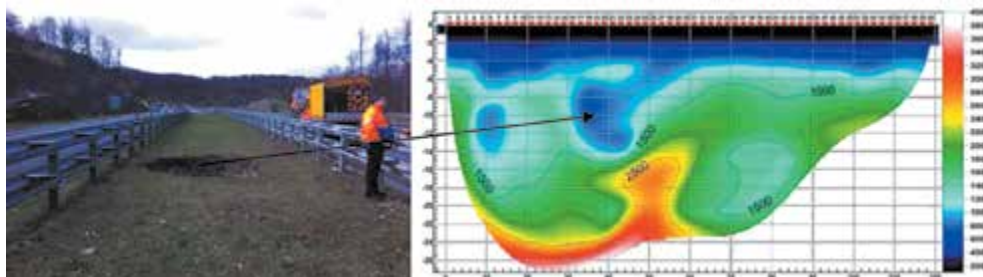
Slika 9 – Rezultati ispitivanja GPR i CSWS metodom na tramvajskom nasipu trase Mihaljevac – Dolje (Građevinski Fakultet Zagreb, 2016a)

Kao optimalna antena za GPR ispitivanja (s aspekta rezolucije i dubine ispitivanja) odabrana je antena centralne frekvencije 400 MHz. Primjenom seizmičke metode kontinuirane analize površinskih valova (CSWS) određene su brzine posmičnih valova iz čega se odredila krutost nasipa (modul elastičnosti) pri malim deformacijama koje mogu poslužiti kao indikator zona krutosti pri većim deformacijama. Preklapanjem rezultata dviju metoda, slika 9, zajedno s vizualnim pregledom navedenog nasipa definirane su kritične zone koje je nužno adekvatno tretirati u sklopu radova sanacije.

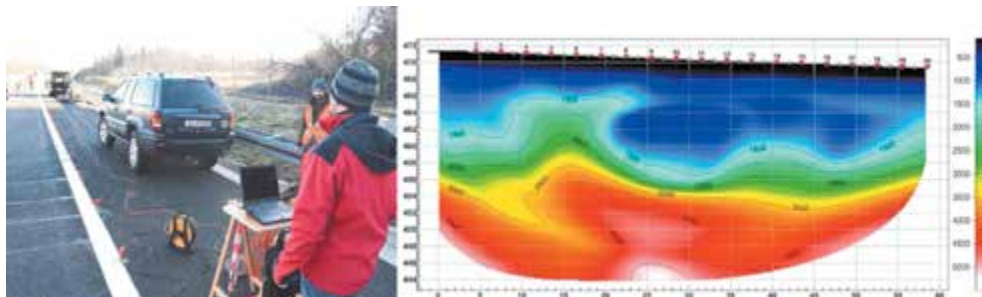
3. Nerazorno ispitivanje autocesta

Iako je, kako je navedeno u uvodu, mreža cesta i autocesta svoju ekspanziju doživjela u posljednjih 20-ak godina te danas ona predstavlja prometnu okosnicu Hrvatske, činjenica je da se kao posljedica izvedbe u krškom terenu svakodnevno javljaju problemi tijekom eksploatacije u vidu kaverni, ulegnuća, sufozija itd. Pojava ovakvih fenomena nije neuobičajena za krške terene pri čemu se više od 50% površine Hrvatske nalazi u krškom terenu kojeg čine topljive stijene vapnenca i dolomita podložne procesu karstifikacije (Jurić-Kačunić, 2011). Samo posljednjih par godina Zavod za geotehniku je proveo niz istražnih radova i izradio projekte sanacije krških fenomena na cestama i autocestama. Metodologija ispitivanja podrazumijeva kombinaciju geoloških, hidrogeoloških i geofizičkih metoda pri čemu se od geofizičkih metoda koriste metode georadarskog snimanja, seizmičke refrakcije i multikanalne analize površinskih valova.

Jedan takav primjer je otvor dubine 3 m i površine 10 m² koji se pojavio između dvije trake autoceste u 9. km u blizini čvora Bosiljevo (Bačić i dr., 2015), slika 10. Na slici se jasno može raspoznati polje smanjenih brzina uzdužnih valova na refrakcijskom profilu koje odgovara položaju kaverne nastale na većoj dubini postupkom reversne karstifikacije, a koja je uzrokovala urušavanje materijala na površini. Odabrane metode ispitivanja su uključivale seizmičku refrakciju i georadarsko snimanje. Procijenjeni volumen kaverne je iznosio oko 160 m³ što je dobiveno na temelju rezultata refrakcijskih ispitivanja, dok su georadarska ispitivanja pokazala da se ovakvi kavernozi fenomeni ne nalaze ispod kolničkih traka na predmetnoj dionici nego samo na zoni između kolničkih traka. Nakon što su projektom izvedeni (Građevinski fakultet Zagreb, 2014c) definirani radovi sanacije, ukupna količina sitnozrnog betona koji se koristio za zapunjavanje kaverne iznosio je 130 m³ čime se potvrdila vjerodostojnost geofizičkih metoda u procjeni veličine i orijentacije speleoloških objekata.



Slika 10 – Otvor između dvije trake autoceste u 9. km autoceste Rijeka-Zagreb, u blizini čvora Bosiljevo, s refrakcijskim profilom (Bačić i dr., 2015)



Slika 11 – Ulegnuće kolnika U blizini izlaza iz tunela Veliki Gložac, u km 9+500 autoceste Rijeka-Zagreb, s refrakcijskim profilom (Bačić i dr., 2016)

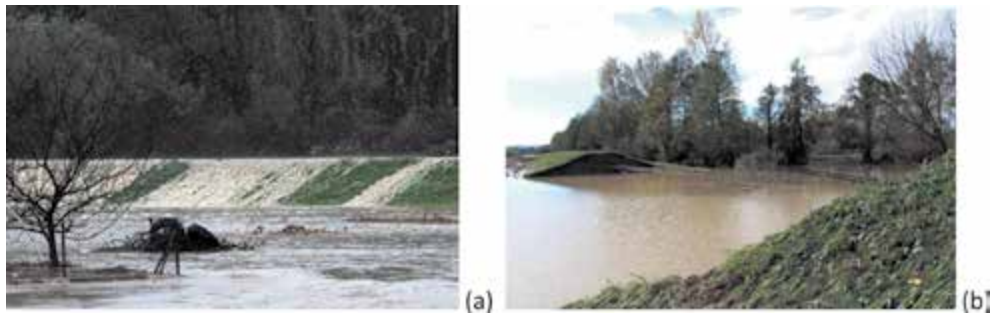
U blizini izlaza iz tunela Veliki Gložac, u km 9+500 autoceste Rijeka-Zagreb primijećeno je sredinom 2015. godine ulegnuće kolnika od 20 cm u duljini od 6 m pri čemu je zona ulegnuća zahvaćala dva traka autoceste (Bačić i dr., 2016). Nakon provođenja geoloških i geofizičkih istražnih radova, slika 11, zaključeno je da je razlog ulegnuća strmi speleološki objekt koji je parcijalno detektiran tijekom izgradnje autoceste u razdoblju od 1997. do 2001. godine. Ovaj speleološki objekt je u foslinoj fazi speleogeneze ostao ispod postojeće autoceste nakon što je stijenska masa usjeka tunela minirana radi izvedbe predusjeka tunela. Seizmičko refrakcijsko profiliranje i profiliranje multikanalnom analizom površinskih valova je potvrdilo ovu pretpostavku, gdje se na refrakcijskom profilu sa slike 11 jasno vide tri zone smanjenja brzine uzdužnih valova upravo na mjestu ulegnuća kolnika. Ovo je omogućilo definiranje adekvatnih mjera sanacije (Građevinski fakultet Zagreb, 2016b).

4. Nerazorno ispitivanje nasipa za obranu od poplava

Tijekom svog životnog vijeka nasipi za obranu od poplava su izloženi nizu faktora koji mogu uzrokovati nestabilnosti i degradaciju nasipa te u konačnici rezultirati s značajnim materijalnim štetama pa čak i ljudskim gubicima. Zato je održavanje i rekonstrukcija ovakvih objekata od ključne važnosti. Dovoljno se prisjetiti katastrofalnih posljedica u Slavoniji 2015. god. gdje je nakon puknuća nasipa u Rajevom Selu došlo do nezapamćenih poplava. Prema Niederleithinger i dr. (2007) postoje 4 grupe faktora koji mogu uzrokovati nestabilnost nasipa za obranu od poplave:

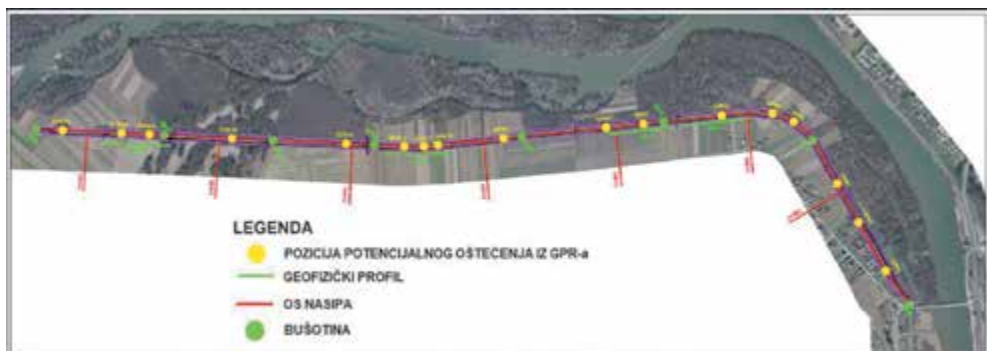
- Kategorija A – parametri materijala nasipa i temeljnog tla
- Kategorija B – utjecaj vode
- Kategorija C – utjecaj čovjeka
- Kategorija D – biološki utjecaji

Da bi se pravovremeno detektirale potencijalne anomalije koje mogu rezultirati s nepovoljnim utjecajima, nužna je provedba adekvatnih istražnih radova u cilju definiranja stanja samog nasipa. Jedan primjer nasipa kod za koji je i napravljen projekt rekonstrukcije nasipa je nasip za obranu od poplave Virje – Otok Brezje. Nasip se nalazi u Varaždinskoj županiji i izgrađen je 1968. godine u ukupnoj duljini od 3711 m. Štiti više od 450 hektara područja. U studenom 2012. godine tijekom visokih voda rijeke Drave došlo je do prelijevanja vode preko krune nasipa u duljini od oko 1000 m, ali i do probijanja nasipa u duljini od oko 50 m, slika 12. Ukupna procijenjena šteta je iznosila oko 28 milijuna kuna.



Slika 12 – Prelijevanje (a) i proboj (b) nasipa za obranu od poplave Virje – Otok Brezje (URL, 2017)

Na slici 13 je prikazan ortofoto snimak nasipa s ucrtanim provedenim istražnim radovima (Građevinski fakultet Zagreb, 2013). Istražni radovi su uključili istražna bušenja i kombinaciju geofizičkih metoda seizmičke refrakcije duž 4 profila ukupne duljine 960 m i georadarskog snimanja, koje je provedeno cijelom duljinom nasipa i koji je u potpunosti obuhvatio tijelo nasipa u cilju detektiranja eventualnih oštećenja čime se stvorila adekvatna podloga za projektnu dokumentaciju.



Slika 13 – Provedeni istražni radovi na nasipu za obranu od poplava Virje – Otok Brezje (Građevinski fakultet Zagreb, 2013)

5. Zaključci i preporuke

Primjena nerazornih metoda, prvenstveno geofizičkih površinskih metoda, pokazala se vrlo korisnom u ispitivanju stanja strateških linijskih infrastrukturnih objekata. Ove metode omogućavaju dobivanje većeg volumena ispitivanog područja što je značajan napredak u odnosu na klasična ispitivanja kojima se dobivaju podaci u diskretnoj točki (bušotine, CPTU ispitivanja itd.). Međutim, dok klasična ispitivanja daju jednoznačnu informaciju o ispitanom mediju, rezultati geofizičkih metoda mogu biti višeznačni te je nužno da osoba koja provodi ova ispitivanja ima zahtijevanu razinu znanja i stručnosti. Geofizičke metode se mogu efikasno koristiti u kombinaciji s razornim metodama gdje omogućavaju njihovu optimizaciju. U radu je dan prikaz niza primjera primjene nerazornih metoda u određivanju stanja infrastrukturnih objekata kao što su željeznice, autoceste i nasipi za obranu od poplava. Dok je mreža željeznica i nasipa za obranu od poplava u Hrvatskoj u nezavidnom stanju nastalom kao rezultat starosti infrastrukture, ali i nepostojanja jasne vizije za njihovo održavanje, mreža cesta i autocesta je funkcionalna i sigurna. Međutim, radi gradnje mreže cesta i autocesta u krškim područjima nerijetko u fazi eksploatacije do izražaja dolaze krški fenomeni koje je potrebno sanirati, a pri čemu geofizičke metode mogu dati pouzdanu ocjenu dimenzija i orijentacije takvih fenomena. U radu je prikazana i metodologija sistematskog određivanja stanja željezničkih nasipa gdje je u fokusu metodologije geofizička metoda georadarskog snimanja. Dani su i primjeri primjene ovakvih metoda za željezničke tunele, nasipe na kojima prometuju tramvaji, kao i za nasipe za obranu od poplave. U svim primjerima su geofizičke metode bile od ključnog značaja te su omogućile kvalitativno i kvantitativno formiranje adekvatne podloge za izradu projektne dokumentacije.

Literatura

- Bačić, Mario; Jurić Kačunić, Danijela; Kovačević, Meho Saša. Application of multi-geophysical approach for detection of cavern // Proceedings of International Conference on Testing and Measurement: Techniques and Applications (TMTA2015). CRC Press / Balkema, 2015. 53-56
- Bačić, Mario; Vivoda, Bojan; Kovačević, Meho Saša. Remediation of karst phenomena along the Croatian highways // Proceedings of 4th International Conference on Road and Rail Infrastructure – CETRA 2016 / Lakušić, Stjepan (ur.). Zagreb : Department of Transportation, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, 2016.
- Gradevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Geotehnički elaborat za rekonstrukciju nasipa Virje Otok – Brezje (3,7 km), GIZ-110-050/2013, 2013.
- Gradevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Sanacija nestabilnosti nasipa u km 132+200 do km 133+000, Pruga R202 Varaždin-Dalj, dionica pruge Pčelić – Virovitica, izvedbeni projekt IZP-110-025/2014, 2014a.
- Gradevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Izvedbeni projekt sanacije tunela Lupinjak, IZP-110-023/2014, 2014b.

- Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Sanacija kaverne na dionici Vrbovsko-Bosiljevo, u 9 km od čvora Bosiljevo II, izvedbeni projekt IZP-110-020/2014, 2014c.
- Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Snimanje postojećeg stanja trupa trasa pruga georadarom u Republici Hrvatskoj, Geotehnički izvještaj GIZ-110-059-F/2015, 2015.
- Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Rekonstrukcija tramvajske pruge Mihaljevac – Dolje, Ispitivanje stabilnosti postojećeg nasipa, GIZ-110-036/2016, 2016a.
- Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: Sanacija ulegnuća kolnika iza izlaznog portala tunela Veliki Gložac, km 9+500, južni kolnik, smjer Zagreb, autocesta A6 (In Croatian), izvedbeni projekt IZP-110-006/2016, 2016b.
- Jurić-Kaćunić Danijela; Bačić, Mario; Kovačević, Meho Saša. Ocjena stanja željezničkih nasipa pomoću georadarskih ispitivanja // Dani prometnica 2015: Kvaliteta prometne infrastrukture – ključ razvoja gospodarstva / Lakušić, Stjepan (ur.). Zagreb : Department of Transportation, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, 2015. Str. 171-202.
- Kovačević, M.S., Jurić-Kaćunić D., Simović R.: Determination of strain modulus for carbonate rocks in Croatian karst (In Croatian), GRAĐEVINAR 33 (2011) 1, pp. 35-41.
- Kovačević, Meho Saša; Bačić, Mario; Čabraja, Ivica. Sanacija željezničkog tunela Lupinjak // Dani prometnica 2015: Kvaliteta prometne infrastrukture – ključ razvoja gospodarstva / Stjepan Lakušić (ur.). Zagreb : Department of Transportation, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, 2015. Str. 111-142
- Kovačević, M.S., Jurić Kaćunić, D., Car, M., Bačić, M.: Suvremene geodetske i geofizičke metode ispitivanja tla i stijena, Izazovi u graditeljstvu 2, Lakušić, Stjepan (ur.). Zagreb : Hrvatski savez građevinskih inženjera, pp. 287-315, 2014.
- Kovačević, M.S., Marčić, D., Gazdek, M.: Application of geophysical investigations in underground engineering, Technical Gazette, 20 (6), pp. 1111-1117, 2013.
- Kovačević, Meho Saša; Gavin, Kenneth; Stipanović Oslaković, Irina; Bačić, Mario. A new methodology for assessment of railway infrastructure condition // Proceedings of 6th Transport Research Arena. 2016. 1930-1939
- Kreč, S., Hozjan, T., Golubić, J.: Razvojne mogućnosti željeznice u Hrvatskoj, Ocjena dosadašnjeg prometnog razvitka Hrvatske i osnovne smjernice daljnjeg razvoja, Steiner, Sanja ; Božičević, Josip ; Bukljaš Skočibušić, Mihaela (ur.). Zagreb : Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, pp. 135-149, 2012.
- Menzies, B.K.: Near-surface site characterisation by ground stiffness profiling using surface wave geophysics, Instrumentation in Geotechnical Engineering. H.C.Verma Commemorative Volume. Eds. K.R. Saxena and V.M. Sharma. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, Calcutta. pp 43-71, 2001.
- Niederleithinger, E., Weller, A., Lewis, R., Stötzner, U., Fechner, TH., Lorenz, B. and Nießen, J.: Evaluation of Geophysical methods for River Embankment Investigation. 2007, Proc. of EFRM Dresden, Germany
- ‘Strategija prometnog razvitka Republike Hrvatske’, NN 139/99, 1999.
- URL: www.srk-cestica.hr, Pristup: 2017-13-02

Potentials of Using Non-Destructive Soil and Rock Testing Methods for the Renovation of Strategic Infrastructural Line Objects

Kovačević Meho Saša, Bačić Mario, Librić Lovorka

Faculty of Civil Engineering University of Zagreb
msk@grad.hr, mbacic@grad.hr, llibric@grad.hr

Geotechnical engineering connects 'classical' civil engineering and geo-sciences and as such comprises of a wide range of activities which are necessary in order to secure safe, functional and economical structure. However, in recent years there has been an increasing emphasis on the rehabilitation of existing structures where geotechnical investigations are a key element in the assessment of their current situation. The evaluation of the condition is still predominantly determined using destructive methods that require significant financial and time resources. On the other hand, the application of non-destructive methods, which can cover a larger volume the investigated area, are being more and more in use in the recent period. Of course, these methods are still burdened with certain disadvantages which partially restrict their use, but an increasing trend of their application is evident. Advantages of non-destructive testing come to the fore in the assessment of the condition of strategic infrastructure line structures such as railway lines, road and motorway network, embankments for flood protection, etc. Each type of the line structure defines criteria for usage of certain non-destructive methods. Examples of the assessment of strategic infrastructure line structures, with non-destructive methods in the focus of the methodology, will be given through the demonstration of a series of expert work activities, conducted in the Department of Geotechnics of the Faculty in Zagreb, aimed at a reliable and quality assessment of the current condition.

Key words:

non-destructive testing, geophysical investigation, remediation, infrastructure line objects, condition assessment

Internet, digitalni svemir i kibernetička sigurnost

Krakar Zdravko¹, Vuković Marin², Tomić Rotim Silvana³

¹Fakultet organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu; zkrakar@foi.hr

²Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu; marin.vukovic@fer.hr

³Zavod za informatičku djelatnost Hrvatske, d.o.o.; stomic@zih.hr

U radu se opisuje značaj informacijsko-komunikacijskih tehnologija i interneta kao infrastrukture digitalnog doba. Razmatraju se uzroci nastajanja tzv. digitalnog svemira i njegove izrazito brze daljnje ekspanzije, a zatim aspekti sigurnosti, odnosno nesigurnosti u ovom digitalnom prostoru. Procjenjuje se stanje ove sigurnosti u Hrvatskoj, analiziraju mogući pristupi njegovom unapređenju te potreba razvoja i implementacije sustava informacijske i kibernetičke sigurnosti. Za kibernetičku sigurnost identificiraju se danas postojeći metodološki okviri. U zaključcima rezimiraju se najvažnija opažanja, a u preporukama daju smjernice za poboljšanja.

Ključne riječi:

internet, digitalni svemir, informacijska sigurnost, kibernetička sigurnost

1. Uvod

Cilj rada je prepoznati interakciju informacijsko – komunikacijskih tehnologija (IKT) i Interneta, koja je dovela do nastanka tzv. digitalnog svemira, upozoriti na rastuće sigurnosne opasnosti i ukazati na mogućnosti njihovog nadzora. IKT i internet jedan su od temeljnih pokretača suvremenog svijeta. Omogućavaju digitalizaciju svih dijelova društva i gospodarstva. Njihovim korištenjem dešava se transformacija dosadašnje ekonomije u digitalnu ekonomiju. Digitalni svemir virtualno je područje u kojem se već nalaze gotovo svi podaci nastali u ljudskoj povijesti. No svakog trenutka, zahvaljujući IKT-u Internet apsorbira sve veću količinu novih podataka, tako da ih u jednoj godini nastane više no što je to bilo kroz dosadašnja tisućljeća. Vodeći smjerovi daljnjeg razvoja IKT-a presudno određuju i daljnji razvoj Interneta i ovaj proces je interaktivan. Ali nove tehnologije rađaju i nove opasnosti. S obzirom da internet ima 3 temeljna dijela nazvana površinski, dubinski i tamni Internet; u skladu s tim nužno je razlikovati i njegove aspekte sigurnosti.

Zbog ovih činjenica suvremeni koncepti i rješenja sustava informacijske sigurnosti nisu više dovoljni i nužno ih je kombinirati s tzv. *cyber* ili kibernetičkom sigurnosti. Za razvoj i primjenu sustava kibernetičke sigurnosti nužno je postojanje niza preduvjeta, između ostalog i pravnog i metodološkog okvira.

2. Analiza stanja i potreba daljnjeg razvoja

a. Internet kao informacijsko – komunikacijska infrastruktura digitalnog društva

Odnos razvoja tehnologije i njenog utjecaja na društvo dešava se već više od 2 stoljeća i može se pratiti kroz tehnološke valove. IKT dio su visokih tehnologija nastalih na 5. tehnološkom valu kojeg karakteriziraju naročito: biotehnologija, digitalne mreže, programska oprema i razvoj Interneta. Prvi tehnološki val bilo je doba mehanizacije, drugi doba parnih strojeva, treći doba električne energije i motora s unutarnjim sagorijevanjem, četvrti doba elektronike, petrokemije, avijacije i svemirske tehnologije. Na svjetskoj sceni je rađanje šestog tehnološkog vala koji donosi intenzivnu digitalizaciju svih aspekata našeg svakodnevnog života i načina rada.

Suvremenu digitalizacija omogućavaju današnje, a naročito nadolazeće informacijsko-komunikacijske tehnologije. Postoji opća suglasnost da su današnje vodeće tehnologije: Internet stvari (Internet od Things – IoT), mobilno računarstvo, *Big Data*, oblachno računarstvo i robotika. Proces digitalizacije potencijalni je pokretač izrazito velikog gospodarskog i društvenog razvoja u svijetu. Na to upućuju mnogobrojni relevantni izvori, a sve više i suvremena praksa. Transformacija dosadašnje ekonomije u digitalnu ekonomiju zahvaća sve industrijske grane i uvrste usluga. Vodeće gospodarske zemlje i Europska unija (EU) svoj daljnji razvoj u velikoj mjeri baziraju na intenzivnom razvoju i primjeni ovih tehnologija. Ovaj proces u EU naročito je intenziviran od 2010.g. kada je objavljena Digitalna agenda za Europu (Digitalna agenda, 2010). Otada nastao je i provodi se niz različitih strategija kojima se želi ostvariti vizija digitalnog društva i dostići njene prednosti.

Samo kao primjer može se navesti procjena da polovina rasta produktivnosti danas dolazi od ulaganja u IKT i da internetsko gospodarstvo otvara 5 novih radnih mjesta za svaka 2 ukinuta klasična radna mjesta. Informacijska ekonomija danas je sinonim za organizaciju i način funkcioniranja nekog društva ili poslovnog sustava koji je temelji na znanju, informacijama, inovacijama, IKT-u i internetu.

IKT i internet snažno su prisutni u svim područjima ljudskog djelovanja, života i načina rada i iz temelja su ih promijenile. Mogu se navesti brojni primjeri koji to potvrđuju. Pametna uprava, pametni gradovi, pametno zdravstvo, pametni promet, pametna poljoprivreda¹ itd., današnji su sinonimi za intenzivnu digitalizaciju, razvoj novih proizvoda, usavršavanje i ubrzavanje poslovnih procesa te primjenu novih poslovnih modela.

Doprinos IKT-a i interneta posebno je očigledan u svim granama industrije od proizvodnje do skladišta i logistike. Upotrebom procesa automatizacije i IoT-a, koji omogućuju digitalno upravljanje fizičkim svijetom, smanjuju se mogućnosti pogrešaka i zastoja u proizvodnji, a procesi se ubrzavaju. Korištenje beskontaktnih tehnologija, kao što je RFID (*Radio Frequency Identification*), omogućava udaljeno praćenje robe, čime se olakšavaju procesi uključeni u skladištenje i logistiku. IoT donosi i velike promjene u zdravstvu. Ovdje se prvenstveno misli na korištenje senzora koji su u mogućnosti mjeriti vitalne funkcije ljudi, kao i pametnih uređaja, primjerice *pacemaker*-a koji će liječnicima svakog trenutka moći dojavljivati stanje pacijenta.

Internet je infrastruktura informacijskog, digitalnog društva. Njegova povijest je objektivno vrlo kratka. Preteča interneta jest projekt Arpanet, kroz koji su u SAD-u 1968. g. povezana prvo dva, a zatim četiri sveučilišna računala. Godine 1984. u ovu mrežu spojeno je već 1000 računala sveučilišnih i korporativnih laboratorija, a 1998. g. u nju je uključeno oko 25 milijuna poslužitelja koji su opsluživali oko 50 milijuna korisnika. Ova mreža se i dalje veoma brzo širila, tako da je npr. 2009. g. povezivala preko 440 milijuna računala i imala preko 1 milijardu (mlrd.) korisnika da bi ju već 2012. g. koristilo preko 2,1 mlrd. korisnika, a 2015. g. preko 3,5 mlrd. ili oko 47 % svjetske populacije (Gunelius, 2013).

Internet se i dalje silovito razvija, naročito pod utjecajem IoT-a, mobilnog računarstva, Big Data i oblačnog računarstva. IoT je postala paradigma za digitalizaciju mnoštva uređaja i njihovo spajanje na internet. Prema nekim izvorima danas je na internet povezano preko 25 mlrd. takvih uređaja, a do 2020.g. biti će ih preko 50 mlrd². Intenzivan razvoj IKT-a, neprekidno širenje primjene elektroničkih uređaja (IoT-a), mreža i digitalizacija proizvodnje rezultiraju nastankom enormne količine novih podataka tako da je ova paradigma nazvana *Big Data*. Mobilno računarstvo podrazumijeva isporuku usluga na različitim pokretnim uređajima kao što su pametni telefoni, tableti, pametni satovi i, općenito, nosiva računala (*wearables*). Dovoledno je do toga da se internet može koristiti bilo gdje i bilo kada. Oblačno računar-

¹ Namjera prefiksa „smart“, koji se obilato koristi u literaturi i svakodnevnoj komunikaciji u ovom području, ima namjeru posebno naglasiti prednosti procesa digitalizacije.

² Postoje mnogi izvori koji govore o ovom broju. Jedan od njih je i <http://www.zdnet.com/article/iot-will-account-for-nearly-half-of-connected-devices-by-2020-cisco-says/>

stvo, tj. iznajmljivanje jednoga ili više poslužitelja i korištenje različitih aplikacija na njima, ruši granice dosadašnjih internih funkcija za informatiku u poslovnim sustavima i predstavlja novi način korištenja IKT resursa u kojem korisnik i ne zna gdje mu se fizički nalaze njegove baze podataka i informacijski sustavi.

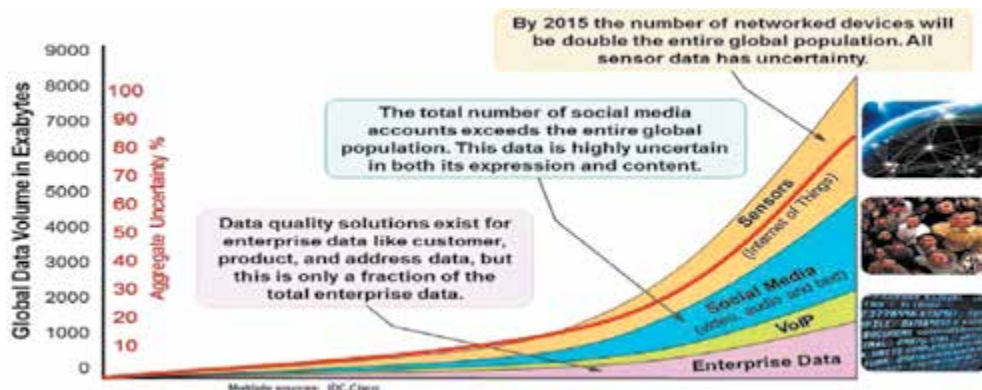
Utjecaj novih tehnologija na daljnji razvoj društva i gospodarstva donosi mnoge potencijalne prednosti i rađa brojne izazove. Neka od naročito intrigantnih područja su: inovativno vođenje poslovnih sustava, zdravlje, demografske promjene, kvaliteta života, sigurnost hrane, održiva poljoprivreda i šumarstvo, sigurna, čista i učinkovita energija, pametni, zeleni i integrirani promet, klimatske aktivnosti, održivi okoliš, učinkovitije korištenje sirovina i resursa, sigurnije društvo, ali i niz drugih područja.

b. Internet i digitalni svemir

Disruptivne tehnologije zajednički je termina za one tehnologije koje u društvu i gospodarstvu izazivaju dramatične promjene. Već je rečeno da su u području IKT-a to: internet, IoT, Big Data, mobilno i oblačno računarstvo. Ove tehnologije dovele su do nastanka tzv. digitalnog svemira, pojma koji označava apsorpiranje i korištenje ogromnih količina podataka i informacija putem Interneta. Definiranje odnosa između termina *podatak*, *informacije* i *znanje*, vrlo je kompleksna tema i sklizak teren. Za potrebe ovog rada taj problem je pojednostavljen tumačenjem da informacije nastanu iz podataka njihovom interpretacijom, a znanje je sposobnost korištenja informacija. Kako se razvija znanje i je li ga je moguće izmjeriti, kojim metodama se to čini, možda je nemoguća misija? Ovim problemom bave se discipline *Upravljanje znanjem*, *Metrike znanja* i još neke. Kako je fokus ovog rada na prikazu interneta kao digitalnog svemira, njegovim potencijalima i opasnostima, ovdje je namjerno korišteno izvjesno pojednostavljenje.

Za internet vrijedi načelo 4 V (Volume, Velocity, Variety, Veracity). U njemu se reflektiraju volumen, brzina, različitost i korisnost podataka. Nema dvojbe da se volumen novonastalih podataka tijekom vremena povećava, a brzina njihovog nastajanja skraćuje. Nekada je moralo proći 17 stoljeća da bi se ljudsko znanje udvostručilo, zatim 150 pa 50 godina. Danas to je svake 2 godine, s tendencijom daljnjeg ubrzanja ovog ritma (Schilling, 2013), (Willyerd, Mistick, 2016.), (Toedt, 2014.). Zahvaljujući disruptivnim tehnologijama, svi podaci na izvjestan način danas završe na internetu.

Smatra se da su 4 glavna izvora novih podataka koji se pojavljuju na internetu: IoT, društvene mreže, VoIP i podaci poslovnih sustava (slika 1).



Slika 1 – Tijek porasta količine podataka na Internetu prema glavnim izvorima
 Izvor: <https://www.google.hr/search?q=global+data+volumen+in+exabytes&client=firefox-b&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwicjJSHq7DTAuhUJMAKHZ8xA>

IoT uređaji veliki su generator novonastalih podataka kojima se puni internet. Već je rečeno da je prema nekim izvorima u ovom trenutku na njega spojeno preko 15 mlrd. takvih uređaja, dok će taj broj do 2020. g. porasti na više od 50 mlrd. No postoje i izvori koji kazuju da je već danas na internet spojeno i nekoliko puta više ovih uređaja³. IoT primjena vrlo brzo se širi. Trenutačno najviše je prodrla u industrijsku automatizaciju, zdravstvo, upravljanje gradovima, upravljanje prometom, upravljanje pametnim kućama, logistiku, farmaceutiku, proizvodnju hrane, financijsku industriju. Zahvaljujući IoT-u jednoj godini internet apsorbira više podataka nego ih je nastalo u nekoliko tisućljeća. Ovaj proces će se dalje nastaviti i, dok je 2003.g. broj takvih uređaja po svakom stanovniku na planeti bio 0,08, danas je 3,5, a do 2020. g. dostići će 6,6. Time će se i podatkovni sadržaj interneta eksponencijalno povećavati⁴.

Društvene mreže drugi su veliki izvor novih podataka na internetu. Postoje mnogi prikazi o intenzitetu njegovih istovremenih aktivnosti, npr. broju elektroničke pošte, skype komunikacija, Google, Amazon i drugih pretraživanja, Facebook vijesti, broju novo pohranjenih filmova, Instagram postova, Tweet korisnicima itd. Tako se npr. svakih 60 sekundi uputi 204 milijuna elektroničke pošte, načini preko 695.000 raznih Google pretraživanja, preko Skype-a komunicira preko 23.300 ljudi, upiše se 2.460.000 Facebook postova (Gunelius, 2014.).

Na internetu se nalaze i podaci poslovnih sustava. U pravilu do općih podataka o ovim sustavima, npr. njihovim adresama, poslovnom profilu i sl., moguće je doći bez ikakvog ograničenja. Ovom dijelu interneta pripadaju i druge otvorene informacije – tiskovni mediji, neke općenite znanstvene ili poslovne informacije, turistički portali itd., dok se

³ Vidjeti npr. izvor Gartnera: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>,

⁴ CISCO. Internet of Things – How the Next Evolution of Internet is Changing Everything. Izvor: http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf

vrijednije informacije nalaze u dubljem dijelu interneta kao specifični repozitoriji, rezultati znanstvenih istraživanja, informacije koje pripadaju financijskoj industriji itd.

Na internetu, kao zatvoreni informacijski sustavi, nalaze se podatkovni sadržaji tijela državne uprave, njihovih agencija i instituta. Npr., američko ministarstvo obrane putem nekoliko tisuća svojih dronova dnevno preuzme oko 25 terabyte-a (TB) novih podataka. Kroz automatizirani nadzor proizvodnje, distribucije i korištenja električne energije, američko Ministarstvo energetike dnevno pohrani oko 300 terabyte-a podataka, a instituti koji se bave istraživanjem genoma raka, imaju pohranjeno 3 – 5 petabyte (PB) podataka.

Nekada napredne telekomunikacijske usluge koje koriste protokol IP za prijenos glasa (VoIP, *Voice over Internet Protocol*), kao što je *Skype*, danas se smatraju uobičajenim. Štoviše, neke su slične usluge temeljene na tehnologiji VoIP, kao što su *Viber* i *Whatsapp*, popularnost dosegle tek prodorom pametnih telefona. Promatrajući telekomunikacijske mreže operatora, očigledno je da su tradicionalne telefonske centrale već odavno zamijenjene digitalnom telefonijom. No posljednjih godina, gotovo svi davatelji telekomunikacijskih usluga u potpunosti su prešli na paketski prijenos glasa putem tehnologije VoIP koji se sada, gdje god to infrastruktura dopušta, proteže do krajnjih korisnika. Time se količina informacija koje se prenose kroz internet protokolom IP dodatno povećava.

Proizlazi da se sadržaj interneta može podijeliti na 3 temeljna sloja: površinski, dubinski i tamni Internet (Slika 2).



Slika 2 – Tri osnovna sloja Interneta

Iz ovog navedenog kratkog prikaza može se zaključiti da se u tzv. površinskom dijelu interneta već danas nalaze pohranjene ogromne količine podatkovnog sadržaja. Postoje procjene da je to sada oko 8 zetayte (ZB) podataka i da će ova količina do 2020. g. porasti na 35 – 40 ZB i dalje se dramatično povećavati te u bliskoj perspektivi prijeći u Yota svijet⁵. Ovaj površinski sloj putem uobičajenih Internet tražilica (Google i dr.) pristupačan je svima koji žele u njemu sudjelovati. Ono što je naročito bitno, jest da ovaj sloj čini samo 4 % njegovog ukupnog podatkovnog sadržaja. Dominantni dio Interneta jesu specifični sadržaji koji su zatvorenog tipa i nisu dostupni uobičajenim tražilicama.

c. Internet i (ne)sigurnosti informacija

Izvjerno je da postojeće, a osobito nadolazeće IKT tehnologije, imaju i svoje rizike. Jedan od njih je i sigurnost digitalnog svemira na internetu. Kako uspostaviti dovoljno siguran sustav ove sigurnosti koji jamči njegovu primjerenu razinu? Informacijska sigurnost je sinonim za ostvarenje potrebne povjerljivosti, integriteta i raspoloživosti informacija. Danas su na sceni tzv. *Information Security Management Systems* (ISMS) čiji dio jest i sigurnost interneta.

ISMS sustavi na izvjestan način ipak su pretežito orijentirani na unutarnju sigurnost informacijskih sustava. Intenzivni razvoj IKT-a, osim potrebe za ISMS-ovima, doveo je i do nužnosti tzv. kibernetičke (*cyber*) sigurnosti. Ona se definira kao očuvanje povjerljivosti, integriteta i raspoloživosti informacija u kibernetičkom, dakle u digitalnom prostoru koji okružuje neki poslovni sustav. Kibernetički prostor je složeno okruženje nastalo interakcijom ljudi, programske opreme i usluga na internetu, uz pomoć spojene opreme i mreža. To je prostor koji ne postoji u fizičkom, već u virtualnom obliku.

Sigurnost podataka na internetu može se promatrati na više načina pa i prema njezova dva osnovna sloja – *površinskom i dubinskom* internetu. Procjenjuje se da *površinski* internet, onaj koji poznajemo i pretražujemo poznatim tražilicama, obuhvaća tek oko 4 % svih podataka, dok oko 96 % zauzima *dubinski* web dio koji nije vidljiv takvim tražilicama i do njega je moguće doći samo putem specifičnih tražilica, formi i alata. Dubinski web tipično sadrži podatke vezane uz IoT (primjerice, očitavanja različitih senzora), zaštićene ili teže dostupne podatke institucija (primjerice, katastar, baze znanstvenih radova itd.) i ostale specifične podatke koji nisu uvršteni u najraširenije tražilice, najčešće iz praktičnih razloga i specifičnosti podata-

⁵ Zeta Byte (ZB) je jedinica mjere za količinu podataka, kao što su to i megabyte (MB), gigabyte (GB), terabyte (TB), petabyte (PB), exabyte (EB). Jedan MB ima 1.000.000 znakova, što odgovara podatkovnoj količini od 4 knjige. Na analogan način 1 ZB odgovara podatkovnoj količini od oko 4.919.000.000.000.000 knjiga. Nakon ere ZB-a dolazi era Yotabyte-a (YB).

ka. S obzirom na ogromnu količinu podataka u dubinskom webu, isti postaje predmet različitih istraživanja koja pokušavaju iznaći pravilnosti u podacima kako bi se povećalo znanje i ostvarile mogućnosti predviđanja. Neki od primjera su kretanje dionica na burzama, predviđanje vremena na temelju očitavanja senzora i slično. Sva istraživanja koja imaju za cilj pronalaženje dodatnog "znanja" u podacima na dubokom webu spadaju u domenu istraživanja "velikih podataka" (*Big Data*) i znanost o podacima (*Data Science*). Međutim, u gomili podataka svakako se mogu naći i podaci koji mogu donijeti određeno "znanje" o pojedincima čime ulazimo u domenu privatnosti podataka.

Kod razmatranja privatnosti podataka na internetu treba znati što sve treba štiti, od koga i na koji način. Tradicionalni primjer osjetljivog, privatnog podataka jest broj kreditne kartice. Međutim, podaci kao ime i prezime korisnika, adresa elektroničke pošte i broj telefona također bi se trebali smatrati osjetljivima. Naime, ove kontaktne podatke napadač može iskoristiti kako bi personalizirao upit zbog svog što vjerodostojnijeg napada. Po senzibilitetu svakako treba spomenuti i medicinske podatke koji postaju sve dostupniji, osobito putem uređaja IoT. Kako su medicinski podaci prepoznati kao posebno osjetljivi, na snazi su stroge legislative o rukovanju takvim podacima, primjerice HIPAA (*Health Insurance Portability and Accountability Act*) u SAD-u.

Do problema dolazi ako ti podaci postanu dostupni napadaču koji ih zatim može uporabiti da bi došao do neke financijske koristi, nanoseći štetu krađom identiteta i lažnim predstavljanjem. Napadači do osjetljivih podataka u pravilu dolaze tzv. *curenjem podataka*. Ovaj pojam označava dostupnost naših povjerljivih podatak, koje smo dali na raspolaganje trećim osobama zbog neke usluge. Uzroci curenja podataka mogu biti nenamjerni ili namjerni. Nenamjerno curenje uzrokovano je tehničkim ili administrativnim pogreškama davatelja usluge (Hawkins, 2016.). Namjerna curenja podataka nazivaju se *proboji* (engl. *data breach*). Podaci koji isure najčešće se koriste za krađu identiteta ili lažno predstavljanje kako bi se zavaralo vlasnika kompromitiranih podataka.

Kada napadač uspije ukrasti povjerljive podatke, može dalje koristiti društveni inženjering kao vektor napada na pojedince, tvrtke i institucije (Symantec, 2016.). Žrtvama se najčešće pristupa putem elektroničke pošte, telefonskim pozivom, a u posljednje vrijeme i SMS porukama. Mnogi primjeri iz svijeta i Hrvatske to potvrđuju. Neki od nedavnih primjera u Hrvatskoj su poziv iz ambasade, gdje se netko lažno predstavlja kao djelatnik ambasade i traži novac te SMS poruka sadržaja "Hitno me nazovi" najčešće upućena iz neke afričke države s broja s povećanom tarifom.

Kako se zaštititi od razmatranih prijetnji? Prvi korak je povećanje naše spoznajne razine. O zaštiti osobnih podataka ima već dosta članaka u novinama, niz prigodnih

materijala objavile su razne institucije, npr. banke. Dosta materijala o ovim temama postoji i na internetu. Nacionalni CERT Republike Hrvatske na svojim stranicama objavljuje prigodne brošure⁶. Hrvatska agencija za mrežne djelatnosti (HAKOM) objavila je Kalkulator privatnosti⁷. Kalkulator korisnicima omogućuje procjenu rizika pri odavanju osobnih podataka o nekoj usluzi. Primjerice, registracijom na *Googleov* mail, *GMail* korisnici trebaju unijeti svoje ime, prezime, spol i broj mobilnoga broja. Kalkulator procjenjuje koliki je rizik ukoliko uneseni podaci postanu dostupni napadaču te izlaže stvarne scenarije na koje napadač može pokušati zavarati korisnika (Vuković et al, 2015).

Navedeno je da dubinski dio interneta čini većinu sadržaja interneta, no u kontekstu sigurnosti i privatnosti korisnika potrebno je pojasniti i njegov "najtamniji" sloj – tzv. tamni (*dark*) web. On sadrži skup sjedišta weba kojima je moguće pristupiti isključivo korištenjem specijaliziranih preglednika i tražilica koji prikrivaju identitet korisnika. U tom segmentu interneta nalazi se čitav raspon ilegalnih sadržaja i aktivnosti kao što su trgovanje narkoticima i oružjem, dječja pornografija, unajmljivanje plaćenika te najeksplicitniji video sadržaji. Već pristup tom sloju može predstavljati veliki sigurnosni pa i pravni rizik te se ne preporučuje. Ovom sloju interneta može se pristupiti jedino putem alata TOR⁸ koji je izvorno zamišljen za osiguravanje anonimnosti korisnika, tuneliranjem prometa preko posredničkih poslužitelja. Međutim, vremenom je ovaj alat postao ekskluzivno sredstvo za pristup tamnom webu iako ga mnogi korisnici i dalje koriste za prikrivanje vlastitog identiteta u cilju anonimnosti.

Iako je prethodni tekst usmjeren na privatnost korisničkih podataka, ne treba zanemariti i ostale aspekte koji narušavaju sigurnost čitavih sustava na internetu. Prije svega, tu su bankarske institucije i transakcije koje su meta velikih i dobro organiziranih kriminalnih skupina. Kod takvih skupina korisnici najčešće nisu cilj napada nego eventualno sredstvo pomoću kojeg mogu prodrijeti u bankarski sustav kako bi osigurali značajnu financijsku dobit. Postoji mnogo primjera o krađama milijunskih iznosa iz banaka pri čemu je jedan od najzapaženijih manipulacija bankarskim sustavom SWIFT kojim su napadači tijekom 2015. i 2016. godine uspjeli pribaviti višemilijunsku korist (Corkery, 2016).

Jedno od posebno kritičnih sigurnosnih područja su i kontrolni sustavi za automatizaciju industrijskih postrojenja i elektrana, takozvani sustavi SCADA (*Supervisory control and data acquisition*). Takvi su sustavi često implementirani bez veće skrbi o sigurnosti, s automatizacijom kao jedinim ciljem, a tipični uzrok za takav pristup jest činjenica da su često "zatvoreni", specifični i nedostupni putem inter-

⁶ Nacionalni CERT, <http://www.cert.hr/>

⁷ Kalkulator privatnosti, HAKOM, <http://privatnost.hakom.hr/>

⁸ Projekt TOR, <https://www.torproject.org/>

neta. Međutim, rastom popularnosti IoT-a i mogućnostima udaljene administracije i kontrole, sve više takvih sustava spaja se na internet kako bi se olakšao nadzor. Možda je najbolji primjer napada na takve kontrolne sustave prvi maliciozni program namijenjen napadu na SCADA -u, crv *Stuxnet* (Kushner, 2013). *Stuxnet* je izuzetno napredan crv koji je dizajniran za napade na kontrolere proizvođača Siemens i korišten je za prodore u iranski nuklearni program. Do danas nije poznato porijeklo tog crva; međutim, procjene su kako je njegovu izradu morala financirati neka država s obzirom na kompleksnost izrade. Uz *Stuxnet*, mnogo su češći napadi na sustave SCADA putem interneta i takvi napadi čine većinu pokušaja kompromitacije sustava SCADA. U svijetu postoji mnogo različitih primjera uspješnih napada na takve sustave, a posebno je, zbog političkih konotacija, zanimljiv slučaj napada na električnu mrežu Ukrajine 2015. godine koji je ostavio bez struje u gotovo 230.000 kućanstava (Zetter, 2016.).

3. Stanje i prijedlog unapređenja informacijske i kibernetičke sigurnosti u Hrvatskoj

a. Procjena stanja

Hrvatska u okviru svojih mogućnosti prati svjetske IKT trendove pa i u području informacijske sigurnosti. Kako uspostaviti dovoljno učinkovit i djelotvoran takav sustav koji jamči njegovu primjerenu razinu, vrlo je kompleksno pitanje koje ima svoje konceptualne, zakonske, tehničke, ekonomske i etičke aspekte.

Koncepti i metode ove sigurnosti mijenjaju se tijekom vremena i dosad je bilo 5 takvih valova (Krakar, 2014, s 89). Danas su na sceni tzv. *Information Security Management Systems* (ISMS) sustavi, čiji dio jest i sigurnost komunikacija, a nadolazeće potrebe snažno pomiču težište prema kibernetičkoj sigurnosti.

Postoje više konceptualnih okvira za razvoj i primjenu ISMS sustava⁹, no najrašireniji su ISO/IEC 27000 sustavi. Njih čine u ovom trenutku 24 norme od kojih su temeljne ISO/IEC 27001¹⁰ i ISO/IEC 27002¹¹. Ovaj pristup propisuju 14 skupina sigurnosnih zahtjeva koje njegov korisnik koji implementira takav sustav mora za-

⁹ To su: ISO/IEC 27000, COBIT 5 (Control Objectives of IT and Related Technology), ITIL & ISO/IEC 20000, System Security Engineering Capability Maturity Model – SSE CMM, Information Security Management Maturity Model – ISM3 i dr.

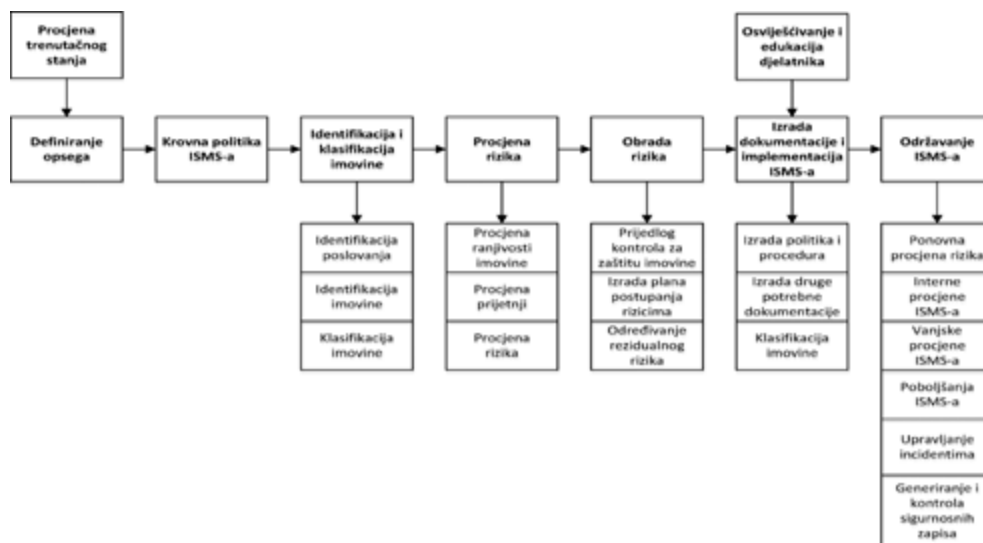
¹⁰ ISO/IEC 27001 (2013a). Information technology – Security techniques – Code of practice for information security systems – Requirements. ISO Standard Organisation.

¹¹ ISO/IEC 27002 (2013b). Information technology – Security techniques – Code of practice for information security controls. ISO Standard Organisation

dovoljiti. To su: sigurnosne politike, organizacija sigurnost, sigurnost ljudskog resursa, sigurnost informacijske imovine, kontrole pristupa, kriptografija, fizička sigurnost i sigurnost okruženja, sigurnost operative, sigurnost komunikacija, sigurnost aplikacija, sigurnost odnosa s dobavljačima, upravljanje sigurnosnim incidentima, upravljanje kontinuitetom poslovanja i sukladnosti.

Za informacijsku sigurnost Hrvatska ima solidno uspostavljen regulatorni sustav kojeg čini niz zakona s pripadajućim pravilnicima i uredbama. Neki od ovih propisa su: Zakon o informacijskoj sigurnosti, Zakon o tajnosti podataka, Zakon o zaštiti osobnih podataka, Zakon o pravu na pristup informacija i Kazneni zakon¹². Tehnički, ekonomski i etički aspekti informacijske sigurnosti dostigli su relativno visoku razinu njihove primjene, ali i otvorili prostor daljnjim potrebnim poboljšanjima.

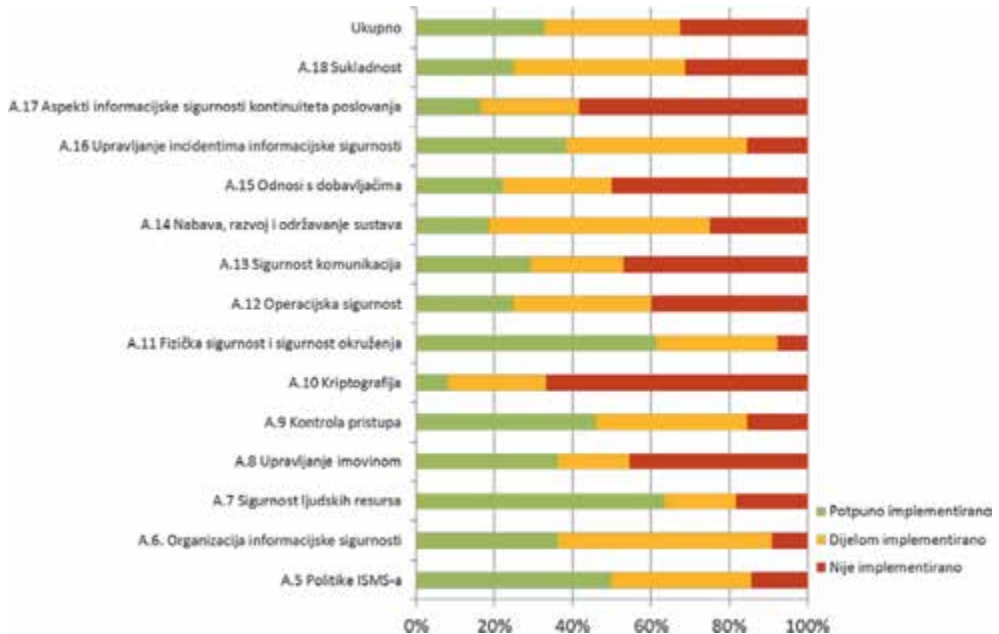
Razvoja ISMS sustava prema normama ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 27002 koji se primjenjuje u praksi ima svoj uobičajeni tijek (Slika 3).



Slika 3 – Uobičajeni tijek razvoja ISMS sustava u praksi

Svaka od navedenih 14 skupina sigurnosnih zahtjeva ima svoje sigurnosne kontrole, ukupno ih postoji 114. Tako npr. sigurnost komunikacija propisuje nužnost postojanja sljedeće 2 podskupine, odnosno 7 konkretnih kontrola: upravljanje sigurnošću mreže (kontrolu mreže, sigurnost mrežnih usluga, odvajanje u mrežama),

¹² Do ovih zakona moguće je doći jednostavnim pretraživanjem web stranica „Narodnih novina“ i ustanoviti u kojim su brojevima objavljeni. Tako je npr., Zakon o informacijskoj sigurnosti objavljen u broju 79 / 2007.



Slika 4 – Rezultat procjene trenutačnog stanja za jedan poslovni sustav Izvor: (ZIH, 2012)

razmjenu informacija (politiku i procedure za razmjenu informacija, sporazume o razmjeni informacija, elektroničku razmjenu informacija i sporazume o povjerljivosti). Sve ove kontrole nužno je ugraditi u ISMS sustav. Prema slici 3 vidi se da razvoj ISMS sustava u nekoj organizaciji započinje procjenom trenutačnog stanja. Ona se provodi usporedbom svih zahtjeva navedene sigurnosne norme i stanjem postojeće prakse u toj organizaciji. Na slici 4 prikazan je rezultat jedne takve procjene za navedenih 14 skupina zahtjeva. Vide se stanja – potpuno implementirano, dijelom implementirano i nije implementirano. Na osnovi ovih rezultata definira se opseg ISMS-a, izrađuju krovne sigurnosne politike, identificira i klasificira informacijska imovina, rade procjene rizika, čine obrade postupanja s rizicima, izrađuju sigurnosne procedure, radi druga potrebna dokumentacija i implementira cijeli sustav.

Temeljem provedenih procjena i realizacijom niza ISMS projekata može se uočiti da naša praksa uglavnom pokazuje početnu razinu ISMS sustava.¹³ Najbolje stanje ovih sustava je u financijskoj industriji gdje je ova razina već vrlo visoka. No samo oko 100-tinjak naših poslovnih sustava do sada su certificirani prema ISO / IEC 27001 normi. Još uvijek niska primjena ISMS sustava u praksi je razlog mogućih zlouporaba i kibernetičkog kriminala.

¹³ Zaključak se temelji na konkretnim projektima koje je Zavod za informatičku djelatnost Hrvatske realizirao za niz organizacija iz javnog i gospodarskog sektora u Hrvatskoj.

b. Pravni i metodološki pristupi unapređenju kibernetičke sigurnosti

Pojam »kibernetički« uveden je u pravni poredak RH ratifikacijom Budimpeštanske konvencije o kibernetičkom kriminalu još 2002. godine¹⁴. Zbog toga se uvriježilo rabiti termin »kibernetički« u obliku pridjeva za nešto što uključuje, koristi ili je povezano s računalima, a osobito s Internetom (Nacionalna strategija, 2015). Slijedom toga Hrvatska je 2015.g. donijela Nacionalnu strategiju kibernetičke sigurnosti. U drugim zemljama koristi se termin *cyber security* pa se i njihove nacionalne strategije tako zovu¹⁵. I druge zemlje imaju svoje nacionalne *cyber* strategije¹⁶. Europska unija ima svoju strategiju kibernetičke sigurnosti (EU Cyber Strategy, 2013.), a donijela je i prijedlog direktive za mjerenje razine mrežne i informacijske sigurnosti u zemljama Unije (Proposal for Directive, 2013.) i dokument o načinu procjene ove sigurnosti (Impact Assessment, 2013).

Nacionalna strategija kibernetičke sigurnosti RH predstavlja krovni pravni okvir za unapređenje ove sigurnosti na razini naše države. Razlikuje slijedeća područja i podpodručja:

- Elektroničke komunikacijska i informacijske infrastrukture i usluge
 - Javne elektroničke komunikacije
 - Elektroničku uprava
 - Elektroničke financijske usluge
- Kritičnu komunikacijsku i informacijsku infrastrukturu i upravljanje kibernetičkim krizama
- Kibernetički kriminalitet

Također, ova Strategija identificira i slijedeće 4 poveznice:

- Zaštitu podataka
- Tehničku koordinaciju u obradi računalnih sigurnosnih incidenata
- Međunarodnu suradnja i
- Obrazovanje, istraživanje, razvoj i jačanje svijesti o sigurnosti u kibernetičkom prostoru

Za svako od ovih područja, podpodručja i poveznice kao sastavni dio ove Strategije razrađen je i Akcijski plan njene provedbe¹⁷ u kojem su za svih 9 dijelova razra-

¹⁴ Zakon o potvrđivanju Konvencije o kibernetičkom kriminalu (»Narodne novine«, broj 9/02) i Zakon o potvrđivanju Dodatnog protokola uz Konvenciju o kibernetičkom kriminalu o inkriminiranju djela rasističke i ksenofobne naravi počinjenih pomoću računalnih sustava (»Narodne novine«, broj 4/08).

¹⁵ Npr. naziv takvog engleskog ekvivalenta je The UK Cyber Security Strategy

¹⁶ Pregled nacionalnih cyber strategija moguće je dobiti na adresi <https://www.enisa.europa.eu/topics/national-cyber-security-strategies/ncss-map>

¹⁷ Nalazi se na već navedenoj web adresi Nacionalne strategije kibernetičke sigurnosti kao njen sastavni dio.

deni ciljevi, mjere, nositelji, rokovi i pokazatelji. Ova strategija predstavlja krovni pravni okvir za unapređenje kibernetičke sigurnosti u RH.

Za realizaciju kibernetičke sigurnosti nužno je primijeniti i odgovarajući metodološki okvir. U ovom trenutku 3 su vodeća takva okvira To su: ISO/IEC 27032, ENISA i NIST.

ISO/IEC 27032 okvir

Odnos između različitih domena sigurnosti prema normi ISO/IEC 27032 prikazan je na slici 5. Prema ovoj normi svaki dionik raspolaže informacijskom imovinom i nju je nužno identificirati. To može biti osobna imovina, organizacijska imovina i fizička imovina. U okolini postoje agenti¹⁸ koji ju žele ugroziti i u tome uspijevaju zbog njene ranjivosti. Da bi se to spriječilo, nužno je procijeniti sigurnosne rizike i u skladu s njihovim razinama donose se odgovarajuće kontrole.



Slika 5 – Odnos između različitih domena sigurnosti. Izvor: ISO/IEC 27032 (2012)

ENISA pristup

Europska unija osnovala je instituciju *European Network and Information Security Agency* (ENISA) u cilju praćenja stanja i razvoja različitih aspekata sigurnosti s fokusom na mrežnu i kibernetičku sigurnost. Njena glavna područja rada vidljiva su u njenom nazivu.

¹⁸ Termin potencijalnog napadača kojeg koristi ova norma.

ENISA ne razvija neki „svoj“ poseban pristup, nego nastoji dati potporu u provedbi već spomenute europske strategije kibernetičke sigurnosti (EU Cyber Strategy, 2013.). U tom smislu izradila je i uputstva za izradu nacionalnih strategija (ENISA, 2016). Također, ENISA se bavi i evaluacijom nacionalnih strategija čiji su rezultati objavljeni u dokumentu *An Evaluation Framework for National Cyber Security Strategies* (ENISA, 2014). Na web stranicama ENISA-e moguće je pronaći i niz drugih materijala koji mogu biti korisni u razvoju i implementaciji sustava kibernetičke sigurnosti, npr. za područje zdravstva

NIST pristup

Ovaj pristup sustavima kibernetičke sigurnosti razvio je *Nacionalni institut za standarde i tehnologiju SAD-a* (NIST, 2014). Polazi od pretpostavke da je IKT infrastruktura od presudnog interesa za SAD i da ju je potrebno zaštititi na odgovarajući način. Ovaj okvir podjednako je primjenljiv za javne i privatne organizacije. Sastoji se od 3 dijela, tehnološki je neutralan i polazi od poslovnih motiva kao dijela sveukupnog procesa upravljanja rizicima. Može biti koristan i za našu praksu.

4. Zaključci i preporuke

1. Internet i IKT infrastruktura su digitalnog društva. Njegova primjena omogućava brojne učinke. Danas vodeće IKT tehnologije su: IoT, mobilno računarstvo, *Big Data* i oblačno računarstvo i one snažno utječu na daljnji razvoj interneta. Ovaj interaktivni proces osnova je transformacije dosadašnjeg gospodarstva u digitalno gospodarstvo.

Preporuka 1: Spoznaju o ovom razvoju nužno je širiti u svim segmentima i razinama RH i poduzimati mjere primjene ovih tehnologija.

2. Zahvaljujući interakciji IKT-a i interneta nastao je digitalni svemir. Količina podataka koju on danas obuhvaća je oko 8 ZB, uz očekivanje da će do 2020. g. dostići 35 – 40 ZB i dalje će se eksponencijalno povećavati. Ova činjenica ima mnoge potencijale za ubrzanje društvenog i gospodarskog razvoja.

Preporuka 2: Nužno je da što više poslovnih sustava u gospodarstvu i javnom sektoru RH izrade svoje programe digitalizacije i ova preporuka u uskoj je vezi s Preporukom 1.

3. Nove tehnologije, osim potencijalnih pozitivnih učinaka, donose i brojne izazove. Jedan od njih jesu i sigurnosni problemi. ISMS sustavi temeljeni na primjeni normi ISO/IEC 27001 i ISO/IEC 27002 za sada se tek periferno primjenjuju

u našoj praksi. No oni rješavaju tek jedan dio sigurnosnih problema, zbog čega slijedi i potreba razvoja i primjene sustava kibernetičke sigurnosti.

Preporuka 3. Nužno je poticati bržu primjenu ISMS sustava, kako u javnom sektoru, tako i u gospodarstvu. Također, na svim razinama i segmentima društva, u skladu s procjenama rizika nužno je promovirati, razvijati i implementirati sustave kibernetičke (cyber) sigurnosti. Naročito značajni segmenti su: državna uprava, sektor energetike, zdravstvo, veliki industrijski poslovni sustavi i financijske institucije.

4. U razvoju i implementaciji sustava kibernetičke sigurnosti treba primijeniti danas vodeće metodološke okvire za procjene rizika i izradu programa takve sigurnosti.

Preporuka 4. Poticati primjenu suvremenih znanja o upravljanju tzv. *cyber* rizicima, a za izradu programa kibernetičke sigurnosti treba koristiti danas vodeće metodološke okvire (ISO/IEC 27032, ENISA i NIST).

5. Dramatično brzi razvoj IKT-a i Interneta donosi sa sobom brojne nove rizike i u zaštiti osobnih podataka. Zbog toga je Europska unija donijela Opću uredbu 2016/679¹⁹, koja postavlja nove i izrazito visoke zahtjeve u pogledu zaštite osobnih podataka.

Preporuka 5. Ubrzati pripreme radnje za primjenu Opće uredbe 2016/679 u našoj praksi.

Literatura

- Digitalna agenda (2010). Digitalna agenda za Europu. Izvor: <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en> (Datum zadnjeg pristupa: travanj 2017.)
- Corkery, M. (2016). Once Again, Thieves Enter Swift Financial Network and Steal. *NY Times*. Izvor: https://www.nytimes.com/2016/05/13/business/dealbook/swift-global-bank-network-attack.html?_r=0 (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- ENISA (2014). An Evaluation Framework for National Cyber Security Strategies. Izvor: <https://www.enisa.europa.eu/publications/an-evaluation-framework-for-cyber-security-strategies-1> (Datum zadnjeg pretraživanja: veljača 2017.)
- ENISA (2016). NCSS Good Practice Guide Designing and Implementing National Cyber Security Strategies. Izvor: <https://www.enisa.europa.eu/publications/ncss-good-practice-guide> (Datum zadnjeg pristupa: ožujak 2017.)
- EU Cyber Strategy (2013). Cyber Strategy of the European Union. European Commission. Brussels. Izvor: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-cybersecurity-plan-protect-open-internet-and-online-freedom-and-opportunity-cyber-security>. (Datum zadnjeg pristupa: ožujak 2017.)

¹⁹ Uredba (EU) 2016/679 Europskog parlamenta i Vijeća o zaštiti pojedinaca u vezi s obradom osobnih podataka i o slobodnom kretanju takvih podataka te stavljanje izvan snage Direktive 95/46/EZ (Opća uredba o zaštiti podataka), Službeni list Europske unije, L119/1 (27. travnja 2016.)

- Gunelius, S. (2013). The History and Evaluation of the Internet, Media and News. Izvor: https://www.google.hr/search?q=The+History+and+Evolution+of+the+Internet%2C+Media%2C+and+News+in+5+Infographics&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b&gfe_rd=cr&ei=rTryWJio-K6Li8AeDzYyAAQ (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- Gunelius, S. (2014). The Data Explosion in 2014 Minute by Minute – Infographic. Izvor: <https://aci.info/2014/07/12/the-data-explosion-in-2014-minute-by-minute-infographic/> (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- Hawkins, B. (2016). Under The Ocean of the Internet – The Deep Web, *SANS Institute*, 2016.
- Impact Assessment (2013). Impact Assessment *Accompanying the document* Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council Concerning measures to ensure a high level of network and information security across the Union for Directive. European Commission. Brussels. Izvor: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-cybersecurity-plan-protect-open-internet-and-online-freedom-and-opportunity-cyber-security>. (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- ISO/IEC 27032. (2012). Information technology – Security techniques – Guidelines for cybersecurity. ISO Organisation. Geneva, Switzerland.
- Krakar, Z. (2014). Korporativna informacijska sigurnost. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike i Zavod za informatičku djelatnost Hrvatske. Zagreb, Hrvatska.
- Kushner, D. (2013). The Real Story of Stuxnet, IEEE, 2013. Izvor: <http://spectrum.ieee.org/telecom/security/the-real-story-of-stuxnet> (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- Nacionalna strategija (2015). Nacionalna strategija kibernetičke sigurnosti, „Narodne novine“ 108/2015
- NIST. (2014). Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity. National Institute of Standards and Technology, US Department of Commerce.
- Proposal for Directive (2013). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council concerning measures to ensure a high common level of network and information security across the Union. European Commission. Brussels. Izvor: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/eu-cybersecurity-plan-protect-open-internet-and-online-freedom-and-opportunity-cyber-security> (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- Schilling, D. R. (2013). Knowledge Doubling Every 12 Months, Soon to be Every 12 Hours. Izvor: <http://www.industrytap.com/knowledge-doubling-every-12-months-soon-to-be-every-12-hours/3950> (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- Symantec. (2016). Internet Security Threat Report, April 2016. Izvor: <https://www.symantec.com/content/dam/symantec/docs/reports/istr-21-2016-en.pdf> (Datum zadnjeg pristupa: veljača 2017.)
- Toedt, M. (2014). Data Revolution, epubli GmbH, Berlin, Njemačka
- Vukovic, M., Skocir, P., Katusic, D., Jevtic, D., Trutin, D., & Delonga, L. (2015, July). Estimating real world privacy risk scenarios. In *Telecommunications (ConTEL), 2015 13th International Conference on* (pp. 1-7). IEEE.
- Willyerd, K., Mistick B. (2016). Stretch: How to Future-Proof Yourself for Tomorrows Workplaces. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 2016
- Zetter K. (2016). Inside the Cunning, Unprecedented Hack of Ukraine’s Power Grid, *Wired*, 2016. Izvor: <https://www.wired.com/2016/03/inside-cunning-unprecedented-hack-ukraines-power-grid/> (Datum zadnjeg pristupa: ožujak 2017.)
- ZIH (2012). Projektna dokumentacija ISMS sustava tvrtke A. Zavod za informatičku djelatnost Hrvatske, Zagreb

Internet, Digital Universe and Cybersecurity

Krakar Zdravko¹, Vuković Marin², Tomić Rotim Silvana³

¹Faculty of Organization and Informatics University of Zagreb; zkrakar@foi.hr

²Faculty of Electrical Engineering and Computing University of Zagreb; marin.vukovic@fer.hr

³Zavod za informatičku djelatnost Hrvatske, d.o.o.; stomic@zih.hr

The paper describes the importance of information – communication technologies and the Internet as the infrastructure of the digital age. The reasons for emergence and rapid expansion of this, so called, digital universe are addressed, as well as aspects relating to security and insecurity in such a digital space. The state of information security in Croatia is estimated, and possible approaches for its improvement are analyzed, emphasizing the need for development and implementation of cyber security systems. The paper identifies existing methodological frameworks for cyber security. Conclusions give a short summary about the most important observations, while recommendations provide guidelines for possible improvement.

Key words:

Internet, digital universe, information security, cyber security

“Big data analytics” za analizu sustava upravljanja u kemijskom procesnom inženjerstvu

Kurtanjek Želimir

Sveučilište u Zagrebu
zelimir.kurtanjek@gmail.com

Naglim razvojem računala, mreža i računalnih „oblaka“ postignut je visoki stupanj integracije informacijskih sustava i stvaranje velikih baza podataka („big data“). Pojava „big data“ je tehnološka osnova svjetske globalizacije i obuhvaća sve oblike djelatnosti, kao što su financijski sustavi, društvene komunikacije (mreže), gospodarske djelatnosti, agronomija, medicinske znanosti, molekularne znanosti i bioinformatiku, robotizacije industrijskih pogona i bitan je čimbenik suvremene procesne prehrambene i kemijsko industrije. Američka udruga AIChE ističe primjenu „big data“ tehnologije kao jedno od osnovnih razvojnih smjerova industrijskog razvoja četvrte generacije. S gledišta upravljanja u industriji bitan čimbenik je razvoj IOT („Internet of Things“) mjernih i upravljačkih uređaja, čak i na razinama mikro i nano mjerila, koji omogućuju neposrednu i vjerodostojnu komunikaciju i nadzor do sada nemjerljivih tehnoloških veličina.

U radu je dan pregled novih matematičko-statističkih metoda za analitički pristup upravljanja složenih sustava proizvodnje na osnovu zaključivanja primjenom elastičnih mreža i modelom sa skupinom stabala odlučivanja („random forest models“). Eksperimentalni podaci dobiveni su vlastitim simulacijskim programom dinamičkog vladanja kemijskog procesa Tennessee-Eastman. Analiza velikog skupa procesnih podataka provedena je primjenom SVD (Singular value decomposition) algoritma u svrhu redukcije dimenzije prostora stanja. Projekcije su provedene određivanjem maksimalne varijance vodećim komponentama i određivanjem maksimalne razlike skupova Fisherovom linearnom diskriminacijskom analizom. Dimenzije podprostora reducirane su primjenom linearnih elastičnih mreža za izdvajanje ključnih upravljačkih varijabli za izgradnju matematičkih modela predikcije dinamičkog vladanja i prepoznavanja ključnih procesnih stanja. Primijenjeni su nelinearni modeli sa ansamblima stabala odlučivanja s validacijom i regularizacijom kompleksnosti modela. Dobiveni modeli predikcije su osnova za optimalno upravljanje procesa proizvodnje konceptom prediktivnog upravljanja modelom (MPC, „Model Predictive Control“). Interakcija (sinergizam) procesnih varijabli određena je analizom varijance. Rezultati upravljanja su uspoređeni sa simulacijskim podacima.

U zaključku se diskutira mogućnost primjene algoritama iz velikih baza podataka za upravljanje industrijskim pogonima u Republici Hrvatskoj, kao što su rafinerije, proizvodnja lijekova i prehrambena industrija.

Ključne riječi:

„big data”, stabla odlučivanja, SVD, regularizacija, upravljanje

1. Uvod

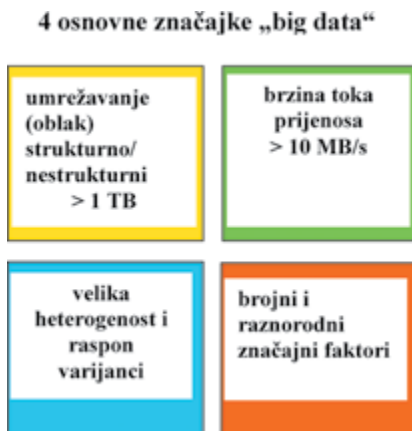
Razvoj IT tehnologija, računalnih „oblaka“, robotike i umjetne inteligencije (AI), visoko protočnih mjernih sustava, molekularnih znanosti i nanotehnologije doveo je do prijelomnog trenutka industrijskog razvoja kojim je nastupila „4. industrijska revolucija“. Alternativno, se ova bitna promjena u industrijskom razvoju, s namjerom da se istakne digitalizacija i komunikacija industrijskih sustava, naziva „IoT“ (Internet of Things) revolucijom. Posljedica visokog stupnja integracije i digitalne komunikacije je pojava velikih skupova podataka („big data“) koji su izvor novih spoznaja o sustavima, otkrivanje ključnih faktora (varijabli stanja), uzročno-posljedičnih veza, „uskih grla“ proizvodnih tokova i lanaca opskrbe, utvrđivanje stabilnosti sustava, globalne parametarske osjetljivosti, i inferencija o sinergizmu faktora u velikim sustavima⁽¹⁾. „Big data“ baze omogućuju razvoj matematičkih modela za prediktivno upravljanje (MPC, model predictive control) i optimiranje velikim sustavima proizvodnje i sustavima energetike, na načelima održive „cirkularnog“ gospodarstva.

Za ostvarivanje tih ciljeva potrebno je razviti nove analitičke (numeričko/statističke) metodologije za modeliranje i zaključivanje o značajnosti pojedinih varijabli i parametara, te zakonitostima upravljanja sustava.

Unapređenje obrazovanja iz novih područja računalnih znanosti i istraživanja iz područja teorije sustava i „big data“ ima važnu ulogu u unapređenju cjelokupnog gospodarskog sustava u R. Hrvatskoj, naročito u gospodarski strateškim granama kao što su proizvodnja hrane, energije i visoko tehnoloških industrijskih grana. Cilj ovog pregleda je istaknuti metodologije „big data“ analitičkih metoda i njihove mogućnosti u području procesnog kemijskog i farmaceutskog inženjerstva.

2. „Big data” u kemijskom inženjerstvu

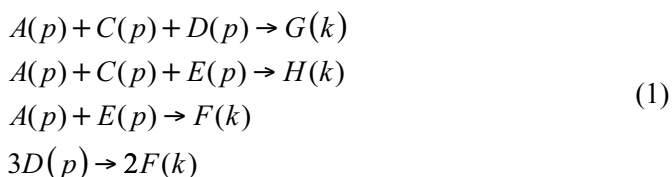
Područje kemijskog inženjerstva, uključujući farmaceutsku industriju i tehnološke procese proizvodnje hrane, imaju posebne značajke u smislu primjene „big data“ sustava, po kojima se razlikuju od sustava u društvenim, financijskim i ostalih neproizvodnih djelatnosti. Istaknuta značajka su specifični izvori velikog broja podataka primjenom visoko protočnih procesnih analizatora (na primjer procesni kro-



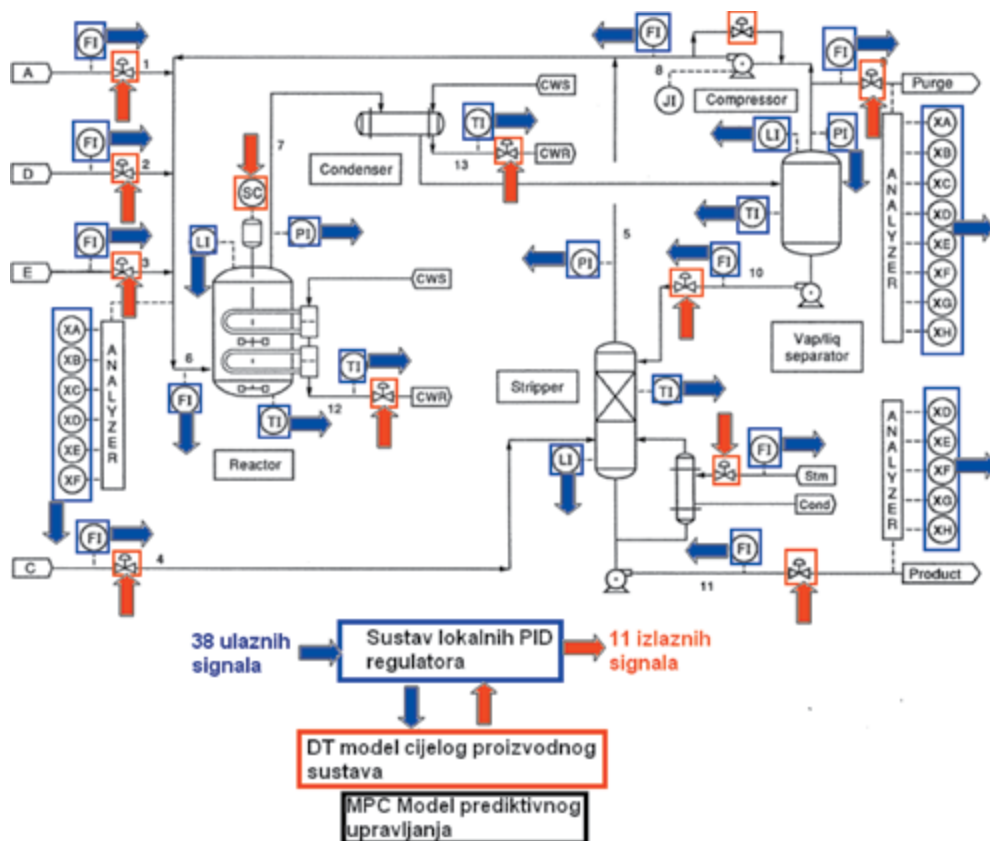
Slika 1 – Prikaz četiri skupina osnovnih značajki „big data“ u kemijskom inženjerstvu

matogrami, IR i NIR spektralni analizatori, spektrometri mase, analizatori slike itd.) kojima se prati stanje procesa i složeni kemijski sastav sirovine i kvaliteta proizvoda. Na slici 1 dan je prikaz četiri osnovnih skupina značajki za procese u kemijskom inženjerstvu⁽²⁾.

Sa sustavskog gledišta to su izrazito nelinearni procesi s interakcijama koje se protežu od molekularne, mezo i makro skale. Upravljanje tih procesa je složeno s velikim brojem ulaznih i izlaznih veličina (MIMO sustavi), pojavom višestrukih stacionarnih stanja, međusobnim interakcijama i pojavom autonomnih oscilirajućih stanja (granični ciklusi). Kao paradigmaski primjer ovdje su prikazane neke od mogućnosti „big data“ metodologije na složenom modelu Tennessee-Eastman procesa proizvodnje osnovnih sirovina u proizvodnji plastike. Radi se o nestabilnom tehnološkom procesu s izrazito egzotermnim reakcijama u dvofaznim sustavima s višestrukim povratnim tokovima. Proizvode se dva produkta, G i H, u kapljevitom stanju (k) iz četiri sirovine A, C, D, i E u plinovitom stanje (p). Osnovne stehiometrijske bilance dane su u jednadžbi (1) sa shematskim prikazom procesa na slici 2.



Model je kruti DAE sustav (differential algebraic equation) s 30 diferencijalnih jednadžbi, 110 algebarskih jednadžbi i 83 parametara. Za analizu provedena je simulacija procesa tijekom 2 h prijelaznih odaziva svih veličina uzorkovanih u intervalima od 1 s iz kojih je formirana baza podataka s 400 000 numeričkih vrijednosti procesnih podataka u dvostrukoj preciznosti.



Slika 2 – Shematski prikaz Tennessee-Eastman procesa⁽³⁾ s naznakom mjerenih ulaznih i izlaznih faktora „big data“ sustava za primjenu upravljanja s modelom stabla odlučivanja (DT) u sustavu prediktivnog upravljanja (MPC).

3. Modeliranje i analiza sustava na osnovu „big data“

Osnovni ciljevi modeliranja složenih sustava metodologijama „big data“ analize su utvrđivanje glavnih faktora iz velikog skupa raspoloživih varijabli, pouzdana predikcija izlaznih veličina na osnovu ključnih faktora te analiza relacija zavisnosti između ulaznih i izlaznih veličina (transparentnost) modela. Veliki broj ulaznih podataka je razlog nesigurnosti u utvrđivanju značajnih interakcija u odnosu na velik broj potencijalno mogućih relacija. Za razliku od zadatka modeliranja poznavanjem teoretskih zakonitosti, u kemijskom inženjerstvu primjena bilanci tvari i energije s unaprijed utvrđenim signifikantnim varijablama, problem je znatno složeniji zbog neutvrđenih signifikantnih faktora i međusobnih relacija. Zato se funkcija cilja izbora modela redefinira postupkom regularizacije tako da se sumi kvadrata pogreške SSE predikcije modela pribroji i funkcija izraženosti modela Φ („crispness or

non-fuzziness“). Nepoznavanjem diferencijalnih relacija i oblika nelinearnosti između ulaznih i izlaznih veličina kontinuiranost funkcionalnih odnosa u načelu nije osigurana, na primjer za kategorijske varijable, tako da je primjenljiva metodologija modeliranja stablima odlučivanja (DTF):

$$\min F_{object.}(X, DTF, \omega) = SSE(y, \hat{y}) + \varphi(DTF, \omega) \quad (2)$$

Funkcija regularizacije Φ uključuje broj stabala u „ensabl-u“ N_T i stupnjeva ne-homogenosti klasifikacije ω izlaznih grana (listova) pojedinih stabala⁽⁴⁻⁶⁾:

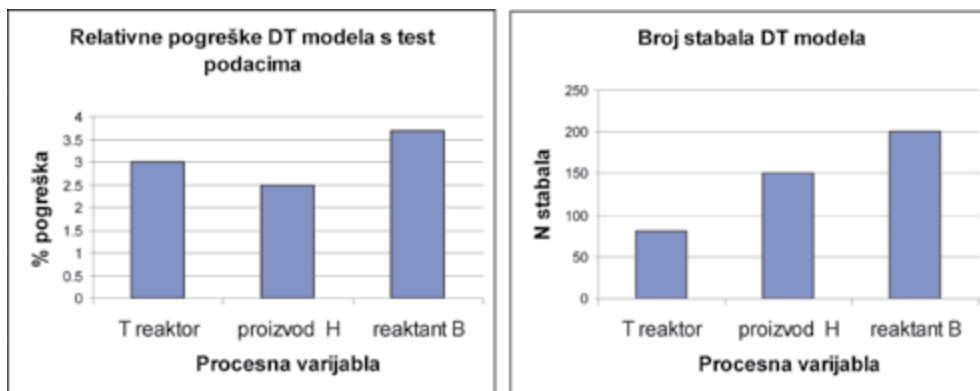
$$\varphi(DTF, \omega) = \gamma \cdot N_T + \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot \sum_i^{N_T} \omega_i^2 \quad (3)$$

Funkcija cilja (2) minimizira se Lagrangeovim algoritmom (gradijentni postupak) i statističkim algoritma „boot strapping“ validacije modela.

Dinamika sustava je modelirana zbrojem N_T članova pojedinih stabala s autoregresijskim nizom p članova ulaznih i izlaznih veličina:

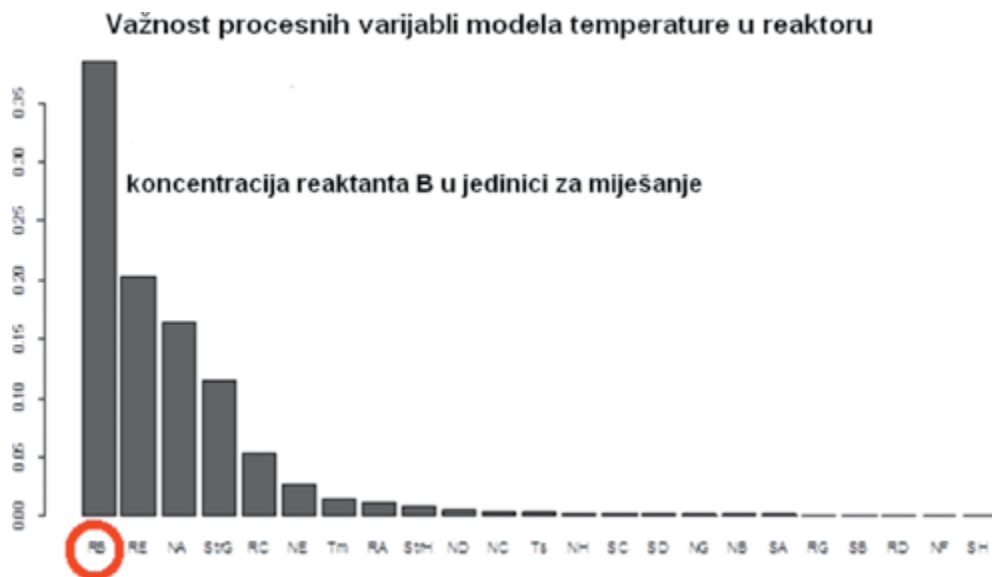
$$y(t_{k+1}) = \sum_{i=1}^{i=N_T} DT_i \left(\begin{array}{l} y(t_k), y(t_{k-1}), y(t_{k-2}), \dots, y(t_{k-p}), x(t_k), \\ x(t_{k-1}), x(t_{k-2}), \dots, x(t_{k-p}) \end{array} \right) \quad (4)$$

Točnost modela predikcije za temperaturu u reaktoru i koncentracije tvari u separacijskim jedinicama prikazana je na slici 3. Prosječne pogreške za parametar $p=1$ iznose približno oko 3% i određene su s podacima koji nisu uključeni u postupak optimiranja modela (simulacija novih podataka metodom „boot strapping“).



Slika 3 – Prikaz prosječnih relativnih pogrešaka validacije predikcije pojedinih procesnih varijabli i broja stabala odlučivanja pripadajućih modela.

Raspodjela važnosti pojedinih varijabli modela utvrđuje se na osnovi učestalosti izbora pojedinih varijabli grananja u svim točkama odlučivanja niza stabala odlučivanja. Na slici 4 dan je prikaz raspodjele značajnosti procesnih varijabli za temperaturu u reaktoru. Interesantno je uočiti da najznačajniji utjecaj na temperaturu u reaktoru ima koncentracija reaktanta B u procesnoj jedinici za miješanje sirovina.



Slika 4 – Primjena modelom stabala odlučivanja za utvrđivanje raspodjele važnosti procesnih varijabli utjecaja na temperaturu u reaktoru, maksimalna za koncentraciju

Posebno je važno istaknuti kao veliku prednost modela stablom odlučivanja danog izrazom (4) vrlo kratko računalno vrijeme predikcije u odnosu na integraciju DAE modela bilanci tvari i topline. To omogućuje učinkovitu primjenu za MPC algoritam upravljanja s produženim horizontom predikcije sa ciljem predviđanja trendova rada cjelokupnog proizvodnog sustava. Da bi se osigurala stabilnost rada pogona, potrebno je MPC s modelom stabla odlučivanja DT uključiti u više razinsku strukturu u kojoj je stabilnost pojedine procesne jedinice osigurana pojedinim lokalnim PID regulatorima, a DT predikcijom se postiže optimiranje sustava⁽⁷⁾.

Računalna učinkovitost i točnost predikcije DT modela omogućuje određivanje globalnih sustavskih značajki kao što su parametarska osjetljivost S i intenzitet međusobnih interakcija S^T parametara i procesnih varijabli. Procjena globalnih parametara zasniva se na ocjeni funkcija raspodjeli gustoća vjerojatnosti, ili na osnovu njihovih pretpostavkama kao što normalne ili uniformne raspodjele. Metodom simulacije MC (Monte Carlo) slučajnog izbora fluktuacija parametara i/ili procesnih varijabli određuju se očekivane vrijednosti E i varijance V . Numerički se proračun može pojedno-

staviti pretpostavkom o međusobnoj nezavisnosti fluktuacija i primjenom Fourier-ove analize amplituda odzivnih veličina. Globalna osjetljivost S izlazne veličine y o fluktuaciji ulazne veličine x_i određena je omjerom varijanca V očekivane vrijednosti E izlazne veličine za izabranu ulaznu veličinu i ukupne varijance⁽⁴⁾:

$$S(x_i) = \frac{V(E(y|x_i))}{V^T(y)} \quad (5)$$

Procjena intenziteta interakcije određena je omjerom očekivane vrijednosti varijance izlazne veličine za ulaznu veličinu i ukupne varijance:

$$S^T(x_i) = \frac{E(V(y|x_i))}{V^T(y)} \quad (6)$$

Primjena modela stabilima očekivanja DT na osnovu „big data“ baza i procjena sustavskih globalnih parametara je metodološki kvantitativan i racionalni pristup sintezi upravljanja i optimiranja kompleksnih sustava proizvodnje, kao što je opisani primjer TE procesa.

4. Primjena u Republici Hrvatskoj

Uvođenjem IT infrastrukture u proizvodne sustave Republike Hrvatske stvaraju se mogućnosti primjene metodologije „big data“ u svim gospodarskim područjima: industriji (kemijska, farmaceutska), agronomiji, proizvodnji hrane, turizmu itd. Kao primjer „big data“ primjene aktualnog problema zaštite okoliša može se navesti modeliranje i sustavska analiza biotehnološkog procesa obrade komunalne otpadne vode (Ž. Kurtanjek, 2016.). Modeliranje i analiza primijenjeni su na bazi podataka kontinuiranog dnevnog nadzora 35 fizikalnih, kemijskih, bioloških varijabli i parametara kakvoće vode. Primijenjena metodologija, iskustva i rezultati mogu se potencijalne primijeniti za postojeće pogone obrade komunalne otpadne vode, ali i one koje se planiraju i projektiraju u Republici Hrvatskoj.

Primjer primjene metodologije analize „big data“ u proizvodnji hrane je suradnja autora s Poljoprivrednim institutom i Prehrambeno tehnološkim fakultetom u Osijeku (Ž. Kurtanjek, 2017.). Cilj projekta je unapređenje hrvatskih kultivara pšenice za optimiranje tehnološke kvalitete na osnovu baze podataka s 28 kultivara, praečnih kroz nekoliko godina proizvodnje i više lokacije te detaljne biokemijske analize, karakterizacije proteina, reoloških analiza i 15 parametara kakvoće. Podaci tvore izrazito heterogenu bazu podataka koja obuhvaća genetičke informacije, molekularna podatke, fizikalne parametre te brojne parametre kakvoće sirovine i

proizvoda. Primjenom analitičkih metoda „big data“ regularizacijom kemometrijskih modela i stabilima odlučivanja sa ciljem izdvajanjem kritičnih varijabli kako bi se unaprijedili planovi oplemenjivanja hrvatskih kultivara i unapređenje kakvoće proizvoda (hrane).

Tijekom ove godine planira se suradnja s farmaceutskom tvrtkom Pliva (odjelima Razvoj, TAPI Proizvodnja aktivnih farmaceutskih proizvoda, i Kvaliteta), sa ciljem edukacije (seminara) i praktične primjene „big data“ metodologije u svrhu unapređenja tehnoloških procesa proizvodnje bioaktivnih supstanci.

5. Zaključak

Investiranje tvrtki u suvremenu IT infrastrukturu, u proizvodne pogone i istraživačke laboratorije je osnova za proizvodnju u smislu 4. industrijske revolucije kojom se može uz primjenu metodologije „big data“ algoritama postignuti bitno unapređenje učinkovitosti proizvodnje, osiguranje kvalitete proizvoda te razviti inovacije novih tehnoloških procesa i proizvoda.

Digitalno okruženje proizvodnih sustava bitno unapređuje organizaciju tvrtke i uvodi novu industrijsku „kulturu“ sa znanstvenim pristupom odlučivanja na svim razinama, od proizvodne do upravljačke.

U Republici Hrvatskoj kritični uvjeti uvođenja metodologija 4. industrijske revolucije je potreba za znanjem iz STEM područja, te bi ih trebalo sustavno financirati i razvijati kroz planiranu suradnju industrije (poduzetnika) s akademskom zajednicom.

Literatura

- (1) B. Efron, T. Hastie, „*Computer Age Statistical Inference – Algorithms, Evidence, and Data Science*“, Cambridge University Press, New York, 2016
- (2) CEP, *Chemical Engineering Progress*, March 2016, p.28
- (3) T. Jockenhovel, L. Biegler, A. Wachter, *Comp. Chem. Eng.*, 27 (2003) 1513-1531.
- (4) Ž. Kurtanjek, „Systems Analysis of Ensemble of Decision Trees for Modeling and Process Control“, Proceedings AIChE Annual meeting, San Francisco, USA, 2016
- (5) Ž. Kurtanjek, „Big data analytics in food technology“, Food Chemistry and Technology, Baltimore, MA, USA, 2017
- (6) Ž. Kurtanjek, „Big data i promjena paradigme modeliranja u kemijskom inženjerstvu“, Zbornik HATZ skupa, „Primjena matematičkog modeliranja i numeričkih simulacija u kemijskoj procesnoj industriji“, Zagreb, 23.2.2017
- (7) H. Gao, et.al, *Ind. Eng. Chem. Res.*, (2016), 55 (46) 12046-12059.

“Big Data Analytics” for the Analysis of Process Control System in Chemical Engineering

Kurtanjek Želimir

University of Zagreb
zelimir.kurtanjek@gmail.com

The development of IT technologies, such as cloud computing, IoT devices, and high throughput mobile communication has led to the “Forth industrial revolution” which transforms chemical process industry into a digital based production systems. It has led to a high level of integration and “big data” systems of individual production industrial companies and also to the globalization of production and supply chains on a large scale. The advancement has an impact on all aspects of large social and economic systems, for example such as financial networks, social networks, energy production, agronomy, medicine, industrial production plants, robotics, and integrative effects in science projects in bioinformatics, molecular biology, material science etc. The American institute of chemical engineers AIChE considers “big data” based production as one of the major developments of the fourth generation of chemical industry. From the point of view of process control engineering the development of nanotechnology based IoT measurement systems and manipulative devices enables large amounts of new process data, cloud data availability, and high level of communication between control subsystems and global control systems.

In this work an overview of new algorithms developed for big data analytics and process control is given. The method is based on elastic networks and regularized ensembles of decision trees. Potentials of these methods are illustrated by the original simulation data of the Tennessee Eastman process. Generated big data is decomposed and analyzed by singular value decomposition and multiple input-output (MIMO) sparse matrix of partial least squares. The analysis yields the most important variable to the whole plant. The nonlinear model of decision trees for model predictive control (MPC) is considered. Variance based analysis of process variable interactions (synergism) is proposed.

The application of the proposed methodology is discussed for the application in pharmaceutical industry, agronomy and food production.

Key words:

“big data”, decision trees, SVD, regularization, predictive control

Kako realizirati pametnu proizvodnu specijalizaciju za izvozne proizvode velike dodane vrijednosti¹

Liščić Božidar

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
bozidar.liscic@fsb.hr

Temeljem industrijskog naslijeđa, koje Hrvatska ima u *metaloprerađivačkoj industriji, strojogradnji i elektroindustriji*, treba izabrati one proizvodne niše u kojima Hrvatska danas može konkurentno proizvoditi i izvoziti proizvode velike dodane vrijednosti i time znatno doprinijeti povećanju BDP-a. Navedene grane industrije zapošljavaju danas oko 63.000 djelatnika u oko 4100 uglavnom malih i srednje velikih poduzeća (MSP). Neki od suvremenih trendova u svijetu gdje Hrvatska može tražiti niše za vlastitu proizvodnju su: oprema za obnovljive izvore energije; robotizacija i zračni transport. Kao pomorska zemlja s dugom tradicijom u brodogradnji i u području morskih tehnologija, Hrvatska bi mogla razvijati i proizvoditi: **podvodne robote, ronilice, daljinski upravljana i autonomna podvodna vozila**. Za tu proizvodnju postoje u zemlji svi potrebni preduvjeti. Druga niša u kojoj bi metaloprerađivačka industrija Hrvatske mogla naći dugoročno siguran izvozni posao je: **proizvodnja dijelova za avionsku industriju**. Prema analizi kompanije Airbus bit će u narednih 20 godina potrebno proizvesti 33.070 putničkih i teretnih zrakoplova što predstavlja posao od oko 5,2 trilijuna US\$. U taj posao mogla bi se kao subliferanti uključiti i neka MSP iz Hrvatske. Domaću metaloprerađivačku industriju potrebno je za usvajanje visokotehnološke proizvodnje opremiti najsvremenijim strojevima, opremom i tehnologijama. Treba voditi računa da se u razvijenim zemljama postepeno uvode tehnološke promjene (Industrie 4.0 odnosno Internet of Things) koje se smatraju kao 4. industrijska revolucija. Ona se temelji na digitalizaciji proizvodnje uz pomoć kibernetičko-fizikalnog proizvodnog sustava (CPPS). To zahtijeva visoku razinu organizacije, upravljanje kompletnim sustavom dodane vrijednosti, uz inteligenciju pojedinih dijelova, sa ciljem da se kroz decentralizirano upravljanje omogućí kupcu prilagođena (*customized*) proizvodnja.

Ključne riječi:

pametna proizvodna specijalizacija, proizvodne niše, proizvodi visoke dodane vrijednosti, metaloprerađivačka industrija, 4. industrijska revolucija, kibernetičko-fizikalni proizvodni sustav (CPPS), kupcu prilagođena proizvodnja

¹ Ovaj tekst je skraćena verzija predavanja održanog 24. 01. 2017. u HAZU. Budući da u to vrijeme još nisu bili poznati svi službeni podaci za 2016. god korišteni su podaci za 2015. god.

1. Industrijsko naslijeđe i aktualno proizvodno okruženje u Republici Hrvatskoj

Proizvodnja proizvoda velike dodane vrijednosti, konkurentnih na svjetskom tržištu i povećanje izvoza glavni su ciljevi reindustrijalizacije i povećanja BDP-a, koji prema podacima Eurostata za godinu 2015. po glavi stanovnika za Republiku Hrvatsku iznosi 10.400 EUR-a.

U ovom razmatranju riječ je samo o metaloprerađivačkoj industriji, strojogradnji i elektroindustriji

Republika Hrvatska, a poglavito Zagreb, ima iz prošlih vremena u navedenom području u svijetu priznatu značajnu industrijsku baštinu. Prije nekoliko desetljeća poduzeća kao npr. tadašnji Rade Končar, Prvomajska, Jedinstvo i dr. izvozila su svoje proizvode u desetke zemalja na više kontinenata, a industrijska proizvodnja Zagreba činila je oko 10 % ukupne industrijske proizvodnje tadašnje savezne države.

Današnja struktura navedene grane industrije, koja zapošljava oko 63.000 djelatnika u 4144 proizvodnih poduzeća (prema podacima HGK za 2015. god) sastoji se od: 96 % malih tvrtki (do 50 zaposlenih), od 3,3 % srednjih tvrtki (od 50 do 250 zaposlenih) i od svega 0,77 % velikih tvrtki (iznad 250 zaposlenih). Sastoji se gotovo u cijelosti od malih i srednjih poduzeća (MSP) odnosno „small and medium enterprises“ (SME).

Kroz program EU-a za konkurentnost malih i srednje velikih poduzeća COSME, koji traje do 2020. god., ulažu se velika sredstva u SME poduzeća. Za Bugarsku npr. Europski Investicijski Fond i bugarska DSK banka su potpisali sporazum, koji će omogućiti kredite vrijedne 15 mil. EUR-a za SME poduzeća u Bugarskoj. Prema pisanju Privrednog vjesnika od 27. veljače 2017. isti fond i Privredna banka Zagreb potpisali su sporazum u programu COSME kojim se toj banci omogućuje plasman 350 mil. kuna kredita za SME u Hrvatskoj.

Vrlo pozitivnu činjenicu sadašnjeg proizvodnog okruženja u RH predstavlja znatno razvijen sektor IT-a odnosno proizvodnja softvera koja može znatno doprinijeti razvoju moderne industrijske proizvodnje.

2. Svjetski trendovi i neke od mogućih niša za proizvodnju u Republici Hrvatskoj

Ograničimo se samo na neke od svjetskih trendova koji mogu imati utjecaja na razmatrano područje industrije. Pritom se nagli razvoj ICT područja, koje je bitno

za sve grane industrije, uzima kao neophodna temeljna pretpostavka. Danas, u uvjetima vrlo oštre konkurencije na svjetskom tržištu nije lako pronaći nišu za proizvode i tehnologije koje bi RH mogla konkurentno proizvoditi i izvoziti. Kao ograničavajuće okolnosti treba uzeti u obzir i dvije sljedeće činjenice: hrvatska industrija nema za neke od svojih proizvoda dovoljno međunarodnih referenci, a za investicijske objekte, za koje su potrebni veliki krediti, mora se obratiti bankama, koje su u vlasništvu zemalja iz kojih ponekad dolaze konkurentna poduzeća, pa nije uvijek izvjesno da će takovi krediti biti odobreni. Neka od područja u kojima RH može tražiti nišu za svoju proizvodnju jesu:

- a) Oprema za obnovljive izvore energije
- b) Robotizacija
- c) Zračni transport

a) Oprema za obnovljive izvore energije (OIE)

Na obnovljive izvore energije utrošene su 2015. god. u svijetu investicije od 286 milijardi US\$, pri čemu solarna energija čini 56 %, a vjetroelektrane 38 %, i to u godini kada su cijene fosilnih goriva bile povijesno niske. U sektoru OIE u svijetu sada radi više od 8 mil. ljudi. Tijekom 2015. god. instalirano je u svijetu oko 147.000 MW obnovljivih izvora energije, što je najveći godišnji rast dosad koji odgovara ukupno instaliranoj snazi svih elektrana u cijeloj Africi. Zemlje u razvoju su po prvi puta potrošile na OIE više novaca od razvijenih zemalja, pri čemu trećina svih investicija otpada na Kinu. U Europi OIE čine 44 % instalirane snage i proizvode 15 % električne energije. Zaposlenost u sektoru OIE je u 2015. god. rasla 6 %, dok je u istom vremenu u industriji nafte smanjena za 18 %. Odobalne (*offshore*) vjetroelektrane predstavljaju naročito obećavajuće područje razvoja u slijedećem desetljeću. Do 2020. bi trebale u Europi imati 25.000 MW instalirane snage, a u Aziji 17.000 MW. Za vjetroelektrane na kopnu najveći svjetski proizvođači (izuzev kineskih i indijskih) su redoslijedom firme: Goldwind, Vestas, GE Wind Energy, Siemens, Gamesa, Enercon. Za odobalne vjetroelektrane na moru vodeća firma je Siemens. Američka firma General Electric (GE) poduzela je slijedeću evoluciju korištenja energije vjetra i 2015. god. lansirala prvu DIGITALNU VJETROELEKTRANU. S više od 120 senzora u rotoru, generatoru i na lopaticama svake vjetroturbine skupljaju se desetine tisuća podataka svake sekunde. Te informacije se šalju u udaljenu bazu podataka koja pohranjuje 4000 gigabajta od 25.000 vjetroturbina u svijetu. GE koristi moćne algoritme (Pre-dix softver) za analizu tih podataka u realnom vremenu za kontrolu pojedinih funkcija vjetroturbine kao što su: zaokret lopatica, okretanje rotora prema smjeru vjetra, snaga okretnog momenta rotora. Sustav nadzire aktualno tehničko i operativno stanje vjetroturbine, uspoređujući to s ogromnom bazom podataka. Čim se pokaže nešto izvanredno, automatski se uključuje i šalje alarm, ponekad s uputom što je potrebno učiniti. Na temelju dijagnostičkog managementa omogućeno je planirano održavanje vjetrotu-

rbina i prognoziranje njihovog preostalog korisnog radnog vijeka. Ta tehnologija može podići proizvodnju energije vjetroelektrana do 20 %. Posebno integriran softver i analitičko rješenje postoji za predviđanje proizvedene snage vjetroelektrane, i to u realnom vremenu za jedan dan ili za sedam dana unaprijed.

Za korištenje sunčeve energije-fotovoltaički sektor ima ogromne potencijale. Indija npr. ima danas 3800 MW instaliranih fotovoltaičkih uređaja, a cilj indijske Vlade je do 2022. te kapacitete povećati na 100.000 MW. Ukupni fotovoltaički potencijal Indije je procijenjen na 750.000 MW. Prema tome sasvim je izvjesno da će u nadolazećim desetljećima biti dovoljno posla za sve one industrijske grane, koje će sudjelovati u procesu velikih energetske promjena, koje se danas pod imenom ENERGIENWENDE (obrat u energetici) odvijaju u Njemačkoj. Izraz ENERGIENWENDE potječe iz 1980. god. od njemačkog Öko-Instituta. To predstavlja u Njemačkoj detaljno razrađen i od građanstva podržan nacionalni pokret u kojeg su uključene mnoge državne institucije, znanstveni kapaciteti i građanske udruge. Time se npr. bave 23 stručna odbora njemačkog sustava standardizacije DIN. Danas se u Njemačkoj jedna četvrtina potrebne električne energije dobiva iz vjetra, energije sunca i biomase, a ispuštanje stakleničkih plinova je do 2012. god. u usporedbi s 1990. god. smanjeno za gotovo 25 %. Da bi ispunila svoje ciljeve u smanjenju stakleničkih plinova do 2040. god., Njemačka je odlučila postepeno smanjivati i konačno odustati od korištenja polovice za iskop odobrenih količina smeđeg ugljena.

Prema planu ENERGIENWENDE do 2050. god. oko 80 % potreba za električnom energijom treba se dobivati iz obnovljivih izvora. Da bi se to postiglo, potrebne su još velike investicije u tzv. „pametne mreže“ i u sustave za pohranu električne energije.

b) Robotizacija

Dolaskom 4. industrijske revolucije (Industrie 4.0) rast će i primjena robota. Kad se radi o industrijskim robotima raznih veličina i različite primjene, njihova serijska proizvodnja bit će uglavnom koncentrirana u Japanu i Kini (Kina je nedavno kupila najvećeg europskog proizvođača robota, firmu KUKA) tako da samostalni razvoj i proizvodnja industrijskih robota, bez suradnje s ovim velikima, u malim zemljama nije vjerojatna opcija.

Kao jedna od mogućih niša za vlastiti razvoj i proizvodnju proizvoda izrazito velike dodane vrijednosti u RH je:

Razvoj i proizvodnja podvodnih robota, ronilica i daljinski upravljanih kao i autonomnih podvodnih vozila

**Tehničke karakteristike:**

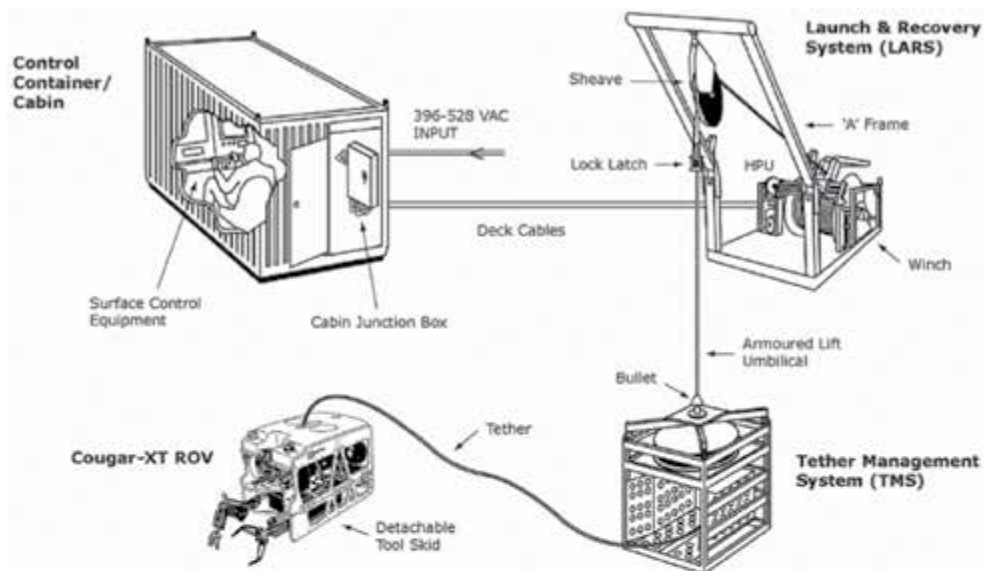
- Operativna dubina: do 1500 m
- Dimenzije: 1300 × 950 × 70 mm
- Masa: 170 kg
- Materijal šasije: polietilen, visoko otporan na udar
- Monokromatska kamera visoke rezolucije: 0,001 lx osjetljivosti
- Kolor kamera visoke rezolucije: 0,1 lx osjetljivosti
- Dvije halogene svjetiljke 2 × 150 W sa daljinskim upravljanjem intenziteta
- Potrebna električna snaga: 400 VAC 3 faze, 50-60 Hz, 10 kW
- Propulzija: 2 vertikalna i 4 vektorska propelera

Slika 1 – Daljinski upravljano podvodno vozilo (*Remotely Operated Vehicle* – ROV) višestruke namjene, koje prema konkretnom zadatku može biti opremljeno raznim alatima i dodacima

Hrvatska je i pomorska zemlja kojoj pripada 33.200 km² teritorijalnog mora što čini 37 % ukupnog državnog teritorija. Hrvatska ima dugu i veliku tradiciju brodograđevne djelatnosti, kao i djelatnosti u području morskih tehnologija od polovice 19-og stoljeća. U Rijeci je 1864. god. prvi puta u svijetu razvijeno novo oružje – torpeda. Početkom 20. stoljeća u Puli su građene podmornice, a krajem 20. stoljeća izrađene su u Brodarskom institutu u Zagrebu prve bespilotne ronilice.

Danas u Zagrebu postoji istraživačko-razvojni i edukacijski centar LAPOST (Laboratorij za podvodne sustave i tehnologije) kao dio Zavoda za automatiku i računalno inženjerstvo Fakulteta elektrotehnike i računarstva (FER). Taj laboratorij s timom mladih znanstvenika radi na međunarodnim projektima financiranim od EU i NATO-a u suradnji s više europskih sveučilišta za čija rješenja su zainteresirani i stručnjaci Američke ratne mornarice. To pokazuje da u Hrvatskoj danas postoji dovoljno jaka i međunarodno priznata istraživačko-razvojna baza za razvoj i proizvodnju podvodnih objekata prikazanih na Sl.1 i na Sl.2. S druge strane postoje mala i srednja proizvodna poduzeća koja mogu preuzeti izradu potrebnih dijelova i komponenata, a laboratoriji i bazeni potrebni za ispitivanje navedenih podvodnih objekata postoje u Brodarskom institutu u Zagrebu, u kojem su pred nekoliko desetljeća izgrađene prve bespilotne ronilice u tadašnjoj saveznoj državi. Navedeni proizvodi imaju u svijetu vrlo raznoliku primjenu:

- Kod istraživanja i eksploatacije nafte i plina u moru
- Kod gradnje i održavanja odobalnih (offshore) vjetroelektrana
- U marikulturi kod uzgoja riba i školjaka



Podvodno vozilo ROV može biti opremljeno prema zadatku, odnosno po želji kupca sa alatima ili dodacima kao što su npr.:

- 5-osni manipulator sa jednom ili dvije hvataljke
- rotirajuća rezna ploča
- nakovanj sa rezačem konopa
- rotirajuća žičana četka
- vodeni mlaz pod tlakom za operaciju čišćenja
- uređaj za izbjegavanje zapreka
- sustav za batimetriju dna (prije gradnje podvodnih temelja ili polaganja kablova)
- sustav za obilježavanje
- svjetlosnim signalima za označavanje opasnosti



Slika 2 – Shematski princip daljinskog upravljanja podvodnim vozilom (ROV) iz kabine operatora na brodu, nakon što je samo vozilo spuštено u vodu sa broda u odgovarajućoj košari

Kod rudarenja na velikim dubinama (Deep sea mining)

- Za ekološko-biološke kontrole u moru
- Za arheološka istraživanja pod morem
- Za vojno-sigurnosna djelovanja pod morem.

Budući da se radi uglavnom o izvoznim proizvodima velike vrijednosti, potrebno je posvetiti veliku pozornost obradi tržišta u svijetu i organiziranju odgovarajućih marketinških djelatnosti.



Tehničke karakteristike ronilice REMUS 6000:

- Promjer ronilice: 71 cm
- Duljina ronilice: 3,84 m
- Masa: 862 kg
- Maksimalna operativna dubina: 6000 m
- Trajanje misije: do 22 sata
- Energija: paket Li-ion baterija od 11 kWh, za ponovno punjenje
- Propulzija: direktni DC motor sa otvorenim propelerom od 2 lopatice
- Brzina gibanja: do 2,3 m/s, varijabilno
- Navigacija: sustav baziran na inerciji (pretvarač 7-15 kHz)
- Komunikacija: akustični modem i WIFI
- Softver: VIP-based laptop interface za programiranje, trening, analizu poslije misije, dokumentaciju, održavanje i otklanjanje kvarova



Slika 3 – Беспилотна автономна ронилца (*Autonomous Underwater Vehicle – AUV*), која за сваки задатак мора бити претходно програмирања одговарајућим алгоритмом

c) Zračni promet

Još jedna od mogućih niša za naša mala i srednja poduzeća je:

Subliferacija dijelova za zrakoplovnu industriju Airbus

U periodu 2015. do 2030. god., tj. u 15 godina zračni promet u svijetu će se udvostručiti. Prema analizi kompanije Airbus (Global Market Forecast 2016. – 2035.) biti će u narednih 20 godina potrebno proizvesti 33.070 putničkih i teretnih zrakoplova, od kojih je 12.830 predviđeno za zamjenu postojećih, a 20.240 za povećanje zračne flote u svijetu. Vrijednost toga posla procjenjuje se na 5,2 trilijuna US\$. Taj ogroman posao obaviti će uglavnom Airbus, Boeing i COMAC (*Commercial Aircraft Corporation of China*), nakon što su Kinezi razvili vlastiti putnički zrakoplov C919. Kompanija Airbus će svoj dio posla obavljati s mrežom od 7700 svojih su-

bliferanata (*supply chain*) u više od 20 zemalja koja je izgrađena u proteklih 40 godina. Za mala i srednja poduzeća (MSP) koja žele raditi za Airbus postoji mogućnost da postanu dobavljači 1. i 2. reda. U hrvatskoj metaloprerađivačkoj industriji postoje takva MSP koja bi to mogla postati i na taj način sudjelovati u podjeli tog ogromnog posla.

Kakvu korist Hrvatska može očekivati ako bi se neka naša MSP uključila u subliferciju za Airbus? Time bi se u prvom redu dugoročno osigurao konstantan izvoz proizvoda velike dodane vrijednosti. Osim toga, poduzeća, koja bi postala subliferanti takove industrije, imala bi ne samo dugoročno osiguran posao, već bi bila uključena i u njezin tehnološki razvoj. Naravno da se lako ne postaje subliferant Airbusa i da je potrebno proći mukotrpan proces evaluacije i zadovoljiti niz vrlo oštrih kriterija. Za početak bitna su dva uvjeta:

- Da državne vlasti putem međunarodne suradnje i političkih organa omoguće odgovarajuće kontakte s Airbus-om.
- Da se tehnološka opremljenost poduzeća, koja bi došla u obzir da budu subliferanti Airbusa, podigne na najvišu suvremenu razinu.

3. Neki primjeri visokotehnološke proizvodnje realizirani ili u pripremi u usporedivim zemljama

Svrha ovih nekoliko nasumce izabranih primjera je pokazati kakvi proizvodi iz promatranog industrijskog područja se nalaze u redovnoj proizvodnji ili u fazi usvajanja u susjednim zemljama, a cilj je potaknuti raspravu o vođenju industrijske politike u Hrvatskoj. Sljedeća dva aspekta karakteriziraju navedene primjere proizvodnje:

- a) Proizvodi se (ili će se proizvoditi) u suradnji s inozemnim firmama koje su svjetski igrači na tržištu.
- b) Kontinuirani izvoz tih proizvoda je glavni pokretač i najvažniji doprinos gospodarstvu.

Proizvodnja električkih generatora za Siemensove vjetroturbine u Srbiji

Siemensova tvornica u Subotici površine 28.000 m² s oko 1300 zaposlenih proizvodi električke generatore za Siemensove vjetroturbine. Dosad je u Subotici proizvedeno ukupno oko 14.800 generatora koji se izvoze na europsko i američko tržište. Ta tvornica spada u 5 najznačajnijih izvoznika u Srbiji. U naredne 3 godine

očekuje se daljnje ulaganje Siemensa od 10 mil. EUR-a u modernizaciju proizvodnje.

Inače, treba podsjetiti da su električki generatori „core business“ poduzeća Končar koje je prije mnogo godina nastalo iz radionice Siemensa.

U Sloveniji će se graditi tvornica robota

Najveći japanski, i po količini proizvedenih robota (300.000) najveći svjetski proizvođač industrijskih robota firma YASKAWA ELECTRIC CORP donijela je odluku, u suglasnosti s Vladom Slovenije, da se njihova europska tvornica gradi u Sloveniji, u Kočevju. Radi se o investiciji od oko 35 mil. EUR-a. Sama tvornica će zapošljavati oko 200 visokokvalificiranih djelatnika. Međutim, to će osigurati posao brojnim poddobavljačima te nizu instituta, fakulteta i drugih komercijalno-tehnoloških organizacija.

Sve je počelo 1996. god. u suradnji s ljubljanskim Fakultetom za strojarstvo. U Ribnici kod Ljubljane osnovana su dva mala poduzeća koja je kasnije preuzela tvrtka YASKAWA. Ta poduzeća pod imenom Yaskawa Slovenija i Yaskawa Ristro broje danas oko 130 zaposlenih (uglavnom inženjera strojarstva i elektrotehnike) koji s robotima iz Japana vrše integriranje u određenu tehnološku cjelinu, tj. sustav koji se prodaje kupcima širom svijeta. Industrijski roboti služe kod različitih radnih operacija (zavarivanje, montaža, rezanje, površinska obrada, rukovanje materijalom) pa integrirane robotske ćelije sadrže u svakom konkretnom slučaju posebno prilagođene naprave, alate, PLC-ove, konvejjere i softversko off-line programiranje.

Iskustvo tih inženjera, koji rade u Ribnici na tim poslovima već godinama, predstavlja temelj za Yaskawino europsko središte za proizvodnju robota i robotskih linija koje će nastati u Sloveniji. Tvornica u Kočevju imat će u početku kapacitet proizvodnje od 5000 robota godišnje s mogućnošću povećanja na 6000 i trebala bi zajedno sa pratećim institutom za istraživanja i razvoj početi s redovnim radom 2019. godine.

Nova proizvodnja automobila u Sloveniji

Osim odavno postojeće proizvodnje putničkih automobila marke Renault u Novom Mestu, vrše se pripreme za proizvodnju terenskih vozila u blizini Maribora. Multinacionalna kompanija MAGNA International (oko 150.000 zaposlenih u 20-ak država) je najveća konglomeracija za subliferaciju dijelova u automobilskoj industriji u svijetu. Ona je i vlasnik poduzeća Magna-Steyr u Grazu. Budući da u Grazu nema pogodnog prostora za širenje, ta kompanija namjerava dio automobilske proizvodnje prebaciti u Maribor. Slovenska vlada ubrzano otkupljuje zemljište od 100

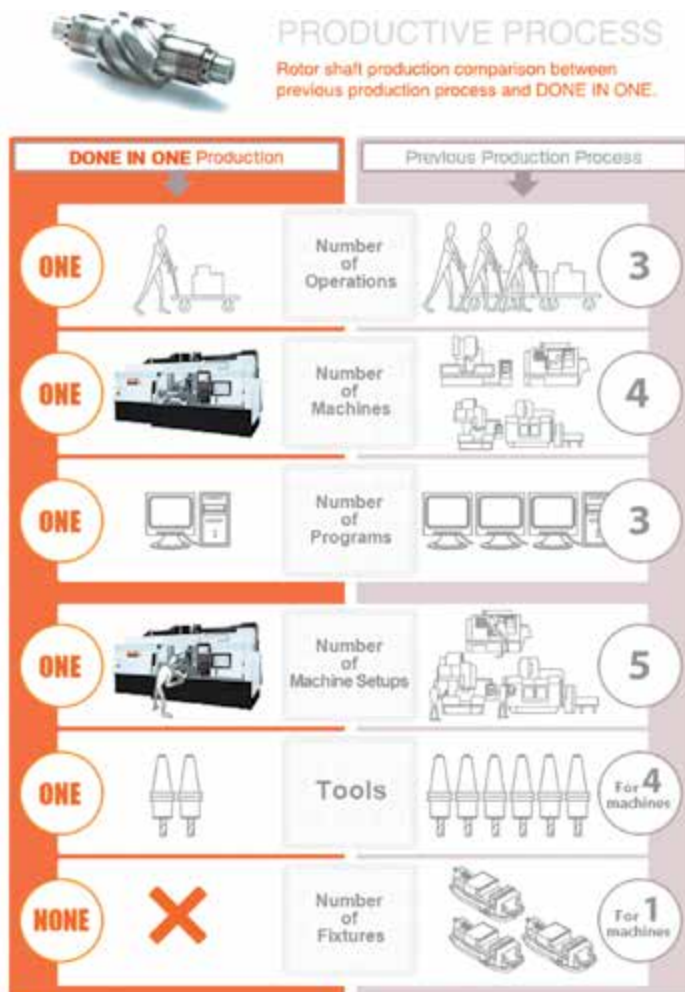
hektara koje nudi toj kompaniji za tvornicu koja bi zaposlila oko 2500 ljudi. Planira se dobivanje građevinskih dozvola do 1. 07. 2017. U prvoj fazi bi trebala biti izgrađena lakirnica i hala za proizvodnju karoserija. Ono što je posebno interesantno za budući razvoj u toj tvornici (prema pisanju Privrednog vjesnika od 10. listopada 2016.) je to da Magna-Steyr ima ugovor s Apple-om o razvoju inovativnog automobila na električki pogon koji bi bio tako nadograđen da može voziti bez ljudskog posredovanja.

Prema podacima Eurostata za 2015. god. BDP po glavi stanovnika bio je za Sloveniju 18.000 EUR-a , a za Austriju 36.000 EUR-a.

4. Kako domaću metaloprerađivačku industriju podići na visokotehnološku razinu

Dijelom zbog Domovinskog rata, dijelom zbog deindustrijalizacije, poduzeća današnje metaloprerađivačke industrije u RH, čast iznimkama, nisu tehnološki dovoljno suvremeno opremljena. S druge strane, prije navedeni krediti za SME poduzeća pružaju mogućnost nabave najsuvremenijih strojeva i tehnologija što je ključan preduvjet za usvajanje visokotehnološke proizvodnje konkurentne na svjetskom tržištu.

- Kad se radi o obradi materijala skidanjem strugotine, što je još uvijek najviše upotrebljavana tehnologija, suvremena je koncepcija „Done in one“, tj. izrada od poluproizvoda do gotovog predmeta u jednom zahvatu, za što se primjenjuju obradni centri s 5-osnim gibanjem alata. Takav alatni stroj, kako pokazuje slika 4, za izradu prikazanog predmeta zamjenjuje 4 klasična alatna stroja, radi sve sa jednim CNC programom i ne treba nikakve stezne naprave. Rezultat te koncepcije kod izrade dijelova složenog oblika *znatno je veća produktivnost* (4 puta kraće vrijeme za kompletnu izradu prikazanog predmeta) i *veća točnost* izrađenih dijelova, jer se oni obrađuju u jednom stezanju, uz *znatno manje troškove*.
- Kad se radi o obradi vlaknima ojačanih kompozitnih materijala (što često dolazi u avionskoj industriji), upotrebljava se ultrazvukom potpomognuta hibridna tehnologija pomoću alatnog stroja prikazanog na slici 5.
- Gotovo svi bitni dijelovi suvremenih inženjerskih konstrukcija iz metalnih materijala obrađuju se nekim od postupaka toplinske obrade zbog dobivanja odgovarajuće mikrostrukture i postizanja traženih mehaničkih svojstava. Ti se postupci danas sve više izvode u suvremenim vakuumskim pećima. Slika 6 prikazuje jedno automatizirano postrojenje vakuumskih peći.
- Primjena lasera je generička tehnologija za razne postupke obrade svih u tehnici upotrebljivanih materijala. U nekim našim poduzećima postoje uređaji za rezanje limova i za zavarivanje laserom. Međutim postupci obrade LASER-om su mnogo raznovrsniji. Slika 7 prikazuje na pr. lokalno površinsko otvrdnjavanje

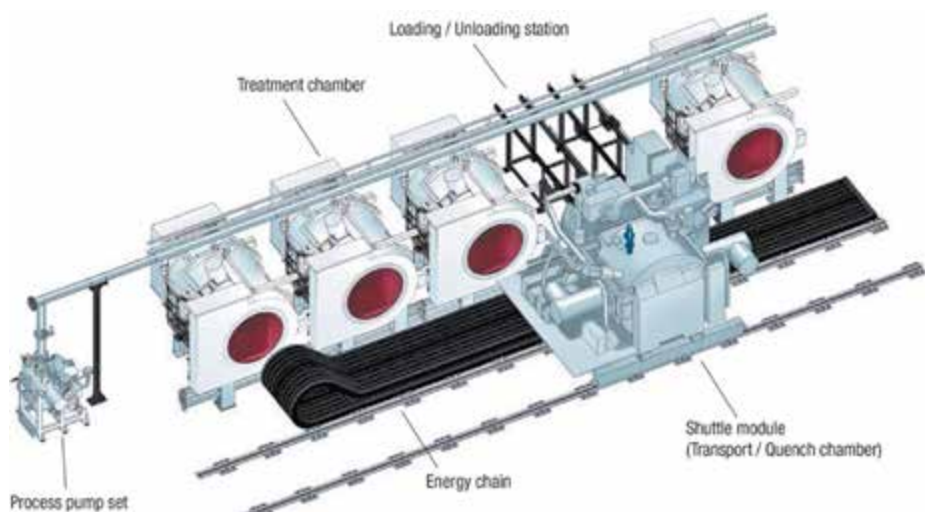


Slika 4 – Suvremeni obradni centar za obradu složenog predmeta u jednom zahvatu

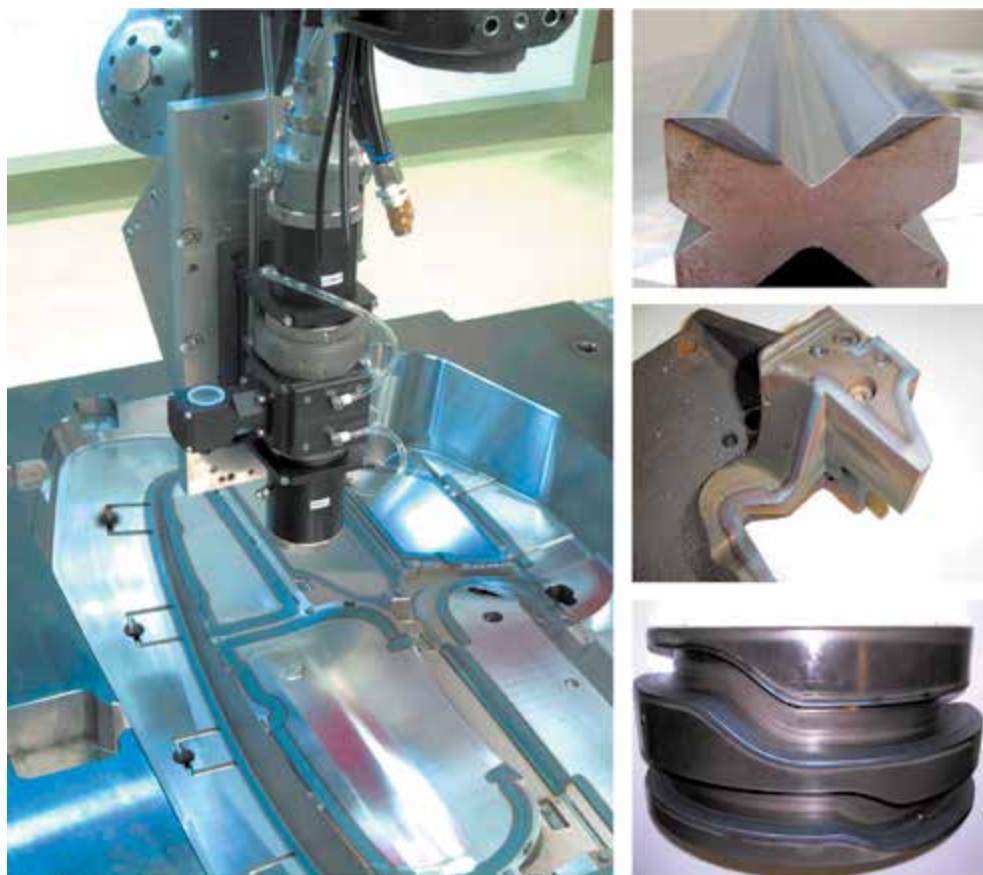


- Ovakav obradni stroj omogućuje i do 40 % smanjenje sile rezanja kod dvostruko većih dubina rezanja (posmaka), zbog djelovanja ultrazvuka.
- Vreteno stroja (35.000 o/min) ima permanentno podmazivanje pomoću masti.
- Stroj omogućuje obradu prolaznih i slijepih rupa, navoja, utora i drugih geometrijskih oblika, sa dimenzionalnom točnošću u μm .
- Pri obradi punog kompozitnog materijala ne dolazi do ljuštenja vlakana, niti do odvajanja slojeva.
- Budući da kod obrade kompozitnih materijala ima mnogo sitne, za zdravlje opasne prašine, stroj ima sustav za visoko učinkovito odsisavanje zraka iz radnog prostora.

Slika 5 – Ultrazvukom potpomognuti stroj za obradu kompozitnih materijala



Slika 6 – Automatizirano postrojenje vakuumskih peći za razne postupke toplinske obrade metalnih materijala



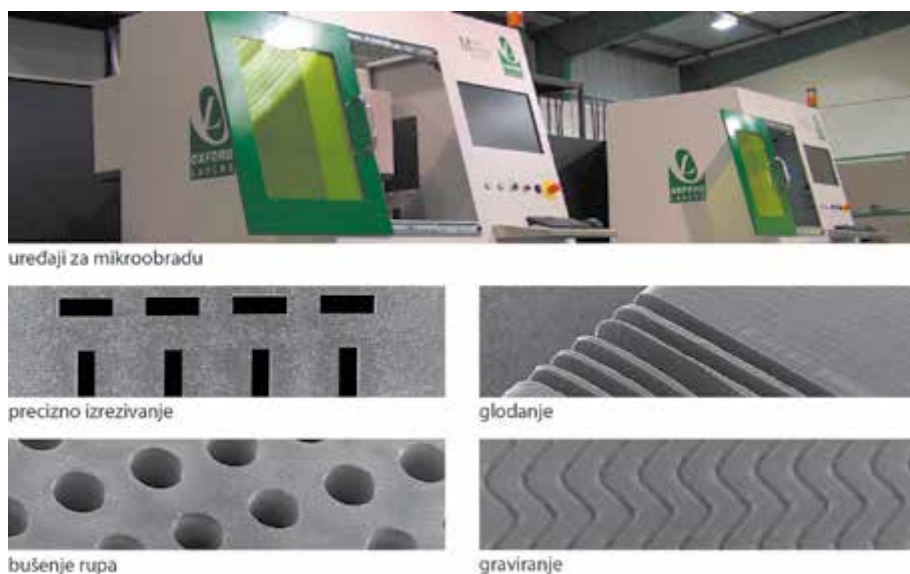
Slika 7 – Lokalno površinsko kaljenje sa diodnim LASER-om velike snage

pomoću diodnog lasera velike snage pri čemu kamera kontinuirano upravlja snagom laserskog snopa.

- Mikrobrada LASER-om, slika 8, obuhvaća niz postupaka u mikrometarskim dimenzijama, koji se upotrebljavaju kod visoko-precizne proizvodnje i ne mogu se ostvariti nikakvim drugim tehnologijama pa onaj tko nema odgovarajući uređaj, ne može niti preuzeti poslove koji zahtijevaju mikrobradu. U obzir dolaze UV, excimer ili Nd:Yag laseri. S UV laserskim izvorom moguća je najmanja dimenzija obrade od 1 μm . Moguće je obrađivati sve sljedeće vrste materijala: metale, polimere, keramičke materijale, staklo, silikonske poluproizvode i dijamante.
- Proizvodnja dodavanjem materijala (*Additive Manufacturing AM*) Kad se radi o vrlo složenim predmetima, koji ne mogu iz jednog komada biti izrađeni na drugi način, kao što je na pr. mlaznica za gorivo avionske turbine (slika 9a), tada je proizvodnja dodavanjem materijala idealno rješenje. Stoga se ona danas već primjenjuje i u serijskoj proizvodnji, u obliku raznih postupaka (*Selective Laser Sintering – SLS* ili *Direct Metal Laser Melting – DMLM*), pri čemu se slojevi materijala u

prahu skrućuju djelovanjem LASER-a, prema prethodno izrađenom 3D digitalnom programu (CAD) za dotični predmet. Velika prednost te tehnologije je širok izbor različitih materijala, koji mogu zadovoljiti različite primjene, i s druge strane, dosad neviđena sloboda konstruiranja i najsloženijih oblika. Prva tvornica u svijetu, koja je 2015. god. započela serijsku proizvodnju prikazanih mlaznica s nizom 3D printera po postupku DMLM, kako pokazuje slika 9b, je kod GE-Aviation (najvećeg proizvođača avionskih turbina) u Alabami, SAD. Svaka avionska turbina treba 19 takvih mlaznica pa je predviđeno da će ih do 2020. god. tehnologijom dodavanja materijala biti proizvedeno oko 40.000 kom. Za vrlo preciznu obradu dijelova s uskim dimenzijskim tolerancijama, kakvi dolaze npr. u avionskoj industriji, potrebna je ponekad, nakon izrade predmeta tehnologijom dodavanja materijala, vrlo fina obrada skidanjem materijala što se postiže preciznom CNC obradom. Pri tome obrada dodavanjem materijala omogućuje, zbog velike uštede na materijalu, ekonomičnu izradu geometrijski vrlo kompliciranih dijelova, a završna CNC obrada osigurava visoku dimenzijsku točnost. Slika 10 prikazuje 5-osni obradni centar Vertex 55X tvrtke MITSUI SEIKI koji je dogradnjom uređaja za dodavanje praškastog materijala i njegovog rastaljivanja pomoću lasera pretvoren u hibridni centar za izradu dijelova dodavanjem materijala i završnu CNC obradu skidanjem materijala. Izrađeni proizvodi imaju točnost manju od 15 μm .

Ovih nekoliko primjera suvremenih strojeva, opreme i tehnologija pokazuje da onim poduzećima, koja se žele uključiti u visoko-tehnološku proizvodnju, predstoji ne samo proces nabave odgovarajućih strojeva i opreme nego i usvajanje potrebnih tehnoloških postupaka i specijalističko obrazovanje onih koji će raditi s tom opremom.



Slika 8 – Mikroobrada LASER-om



Slika 9 – a) Mlaznica za gorivo kod avionske turbine, b) Niz 3-D printera za serijsku proizvodnju mlaznica u GE-Aviation tvornici u Alabami, USA



Slika 10 – Hibridni obradni centar za izradu dijelova dodavanjem materijala i završnu CNC obradu skidanjem materijala

5. Četvrta industrijska revolucija (Industrie 4.0) i brzina tehnoloških promjena

Industrie 4.0 (njemački termin) odnosno Internet of Things – IoT (američki termin) je nastupajući trend tehnoloških i organizacijskih promjena koji se smatra kao *četvrta industrijska revolucija*. Prema nomenklaturi CIRP-a (*International Academy for Production Engineering*, Paris) bile su:

1. *Prva industrijska revolucija*: pronalazak mehaničkog tkalačkog stana 1764. god.
2. *Druga industrijska revolucija*: uvođenje montažne linije za serijsku proizvodnju automobila (Ford) 1913. god.
3. *Treća industrijska revolucija*: automatizacija proizvodnje uvođenjem PLC (Programmable logic controller) 1968. god.
4. *Četvrta industrijska revolucija*: kibernetičko-fizikalni proizvodni sustavi 2016. god.

Vremenska razdoblja između pojedinih industrijskih revolucija najbolje ilustriraju kako se povećavala brzina tehnoloških promjena:

- Između 1. i 2. ind. revolucije (od 1764. do 1913.) prošlo je 149 godina.
- Između 2. i 3. ind. revolucije (od 1913. do 1968.) prošlo je 55 godina.
- Između 3. i 4. ind. revolucije (od 1968. do 2016.) prošlo je 48 godina.

To ne treba gledati samo kao statističke činjenice, već i kao nestanak starih i nastajanje novih poduzeća. Industrie 4.0 predstavlja novi način organizacije i upravljanja kompletnim sustavom dodane vrijednosti. Jedan od glavnih ciljeva je zadovoljiti pojedine potrebe kupca na račun masovne proizvodnje. Zbog toga ta nova organizacija utječe na sve aktivnosti od upravljanja narudžbama od istraživanja i razvoja, proizvodnje, isporuke, stavljanja u pogon do upotrebe i recikliranja proizvedene robe. Temelj za nove mogućnosti je digitalizacija proizvodnje uz pomoć kibernetičko-fizikalnog proizvodnog sustava (CPPS).

Kibernetičko-fizikalni proizvodni sustav (CPPS) sastoji se od autonomnih suradujućih elemenata i podsustava, koji su povezani na temelju konteksta unutar i poprijeke svih razina proizvodnje, od procesa, preko strojeva do proizvodnih i transportnih mreža. Tri glavne karakteristike CPPS-a su:

- Inteligencija, tj. elementi su sposobni primiti informaciju od svoje okoline i djelovati samostalno.
- Povezanost, tj. sposobnost uspostaviti i koristiti veze sa drugim elementima sustava, uključujući ljude za suradnju i veze sa znanjem i uslugama raspoloživim na internetu.
- Reagirane na unutarnje i vanjske promjene.

Može se pretpostaviti da će integracija analitičkog i na simulacijama temeljenog pristupa biti važnija nego ikad. Kao izazovi pojavit će se: funkcioniranje čitavih mreža senzora, rukovanje velikim količinama podataka, kao i pitanje ponovnog pronalaženja informacija, njihovo predstavljanje i interpretiranje, posebno s naglaskom na aspekte sigurnosti. Mora se postići novi način komunikacije čovjek-stroj u tijeku uvođenja CPPS-a. To zahtijeva da suvremeni strojevi imaju ugrađene komunikacijske mogućnosti. Oni moraju biti sposobni komunicirati s: vlasnikom/operatorom/održavateljem o svojem statusu i mogućnosti rada.

Digitalizirani strojevi će imati mogućnost bržeg reagiranja u slučaju nekog incidenta pa će biti manje troškova kod otklanjanja istog.

Kao dva važna cilja četvrte industrijske revolucije mogu se navesti:

- Novi algoritmi za prikupljanje podataka da bi se analizom velike količine podataka i povratnom spregom informacija od kupaca i tržišta postigla više inteligentna proizvodnja.
- Decentralizirano upravljanje, pri čemu svaki dio proizvodnog sustava ima vlastitu inteligenciju, omogućit će da se od veliko-serijske ili masovne proizvodnje pređe na kupcu prilagođenu (*customized*) proizvodnju.

6. Zaključak

Oni koji su dužni brinuti se dugoročno o industrijskoj politici, poglavito u maloj zemlji, moraju uvijek imati jasan stav prema naizgled kontradiktornom fenomenu: S jedne strane kako odabrati onu proizvodnju, koja će na što duži rok zaposliti odgovarajući broj ljudi, a s druge strane hoće li taj proizvod na duži rok izdržati test vremena ili će ga tehnološke promjene, uz bespoštednu konkurenciju drugih, zbrisati sa tržišta. To naravno ovisi i o vlastitim istraživačko-razvojnim kapacitetima odnosno stalnom osuvremenjivanju proizvoda. Zato je nužno konstantno praćenje tehnoloških trendova u svijetu i ocjenjivanje je li, kada i s kim od vodećih proizvođača iz dotične branše treba surađivati.

How to Realize a Smart Specialization in Manufacturing of High-Added Value Products for Export

Liščić Božidar

Croatian Academy of Sciences and Arts
bozidar.liscic@fsb.hr

Based on industrial heritage that Croatia has in the *metalworking industry, machine building and electro-engineering industry*, a production niche should be chosen in which Croatia could nowadays be competitive by producing and exporting of high value products, and in this way substantially contribute to the increase of the GDP. The mentioned branches of industry have today around 63,000 employees within 4,100 mainly small and medium-sized enterprises (SME). Some of modern trends in the world where Croatia can look for a niche to start own production are: equipment for renewable energy; robotization and air transport. As a maritime country, having a long tradition in shipbuilding and in marine underwater engineering, Croatia could develop and manufacture: **underwater robots, submersibles, remotely operated and autonomous underwater vehicles**. For their production all necessary prerequisites exist in Croatia. Another niche in which Croatia's metalworking industry could find a steady long term business for export is: manufacture of **components for aviation industry**. According to the analysis of the company Airbus, within the next 20 years it will be necessary to produce 33,070 passenger and freight aircraft that makes a business of around 5.2 trillion US\$. Some Croatian SMEs could be included, as subcontractors, in this business. In order to adopt the high-technology production, it is necessary to equip the domestic metalworking industry with most modern machines and technologies. The fact should be taken into account that in developed countries technological changes are gradually introduced (Industrie 4.0 or Internet of Things), being considered as the 4th Industrial revolution, which is based on digitalization of production and cyber-physical production system (CPPS). This requires a high level of organization, and the management of the complete added-value system with the intelligence of individual parts. The aim is, by means of decentralized management, to enable a production that is adapted to the customer (customized).

Key words:

smart specialization in manufacturing, production niches, high-added value products, metalworking industry, 4th Industrial Revolution, cyber-physical production system (CPPS), customized production

Graditeljska znanost i graditeljski projekti u 21. stoljeću

Lončarić Rudolf¹, Amadori Mirna²

¹Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu; info-razvoj@vindija.hr

²Geotehničkog fakulteta u Varaždinu Sveučilišta u Zagrebu, amadorim@gfv.hr

U ovom radu se proučavaju i istražuju smjernice organiziranja graditeljstva s prilagođavanjem uključivanja izvođenja graditeljskih projekata na europskom tržištu. Istražuje se model tržišnog gospodarstva u građenju kao potreba racionalnog građenja. Proučava se maksimalno uključivanje industrijskih metoda u procese izvođenja graditeljskih projekata s primjenom racionalne organizacije i tehnologije građenja. Trend industrijalizacije građenja nalazi rješenje u montažnom građenju, kao najrazvijenijem obliku tehnologije izvedbe. Graditeljski projekt se proučava kao proizvodni projekt gospodarstva na principima sustavne analize. U proučavanju nezaobilazna je tema zaštite okoliša, jer su graditeljski projekti, nove građevine, koje se trebaju uklopiti u svoju okolinu.

Ključne riječi:

investicijski projekti, industrijske metode, obnovljivi izvori, racionalizacija

1. Uvod

Graditeljstvo je temeljni pokretač razvoja gospodarstva, jer u izvedbi graditeljskih projekata ostvaruje proizvodnju s mnogim sudionicima iz drugih područja gospodarstva. Razvoj graditeljstva direktno je vezan za investicijsku potrošnju, koja je u našoj zemlji daleko premala u odnosu na postojeće kapacitete, pa je prisutan imperativ na uključivanje u europske razmjere. Ovo uključivanje neminovno traži prilagođavanje europskoj tehnologiji i organizaciji izvedbe graditeljskih projekata što je temeljni cilj istraživanja u ovom radu.

Prema tome, istraživanja su usmjerena na povećanje industrijske razine građenja uz povećanje stupnja mehaniziranosti izvedbe, skraćenje vremena i troškova građenja i postizanje standardne kvalitete radova. U kontekstu spomenutog razvoja potrebno je uključivati u procese izvedbe automatizaciju i robotizaciju. Prema principima sustavne analize, graditeljski projekt treba promatrati kao složeni zadatak tehničko ekonomske i tehničko organizacijske strukture. Organizaciju i tehnologiju građenja treba promatrati kao uzajamno povezana dva sustava u kojima treba tražiti optimalna rješenja kroz racionalno upravljanje projektima.

2. Temeljne smjernice razvoja

Graditeljstvo treba usmjeriti maksimalnom uključivanju industrijskih metoda u postupke građenja kroz montažno građenje, ali isto tako kroz industrijalizaciju monolitnog građenja te uz primjenu racionalne i logističke organizacije. Unapređenje razvoja građenja moguće je postići kroz slijedeće smjernice:

1. Poticati znanstvene i znanstveno nastavne institucije na istraživanja potrebna za razvoj i unapređenje graditeljske djelatnosti
2. Automatska proizvodnja građevnih materijala i gotovih elemenata za ugradbu po principima industrijske proizvodnje
3. Povećanje produktivnosti u građenju
4. Mehaniziranje procesa građenja primjenom racionalnih strojeva i opreme
5. Uvođenje automatizacije u procese građenja
6. Primjena robotizacije
7. Primjena racionalnih tehnoloških sustava u građenju
8. Istraživanje podataka za vrednovanje organizacijskih i tehnoloških sustava s provedbom optimalizacije
9. Primjena optimalne organizacije u vođenju i upravljanju građenjem uz primjenu informacijskih sustava (Project Management)
10. Proučavanje graditeljskog proizvoda – građevine u obliku graditeljskog projekta i proizvodnog sustava
11. Važnost projekata organizacije građenja u pripremi, planiranju, vođenju i upravljanju graditeljskim projektom
12. Primjena logistike u organizaciji izvedbe graditeljskih projekata i manipulaciji repromaterijala
13. Vođenje i organizacija graditeljskih poduzeća
14. Važnost ekologije u građenju

Navedene smjernice mogu se svrstati u glavne podsustave proizvodnog sustava graditeljskog projekta. To su organizacijski, tehnološki, tehnološko-ekonomski i upravljački podsustavi.

3. Razvoj tehnologije u graditeljstvu

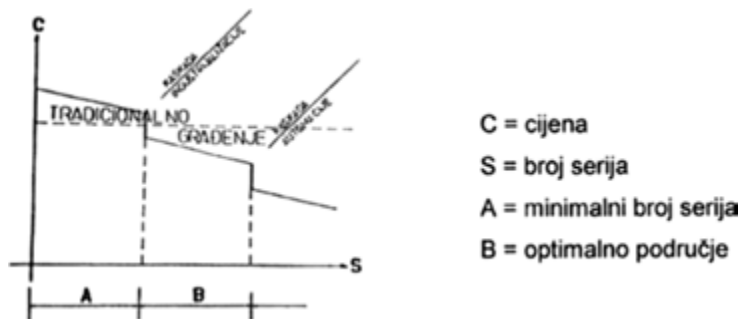
Teoretska istraživanja na području razvijene Europe, koja se trebaju aplicirati u praksi, mogu se općenito svrstati u tri kompleksa:

1. Razvoj tehnoloških koncepcija za građevinske strojeve za automatski i djelomično automatski rad. Težište je usmjereno na automatiziranje iskopa s hidrauličnim kopačem, automatiziranje rada dizalica, sanaciju mostova i slično.
2. Analitičko tehnološki rad na istraživanju metode uključenja robota u graditeljstvo. Radi se o uključivanju robota u stacionarnu graditeljsku industriju i na gradilišta. U ovaj kompleks uključen je i razvoj mobilnih graditeljskih strojeva korištenih pomoću programiranog upravljanja i regulacijske tehnike.
3. Razvoj teoretskih koncepcija za automatske strojeve i robote kao postavne smjernice za konstruktivna rješenja, kao i matematičko konstruktivna istraživanja za upravljanje i reguliranje.

U ovaj kompleks se uključuje i aktivnost razvoja softvera za upravljanje proizvodnjom i rješenja za upravljanje graditeljskim strojevima pomoću lasera. Pri tome treba naglasiti potrebu postizanja velike pokretljivosti i velikog akcijskog radijusa strojeva u uzdužnom i poprečnom smislu. Nadalje je uključen rad na studijama navigacije za svladavanja zapreka na podzemnom prostoru kod graditeljskih zahvata u tom prostoru.

U daljnjem razmatranju razvoja mogu se istaknuti kompleksne tehnologije na mehaniziranju i automatiziranju proizvodnje te razvoju logistike u proizvodnim procesima, a posebno u transportu i skladištenju.

Daljnja istraživanja usmjerena su na razvoj novih tehnologija za sanacije koje danas već predstavljaju značajan dio u graditeljskim zahvatima. Značajan dio u razvoju zauzima predgotovljena i montažna izgradnja kao prilog industrijalizaciji građenja. Pri tome se predlaže postići što veći postotak montažnosti kod građevina primjerenih za montažu (industrijske građevine, skladišta, mostovi i sl.) i što veći udio montažnih elemenata kod zgrada i drugih graditeljskih objekata. Dakle, treba uvoditi tipiziranje i standardiziranje elemenata uz visoku razinu industrijske proizvodnje pri čemu značajnu ulogu ima veličina serije u odnosu na cijenu građenja. (slika 1.)



Slika 1 – Dijagram odnosa cijene građenja i veličine serije

3.1. Mehaniziranje procesa građenja u odnosu na tehnološke sustave

Razvoj graditeljstva prije svega je usmjeren na povećanje industrijske razine građenja koja se postiže povećanjem stupnja mehaniziranosti radova i maksimalno mogućim skraćanjem vremena građenja uz prihvatljive troškove. Uključenjem strojeva u procese građenja učinkovitije se iskorištava raspoloživ prostor za obavljanje graditeljskih procesa koji pri ručnoj proizvodnji mora biti mnogo veći za smještaj radnika i materijala.

Hrvatsko graditeljstvo, iako već dobro organizirano i tehnološki opremljeno, što dokazuje prisutnost na mnogim inozemnim projektima, ipak zaostaje u odnosu na europska graditeljska poduzeća. Prioritetna je faza uključivanje veće razine mehaniziranosti u procese građenja i primjena racionalne i suvremene opreme (montažne velikoplošne oplata, sustavi za prostorno podupiranje, skele i drugo).

Pretpostavka za maksimalno povećanje produktivnosti rada ovisi o razvoju i primjeni mehaničkih sustava koji pripadaju visokoj tehničkoj razini. Rješenje treba tražiti u primjeni mehaniziranih sustava ili u posvemašnjoj kompleksnoj automatizaciji tehnoloških linija. Tehnološke linije trebaju pripadati jednom postupku proizvodnje. Trebaju biti u funkciji i učinku međusobno usklađenih i povezanih strojeva koji su potrebni za provođenje svih aktivnosti kod proizvodnje jednog gotovog ili polugotovog proizvoda. Takva koncepcija podrazumijeva strojeve koji omogućuju primjenu programiranih uređaja za upravljanje.

Svaka građevina može se podijeliti na tehnološke sustave prema vrsti i prostornom položaju na tri grupe:

1. Tehnološki sustav jedne aktivnosti – vrste radova
2. Tehnološki sustav više aktivnosti – vrste radova
3. Tehnološki sustav jedne čitave prostorne jedinice građevine

Dio mehaniziranog sustava treba sadržavati:

- Specifikaciju strojeva, uređaja i opreme (oplate, sustavi za podupiranje, skele i sl.); strojevi, uređaji i oprema odabiru se na temelju racionalne tehnologije
- Usklađenje parametra učinaka

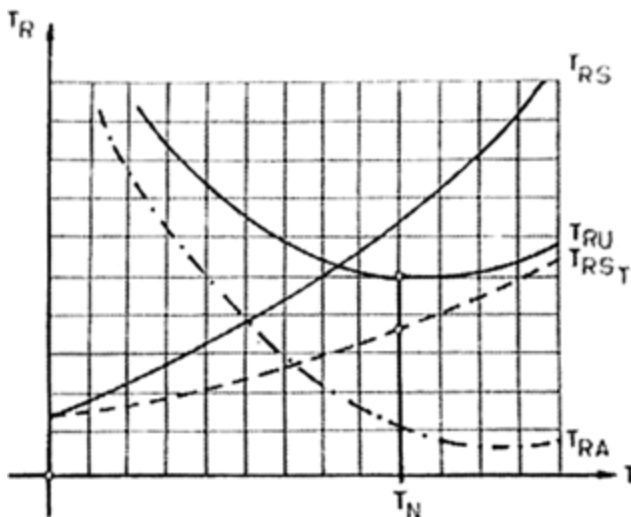
Na temelju utvrđenih mehaniziranih sustava treba izvršiti planiranje za konkretni projekt. Preporučuje se postavljati varijantna rješenja i optimalizacijom odabrati najpovoljnije. Uputno je utvrditi učinak iskorištenja mehanizacije na temelju odnosa vremena proizvodnje i troškova. Na slici 2 prikazan je opći oblik dijagrama iskorištenja mehanizacije. T_{RS} – označava troškove opremanja i korištenja strojeva. U te troškove uključeni su pogonski troškovi, troškovi energije, troškovi održavanja i remonta, potrošni materijal, kamate, troškovi uprave i povećani troškovi zbog tehničke zastarjelosti strojeva. Jednadžba je:

$$T_{RST} = \frac{\sum T_{RS}}{T} \quad (1)$$

Krivulja T_{RST} iz jednadžbe (1) daje za svaku odabranu točku odnosno veličinu vremena na apscisi veličinu pripadajućih troškova na ordinati.

T_{RA} – teoretska veličina svih otpisa vrijednosti i troškova amortizacije mehanizacije. TRU – sumarna krivulja funkcija T_{RST} i T_{RA} koja daje veličinu i protok ukupnih troškova. Najniža veličina ili vrijednost troškova nalazi se kod normalne vremenske veličine T_N i može se izračunati iz jednadžbe (2):

$$T_{RU_{min}} = T_{RST} + T_{RA} \quad (2)$$



Slika 2 – Dijagram učinka iskorištenja mehanizacije

3.2. Automatizacija

Automatizacija je daljnji stupanj razvoja, nakon postignute mehanizacije i znači potrebu uspostavljanja više razine industrijalizacije. Uvođenje automatizacije u graditeljstvo može se prikazati ovako:

- Automatska proizvodnja graditeljskih materijala i gotovih elemenata za ugradbu u masovnim količinama po načelima suvremene industrijske proizvodnje
- Logistička koncepcija za transport, premještanje i skladištenje materijala
- Razvoj tehnoloških koncepcija za graditeljske strojeve za automatski i djelomično automatski rad. Težište je usmjereno na automatiziranje iskopa hidrauličkim kopačem, automatiziranje rada dizalica, izvedba žbukanja i sl.

Potrebu obavljanja horizontalnog i vertikalnog transporta nekog gradilišta treba omogućiti odgovarajućim brojem dizalica, kako bi u odnosu na razvedenost i broj građevina gradilišta bila zastupljena potpuna pokrivenost prostora u kojem se transport provodi, uz minimalan broj dizalica. Rad više dizalica na nekom gradilištu moguće je riješiti povezivanjem u poluautomatski rad, rad u visinskim koridorima što doprinosi bržem i racionalnijem građenju.

Potreban broj dizalica (N_k) za horizontalni i vertikalni transport repromaterijala i učinak (Um^3) izražen u m^3 izgrađenog prostora po dizalici mjesečno može se izračunati na sljedeći sljedeći način:

$$N_k = \frac{K_h}{T \times h_{mj}}$$

gdje je:

N_k – broj dizalica,

K_h – sati rada dizalice, po jedinici mjere glavnih repromaterijala

T – vrijeme boravka dizalica na gradilištu u mjesecima, a

h_{mj} – broj sati rada mjesečno

Veličine sati rada dizalice za glavne repromaterijale prikazane su u tablici:

• beton	0,15 – 0,20	sati rada dizalice po m^3
• oplata	0,05 – 0,10	sati rada dizalice po m^3
• armatura	1,00 – 1,20	sati rada dizalice po t
• elementi za zidanje	0,30 – 0,35	sati rada dizalice po m^3
• montažni elementi	0,50	sati rada dizalice po kom

Proračun učinka izraženog u m^3 izgrađenoga prostora po dizalici mjesečno:

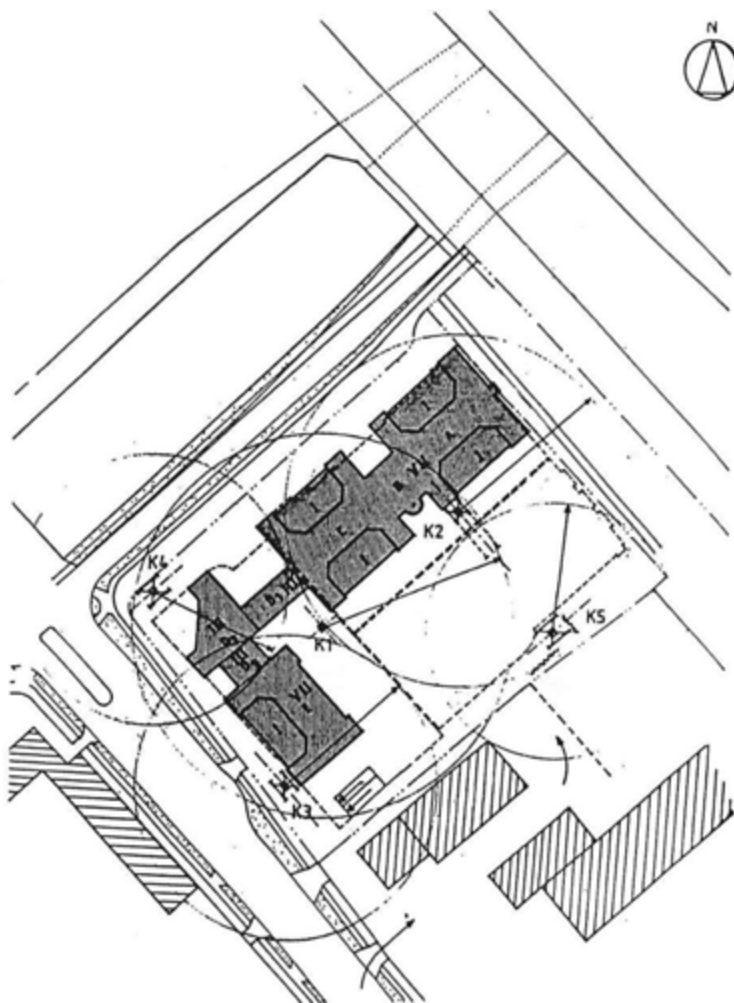
$$U_{m^3} = \frac{I_{pm^3}}{T \times N_K}$$

gdje je:

U_{m^3} – učinak izražen u m^3 izgrađenoga prostora po dizalici mjesečno,

I_{pm^3} – obujam izrađenog prostora proučavanih građevina u m^3

Na slici 3 prikazan je primjer određivanja potrebnog broja toranjskih dizalica prikazanim proračunom za jedno odabrano gradilište. Za prikazano gradilište prisutni su slijedeći podaci:



Slika 3 – Situacijski plan gradilišta s dispozicijom dizalica

- Izgrađen prostor 116,500 m³;
- Količina repromaterijala
 - beton 24.000 m³
 - oplata 84.500 m³
 - armatura 3.200 t
 - zidani zidovi 700 m³
 - montažni elementi 210 kg
- Objekt je visokogradnja s tri do sedam katova i podzemnom garažom
- Konstrukcijski je sustav skeletni
- Vrijeme za izvedbu grubih građevinskih radova je 10 mjeseci.
- Mjesečno je to 180 radnih sati. Ugradnja betona bit će 70% betonskom pumpom, a 30% dizalicom.

Iz proračuna proizlazi potreba za šest toranjskih dizalica.

U navedenom primjeru riječ je o pet dizalica. Koliko se realno može smjestiti prema shemi gradilišta, jedna dizalica se nadoknađuje prekovremenim radom.

Toranjske dizalice visinski su usklađene tako da rade u raznim visinskim koridorima. Dizalica K_1 je u najvišem koridoru, dizalice K_2 , K_3 su u srednjem, a dizalice K_4 i K_5 u najnižem što je, dakako, iznad dijela objekta koji poslužuju.

- Analitičko – tehnološki rad na istraživanju metode uključivanja automatizacije u graditeljstvu. Riječ je o uvođenju automatizacije u stacionarnu graditeljsku industriju i na gradilištu. U taj kompleks uključen je i razvoj mobilnih graditeljskih strojeva s programiranim upraviteljem.
- Razvoj teoretskih koncepcija za automatske strojeve i matematičko – konstrukcijska istraživanja za upravljanje i reguliranje.
- Razvoj softvera za upravljanje proizvodnjom i rješenja za visokokvalitetno upravljanje graditeljskim strojevima pomoću lasera. Pri tome valja istaknuti potrebu postizanja velike pokretljivosti i velikog akcijskog radijusa strojeva u uzdužnom i poprečnom smislu. Nadalje je uključen rad na studijama navigacije za svladavanje zapreka u podzemnim graditeljskim zahvatima.

3.3. Robotizacija

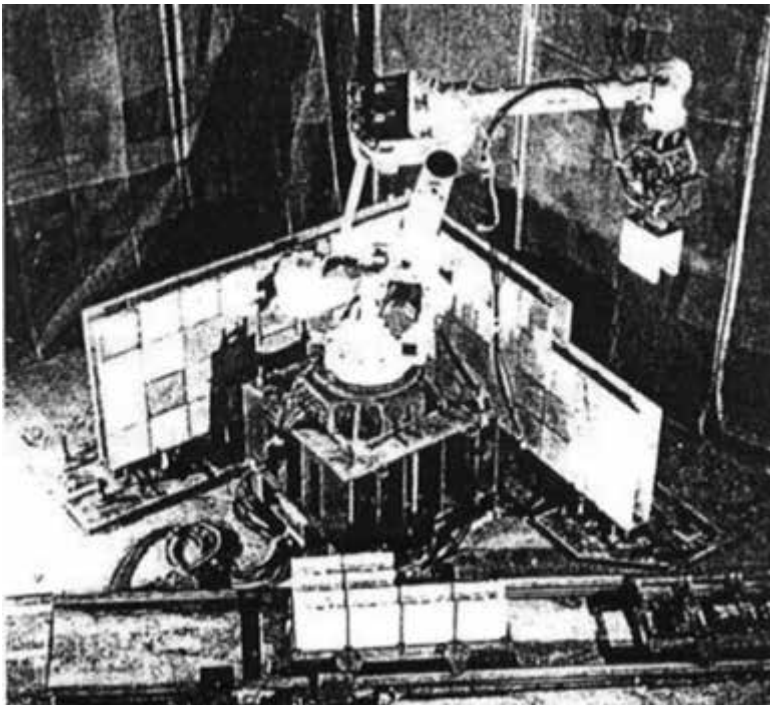
Primjena robota, automatskog mehaničkog uređaja koji bez čovjekova upravljanja programirano sam izvodi proizvodnu aktivnost, potreba je budućnosti i orijentacija usmjerenja razvoja građenja. U graditeljstvu se već u svijetu primjenjuju roboti u proizvodnji materijala i u izvedbi pojedinih vrsta radova. Razvoj građenja sigurno je usmjeren na sve veću prisutnost robota u izvedbi pojedinih procesa sa ciljem povećanja produktivnosti, boljega prilagođavanja zahtjevima tržišta i ostvarenjem što većega profita.

Kod zidarskih radova u izvedbi građevina visokogradnje još uvijek prevladava ručni rad tako da je dio mehaniziranog rada samo 4% do 8%, pa zato postoji znatna mogućnost racionalizacije. Svojevrsnost graditeljstva i neponovljivost građevina omogućuju godišnje povećanje produktivnosti za jedan do dva posto, dok je to kod automobilske industrije 20%. Uključenje robota u graditeljske procese zidarskih radova daje mnogostruke prednosti kao što su:

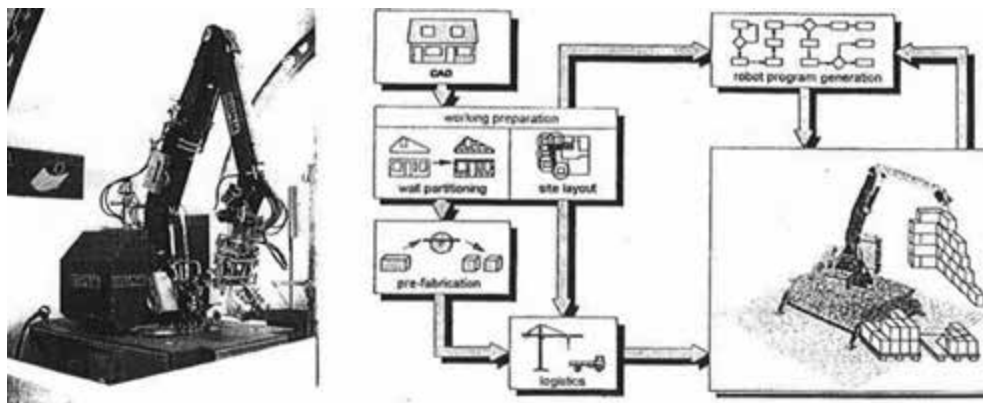
- Kontinuirana i klimatsko – vremenski neovisna proizvodnja u proizvodnji montažnih panela od opeke
- Konstantni radni uvjeti
- Humanizirana radna mjesta
- Porast produktivnosti
- Varijabilna proizvodnja
- Optimalna kvaliteta
- Mehanička kontrola dimenzija
- Izvedeni zidarski radovi odgovaraju propisanim i normiranim uvjetima.

Roboti s mogućnošću primjene u zidarskim radovima jesu:

- Stacionarni robot za proizvodnju montažnih panela od pečenih opeka za montažno građenje kapaciteta od 3,5 do 40 m² montažnih elemenata na sat (Süba) (slika 4)
- Mobilni robot na gradilištu za izvedbu zidarskih radova (Rocco) (slika 5)



Slika 4 – Stacionarni robot za izradu montažnih zidova od opeke



Slika 5 – Mobilni robot za gradilište

Robot pri izvedbi zidova od opeke obavlja prijenos morta, žbukanje zidova, a može izvoditi i podne obloge. Osim navedenih zidarskih radova, moguća je primjena robota i u drugim graditeljskim procesima.

Posebno je važno istaknuti Inovacijski centar NIKOLA TESLA ICENT i njihov CROBOHUB projekt o istraživanjima i inovacijama u području robotike, kao i robotiku na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu koji znatno doprinose razvoju robotike u Hrvatskoj. U kontekstu navedenog treba pozdraviti njihova istraživanja, posebno za primjenu u graditeljstvu.

4. Razvoj organizacije građenja

Temeljne aktivnosti organizacije građenja usmjerene su prema tehnološko–organizacijskoj pripremi građenja i gradilišta, vođenju i upravljanju izvedbe projekata utvrđivanjem i eliminiranjem smetnji uz uključenje logistike u ukupni proizvodni sustav građenja. Projektiranje organizacije građenja temeljna je tehnička dokumentacija za vođenje i upravljanje graditeljskih projekata te mora biti izrađena na principima racionalizacije i optimalizirana kroz varijantna rješenja.

Industrijsko građenje traži napuštanje tradicijske metode kojom se izrada pojedinih dijelova na objektu zamjenjuje izradom u specijalnim pogonima za predgotovljavanje i montažom na građevinu. Predgotovljavanje se odnosi jednako na industrijalizaciju tradicijskog građenja kao i na najviši oblik industrijskog građenja – montažno građenje. S obzirom na činjenicu da se ne može na sve graditeljske objekte primijeniti montažno građenje, potrebno je pojedite tehnološke procese tradicijsko-

ga građenja maksimalno tehnološki unaprijediti industrijskim metodama i odvojiti od primitivnoga obrtničkog građenja.

Glavni cilj dobre organizacije treba biti usmjeren na povećanje produktivnosti. Po-najprije treba težiti povećanju produktivnosti bez značajnijega investicijskog ulaga-nja. Na taj se način mogu postići uštede u veličini od 15% do 30%.

4.1. Građevina kao graditeljski projekt u proizvodnom sustavu građenja

Projekt je skup međusobno i u logičnom redosljedju povezanih aktivnosti od kojih svaka mora biti obavljena prije nego što se projekt može završiti, a usmjerene su ostvarenju postavljenih ciljeva i ograničenog su trajanja.

Graditeljski projekt je investicijski projekt koji spada u fizičke projekte. Oni su jednokratni, nerutinski i determinirani s diskretnim vremenskim, financijskim i teh-ničkim ciljevima. Iako se može dogoditi da je predmet projekta izgradnja fizičkog objekta čije su geometrijske i tehničke značajke iste kao u neke već izvedene gra-đevine. Riječ je ipak o različitim projektima, jer se proces odvija na drugoj lokaci-ji, u drugo vrijeme, s izmijenjenim sredstvima za proizvodnju i s izmijenjenim or-ganizacijskim sustavom upravljanja.

Izvedbu projekta možemo promatrati kao organizacijski sustav, jer ima obilježja sustava: postoji određen cilj koji treba postići, sustav ima sastavnice koje su na određeni način međuzavisne, postoji okolina i postoje ograničenja sustava.

Sustav je određen jer mu je cilj određen prije početka izvođenja i njime se može upravljati. Iz činjenice da je izvedba projekta organizacijski sustav proizlazi da u modeliranju i analizi možemo primijeniti sustavni pristup, tj.:

- Možemo izraditi model sustava
- Stanja sustava se mogu simulirati
- Ponašanje sustava se može analizirati, planirati i pratiti
- Sustavom se može upravljati, tj. moguće su intervencije u njegovom funkcioniranju
- Pojedine aktivnosti i sustav u cjelini mogu se optimirati.

4.2. Logistika u izvedbi graditeljskih projekata

Logistika koja se prije svega koristi kod dopreme, skladištenja i premještanja re-promaterijala uključuje se u ukupni složeni lanac izvedbe graditeljskih projekata u obliku logističkog lanca proizvodnje. U organiziranju logističkih lanaca primjenju-je se metoda „JUST IN TIME. Logistička organizacija izvedbe graditeljskih proje-

kata provodi se u obliku logističkog lanca, s tim da se građenje pojedinih dijelova građevine obavlja po aktivnostima u točno određenim količinama koje su detaljno vremenski dimenzionirane, uključujući i dopremu repromaterijala. Optimizira se čitav logistički lanac po elementima koji imaju zajedničke kriterije uz primjenu složene optimalizacije traženjem najpovoljnijega puta kroz logistički lanac.

Temeljne značajke logističke organizacije su:

- Sinkroniziranje proizvodnje povezivanjem isporučitelja repromaterijala s proizvodnjom i ukupnom organizacijom na način da isporučitelj repromaterijala postaje partner i uključuje se u dugotrajni planirani poslovni sustav.
- Podjela proizvodnje i dovršavanje projekta. Proizvodni procesi se dijele prema glavnim mehaničkim generatorima – strojevima. Radne grupe i pojedini dijelovi procesa povezuju se u dio istog proizvodnog lanca.
- Oblikovanje integriranog informacijskog lanca kojem je glavni cilj planiranje proizvodnje i informacijskog sustava s potrebom da određena količina i vrsta proizvoda budu dovršeni u određeno vrijeme s planiranim troškovima.

Pravilno primijenjenom logističkom organizacijom mogu se postići slijedeća poboljšanja:

- smanjenje nepotrebnog i praznog kolanja repromaterijala do 90%,
- smanjenje vremena tijeka proizvodnje do 50%,
- povećanje produktivnosti do 25%.

5. Ekologija u građenju

Izvedba graditeljskih projekata treba biti takva da ničim ne devastira okolinu. Projektant treba građevinu oblikovati na način da se skladno uklapa u okolinu i čini ugodan krajobraz područja u kojem se gradi.

U tijeku izvedbe graditeljskog projekta kroz sve njegove faze treba uzimati u obzir ekološke zahtjeve da se okolina što manje zagađuje i devastira. Posebnu pažnju treba obratiti na graditeljski otpad, prašinu i buku. U kontekstu ovog proučavanja treba obratiti pažnju i na rušenje građevina, reciklažu otpadnog materijala, sortiranje i odvajanje od stvarnog otpada i ponovnu uporabu materijala koji se može koristiti.

Zajedno sa zaštitom okoline treba provoditi i uštedu energije kroz gradnju energetskih zgrada, s posebnim težištem na proizvodnju energije iz obnovljivih izvora korištenjem vjetra, solarne energije, bioplina i drugih izvora.

6. Zaključak i preporuke

Prikazom stanja i razvoja graditeljstva, graditeljske i prateće znanosti s posebnim naglaskom na razvoj graditeljskih projekata prikazane su najvažnije smjernice razvoja tehnike i proizvodnje za što uspješniji plasman na domaćem i europskom tržištu.

Značajan je izazov pred našim graditeljstvom da se razvija u smislu tržišnog poslovanja s konkurentno profitabilnijim rezultatima, što će stvoriti povoljnu mogućnost za plasman na tržištu i to posebno na europskom.

Takve su mogućnosti razvoja u ovom trenutku prisutne te ih treba iskoristiti kroz jačanje graditeljske djelatnosti koje su uvijek bile generator pratećih djelatnosti i konačno čitavog gospodarstva.

Literatura

- [1] Bock, T.: Rationalisierungsmöglichkeiten im Mauerwerksbau durch mobile und stationäre Mauerrobotersysteme, Ziegeldindustrie international, 1 (1996) 49, Bauverlag GmbH, Walluf, 1996.
- [2] Butelaff: Entwicklung neuer Bautechnologien, Bauwirtschaft, 10 (1990), Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1990.
- [3] Helfrich, C.: Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Produktionsplanung und Steuerung, Wirtschaftsingenieur, 25 (1992) 1, Österreichischer Verband der Wirtschaftsingenieure, Graz, 1993.
- [4] Lončarić, R.: Organizacija izvedbe graditeljskih projekata, monografija, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1995.
- [5] Lončarić, R.: Suvremeni postupci izvedbe stambenih i poslovnih građevina, Simpozij „Suvremeni postupci izvedbe“, Društvo hrvatskih građevinskih konstruktora, Brijunski otoci, 1995,
- [6] Amadori M., Lončarić R.: Graditeljstvo i graditeljski projekti na pragu ulaska u Europsku Uniju, Sabor hrvatskih graditelja 2012, Hrvatski Savez građevinskih inženjera, Cavtat, 311-324, 2012.
- [7] Pilipp, R.: Rationalisieren durch JUST IN TIME, Wirtschaftsingenieur, 24 (1992) 4, Österreichischer Verband der Wirtschaftsingenieure, Graz, 1992.

Construction Science and Construction Projects in the 21st Century

Lončarić Rudolf¹, Amadori Mirna²

¹Faculty of Civil Engineering University of Zagreb; info-razvoj@vindija.hr

²Faculty of Geotechnical Engineering Varaždin University of Zagreb, amadorim@gfv.hr

Guidelines of the construction organization with the adjustment of construction projects being performed on the European market are analyzed and investigated. The model of market economy in construction as the need for rational construction is investigated. The maximum inclusion of industrial methods in the process of performing construction projects with the implementation of rational organization and building technology is analyzed. The trend of construction industrialization is to find a solution in industrialized building, as most advanced form of construction technology. Construction project is studied as a manufacturing project of the economy on the principles of system analysis. During the analysis the theme of environment protection is unavoidable, because construction projects are new buildings which must be incorporated into their environment.

Key words:

investment projects, industrial methods, renewable sources, rationalization

Inovacije pripremnih i proizvodnih procesa u cilju pripreme hrvatskog gospodarstva za informacijsko društvo EU

Majdandžić Niko

ININ informatički inženjering d.o.o.
nmajdan@inin.hr

Prateći rastući utjecaj ITC na razvoj gospodarstva i cjelokupnog društva, koji od potpore postaje temelj organiziranja i funkcioniranja procesa u društvu i poslovanju, i zemlje EU definirale su svoje programe razvoja ITC u cilju stvaranja zajedničkog informacijskog društva (e-2005., i-2010., i digitalna agenda za Europu 2020). U sadržaju tih programa definirani su i daljnji zadaci na razvoju ERP sustava kao temeljne infrastrukture za funkcioniranje proizvodnih i poduzeća za obavljanje usluga, u kojima značajno mjesto zauzimaju inovacije u integraciji različitih ITC proizvoda i ERP sustava, čime se smanjuju vremena pripreme i ciklus proizvodnje te povećava kvaliteta proizvoda i usluga. Pored rješenja koja, uglavnom za svoje proizvode, nude vodeći svjetski proizvođači ERP sustava (SAP, Peoplesoft, Oracle, Lawson, Microsoft...) u ovom radu opisani su i inovativni doprinosi hrvatskih informatičara na integraciji PDM-ERP, CAD/CAM-ERP, Planning-ERP i Excel-ERP ostvareni u poduzećima Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Austrije. Na taj je način pored znanstvenog doprinosa razvoju ITC, ostvarena i praktična pomoć u pripremi poduzeća koja nemaju ERP sustave navedenih tvrtki za konkurentan nastup na tržištu EU.

Ključne riječi:

ERP sustavi, digitalna poduzeća, upravljanje proizvodnjom.

1. Uvod

Toliko smo radikalno izmijenili svoju okolinu da se moramo sami izmijeniti kako bi u njoj, takvoj novoj, opstali....

Norbert Wiener

Najava 4. industrijske revolucije predviđa drastičnu promjenu ljudske svakodnevnice, društvenih procesa i gospodarstva, najavljujući poduzeća budućnosti prilagođena pojedinačnoj tražnji kupaca. Značaj promjena i prognozu očekivanja najavio je Klaus Schwab, predsjednik Svjetskog gospodarskog foruma u Davosu, koji je napisao i poklonio sudionicima knjigu „Četvrta industrijska revolucija“, prognozirajući razvoj drugačiji od svega što je čovječanstvo do sada doživjelo. Razvojni procesi koji obilježavaju 4. industrijsku revoluciju su:

- Robotizacija i automatizacija
- Aditivna proizvodnja
- Digitalna proizvodnja i digitalno društvo
- Mobilni uređaji i aplikacije
- Pametni proizvodni elementi i novi materijali
- Umjetna inteligencija.

Godišnje povećanje primjene robota u svijetu iznosi 30%. Osim robota koji zamjenjuju ljude u proizvodnim procesima, porasla je primjena robota i u obavljanju svakodnevnih kućanskih poslova. Procjenjuje se da će 47% današnjih poslova obavljati roboti. Udruženje International Federation of Robotics procjenjuje postojanje gotovo milijun robota. Danas se roboti koriste za slijedeće poslove:

- Uslužne djelatnosti (pronalaženje i izdavanje lijekova, sortiranje i slaganje pošte, provjere i popravke)
- Društvo umirovljenicima
- Medicina – izvođenje operacija
- Svemir – Mobilni robot Spirit istražuje površinu Marsa
- Traganje i spašavanje
- Podvodna istraživanja.

Automatizacijom se omogućuje integriranje više proizvodnih procesa čime se skraćuje vrijeme pripreme i obavljanja operacija kao i smanjuju greške pri obavljanju. Naročiti rezultati ostvareni su u automatizaciji sustava transporta i posluživanja kao komponenti CIM (Computer Integrated Manufacturing) sustava, početnih pretpostavki za razvoj digitalnih poduzeća (Majdandžić, 1997.)

Aditivna proizvodnja predstavlja proces nastajanja proizvoda slanjem digitalne datoteke s dizajniranim proizvodom i recepturom u stroj -3D printer, koji slaže slojeve plastike, smole, keramike i metala i oblikuje gotov proizvod. Mali je broj tako revolucionarnih uređaja u ovom stoljeću. Medicina je dobila mogućnost da „proizvodi“ dijelove tijela. Danas se već proizvode: igračke, dijelovi strojeva, medicinska pomagala, obuća, dijelovi autoindustrije, građevine – u Kini kuća od dva kata otporna na potres do 9 stupnjeva po Rihteru za 10 dana.....

Digitalno poduzeće predstavlja tako informatički organizirano poslovanje i proizvodnju u kojem su sve informacije dostupne u elektroničnom obliku, s bilo kojeg mjesta u poduzeću, u bilo koje vrijeme, uz direktnu razmjenu elektronskih dokumenata s poslovnim partnerima i državnim institucijama uz automatizaciju integriranih poslovnih aktivnosti i provjeru planiranih procesa u virtualnom svijetu. Digitalno poduzeće se može definirati i kao poduzeće u kojem se komunikacije među izvršiteljima, odjelima i izvršitelja sa strojevima kao i s poslovnim okruženjem obavlja digitalnim putem (Balić, Majdandžić, 2008.). Od početka razvoja 2004. godine interes za digitalna poduzeća raste eksponencijalno: na sajmu 2016. bilo je 350 izlagača i 86.500 posjetitelja (Hannover Messe, 2016).

Posebno značajan razvoj u svijetu i zemljama EU doživjele su mobilne aplikacije. Procjenjuje se da danas postoji u svijetu nekoliko stotina tisuća aplikacija za mobilne i druge mobilne uređaje te da se njihovim razvojem bavi više od sedam milijuna ljudi. U 2010. godini prodaja mobilnih aplikacija dostigla je 5,2 milijarde dolara, a procjena je da je u 2011. ostvarena prodaja od petnaest milijardi dolara.

Procjenjuje se da danas ima 60.000 do 100.000 vrsta materijala. Zadnjih 60-tak godina u primjenu je ušlo toliko novih vrsta kao u cijelom prethodnom razdoblju – ugljična vlakna, polimerni, metalni i keramički kompoziti, metalne pjene, nanostrukturirani materijali itd. (Filetin, 2000).

Po D.W.Paterson-u (1990.) Umjetna inteligencija grana je računarske znanosti koja se bavi proučavanjem i oblikovanjem računarskih sustava koji pokazuju neki oblik Inteligencije. Takvi sustavi mogu učiti, mogu donositi zaključke o svijetu koji ih okružuje, oni razumiju prirodni jezik te mogu spoznati i tumačiti složene vizualne scene te obavljati druge vrste vještina za koje se zahtijeva čovjekov tip inteligencije.

Unatoč javno iskazanoj zabrinutosti pojedinih znanstvenika (Velić, 2015.), ostvareni rezultati u primjeni neuronskih mreža, ekspertnih sustava i neizržite logike su značajno omogućili brže donošenje odluka, analizu složenih procesa i zamjenu ljudskog rada bržim zaključivanjem računalnih programskih sustava.

2. Značaj i stanje pripreme za uvođenju 4. Industrijske revolucije

Prateći i procjenjujući značaj razvoja ITC na razvoj društva, gospodarstva i svih čovjekovih djelatnosti, zemlje EU definirale su programe razvoja ITC do 2020. godine. Na taj se način želi omogućiti izlaz iz gospodarske krize i priprema EU za iduće desetljeće, a sastoji se u ostvarivanju gospodarske i društvene pogodnosti na jedinstvenom digitalnom tržištu.

Pojednostavljeno: EU želi brzi komunikacijski protok među poslovnim partnerima: projekata, upita, narudžbi, otpremnica, crteža, uputa, standarda, planova i stanja proizvodnje, liste ugrađenog materijala i sljedivost u digitalnom obliku.

U procesu pripreme za stvaranje europskog informacijskog društva, razvoja digitalnih poduzeća i pripreme za 4. industrijsku revoluciju, ERP (Enterprise Resource Planning) sustavi proizvodnih tvrtki predstavljaju osnovnu informatičku infrastrukturu za logističku potporu upravljanju i funkcioniranju proizvodnih poduzeća u cilju stvaranja pretpostavki za ispunjenje ugovorenih rokova i zadovoljavajuće kvalitete i ugovorene cijene i time povećanje konkurentnosti.

ERP sustavi imaju složenu strukturu koja je uvjetovana (Majdandžić, 2009.):

- razlikom u procesima u proizvodnim poduzećima ne samo različitih vrsta (prehrambena, metaloprerađivačka, elektro, građevinska, procesna) i tipova proizvodnje (projektna, pojedinačna, maloserijska, serijska, kontinuirana), već i kod poduzeća istih proizvodnih programa, ali različite razine automatiziranosti proizvodnih procesa i procesa pripreme proizvodnje,
- velikim brojem različitih procesa po odjelima pripreme i proizvodnje koje je potrebno integrirati u zajedničke procese,
- značajnim brojem gotovih specijaliziranih programa ovisno o složenosti procesa u pripremi proizvodnje i proizvodnji koje je potrebno integrirati u ERP ili povezati s ERP sustavom,
- potrebama za praćenjem dinamičnih kontinuiranih promjena u razvoju organizacije, razvoju novih proizvoda, tehnologije proizvodnje, novih metoda ispitivanja i prilagođavanje ERP sustava tim promjenama
- ugradnjom i primjenama novih proizvoda IT u ERP sustave (RF terminali i bežične veze, RFID, bar kod, IPOD, WEB aplikacije, Internet itd.).

3. Doprinosi hrvatskih znanstvenika i stručnjaka u razvoju ERP sustava za digitalna poduzeća

Osim značajnih doprinosa u robotici (FSB, Centar kompetencije za robotiku HGK, FER, ICENT), mobilnim aplikacijama koje su uspješno osvojile i svjetska tržišta, automatizaciji i razvoju aditivne proizvodnje (FSB Centar za aditivne tehnologije, poduzeća za usluge 3D ispisa) u Hrvatskoj postoje određeni doprinosi ostvareni i u razvoju ERP sustava.

Osim vodećih svjetskih ERP sustava (SAP, BaaN, EFAS, GEMMS, JBA, System 21, PRMS CA, Scala) na tržištima Austrije, Hrvatske i Bosne i Hercegovine prisutna je svojim rješenjima u integraciji IT proizvoda u ERP sustav i razvoju digitalne proizvodnje tvrtka Informatički inženjering –ININ d.o.o. iz Slavonskog Broda s ERP sustavom ERPINS (Enterprise Resource Planning ININ Solutions, slika 1) i inačicama za drvenu, građevinsku, prehrambenu, metaluršku, metalnu i elektro industriju (ININ, 2017.).



Slika 1 – Struktura podsustava ERPINS sustava

U razvoju ERP sustava jedan od najvažnijih doprinosa predstavljaju inovacije u integraciji različitih ITC proizvoda u ERP sustav čime se smanjuju vremena pripreme i organiziranja proizvodnje i cjelokupnog poslovanja. Ove inovacije se mogu svrstati u sljedeće skupine (Majdandžić, 2009.):

- · integracija podataka,
- · integracija PDM-ERP,
- · integracija tehničkih proračuna u ERP sustav,
- · integracija CAM-ERP,
- · integracija EXCEL-ERP,
- · integracija planiranja i terminiranja i ERP.

3.1. Integracija podataka

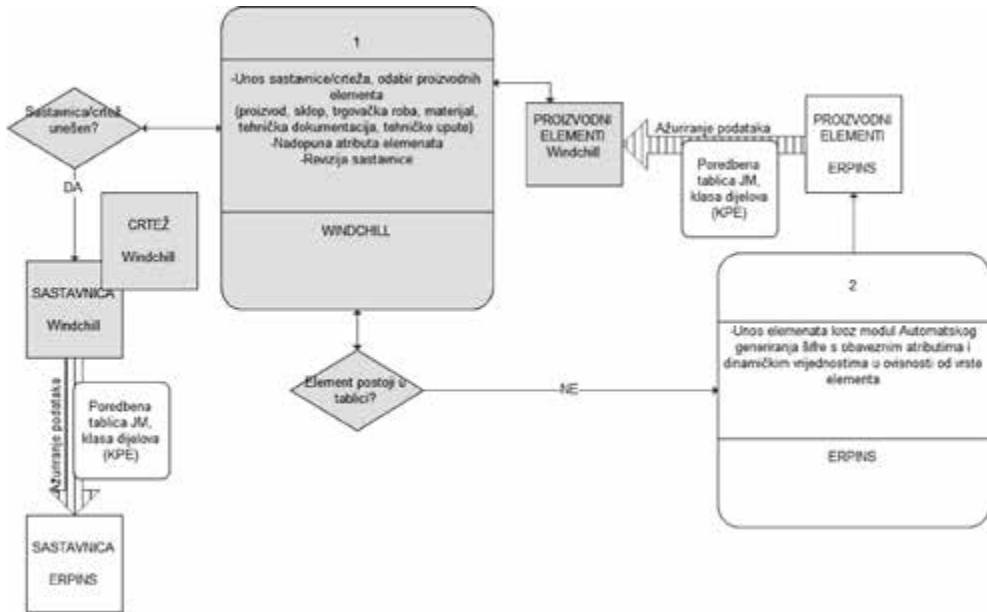
Na današnjoj razini ERP sustava prisutan je proces integracije podataka organiziranih u skladišta podataka i novih modela i metoda za analizu podataka i proračun očekivanih trendova poslovanja, gotovih specijaliziranih programskih sustava za dubinske analize poslovanja (rudarenje podataka (Data Mining), analitičko procesiranje- ON line analytical-OLAP) i ERP sustava kao i poslovnih i pripremnih procesa u poduzeću u cilju povećanja učinkovitosti ERP sustava, smanjenja vremena u prijenosu podataka između sustava i stvaranja pretpostavki za razvoj digitalnih poduzeća ili digitalizacije rada povezanih procesa.

3.2 Integracija PDM-ERP

Sustav za upravljanje podacima o proizvodu PDM (Product Data Management) služi konstruktorima za upravljanje s podacima (modelima, crtežima, dokumentima). Dio tehničke dokumentacije je i sastavnica proizvoda koja pokreće pripremu i proizvodnju u poduzeću. Osim proizvođača ERP sustava koji ugrađuju i integriraju PDM sustave u svoje ERP proizvode, postoje i IT tvrtke koje razvijaju integraciju CAD sustava i ERP sustava različitih proizvođača (QBuild CAD ERP integration, 2017).

Na slici 2 prikazana je shema integracije PDM i ERP sustavima razvijena za Končar mjerne transformatore d.d., a ostvarena je u sljedećim koracima:

- definiranje atributa njihovih oblika i formata za prijenos iz Windchill u ERP,
- korištenje zajedničkih šifri iz šifrnika u ERP sustavu kao i dodjeljivanje novih šifri,
- priprema za prijenosa uz dijagnostiku ispravnosti,
- dopuna atributima koji su potrebni za proizvodnju (generiranje proizvodnje iz konstrukcijske sastavnice),
- prijenos strukture i proizvodnih elemenata iz Windchill u ERP,
- automatski proračun tehnoloških vremena za proizvodne faze.



Slika 2 – Shema integracije Windchill-ERP

Na slici 3 prikazan je jedan od načina dijagnosticiranja pri prijenosu podataka iz Windchill-a u ERP, čime se postiže pravovremena ispravka greški u definiranim podacima o proizvodu i strukturnim vezama proizvodnih elemenata u proizvodu.

Crvena boja – nepostojanje podataka

Žuta boja – podatci nisu upisani u ERP

Zelena boja – podatci su upisani u ERP

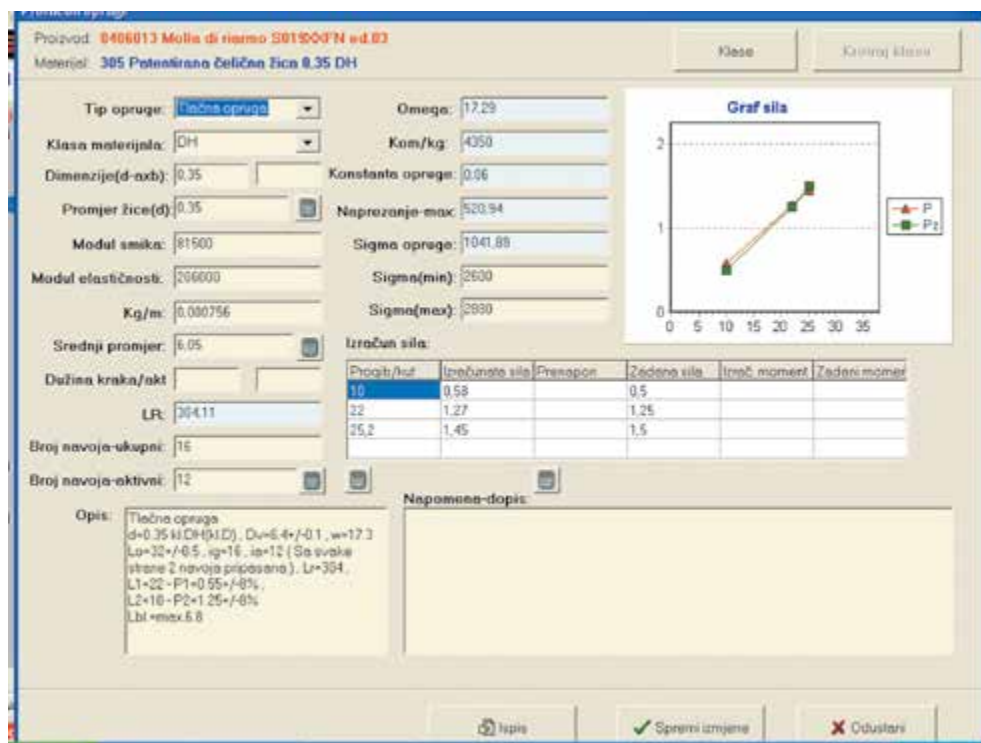
Objekt	Ime dijela	Var.	Werk	Komada	Masa	Igr. 04	Rel. 5
0000	0000_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0001	0001_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0002	0002_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0003	0003_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0004	0004_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0005	0005_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0006	0006_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0007	0007_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0008	0008_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0009	0009_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0010	0010_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0011	0011_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0012	0012_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0013	0013_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0014	0014_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0015	0015_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0016	0016_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0017	0017_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0018	0018_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0019	0019_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0020	0020_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0021	0021_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0022	0022_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0023	0023_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0024	0024_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0025	0025_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0026	0026_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0027	0027_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0028	0028_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0029	0029_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0030	0030_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0031	0031_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0032	0032_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0033	0033_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0034	0034_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0035	0035_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0036	0036_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0037	0037_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0038	0038_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0039	0039_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0040	0040_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0041	0041_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0042	0042_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0043	0043_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0044	0044_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0045	0045_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0046	0046_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0047	0047_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0048	0048_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0049	0049_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	
0050	0050_001_000290.asn	M00290	A10	AGU-185	1.200.491	300	

Slika 3 – Dijagnostika procesa integracije Windchill-ERP

3.3. Integracija tehničkih proračuna u ERP sustav

Prilikom projektiranja proizvoda moguće je nakon unosa zahtijevanih karakteristika proizvoda i izbora materijala obaviti proračun, provjeriti ostvarene tehničke zahtjeve i u bazi podataka popuniti podatke o proizvodu, normativu i upotrijebljenom materijalu.

Na slici 4 prikazan je primjer unosa zahtjeva za proizvod – oprugu u poduzeću ESCO d.o.o. , dobivanje podataka o proizvodu nakon proračuna te automatskog prijenosa podataka o proizvodu u bazu podataka o proizvodu.

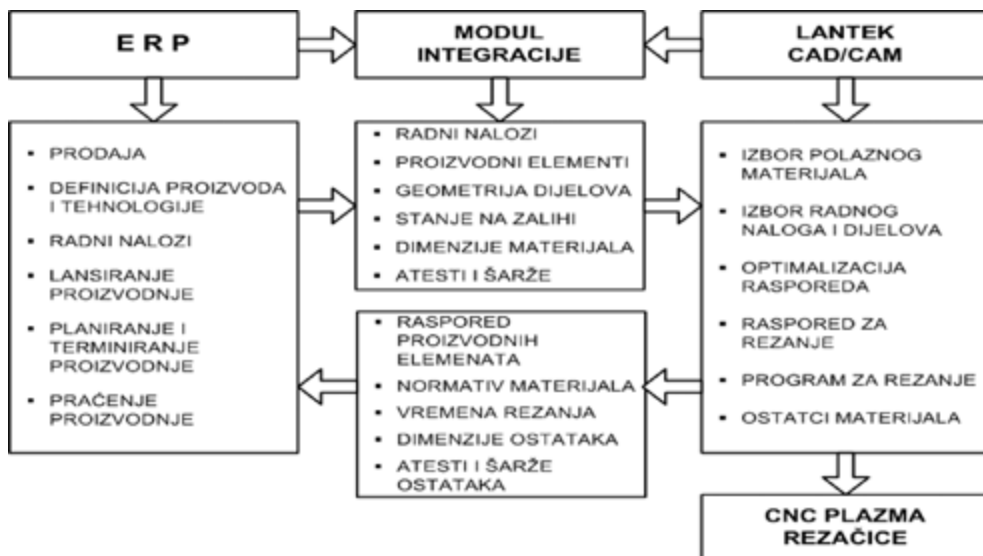


Slika 4 – Rezultati proračuna i automatsko generiranje podataka o proizvodu

Integracija definiranja proizvoda (proračun-izbor materijala-crtež) uz unos tehnologije i brza izrada kalkulacije omogućili su brz odgovor na upit kupca, a inovativna vlastita rješenja automata za izradu opruga, koji integriraju operacije, omogućila su poduzeću osvajanje 30% EU tržišta dvokrakih opruga.

3.4. Integracija CAM-ERP

U poduzećima proizvodnje energetske i industrijske opreme značajnu proizvodnu operaciju predstavlja rezanje proizvodnih elemenata iz zajedničkog polaznog materijala, najčešće ploča limova. Razvijeni su programski sustavi koji optimiziraju raspored u cilju najboljeg iskorištenja materijala kao i izradu programa za rezanje na plazma ili plinskim CNC rezačicama. U poduzeću Končar metalne konstrukcije d.d. primijenjen je sustav Lantek CAD/CAM tvrtke Lantek iz Španjolske. Inicijalni prijedlog za rješavanje integracije sustava Lantek i ERP Informatičkog inženjeringa –ININ-a prikazan je na slici 5.



Slika 5 – Shema integracije Lantek CAD/CAM i ERP

3.5. Integracija EXCEL-ERP

U poduzećima projektnog tipa pa čak i u poduzećima projektnog i proizvodnog tipa postoji potreba direktnog prebacivanja iz EXCEL formiranog dokumenta (sastavnica, transportna sastavnica, plan zavarivanja, toplinske obrade i ispitivanja) u ERP sustav kao i iz ERP sustava u EXCEL dokument.

Osim navike rada u EXCEL-u, postoje i praktične potrebe: kupac šalje definiranje zahtjeva u EXCEL tablici kao i komunikaciju ostvarenih projektnih ili konstrukcijskih rješenja u EXCEL-u, a prilikom rada kooperacije na dokumentu nositelja posla potrebno je „učitati“ njegov dokument iz EXCEL dokumenta u zajedničku sastavnicu u ERP sustavu nositelja.

Integracija se obavlja na sljedeći način:

- izrada formi za unos u tabličnom obliku koji simulira unos u EXCEL tablice zbog navike na takav način unosa u tehničkim uredima,
- prijenos podataka iz ERP u EXCEL,
- prijenos podataka iz EXCEL u ERP.

3.6. Integracija sustava planiranja i terminiranja i ERP

Planiranje i terminiranje su najznačajniji alati u ERP sustavu koji omogućavaju ispunjenje ugovorenih rokova. Planiranje definiramo kao raspoređivanje aktivnosti određene duljinom trajanja, potrebnim resursima i izvršiteljima, a terminiranje kao raspoređivanja faza ili tehnoloških operacija na raspoložive proizvodne kapacitete s izračunatim vremenom iz radnog naloga i tehnoloških postupaka.

Osim sustava planiranja (PRIMAVERA, Ms Project, Preactor FCS200, Bitrix 24, Quantiq, pc/MRP,...) danas u svijetu postoji i veći broj uspješno primijenjenih modela za terminiranje (Quick Schedule, Taylor Scheduler, The Planer, Job Time) koji se koriste u pojedinim granama industrije te se uz određene dorade pokušavaju primijeniti u ERP sustavima pojedinih poduzeća. Ovi modeli ujedno predstavljaju filozofiju logističke potpore upravljanju i kontroli proizvodnje. To su:

- MRP II (Materijal ResourcePlanning) američki model u kom se korištenjem prioriteta i provjerom stanja resursa obavlja raspoređivanje tehnoloških operacija prema prirodnom redoslijedu izrade proizvodnih elemenata u proizvodnje prema hijerarhijskoj strukturi proizvoda.
- JIT (Just In Time) japanski model točno na vrijeme u kojem se obavlja izrada plana montaže unaprijed ili nazad, a zatim se prema potrebnim ugradbenim proizvodnim elementima za svaku aktivnost montaže prema datumu potreba za montažu unatrag raspoređuje izrada tehnoloških operacija podređenih proizvodnih elemenata kao kod MRP II modela.
- OPT (Optimized Production Technology) model terminiranja uskih grla proizvodnje u kojem se obavlja terminiranje kritičnih kapaciteta, a ostale se operacije raspoređuju bez provjere zauzeća kapaciteta.

Osnovni nedostaci primjene ovih sustava u integriranim procesima digitalnih poduzeća su:

- sve promjene u resursima se moraju ponovo unositi, a već se evidentiraju u ERP sustavu u procesu ažuriranja,
- izlazni rezultati sustava planiranja i terminiranja ne mogu se koristiti direktno u ERP sustavu (za dinamički obračun i praćenje rezultata poslovanja, utjecaja re-balansa na rokove, korekcije plana nabave),
- nije omogućena integracija planiranja i terminiranja (rokovi potreba iz planiranja su traženi rokovi gotovosti za terminiranje),

- prijava gotovosti operacija (na upisnim mjestima i bar kod čitačima) obavlja se u ERP sustavu te nije integrirana u prikaz gotovosti aktivnosti planiranja,
- nije moguća izrada planova u virtualnom procesu u cilju uočavanja stanja i potreba resursa.

U najznačajnijim programskim ERP sustavima svjetskih proizvođača (SAP AG, Oracle Application, J.D.Edwards, PeopleSoft, Baan, Max for windows...) ugrađeni su pojedini modeli za planiranje i terminiranje.

Višerazinsko planiranje nastalo je kao rezultat 30-godišnjeg razvoja za potrebe ER-PINS sustava tvrtke Informatički inženjering -ININ d.o.o.. Osnovni cilj višerazinskog planiranja predstavlja integraciju planiranja i terminiranja s ERP sustavom u cilju direktnog korištenja resursa iz ERP sustava kao što je prikazano na sl. 6.

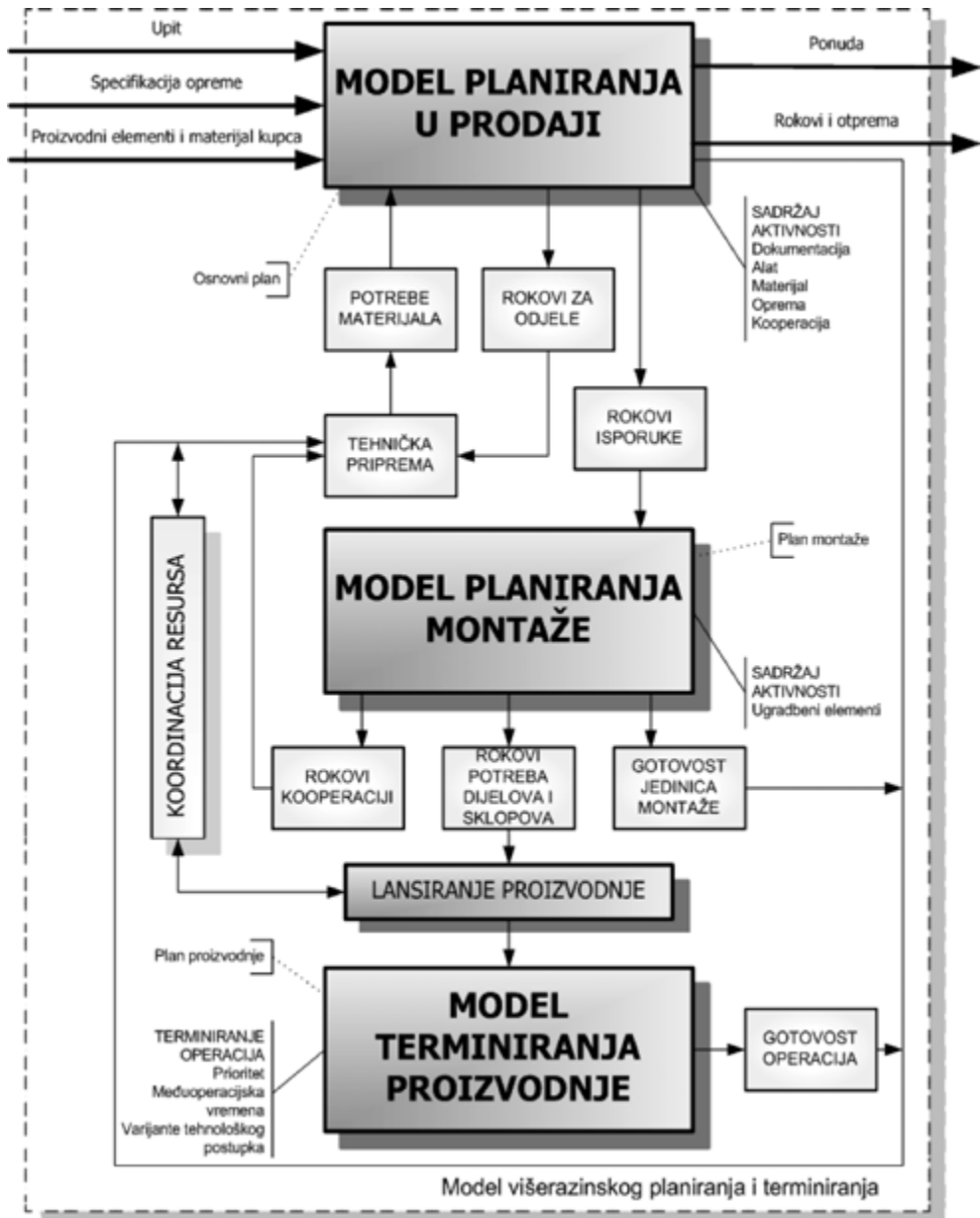
Sustav sadrži tri povezane razine planiranja i terminiranja (Majdandžić, 2004.):

- Osnovni plan aktivnosti odjela pripreme i proizvodnje
- Plan montaže ili faza proizvodnje
- Termin plan proizvodnih kapaciteta.

U osnovnom planu (prva razina planiranja) definiraju se zadaci odjela prodaje, razvoja, konstrukcije, tehnologije, priprema proizvodnje, nabave, osiguranja kvalitete i proizvodnje na realizaciji ugovora i/ili radnog naloga. Osim trajanja i veza aktivnosti (preklop, zazor ili nastavak na početak ili kraj neke od prethodnih aktivnosti), aktivnostima se pridružuju potrebni resursi za obavljanje: nositelji i izvršitelji kao i potrebna dokumentacija, alati, materijali, standardni elementi i jedinice montaže. Nositelji su odjeli koji su zaduženi za obavljanje poslova na aktivnostima, a izvršitelji pojedinačni zaposlenici zaduženi u odjelu ili tvrtki za obavljanje aktivnosti. Prijavom gotovosti izvršitelja omogućuje se kontrola planiranih rokova te rebalans plana koji pokazuje u slučajevima kašnjenja pojedinih izvršitelja odnosno aktivnosti, koliko se može očekivati ukupno kašnjenje plana u cilju poduzimanja korektivnih akcija na saniranju kašnjenja. Cilj ove razine planiranja je da se sve aktivnosti koje prethode proizvodnji odvijaju unutar planiranih rokova prije početka proizvodnje. Svaka aktivnost unutar osnovnog plana bilježi se prijavom gotovosti sa strane izvršitelja.

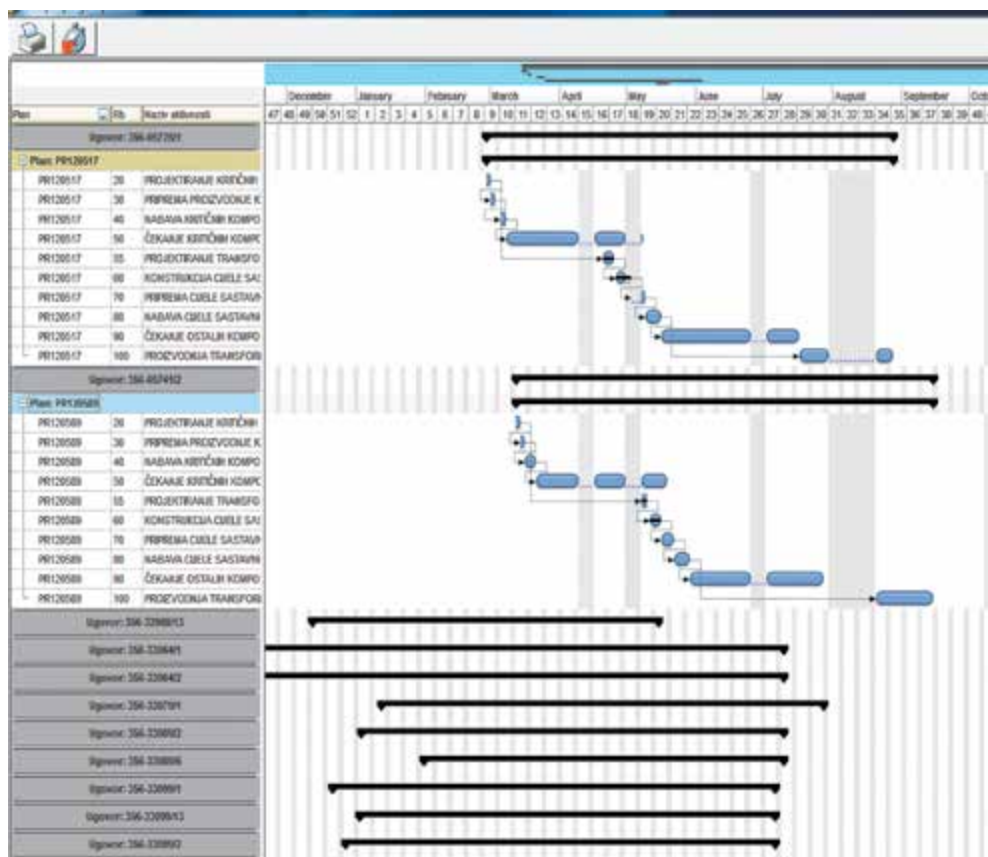
Osnovni plan (prikazan u obliku pravocrtnog dijagrama na slici 7) ima sljedeće karakteristike:

- Potrebni podaci (resursi, odjeli, izvršitelji) povlače se automatski iz ERP sustava te nisu potrebni posebni unos
- Svaka promjena u resursima u ERP sustavu automatski se prikazuje u planu
- Rezultati plana izazivaju akcije u drugim podsustavima automatski (planirani priljev, planirani odljev, potrebe materijala i tuđih proizvoda itd.)
- Prilikom prijave gotovosti tehnoloških operacija u proizvodnji gotovost se automatski prikazuje i na osnovnom planu za aktivnosti proizvodnje i montaže.



Slika 6 – Model višerazinskog planiranja

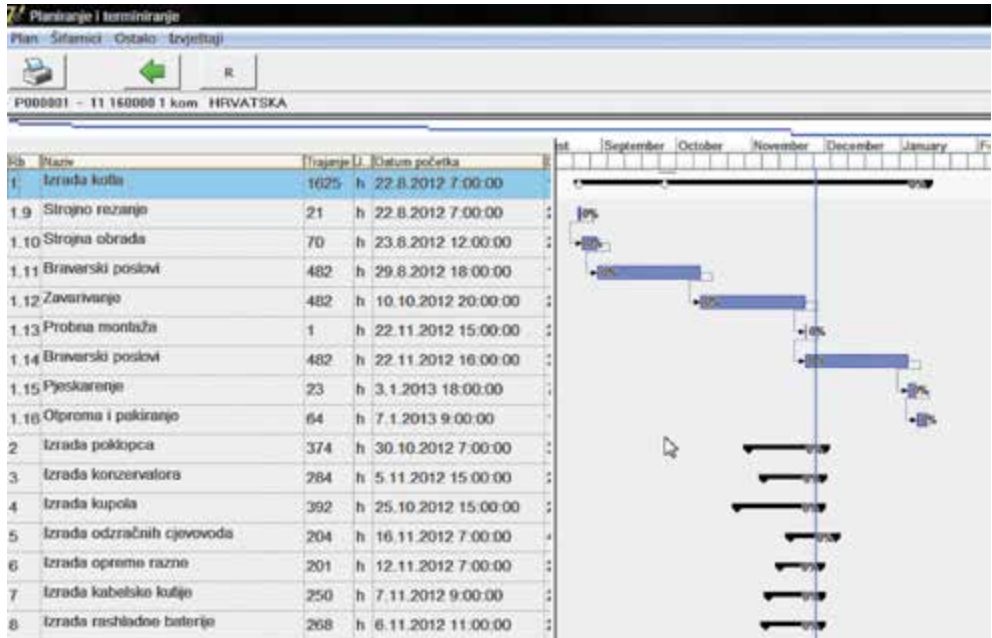
Praćenje plana obavlja se prijavom gotovosti aktivnosti sa strane nositelja. Opcijom rebalans plana dobije se nova verzija plana s prikazom očekivanih rokova na preostalim aktivnostima i time pomicanje planiranog roka završetka plana. Na taj način se omogućuju pravovremene korekcije trajanja preostalih aktivnosti angažiranjem dodatnih kapaciteta ili paralelnim radom pojedinih aktivnosti.



Slika 7 – Planovi ugovora prikazani u obliku pravocrtnih dijagrama

Drugu razinu (pravocrtni dijagram na slici 8) predstavlja planiranje ili terminiranje aktivnosti montaže ili faza proizvodnje skupine proizvodnih elemenata, sastava ili/i ispitivanja. Planiraju se i raspoređuju aktivnosti koje predstavljaju tehnološke operacija uz definiranje potrebnih kapaciteta i ugradbenih jedinica. Raspoređivanje aktivnosti moguće je obaviti na dva načina. Po prvom načinu aktivnosti se raspoređuju provjerom resursa i kapaciteta, unatrag od datuma završetka aktivnosti proizvodnje, montaže i ispitivanja u osnovnom planu prema tehnološki predviđenim vremenima trajanja, a ukoliko se raspored ne obavi do datuma početka u osnovnom planu, povećava se angažman kapaciteta ili se pomiče datum završetka.

Na ovaj način se obavlja terminiranje tehnoloških operacija montaže prema raspoloživim potrebnim ručnim radnim mjestima i uređajima za ispitivanje. Prema drugom načinu polazi se od pretpostavke raspolaganja dovoljnim kapacitetima za operacije montaže ili da će biti osigurani prema potrebi pa se obavlja samo planiranje prema duljini trajanja svake operacije montaže.

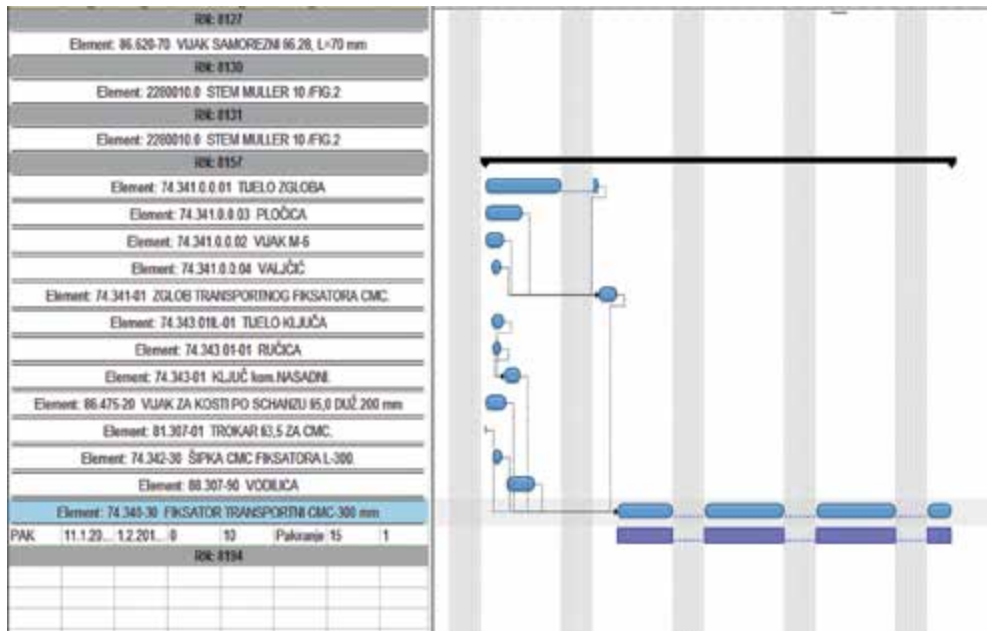


Slika 8 – Raspored izrade skupine proizvodnih elementa za potrebe montaže

Na trećoj razini polazi se od potreba ugradbenih jedinica (sklopova-S, dijelova-D i standardnih elemenata-T) na operaciji sastava (nalaze se u tehnološkim operacijama sastava) te terminiranjem unatrag izrade svih potrebnih ugradbenih jedinica iz vlastite proizvodnje, odnosno dobivanjem rokova potrebe za tuđe gotove proizvode i operacija na kooperaciji. Ukoliko se ne terminira niti planira sastav ili montaža, obavlja se terminiranje izrade dijelova i sklopova prema prioritetima radnih naloga i hijerarhijskim razinama sklopova i dijelova. Ukoliko se terminira bez plana montaže, sustav radi terminiranje prema ugovorenim proizvodnja rokovima unazad prema potrebama operacija po prioritetu i raspoloživim strojnim i ručnim radnim mjestima. Prioritet radnog naloga predstavlja relativnu hitnost radnog naloga u odnosu na ostale radne naloge.

U pripremi za terminiranje obavlja se :

- Generiranje raspoloživih kapacitete
- Provjera mogućnosti i potrebe podjele količina na radnom nalogu na serije proizvodnje
- Provjera mogućnosti preklapanja operacija
- Nakon izrade plana provjera dobivenih rokove
- Za kritične dijelove i sklopove provjera stanja materijala (rezerviran, slobodan na skladištu, u zahtjevu, u narudžbi s rokom isporuke) prema terminiranim rokovima operacija s polaznim materijalom



Slika 9 – Dijagram izrade operacija na dijelovima i sklopovima proizvoda

- U slučaju potrebe povećati raspoložive kapacitete uskih grla dodatnim mogućnostima (produljeni rad, rad u neradne smjene, rad u neradne dane).

Na slici 9 prikazan je dijagram terminiranih operacija dijelova i nadređenog sklopa.

4. Prijedlog daljnjeg razvoja ERP sustava za digitalizaciju gospodarstva

Evidentan je dolazak 4.industrijske revolucije i potrebno je prilagoditi se zahtjevima koje postavlja digitalni način poslovnog komuniciranja. U protivnom ćemo biti prisiljeni kupovati i prilagođavati sva rješenja iz razvijenih zemalja. Moguća su dva pravca vlastitog razvoja:

- Daljnji razvoj već postojećih rješenja ostvarenih u pojedinim našim poduzećima
- Razvoj digitalnog poduzeća u okviru projekta Centra za kompetenciju za napredno inženjerstvo u Industrijskom parku Nova Gradiška.

Primjer prvog pristupa predstavljaju planirana rješenja za Dalekovod proizvodnja d.o.o., Radna jedinica Metalne konstrukcije sa zadacima:

- Direktni prijenos proračunatih vremena izrade rezanja i bušenja linije za bušenje, rezanje i označavanje profila-FICEP iz programa Steel Projects PLM tvrtke Steel Projects u tehnološke operacije ERPINS sustava
- Priprema pozicija i materijala iz ERPINS sustava za optimalno raspoređivanje krojenja dijelova u tom programu
- Nakon optimalnog rasporeda dijelova za krojenje i obavljenog rezanja na liniji FICEP automatska prijava gotovosti dijelova po šifri i količini.

Na taj bi se način smanjilo vrijeme pripreme i vrijeme za prijavu gotovosti velikog broja dijelova u složenoj proizvodnji dalekovodnih stupova.

Posebno bi mjesto u okviru projekta Centra za napredno inženjerstvo imao i projekt Digitaliziranog ERP sustava u laboratorijskim proizvodnim uvjetima sa zadacima:

- Razvoj modela automatske izrade tehnologija za proizvode metalne i elektro industrije za univerzalne proizvodne kapacitete, tehnologije zavarivanja kao i programa za robote, obradne centre i CNC strojeve
- Razvoj modela distribucije proizvodne dokumentacije (crteži, radni postupci, radni listovi) u digitalnom obliku na proizvodna radna mjesta
- Razvoj modela prijave gotovosti operacija i gotove količine direktno računalom upravljanih strojeva i proizvodnih linija
- Model dnevnog plana dopuniti s digitalnim zadacima za provjeru i dopremu alata, dokumentacije i materijala prema terminiranim rokovima izrade operacija
- Ugradnja modela WMS (Warehouse Management System) u ERPINS te omogućiti praćenje sljedivosti prema novim standardima pojedinih grana industrije (tračnička vozila, automobilska industrija, energetska, prehrambena i kemijska postrojenja)
- U sustav višerazinskog kapaciteta uključiti kapacitete s posebnim modelom definiranja raspoloživosti (AKZ zaštita, toplinska obrada, zavarivanje, NDT ispitivanje, lijevanje, kovanje)
- Aktivno djelovati na izmjene procesa u obrazovanju inženjera strojarstva u smislu procesnog pristupa inženjerskim zadacima (Čatić, 2014.)
- Razviti model integriranja aditivne proizvodnje (3D printer) u ERPINS.

5. Zaključci i preporuke

Moderno tržište zahtjeva fleksibilnu proizvodnju s kratkim vremenom isporuke, niskim troškovima i u zadovoljavajućoj kvaliteti te brzo usvajanje proizvodnje novog ili rekonstruiranog postojećeg proizvoda prilagođenog pojedinačnim zahtjevima kupaca. Ovi zahtjevi doveli su do razvoja novih tehnologija, integracije procesa i digitalizacije proizvodnje, koji revolucionarno mijenjaju proizvodne procese i ži-

vot svakog čovjeka. Osim ostalih ITC proizvoda razvijenih za dobrobit društva i gospodarstva, značajnu ulogu imaju ERP sustavi koji integriraju postojeće ITC proizvode i omogućuju digitalizaciju pripremnih i proizvodnih procesa kao i komunikaciju među poslovnim partnerima. U radu su prikazani pojedini rezultati razvoja ERP sustava za digitalna poduzeća kao i planirani budući razvoj. U aktivnostima pripreme naših poduzeća za digitalizaciju pripreme i proizvodnje, a u cilju uključivanja u digitalno društvo EU i tijekom 4. industrijske revolucije, potrebno je povezati sve kadrove i institucije koji mogu pomoću u tom razvoju: fakultete, informatičke tvrtke kao i procesne inženjere u proizvodnim poduzećima. Poseban značaj imaju i promjene u obrazovanju inženjera upoznavanjem mogućnosti i zahtijevanih znanja za promjene u digitalizaciji pripreme i proizvodnje.

Literatura

- Majdandžić, N.(1997.). Računalom integrirana proizvodnja, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, 1997.
- Balić, J.,Majdandžić, N.(2008). Digit@l F@ctory, DAAAM Publishing series-Manufacturing technology, Vienne, 2008.
- Hannover Messe, 2016. Izvor: <http://www.hannovermesse.de/en/news/digital-factory-more-than-just-hype.xhtml> (Datum zadnjeg pristupa, 02.02.2017.)
- Filetin,T. (2000). Pregled razvoja i primjene suvremenih materijala, Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb 2000.
- Velić.M. Umjetna inteligencija-trebamo li se bojati, Večernji list, 03.02.2017.
- Majdandžić, N. (2009). ERP sustavi – od integracije podataka do integracije procesa, 8. Europska konferencija o poslovnim procesima BPC- 010., travanj 2010., Zagreb.
- ININ, 2017. Izvor www.inin.hr (datum zadnjeg pristupa 10.02.2017.)
- QBuild CAD ERP integration,2017. Izvor: <https://www.qbuildsoftware.com/cadlink/>(Datum zadnjeg pristupa, 02.02.2017.)
- Majdandžić, N. (2004.) Izgradnja informacijskih sustava proizvodnih poduzeća, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Strojarski fakultet u Slavanskom Brodu, 2004.
- Čatić, I. (2017) Znanje pretvoriti u hvatljivi tijelo, Hrvatski fokus, 20.01.2017.

Innovations of Preparatory and Production Processes in order to Prepare the Croatian Economy for the EU Information Society

Majdandžić Niko

ININ informatički inženjering d.o.o.
nmajdan@inin.hr

Following the growing impact of ITC on the overall development of economy and society, which from the functional support tool has become the foundation of organizational and functional processes in society and business, the EU countries have defined their development programs for the ITC in order to create a common information society (e-2005, i-2010, and a digital agenda for Europe 2020). Among the programs, further tasks are defined in the development of ERP systems as fundamental infrastructure for the functioning of manufacturing and service oriented enterprises to deliver services, which occupy an important place in the innovation of the integration of different ITC products and ERP systems, thus reducing the preparation time and the cycle of production and increases the quality of products and services. In addition to the solutions, mainly for their own products, offered by the world's leading providers of ERP systems (SAP, PeopleSoft, Oracle, Lawson, Microsoft...), this paper also describes innovative contributions of Croatian IT professionals to the integration of PDM, ERP, CAD / CAM, ERP, Planning ERP-and Excel-generated ERP in companies of Croatia, Bosnia-Herzegovina and Austria. Along the scientific contribution to the developments in ITC, practical assistance has been provided to companies which don't have ERP systems from the mentioned providers for a competitive entry into the EU market.

Key words:

ERP systems, digital factory, production management.

Hidrotehničke melioracije – preduvjet uspješnijeg razvoja poljoprivrede Hrvatske u 21. stoljeću

Marušić Josip¹, Holjević Danko², Josipović Marko³

¹Hrvatsko društvo za odvodnju i navodnjavanje; josip.marusic12@gmail.com

²Hrvatske vode; danko.holjevic@voda.hr

³Poljoprivredni institut, Osijek, marko.josipovic@poljinoh.hr

*Osnovna je zadaća hidrotehničkih melioracija u izgradnji vodnih građevina s kojima se stvara i održava vodni režim poljoprivrednih tala prema potrebama optimalnog razvoja i ostvarenja visokih prinosa biljnih kultura. Na osnovu sistematizacije i analize klimatskih, hidroloških, topografskih, pedoloških i geomehaničkih podataka melioracijskih područja predlaže se provedba hidrotehničkih melioracija odnosno projektno-izvedbenih rješenja vodnih građevina i hidromelioracijskih sustava za: **površinsku odvodnju, podzemnu odvodnju i navodnjavanje***

Od ukupnih melioracijskih površina 1673792 ha hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje izgrađeni su potpuno na 43,3%, a nepotpuno na 19,4%. Od ukupnih potreba na 822350 ha hidromelioracijski sustavi podzemne odvodnje izgrađeni su potpuno na 14,8%, a nepotpuno na 3,3%. Od pogodnih 484026 ha melioracijskih površina navodnjava se samo 18500 ha odnosno 3,8%.

Nedovoljan stupanj izgrađenosti i održavanja hidromelioracijskih sustava je uzrok smanjenja proizvodnje biljnih kultura i neopravdanog povećanja uvoza hrane kao i inozemnog duga Hrvatske. Razvijene države su potvrdile da stupanj izgrađenosti i redovitog održavanja hidromelioracijskih sustava je preduvjet uspješnijeg razvoja poljoprivrede koja je i sastavni dio cjelokupnog gospodarskog razvoja svake države.

Ključne riječi:

hidromelioracije, vodni režim, razvoj, biljne kulture, prinosi

1. Uvod

Osim duge tradicije izgradnje regulacijskih i hidromelioracijskih građevina u Hrvatskoj, stupanj izgrađenosti i održavanja hidromelioracijskih sustava ne zadovoljava zahtjeve i uvjete uređenja i održavanja vodnog režima poljoprivrednih zemljišta prema potrebama optimalnog razvoja biljnih kultura. Glavni preduvjet ostvarenja hidrotehničkih sustava za odvodnju i navodnjavanje je prethodna izgradnja i redovito održavanje vodnih građevina za zaštitu od štetnog djelovanja voda kao i izgradnja višenamjenskih vodnih građevina i sustava. Postoje dokumentirani pokazatelji o prvim projektno-izvedbenim rješenjima hidromelioracijskih sustava za površinsku odvodnju krajem 18. i početkom 19. stoljeća, a za podzemnu odvodnju početkom 20. stoljeća. Također su značajni radovi za izgradnju hidromelioracijskih sustava (s velikim brojem crpnih stanica) za površinsku odvodnju izvršeni između I. i II. Svjetskog rata. Nakon II. Svjetskog rata uslijedili su obnova i dogradnja vodnih građevina za zaštitu od štetnog djelovanja voda – obrana od poplava velikih rijeka i dijela bujičnih vodotoka.

Sredinom 1960-ih godina pristupilo se provedbi (re)komasacije poljoprivrednih zemljišta – kao preduvjeta kvalitetnijim projektno-izvedbenim rješenjima hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje. Od 1956. do 1990. g. rekomasacije poljoprivrednog zemljišta provedene su na 679 497 ha, a od toga su dograđeni postojeći i izgrađeni novi hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje na 631 648 ha (93%). Hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje u najvećoj mjeri su izgrađeni od 1971. do 1990. g. na ukupno 161 530 ha. Za njihovo funkcioniranje glavni preduvjet je izgradnja i redovito održavanje hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje. Do 1990. g. najmanje vodnih građevina je izgrađeno za potrebe navodnjavanja poljoprivrednih zemljišta – potpuno na 5750 ha i nepotpuno na 7500 ha. Prosječne godišnje zasijane površine u Hrvatskoj su bile 1 334 224 ha (100%), a od toga: privatni posjed – 1 044 432 ha (78,3%) i društveni posjed 289 792 ha (21,7%). U istom razdoblju ostvareni su slijedeći prinosi glavnih žitarica:

- pšenica: Hrvatska – 3,80 t/ha; privatni posjedi 3,03 t/ha; društveni – 5,46 t/ha;
- kukuruz: Hrvatska – 4,47 t/ha, privatno- 4,08 t/ha, društveni posjedi – 6,41 t/ha. Najveći postotak poljoprivrednih zemljišta s provedenom komasacijom i izgrađenim sustavima hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje od 1976. do 1990. g. bio je na području Slavonije i Baranje. *Na tim područjima ostvareni su najveći prinosi pšenice 5,74 t/ha i kukuruza – 6,87 t/ha. U istom razdoblju ostvareni su veći prinosi pšenice za 2,71 t/ha, a kukuruza za 3,79 t/ha u odnosu na prosječne prinose u Hrvatskoj. To potvrđuje značenje i potrebu izgradnje, ali i redovitog održavanja hidromelioracijskih sustava površinske i podzemne odvodnje.*

Nažalost od 1991. do 2016. g. nije bilo kako dogradnje tako niti redovitog održavanja h.s. površinske odvodnje što je dovelo i do smanjenja djelovanja stupnja h.s.

podzemne odvodnje. Posljedica toga je i pogoršanje vodnog režima poljoprivrednog zemljišta kao i povećanja troškova u procesu pripreme zemljišta te procesa uzgoja, ali i smanjenja biljnih kultura.

Od 1991. do 2016 g. „došlo“ je i do pogoršanja odnosno smanjenja sredstava za poslove tehničkog i gospodarskog održavanja h.s. površinske odvodnje. Istovremeno je pogoršano materijalno stanje u poljoprivredi te povećani problemi vlasništva i korisnika poljoprivrednih zemljišta što je utjecalo na stanje i funkcioniranje h.s. površinske i podzemne odvodnje. Kako u sustavu bivše države tako i u samostalnoj Hrvatskoj naše strateške djelatnosti su bile i ostale poljoprivreda i turizam. Nažalost, i nadalje je prisutan problem nedostatka kvalitetne i poslovne politike za provedbu uspješnijeg programa razvoja vodnogospodarskih i poljoprivrednih djelatnosti. Navedena konstatacija potvrđuje učestale izmjene i nepotpuno provođenje aktualnih zakona u području navedenih djelatnosti, a to su:

- *Zakon o vodama, Zakon o financiranju vodnog gospodarstva, Zakon o poljoprivrednom zemljištu, Zakon o komasaciji zemljišta, Zakon o komasacijama.* Istovremeno je „trgovački lobi za uvoz hrane“ jači od programa proizvodnje hrane, i to kako za vlastite potrebe tako i za potrebe turizma kao i izvoz hrane. Posljedica toga je vidljiva kako na melioracijskim površinama tako i u povećanju platnog deficita u području poljoprivrede. *Zbog toga je neophodna dosljedna provedba aktualnog zakonodavstva u području hidrotehničkih melioracija i poljoprivrede u cilju modernizacije postojećih, ali i izgradnje novih te redovitog održavanja h.s. površinske i podzemne odvodnje. Sastavni dio toga je i stvaranje uvjeta za provedbu Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama – NAPNAV-a (Zaključak i odluka Vlade RH u studenom 2005.g.).*

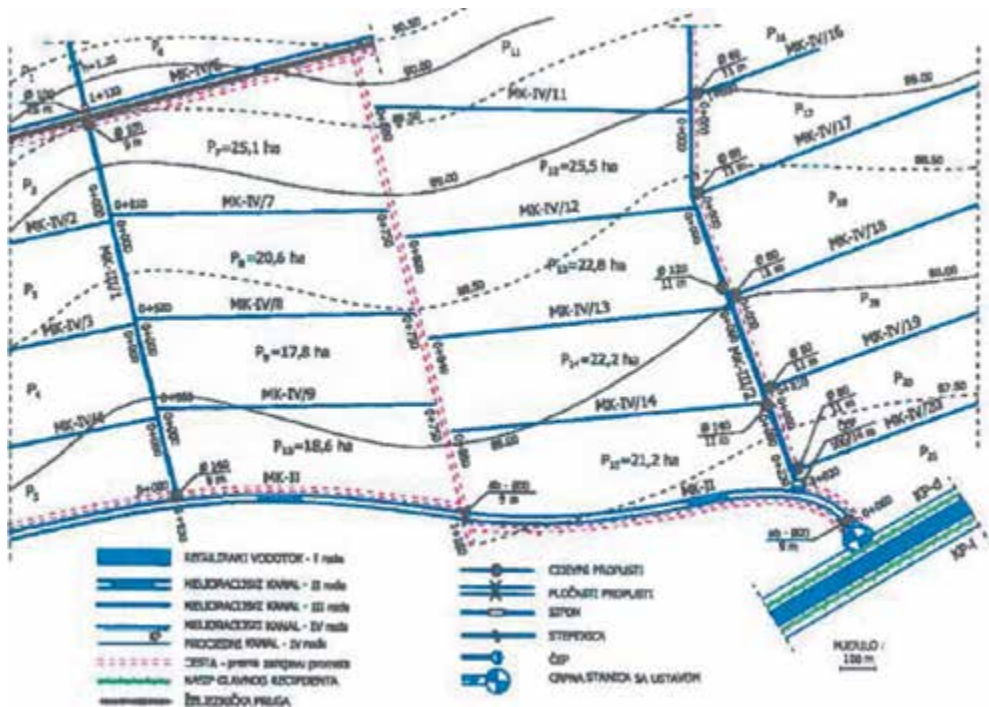
2. Osnovni pokazatelji stupnja izgrađenosti hidromelioracijskih sustava u Republici Hrvatskoj u 2016. godini

2.1. Hidromelioracijske građevine i sustavi za površinsku odvodnju

Na slici 1 prikazano je najzastupljenije tehničko rješenje hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje s putnom mrežom i pripadajućim građevinama a to su:

a) Osnovne melioracijske građevine

- Glavni vodotoci slivnih područja u koje se slijevaju sve vode određenog melioracijskog područja su melioracijski kanali I. reda (MK – I. reda) ukupne dužine 3282 km.



Slika 1 – Hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje s putnom mrežom i objektima

- Glavni odvodni kanali za prihvat voda iz detaljne mreže melioracijskih kanala su melioracijski kanali II. reda koji se ulijevaju u MK – I. reda ukupne dužine 3313 km.
- Crpne stanice za odvodnju suvišnih voda s 276 000 ha nizinskih površina kada nema mogućnosti gravitacijske odvodnje; ukupan kapacitet 74 crpne stanice je 316,50 m³/s čija snaga je 22 744 KW.

b) Detaljne melioracijske građevine

- Sabirni ili grupni kanali za prihvaćenje voda iz parcelnih i detaljnih kanala koji se ulijevaju u MK – II. reda. To su melioracijski kanali III. reda (MK-III. r.)
- Parcelni ili detaljni kanali za neposredno prikupljanje voda s poljoprivrednih, ali i ostalih površina koji se ulijevaju u MK – III. reda. To su melioracijski kanali IV. reda. Ukupna dužina MK – III. i IV. reda je 24 281 km.

c) Ostale melioracijske građevine:

- Betonski–cijevni propusti promjera od 50 do 200 cm 21 569 građevina, betonski pločasti propusti otvora (raspona) od 200 do 10 000 cm – 1486 građevina betonske i kamene stepenice na MK visine 80 do 120 cm – 1085 građevina, (polu) automatski čepovi – 506 građevina, ostale melioracijske građevine na MK (zaštita dna i pokosa MK) – 1466 građevina.

Od ukupnih potreba na 1 673 792 ha poljoprivredni hidromelioracijski sustavi površinske odvodnje izgrađeni su:

- *potpuno 724 249 ha (43,3%), a dijelom odnosno dijelom nepotpuno na 324 662 ha (19,4%), a nisu izgrađeni na 624 662 ha (37,3%).*

U sklopu navedenih podataka treba imati na umu da su izgradnja i redovito održavanje građevina za zaštitu od štetnog djelovanja voda (obranu od poplavnih voda rijeka i bujičnih vodotoka) preduvjet za izgradnju, ali i financiranje hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje.

Od ukupno potpuno izgrađenih hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje na 724 749 ha (100%) do kraja 1974. g. su izgrađeni na 459 252 ha (63,4%), a od 1976. do 1990 g. na 265 497 ha (36,6%). Hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje najviše je izgrađeno 1985. g. – 20424 ha; 1984. – 20 037 ha; 1983. – 19 144 ha, a nepotpuno u 1980. g. – 12 702 ha. Od ukupno nepotpuno izgrađenih hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje na 324 662 ha (100%) , do 1974. g. je izvršeno 179 748 ha (55,4 %), a od 1975. do 1990.g. na 144 914 ha (44,6 %). Nažalost, od 1991. do 2016. g. nije bilo izgradnje novih hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje. Od 1991. do 1995. g. odnosno 1997. g. privremeno je bilo okupirano 296 510 ha površina s potpuno i dijelom izgrađenim h.s. površinske odvodnje. Na tom području dio melioracijskih građevina je ratnim djelovanjem oštećeno ili uništeno. Najveće štete su učinjene na 18 crpnih stanica kapaciteta 96,9 m³/s u najvećoj mjeri na slivnom području Jelas polja, Vuke i Baranje. Potpuno je 1991. „uništena“ crpna stanica Paulin dvor na slivu Vuke kapaciteta 20,0 m³/s koja je izgrađena za odvodnju melioracijskog područja Palača na nizinskom dijelu sliva Vuke. (slika 2 i 3)

Najkvalitetniju izvedbena rješenja h.s. površinske odvodnje ostvarena su na područjima s prethodno odnosno istovremeno provedenom komasacijom zemljišta. Od 1956. do 1975.g. na području Hrvatske provedene su komasacije na 460 668 ha sa 423 760 ha (92%) hidromelioriranih zemljišta, a od toga na području Slavonije i Baranje na 350 000 ha. Od 1976. do 1990. g. komasacije zemljišta su provedene na 218 829 ha s hidromelioracijom 207 888 ha (95,0%), a od toga na području Slavonije i Baranje 140 484 ha (64,2%-67,7%). Najviše površina s potpuno izgrađenim hidromelioracijskim sustavima površinske odvodnje s provedenom komasacijom zemljišta do 1990. g. bilo je u posjedu „bivših PPK-PIK-IPK“ poljoprivrednih kombinata. Na područjima s potpuno izgrađenim h.s. površinske odvodnje bilo je na zadovoljavajućem stupnju i njihovo redovito održavanje u cilju zadržavanja njihove projektno-izvedbene funkcije odnosno pravovremenu odvodnju suvišnih voda s poljoprivrednih i ostalih zemljišta.

Nažalost, kako zbog ratnog djelovanja agresora i privremeno okupiranog područja od 1991. do 1995. odnosno do kraja 1997.g. tako i zbog pogoršanja uvjeta privređivanja u poljoprivredi te neprovođenju Zakona o financiranju vodnog gospodarstva, odnosno nedostatka financijskih sredstava nisu izvršavani poslovi redovitog tehničkog i gospodarskog održavanja h.s. površinske odvodnje. Po-



Slika 2 – Crpna stanica Paulin „Dvor“ nakon ratnog razaranja u listopadu i studenom 1991. godine (sliv rijeke Vuke)

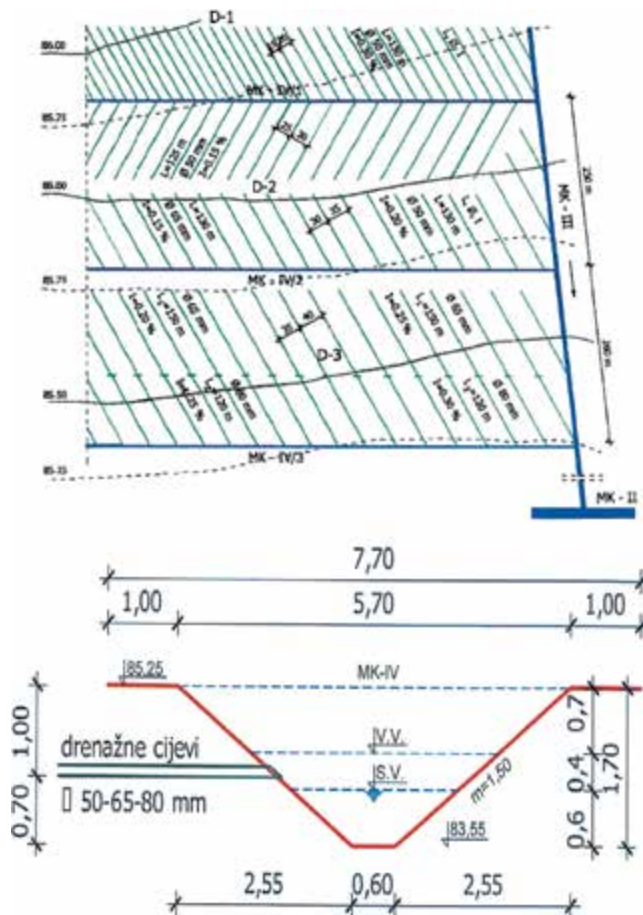


Slika 3 – Crpna stanica Paulin Dvor nakon obnove 2002. godine ($Q = 20,0 \text{ m}^3$)

sljedica toga je vidljiva na melioracijskim područjima sa sve nižom razinom funkcioniranja h.s. površinske odvodnje u odnosu na njihovu projektno-izvedbenu razinu, a to je uzrok i pogoršanje vodozračnog režima poljoprivrednih zemljišta. Istovremeno je „došlo“ i do smanjenja sjetvenih i žetvenih površina kao i smanjenja prinosa i ukupne količine većine biljnih kultura u odnosu na razdoblje prije 1990. g. To nije posljedica samo stanja izgrađenosti i održavanja h.s. površinske odvodnje i većih razloga koji prelaze sadržaj ovog rada.

2.2. Hidromelioracijski sustavi podzemne odvodnje

Na slici 4 prikazano je najzastupljenije projektno-izvedbeno rješenje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje poljoprivrednih zemljišta. Na osnovi terenskih



Slika 4 – Hidromelioracijski sustav podzemne odvodnje s uljevom drenažnih cijevi u detaljne melioracijske kanale

snimanja i laboratorijskih ispitivanja te analiza obilježja melioracijskih područja kao i potrebe optimalnog razvoja biljnih kultura u Hrvatskoj *postoji 822 325 ha poljoprivrednih zemljišta s povremenim ili učestalim zadržavanjem suvišne podzemne vode*. Spoznaja o fizičko-mehaničkim svojstvima tla vrlo je važna za donošenje prijedloga i odluka o potrebi izgradnje hidromelioracijskih sustava za odvodnju suvišnih podzemnih voda iz fiziološki aktivnog sloja tla za razvoj korijena biljaka. Za izučavanje tla uzimaju se uzorci iz pedoloških jama radi određivanja fizikalnih, kemijskih i bioloških obilježja tla u cilju određivanja plodnosti tla. *Za potrebe iznalaženja optimalnog rješenja te provedbe hidromelioracijskih i agromelioracijskih radova neophodno je utvrditi fizikalno-mehaničko obilježje tla, a to su:*

- *Tekstura* (granulometrijski sastav tla), *struktura* (međusobni raspored čestica tla), *poroznost* (posljedica učinka teksture i strukture tla), *gustoća tla* (specifična težina tla), *prirodna gustoća tla* (zapreminska težina suhog tla u prirodnom stanju), *plastičnost* (svojstva oblikovanja tla), *kohezija* (svojstva spojenosti čestica tla). *Od posebnog je značenja utvrđivanje zapreminske težine tla:*
- *Za određivanje poroznosti, proračun količine vode u tlu, određivanje povećanja ili smanjenja vlage i organskih tvari u tlu.*

Za određivanje projektno-izvedbenih parametara hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje također je važno definiranje i povezivanja hidroloških procesa i zakonitosti kretanja vode u tlu s obzirom na različite oblike vode u tlu: *hidroskopska, kapitalna, gravitacijska, filmska ili isparena voda, vodena para, led.*

- *Kapilarna voda* je glavni izvor i zaliha vode za razvoj biljaka zbog njene pokretljivosti u svim smjerovima i pri svakom tlaku koji je veći od normalnog kao i kretanja iz zone veće vlažnosti prema zoni manje vlažnosti odnosno od toplijeg prema hladnom. *Gravitacijska voda* u tlu ispunjava mikropore i kreće se pod utjecajem sile teže prema podzemnoj vodi. Može se koristiti dok prolazi kroz tlo, ali je njezina dulja prisutnost štetna za biljke i strukturu tla pa mora biti uklonjena iz rizosfere. U cilju uređenja i održavanja optimalnog vodnog-režima tla za ostvarenje uspješnog i stabilnog razvoja kao i prinosa biljnih kultura također je važno definiranje i određivanje slijedećih prirodnih obilježja tla:
- *optimalna vlažnost i hidrološke konstante i njihov međuodnos voda raspoloživih za biljke, kretanje vode u tlu i kapilarni potencijal, mjerenje vode u tlu* (terenski i laboratorijski), infiltracija, kapilarno kretanje vode.

Izgradnjom hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje ostvaruje se slijedeće:

- *pravovremeno sniženje podzemne vode prema zahtjevima optimalnog razvoja biljnih kultura, brže „prosušivanje tla i poboljšanje vodozračnih uvjeta u tlu, povećanje akumulacijske sposobnosti tla za vodu, bolje korištenje prirodnih i umjetnih hranjiva iz tla, povoljnija struktura zemljišta, brža i bolja klijavost sjemena biljaka, lakši i brži rast kao i prodiranje korijena biljaka u dublje slojeve tla, pravodobna priprema i obrada zemljišta, racionalnije korištenje poljopri-*

vrednih strojeva u procesu pripreme zemljišta te uzgoja, žetve i berbe biljaka, najpovoljniji razvoj biljaka, viši i stabilni prinosi biljaka, povećanje dobiti u odnosu na prethodni stupanj proizvodnje.

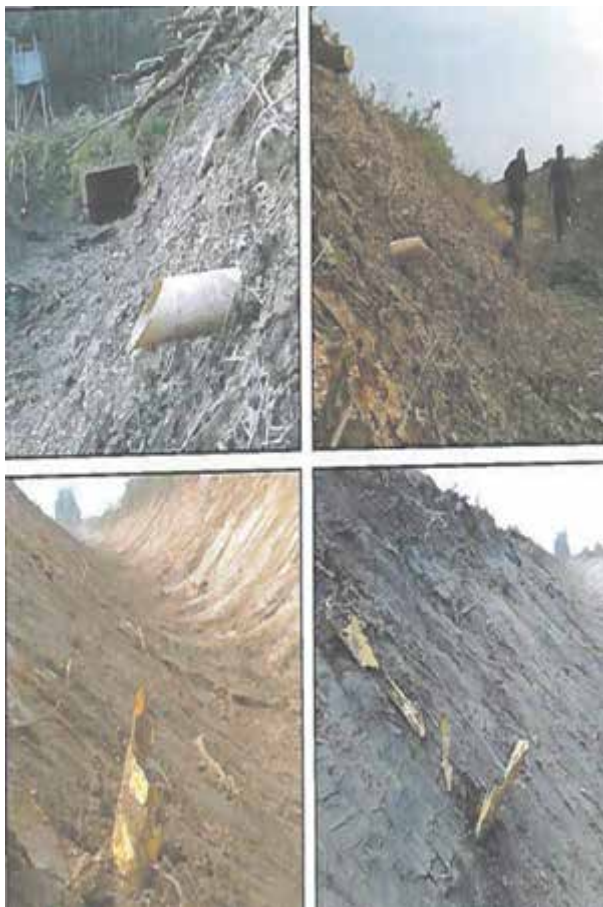
U sklopu navedenih značenja treba imati na umu *da učinkovitost h.s. podzemne odvodnje u velikoj mjeri ovisi o stupnju izgrađenosti i održavanju građevina i sustava površinske odvodnje.* Nažalost, ratnim djelovanjem 1991. i 1992. g. dio građevina h.s. površinske odvodnje je oštećen što je dovelo do uspornog djelovanja vode MK III. i IV. reda na izljeve drenažnih cijevi. Također od 1991. do 2006. te od 2011. do 2016. nisu izvršeni poslovi redovnog tehničkog i gospodarskog održavanja MK III. i IV. reda što je također smanjilo stupanj funkcioniranja h.s. površinske odvodnje.

Iako postoji dokumentacija o izgradnji prvih h.s. podzemne odvodnje krajem XIX. stoljeća (k.o. Božjakovina) i početkom XX. stoljeća (k.o. Brezovica, sliv Karašice i Vučice), *u Hrvatskoj su oni u najvećoj mjeri izgrađeni od 1971. do 1990. g., i to na površini 161 530 ha što je 19,6% od ukupnih potreba. Nažalost, zbog ratnog djelovanja i problema h.s. površinske odvodnje aktualno stanje h.s. podzemne odvodnje je sljedeće:*

- *na 121 484 ha (14,8%) h.s. podzemne odvodnje su potpuno izgrađeni i u zadovoljavajućoj funkciji, a na 27 168 ha (3,3%) dijelom izgrađeni, odnosno nepotpuno funkcioniraju. Smanjenje za 12 878 ha u odnosu na stupanj izgrađenosti 1990. g. je zbog posljedica ratnog djelovanja i neodržavanja dijela h.s. površinske odvodnje. Zbog zamuljenja i prekomjerne „obraslosti vegetacije“ (šiblje, trnje, stabla) melioracijskih kanala kao i tipskih betonskih cijevnih i pločastih propusta došlo je do zamuljenja i začepljenja izljeva drenažnih cijevi te smanjenja stupnja djelovanja h.s. podzemne odvodnje na 27 168 ha. Posljedice su od čišćenja MK III. i IV. reda bez izvedbe i tehničke kontrole (slika 5).*

Osnovni projektno-izvedbeni parametri h.s. podzemne odvodnje izgrađeni od 1991. do 1990.g. na 161 530 ha poljoprivrednog zemljišta su sljedeći:

- *ukupno ugrađeno 57 687 140 m PVC drenažnih cijevi, a od toga 94,8% promjera 50,65 i 80 mm („sisala“), a samo 5,2% promjera 100, 125, 160, 180, i 200 mm (skupljači – hvatala i kolektori),*
- *prosječni razmak drenažnih cijevi „sisala“ 28,0 m,*
- *prosječna gustoća drenažnih cijevi 357,0 m/ha*
- *prosječno izvršenje rada strojeva na ugradnji drenažnih cijevi 264,0 m/sat,*
- *dubina ugradnje PVC drenažnih cijevi „sisala“ od 0,90 do 1,3 m, a skupljača – hvatala od 1,30 do 1,70 m (slika 4),*
- *širina drenažnog rova 0,14 do 0,35 m, ovisno o promjeru PVC cijevi,*
- *filter od separiranog šljunka ugrađen je na 31%, a od stiropora na 5% drenažnog poljoprivrednog zemljišta.*



Slika 5 – Prikaz oštećenja i devastacije sustava cijevne drenaže u obnovi melioracijskih kanala za odvodnju III. i IV. reda

Najviše PVC drenažnih cijevi ugrađeno je: 1985. g. – 7 181 098 m na 18 500 ha, 1983. g. 5 328 682 m na 14 539 ha; 1984.g. – 5 282 151 m na 13 561 ha, a 1986. g. – 5 093 917 m na 15 689 ha.

Od ukupno 57 687 140 m PVC drenažnih cijevi na 161 530 ha od 1983. do 1986. g ugrađeno je 22 855 848 m (39,7%) na 62 289 ha (38,6%).

U procesu izrade projektnih rješenja h.s. podzemne odvodnje u najvećoj mjeri korištene su norme i iskustva Njemačke i Nizozemske. Dijelom su korišteni rezultati pokusnih polja s različitim projektno-izvedbenim parametrima na dijelu slivnih područja: *Karašica-Vučica, Črnc-polje, (Lonja Topolje), Biđa i Neretve. Također je važan podatak da su h.s. podzemne odvodnje od 1971. do 1990.g. izgrađeni na 99,5% zemljišta u posjedu „bivših PIK-IPK-PPK-a, a samo na 0,5% površina u*

privatnom posjedu. Izgradnja h.s. podzemne odvodnje obavljala se s 28 strojeva od kojih su 16 bili u posjedu vodoprivrednih poduzeća, 8 u posjedu poljoprivrednih poduzeća i 4 u privatnom posjedu. Početkom 1970-ih godina ugrađene su PVC drenažne cijevi uvezene iz Njemačke i Slovenije, a od 1976. do 1990. g. PVC drenažne cijevi domaće proizvodnje iz Metkovića i Donjeg Miholjca.

Nažalost, od 1991. do 2015. g. u Hrvatskoj su ugrađene PVC drenažne cijevi na samo 1300 ha. Dio strojeva, nabavljenih za izgradnju h.s. podzemne odvodnje, radio je na ugradnji „provodnika“ podzemne mreže telekomunikacija i plinskih cjevovoda.

2.3. Hidromelioracijski sustavi za navodnjavanje

U Hrvatskoj je najniži stupanj izgrađenosti hidromelioracijskih sustava za navodnjavanje u odnosu na pogodne prirodne uvjete i stalnu potrebu optimalnog razvoja biljnih kultura. Prema terenskim obilježjima melioracijskih područja te izvršenoj sistematizaciji i klasifikaciji tala do 1990-ih godina u Hrvatskoj je bilo 620000 ha pogodnih za navodnjavanje.

Od 1960-ih do kraja 1980-ih godina izgrađen je dio objekata i h.s. za navodnjavanje dijela poljoprivrednih zemljišta na slijedećim melioracijskim područjima u Dalmaciji.

Dalmatinski rastok (dio Vrgorskog polja), Imotsko-bekijsko polje, Donja Neretva (dio melioracijskih površina – Luke, Koševo, Vidrice, Opuzen-ušće) Kosovo polje (sliv Krke – uzvodno od Knina), Sinjsko polje, Žegarsko polje (dio sliva Zrmanja), Hrvetačko polje, Vransko polje, Petrovo polje te područje PK Zadar, Bokanjačko blato , Donja Baštica, Gornja Baštica, Smilčić i Kašić, Konavosko polje.

Za dio melioracijskih područja u Istri izrađena je studijska i projektna dokumentacija za navodnjavanje dijela sliva Mirne, Raše i Boljunčice, te ostalih manjih površina na ukupno 13 320 ha, ali nije bilo sustavne izgradnje h.s. za navodnjavanje kao i na području Hrvatskog primorja. Nepotpuno i privremeno je navodnjavano oko 1200 ha u privatnom posjedu na području zapadne Istre od ukupnih 14 000 ha prirodno pogodnih za navodnjavanje.

U Hrvatskoj se 1980. navodnjavalo samo 7999 ha (1,29%, a od toga na 4405 ha na zemljištu u društvenom posjedu (1517 ha – umjetno kišenje). Na privatnim posjedima navodnjavalo 3594 ha, ali na nižem tehničkom stupnju od navodnjavanja zemljišta društvenog posjeda. Od 1981. do 1990. g. raznim načinima umjetnog kišenja navodnjavalo od 1500 do 3950 ha poljoprivrednog zemljišta društvenog posjeda.

U 1990. g. u Hrvatskoj se navodnjavalo 5790 ha pomoću vodnih građevina, strojeva i opreme po suvremenim tehničkim uvjetima i normativima. Na privatnim posje-

dima navodnjavalo se oko 7500 ha, ali na užem tehničkom stupnju od sustava navodnjavanja na društvenom posjedu. U 1990. g. navodnjavalo se 13 290 ha poljoprivrednih zemljišta što je samo 2,14% od ukupno tada pogodnih površina za navodnjavanje (6 200 00 ha).

Od 1970. do 1990. na h.s. za navodnjavanje su bili u funkciji na površinama u posjedu slijedećih poljoprivrednih kombinata: Zadar, Metković, Opuzen, BELJE-Baranja, VUPIK – Vukovar, IPK Osijek, PK Borinci -Vinkovci (voćnjak). Nažalost, ratnim djelovanjem agresora 1991. i 1992. g. dio vodnih građevina i strojeva za navodnjavanje je oštećen, dio strojeva i opreme je rastavljen (demitiran) i odvezen s privremeno okupiranog područja Hrvatske na područje Vojvodine. Ratnim djelovanjem i zbog pogoršanog stanja u poljoprivredi smanjene su i površine koje su navodnjavane na privatnim posjedima. Od 1990. do 2000. g. u Hrvatskoj se „povremeno“ navodnjavalo od 4500 do 9200 ha godišnje, ali s manjom normom m^3/ha i hidromodulom ($l/s/ha$) navodnjavanja od potrebnog stupnja suvremenih sustava navodnjavanja. Osim ratnih posljedica, tomu je doprinijelo i pogoršano financijsko stanje u poljoprivredi i vodnom gospodarstvu Hrvatske.

Od 1960. do 1990. g. na nizu stručno-znanstvenih skupova u Hrvatskoj kao i u „bivšoj državi Jugoslaviji“ prikazan je veliki broj radova s pokazateljima o prirodnim mogućnostima navodnjavanja ali i za potrebe razvoja poljoprivrede značenje te tehničku i financijsku opravdanost izgradnje h.s. za navodnjavanje. Također je izrađen dio planske, studijske i projektne dokumentacije na dijelu melioracijskih površina Dalmacije na ukupno 36580 ha te dijela Istre i Primorja na ukupno 31 720 ha, ali je vrlo malo toga ostvareno. Za dio melioracijskih površina na slivu Drave, Dunava i Save najviše planske studijske i projektne dokumentacije izrađen je za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta Slavonije i Baranje za ukupno 176 000 ha, ali je također to ostalo na „papiru“, a ne na „terenu“ Izgrađeno je h.s. za navodnjavanje na samo 2% površine oko 3500 ha Belje, Vukovar, Osijek, Borinci) od izrađenih studija i projekata za 176 000 ha.

3. Hidrotehničke melioracije u aktualnim zakonima

Kako u prethodnom tako i u aktualnom *Zakonu o vodama* (ZOV, NN, broj 153/09., 63/11., 130/11., 56/13. i 14/14.) date su odredbe o *hidrotehničkim melioracijama* kao sastavnog dijela uređenja pravnog statusa voda, vodnog dobra i vodnih građevina. Gradnja i održavanje građevina za detaljnu melioracijsku odvodnju i *građevina za navodnjavanje* u vlasništvu jedinica područne samouprave provodi se prema programu koji donosi njezino predstavničko tijelo. Gradnja i održavanje vodnih *građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju u vlasništvu Republike Hrvatske* pro-

vodi se prema *Planu upravljanja vodama* kao i gradnja i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (čl. 26). Planski dokumenti upravljanja vodama su: – *Strategija upravljanja vodama* (SUV, NN, broj 91/08), *Plan upravljanja vodnim područjima*, *Višegodišnji programi gradnje*, *Financijski plan Hrvatskih voda*, *Plan upravljanja vodama*.

Pravo na korištenje voda za potrebe navodnjavanja ostvaruju se u sklopu ciljeva *Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u RH* (NAPNAV), planova i programa navodnjavanja jedinica područne (regionalne) samouprave. U sklopu *15 djelatnosti HRVATSKIH VODA* (pravna osoba za upravljanje vodama) posebno se navodi njihova nadležnost u obavljanju investicijskih poslova u gradnji i održavanju građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju, nadzor nad građenjem i održavanjem građevina za osnovnu melioracijsku odvodnju te upravljanje i sufinanciranje gradnje građevina za navodnjavanje u vlasništvu jedinica područne samouprave. Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o vodama (NN, broj 56/13 od 10. 05. 2013.) u sklopu prijelaznih i završnih odredbi određuje **Primopredaju građevina za detaljnu melioracijsku odvodnju županijama s obvezom da HRVATSKE VODE s njima upravljaju na temelju Plana upravljanja vodama u razdoblju od 3 godine, ali pod uvjetima da osposobi građevine za detaljnu melioracijsku odvodnju te da ih predaju u posjed i na upravljanje jedinicama područne samouprave u stanju u kojem te građevine mogu služiti svojoj svrsi. Nažalost, to nije izvršeno do ožujka 2017.**

Za programe izgradnje, održavanja i korištenja hidromelioracijskih građevina i sustava posebno značenje ima dio odredbi *Zakona o financiranju vodnog gospodarstva ZOFVG* („NN“, broj 153/09, 90/11., 56/13. i 154/14; ukupno 98 članaka). U članku 4 dat je popis izvora za financiranje cjelokupnog vodnog gospodarstva, a u članku 5 popis vodnih naknada (javnih davanja) *od kojih posebno značenje ima naknada za uređenje voda, melioracijsku odvodnju i navodnjavanje*. Obračun i naplata naknade za melioracijsku odvodnju i za navodnjavanje u interesu, ali su i prihod jedinice područne samouprave. *Naknada za uređenje voda* plaća se na sve nekretnine, a između ostalog koristi se i za gradnju mješovitih melioracijskih građevina kojima upravljaju *Hrvatske vode*. U člancima 38 – 44 date su odredbe o naknadi za melioracijsku odvodnju koju plaćaju vlasnici ili drugi zakoniti pojedinci poljoprivrednog zemljišta na području jedinica područne (regionalne) samouprave u kojoj su izgrađene građevine za detaljnu melioracijsku odvodnju. *Visina naknade za melioracijsku odvodnju* određuje svojom odlukom predstavničko tijelo područne samouprave, a prihod od naknade koristi se za održavanje građevina za detaljnu melioracijsku odvodnju prema načelu solidarnosti i prvenstva u potrebama na području jedinice područne samouprave na kojem je ostvarena. *Do primopredaje građevina za detaljnu odvodnju sukladno ZOV Vlada Republike Hrvatske donosi uredbu o visini naknade za melioracijsku odvodnju.*

Naknada za navodnjavanje (članci 45-51) plaća se na poljoprivredno zemljište koje se navodnjava iz građevina za navodnjavanje u vlasništvu jedinice područne samouprave, a plaćaju vlasnici ili drugi zakoniti posjednici poljoprivrednog zemljišta. Suvlasnici su solidarni obveznici naknade za navodnjavanje. Osnovica za obračun naknade za navodnjavanje je količina vode isporučena putem građevina za navodnjavanje zemljišta koje se navodnjava i jedinica površine zemljišta za koje je dostupno priključenje na građevine za navodnjavanje. *Prihod od naknade za navodnjavanje koristi se za održavanje građevina za navodnjavanje u vlasništvu jedinica područne samouprave. Nažalost, od 2011. do kraja 2016.g. nisu u dovoljnoj i potrebnoj mjeri provedene odredbe u svezi obračuna i naplate naknade za melioracijsku odvodnju i navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta, a posljedica toga je neizvršavanje poslova redovnog održavanja dogradnje kao i sve niže razine funkcioniranja hidromelioracijskih sustava za odvodnju.*

U skladu sa člankom 25 ZOV u lipnju 2010. g. nadležno MINISTARSTVO u suradnji s HRVATSKIM VODAMA izradilo je:

POPIS GRAĐEVINA za osnovnu melioracijsku odvodnju i mješovitih melioracijskih građevina od interesa za Republiku Hrvatsku od kojih su najvažniji glavni odvodni kanali I. i I.I reda te crpne stanice u melioracijskom sustavu i ostale pripadajuće građevine. Sastavni dio je i popis mješovitih melioracijskih građevina koje su namijenjene melioracijskoj odvodnji i navodnjavanju poljoprivrednih zemljišta.

Za izgradnju, održavanje i korištenje vodnih građevina za osnovnu i detaljnu melioracijsku odvodnju kao i navodnjavanje posebno značenje i potrebu ima i dosljedna primjena

- *Zakona o poljoprivrednom zemljištu* kojeg je Hrvatski sabor donio 22. ožujka 2013. g. (85 članaka) i *Zakona o komasaciji poljoprivrednog zemljišta* kojeg je Hrvatski sabor donio 24. travnja 2015. godine.

Nažalost, od 1991. g. nije bilo aktivnosti i poslova na provedbi komasacija poljoprivrednog zemljišta. Na temelju članka 105 ZOV (NN, broj 107/95) Državna uprava za vode donijela je PRAVILNIK o tehničkom, gospodarskom i drugim uvjetima za uređenje sustava melioracijske odvodnje te osnovama za tehničko i gospodarsko održavanje sustava sljedećeg sadržaja:

I. Opće odredbe

II. Tehnički, gospodarski i drugi uvjeti za građenje sustava melioracijske odvodnje

III. Osnove za tehničko i gospodarsko održavanje melioracijske odvodnje

- 1) Održavanje sustava melioracijske odvodnje kojom upravljaju HRVATSKE VODE
- 2) Održavanje vodnih građevina za melioracijsku odvodnju

IV. Tehnička mjerila i norme za obavljanje tehničkog i gospodarskog održavanja sustava melioracijske odvodnje.

4. Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u Republici (NAPNAV)

Ovisno o terenskim obilježjima poljoprivrednih zemljišta i nedostatka vlage u tlu za vrijeme vegetacijske faze razvoja biljnih kultura, potrebna je izgradnja *hidromelioracijskih sustava za navodnjavanje*. Na temelju terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja izrađena je karta pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za navodnjavanje a zajedno s kartama županija izvršena je inventarizacija površina rajona pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za navodnjavanje poljoprivrednog zemljišta u Republici Hrvatskoj (NAPNAV, 2005.).

Dana 28. i 29. listopada 2003. g. u Zagrebu je održan stručno-znanstveni skup „*Stanje i održivi razvoj hidromelioracijskih sustava u Hrvatskoj – preduvjet razvoja poljoprivrede*“. Osim konstatacija i prijedloga, posebno je dato obrazloženje prijedloga o potrebi osiguranja financijskih sredstava za redovito održavanje h.s. za odvodnju, ali i izgradnju h.s. za navodnjavanje. Uslijedili su dopisi s obrazloženjem HRVATSKIM VODAMA, DRŽAVNOJ UPRAVI ZA VODE i nadležnom MINISTARSTVU POLJOPRIVREDE HRVATSKE.

Nakon više stručnih rasprava u Direkciji Hrvatskih voda i Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede početkom 1983. donijeta je odluka o potrebi izrade *Nacionalnog projekta navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama – NAPNAV*.

Sredinom 2004. g. započela je, a u srpnju 2005. g. završena je izrada NAPNAV i održana prezentacija na kojoj su sudjelovali odgovorni predstavnici – Stručnog kolegija Hrvatskih voda, Stručnog tima MPŠVG za provedbu NAPNAV-a i Državne uprave za vodoprivredu. Nakon rasprave dat je prijedlog Nacionalnom povjerenstvu (imenovanom od Vlade RH) koje je prihvatilo NAPNAV sredinom rujna 2005. g.

Vlada RH je 17. studenog 2005. g. donijela ZAKLJUČAK o prihvaćanju NAPNAV-a u čijoj izradi je sudjelovalo 43 stručnjaka i znanstvenika iz 10 institucija Hrvatske i eksperata za navodnjavanje iz Italije.

Od ukupno 2 955 728 ha poljoprivrednih površina i provedenih višegodišnjih pedoloških istraživanja osnovne konstatacije o pogodnosti zemljišta za navodnjavanje su sljedeće:

- Dobro pogodna tla za navodnjavanje su 247 004 ha, a umjereno pogodna tla za navodnjavanje 581 068 ha. Ostalih 2 137 656 ha su ograničeno (425 950 ha), privremeno (8 798 737 ha) i trajno nepogodna (903 969 ha) tla za navodnjavanje (ukupno 2 137 656 ha).

- Osim pogodnosti tala za ostvarenja h.s. za navodnjavanja, bitni su i pokazatelji prostornog i vremenskog rasporeda vodnih resursa koji su dobiveni analizom
- *Hidrografskih karata Hrvatske*, karata postojećih i planiranih akumulacija, retencija i karata slivova podzemnih voda.
- *U skladu s provedenim analizama izrađen je model za izradu karte na osnovu mjerodavnih pokazatelja slijedećih karata pogodnosti tla za navodnjavanje potencijalnih vodnih resursa, prirodnih potencijala, deficita vode i prioriteta za navodnjavanje.*

Na osnovu analiza pogodnih tala i prostornog rasporeda vodnih resursa te potreba optimalnog razvoja biljnih kultura za sve županije (1 881 018 ha – 100%) dati su pokazatelji o potencijalu zemljišta za navodnjavanje u Hrvatskoj sa sljedećim konstatacijama:

- *vrlo visok potencijal – 5977 ha, visoki potencijal – 478 049 ha što je ukupno 484 026 ha (25,73%).*
- *umjereni potencijal zemljišta za navodnjavanje – 979 178 ha (52,06%) dok je nizak za 363 268 ha (19,31%) i vrlo niski – 54 546 ha (2,90%).*

Od ukupnih 484 026 ha vrlo visokog i visokog potencijala zemljišta za navodnjavanje u 1990. g. po suvremenim tehničkim uvjetima navodnjavalo se samo 5790 ha (1,20%) u vlasništvu bivših PPK i PIK. S „nepotpuno“ izgrađenim objektima navodnjavalo se 7500 ha (1,55%) zemljišta u privatnom posjedu. S navedenim postocima navodnjavanog zemljišta Hrvatska je 1990. g. bila na posljednjem mjestu u Europi u odnosu na prirodne pogodnosti tala i raspoložive vodne resurse na 484 026 ha od ukupno 1 881 018 ha.

U skladu s NAPNAV krajem 2005. g. započeta je izrada županijskih planova kao i ostale dokumentacije za navodnjavanje. *Do kraja 2010. g. završena je izrada 19 županijskih planova navodnjavanja, dok jedino u Krapinsko-zagorskoj i Varaždinskoj županiji nije iskazan interes za razvoj navodnjavanja.. U istom razdoblju izrađen je i dio studijske te projektne dokumentacije kao sastavnog dijela provedbe programa NAPNAV. Do kraja 2016. g. u suradnji Hrvatskih voda, nadležnog Ministarstva i stručnih odjela za vodoprivredu i poljoprivredu Županija izvršene su sljedeće aktivnosti i poslovi na provedbi NAPNAV-a.:*

- *Financiranje županijskih planova navodnjavanja s 50% sredstava Državnog proračun, a putem Hrvatskih voda i 50% sredstava jedinice regionalne samouprave (županije).*
- *Financiranje 4 pilot projekta navodnjavanja 100% iz sredstava Državnog proračuna i Hrvatskih voda.*
- *Financiranje projektne i ostale dokumentacije sustava navodnjavanja: 50% Državni proračun i 50% jedinice regionalne samouprave (osim posebno definiranih Sporazuma o sufinanciranju).*

- Financiranje sanacije (rekonstrukcije) postojećih sustava navodnjavanja različitim omjerima između Državnog proračuna, Hrvatskih voda i/ili jedinica regionalne samouprave, ovisno o veličini sustava i kriterija NAPNAV.
- Financiranje izgradnje sustava navodnjavanja različitim omjerima između Državnog proračuna, iznimno Hrvatskih voda i jedinice regionalne samouprave, ovisno o veličini sustava, sukladno kriterijima NAPNAV-a i Sporazumima o sufinanciranju programa izgradnje sustava navodnjavanja.

Za provedbu NAPNAV kao strateškog dokumenta Hrvatske nadležno MINISTARSTVO I HRVATSKE VODE kao i ostale nadležne VLADINE INSTITUCIJE trebaju pravovremeno i kvalitetno izvršiti sljedeće aktivnosti i poslove:

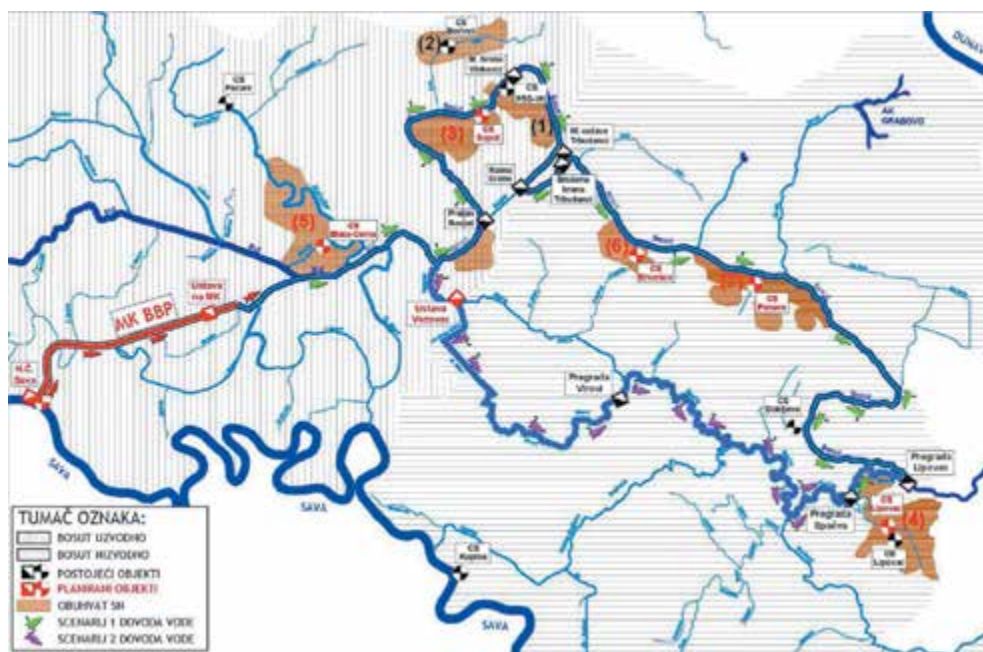
- Prilagodba postojećih zakonskih propisa i donošenje novih zakonskih akata koji su bitni za izgradnju, održavanje i gospodarenje h.s. navodnjavanja
- Definiranje kriterija za ocjenu i rangiranje potreba izgradnje projekata za navodnjavanje – većim dijelom izvršeno
- Definiranje slijeda postupaka za dobivanje dozvole i suglasnosti za izgradnju h.s. navodnjavanja – većim dijelom izvršeno
- Planiranje i osiguranje sredstava za sufinanciranje izrade strateške i detaljne projektne dokumentacije – većim dijelom izvršeno
- Planiranje i osiguranje sredstava za provedbu pilot-projekta navodnjavanja
- Planiranje i osiguranje sredstava za izgradnju infrastrukture za navodnjavanje – dijelom izvršeno.

Poslove i utjecaj Agencije za navodnjavanje kao stručnog i administrativnog tijela za provedbu NAPNAV-a preuzele su Hrvatske vode, i to putem Jedinice za provedbu NAPNAV u sustavu Direkcije HRVATSKIH VODA, osobito obavljanjem sljedećih aktivnosti i poslova:

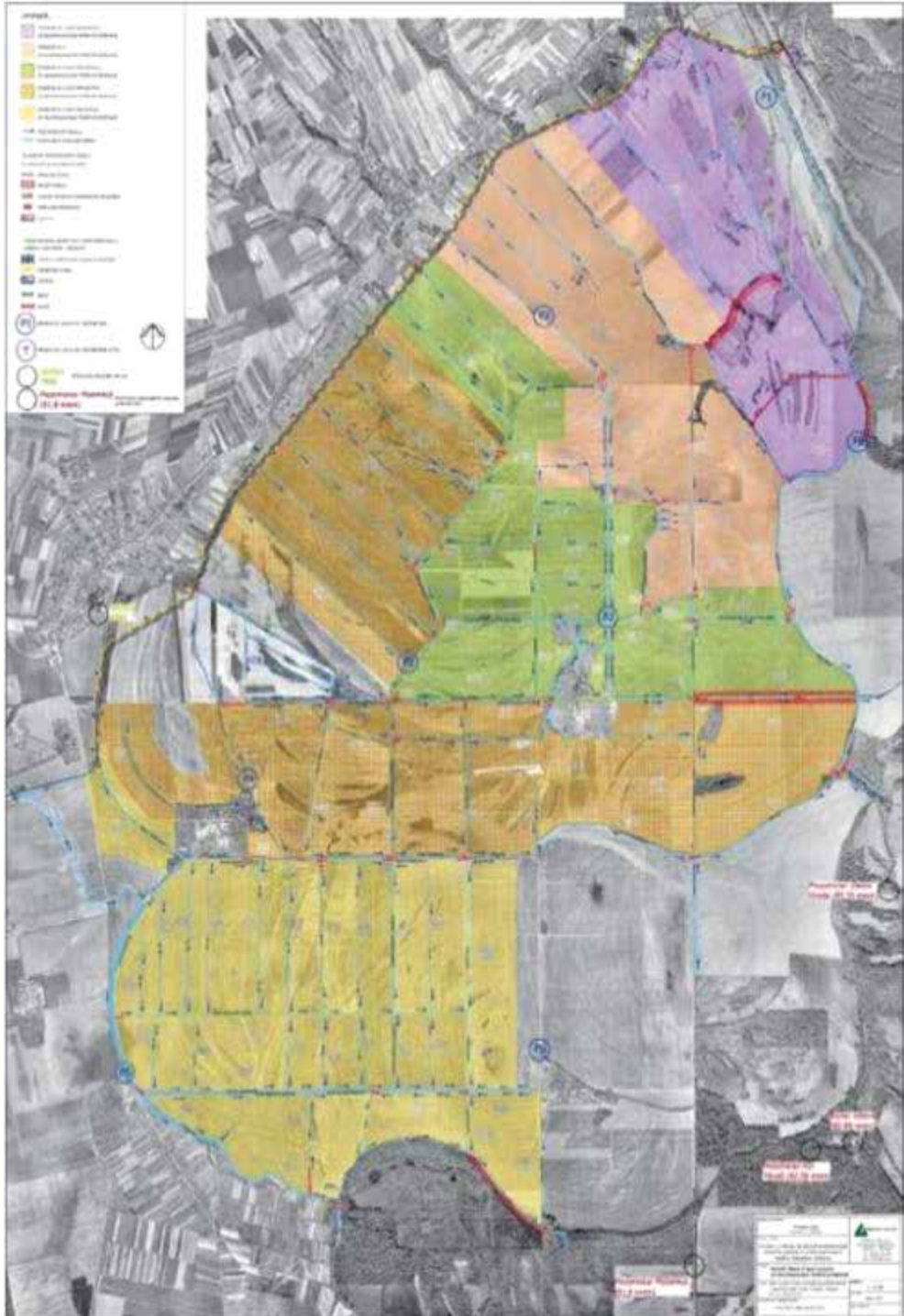
- vođenje i praćenje ostvarenja programa NAPNAV
- priprema godišnjih programa navodnjavanja
- stručne revizije, odobravanje i provođenje planske dokumentacije
- stručno vođenje pilot-projekta navodnjavanja
- stručna revizija, odobravanje i provođenje planske dokumentacije
- stručno vođenje pilot-projekta navodnjavanja
- stručna revizija, odobravanje i praćenje izrade projektne dokumentacije javnih i privatnih projekata te komisiono vođenje programa izrade projektne dokumentacije javnih i privatnih projekata te komisiono vođenje programa izrade projektne dokumentacije javnih sustava navodnjavanja putem ovlaštenika/voditelja projekata Hrvatskih voda i Povjerenstva za reviziju tehničke dokumentacije iz domaće hidrotehničkih melioracija.
- sudjelovanje u organiziranju građenja i stručnog nadzora nad izgradnjom javnih i privatnih projekata navodnjavanja
- prikupljanje podataka o korištenju vodnih građevina u svrhu navodnjavanja
- definiranje i osiguranje uvjeta za zahvaćanje vode za navodnjavanje

- stručna pomoć jedinicama regionalne samouprave u organizaciji i provedbi procesa navodnjavanja
- sudjelovanje u predlaganju i definiranju zakonodavnih i pripadajućih pravilnika u području zakonodavnih i pripadajućih pravilnika u području hidrotehničkih melioracija
- izrada stručnih izvješća *Stručnom timu* za provedbu NAPNAV i nadležnom ministarstvu
- informiranje stručne i šire javnosti o provedbi programa NAPNAV-a
- suradnja sa stručnim udrugama u području vodnog gospodarstva Hrvatske (HDON, HHD, HDVB, HDZV, ICID)
- suradnja s nastavnim i znanstvenim institucijama.

Od 2004. do 2016. g. izvršene su aktivnosti i poslovi na izradi planske i studijske te projektne i ostale dokumentacije vodnih građevina i sustava za navodnjavanje na 3987 ha te je izgrađeno 9 novih h.s. za navodnjavanja 8327 ha – ukupno 12314 ha. Do 2016. g. završena je izgradnja dva pilot-projekta navodnjavanja, i to: SN dijela Biđ-bosutskog polja sa zahvatom i dovodom vode iz Save i *SN Opatovac* sa zahvatom i dovodom vode iz akumulacije *Opatovac* (između Vukovara i Iloka). Na slici 6 i prikazan je dovodno-razvodni kanal za navodnjavanje dijela Biđ-bosutskog polja, dok je na slici 7 prikazano navodnjavanje dijela melioracijskog područja u Baranji.



Slika 6 – Dovodni kanal za navodnjavanje dijela Bid-bosutskog polja



Slika 7 – Sustav navodnjavanja dijela melioracijskog područja u Baranji

5. Prijedlog aktivnosti i poslova za uspješniji razvoj hidrotehničkih melioracija u 21. stoljeću – preduvjet razvoja poljoprivrede Hrvatske

1. Postojeći hidromelioracijski sustavi moraju proći proces modernizacije, kako bi se osigurala njihova učinkovitost, što bi trebalo rezultirati stabilnim i većim prinosima uzgajanih biljnih kultura. Sve se to mora provesti unutar načela održivog gospodarenja zemljištem i vodama.
2. Potrebno je razvijati integralni pristup rješavanju problema hidromelioracijskih sustava. Uz zahtjeve za proizvodnjom dovoljne količine hrane s ograničenim vodnim resursima, ali i djelovanje poplavnih voda, znači da su ključna pitanja korištenja vode i tla te upravljanje njima u poljoprivrednom sektoru.
3. Integralnim razvojem sustava odvodnje i navodnjavanja maksimalizirat će se uporaba vode, smanjiti duboko procjeđivanje i ostali gubici vode. Moraju se redefinirati projektni kriteriji, pravila pogona i upravljačke strategije. Što se tiče modernizacije postojećih sustava, moraju se uzeti u obzir interakcije između upravljanja vodama i visine priroda kultura, učinci na vodne resurse i utjecaj na druge dijelove okoliša.
4. Za dugoročno rješavanje problema izgradnje, održavanja, sanacije, rekonstrukcije i daljnji razvitak hidromelioracijskih sustava potrebno je uspostaviti pristup funkcionalnih cjelina o okviru kojih bi se korištenjem GIS tehnologije integrirali svi podaci o izgrađenosti, stanju i funkcionalnosti melioracijske odvodnje, podaci o korisnicima i vrsti proizvodnje te u što kraćem roku učinilo sljedeće:
 - izraditi aktualan program potrebnih radova po slivnim područjima i funkcionalnim cjelinama,
 - izraditi popis vlasnika i korisnika poljoprivrednog i ostalog zemljišta na području svih hidromelioracijskih sustava,
 - definirati obveze sudionika u procesu upravljanja i gospodarenja hidromelioracijskim sustavima,
 - organiziranim planom započeti i kontinuiranim aktivnostima promijeniti odnos i gledišta vlasnika i korisnika zemljišta o potrebama i načinu dogradnje i održavanja sadašnjih i izgradnje novih hidromelioracijskih sustava,
 - stvoriti zakonske i materijalne osnove za provedbu Pravilnika o tehničkim, gospodarskim i drugim uvjetima uređenja i održavanja sustava melioracijske odvodnje kao sastavnog dijela Zakona o vodama i Zakona o financiranju vodnog gospodarstva,
 - u državnom proračunu i županijskim proračunima planirati i osigurati financijska sredstva za sve te aktivnosti.



Slika 8 – Utjecaj navodnjavanja na razvoj sjemenskog kukuruza

5. Kroz Nacionalni program navodnjavanja u Republici Hrvatskoj, a prvenstveno korištenjem sredstava Europskog fonda za ruralni razvoj, planirati modernizaciju postojećih i izgradnju novih sustava uzimajući u obzir komparativne prednosti pojedinih poljoprivrednih regija i vodnih područja. U realizaciji programa navodnjavanja kao polazište koristiti postojeće strateške dokumente razvoja Republike Hrvatske.
6. Ulaganjem financijskih sredstava za izgradnju hidromelioracijskih sustava za navodnjavanje smanjuju se sve češće i veće štete od suša u poljoprivrednoj proizvodnji, a to je i preduvjet smanjenja platnog deficita u poljoprivredi.
7. Mjerama upravljanja hidromelioracijskim sustavima treba pristupiti organizirano u cilju njihovog racionalnijeg korištenja za potrebe održavanja vodno-zračnog režima poljoprivrednih zemljišta prema zahtjevima optimalnog razvoja biljnih kultura.
8. Nužno je nastaviti i intenzivirati znanstveno-istraživački rad kao temelj za nalaženje i primjenu novih tehničko-tehnoloških rješenja. Poticati multidisciplinarnе projekte kojima će se sveobuhvatnije sagledati problem izgradnje, upravljanja i održavanja hidromelioracijskih sustava.

U hidromelioracijskim sustavima istraživanja su nedovoljna, kao i primjena tih istraživanja te primjena novih tehnologija. Značajno je pitanje kontrole štetnih utjecaja melioracijskih sustava na tlo i kakvoću vode. Posebno je istaknuto pita-

nje procedura upravljanja sustavima, osobito u pogledu novih tehnologija. Pozornost valja posvetiti problemima modernizacije hidromelioracijskih sustava. Istraživanja treba usmjeriti na sljedeće teme:

- određivanje optimalne modernizacije sustava, njihova pogona i održavanja;
- poboljšanje proračuna evapotranspiracije;
- racionalno određivanje potreba biljaka za vodom;
- zajedničko korištenje površinske i podzemne vode;
- procedure integralnog planiranja, izgradnje pogona i održavanje sustava;
- primjena tehnologija za modernizaciju sustava;
- primjena i kontrola učinkovitosti agrotehničkih mjera na hidromelioriranim zemljištima;
- istraživanje i procjena utjecaja na okoliš i nalaženje mjera za njihovo smanjivanje;
- razvoj institucionalnih i financijskih pitanja.

9. O broju i kvalifikaciji ljudskih resursa – kadrova svih razina uvelike ovisi primjena odgovarajućih tehnologija i aktivnosti istraživanja u području hidrotehničkih melioracija. Potrebno je primijeniti njihovo znanje i iskustvo za rješavanje problema i prilagodbu raspoloživih tehnologija lokalnim prilikama, upravljanje pogonom sustava i njihovim održavanjem takve potrebe.
10. Stvarati tehničke, prostorne i financijske uvjete za stalnu suradnju nadležnih vodnogospodarskih i poljoprivrednih i obrazovnih institucija u cilju redovnog, ali i cjeloživotnog programa obrazovanja kadrova za potrebe ostvarenja programa u području hidrotehničkih melioracija.
11. Za poslove redovitog održavanja hidromelioracijskih sustava potrebno je osigurati financijska sredstva putem naknade za uređenje voda, odnosno dosljednom provedbom Zakona o financiranju vodnog gospodarstva.
12. Potrebno je izraditi program provedbe (re)komasacija zemljišta što je preduvjet za ostvarenje optimalnih tehničkih i financijskih projektno izvedbenih rješenja hidromelioracijskih sustava kao sastavnog dijela dugoročnog programa razvoja poljoprivrede Hrvatske.
13. Predlaže se pokretanje novih pilot-projekata kojima bi se istražile potrebe i mogućnosti navodnjavanja u Hrvatskoj na više slivnih područja na kojima će sudjelovati stručn-znanstveni kadrovi u području poljoprivrede i vodnog gospodarstva, ali i programa cjeloživotnog obrazovanja.
14. Nužno je uspostaviti tješnju suradnju različitih tijela državne uprave, gospodarskih subjekata, stručnih službi i poljoprivrednih proizvođača u kvalitetnoj provedbi ciljeva strateških dokumenata poljoprivredne politike i vodnog gospodarstva.

stva Republike Hrvatske. Riješiti odnose, ali i obveze korisnika i vlasnika poljoprivrednog zemljišta.

15. Nužna je stalna prilagodba stanja u Hrvatskoj s europskom poljoprivrednom i vodnom praksom i pravnom stečevinom.
16. Nastaviti s organizacijom stručno-znanstvenih skupova te kontinuirano upoznavanje javnih medija sa stanjem, značenjem, i problemima izgradnje, održavanja i gospodarenja hidromelioracijskim sustavima kao sastavnog dijela dugoročnog razvoja poljoprivrede i vodnog gospodarstva Republike Hrvatske. Treba uporno nastojati da mediji o tome informiraju javnost, a ne samo kada se događaju poplave i suše čije posljedice dovode do smanjenja proizvodnje i povećanja uvoza hrane te povećanja platnog deficita Hrvatske.
17. Dosljedna provedba zakonodavstva u području vodnog gospodarstva i poljoprivrede, ali i smanjenje rokova u procesu izrade planske i projektne i ostale dokumentacije u području hidromelioracijskih melioracija.
18. Inozemna iskustva država s razvijenim vodnogospodarskim i poljoprivrednim djelatnostima potvrdila su njihov direktni utjecaj na visoku razinu cjelokupnog gospodarskog i društvenog razvoja tih država. Za uspješno rješavanje zadataka i ostvarenje programa u području hidrotehničkih melioracija bitno je uvažavanje mjerodavnih pokazatelja terenskih obilježja melioracijskih područja, ali i uvažavanje potreba optimalnog razvoja biljnih kultura kao i provedbe mjera zaštite okoliša, održivog razvoja te integralnog upravljanja i gospodarenja vodama i zemljištem. To je sastavni dio programa proizvodnje kvalitetne hrane kako za vlastite potrebe stanovnika Hrvatske tako i za potrebe turizma te izvoza hrane i smanjenja platnog deficita Hrvatske.

Literatura

1. Marušić, J., *Analiza građenja hidromelioracijskih sustava u Hrvatskoj od 1975. do 1990. g.* Građevinar, 44, Zagreb, 1992., str. 445-452
2. Tomić, F., Buntić, Z., Marušić, J., *Uređenje poljoprivrednih površina u Hrvatskoj*, Hrvatske vode, 1 (1), Zagreb, 1993., str. 51-60
3. Tomić, F., Marušić, J., *Uloga melioracija u razvoju agrara Hrvatske*, Poljoprivredne aktivnosti, 30, Zagreb, 1993., str. 413-420
4. Marušić, J., *Potreba i značenje hidromelioracijskih sustava podzemne odvodnje u Hrvatskoj*, Prva hrvatska konferencija o vodama, Dubrovnik, 1995., str. 449-561
5. Tadić, L., Marušić, J., *Efekti podzemne odvodnje na slivu Karašice i Vučice*, Građevinar, 48, Zagreb, 1996. str. 719-726
6. Marušić, J., *Održavanje hidromelioracijskih sustava za odvodnju u Hrvatskoj*, Građevni godišnjak, 97, Zagreb, 1997. str. 329-372

7. Marušić, J., Mađar, S., Tomić, F., *Hidromelioracijski sustavi za odvodnju sjetvene površine i prihodi pšenice i kukuruza u Hrvatskoj od 1976. do 1996. g.* Hrvatske vode, 6 ,22, Zagreb, 1998., str. 1-20
8. Marušić, J., *Komasacije i hidromelioracije zemljišta – preduvjet dugoročnog i stabilnog razvitka poljoprivrede*, *Geodetski list*, Zagreb, 2000., str. 105-120
9. Hrvatska gospodarska komora: *Podaci o zasijanim i žetvenim površinama i prinosima biljnih kultura u Hrvatskoj od 1996. do 2001. g.*, Zagreb, 2001. g.
10. Tomić, F., *Razvojne mogućnosti melioracijskih sustava u Hrvatskoj*, *Hrvatske vode*, 11 (2003.), Zagreb,45, str. 375-380
11. Tadić, L., Tadić, Z., Đuroković, Z., *Suvremeni pristup mogućnosti melioracijskih sustava u Hrvatskoj*, *Hrvatske vode*, 11 (2003.), Zagreb,45, str. 381-388
12. Marušić, J., *Izgradnja hidromelioracijskih sustava za odvodnju u Hrvatskoj* Hrvatske vode, 11 (2003.), Zagreb,45, str. 433-444
13. Romić, D., Josipović, M., Cibilić, A., Ondrašek, G., *Navodnjavanje-mjera suvremene poljoprivrede*, Hrvatske vode, 11 (2003.), Zagreb,45, str. 525-520
14. Marušić, J., *Stanje i značenje hidromelioracijskih objekata i sustava za poljoprivrednu proizvodnju u Hrvatskoj* Priručnik hidrotehničke melioracije, III. kolo, knjiga 1, GF Rijeka, HDON i HHD Zagreb, 2003., str. 53-95
15. *Nacionalni projekt navodnjavanja i gospodarenja poljoprivrednim zemljištem i vodama u R. Hrvatskoj – NAPNAV*, Agronomski i Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i devet stručno-znanstvenih institucija, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva, 2005., str. 149
16. Romić, D., Tomić, F., Holjević, D., Marušić, J., Mađar, S., *NAPNAV i njegova realizacija u svrhu uređenja poljoprivrede*, *Znanstveni skup* Melioracijske mjere u svrhu unapređenja ruralnog prostora s težištem na NAPNAV, HAZU, Zagreb, 2007., str. 77-97
17. Holjević, D., Marušić, J., Romić, D., *Projektiranje i izgradnja sustava za navodnjavanje u Hrvatskoj*, Sabor Hrvatskih graditelja, Cavtat, 2008., str.881-894
18. Petošić, D., *Drenaža* Sveučilišni udžbenik, Agronomski fakultet. Zagreb, 2015., str. 1-209
19. Đuroković, Z., Galiot, M., Holjević, D., *Stanje provedbe NAPNAV-a i daljnje razvojne mogućnosti i Hidrotehničke melioracije u Hrvatskoj*, Zbornik radova, Zagreb, Višnjica, str. 13-22
20. Marušić, J., Holjević, D., *Stanje izgrađenosti i problemi održavanja hidromelioracijskih sustava površinske odvodnje* Zbornik radova, Zagreb, Višnjica, 2016., str. 55-68.

Hydrotechnical Amelioration Facilities – Prerequisite for the Successful Agriculture Development of Croatia in the 21st Century

Marušić Josip¹, Holjević Danko², Josipović Marko³

¹Croatian Society for Drainage and Irrigation; josip.marusic12@gmail.com

²Hrvatske vode; danko.holjevic@voda.hr

³Agricultural Institute Osijek, marko.josipovic@poljinis.hr

*The primary objective of hydrotechnical amelioration facilities is the construction of water facilities which create and maintain the water regime of agricultural soils according to the needs of their optimal development and achievement of high crop yields. A systemization and analysis of climate, hydrological, topographic, pedological and geomechanical data of the relevant areas lead to a proposal of the implementation of hydrotechnical amelioration facilities, i.e. design and implementing solutions for water facilities and hydrotechnical amelioration systems for **surface drainage, subsurface drainage and irrigation.***

Of the total amelioration surfaces amounting to 1,673,792 ha, the completely constructed hydrotechnical amelioration systems with surface drainage account for 43.3% whereas the incompletely constructed ones account for 19.4% of the land. Of the total needs on the 822,350 ha, hydrotechnical amelioration systems with subsurface drainage have been completely constructed on 14.8% of the land while the incompletely constructed ones account for 3.3%. Of the 484,026 ha of suitable amelioration surfaces, only 18,500 ha, i.e. 3.8% are irrigated.

The insufficient levels of construction and maintenance of hydrotechnical amelioration systems is causing a reduced production of crops and unjustified increase in food imports and foreign debt of the Republic of Croatia. Developed countries have proven that the construction level and regular maintenance of hydrotechnical amelioration systems are a prerequisite for a more successful development of agriculture which is an integral part of the total economic development of every country.

Key words:

hydrotechnical amelioration facilities, water regime, development, crops, yields

Razvoj primarnog helikopterskog hitnog medicinskog servisa HEMS na području RH, s elementima zaštite i spašavanja SAR

Miloš Ivan

Centar za prometno inženjerstvo HATZ-a
ivan.milos6@inet.hr

Ulaskom u punopravno članstvo Europske unije (EU) Republika Hrvatska (RH) je postala obveznikom ispunjavanja brojnih europskih standarda u različitim područjima društvenog i gospodarskog sustava. Da bi potakla pokretanje složenih procesa usklađivanja s EU standardima u područjima od općeg interesa, Europska komisija (EK) je osigurala različite izravne i kohezijske fondove za sufinanciranje strateških programa i projekata s nepovratnim financijskim sredstvima. Za operativno korištenje fondovskih bespovratnih financijskih sredstava bilo je potrebno izraditi državnu strategiju razvoja minimalno do 2020. godine i projekttnu dokumentaciju za operativne projekte uz strogo poštovanje propisanih procedura i sadržaja za svaki projekttni zadatak. Jedan od programa i operativnih projekata, koje je RH obvezna izraditi i pokrenuti proces njegove aplikacije, predstavlja i razvoj primarnog helikopterskog hitnog medicinskog servisa HEMS (Helicopter Emergency Medical Service) na svom području s elementima zaštite i spašavanja SAR (Search and Rescue, potraga i spašavanje) koji je **predmetom ovih istraživanja**. Iako se radi o funkciji od općeg interesa, projekt se aplicira u uvjetima ekonomske održivosti uz sufinanciranje iz EU fondova sa ciljem da se uskoro funkcionalno proširi i na Jadransko-ionsku EU makro regiju.

Ključne riječi:

Europska unija, bespovratna financijska sredstva, operativni projekti, primarni helikopterski hitni medicinski servis RH.

1. Uvod

Kod promišljanja projekta koji djeluje na čitavom ozemlju RH, obzirom na zadaće primarne hitne medicine i spašavanja, u vertikalnoj komponenti, nužno je voditi računa o specifičnim planinskim i morsko otočnim zahtjevima te pokrivanju svih

prometnih sustava, turizma te teško dostupnih, prometno izoliranih dijelova zemlje. Zato je za početak nužno uspostaviti najmanje 4 trajne helikopterske baze, od čega bi jedna bila servisna baza te uz to osposobiti bolničke heliodrome sukladno Pravilniku o heliodromima (gradnja, registracija).

Iz dvije kopnene baze djeluje po jedan takav identični dvomotorni helikopter. Djelovanjem iz dvije primorske baze pokriva se i planinski dio Gorskog kotara i Velebita i u složenim meteorološkim uvjetima niske naoblake, ali bez zaleđivanja.

Oprema predmetnog tipa helikoptera sadržava medicinsku opremu, dizalicu (hoist) 270 kg te sustav glavne kuke (sling) 1000 kg. Navigacijska oprema treba biti instrumentalnog tipa uz meteo radar te sigurnosnu opremu tipa IR kamere, sjekače kablova, dodatne gazne površine za meki teren te nite sun reflektor za noć (slika 1).

Radi specifičnog geografskog oblika RH uputno je iskoristiti poticaje za prekograničnu suradnju s razine EU te pokušati na toj razini uključiti BiH u zajednički sustav, kako bi sustav u cjelini bio efikasniji, ali i jeftiniji po satu leta i prevezenom/spašenom pacijentu.

Jezik komunikacije pri urgentnim poslovima osobito je važan. Pri razvoju ovog projekta potrebno je voditi računa da je posada mješovitog tipa u smislu nadležnosti i/ili pripadnosti organizaciji, ali svi skupa lete po pravilima Operativnog priručnika operatora, u ovom slučaju koncesionara. Primarni jezik komunikacije je zato hrvatski, kojega moraju znati svi članovi posade. Smatra se sigurnosnim rizikom da medicinski i letački dio posade govore različitim materinjim jezicima, tj. da se međusobno moraju sporazumijevati na nekom trećem jeziku. Hrvatski jezik je prihvatljiv i u slučaju suradnje prema BiH i kasnije Crne Gore. Istovremeno jezik avijacije je engleski. Zato je poželjno poznavanje engleskog jezika kod svih članova posade zbog međunarodne komunikacije. Pretpostavka je da će biti nužno, unutar operatora, uspostaviti sustav školovanja engleskog jezika kako bi se postigla barem minimalna standardna razina (ICAO level 4) ili više.

Poslovi potrage i spašavanja te hitni sekundarni medicinski prijevozi izvode se od 1996. pa sve do danas s neprikladnim vojnim inačicama helikoptera Mi8MTV ili po najnovijem Mi171sh. Ovi helikopteri nemaju odgovarajuću odnosno punu funkcionalnost za prethodno navedene potrebe te se koriste kao nužno i privremeno rješenje. Uz sve to, ulaskom u punopravno članstvo EU njihov rad u civilnom sektoru, a to su sve operacije koje se ne mogu smatrati vojnim, neće biti moguć jer djelovanje dosad nije ustrojeno prema odgovarajućoj organizacijskoj strukturi i certifikatima. Veliki problem pri korištenju istih helikoptera predstavlja pomanjkanje osiguranja štete na helikopterima, posadama, putnicima i trećim osobama te stvarima. Osim toga, radi se o helikopterima koji su opremljeni samo za VFR dnevno i noćno letenje (u uvjetima vidljivosti). Nadalje, zbog svoje veličine oni nisu opti-

malni za slijetanje i izvlačenje u SAR (Search and Rescue, potraga i spašavanje) ili za operacije medicinske evakuacije s auto cesta.

Za izgradnju zračnih luka i heliodroma na području Republike Hrvatske potrebno je uložiti značajan razvojni kapital iz fondova EU i komercijalnih investitora kako bi se ovaj sustav usuglasio s EASA standardima. Preliminarna istraživanja pokazuju da je moguće ostvariti uvjete održivog poslovanja odnosno poslovanja po gospodarskom računu. Postojeće interventne heliodrome također treba usuglasiti sa sigurnosnim standardima EASA tj. Pravilnikom o heliodromima.

Uspostava ovakvog servisa je neutralna za proračun RH, ali s druge strane predstavlja nuždu u skladu sa standardima punopravnog EU članstva.

Sukladno postavljenom predmetu i problematici istraživanja postavljena je **znanstvena hipoteza**: Ekonomska održivost i ostvarivanje općeg interesa predstavljaju *conditio sine qua non* u pripremi, aplikaciji i sustavnom razvoju predmetnog projekta te njegovom proširenju na Jadransko-ionsku EU makro regiju, kao posebno iskazani interes EK (*Europske komisije*).

2. Analiza tržišta helikopterskog servisa

U suvremenim i visoko razvijenim zemljama gdje se posluje po tržišnim načelima i gdje se konkurencija javlja u funkciji poticanja permanentnog razvoja zbog uključivanja na izbirljivo međunarodno tržište svaki komercijalni projekt treba se voditi i planirati po marketinškim načelima. U trenutku pripreme i aplikacije ovoga projekta može se utvrditi da tangentno tržište nije u snažnom fokusu otvorene klasične konkurencije pa se njegovo težište može usredotočiti na strukturne elemente njegove temeljne funkcije.

Temeljem spoznaje o tržištu i tržišnoj politici zračnog prometa na predmetnom području analizirat će se tri međusobno povezana dijela promatrane cjeline: **1) Tržište nabave opreme (helikoptera), 2) Tržište prodaje, 3) Sažetak analize tržišta s procjenom ostvarenja prihoda i troškova.**

2.1. Tržište nabave opreme (helikoptera)

Izbor odgovarajućeg tipa helikoptera sveden je na dva EU proizvođača EC (Airbus Helicopters ex Eurocopter) i AW (Agusta Westland) s time da treba voditi računa o

ekonomskom modelu u smislu pokrivanja čitavog teritorija RH sa što manjom razinom ukupne investicije, vodeći računa o postizavanju brzine „zlatnog sata“.

Temeljem tih ulaznih parametara odabrano je rješenje manjeg broja baza, tj. 4 ukupno (Rijeka, Split/Hvar, Zagreb, Osijek/Slavonski Brod) s mogućnošću pozicioniranja 5-og (petog), inače pričuvnog helikoptera u Dubrovniku, tijekom 3-4 ljetna mjeseca. Manji broj baza uvjetuje prosječnu minimalnu putnu brzinu od najmanje 280 km/h. Uz sve to potrebno je voditi računa o udaljenosti do najbližeg logističkog centra proizvođača te mogućnosti školovanja, specijalizacije i kontinuiranog treninga osoblja.

Budući da proizvođač EC nema odgovarajući tip helikoptera u svome programu, postavio se racionalnim izbor Agusta Westland tip AW109SP, koji se koristi vrlo uspješno u REGA CH (Švicarska), kao najstarijoj, gotovo referentnoj organizaciji na svjetskoj razini. Najnovija inačica nazvana „Da Vinci“ po svojoj opremi i performansama u potpunosti odgovara uvjetima u RH. Kao dodatnu opremu potrebno je dodati samo sustav za plutanje u opasnosti (emergency floats) zbog operacija na otvorenom moru izvan granica 10 min. leta prosječnom brzinom od kopna.

Izborom ovog tipa helikoptera smatra se da je moguće uspostaviti minimalne servise do ciljanog roka ljeta 2018, pri čemu ne treba isključiti alternaciju sustava prema tipu AW169 ili AS365 N3+ Dauphin (Airbus Helicopters); međutim, zbog jednostavnosti do kraja ovog članka u opisu se spominje samo AW109SP.

2.2. Tržište prodaje

Ovim projektom predviđena je uspostava dnevnog servisa iz 4 baze na ozemlju RH od izlaska sunca do pola sata nakon zalaska sunca. Kao osnova za izračune uzeta je prosječna razina cijena u susjednoj Italiji zbog sličnosti u konfiguraciji te bogatoj tradiciji srodnih servisa.

Mogući dugoročni izvori financiranja:

Postojeći izvori

- HZKP preleti zrakoplova (ICAO Annex 12);
- Postotak obaveznog osiguranja motornih vozila, plovila, zrakoplova;
- Postotak iz cestarina autocesta;
- Sustav životnih osiguranja;
- Sustav postojećeg dodatnog zdravstvenog osiguranja;
- Postojeći sustav HMP;
- Postojeći sustav traganja i spašavanja MPPI;
- Zakon o otocima;

- Sredstva jedinica lokalnih samouprava (županije);
- Intervencije pokrivene međunarodnim ugovorima HZZO-a;
- Sekundarni medicinski prijevoz na ozemlju RH ;
- Transporti za potrebe transplantacijske medicine;

Izvori koje je uputno ili nužno uspostaviti

- Izvori financiranja tekuće potrošnje derivata, 1 lipa taksa na goriva.
- Vinjete za „avanturiste“ (biciklizam, planinarenje, alpinizam, splavarenje, padobranstvo...);
- Međunarodni ugovori sa SPOT sustavima za spašavanje;
- Ugovori sa stranim osiguravateljima;
- Novo razvijeni osigurateljski proizvodi;
- Razvoj suradnje s postojećim državnim službama i agencijama (MRCC/SAR, DUZS, GSS);
- Prekogranična suradnja;

2.3. Sažetak analize tržišta s procjenom ostvarenja prihoda i troškova

Zadatak RH je da uredi ovaj segment tržišta, posebno da efikasno i racionalno prikupi sredstva, koja nisu proračunska te potom organizira plaćanje ugovorenih servisa.

Za zajamčeni dnevni primarni HEMS servis, od zore do sumraka, po svakoj od 4 predviđene baze potrebno je osigurati 216.000 € + PDV koji se sastoji od osnovnog iznosa za bazu od 160.000 € + 35 zajamčenih blok (letnih) sati po 1.600 € = 56.000 €.

Svi ostali servisi su po pozivu te se naplaćuju po cijeni od 3300 € za blok sat. U to se ubraja sekundarni medicinski transport, prijevoz ljudskih organa, SAR misije, prijevoz putnika (do 7), radovi i snimanja iz zraka te sve ostale operacije.

Dakle: $10.368.000\text{€} \times 7,5\text{kn/€} = 77.760.000\text{ kn}$, što predstavlja razinu sredstava koja se troše sada, za protupožarne aktivnosti po sezoni u RH (tablica 1).

U cilju racionalizacije troškova poslovanja koncesionar bi trebao u prvoj fazi poslovanja težište staviti na obnašanje osnovnih funkcija pri uspostavi helikopterskog servisa, što znači minimalna uprava i letačka operativa te servisno osoblje uz minimalan broj pomoćnih radnih mjesta (tablica 2). Sve ostalo, uključujući i medicinsko (HMP) te spašavateljsko (HVZ) osoblje, u nadležnosti drugih sudionika, dok je školovanje pilota i mehaničara organizirano po principu out-sourcing uz potporu iz EU fondova. Protekom vremena, nakon uspostave predviđenog servisa, bit će moguće razmišljati o eventualnom uključenju dijela vanjskih funkcija u strukturu tvrtke koncesionara ukoliko se to pokaže ekonomski opravdanim.

Tablica 1 – Kadrovska struktura kao baza za procjenu troškova osoblja

<u>Rijeka-Grobnik</u>		Fiksno	Sati	Cijena/h	Iznos	€
4 tehničara za dnevno održavanje Part 66 B1	AW109SP	160.000	35	1600	56.000	
4 tehničara za II i III stupanj Part 66 B2						
4 tehničara za II i III stupanj održavanja Part 66 B1						
1 voditelj održavanja Part 66 C		160.000			56.000	216.000
1 safety manager						
1 key accountable manager						
1 administrator						
4 pilota dnevna smjena						
1 liječnik dnevna smjena						
1 medicinski asistent dnevna smjena						
<u>Split/Hvar</u>						
4 tehničara za dnevno održavanje Part 66 B1	AW109SP	160.000	35	1600	56.000	
4 pilota dnevna smjena						
1 liječnik dnevna smjena						
1 medicinski asistent dnevna smjena		160.000			56.000	216.000
<u>Zagreb/Karlovac</u>						
4 tehničara za dnevno održavanje Part 66 B1	AW109SP	160.000	35	1600	56.000	
4 pilota dnevna smjena		160.000			56.000	216.000
1 liječnik dnevna smjena						
1 medicinski asistent dnevna smjena						
<u>Slavonski Brod/Osijek</u>						
4 tehničara za dnevno održavanje Part 66 B1	AW109SP	160.000	35	1600	56.000	
4 pilota dnevna smjena		160.000			56.000	216.000
1 liječnik dnevna smjena	Mjesečno		Sati			864.000
	12		140	1680	Godišnje	10.368.000

3. Tehničko-tehnološka struktura ulaganja

Tehničko-tehnološka struktura ovoga projekta implicirana je njegovom zadaćom koja se odnosi na pokrivanje ozemlja RH u standardu "zlatnog sata" s primarnom helikopterskom hitnom pomoći HEMS, što u teoriji znači da helikopter treba doći do mjesta nesreće za manje od 30 minuta od poziva kako bi unutar "zlatnog sata" stabilizirani unesrećeni (pacijent) stigao do bolničkog odjela u skladu sa medicinskim indikacijama. Pri izradi ovog projekta prišlo se od početka za uspostavom naprednog medicinskog pristupa u skladu sa recentnom međunarodnom praksom gdje se pacijent ili više njih intenzivno liječi ili stabilizira na mjestu nesreće, a potom se obavlja transport stabilnog pacijenta do prikladnog bolničkog odjela. Samim time smatra se da je „zlatni sat“ ostvaren dolaskom tima liječnika specijalista anesteziologa i/ili intenziviste do pacijenta (tablica 3). Sve ostale tehnološke operacije ostvaruju se po posebnom pozivu i standardnoj cijeni blok sata od 3300 □ + PDV tako da za njih ne važi pravilo „zlatnog sata“. Međutim, naravno da se u slučaju malih SAR operacija, kod potrage i izvlačenja 1 unesrećenog (iznimno 2), nastoji sve obaviti u što kraćem roku. U svrhu uspostave sustava predviđeno je opremanje 4 baze koje svojim rasporedom omogućavaju postizanje traženog standarda. Kako je oblik RH zahtjevan, a EU potiče i financira sve vrste prekogranične suradnje, predviđena je suradnja s BiH kako bi pokrivanje juga RH bilo efikasnije (zemljovid 1). U alternaciji uvijek ostaje alokacija rezervnog 5 helikoptera u Dubrovniku.

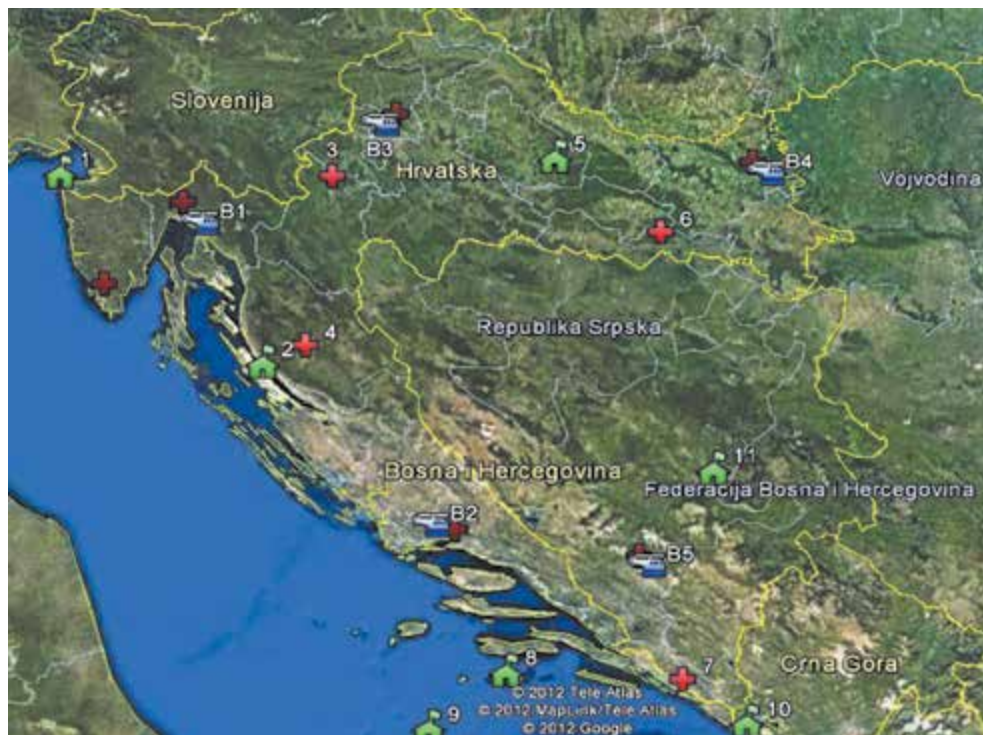
Tablica 3 – Tehnološke komponente baza helikopterskog servisa

<i>Km /min</i>	B1. Rijeka	B2. Split	B3. Zagreb	B4. Osijek	B5. Mostar
1. Savudrija	90/20*	-	-	-	-
Rijeka	0	232/52***	121/27	333/74	338/75
2. Pag	93/21	142/32**	-	-	-
Ugljan	137/30	106/24	-	-	-
3. Karlovac	83/18	-	42/9	-	-
Zagreb	121/27	252/56	0	228/51	316/70
Osijek	333/74	294/65	228/51	0	254/56
4. Gospić	98/22	-	142/32	-	-
5. Daruvar	-	-	104/23	124/28	-
6. Sl. Brod	-	-	177/39	71/16	-
Split	232/52	0	252/56	294/65	128/28
7. Dubrovnik	-	175/39	-	-	73/16
8. Lastovo	-	98/22	-	-	102/23
9. Palagruža	-	125/28	-	-	163/36
10. Prevlaka	-	221/49	-	-	113/25
11. Sarajevo	-	-	-	-	71/16

* Za prosječnu brzinu krstarenja 270 km/h, teoretski „zlatni sat“ zadovoljen

** Za prosječnu brzinu krstarenja 270 km/h, teoretski „zlatni sat“, nije zadovoljen

*** Udaljenost i vrijeme leta između baza



Zemljovid 1 – Geoprometna dimenzija baza i karakterističnih lokacija helikopterskog servisa

3.1. Utrošak sirovina, materijala, energenata i opis proizvoda

U procesu projektiranja tehnologije važno je voditi računa da helikopter predstavlja osobito složeni sustav tako da se za svaki blok sat leta može računati prosječno 1,5-1,7 h servisa. Pri tome se u bazama, a posebno na glavnoj logističkoj bazi Rijeka-Grobnik, treba osigurati odgovarajuća zaliha potrošnog materijala i rezervnih dijelova, prema predviđenim i zajamčenim 35 sati po bazi mjesečno. Na godišnjoj razini to iznosi oko 1440 h za prvih 5 godina projekta te 1680 h za slijedećih 5.

Broj sati se dijeli na 5 helikoptera što iznosi prosječno 288 h za prvih 5 godina do 336 h za slijedećih 5. Utrošak JET A1 je na razini oko 380 kg po blok satu što je oko 1/3 sadašnje potrošnje transportnih helikoptera koji isto tako uglavnom voze po jednog pacijenta.

3.2. Tehnička struktura ulaganja

Odabran je model helikoptera AW109 SP Grand New u konfiguraciji „Da Vinci“. Maksimalna brzina oko 300 km/h, cruise (putna) brzina leta 280 km/h (slike 1 i 2).



Slika 1 – Tehničke performanse helikoptera AW109 SP Grand New u konfiguraciji „Da Vinci“
 Legenda: 1.-2. Fiksni stajni trap s gaznim površinama za meki teren ili snijeg, 3. Rezač kablova, 4. Sustav kuke 1.000 kg (sling), 5. Hiost 270 kg dizalica, 6. Rezač kablova, gornji, 7. Retrovizor za sling i hoist, 8. EVS kamera, 9. Nite Sun reflektor [2]

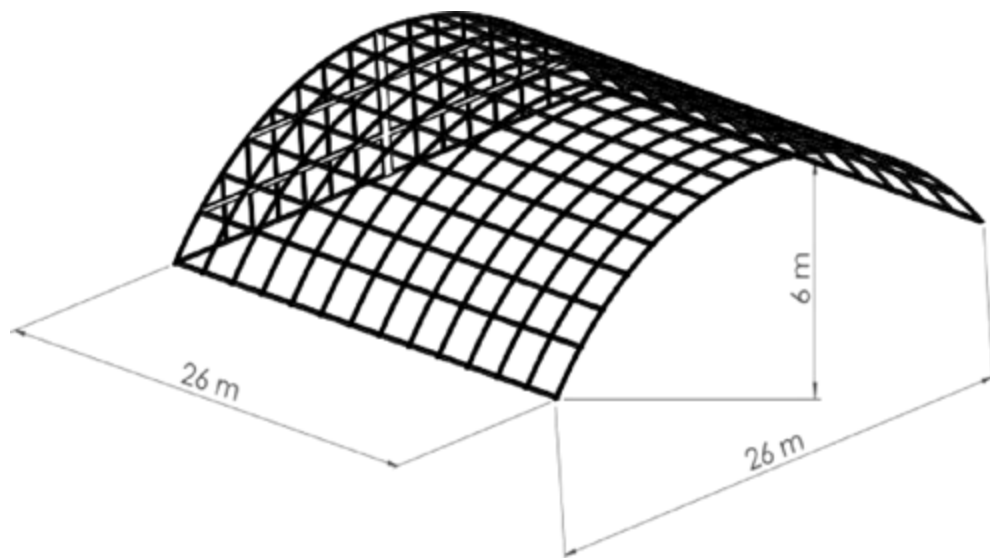


Slika 2 – Medicinska i upravljačka oprema helikoptera AW109 SP Grand New u konfiguraciji „Da Vinci“

Upravljačke performanse AW109 SP DA VINCI helikopter avionika (slika 2):

- Autopilot, dual duplex four axis digital Automatic Flight Control System (AFCS),
- Electronic Flight Instrument System (EFIS) s ugraženim Flight Management System,
- 3D Synthetic Vision & Terrain Awareness Warning System (TAWS) u EFISu,
- Radio Management System (RMS) sa podešavanjem za navigaciju i komunikaciju,
- Euronav V digitalna mapa na centralnoj konzoli
- Enhanced Vision System (EVS) infracrvena kamera,
- Oprema je razine single pilot IFR operacije,
- Night Vision Goggle (NVG) compatible cockpit, prilagođena rasvjeta [2].

Građevinski dio ulaganja sadrži ugradnju montažnih hangara, sendvič konstrukcije za koje je potrebno osigurati samo lokacijske dozvole, jer struktura nije čvrsto vezana za zemlju (slika 3).



Slika 3 – Montažni hangar, sendvič konstrukcije (Izvor: Crtež autora)

Glavna logistička baza AD Grobnik – Rijeka zahtijeva u prvoj fazi postavljanje montažnih hangara uz postojeće objekte.

Po ishodu sve potrebne dokumentacije predviđa se preseljenje u kompleks 3 nova hangara sa suprotne strane piste.

3.3. Tehnologija i organizacija HEMS/SAR

a) Služba helikopterske hitne medicinske pomoći (HEMS)

Služba djeluje na cestama, otocima, naseljima i nepristupačnim terenima. Služba intervenira u slučaju traume ili bolesti po NACA skoru (National Advisory Committee for Aeronautics). Medicinsku posadu čine liječnik i njegov asistent, slijedeći europsku praksu:

- liječnik je specijalista anesteziolog i/ili intenzivista KBC-a ili OB,
- medicinski asistent je viša medicinska sestra/tehničar sa Klinike/Zavoda za anesteziologiju i intenzivno liječenje ili iz Centra za hitnu medicinu KBC-a/OB

Obuka **liječnika** mora sadržavati ALS (Advance Life Support), ITLS (International Trauma Life Support) ili ATLS (Advance Trauma Life Support) ili ETC (European Trauma Course), APLS (Advance Pediatric Life Support) ili EPLS (European Pediatric Life Support), poznavanje tehnologije i vještina: monitoring (EKG, NIBP, SpO₂, CO₂), mehanička ventilacija, venski put, torakalna drenaža.

U Hrvatskoj postoje prethodno navedeni tečajevi koje mogu provesti Hrvatsko društvo za reanimatologiju HLZ-a (ALS, EPLS, ETC), Hrvatsko pedijatrijsko društvo HLZ-a (APLS), Hrvatsko društvo za anesteziologiju i intenzivno liječenje HLZ-a (tečajevi prve kategorije Medicinskog fakulteta: mehanička ventilacija u prehospitalnim uvjetima, otežana intubacija) i Medicinska komisija HGSS-a (ITLS). Mjesto održavanja svih navedenih tečajeva moguće je u novooperemljenom Simulacijskom centru Medicinskog fakulteta u Rijeci u Kampusu na Trsatu. Instruktorski potencijal sačinjavaju instruktori ERC-a u velikom broju sa Riječkog područja, ali i iz cijele Hrvatske.

Obuka medicinskih asistenata: ILS, ITLS.

Svi članovi medicinskih posada moraju poznavati principe spasiteljske vještine: vitlo (hoist), „fix line“ (sling), sistemi ukrcavanja, dizanja i spuštanja povrijeđenih iz helikoptera i u helikopter. Obuku može provoditi helikopterska komisija HGSS-a i/ili sam operator sukladno svom Operativnom priručniku. Sama razina obuke mora biti u skladu sa zahtjevima razine znanja tzv. Technical Crew (TC) s time da je s vremenom ovu razinu poželjno usavršavati do razine EASA Part-FCL PPL H znanja sukladno recentnoj praksi u nordijskim zemljama.

Bitno je naglasiti kako je za kvalitetnu opskrbu težih nesreća, u kojima je došlo do višestrukih po život opasnih ozljeda u pojedinog bolesnika, izrazito važan tzv. „zlatni sat“ od trenutka nastanka nesreće. Obzirom na brzinu odaziva helikoptera, brzinu leta i naveden medicinski tim može se garantirati kako će bolesnik dobiti potpunu intenzivnu skrb na „licu mjesta“ i to upravo u sklopu „zlatnog sata“. Dosadašnja praksa (engl. take and run) kada je bilo važno što prije doći do prve bolnice bi se trebala pretvoriti u efikasniju praksu (engl. stay and play) potpune opskrbe i stabilizacije bolesnika prije transporta. Višestruka je prednost ovakvog načina rada, jer bi zemaljska ekipa HMP, koja većini slučajeva dođe ipak prije na mjesto nesreće, imala osjećaj sigurnosti jer im dolazi pomoć, a do tada bi upravo ta ekipa pokušala napraviti koliko može na mjestu samog događaja. Nije smije se zanemariti da će kod opskrbe takvog bolesnika u konačnici sudjelovati 2 liječnika i 2 medicinska tehničara.

Kada se radi o drugim oboljenjima, a posebice srca, pri čemu najviše mislimo na infarkt srca u mlađe radno sposobne populacije, učinkovitost i uspješnost PCI ovisi u najvećoj mjeri o vremenu koje je proteklo od nastanka srčanog infarkta do početka zahvata. Naime, duljim trajanjem infarkta propada i veći dio srčanog mišića („time is muscle“, vrijeme je mišić). Navedena medicinska ekipa liječnik (anesteziolog/intenzivista) garancija su maksimalno kvalitetne opskrbe takvog bolesnika, dođe li do pogoršanja njegovih vitalnih parametara u bilo kojem trenutku i kada tome pridodamo brzinu transporta kojega helikopter garantir, može se reći da je bolesniku pružena najbolja moguća medicinska srb i zaštita u najkraće vrijeme.

b) Sekundarni medicinski prijevoz i transport organa za transplantaciju

S tehnološkog motrišta ovaj segment djelovanja obuhvaća prijevoz bolesnika ili organa iz jedne medicinske ustanove u drugu na daljnje liječenje. Radi se o traumatiziranim bolesnicima (politrauma, opekline, neurokirurški), kardiološkim bolesnicima (interventni kardiološki zahvati) i neonatološkim bolesnicima (prijevoz neonatusa u specijaliziranu neonatološku jedinicu).

Ekipe koja obavlja ovaj transport je prethodno navedena medicinska posada HEMS-a.

Transport neonatusa k sebi obavlja neonatološka ekipa prispjela helikopterom. Ovakva organizacija se temelji na iskustvu pedijataru intenzivista iz Splita i neonatologa iz Zagreba.

c) Potraga i spašavanje

Svaka situacija ozljeđivanja ili obolijevanja na nepristupačnom terenu ili na moru zahtijeva specijalnu spasilačku opremu i znanja koja posjeduju pripadnici HGSS-a te dio vatrogasnih jedinica. Ovisno o mehanizmu i težini ozljede ukoliko nije fizički moguće priključivanje pripadnika HGSS-a ili vatrogasca spašavatelja postojećoj medicinskoj ekipi, letač spašavatelj zamjenjuje ili se dodaje uz medicinskog asistenta. Oprema se već kod dojava mora smjestiti u helikopter. Isto tako mora se kao dio posade u helikopter ukrcati letač spašavatelj koji će doći (spuštanjem užetom, vitlom ili „fix-lineom“) do nesrećenog ili oboljelog, pružiti mu prvu pomoć i pratiti ga do mjesta ukrcaja u helikopter.

Ovakav koncept zahtijeva medicinsku obuku letača spašavatelja koja obuhvaća: BLS/AED, ITLS, osnovno poznavanje medikamenata i monitoringa u svrhu pomoći medicinskoj posadi helikoptera. Uz to, svi potencijalni članovi tima moraju proći obuku kod samog operatora sukladno važećem Operativnom priručniku. Usvojen znanja i specijalnosti se obnavljaju i verificiraju na godišnjoj razini.

d) Način rada medicinske ekipe i letača spašavatelja

Rad u helikopterskoj službi predviđa 12 satnu smjenu 09:00-21:00 i 21:00-09:00 za liječnika i medicinskog asistenta. U prvoj fazi (2-3 godine) radi nedostatka lokalnog licenciranog kadra, smatra se da će biti moguće provoditi samo dnevnu fazu, dok će noćna biti obavljana po principu pripravnosti. U oba slučaja dnevnog ili noćnog turnusa letači spašavatelji su u pripravnosti i na poziv. 12 satna smjena

podrazumijeva cikluse u rasteru od 12h rad, 24h pauza, 12h rad, 48 h pauza – sustav tako djeluje 365 dana u godini iz 4 baze na ozemlju RH. Uz korištenje godišnjih odmora osoblja izvan sezonskih maksimuma po potrebi službe.

e) Medicinska oprema

Medicinsku opremu u predmetnom projektu sačinjava: 1 monitor-defibrilator (+ rezervna baterija), 1 pokretni respirator, 1 manji portabilni ultrazvučni aparat (sada već standard u helikopterima u SAD i EU), 1 aspirator, 2 perfuzora, reanimacijski setovi u slopu reanimacijske torbe: set za koniotomiju, set za torakalnu drenažu, set za intraosealni put, imobilizacijska oprema (daska, tvrdi Shantz ovratnik, blokovi za glavu, stabilizator zdjelice, traksijska udlaga i dr.), boce s kisikom.

3.4. SAR – Nacionalna središnjica za usklađivanje traganja i spašavanja na moru, Rijeka

Po potrebi aktiviranja SAR funkcije na moru, na zadaću leti poziciji najbliži helikopter, s time da njegovo mjesto u primarnoj HEMS zadaći preuzima rezervni helikopter. Za misije SAR helikopter je opremljen vitlom (hoist) kapaciteta 270 kg te dvostrukom podvjesnom kukom (sling) kapaciteta do 1000 kg.

Moguće je korištenje sling sustava mreža za humani teret tipa NARWAL poput prikazanog na slici 4 (9 osoba ili 940 kg maks.).

Sve letjelice u službi SAR moraju biti opremljene VHF opremom za pomorsku komunikaciju, a posade biti osposobljene za rad na njoj.



Slika 4 – Sling sustav mreža za humani teret tipa NARWAL (Izvor: Fotografija autora)

Za potrebe SAR operacija predviđeno je, po potrebi, angažirati HGSS i/ili spašavatelje iz vatrogasnih postrojbi. Helikopter služi i za prijevoz stručne skupine Ministarstva mora, prometa i infrastrukture kod primjene mjesta zakloništa kako je opisano u Pravilniku o mjestu zakloništa (NN 03/2006). Za primarno saniranje mjesta onečišćenja dostavlja se i razvlači specijalna brana, tzv. boom bag, koji spada u opcionalnu opremu helikoptera.

U slučajevima kada točna pozicija spašavanja nije poznata predviđa se, za pretraživanje šireg prostora, koristiti suradnju sa novo nabavljenim zrakoplovom od strane MUP a kada/ako to nije moguće u najmu dvomotorni turbo-prop avion Turbo Let L410 FG. Isti Turbo Let L410 FG (slika 5) efikasno je sredstvo za potrebe izvidanja onečišćenja kao i patroliranja za različite potrebe.

Zrakoplov je opremljen s pozicijom osmatrača za pretraživanje u nosu zrakoplova, dva porta za kamere te vratima koja se koriste za iskakanje spašavatelja i za izbacivanje markera, splavi ili ostale nužne opreme na more ili zemlju.

Korištenje aviona predviđeno je prvenstveno radi ekonomičnosti, jer je cijena sata oko 50% cijene sata helikoptera. Stoga je helikoptere racionalno koristiti kod spašavanja sa već određene pozicije. Predmetni avion višenamjenski je koncipiran, tj. opremljen je za SAR misije, a opcionalno može se koristiti za potrebe padobranstva.



Slika 5 – Dvomotorni turbo-prop avion Turbo Let L410 FG.

4. Sažetak investicijskog programa

1. INVESTITOR

- 1.1. Naziv Koncesionar, tvrtka u osnivanju
 1.2. Adresa Rijeka, Aerodrom Grobnik LDRG

2. PROJEKT

- 2.1. Naziv projekta Investicijski program ulaganja u uspostavu helikopterskog medicinskog servisa na HEMS području RH sa elementima zaštite i spašavanja SAR.
- 2.2. Servis Primarni hitni medicinski vertikalni servis na ozemlju RH te u prekograničnoj suradnji sa susjednim zemljama.
 Aktivnosti u potragama i spašavanjima po ICAO Annex 12 SAR obvezama RH.
- 2.3. Lokacija A/D Grobnik (Rijeka), Split (Hvar), Zagreb (Karlovac) Slavonski Brod (Osijek).
- 2.4. Karakter investicije Nabavka 5 helikoptera te uspostava javnog servisa za operacije u skladu sa svim važećim propisima RH i EU EASA, JAR/EU Ops 1, Ops 3).
- 2.5. Cilj investicije Uspostava javnog servisa za opće dobro, rast, razvoj, zapošljavanje, poboljšanje kvalitete turističke ponude, poboljšanje opće sigurnosti, pomoć u slučaju nesreća te nužnosti hitnog prijevoza ljudi i opreme.
- 2.6. Početak ulaganja 15.09.2017. god.
- 2.7. Završetak ulaganja 31.12.2019. god.
- 2.8. Povrat uloga 10 godina
- 2.9. Cijene i tečaj u obračunu: Stalne u KN i EUR (1 € = 7,5 HRK)

3. PRED. VRIJED. INVESTICIJE	Kuna	EUR	%
3.1. Ulaganja u osnovna sredstva	260.625.000	34.750.000	87
3.2. Ulaganja u obrtna sredstva	39.093.750	5.212.500	13
UKUPNO:	299.718.750	39.962.500	100

4. IZVORI FINANCIRANJA

4.1. Vlastita sredstva	44.957.812	5.994.375	15
4.2. EU fondovi	254.760.937	33.968.125	85
UKUPNO:	299.718.750	39.962.500	100

5. Dinamika realizacije ulaganja

Kako bi se dostigao traženi rok najmanje 50% operativnosti do ljeta 2018. Nužno je sa ulaganjem početi najkasnije u lipnju 2017. te zaokružiti sve predviđene financijske obveze do kraja godine. U tom slučaju sasvim je realno očekivati da će **HEMS servis biti funkcionalan najmanje sa 50% kapaciteta do 1. srpnja 2018.**

Tablica 4 – Terminski plan realizacije ulaganja

Godina	Baze	Helikopteri	Aktivno financiranje €
2017.	1	–	11.200.000
2018.	2	3	27.300.000
2019.	1	2	1.462.500

6. Zaključak

Ovaj projekt predstavlja ostvarenje osobito važnog servisa, koji je nedostajao na ozemlju RH tijekom posljednjih 15-tak godina, jer je smatrano da sekundarni medicinski transport i zemaljske snage (vozila), mogu dovoljno kvalitetno ostvariti HMP (Hitne Medicinske Pomoći) servise. Međutim, realna stvarnost je, zbog velikog broja nesretnih događaja, pokazala da to nije točno. Nedostatak projektiranog servisa hitne helikopterske pomoći uočila je i EU, koja je odredila značajna bespovratna financijska sredstva, preko svojih izravnih i kohezijskih fondova, za njihovo projektiranje, instaliranje i sustavni razvoj odnosno širenje na šire EU regije kao što je Jadransko-ionska makro regija na koju će se ovaj projekt proširiti u skoroj budućnosti uz potporu iz EU.

Uspostava ovakvog servisa je neutralna za proračun RH, ali s druge strane predstavlja nuždu u skladu sa standardima njezinog punopravnog EU članstva.

S obzirom da Hrvatska očito, za jedan kraći period, ostaje bez HEMS-a kakav je prezentiran kroz pilot projekt, potrebno je prikazati kakav bi trebalo izgledati prijelazni period do stupanja na scenu HEMSA-a u punoj funkciji:

- očito da će se morati u jednom periodu vratiti na korištenje vojnog helikopterskog servisa koji je korišten i do sada,
- da bi se moglo u 2018. g. imati HEMS kakav je prikazan kroz pilot projekt, potrebno je već u veljači 2017. g. obaviti preliminarne razgovore sa budućim operaterom, kako bi isti mogao osigurati tri helikoptera za ljetnu – turističku sezonu,
- u istom periodu potrebno je osposobiti sustav iz kojeg bi se, na temelju plaćenog osiguranja i međudržavnih ugovora mogao financirati HEMS/SAR na održiv način, neutralno po Državni proračun,
- u završnoj fazi uspostave HEMS, u punom profilu, potrebno je predvidjeti izgradnju lakih (opcionalno montažnih) helipada na postojećim KBC-ima, gdje god je to moguće. Nužno je ugroženom pacijentu osigurati izravni transport iz helikoptera do kreveta bez dodatnog pretovara i dodatnog cestovnog prijevoza.

Literatura

- [1] Babić, A., Pufnik, A., Stučka, T. (2001.): Teorija i stvarnost izravnih inozemnih ulaganja u svijetu i u tranzicijskim zemljama s posebnim osvrtom na Hrvatsku, Pregledi, P – 9. Zagreb: Hrvatska narodna banka
- [2] Dedić, A., Bošnjak, M.: Republika Hrvatska u mreži paneuropskih prometnih koridora, Suvremeni promet, HZDP, Zagreb, Vol.33, 2013.,No. 5 – 6.
- [3] Miloš,I.: Tehnologija i organizacija intermodalnog prometa, Veleučilište u Rijeci, 2011.
- [4] Međunarodni projekt SETA, 2014.

Development of Primary Helicopter Emergency Medical Service (HEMS) in the Republic of Croatia with Safety and Rescue Elements SAR (Search and Rescue)

Miloš Ivan

Department of Transport, HATZ
ivan.milos6@inet.hr

By joining the European Union (EU) Republic Croatia has become obligatory in fulfilling a number of European standards in various areas of social and economic system. In order to initiate the complex processes of harmonizing with EU standards in areas of common interest, the European commission has ensured various types of direct and cohesion funds for co-financing of strategic programs and projects with irretrievable financial means.

For the operational use of funded grant funding, it was necessary to make a national strategy of development by the year 2020 and also project documentation for operative projects with strict compliance of specific procedures and contests for every project assignment.

One of the programs and operative projects which Republic Croatia is obligated to make and start the process of its application is the development of primary **Helicopter Emergency Medical Service (HEMS)**, on Croatian area with elements of protection and rescue (Search and Rescue – SAR), which is an **object of this research**. While this is a matter of general interest, the project is being applied in terms of economic sustainability with co-financing from EU funds, with a goal of spreading it on the Adriatic-Ionian EU macro region in the near future.

Key words:

European Union, grant funding, operative projects, primary helicopter emergency medical service of the Republic of Croatia.

Tehnološka unapređenja u industrijskim praonicama rublja

Pušić Tanja, Dekanić Tihana, Orešković Maja*, Soljačić Ivo

Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

*Salesianer Miettex Lotos

tpusic@ttf.hr; tihana.dekanic@ttf.hr; m.oreskovic@salesianer.hr; ivo.soljadic@ttf.hr

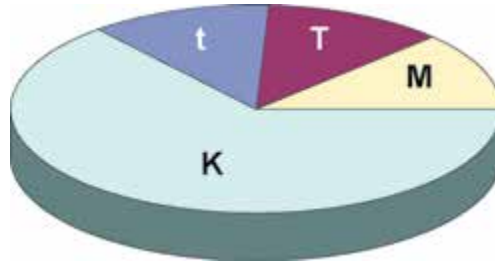
Udio mehanike, kemije, temperature i vremena u procesima njege tekstila teoretski i praktično se predstavlja Sinnerovim krugom. Tehnološka unapređenja, ekonomske i ekološke smjernice utječu na odnos pojedinih parametara u krugu i učinke. U ovom radu će se utjecaj kemije razmotriti kroz visokoučinkovite bioinovativne deterdžente u praškastom i tekućem stanju, ciljano formulirane za pranje na niskim temperaturama. Mehanika u pranju je poboljšana kroz unapređenje strojeva za diskontinuirano i kontinuirano pranje. Varijabilnost složenih parametara utječe na svojstva tekstilnih proizvoda nakon višestrukih ciklusa pranja. Sustav kontrole kvalitete, RAL-GZ 992, uveden je za objektivno vrednovanje učinaka suvremene tehnologije pranja u brojnim zemljama Europe i svijeta. Kritične kontrolne točke (CCP) ovog sustava predstavljaju temelj za utvrđivanje razine kvalitete i stupnja higijene opranog tekstila. Ovaj sustav definira metode ispitivanja i propisuje granične vrijednosti za svojstva materijala: anorganske i organske rezidue, stupanj bjeline, čvrstoću, stupanj oštećenja i stupanj higijene. Uz navedena svojstva, analiziraju se parametri kvalitete ulazne vode (tvrdoća, sadržaj iona teških metala, temperatura i mikrobiološka čistoća), površine u praonici, strojevi i vozila. U finalnom dijelu rada će se istaći primjer dobre prakse uvođenja sustava u jednu od najsuvremenijih praonica rublja u Hrvatskoj.

Ključne riječi:

tekstil, procesi, njega, pranje, kvaliteta

1. Uvod

Proces pranja se teoretski razmatra i praktično predstavlja Sinnerovim krugom (slika 1) koji se sastoji od četiri isječka. Isječke povezuje voda kao medij za pranje [1]. Udio pojedinih isječaka u idealnom slučaju je podjednak. Međutim, njihov udio u



Slika 1 – Sinnerov krug pranja (t-vrijeme, T-temperatura, M-mehanika, K-kemija)

realnim sustavima je promjenjiv, a raspodjela ovisi o vremenskom razdoblju i potrebama racionalizacije procesa. Proces pranja se nekad odvijao na visokim temperaturama čime se postizao dobar učinak dezinfekcije (termička dezinfekcija). Visoke temperature pranja su danas rjeđe zastupljene pa se termički utjecaj nadoknađuje izborom visokoučinkovitih deterdženata koji osiguravaju stupanj čistoće i dezinfekcije opranog rublja. Ove formulacije deterdženata sadrže anionske, neionske i amfoterne površinski aktivne tvari koje u sinergiji s ostalim komponentama (bjelila, alkalije) doprinose kvaliteti opranog rublja. Tekuće formulacije su sve zastupljenije kao i komponentni sustav njihovog doziranja zbog mogućnosti boljeg postavljanja procesa pranja prema vrsti, obojenju i stupnju zaprljanja rublja. Komponente se doziraju automatski čime se postižu značajne uštede sredstava za pranje i energije. Deterdženti za komponentno pranje se sastoje od alkalne komponente za prepranje, komponente za bijeljenje u prepranju, tenzidne komponente za pranje, komponente za bijeljenje u pranju i komponente za neutralizaciju.

Strojevi za industrijske praonice mogu biti diskontinuirani i kontinuirani, a većina praonica ima jedne i druge. Udio mehanike u pranju je visok, poglavito s obzirom na činjenicu da je omjer kupelji u kontinuiranim strojevima za pranje smanjen na 1:3 do 1:4. Dobro koncipirani strojevi mogu značajno doprinijeti racionalizaciji i kvaliteti procesa.

Globalno gledajući, suvremeni uvjeti pranja se usklađuju sa smjernicama održivog razvoja koje uključuju mjere: smanjiti potrošnju energije u procesu, smanjiti njene gubitke, upotrijebiti manje štetnih kemikalija, primijeniti učinkovite i biorazgradive deterdžente, smanjiti omjere kupelji i smanjiti opterećenje otpadnih voda [2]. U skladu s tim u industrijske praonice se implementiraju KET (*key enabling technologies*) tehnologije, tablica 1.

Primjena KET tehnologija u odnosu na klasične tehnologije omogućava višestruke prednosti i koristi: racionalizaciju procesa, ekološku usklađenost i unaprijeđenu kvalitetu procesa pranja. Ovako postavljen koncept i organizacija praonice se veže uz pojmove *Green Laundry*, *Smart Laundry*, pri čemu je potrebno naglasiti da to uključuje obveznu digitalizaciju procesa i potpunu kontrolu svih segmenata praonice.

Tablica 1 – Tehnološka unapređenja u industrijskim praonicama – KET tehnologije [3]

Tehnološka unapređenja
niži omjeri kupelji
povrat vode
dezinfekcija vode
superkrično uplinjavanje
niskotemperaturni procesi
visokoučinkovita sredstva
redukcija kemikalija
ekološki prihvatljiva sredstva
dezinfekcija rublja
direktno zagrijavanje plinom
elektrokemijsko bijeljenje
smanjenje utroška energije
tehnika sušenja rublja
ultrazvučno pranje

Kvalitetu vode u procesu je potrebno kontrolirati kemijskim i mikrobiološkim metodama jer svakim danom postaje ekološki i ekonomski značajnija, tablica 2.

Tablica 2: Parametri kvalitete tehnološki priređene vode za pranje [4]

tvrdoća [mg/l]	0-100
pH	6,0-7,5
Fe [mg/l]	≤ 0,1
Mn [mg/l]	≤ 0,03
Cu [mg/l]	≤ 0,05
T [°C]	15 ± 5

Zastupljenost pojedinih udjela Sinnerovog kruga sa svim podelementima se reflektira na kvalitetu opranog rublja koja se može vrednovati na temelju različitih kriterija i sustava. Sveobuhvatan sustav kontrole može ukazati na prednosti i eventualne nedostatke novo koncipiranih u usporedbi s klasičnim postupcima pranja koje karakterizira visoka entalpija. Naravno, razina kvalitete mora biti u korelaciji sa zahtjevima proizvodnje i troškova. Kvaliteta opranog rublja se može vrednovati na

temelju: čistoće (primarni učinak), stupnja bjeline, čvrstoće, sadržaja depozita (sekundarni učinak) i higijene (dezinfekcijski učinak).

Primaran učinak u pranju se ocjenjuje na temelju uklanjanja specifičnih zaprljanja [5,6].

Tablica 3 – Princip utvrđivanja uklanjanja specifičnih zaprljanja

Kriterij	Test tkanine* (Monitori)	Mjerenje
Primaran učinak, S (%) (S- Stain removal)	Različite vrste standardno zaprljanih tkanina. Sirovinski sastav ovih tkanina bi trebao odgovarati vrsti rublja koja se ispituje (pamuk, mješavine pamuka i poliestera...). Dodatno, ovisi i o zahtjevima kupca i razini kvalitete.	Spektralne karakteristike, npr. remisija R) ili tristimulusna vrijednost Y. Mjerenje se provodi prije i nakon pranja uz izvor svjetla bez UV komponente.

*može se nabaviti od nekoliko dobavljača u Europi

Primaran učinak -Uklanjanje mrlja ili zaprljanja (S) se vrednuje nakon jednog ciklusa pomoću mjerenja remisije svjetla sa standardno zaprljane tkanine prije i poslije pranja. Učinak se vrednuje na temelju razlike u tristimulus vrijednosti ΔY (razlike Y vrijednosti prije i poslije pranja) ili ΔR_{460} (razlika u remisiji pri valnoj duljini 460 nm, R460, prije i nakon pranja). Ako se u pranju ne uklanjaju mrlje, postoji opasnost povećanja količine rublja koju je potrebno ponovno oprati (*re-wash*). Ovaj omjer je karakterističan za svaku industrijsku praonicu rublja, a njegovo povećanje može biti pokazatelj loše optimiranih uvjeta u pranju ako se ne može objasniti drugim parametrima (viša stopa proizvodnje, novi zahtjevi naručitelja).

U ovom radu će se određivanje sekundarnog učinka predstaviti preko sustava kontrole kvalitete postupka pranja, RAL-GZ 992 koji je osim u Europi, prihvaćen i u svijetu [6]. Dodijeljena svjedodžba RAL-GZ 992 je garancija kvalitete pranja i higijene za praonice koja se temelji na standardnim metodama. Sustav kontrole kvalitete po RAL-u podijeljen je u četiri segmenta, ovisno o vrsti rublja koje se pere:

RAL-GZ 992/1 za rublje iz objekata i kućanstva

RAL-GZ 992/2 za bolničko rublje

RAL-GZ 992/3 za rublje iz prehrambene industrije

RAL-GZ 992/4 za hotelsko rublje.

Sekundarni učinci ukazuju na kumulativan utjecaj uvjeta pranja. Ispitivanje ovog učinka se provodi na standardnoj pamučnoj tkanini koja se pere zajedno sa zaprljanim rubljem u analiziranom postupku pranja kroz 25 ili 50 ciklusa [7,8]. Tkanine se ne glačaju između pojedinih ciklusa. Kriteriji kontrole kvalitete sekundarnog učinka su prikazani u tablici 4:

Tablica 4 – Priprema uzoraka i princip mjerenja

Kriterij		Priprema	Princip mjerenja/rada	Norma
posivljenje/požućenje stupanj bjeline, W		8 slojeva 10 pojedinačnih mjerenja	spektralne karakteristike R (%) / Y	
čvrstoća • suho/mokro		u smjeru osnove, prirediti prema [7].	prekidna sila, F	[9]
• kemijsko oštećenje		osnovine niti, usitniti	viskoznost, h	[10]
talozi (rezidue)	anorganski	trake (1 cm širine i nekoliko cm duljine)	žarenje, gravimetrijski	[10]
	organski	trake (1 cm širine i nekoliko cm duljine)	Soxhlet ekstrakcija	

Detaljnija razrada kriterija kontrole kvalitete višestruko opranih tkanina dana je u tablici 5.

Tablica 5 – Sekundarni učinci, kriteriji

Kriterij	Opis i poteškoće
stupanj bjeline (s/bez UV stimulacije) WB, WGG (Berger, Ganz Griesser)	Bjelina je važan kriterij kvalitete bijelih materijala. Ovisi o sastavu deterdženta, poglavito kemijskih i optičkih bjelila te izvoru svjetla. Posivljenje može ukazati na redepoziciju obojenih pigmenta i anorganskih soli iz vode. Postoji opasnost da se prljavštine tijekom višestrukih ciklusa vežu na materijal i prouzroče posivljenje. Posivljenje je teško ukloniti, posebno ako su čestice prljavština jako sitne Požućenje je uvjetovano križnom kontaminacijom iona metala u tragovima djelovanjem bjelila na bazi klora, nepotpunim ispiranjem, taloženjem organskih tvari, npr. sapuna.
prekidna sila, Fp (N)	Tekstil je izložen brojnim fizikalno-kemijskim utjecajima pri čemu su ključni: sastav kupelji, temperatura, vrijeme i mehanika. Analizom čvrstoće se može ocijeniti utjecaj navedenih čimbenika na mehanička svojstva. Mjeri se prekidna sila uzoraka u mokrom stanju jer je poznato da je prekidna sila pamučne tkanine u mokrom 20% veća od prekidne sile u suhom prije intenzivnog pranja [11]. Padom DP pada i prekidna sila.
talozi/depoziti anorganski, P (%) organski	Oprano rublje koje sadrži anorganske i organske taloge ima sivi ton, neugodan miris, krut opip i potencijal iritacije kože u nošenju [12,13]. Odnose se na kvalitetu vode, učinak ispiranja i redepoziciju u pranju. Sadržaj taloga na rublju je nakon višestrukih pranja potrebno kontrolirati. Količina anorganske tvari se ocjenjuje na bazi sadržaja pepela (P). Količina organske tvari u vodenom ekstraktu ukazuje na prisutnost tenzida na opranom materijalu.
kemijsko oštećenje, s	Kemijsko oštećenje je uvjetovano agresivnim kemikalijama, uglavnom sredstvima za bijeljenje koja izazivaju oštećenje pamučne celuloze i smanjuju stupanj polimerizacije. Ovaj rizik se povećava ako su prisutni ioni teških metala koji već u tragovima kataliziraju raspad sredstava za bijeljenje čime povećavaju mogućnost oštećenja.

Sustav RAL-GZ 992 je vrlo dobro razrađen jer se na temelju dobivenih vrijednosti u odnosu na granične mogu ocijeniti slaba mjesta i kritične točke u tehnologiji i organizaciji pranja rublja, tablica 6.

Tablica 6 – Kriteriji, granične vrijednosti [14]

Kriterij	Granična vrijednost	
	25 ciklusa	50 ciklusa
stupanj bjeline, WG posivljenje/požućenje, Y ton boje, TV odstupanje u tonu, TD	>170 > 85 R 1,5 – G 2,49	WG > 170 Y > 85 R 1,5 – G 2,49
pad prekidne sile, DF	< 15 %	< 30 %
kemijsko oštećenje, s	0,5	< 1,0
sadržaj pepela, P	0,7 %	1,0 %

Kontrola ispiranja i neutralizacije je važan segment u kontroli kvalitete procesa pranja. Stoga je važno kontrolirati redovito pH vrijednost rublja i vode nakon ispiranja. Ako je rublje nedovoljno isprano i neutralizirano, može doći do iritacija tijekom nošenja [14]. Organske kiseline (octena, mravlja i limunska) najčešće se koriste u posljednjem postupku ispiranja sa ciljem neutralizacije zaostalih alkalija nakon ispiranja i podešavanja pH vrijednosti rublja [15,16]. Preporuka prema sustavu RAL-GZ 992 je da pH opranog rublja treba biti u granicama 6,5-8,3. Nakon višestrukih ciklusa pranja i ispiranja je potrebno provesti analizu prisutnih organskih taloga (tenzida) čije su granične vrijednosti dane u tablici 7.

Tablica 7 – Granične vrijednosti tenzida na tekstilu nakon višestrukih ciklusa pranja i ispiranja

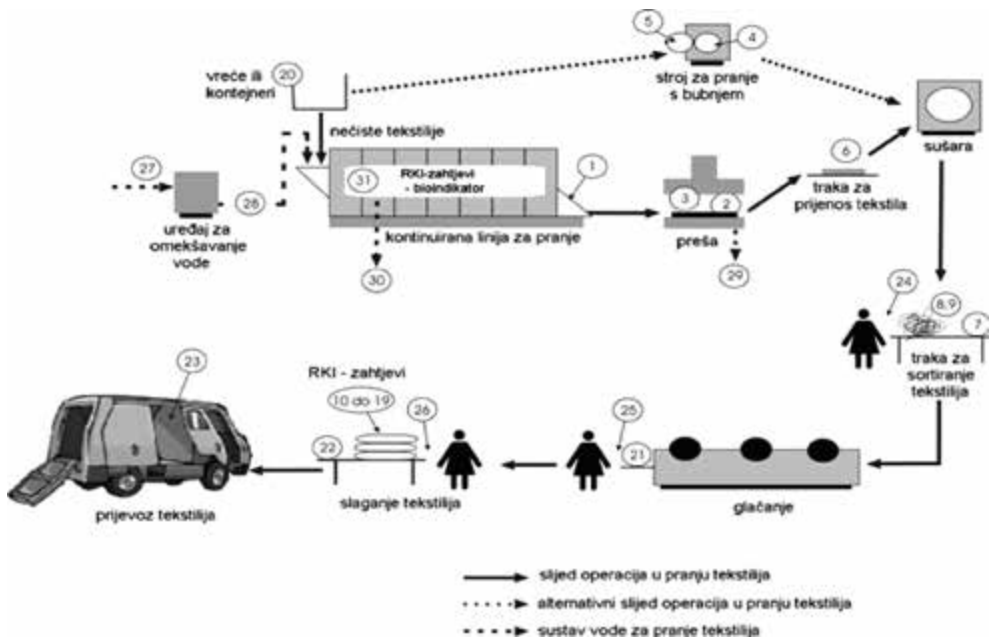
Tenzidi	Dopuštena koncentracija, mg/g
Anionski	< 200
Neionski	< 400

Higijena je važan kriterij, posebno za praonice koje peru bolničko rublje i rublje za potrebe prehrambene industrije [17,18]. Higijenski zahtjevi su vezani uz odredbe RAL-GZ 992/2 i RAL-GZ 992/3 koji dodatno moraju biti zadovoljeni uz navedene kriterije za odredbu RAL-GZ 992/1 (tablica 6). Ovaj dio odredbe iziskuje dezinfekciju svih radnih prostora, upotrijebljenih strojeva, naprava, vozila, djelatnika, uredbu za rukovanje nečistim bolničkim rubljem te posebne postupke pranja bolničkog rublja. Kontrola stupnja higijene u praonici rublja se provodi na temelju kritičnih kontrolnih točaka (CCP – *Critical Control Points*), slika 2.

CCP je segment gdje se provodi kontrola u svrhu utvrđivanja, smanjivanja ili eliminiranja rizika biokontaminacije. Prema slici 2 to su:

- bioindikatori,
- uzorkovanje površina pomoću RODAC pločica,
- tehnička oprema,
- police za slaganje,
- kolica,
- ruke djelatnika,
- mikrobiološka analiza uzoraka vode.

Uzorkovanje površina provodi se pomoću RODAC-agar pločica na 10 nasumce odabranih izglaćanih i složenih bolničkih tekstilija pri čemu: 9 od 10 uzoraka ne smije sadržavati više od 2 cfu/10 cm². Na njima se ne smije naći nijedan patogeni mikroorganizam. U skladu s preporukama Robert Koch Institute (RKI) za određivanje stupnja dezinfekcije se koriste bioindikatori: *Enterococcus faecium*, ATCC 6057 i *Staphylococcus aureus*, ATCC 6538 (CCP-31 na slici 2). DGHM –Njemač-



Slika 2 – Kritične kontrolne točke prema sustavu RAL-GZ 992

- otisci s tehničke opreme (1-7)
- otisci s vlažnih tekstilija (8-9)
- otisci s izglaćanih i složenih tekstilija (10-19)
- otisci sa skladišnih police (20-23)
- otisci s ruku djelatnika (24-26)
- analiza uzoraka vode (27-29)
- analiza uzoraka vode od pretpranja (30)
- rast bioindikatora nakon pranja (31)

ko udruženje za higijenu i mikrobiologiju po novoj nomenklaturi VAH – Udruženje za primijenjenu higijenu kontrolu provodi putem većeg broja standardnih bioindikatora: *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Enterococcus faecium* ATCC 6057, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442, *Mycobacterium terrae* ATCC 15755 i *Candida albicans* ATCC 10231.

Tablica 8 – Granične vrijednosti kontrole higijene prema RAL-GZ 992/2 [17]

<ul style="list-style-type: none"> • Otisci iz glačanih i složenih tekstilija • Bioindikatori 		<ul style="list-style-type: none"> • 9 od 10 uzoraka ne smije sadržati više od 20 cfu cm³/dm² • Moraju biti uništeni 	
Preporučene vrijednosti		Orijentacijske vrijednosti	
Vlažne tekstilije	< 30 cfu/dm ²	Tehnička oprema	< 100 cfu/dm ²
Voda za pranje	< 100 cfu/ml	Skladištenje/Transport	< 100 cfu/dm ²
Voda nakon mekšanja	< 100 cfu/ml	Voda nakon pretpranja	< 1000 cfu/ml
Voda nakon ispiranja	< 100 cfu/ml	Higijena ruku	< 100 cfu/ dm ²

2. Primjeri dobre prakse u Hrvatskoj

U Hrvatskoj se godinama popularizira sustav kontrole kvalitete u praonicama rublja putem članaka, seminara, predavanja, radionica, projekata u suradnji s gospodarstvom i uslužnom djelatnošću. Brojne praonice iskazuju interes i želju za uvođenjem sustava sveobuhvatne kontrole kvalitete poput sustava RAL-GZ 992. Za sada jedina industrijska praonica rublja koja je dobila certifikat kvalitete RAL-GZ 992/1/2/3 je Salesianer Miettex Lotos iz Zagreba. Prvi certifikat kvalitete joj je dodijeljen 2014. godine [19]. Uspješno je obavila i recertificiranje u 2015., 2016. i 2017. godini, slika 3.

U ovoj praonici se obrađuje oko 20 tona rublja dnevno prema standardiziranim i certificiranim procesima pranja. Neovisne institucije redovito provjeravaju procese i izdaju certifikate za svaku pojedinu praonicu u grupi. Salesianer Miettex grupa pruža svojim klijentima sveobuhvatnu sigurnost higijenski bespriječnog tekstila. Garancijom za higijenu i održivost praonica jamči visoki standard usluge, a naši klijenti dobivaju certifikate kao potvrdu navedenih standarda. Certifikat higijene u današnje vrijeme raznih epidemija, zaraznih bolesti, velikih migracija, kao i sve veće kontrole hrane donosi im prednosti na tržištu posebice u segmentima hotelijerstva i gastronomije, farmaceutske industrije i prehrambene industrije. Hohenstein Institute certificirao je sigurnost navedenih postupaka i visoki stupanj higijene kod čega su uključeni:



Slika 3 – Certifikati kvalitete RAL-GZ 992/1/2/3 dodijeljen praonici Salesianer Miettex Lotos u 207.

- Stupanj dezinfekcije u pranju
- Odvajanje čiste strane / prljave strane u praonici
- Higijenske mjere za rad (dezinfekcija ruku, dezinfekcija površina, higijenski pripremljena radna odjeća, obuća itd.)
- Obuka osoblja o higijeni, sigurnosti, kvalitete.
- Tvrtka se odlikuje modernim menadžmentom u znaku kvalitete i okoliša s odgovarajućim certifikatima:
- ISO 9001, upravljanje kvalitetom
- ISO 13485, standard za medicinske proizvode
- RAL GZ 992/ 1 / 2 / 3, RAL standard
- EN 14065, Hygiene-Management-System (RABC)
- ISO 14001, upravljanje okolišem
- BS OHSAS 18001, upravljanje sigurnošću na radu (u pripremi)
- ISO 50001, upravljanje energijom (u pripremi)“.

3. Preporuke i zaključci

Tehnološka unapređenja u industrijskim praonicama rublja su neminovna za razvoj i konkurentnost na tržištu. U svrhu racionalizacije je važno uskladiti brojne tehnološke, ekološke i ekonomske parametre u radu. Industrijske praonice rublja u Hrvatskoj su se modernizirale i kontinuirano rade na tehnološkom unapređenju procesa. Usklađivanje s europskom praksom iziskuje uvođenje sustava kontrole kvalitete, naročito za vrednovanje kvalitete postupaka pranja. U ovom radu je prikazan sustav RAL-GZ 992 koji obuhvaća ocjenu kvalitete pranja različitih vrsta rublja i segmente praonice kao kritične kontrolne točke. Ovaj sustav je prvi put u Hrvatskoj implementiran 2014. godine, a s obzirom na njegov međunarodni značaj i prepoznatljivost interes za uvođenjem iskazuju brojne industrijske praonice rublja.

Literatura

1. Smulders, E., U. Zoller.: Handbook of detergents, Part E, Applications, Taylor & Francis Group, LLC, 2009., Laundry Detergents, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2002.
2. Soljačić, I., T. Pušić.: Ekologija u procesima oplemenjivanja i njege tekstilija, Tekstil 54 (2005.) 8, 390-401
3. http://www.tff.unizg.hr/b-news/news_upload_files/2008/vijest_24-09-2008_48da2a69d-c8bb/080908_SMILES_Project_Summary_logo_FP7_photo.pdf
4. Fijan, S., S. Šostar-Turk.: Navodila za pridobitev certifikata kakovosti RAL-GZ 992 Strokovno srečanje članov sekcije vzdrževalcev tekstilij pri Obrtni zbornici Slovenije, Moravske toplice (2003.)
5. Pušić, T. i sur.: Primarni učinak praškastog i tekućeg deterdženta u pranju, Tekstil 55 (2006) 11 – 19
6. Pušić, T., I. Soljačić: Kontrola kvalitete pranja prema RAL-GZ 992, Tekstil 57 (2008) 6, 296-302
7. HRN ISO 2267:1986: Površinski aktivne tvari -- Procjena određenih učinaka pranja -- Metode pripreme i uporabe čiste kontrolne pamučne tkanice
8. DIN 53919: Test cotton fabrics for laundering process control; test of laundering with control stripes
9. HRN EN ISO 13934-1:2008: Tekstilije- Vlačna svojstva plošnih tekstilija – 1.dio: Određivanje maksimalne sile i istezanja pri maksimalnoj sili metodom trake
10. ISO 4312:1989. Surface active agents -- Evaluation of certain effects of laundering -- Methods of analysis and test for unsoiled cotton control cloth
11. Mizutani, C. et al.: Water Absorbency of Never-dried Cotton Fibers, Cellulose, 6, 167–176 (1999)
12. Soljačić, I., T. Pušić: Njega tekstila, I dio-Čišćenje u vodenom mediju, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2005.
13. Elsner, P. et al: Textiles and the Skin, Karger, Basel, 2003.
14. Fijan, S. et al.: The Influence of Industrial Laundering of Hospital Textiles on the Properties of Cotton Fabrics, Textile research Journal 77 (2007) 4, 247-255.
15. Soljačić, I., T. Pušić: Utjecaj neutralizacije i sušenja na učinke pranja, Tekstil 57 (2008) 8, 414-417

16. HRN ISO 3071: Reakcija vodenog ekstrakta
17. Fijan, S. i sur.: Potencijalno patogeni mikroorganizmi i postupci osiguranja higijene u praonica-
ma tekstilija, *Tekstil* 54 (2005) 2, 53-60
18. Fijan, S. i sur.: Ispitivanje higijene u industrijskim praonicama tekstilija u Sloveniji, Norveškoj i
Danskoj, *Tekstil* 57 (2008) 3, 84-95
19. Salesianer Miettex Lotos – dan otvorenih vrata i svečanost povodom dodjele RAL certifikata,
Tekstil 63 (2014) 9-10, 333-334

Technological Improvements in Textile Care

Pušić Tanja, Dekanić Tihana, Orešković Maja*, Soljačić Ivo

Faculty of Textile Technology University of Zagreb

*Salesianer Miettex Lotos

tpusic@ttf.hr; tihana.dekanic@ttf.hr; m.oreskovic@salesianer.hr; ivo.soljadic@ttf.hr

The theoretical and practical presentation of textile care processes include mechanical agitation, chemistry, temperature and time as parameters of Sinner cycle. Technological improvements, economic aspects and environmental guidelines affect the relationships of particular parameters within the cycle and their effects. This paper will address the impact of chemistry through high effective and bioinnovative detergents in powder and liquid form, formulated for washing at low temperatures. Mechanical agitation will be presented through the improvement of discontinuous and continuous washing machines. The variability of the complex parameters affect the properties of multiple washed textile products. The quality control system, RAL-GZ 992, is implemented for the objective evaluation of washing technology in many countries of Europe and the world. The critical control points (CCP) of this system are the basis for the assessment of quality and hygiene of washed textiles. The system defines test methods and limit values for material properties: inorganic and organic residues, whiteness degree, strength, chemical damage and hygiene level. The other analyzed parameters cover inlet water (hardness, content of heavy metal ions, temperature and microbiological profile), surfaces in the laundry, machines and vehicles. The final part of the paper deals with the implementation of the system in one of the most modern laundries of Croatia.

Key words:

textiles, processes, textile care, laundering, quality

Nove tehnologije i inovacije u svrsi opstanka i razvoja odjevne industrije

Rogale Dubravko, Firšt Rogale Snježana, Dragčević Zvonko, Ujević Darko

Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

rogale@hatz.hr, sfrogale@ttf.hr, zvonko.dragcevic@ttf.hr, darko.ujevic@ttf.hr

Odjevna industrija u Republici Hrvatskoj je na početku stvaranja države bila jedna od najznačajnijih grana prerađivačke industrije. Tijekom proteklih 25 godina hrvatske samostalnosti broj zaposlenih u toj industrijskoj grani je višestruko smanjen, ali izvozni efekt je ostao na približno istoj razini što upućuje na zaključak da je produktivnost istodobno znatno povećana. Međutim, stratezi koji promišljaju industrijski razvitak Hrvatske ne nalaze da je odjevna industrija perspektivna grana i da može biti značajan čimbenik razvoja. Očito je da se razvoj odjevne industrije Republike Hrvatske ne može temeljiti na konkuriranju u proizvodnji jeftine velikoserijske odjeće, već se treba okrenuti proizvodnji visokotehnološke odjeće (inteligentne i pametne odjeće, odnosno zaštitne odjeće). Pri tome valja koristiti visokotehnološke metode spajanja dijelova odjeće (toplinske metode spajanja kondukcijom i konvekcijom, ultrazvučnom metodom i visokofrekventnom metodom), inženjersko projektiranje toplinskih svojstava odjeće i računalno vođenje proizvodnje. U radu su opisane nove vrste odjevnih predmeta koje mogu pomoći opstanku i razvoju odjevne industrije, uređaji za određivanje toplinskih svojstava odjeće, nove mjerne metode za određivanje procesnih i energetskih parametara šivanja odjeće te drugi izumi koji su patentno zaštićeni, a nastali su u Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Time se želi ukazati da je spomenuti opstanak i razvoj moguć ukoliko se intenzivira suradnja inventivne akademske zajednice s hrvatskom odjevnom industrijom.

Ključne riječi:

novе tehnologije, inovacije, odjevna industrija Republike Hrvatske

1. Uvod

U viziji razvoja tekstilnog i odjevnog gospodarstva Europe do 2020.godine EURATEX (European Apparel and Textile Confederation) je stavio naglasak na istraživanja i inovacije te je predloženo da tekstilna i odjevna industrija u suradnji s institu-

tima i fakultetima poboljšaju koordinaciju postojećih struktura u cilju poboljšanja proizvodnje, a novim tehnologijama ostvaruju istraživanja saaa ciljem razvoja novih proizvoda. U devet tematskih ekspertnih skupina određena su prioritetna područja koja su značajna istraživačima i gospodarstvu u sektoru tekstila i odjeće, između ostalog to su proizvodi tehničke namjene poboljšanih svojstava, pametni tekstil i odjeća, masovna proizvodnja odjeće/moda, novi koncept proizvodnog dizajna i tehnologija te koncept upravljanja životnim ciklusom i sveukupnom kvalitetom (Katović, Rogale, 2013.).

Smatra se da su u Hrvatskoj mala do srednja poduzeća glavni pokretači budućeg razvoja. Međutim, ona zbog svoje veličine i ograničenih sredstava za razvoj nemaju mogućnost značajnijeg istraživanja. Naime, ova istraživanja zahtijevaju koncentraciju visokostručnog kadra kao i sofisticiranu znanstvenu opremu. Upravo zbog toga smatramo da bi okrupnjavanjem i jačim povezivanjem projekata u ciljne istraživačke skupine s jasno definiranim ciljem istraživačkog rada došlo do razvoja.

Prema Istraživačkoj strategiji Sveučilišta u Zagrebu, ona treba postati jedan od ključnih pokretača gospodarstva i održivog razvoja. Za kvalitetan istraživački rad kod toga je nužno osigurati istraživačku strukturu djelatnika. Kao jedna od sastavnica Sveučilišta u Zagrebu i Tekstilno-tehnološki fakultet izrađuje vlastitu istraživačku strategiju. Jedan od zadataka Tekstilno-tehnološkog fakulteta je poticanje, koordinacija i kontinuirani razvoj znanstveno-istraživačkog rada, njegovo povezivanje s drugim međunarodnim i domaćim znanstvenim institucijama, a sve u svrhu pomoći gospodarstvenim subjektima. Opći cilj je postizanje prepoznatljivosti hrvatskog znanstveno istraživačkog rada u tekstilnim, odjevnim i srodnim područjima. Na Tekstilno-tehnološkom fakultetu djeluje grupa istraživača u Zavodu za odjevnu tehnologiju koja se već dugi niz godina bavi razvojem i visokotehnoloških proizvoda poput inteligentne odjeće kao i novih mjernih sustava namijenjenih za istraživanja, ali i za odjevnu industriju. Također je dat i prikaz suvremenih tehnika spajanja dijelova odjeće koji zamjenjuju konvencionalnu tehniku spajanja šivanjem, a odjevnom predmetu daju višu dodanu vrijednost.

2. Inteligentna odjeća

Ljudi su tijekom stoljeća svoje povijesti najvećim dijelom koristili svakodnevnu konvencionalnu odjeću izrađenu od tkanina, pletiva, krzna, kože, a u novije vrijeme i od tehničkog tekstila ili folija izrađenih od polimernih materijala. U tom razdoblju načelno se u većoj mjeri nije mijenjala funkcija odjeće, njena konstrukcija i

načini namjene. Modni izričaj mijenjao je uglavnom vizualnu pojavnost odjeće, dok je tehnička strana ostajala nepromijenjenom.

Krajem 20. stoljeća u odjeću su se počele ugrađivati jednostavnije električke komponente i elektronički uređaji koje su prvenstveno imale zabavni ili modno vizualni izričaj pri čemu je nastala jednostavna tzv. e-odjeća (engl. e-clothing). Zbog razmjerno slabe koristi za svog nositelja, visoke cijene, složenosti i općenite neatraktivnosti te uskog kruga korisnika, ova vrsta odjeće nije zaživjela u većoj mjeri.

Minijaturizacijom mikroročunala započela je i njihova ugradnja izravno u odjeću, primjena i ugradnja senzoričke koja je uz primjerenu programsku podršku, zaslone i komunikacijske mogućnosti omogućila tzv. proširenu stvarnost (engl. augmented reality), a uz to je mogla obavljati jednostavnije pametne zadatke za svog nositelja. Stoga je nazvana pametnom odjećom (engl. smart clothing). Svoju atraktivnost pokazala je ponajprije pri očuvanju zdravlja ljudi i za vojne primjene, pa je vrlo brzo dobila na atraktivnosti i stekla široki krug zahtjevnih korisnika što je pospjelo njen daljnji razvoj koji još traje (Firšt Rogale i sur., 2014.).

Inteligentna odjeća (engl. intelligent clothing) je zasad najsloženija vrsta i predstavlja najviši dosadašnji stadij razvoja odjeće. Ona izvodi daleko složenije i brojnije zadatke od onih koje se postavljaju pred pametnu odjeću. Osnovno svojstvo joj je mogućnost razabiranja stanja u okolišu, ispravna interpretacija tog stanja, donošenje racionalne odluke o novoj prilagodbi karakteristika odjevnog predmeta spram eventualnih promjena u okolišu i, što je najvažnije, automatska provedba te prilagodbe primjenom ugrađenih izvršnih naprava u odjeći. Osnovno svojstvo inteligentne odjeće predstavlja njena smisljena autonomna prilagodba kao odziv na uočene promjene u okolišu te time iskazuje, zasada, jednostavne načine inteligentnog ponašanja. U skladu s time odjeća sama mijenja i podešava svoje karakteristike kako bi svom nositelju stvorila optimalne uvjete nošenja.

Na sastanku tematske grupe eksperata broj VI (engl. Thematic Expert Group, TEG n° 6) „Smart Textiles & Clothing“ u sklopu European Technology Platform for the future of Textiles and Clothing u organizaciji EURATEX-a (engl. The European Apparel and Textile Organisation) koji se održao 20. siječnja 2006. godine, 37 eksperata iz svih zemalja Europe prihvatilo je pojam i obilježja termina pametne i inteligentne odjeće. Eksperti su se složili da u inteligentni odjevni predmet moraju biti ugrađene tri skupine uređaja:

- senzorska skupina za mjerenja i ulaz informacija koja prikuplja ulazne informacije,
- obradbeno jedinica za interpretaciju ulaznih informacija i donošenje odluka (mikroročunala, mikroprocesori ili mikrokontroleri s pripadajućim programima) i
- izlazne izvršne (aktuatorske jedinice) koje će izvoditi prilagodbu odjevnog predmeta i davati izlazne informacije.

2.1. Razvoj inteligentne odjeće na Tekstilno-tehnološkom fakultetu

Takva definicija je potpuno u skladu s izvedenim istraživanjima na području razvoja pametne i inteligentne odjeće i objavljenim radovima u Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Klasifikacija i ciljevi istraživanja utvrđeni na drugom sastanku skupine TEG 6, održanom krajem ožujka 2006. potvrdili su na najbolji mogući način koncepciju patentne zaštite inteligentnog odjevnog predmeta s aktivnom termičkom zaštitom kojeg je načinila skupina znanstvenika iz Zavoda za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Navedena skupina znanstvenika je još 2003. godine patentirala svoj prvi prototip inteligentnog odjevnog predmeta koji je imao senzore za praćenje vanjske i unutarnje temperature, senzore tlaka u termoizolacijskim komorama, mikrokontrolski sustav s jednostavnim algoritmom inteligentnog ponašanja i akuatorski sustav, temeljen na originalnoj izvedbi termoizolacijskih komora i mikropneumatskog sustava tako da je puno ranije zadovoljio kasniju definiciju inteligentne odjeće.

Nakon brojnih tehničkih usavršavanja prototipova, izrade potrebne programske podrške i algoritama inteligentnog ponašanja razvijene su tri generacije funkcionalnih prototipova inteligentne odjeće s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima.

Značajna je koncepcija prve generacije, patentno zaštićene pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom PK20030727, inteligentnog odjevnog predmeta s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima, koja se temeljila na primjeni termoizolacijskih komora, senzora za mjerenja stanja okoliša, mikrokontrolerskog sustava s programiranim algoritmom inteligentnog ponašanja za interpretaciju obavljenih mjerenja i donošenje odluka kao i akuatorskog sustava za izvršenje tih odluka korištenjem unaprijed definirane matrice aktivacije. Osmišljena je i komunikacija između tehničkih podsustava ugrađenih unutar odjevnog predmeta, komunikacija između nositelja i odjevnog predmeta te komunikacija između mikrokontrolerskog sustava ugrađenog u odjeću i vanjskog PC računala sa svojom periferijom i drugim komunikacijskim kanalima (interna računalna mreža, Internet). Cjelovita arhitektura inteligentnog odjevnog predmeta s aktivnom termičkom zaštitom se sastoji od sljedećih tehničkih podsustava (Rogale i sur., 2003b):

1. Sustav vanjske školjke programibilne promjenjive debljine s vanjskim i unutarnjim zaštitnim slojem tkanine,
2. Sustav termoizolacijskih komora s mogućnošću upravljanja kondukcijom i konvekcijom tjelesne topline,
3. Senzori i mjerni sustavi ulaznih varijabli
 - 3a. Podsustav mjerenja temperature okoliša i mikroklimе odjevnog predmeta
 - 3b. Podsustav mjerenja tlaka u termoizolacijskim komorama,

4. Mikrokontrolerski mjerni i upravljački sustav inteligentnog odjevnog predmeta,
5. Aktuatorski sustav inteligentnog odjevnog predmeta s aktivnom termičkom zaštitom s elementima mikropneumatike za upravljanje izlaznim varijablama,
6. Sustav napajanja i
7. Mjerni i upravljački program mikrokontrolera s algoritmom inteligentnog ponašanja odjevnog predmeta.

S obzirom da je tehničko rješenje prve generacije inteligentne odjeće s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima pokazalo više nedostataka, uvedena su nova tehnička rješenja u prototipu druge generacije patentno zaštićene pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakama PK20080116 i PK20080118 te pri World Intellectual Property Organization pod oznakom EP20120243. Tada su segmentirane termoizolacijske komore povezane mrežastim ili elastičnim materijalima ili polupropusnim membranama čime se omogućava protok zraka zasićenog znojem te odvođenje znoja, dok su oblici segmentiranih termoizolacijskih komora ergonomski oblikovani tako da pri ekstremnim ergonomskim pokretima tijela ne dolazi do presavijanja segmentiranih termoizolacijskih komora, već se umetak presavija na mjestima spoja između segmentiranih komora čime se čuvaju izvorni oblici komora, ne mijenja se njihova toplinska vodljivost i estetika odjevnog predmeta ostaje sačuvana (Firšt Rogale i sur., 2008a i 2008b). Izvedena je minijaturizacija tiskane pločice mikrokontrolerskog sustava i trokanalnog mjernog pojačala, elektromagnetskih ventila za upuh i ispuh stlačenog zraka u termoizolacijske komore, i mikrokompresora za punjenje termoizolacijskih komora stlačenim zrakom. Elektroničke i pneumatske komponente su smještene u pojasnom dijelu termoizolacijskog umetka na posebnom pojasnom nosaču koji se odvaja od termoizolacijskog umetka (za razliku od prvog prototipa gdje su sve komponente bile razmještene po cijelom prednjem dijelu termoizolacijskog umetka) što olakšava izradu, montažu i servis, a smanjuje mogućnost oštećenja segmentiranih termoizolacijskih komora tijekom nošenja ili uporabe (Firšt Rogale i sur., 2012.). Dvodjelni konični priključni element za spoj zrakovoda je izbjegnuto na način da je zrakovod spojen na termoizolacijske komore korištenjem visokofrekvencijske tehnike. Na novom prototipu odjeće s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima riješen je i problem samodijagnostike stanja (kalibracija).

Prototip treće generacije inteligentne odjeće, sl. 1, razvijene u Laboratoriju za procesne parametre je inteligentna vojna i zaštitna jakna, koja ima integrirani tehnički podsustav za automatsko podešavanje razine termičke izolacije tako da se može koristiti od umjerenih do vrlo hladnih uvjeta okoline na način da se nivo termičke zaštite izabire automatski na temelju algoritma inteligentnog ponašanja ili manualno prema subjektivnom osjećaju nositelja takve odjeće. Svi elektronički i pneumatski dijelovi minijaturizirani su i smješteni u jednu kutiju.



Slika 1 – Inteligentna vojna jakna s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima

Arhitektura inteligentne odjeće je tehnički vrlo složena i zahtijeva brojna tehnička i tehnološka znanja. Za realizaciju brojnih spomenutih tehničkih podsustava inteligentne odjeće potrebna su tehnička znanja koja obuhvaćaju znanja iz suvremenih tehnoloških procesa proizvodnje odjeće, nove metode konstrukcije odjeće promjenjive geometrije, znanja senzoričke i mjeriteljstva, konstrukcije mikroročunalnih ili mikrokontrolerskih sustava, programiranja računala, strojarstva, elektrotehnike, elektronike, komunikacijske tehnike, novih materijala i visokotehnoloških metoda spajanja. Stoga će, jamačno, znanstvenici koji će raditi na razvoju inteligentne odjeće morati imati izvrsna tehnička multidisciplinarna znanja i imati izraženu sposobnost rada u isto takvim timovima.

Inteligentni odjevni predmet s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima se temelji na primjeni segmentiranih termoizolacijskih komora u koje se upuhuje stlačeni zrak, a o stupnju aktivacije pojedinih komora ovisi termička zaštita odjavnog predmeta kontroliranom kondukcijom i konvekcijom topline ljudskog tijela. Konvencionalne metode spajanje dijelova odjeće korištenjem metode šivanja se mogu koristiti za izradu vanjske školjke inteligentnog odjavnog predmeta, njegove podstave i samo ponekih ugradbenih elemenata. U nekim je slučajevima metoda spajanja šivanjem potpuno nepraktična i nedopustiva. Iz tog razloga potrebno je primijeniti nove suvremene metode spajanja dijelova inteligentne odjeće kao i mnogih ugradbenih komponenti (senzori, izvršne naprave, mikrokontrolersko sklopovlje, baterije, zasloni, prekidači, mikropneumatski dijelovi, ožičenja i sl.). Najveći dio eleme-

nata nije moguće ugraditi i trajno pričvrstiti u odjevni predmet metodom šivanja. Naprotiv, suvremene metode spajanja koje se koriste u tehničkom znanstvenom području pokazale su se izvrsnima za spomenute namjene. To se osobito odnosi na tehnike spajanje termoplastičnih polimernih materijala ultrazvučnom metodom, toplinskim metodama uz primjenu efekta kondukcije i konvekcije te primjenom visokofrekvencijskih elektromagnetskih polja.

3. Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće

Pri kupnji odjeće koja je primarno namijenjena zaštiti od hladnoće (zimski kaputi, vjetrovke, ogrtači, džemperi, puloveri, zaštitna odjeća i sl.) još uvijek ne postoji egzaktna mogućnost ocjene odjevnog predmeta s aspekta točno izmjerenog stupnja toplinske zaštite. Kupcu stoga preostaje da odjevni predmet kupuje spram svog vizualnog dojma i iskustvene procjene konstrukcije odjevnog predmeta, debljine materijala i njegovog sirovinskog sastava, a da zapravo ne zna stvarne toplinske zaštitne karakteristike. Isto tako, kad se dvoumi između dva odjevna predmeta koja želi kupiti, ne može približno točno odrediti koji od njih ima bolja toplinska svojstva. Tako je danas uobičajeno da je na ovjesnim etiketama odjeće istaknuta oznaka odjevne veličine ili neka druga tjelesna mjera koja dodatno karakterizira odjevni predmet, ali nikad na ovjesnoj etiketi, uz oznaku konfekcijske veličine, nije istaknut i određen toplinski parametar koji bi davao egzaktan podatak o toplinskom svojstvu odjevnog predmeta, npr. vrijednost toplinskog otpora odjeće, toplinske vodljivosti odjeće, toplinske izolacije i sl. Stoga pri kupnji odjeće i pri izboru više različitih odjevnih predmeta nije moguće odabrati odjevni predmet s najboljim termoizolacijskim svojstvima.

Sličan problem ocjenjivanja i odabira javlja se i pri procjeni karakteristika toplinskih parametara zaštitne odjeće i odora specijalnih službi kad na raspisani natječaj pristignu odjevni predmeti više različitih proizvođača koji koriste različite krojeve odjeće, materijale, sirovinski sastav i kombinacije ugrađenih kompozita (osnovnih tkanina, ojačanja, ljepljivih međupodstava i podstava).

Isto tako, pri inženjerskom projektiranju novih odjevnih predmeta nije moguće izvesti egzaktno tehničko projektiranje odjeće ukoliko se ne poznaju toplinski parametri ugrađenih kompozita (jedan ili više slojeva spojenih i/ili ugrađenih različitih tekstilnih i/ili drugih materijala) te uspješnost ugradnje tih kompozita, odabira materijala, njihove debljine, veza, gustoće niti, aperture i sl., kao i uspješnost općenite konstrukcije odjeće i krojeva na završna toplinska svojstva nekog novo projektiranog i proizvedenog odjevnog predmeta.

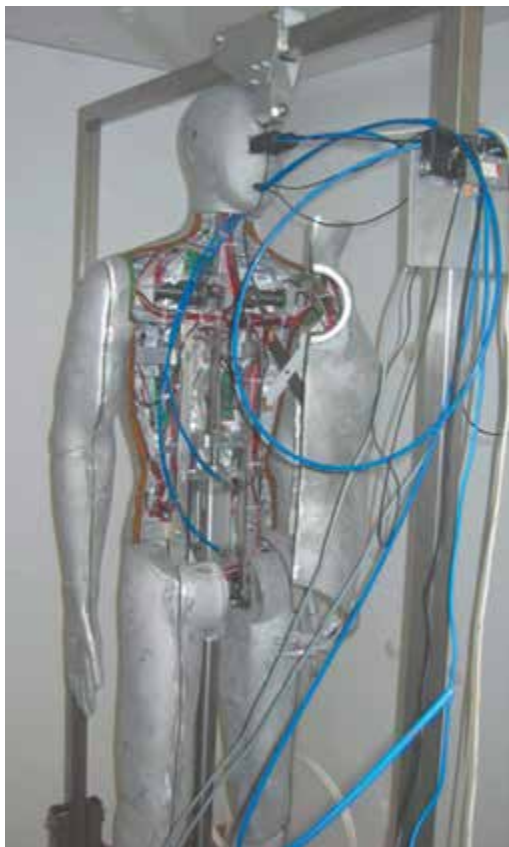
Na Sveučilištu u Zagrebu Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Laboratoriju za procesne parametre Zavoda za odjevnu tehnologiju instaliran je mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće te je patentno zaštićen pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom PK20130350 (Rogale, Nikolić, 2013.).

Mjerni sustav sadrži programsku podršku za upravljanje metalnim modelom ljudskog tijela (izbor segmenata i određivanje temperature pojedinih segmenata modela), mjerenje toplinskih svojstava odjeće na modelu ljudskog tijela u vidu otpora prolasku topline i s dobivanjem rezultata u $[m^2 K W^{-1}]$ te u $[clo]$, upravljanje klima komorom (određivanje temperature okoliša i brzine strujanja zraka te praćenje vlažnosti zraka u okolišu, upravljanje i mjerenje toplinskih svojstava kompozita na vrućoj ploči (određivanje temperature vruće ploče, određivanje otpora prolasku topline i dobivanje rezultata u $[m^2 K W^{-1}]$ i u $[clo]$ Clo jedinica je prihvaćena u odjevnom inženjerstvu za iskazivanje i mjerenje izolacije odjeće, a nastala je na temelju jednakosti $1 Clo = 0,155 m^2 K W^{-1}$. U cilju jednostavnije percepcije te jedinice valja istaknuti da golo ljudsko tijelo ima vrijednost izolacije od 0,0 Clo, a vrijednost od 1,0 Clo se odnosi na osobu koja osjeća toplinsku ugodu, dok sjedi u prostoriji u kojoj su: temperatura okoliša $21^{\circ}C$, relativna vlažnost zraka: 50% i strujanje zraka $0,01 ms^{-1}$.

Korištenjem vruće ploče, sl.2, određuju se toplinska svojstava kompozita, odnosno utvrđuje se utjecaj različitih kombinacija visokotehnoloških materijala za izradu



Slika 2 – Vruća ploča za mjerenje toplinskih svojstava kompozita



Slika 3 - Segmentirani odljevak u obliku ljudskog tijela, tzv. termalni maneken

odjeće, utjecaj slojevitosti materijala na toplinska svojstva odjeće već pri tehničkom projektiranju odjevnih predmeta željenih toplinskih svojstava (Firšt Rogale i sur., 2014.).

Tekstilna tvorevina veličine veće od $0,4 \times 0,6$ m se polaže na pravokutnu površinu ploče koja je najčešće zagrijana do konstantne temperature koja odgovara temperaturi kože na ljudskom tijelu (tj. 34°C). Temperatura ploče se mjeri pomoću više digitalnih senzora treće generacije umetnutim direktno ispod površine ploče. Senzorski elementi mjere promjene temperature, koja se postiže zagrijavanjem 32 ne-induktivna mikrogrijača, smještena u dva polja ravnomjerno postavljena ispod grijane površine kako bi se osigurala ravnomjerna distribucija topline, odnosno temperature cijele ploče. Svakim poljem mjerne ploče upravlja zaseban mikrokontrolerski sustav tako da radom mjerne ploče, odnosno održavanjem konstantne temperature podešavanjem dovedene električne snage širinskopulsnom modulacijom (PWM) upravljaju dva mikrokontrolera povezana mjernim protokolom preko digitalnog međusklopa s PC računalom (Rogale i sur., 2012.).

Segmentirani odljevak u obliku ljudskog tijela, tzv. termalni maneken, sastoji se od 24 segmenta ljudskog tijela unutar kojeg su instalirani električni grijači, senzori temperature, 14 mikrokontrolerskih sklopova i pneumatski sustav za pokretanje ruku i nogu, sl. 3. Namijenjen određivanju dinamičkih toplinskih svojstava odjeće, simulira hodanje na način da se protufazno pokreću obje ruke i noge.

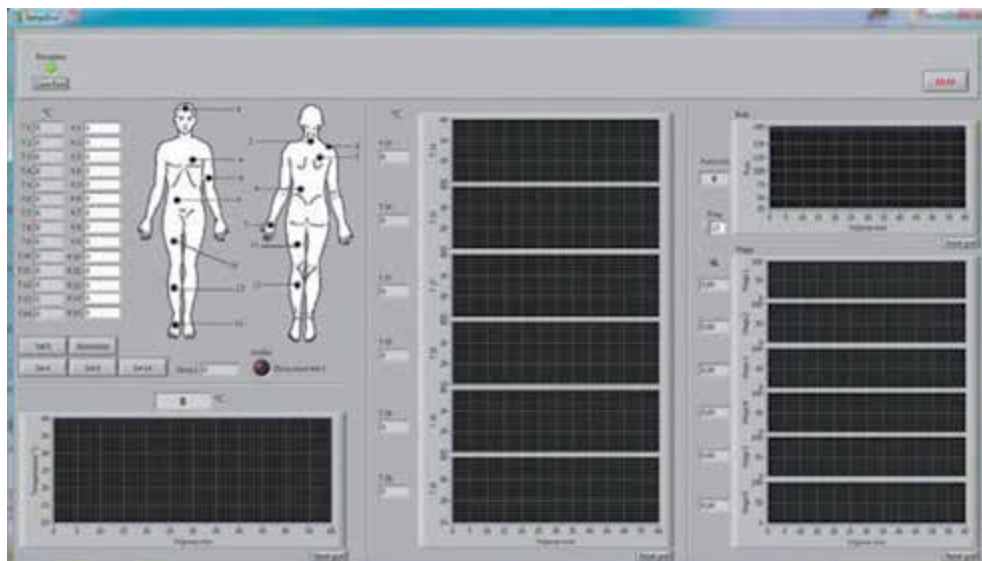
Mjerenja vrijednosti termoizolacijskih svojstava kompozita i odjeće se izvode, za razliku od drugih sustava, pri istim uvjetima okoliša. Za određivanje termoizolacijskih svojstava kompozita i odjeće temperatura zraka se namješta na određenu temperaturu i određenu vlažnost. Brzina zraka koju proizvodi ventilacijski sustav klima komore se može namjestiti u rasponu od $0-1 \pm 0,05 \text{ ms}^{-1}$. Temperaturni regulator na temelju podataka temperaturnih senzora mora održavati temperaturu mjerne površine (T_s) unutar granica od $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Toplinska snaga (H_0) koja se dovodi mjernom sustavu se mjeri unutar $\pm 1 \%$ od ukupnog raspona. Pri proučavanju rezultata mjerenja dobivenih mjerenjem vrijednosti toplinske otpornosti s napravom opisanom u ovom radu može se uočiti stalna ovisnost rezultata o radu mjerne opreme i dobra reproducibilnost.

4. Integrirani uređaj za mjerenje fizioloških parametara ljudskog tijela pri egzaktnom vrednovanju toplinske udobnosti odjeće

Toplinska udobnost pri nošenju odjeće može se odrediti subjektivnim izričajem nositelja ili egzaktnim mjerenjima fizioloških parametara: temperature kože (izmjerene metodom 4, 8 ili 12 mjesta pri čemu se izračunava srednja ponderirana temperatura), relativne vlažnosti kože (znojenja) i frekvencije otkucaja srca, sl. 4.

Integrirani uređaj za mjerenje fizioloških parametara ljudskog tijela pri egzaktnom vrednovanju toplinske udobnosti odjeće, također razvijen na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zavodu za odjevnu tehnologiju, sastoji se od četiri modula:

- modula za mjerenje temperature kože nositelja odjevnog sustava koji može mjeriti temperaturu kože na 4, 8 ili 12 mjesta te izračunavati srednju ponderiranu temperaturu kože,
- modula za mjerenje relativne vlažnosti kože (znojenja) nositelja odjevnog sustava i za prikaz mjernih rezultata,
- modula za mjerenje frekvencije otkucaja srca nositelja odjevnog sustava i za prikaz mjernih rezultata te
- modula za mjerenje temperatura između pojedinih slojeva odjeće za određivanje udjela toplinskog izolacijskog efekta svakog pojedinog sloja u odjevnom sustavu.



Slik 4. – Zaslom računalnog monitora programa integriranog uređaja za mjerenje fizioloških parametara ljudskog tijela pri egzaktnom vrednovanju toplinske udobnosti odjeće

Ovim uređajem smanjuje se subjektivizam ocjene, a povećava se signifikantnost egzaktnog mjerenja.

5. Diferencijalni konduktometar

Na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zavodu za odjevnju tehnologiju trenutno je u fazi razvoja novi uređaj, tzv. diferencijalni toplinski konduktometar za tekstilne kompozite i odjeću; bio bi potpuno novi mjerni instrument za mjerenje kontaktne toplinske vodljivosti tijekom prijenosa topline kondukcijom. Uređaj bi trebao mjeriti kontaktnu toplinsku vodljivost između dvije ploče različitih temperatura. Jedna ploča bi predstavljala površinu kože ljudskog tijela, a druga okoliš kompozita ili odjeće. Osim za mjerenja vodljivosti uređaja, bi bio opremljen i nizom senzora temperature koji bi se umetali u svaki sloj kompozita ili slojeva odjeće. Pri tome bi se mjerio diferencijalni pad temperature po slojevima, odnosno učinkovitost toplinske izolacije svakog pojedinog sloja. Time bi se omogućio analitički pristup i egzaktno vrednovanje svih utjecajnih parametara kompozita i slojeva odjeće na njihovu toplinsku izolaciju. Ključne tehničke karakteristike uređaja su mehanički dio aparature, električni dio grijanih površina, senzorski dio mjerenja temperatura, regulacijski dio za održavanje konstantnih zadanih temperatura, sustav za mjerenje električne snage grijača površina, upravljačko mjerno mikroručunalo, međusklop za komunikaciju s osobnim računalom i softveri za mikroručunalo i osobno računa-

lo za prijem podataka, pohranjivanje podataka, prikaz podataka mjerenja i potrebnih izračuna u grafičkom i tabelarnom prikazu na zaslonu monitora te za ispis na tiskalu. Mjerni sustav će regulirati snagu pri održavanju parametara kod uspostave termodinamičke ravnoteže na temelju koje bi bilo moguće izmjeriti ukupnu toplinsku vodljivost tekstilnih kompozita i dijelova odjeće te utvrditi utjecaj svakog pojedinih sloja na ukupnu vodljivost.

6. Sustav za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija proizvodnje odjeće

Mjerni sustav za računalno sinkronizirana mjerenja i računanje procesnih parametara, također razvijen, patentno zaštićen u Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom P2001694 te instaliran u Zavodu za odjevnu tehnologiju, služi za cjelovito određivanje procesnih parametara tehnoloških operacija šivanja odjeće primjenom suvremene opreme kojom se vrši automatsko mjerenje i prikupljanje podataka putem elektroničkog računala, mjernih pretvornika i uređaja, više primjerenih računalnih programa i metoda numeričke analize, sl. 5.



Slika 5 – Sustav za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija proizvodnje odjeće

Sustav se može opremiti i video-sustavom za analizu izvođenja rada na radnom mjestu kojim se osigurava pravilna interpretacija dobivenih rezultata mjerenja procesnih parametara tehnoloških operacija šivanja odjeće (Rogale, Dragčević, 2004.).

7. Sustav za mjerenje energetske potrošnje električne energije šivaćih strojeva

Razvijen je sustav za mjerenje energetske potrošnje električne energije šivaćih strojeva, patentno je zaštićen pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom 20080068 i instaliran je u Zavodu za odjevnu tehnologiju. Primarni cilj izuma sustava za mjerenje energetske potrošnje električne energije šivaćih strojeva, sl. 6, je da se u jednom kućištu



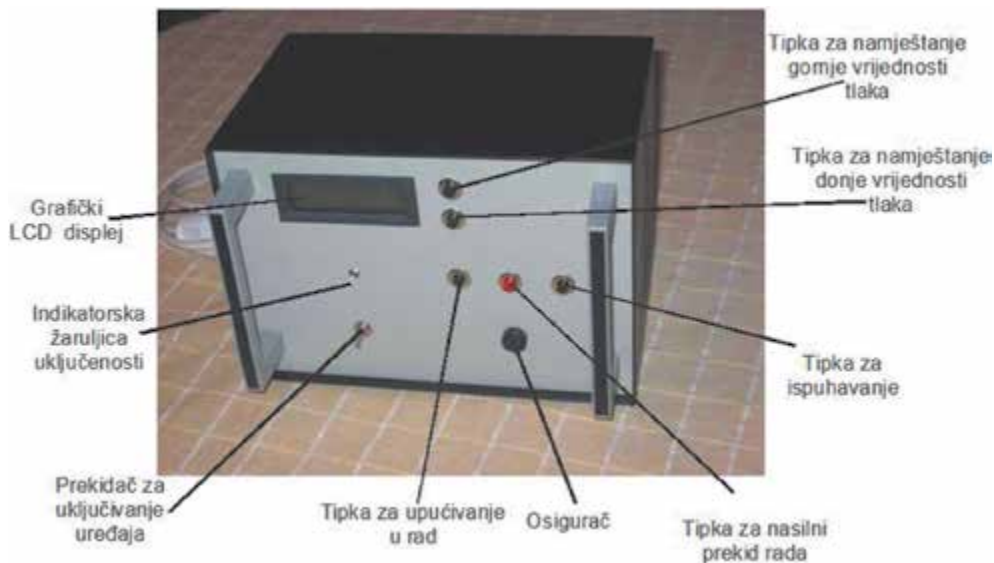
Slika 6 – Sustav za mjerenje energetske potrošnje električne energije šivaćih strojeva

omogućiti ugradnja svih potrebnih mjerila za kontrolu procesnih parametara pogonskih sustava šivaćih strojeva (Rogale, 2008a).

Mjerni sustav ima ugrađena mjerila pogonskih struja, napona, električne snage i utrošene energije. Zbog toga ima ugrađene sinkronizirane mjerni sustave za mjerenja napona i struje svake faze s mjernim pojačalima, brzine vrtnje glavnog vratila šivaćeg stroja te položaja gazila kao i za prihvat drugih izmjerenih vrijednosti (npr. iz sustava za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija proizvodnje odjeće) čiji se svi signali dovode na AD pretvornik, a potom na pohranjivanje i obradu u elektroničko računalo kako bi poslužili za naknadna izračunavanja i analizu procesnih parametara tehnoloških parametara proizvodnje odjeće.

8. Uređaj za kontrolirano punjenje, mjerenje i održavanje tlaka zraka u ekspanzirajućim komorama obuće i odjeće

Uređaj za kontrolirano punjenje, mjerenje i održavanje tlaka zraka u ekspanzirajućim komorama perive obuće i odjeće, sl. 7, patentno zaštićen pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom PK20080011 te instaliran u Zavodu za odjevnu tehnologiju, ima osjetljivi tlačni senzor koji mjeri tlak u ekspanzirajućoj komori, a izmjerena vrijednost tlaka prenosi se u mikrokontroler-



Slika 7 – Uređaj za kontrolirano punjenje, mjerenje i održavanje tlaka zraka u ekspanzirajućim komorama obuće i odjeće

ski sustav. Status rada sustava i izmjerene vrijednosti prikazuju se na displeju pa se tako i gornja i donja vrijednost tlaka namješta tipkama na prednjoj ploči uređaja. Na prednjoj ploči se nalazi još i tipka za upućivanje u rad, tipka za nasilni prekid rada te tipka kojim se daje naredba za ispuhavanje ekspandirajuće komore. Upuhavanje zraka u komoru odvija se mikrokontrolerskom aktivacijom mikrokompresora i aktivacijom 3/2 elektromagnetskog razvodnika za upuhivanje s prigušnicom pa se stlačeni zrak upuhuje preko nepovratnog ventila i spremnika zraka za kompenzaciju impulsa u komoru. Ispuhavanje komore izvodi se aktivacijom 3/2 elektromagnetskog razvodnika za ispuhavanje s prigušnicama. Programiranje mikrokontrolera uređaja, transfer i pohrana izmjerenih vrijednosti tlaka zraka u komorama izvodi se vanjskim PC računalom preko priključka (Rogale i sur., 2008b). Uz uređaj za kontrolirano punjenje, mjerenje i održavanje tlaka zraka u ekspandirajućim komorama perive obuće i odjeće konstruiran je i pneumatski uložak za sprečavanje deformacija perive obuće koji je također patentno zaštićenog pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom PK20070252 (Dragčević, Nikolić, 2007.).

9. Inteligentni tepih

Znanstvenici s Tekstilno tehnološkog fakulteta patentirali su, i u suradnji s Regeneracijom iz Zaboka izradili inteligentni tepih, sl. 8, koji se može koristiti kao dio alarmnog sustava jer reagira na dim i pokrete te može pokazivati smjer kretanja, odnosno smjer izlaza u slučaju nužde. Također se može koristiti kao alarm ili reklama na način da svjetlećim diodama ističe naziv ili logo tvrtke u kojoj je postavljen.



Slika 8 – Inteligentni tepih

Spajanjem inteligentnog tepiha, patentno zaštićenog pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom PK20030642 s računalom moguće je senzorima u tepihu dati mnogo više funkcija, kao što su složeniji detektori kretanja i praćenja hoda ili pozivanja policije ili vatrogasaca u slučaju provale odnosno požara preko Interneta. Tako se taj tepih prilagođava koncepciji inteligentne kuće (Rogale i sur, 2003b).

Projekt inteligentnog tepiha je jedan od rijetkih primjera suradnje znanosti i gospodarstva u Hrvatskoj. Autori se nadaju da bi njihov primjer uspješnog zajedničkog djelovanja trebao biti otvaranje vrata daljnjoj suradnji gospodarstva i znanosti. Smatraju kako bi udruživanje resursa i znanja znanstvenika, s jedne, i ljudi koji se bave proizvodnjom, s druge strane, moglo rezultirati mnogim novim kvalitetnim i tehnološki razvijenim hrvatskim proizvodima. Njihova bi pak prodaja na svjetskom tržištu objema stranama donijela financijsku korist čime bi se mnogo pridonijelo daljnjem razvoju znanosti i gospodarstva.

10. Programski paket za izradu tehničke dokumentacije, praćenje i analizu proizvodnje odjeće

Na današnju fazu razvoja odjevne industrije poglavito utječu zahtjevi suvremenog dizajna odjevnih predmeta koji su se odrazili kroz nekoliko nepovoljnih čimbenika (Rogale i sur., 2011.):

- male proizvodne serije,
- veliko mnoštvo modela odjevnih predmeta, boja, desena i odjevnih veličina,
- kratkih rokova isporuke,
- visoke kakvoće izrade i
- stalne tendencije smanjenja vremena izrade odnosno cijene koštanja odjevnog predmeta.

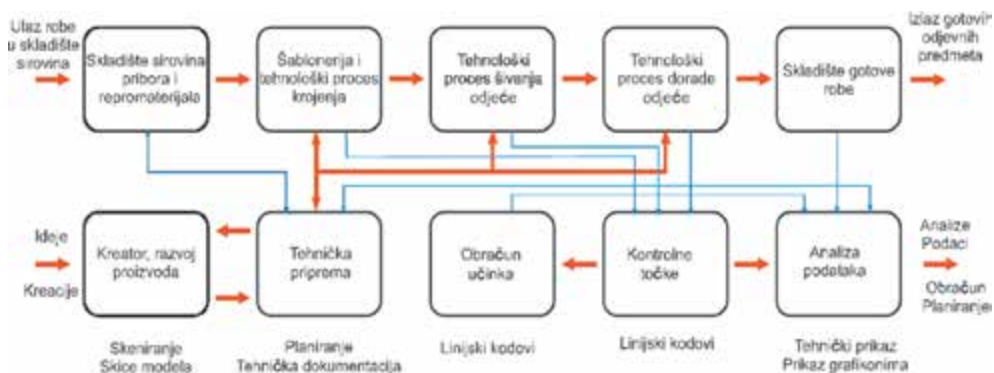
Utjecaj modnog dizajna ponajviše se ogleda u malim proizvodnim serijama, kratkim vremenima izrade, visokoj kvaliteti izrade odjeće, teškoćama primjene novih materijala i načinu izrade odjevnih predmeta, u problemima organizacije proizvodnje, primjenama novih znanja i teškoćama u tehničkoj pripremi. Male količine odjevnih predmeta u radnom nalogu, a veliki broj boja i desena te disperzija odjevnih veličina znatno produžuju vrijeme izrade tehničke dokumentacije vezane uz radni nalog. Ako se uzme u obzir da pojedine tvornice dnevno obrađuju više radnih naloga (veće i do desetak radnih naloga) za koje valja izraditi cjelovitu dokumentaciju, vidljivo je da izrada tehničke dokumentacije, praćenje i analiza proizvodnje, u uvjetima koje diktira suvremeni modni dizajn, predstavlja jedan od najsloženijih problema današnje odjevne industrije. Izrada tehničke dokumentacije, organizacija

i analiza proizvodnje zaokuplja najsposobniji kadar tehničke pripreme. S obzirom na smanjenje broja stručnih ljudi u tehničkim priprema, postojeći ljudski potencijal ne može fizički izraditi cjelovitu dokumentaciju. Zbog toga je vrlo čest slučaj da se s procesom proizvodnje odjeće započinje s nedostatnom dokumentacijom, a nije rijetkost da se s proizvodnjom mora započeti, a da tehnička dokumentacija nije niti izrađena.

S druge strane, visokostručni kadar neinventivno koristi velik dio radnog vremena na rutinske poslove izrade tehničke dokumentacije, praćenje i analizu proizvodnje što se svodi na česta prepisivanja istih ili sličnih podataka, a rijetko na istinski kreativan rad u kojem se oplođuju tehnološka i tehnička znanja te iskustvo stručnih ljudi tehničke pripreme. Zato je za tehničke pripreme odjevne industrije jedini izlaz u što bržem opremanju računalima sa ciljem da rutinske radove tehničke pripreme preuzmu računala; time smanje angažman stručnih ljudi i oslobode im dovoljno vremena za kreativni i inovativan angažman koji istinski unapređuje proizvodne procese.

Stoga je tim profesora s Tekstilno-tehnološkog fakulteta načinio programski paket za izradu tehničke dokumentacije, praćenje i analizu proizvodnje odjeće (Rogale i sur., 2011.), prikazan shematski na sl. 9 . Najvažnija radna mjesta u prikazanom sustavu su:

- radno mjesto kreatora,
- radno mjesto u skladištu sirovina i gotove robe,
- radno mjesto u konstrukcijskoj pripremi,
- radna mjesta u tehnološkoj i operativnoj pripremi,
- radna mjesta u tehnološkim procesima šivanja i dorade odjeće,
- radna mjesto za obračun učinka te
- radno mjesto za analizu podataka.



Slika 9 – Shematski prikaz računalne podrške

Obračun učinka proizvodnih radnika u organizacijskim i proizvodnim uvjetima u kojima se nalazi odjevna industrija postaje sve većim problemom iz više razloga. Proizvodnja visokomodne odjeće profinjenog dizajna dovela je do velikog broja radnih naloga s malim brojem gotovo unikatno proizvedenih odjevnih predmeta. Obilježje današnjih radnih naloga je da su vrlo maleni, a u njima vlada obilje boja, desena, materijala i odjevnih veličina. Tijekom proizvodnje najjednostavnijih odjevnih predmeta treba izvesti više od desetak tehnoloških operacija proizvodnje odjeće, za složenije i nekoliko desetaka, a za najsloženije i više od stotine tehnoloških operacija. Za svaku tehnološku operaciju karakteristično je da joj je pridružen i podatak o normiranom vremenu izrade i tzv. kategorija rada koja se odnosi na stupnjevanje grupa složenosti izvođenja operacije.

Svi ti podaci se nužno evidentiraju tijekom obračuna učinka proizvodnih radnika, pa ako prosječna radna jedinica od nekoliko desetaka radnika dnevno radi na barem dva ili više radnih naloga tijekom dnevnog radnog vremena, može se zaključiti da radnik, koji radi na evidenciji i obračunu radnih učinaka, mora dnevno obraditi više stotina raznih skupina zapisa. Tijekom obrade učinka za svakog radnika iz radne jedinice mora se uzeti njegov evidencijski karton ili bilježnica te po pojedinim radnim nalogima pročitati zapis oznake ili naziva tehnološke operacije provjeriti je li se ta operacija uistinu izvodi u tom nalogu, pronaći njeno vrijeme izvođenja i kategoriju rada iz plana tehnoloških operacija pridruženih tom radnom nalogu ili iz kataloga tehnoloških operacija te izvesti specifične računske operacije.

Računalni obračun učinka proizvodnih radnika temelji se na postojanju i radu s više skupina i baza podataka umreženog računalnog sustava za organizaciju i praćenje proizvodnje u odjevnoj industriji, kao što su baze podataka proizvodnih radnika svrstanih po radnim jedinicama, baze podataka radnih naloga po vrstama odjevnih predmeta, baze podataka planova tehnoloških operacija i skupina podataka oznaka složenosti rada za izvođenje tehnoloških operacija i pripadajućih bodova.

Uporabom programskog modula *Obračun učinka*, navedenih baza i skupina podataka, formira se nova baza podataka učinaka.

Računalni obračun učinka se sastoji od faze evidencije izvedenog rada proizvodnih radnika, logističkog ili strojnog načina unosa podataka u računalni sustav, kontrole i obrade podataka na umreženom računalnom sustavu korištenjem više baza i skupina podataka, izvođenja obračuna i analize obračuna, ispisivanja i trajnog pohranjivanja rezultata obračuna u bazu podataka učinaka proizvodnih radnika te mrežnog transfera tih podataka do računalnog sustava za obračun plaća radnika.

Opisani programski paket instaliran je od početka 1990-tih godina u dvadesetak privrednih subjekta i značajno je pridonio njihovoj produktivnosti.

Također valja spomenuti i izume i inovacije poput inteligentne glačalice za odjevne predmete, patentno zaštićene pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom PK20030987, inteligentne bolesničke podloge, patentno zaštićene pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom PK20041063 i inovativan sustav za hlađenje unutrašnjosti kostima Hrkija, maskote Europskih sveučilišnih igara Zagreb-Rijeka 2016 (Nikolić, Rogale, 2004a i 2004b).

Kroz prethodni opis trenutačnog stanja u istraživanom području odjevnih tehnologija na Tekstilno-tehnološkom fakultetu vidljivo je da je razvijena potpuno nova i originalna vrsta odjevnog predmeta koja je patentirana u zemlji i svijetu kao i više mjernih sustava namijenjenih tekstilnoj i odjevnoj industriji. Može se ustvrditi da su prvi funkcionirajući prototipovi inteligentne odjeće s adaptivnom toplinskom zaštitom razvijeni i realizirani u Hrvatskoj. Za potrebe razvoja inteligentne odjeće i studija procesnih parametara u odjevnoj tehnologiji opremljen je laboratorij za visokotehnološke metode spajanja dijelova odjeće kao i mjeriteljski laboratorij s više mjernih podsustava za određivanje toplinskih svojstava konvencionalne, zaštitne i inteligentne odjeće.

11. Nagrade i priznanja

Razvijeni mjeriteljski sustavi su također vrlo originalni i patentno su zaštićeni. Izvedbom ovako složenih mjeriteljskih sustava želi se ukazati na sposobnost istraživača Fakulteta koji su, uz ostalo, sposobni konstruirati i realizirati složene mjerne sustave prihvatljive za mjerenja na Fakultetu i u industriji.

Nakon što su dostignuća na području razvoja inteligentne odjeće i mjernih sustava doživjela priznanje prihvaćanjem patentnih prijava domaćih i stranih patentnih ureda odlučeno je da se znanstveno-istraživački rad na razvoju inteligentne odjeće i mjernih sustava, a posebno termalnog manekena, prikaže široj javnosti te da se izloži na domaćim i stranim izložbama izuma, inovacija i patenata u cilju međunarodne valorizacije postignutih rezultata. Dobivena priznanja i visoka odličja na uglednim međunarodnim izložbama inovacija i patenata sa strogim ocjenjivačkim sudom ukazuje na originalnost pri izradi nove vrste inteligentnog odjevnog predmeta i visokog stupnja razvoja na području mjeriteljske tehnike, tablica 1.

Tablica 1 – Priznanja za inteligentnu odjeću, termalnog manekena i inovativni integrirani uređaj za mjerenje fizioloških parametara ljudskog tijela pri egzaktnom vrednovanju toplinske udobnosti odjeće

Autori	Dodjelitelj nagrade	Nagrada / Priznanje	Godina
INTELIGENTNA ODJEĆA			
Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Gojko Nikolić, Zvonko Dragčević	Izdavačka kuća VID I i Institut Ruder Bošković	Zlatno Teslino jaje	2007.
Dubravko Rogale	DAAAM International Vienna	Zlatna medalja	2009.
Snježana Firšt Rogale	DAAAM International Vienna	Zlatna medalja	2010.
Dubravko Rogale	DAAAM International Vienna	Zlatna medalja	2010.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonkom Dragčević i Gojko Nikolić	17 th Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies Archimedes 2014	Grand Prix za najbolji industrijski dizajn za Inovaciju	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonkom Dragčević i Gojko Nikolić	17 th Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies Archimedes 2014	Gold medal	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonkom Dragčević i Gojko Nikolić	6 th European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2014	Zlatna medalja	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonkom Dragčević i Gojko Nikolić	6 th European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2014	Posebna nagrada izumiteljima u vidu posebne diplome i pehara kao znak časti, prepoznatljivosti i uvažavanja znanstvene kreativnosti i originalnosti izuma inteligentne odjeće, Sveučilište u Sibiju <i>Lucian Blaga</i>	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonkom Dragčević i Gojko Nikolić	29 th INPEX – Invention & New Product Exposition, Pittsburgh PA, USA	Gold Medal – Award of Merit	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonkom Dragčević i Gojko Nikolić	29 th INPEX – Invention & New Product Exposition, Pittsburgh PA, USA	Humanitarian Award	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonkom Dragčević i Gojko Nikolić	29 th INPEX – Invention & New Product Exposition, Pittsburgh PA, USA	Spanish Delegation Award 2014	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Gojko Nikolić, Zvonko Dragčević	14 th British Invention Show 2014	British Invention Award – Gold medal	2014.

Autori	Dodjelitelj nagrade	Nagrada / Priznanje	Godina
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Gojko Nikolić, Zvonko Dragčević	39. Inova/10. Budi uzor 2014	Najbolja Inovacija u znanosti	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Gojko Nikolić, Zvonko Dragčević	39. Inova/10. Budi uzor 2014	Zlatna medalja	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale	39. Inova/10. Budi uzor 2014	Special Award, Romanian Inventors Forum EUROINVENT	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Gojko Nikolić, Zvonko Dragčević	Kaohsung International Invention Exhibition 2014, Taiwan	Silver medal	2014.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale	7 th European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2015	Gold medal	2015.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale	Malaysia Technology EXPO 2015	Silver medal	2015.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale	13. međunarodna izložba inovacija ARCA 2015	Zlatna medalja	2015.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale	40. Inova/11. Budi uzor 2015	Zlatna medalja	2015.
Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale	40. Inova/11. Budi uzor 2015	INOVA – najbolji hrvatski izlagač	2015.
Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale	Savez Inovatora Zagreb	Nagrada E.S.PENKALA za najbolju zagrebačku Inovaciju	2015.
Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale	Kaohsung International Invention Exhibition 2016, Taiwan	Gold meda	2016.
TERMALNI MANEKEN			
Dubravko Rogale, Gojko Nikolić	6 th European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2014	Srebrna medalja	2014.
Dubravko Rogale, Gojko Nikolić	39. Inova/10. Budi uzor 2014	Zlatna medalja	2014.
Dubravko Rogale, Gojko Nikolić	Macau International Innovation and Invention Expo 2014	Silver medal	2014.
Dubravko Rogale, Gojko Nikolić	13. međunarodna izložba inovacija ARCA 2015	Zlatna medalja	2015.

Autori	Dodjelitelj nagrade	Nagrada / Priznanje	Godina
INTEGRIRANI UREĐAJ ZA MJERENJE FIZIOLOŠKIH PARAMETARA LJUDSKOG TIJELA PRI EGZAKTNOM VREDNOVANJU TOPLINSKE UDOBNOСТИ ODJEĆE			
Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Krešimir Rogale, Željko Knezić	41. Inova/12. Budi uzor 2016	Zlatna medalja	2016.
Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Krešimir Rogale, Željko Knezić	41. Inova/12. Budi uzor 2016	Nagrada za najbolju inovaciju u primijenjenoj znanosti	2016.
Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Krešimir Rogale, Željko Knezić	41. Inova/12. Budi uzor 2016 (Tera tehnopolisa i Hrvatska udruga inovatora poduzetnika)	Posebna nagrada za najbolju znanstvenu komercijalizaciju Smart Specialization	2016.
DOPRINOS U RAZVOJU RAZVITKU I PROMICANJU TEHNIČKE KULTURE TE DUGOGODIŠNJEM INOVATIVNOM RADU			
Dubravko Rogale	Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske	Godišnja Državna nagrada tehničke kulture Faust Vrančić za 2013.	2014.
Dubravko Rogale	Hrvatska zajednica tehničke kulture	Povelja za dugogodišnji izniman doprinos razvitku i promicanju tehničke kulture	2016.
Dubravko Rogale	Tekstilno-tehnološki fakultet	Dekaničina nagrada za dugogodišnji inovativni rad	2016.

Dobivena priznanja i visoka odličja na uglednim međunarodnim izložbama inovacija i patenata sa strogim ocjenjivačkim sudom ukazuje na originalnost pri izradi nove vrste inteligentnog odjevnog predmeta i visokog stupnja razvoja na području mjeriteljske tehnike.

12. Zaključak

Odjevna industrija Republike Hrvatske može svoj opstanak i konkurentnost temeljiti samo na proizvodnji novih vrsta odjeće s visokom dodanom vrijednošću (inteligentna i pametna odjeća) ili skupljih vrsta odjeće visoke kvalitete i tehničkih zahtjeva (poslovna muška i ženska odjeća, zaštitna odjeća visokih performansi). Za izradu spomenutih vrsta odjevnih predmeta trebaju se, osim konvencionalnih tehnika spajanja dijelova odjeće šivanjem, koristiti i druge visokotehnološke metode spajanja (toplinske metode spajanja kondukcijom i konvekcijom, ultrazvučnom metodom i visokofrekventnom metodom) što će proizvedenoj odjeći zasigurno dati dodatnu visokotehnološku komponentu koja se može odraziti i kroz povišenu cijenu.

nu proizvoda. U radu se pokazuje i da je inventivna komponenta vrlo značajna s aspekta razvoja nove mjeriteljske opreme razvijene posebno za područje tehnoloških procesa proizvodnje odjeće, kao i s aspekta računalno vođenog proizvodnog procesa. Može se zaključiti da u akademskoj zajednici postoji razvojna jezgra s osobito istaknutim inovativnim svojstvima koja u potpunosti može zadovoljiti inovacijske potrebe hrvatske odjevne industrije. Potrebno je samo iznaći dodatna sredstva financiranja za inovativni razvoj i uspješnije povezivanje hrvatske akademske zajednice i njezine odjevne industrije.

Literatura

- Dragčević Z., Rogale D. (2007). Pneumatski uložak za sprečavanje deformacija perive obuće, patent pod oznakom PK20070252, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Firšt Rogale S., Rogale D., Nikolić G., Dragčević Z., Bartoš M. (2008a). Odjevni predmet s adaptivnim mikroklimatskim stanjima, patent pod oznakom PK20080116, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Firšt Rogale S., Rogale D., Nikolić G., Dragčević Z. (2008b). Univerzalna rebrasta termoizolacijska komora kontinuirano podesive debljine, patent pod oznakom PK20080118, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Firšt Rogale S., Rogale D., Nikolić G., Dragčević Z. (2012). Controllable Ribbed Thermoinsulative Chamber of Continually Adjustable Thickness and its Application, patent No EP20120243, World Intellectual Property Organization
- Firšt Rogale, S.; Rogale, D.; Nikolić, G.; Dragčević, Z. (2014). Inteligentna odjeća, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 978-953-7105-52-5, Zagreb
- Katović D., Rogale, D. (2013). Tekstilna znanost za konkurentno gospodarstvo, 6.znanstveno stručno savjetovanje Sinergija – ključ uspjeha, Bihlar, Željko ; Penava, Željko (ur.).Zagreb, Tekstilno tehnološki fakultet, 2013. 117-136
- Nikolić G., Rogale, D. (2004a). Inteligentna glačalica za odjevne predmete, patent pod oznakom PK20030987, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Nikolić G., Rogale, Dubravko. D. (2004b). Inteligentna bolesnička podloga, patent pod oznakom PK20041063, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Rogale D., Švaljek A., Nikolić G., Hajdarović K. (2003a) Inteligentna zidna ili podna obloga, patent pod oznakom PK20030642, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Rogale D., Firšt Rogale S. Dragčević Z., Nikolić G. (2003b) Inteligentni odjevni predmet s aktivnom termičkom zaštitom, patent pod oznakom PK20030727, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Rogale D., Dragčević Z. (2004) Sustav za automatska mjerenja procesnih parametara i struktura tehnoloških operacija u procesima proizvodnje odjeće, patent pod oznakom PK20010694, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Rogale D., Dragčević Z., Nikolić G., Bartoš M. (2008a) Uređaj za kontrolirano punjenje, mjerenje i održavanje tlaka zraka u ekspandirajućim komorama obuće i odjeće, patent pod oznakom PK20080011, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Rogale D. (2008b) Uređaj za mjerenje i kontrolu procesnih parametara pogonskih sustava šivaćih strojeva, patent pod oznakom PK20080068, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Rogale D., Ujević D., Firšt Rogale S., Hrastinski M. (2011). Prosesi proizvodnje odjeće, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 978-953-7105-32-7, 401

- Rogale D., Nikolić G. (2013). Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstva kompozita i odjeće, patent pod oznakom PK20130350, Državni zavod za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske
- Rogale D., Špelić I., Firšt Rogale S., Majstorović G. (2012). Utvrđivanje toplinskog otpora PA i PES tekstilnih tvorevina u ovisnosti o broju i kombinaciji slojeva, Zbornik radova 5. međunarodnog znanstvenog- stručnog savjetovanja Tekstilna znanost i gospodarstvo 2 Ujević, D. ; Penava, Ž. (ur.). Zagreb, Tiskara Zrinski d. d., Čakovec, 215-220

New Technologies and Innovations for Survival and Development of the Clothing Industry

Rogale Dubravko, Firšt Rogale Snježana, Dragčević Zvonko, Ujević Darko

Faculty of Textile Technology University of Zagreb

rogale@hatz.hr, sfrogale@ttf.hr, zvonko.dragcevic@ttf.hr, darko.ujevic@ttf.hr

The Croatian clothing industry at the beginning of the creation of the state was one of the most important branches of the processing industry. During the 25 years of Croatian independence, the number of employees in this industry has been reduced several times, but the export effect has remained at approximately the same level. This indicates that the productivity at the same time significantly increased. Strategists of the industrial development in Croatia do not find the clothing industry a perspective branch and do not find it could be an important factor of economic growth. Obviously, the development of the clothing industry of the Republic of Croatia could not be based on competing in the production of cheap large serial production of clothing but it is necessary to turn to the production of high-tech clothing (intelligent and smart clothing or protective clothing). High-tech methods of joining parts of clothing (thermal methods of joining by conduction and convection, by ultrasound and high-frequency method), the thermal properties of engineering design and computer controlled garment manufacturing should be used. The paper describes a new kind of clothing. This new kind of clothing, equipment for determining the thermal properties of clothing, new measurement methods for determining process and energy parameters of sewing and other inventions were patent protected, and were created in the Department of Clothing Technology of the Faculty of Textile Technology, University of Zagreb. The above-mentioned could be helpful for the survival and development of the clothing industry. This indicates that the mentioned existence and development is possible if the cooperation between the inventive academic community and the Croatian clothing industry is intensified.

Key words:

new technologies, innovation, Croatian clothing industry

Obrazovanje za budućnost

Šimpraga Miljenko, Pivac Anita

Sveučilište u Zagrebu
miljenko.simpraga@unizg.hr, anita.pivac@unizg.hr

Hrvatska je mala zemlja koja svoje mjesto na europskom i svjetskom tržištu može izboriti samo razvojem inovativnoga gospodarstva temeljenoga na proizvodima i uslugama s visokom dodanom vrijednosti. Taj cilj traži ulaganje javnih sredstava u najveću vrijednost koju Hrvatska ima – razvoj ljudskih potencijala. Uz materijalna ulaganja, drugi preduvjet razvoja ljudskih potencijala za ostvarivanje gospodarskoga razvoja temeljenoga na znanju nedvojbeno je kvalitetni formalni obrazovni sustav.

Sadašnje funkcioniranje obrazovnoga sustava upozorava s jedne strane na nedostatno sustavno obrazovanje o intelektualnom vlasništvu i akademskom poduzetništvu koje bi bilo praćeno poticanjem sposobnih pojedinaca za inovacijski i tehnološki razvoj. S druge strane, proračunski tretman obrazovanja i znanosti nije dovoljno poticajan za suradnju između gospodarstva i akademske zajednice.

Hrvatska je već dulje vrijeme u procesu deindustrijalizacije, pa zato novi gospodarski i društveni izazovi traže nova promišljanja, a prema tome i nove načine obrazovanja.

Neki od odgovora, koji bi dugoročno mogli osigurati gospodarski rast, svako su poticanje projektnoga pristupu učenju i edukacija o poduzetništvu, zaštiti i iskorištavanju intelektualnih tvorevina te spuštanje takva pristupa na obrazovnoj vertikali do predškolskoga obrazovanja. Također, poticanje upisa studenata u STEM programe, uspostava komunikacijskih kanala između studenata i gospodarskih subjekata tijekom studija, cjelovitije vrjednovanje istraživačkoga prinosa znanstvenika i sveučilišnih nastavnika, ulaganja u inovacije i transfer tehnologije samo su neki od mogućih pristupa rješanju spomenutih izazova.

Ovim će se radom pokušati dati detaljnija promišljanja vezana uz obrazovanje za budućnost i postizanje gospodarskoga razvoja temeljenoga na inovacijama, tehnologiji i transferu znanja sa sveučilišta u poslovni sektor.

Ključne riječi:

obrazovanje, akademskom poduzetništvu, inovacije, intelektualno vlasništvo, suradnja gospodarstva i akademske zajednice.

1. Uvod

Napredak suvremenih društava vezan je uz postizanja gospodarskoga razvoja temeljenoga na znanju, odnosno transferu znanja, tehnologija i inovacija sa sveučilišta u poslovni sektor. Kako bi se došlo do progresivnoga razvoja gospodarstva temeljenoga na znanju, potrebno je prije svega usmjeriti se na sam početak procesa, a to je kvalitetan formalni obrazovni sustav.

Evidentno je kako se Hrvatska, što se obrazovnoga sustava tiče, trenutačno nalazi u poziciji koja zahtijeva promjene koje će se posljedično odraziti i na samo gospodarstvo. Naš sadašnji obrazovni sustav i trenutačni pokazatelji globalne konkurentnosti upućuju na to da Hrvatska stagnira ili čak bilježi pogoršanje u odnosu na ostale svjetske države prema indeksu globalne konkurentnosti (slika 1).

Indeks globalne konkurentnosti	Trend kretanja 2009.--->2016.
INDEKS UKUPNO	stagnacija
Stupovi konkurentnosti	
Trend kretanja 2009.--->2016.	
Institucija	stagnacija
Infrastruktura	stagnacija
Makroekonomsko okruženje	pogoršanje
Zdravstvo i osnovno obrazovanje	pogoršanje
Više obrazovanje i trening	stagnacija
Efikasnost tržišta roba	blago poboljšanje
Efikasnost tržišta rada	stagnacija
Razvoj financijskoga tržišta	oscilacije
Tehnološka spremnost	stagnacija
Veličina tržišta	stagnacija
Poslovna sofisticiranost	stagnacija
Inovativnost	pogoršanje

Slika 1 – Prikaz Hrvatske prema pokazateljima globalne konkurentnosti. Izvor: Hrvatsko gospodarstvo – statičnost u konkurentnosti, HGK 2016.

Uvidom u sadašnji obrazovni sustav i nastavne kurikulare možemo sa sigurnošću reći kako vlada deficit u pogledu obrazovanja o intelektualnom vlasništvu i akademskom poduzetništvu praćenima inovacijskim i tehnološkim razvojem. S druge strane, proračunski tretman obrazovanja i znanosti – ne promijeni li se – u konačnici može rezultirati stagnacijom hrvatskoga društva.

Da bi Hrvatska uspjela pratiti korak naprednijih zemalja te osigurala da znanja i tehnologije razvijene u Hrvatskoj pridonose globalnoj konkurentnosti hrvatskoga gospodarstva i potaknu regionalni razvoj, potrebno je prije svega procijeniti koji su ključni elementi na koje se treba usmjeriti kako bi se poboljšalo trenutna stanje.

2. Elementi obrazovanja za budućnost

Ulaganje u obrazovanje ne odnosi se samo na materijalno nego i na ulaganje u nov pristup u kojem se potiču, među ostalim, projektno učenje i edukacija o poduzetništvu, zaštiti i iskorištavanju intelektualnih tvorevina te spuštanje takva pristupa na obrazovnoj vertikali od visokoškolskoga do predškolskoga obrazovanja. Naime, sustav bi trebao funkcionirati tako da pravodobno otkriva iznimno sposobne i motivirane pojedince i potiče ih da potpuno razviju i primijene svoja znanja i sposobnosti na dobrobit zajednice. Za sustavan pristup tomu moraju postojati jasno određena mjerila prepoznavanja i vrjednovanja odabira, mjere i načini poticanja i podupiranja napredovanja te pravne i organizacijske osnove kojima se usmjeravaju vrijednosti i nadzire njihova provedba.

2.1. Obrazovanje za projektni pristup i intelektualno vlasništvo

Najnaprednije gospodarske zemlje svijeta od najranije dobi rade s djecom na projektnom pristupu, uče djecu rješavati konkretne probleme, a ne samo pamtiti činjenice koje većina njih vrlo brzo i zaboravi. Uz projektni pristup učenju, potiču ih na inovativnost, ali i educiraju o tome kako je sve što ih okružuje produkt nečijih ideja i kreacija koje zaslužuju poštovanje. Drugim riječima, educiraju ih o važnosti intelektualnoga vlasništva, odnosno na koji se način neka inovacija može zaštititi.

Mlade generacije koje će za deset ili dvadeset godina biti nositelji gospodarskih aktivnosti nužno je od najranije dobi obrazovati na način da shvate kako je upravo znanje o intelektualnom vlasništvu snažno oružje koje će im pomoći u budućem tržišnom natjecanju. Pogledavši sveukupan predškolski, osnovni i srednjoškolski sustav obrazovanja u Hrvatskoj, može se zaključiti kako se tomu važnome segmentu društvenoga i gospodarskoga razvoja ne pridaje dovoljna pozornost. Studija Europske promatračnice za povrede prava intelektualnoga vlasništva pri OHIM-u [1] prikazuje u kojoj je mjeri obrazovanje o intelektualnom vlasništvu zastupljeno u školskim kurikulumima. U istraživanju je sudjelovalo 28 zemalja članica EU-a te nekoliko država izvan EU-a, koje se prema *Global Innovation Index* iz 2014. godine svrstava među deset najinovativnijih zemalja (kao što su Švicarska, SAD, Sin-

gapur i Hong Kong). Istraživanjem su bile obuhvaćene osnovne i srednje škole u javnom i privatnom obrazovnom sektoru te dobna skupina djece i mladih od 4 do 18 godina. Rezultati istraživanja pokazali su da se u zemljama izvan EU-a koje su obuhvaćene istraživanjem djecu podučava o pravima intelektualnoga vlasništva i posljedicama povrjeda tih prava od najranije dobi, odnosno već od osnovne škole, a djeca u zemljama EU-a znanja o intelektualnom vlasništvu stječu kasnije.

Situacija je malo bolja na razini visokoškolskog obrazovanja, ali je još daleko od zadovoljavajuće. Na sveučilištima se velika važnost pridaje upravljanju intelektualnim vlasništvom. Strateškim pristupom u korištenju, portfelj znanja, tehnologije i intelektualnih tvorevina koji nastaje na nekom sveučilištu može biti ozbiljan pokretač i osnova napretka toga sveučilišta, ukupne akademske i znanstvene zajednice, a time i društva u cjelini [2]. Sveučilište u Zagrebu tako je primjer sveučilišta koje je prepoznalo važnost intelektualnoga vlasništva, a to se, među ostalim, može iščitati i iz njegova Statuta, u kojem je utvrđeno da pripadnici akademske zajednice u svojem znanstvenom, istraživačkom i umjetničkom radu na Sveučilištu uživaju zaštitu svojega intelektualnog stvaralaštva prema najvišim standardima te imaju sva prava koja proizlaze iz toga rada, u skladu sa zakonom te da su Sveučilište i svi njegovi djelatnici dužni poštovati tuđa prava intelektualnoga vlasništva. Osim toga, na Sveučilištu u Zagrebu ustrojen i novi poslijediplomski specijalistički interdisciplinarni studij *Intelektualno vlasništvo*, prvi takve vrste ne samo u Hrvatskoj nego i u ovom dijelu Europe.

2.2. Edukacija o poduzetništvu

U *Strategiji učenja za poduzetništvo 2010. – 2014.* [3] navodi se kako je poduzetništvo postalo odgojno-obrazovno područje svih nacionalnih kurikuluma na predškolskoj i osnovnoškolskoj razini, odnosno jedna od temeljnih kompetencija. Razlog leži u činjenici da se određena znanja stječu u ranim dječjim razvojnim fazama, a određene sposobnosti i vještine koje poduzetništvo zahtijeva najučinkovitije se razvijaju tijekom osnovnoškolskoga, posebice tijekom srednjoškolskoga obrazovanja. Nadalje, navodi se i kako se sustavnim implementiranjem odgojno-obrazovnih poduzetničkih sadržaja u odgojno-obrazovne programe, od ranog i predškolskog odgoja, osnovnog, srednjoškolskog i visokoškolskog odgoja i obrazovanja te neformalnog i formalnog obrazovanja i učenja, osigurava društvena usmjerenost k stvaranju poduzetničkog ozračja.

Međutim, uvidom u *Nacionalni okvirni kurikulum za predškolski odgoj i obrazovanje* [4] iz 2011. godine evidentno je da se poduzetništvo promatra samo kao međupredmetna tema ili interdisciplinarni sadržaj koji je integriran u nastavne predmete. S obzirom na trenutačnu gospodarsku situaciju i stanje tržišta rada u Hrvatskoj,

jedna od mogućnosti je uvođenje samostalnog predmeta o poduzetništvu u studijske nastavne planove.

Što se tiče stanja u visokoškolskom obrazovanju, sustav dobro prepoznaje studente koji su zainteresirani za znanstveni rad te im omogućuje da postanu asistenti, a kasnije i docenti na fakultetima. Pogledamo li primjerice strukturu zaposlenih doktora znanosti, vidimo da u Hrvatskoj velik postotak ljudi s akademskim stupnjem doktora znanosti radi u obrazovanju. Ovaj podatak može upućivati na to da hrvatska sveučilišta većinom formiraju doktore znanosti za rad na sveučilištu, a manjim djelom za poslovnu zajednicu i sutrašnje izazove realne ekonomije.

Zaposleni	857
Poljoprivreda, šumarstvo i ribarstvo	3
Rudarstvo i vađenje	1
Prerađivačka industrija	5
Opskrba električnom energijom, plinom, parom i klimatizacija	3
Opskrba vodom; uklanjanje otpadnih voda, gospodarenje otpadom te djelatnosti sanacije okoliša	3
Građevinarstvo	3
Trgovina na veliko i malo; popravak motornih vozila i motocikla	2
Prijevoz i skladištenje	1
Djelatnosti pružanja smještaja te pripreme i usluživanja hrane	1
Informacije i komunikacije	12
Financijske djelatnosti i djelatnosti osiguranja	6
Poslovanje nekretninama	4
Stručne, znanstvene i tehničke djelatnosti	132
Administrativne i pomoćne uslužne djelatnosti	1
Javna uprava i obrana; obvezno socijalno osiguranje	37
Obrazovanje	497
Djelatnosti zdravstvene zaštite i socijalne skrbi	113
Umjetnost, zabava i rekreacija	20
Ostale uslužne djelatnosti	11
Izvanteritorijalne organizacije i tijela	2
Nezaposleni	21
Ukupno	878

Slika 2 – Prikaz doktora znanosti prema djelatnosti u kojoj obavljaju zanimanje, načinu plaćanja stjecanja doktorata i spolu u 2015., Izvor DZS 2015.

Spomenuta situacija u sustavu znanosti ne odnosi se samo na doktore znanosti nego i na sve studente koji završe visokoškolsko obrazovanje. Mnogi od njih posjeduju poduzetnički talent i do završetka studija imaju potencijala za samozapošljavanje i kreiranje vlastitoga poslovnog okvira izvan akademske zajednice. Upravo bi takvim pojedincima sustav, država i lokalna zajednica trebali omogućiti da lakše naprave taj iskorak. To je moguće realizirati osiguravanjem inkubatora i tehnoloških parkove te smanjenjem birokratskih zapreka koje im otežavaju put ili ih jednostavno tjeraju na odustajanje od poduzetničkog iskoraka.

Veće prilike za samozapošljavanje moguće je ostvariti educiranjem studenata o mogućnostima koje im se otvaraju preko različitih fondova i poticaja kako bi stekli projektna znanja. Upravo će im ta znanja omogućiti da svoje ideje ostvare pomoću financijske injekcije za poduzetnički početak iz fondova i poticaja. Drugim riječima, studente treba naučiti kako da stvaraju posao, umjesto da ga pasivno traže.

Edukacija o poduzetništvu neizostavno uključuje i akademsko poduzetništvo. Naime, osim studenata, i znanstvenici i istraživači mogli bi rezultate svojih istraživanja i spoznaja „pretočiti“ i u nove proizvode i usluge. Veći postotak znanstvenika i istraživača koji se bave primijenjenim istraživanjima pridonio bi napretku hrvatskoga gospodarstva. Dosad, sveučilišni profesori nisu bili motivirani raditi na takvim projektima jer takav rad nije bio, među ostalim, dovoljno priznat u kriterijima za napredovanje.

Dakle, kad govorimo o potrebi cjelovitijega vrjednovanja istraživačkoga prinosa znanstvenika i sveučilišnih nastavnika, uz ocjenu bibliografske komponente potrebno je uključiti i nove kriterije: stvaranje novih ideja, stvaranje inovacija i transfer tehnologije, stvaranje novih procesa, proizvoda i usluga te stvaranje i poticanje akademskoga poduzetništva. To mogu biti nagrade i priznanja na izložbama i sajmovima inovacija, patentne prijave, osnivanje *spin off* i *start up* kompanija itd. Uravnoteženo uključivanje mjerljivih pokazatelja tih komponenti u uvjete znanstveno-nastavnoga napredovanja sigurno će motivirati znanstvenike, osobito mlađe, da se bave inovacijama, a u konačnici i utječu na porast gospodarske konkurentnosti.

Na temelju navedenoga javlja se potreba da se u kriterijima napredovanja unese i rad na primijenjenim i tehnolojskim projektima. Naime, u gospodarstvu zasnovanome na razvoju tvrtki temeljenih na znanju (npr. američko i izraelsko gospodarstvo) ti su elementi vrlo vrijedni u kriterijima za napredovanje.

Nepoticajni zakonski i podzakonski akti doveli su do toga da akademsko poduzetništvo od sada nije realizirano na najbolji mogući način. Uz to, *imidž* imućnoga profesora nikako se nije uklapao u očekivanu društvenu sliku. Međutim, aktualni zakonski okviri ne sprječavaju poduzetništvo na sveučilištima i samo je pitanje pravoga načina poticanja zaštite intelektualnoga vlasništva i komercijalizacije re-

zultata znanstvenoistraživačkoga rada, koji mogu završiti na tržištu kao nova usluga ili proizvod koji će povećati zapošljivost, a time i hrvatski BDP.

2.3. Uspostava komunikacijskih kanala između studenata i gospodarskih subjekata tijekom studija

Za uspostavu komunikacijskoga kanala između studenata i gospodarskih subjekata ključna je poveznica praktični rad. On je bitan element obrazovanja jer pomaže studentima da steknu znanja i vještine koje će im nakon završetka fakultetskog obrazovanja omogućiti da se što kvalitetnije uključe u svijet rada.

Danas poslodavci traže znanje i vještine kojima bi završene stručnjake mogli izravno uključiti u posao, a uloga je suvremenih sveučilišta da već uz studij omoguće studentima i stjecanje prakse. Naime, tvrtke kao jednu od većih prepreka za jačanje inovacijske aktivnosti navode nemogućnost pronalaska odgovarajućih stručnjaka za razvoj koji su sposobni razumjeti i odgovoriti na potrebe poduzeća, poštujući pritom njegovu poslovnu logiku i politiku. Upravo je zbog toga važno da tvrtke imaju mogućnost odabira kvalitetnih studenata koje bi već tijekom studija mogle educirati i testirati na konkretnim zadacima, drugim riječima primiti studente u svoju sredinu kao “nastavnu bazu”.

S druge strane, studentima nisu dostupne informacije o istraživačkim i razvojnim izazovima u tvrtkama iz okruženja. Stoga se boljim informiranjem i uspostavom komunikacijskoga kanala između studenata i tvrtki te boljim informiranjem o mogućnostima njihove suradnje na konkretnim projektima povećavaju mogućnosti za zadržavanje kvalitetnih stručnjaka u regiji, što posljedično može povoljno utjecati i na hrvatsko gospodarstvo.

2.4. Upis studenata u STEM programe

S obzirom na duboke promjene s kojima je Europa suočena, a koje su posljedica izmijenjenoga globalnoga političkoga konteksta, ali i popratnih društvenih, gospodarskih, kulturnih i demografskih promjena, STEM područje zadobiva sve veću važnost. U dokumentu Europske komisije o strateškom promišljanju obrazovanja – *Rethinking Education Investing in skills for better socio-economic outcomes* [5] – ističe se kako je važno od najranije dobi podjednako usvajati transverzalna i temeljna znanja i vještine iz STEM područja, nužna za snalaženje u tehnološki ovisnom društvu. Ta znanja i vještine služe za kasnije djelovanje unutar znanstvenoga istraživanja i tehnološkoga razvoja te kao čvrsta podloga za cjeloživotno učenje. Među ostalim, također se upozorava na to da u stjecanju strukovnih znanja i vještina treba težiti najvišoj svjetski usporedivoj kvaliteti utemeljenoj na učenju kroz rad.

Dakle, zanimanja koja se stječu studijima iz STEM područja ključna su za razvitak visokih tehnologija koje omogućuju brži gospodarski rast. U tom smislu visoko-obrazovne ustanove svojim upisnim politikama i sustavima potpore moraju pripomoći u poticanju interesa za ta područja.

U *Strategiji pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine* navodi se kako je „dostupnost ljudskih resursa kvalificiranih za inovacije važan preduvjet količine i kvalitete ekonomski korisnih inovacija, a neprekidnut dotok dobro obučениh znanstvenika, inženjera i tehnologa može biti ključan čimbenik dinamike inovacijskog sustava.“ [6].

Međutim, uvidom u statističke podatke o upisu studenata u prvu godinu prema studijskome području može se primijetiti kako nam prijete izostanak navedenoga ključnog čimbenika dinamike inovacijskoga sustava. U Hrvatskoj više od 50 % upisanih studenata odabire društvene i humanističke znanosti. Primjerice, u 2012. godini u Hrvatskoj je od ukupnoga broja diplomanata tercijarnoga obrazovanja 42 % studenata završilo programe iz područja društvenih znanosti, poslovanja i prava, u usporedbi s 23,4 % u Njemačkoj i 25,3 % u Finskoj [6].

Kao odgovor na takvu situaciju, u *Strategiji obrazovanja, znanosti i tehnologije iz 2014. te Strategiji pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine* navodi se poticanje programa u STEM području stimuliranjem većih upisnih kvota i programskih ugovora te poseban sustav stipendiranja radi pripreme stručnjaka koji bi bili sposobni odgovoriti na zahtjeve suvremenoga gospodarstva i javnoga sektora.

Uz povećanje atraktivnosti studija iz STEM područja, važnim za gospodarski razvoj, neizostavno je spomenuti i potrebu za poduzimanjem aktivnosti koje bi trebale biti usmjerene na poticanje upisivanja nastavnčkih zanimanja u STEM području, jer ćemo upravo zahvaljujući njihovoj stručnosti dobiti i dobro pripremljene učenike za sveučilište i time uspješno zatvoriti obrazovni krug. Uz to, sveučilišta bi trebala za njih organizirati suvremene programe cjeloživotnoga obrazovanja jer je vrhunska izobrazba nastavnika bitan temelj za preobrazbu hrvatskoga obrazovnog sustava.

2.5. Ulaganja u inovacije i transfer tehnologije

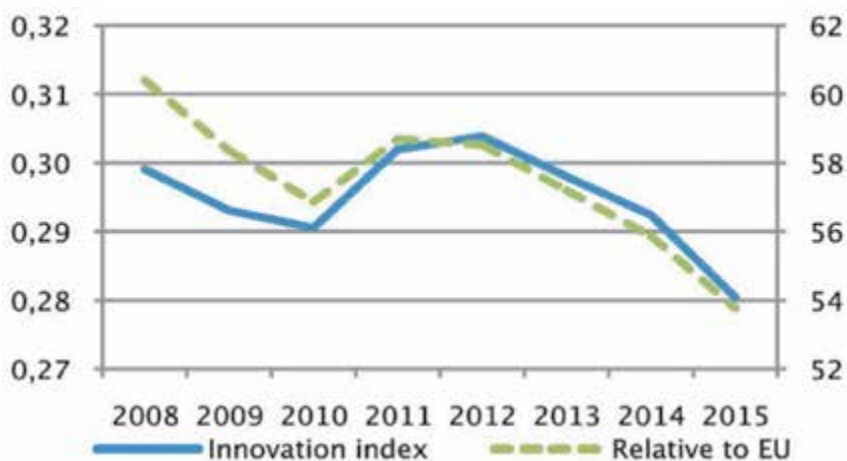
Prema Fagerbergu, sposobnost zemlje za ekonomski i tehnološki razvitak ovisi o stvaranju novih tehnologija unutar zemlje (inoviranju), difuziji tehnologija izvana (imitaciji) i sposobnosti zemlje da ekonomski eksploatira inovacije i nove tehnologije, bez obzira na to je li ih sama stvorila ili oponašala (tehnološkoj sposobnosti) [7]. Drugim riječima, ako ne postoji ulaganje u inovacije i transfer tehnologija, kao

važne djelatnosti u ostvarivanju tržišne konkurentnosti, ne postoji ni potencijal za ekonomski i tehnološki napredak. Ako država ne ulaže dovoljno, postavlja se pitanje kako potaknuti suradnju između gospodarstva i akademske zajednice, odnosno kako motivirati gospodarstvo na ulaganje u znanost i razvoj odnosno u inovacije i transfer tehnologije?

Zanimljiva je i činjenica da „prema izvješću IUS- iz 2015. godine, RH je što se inovativnosti tiče okarakterizirana kao umjereni inovator i nalazi se na 23. mjestu u odnosu na ostale države članice te se po učinku inovacija nalazi u trećoj skupini od četiri, zajedno sa Ciprom, Češkom, Estonijom, Grčkom, Mađarskom, Italijom, Litvom, Maltom, Poljskom, Portugalom, Slovačkom i Španjolskom.“ [6, p. 13]. Također se navodi: „RH je po učinku inovacija ispod EU prosjeka u većini područja, ali je iznad prosjeka EU što se tiče kvalitete ljudskih resursa s obzirom na iznadprosječan uspjeh mladih doktoranada i sveučilišnih prvostupnika.“

Drugim riječima, prepoznat je naš intelektualni potencijal, ali i nedostatak postizanja inovacijskog učinka, a uzrok tome može biti u nedostatku adekvatne sustavne nacionalne inovacijske politike. Tu je potrebno podsjetiti se na Freemanovu definiciju Nacionalnoga inovacijskog sustava kao mreže institucija privatnog i javnog sektora koje svojim aktivnostima i međusobnom interakcijom iniciraju, uvoze, modificiraju i rasprostiru inovacije [8].

Neusklađenost i nekoordinirano djelovanje gospodarskih resora s resorom obrazovanja i znanosti u definiranju i provedbi nacionalnih znanstvenih i gospodarskih strategija i donošenja kompleksnih odluka neizravno dovodi Hrvatsku do sljedećeg rezultata vezano za indeks inovacija:



Slika 3 – Hrvatska prema inovacijskom indeksu. Izvor: European Innovation Scoreboard 2016

Zato je nužno proračunski ulagati, uz istraživanje i razvoj, i u kontinuiran rad i razvoj ureda za transfer tehnologije na sveučilištima i većim javnim institutima, uloga kojih bi bila povezivanje znanstvenoistraživačkih timova i gospodarskih subjekata radi razvoja inovativnih proizvoda i usluga, njihove komercijalizacije i time otvaranja novih radnih mjesta.

Premda se u Hrvatskoj godinama govori o hitnoj promjeni odnosa prema obrazovanju, znanosti i istraživanju u želji da se održi korak s naprednim zemljama, stav hrvatskih političkih struktura u vezi s time nije se bitnije promijenio. U Hrvatskoj se obrazovanje i znanost još i danas smatraju sporednom, manje važnom djelatnošću. Potpuno je zanemarena činjenica da se partnerstvo i opstanak u međunarodnoj zajednici zasnivaju na znanju i inovativnoj sposobnosti ljudi. Ta činjenica upozorava na nedostatak političke svijesti o temeljnoj ulozi znanja i inovacija u razvoju hrvatskoga društva i znatno usporava razvoj svih razina hrvatskoga obrazovnog sustava. Ne promijeni li se proračunski tretman prema obrazovanju i istraživanju, sasvim je sigurno dugoročno suočavanje sa stagnacijom razvoja hrvatskoga društva.

Jedno od mogućih rješenja krije se u poreznoj politici, koja mora biti poticajna, a ne represivna. Dakle, porezna bi politika morala poticati ulaganja i potrošnju, pa tako i ulaganje u istraživanje i razvoj. Posebno bi morala olakšati izravna ulaganja kako bi se ponovo pokrenuli istraživački i razvojni instituti u industriji. Također, država bi trebala omogućiti i maksimalne porezne olakšice za donatore zaklada, čiji je cilj unaprjeđenje učeničkoga i studentskoga standarda, stipendiranje, poticanje izvrsnosti i promicanje znanja kao temeljnih vrijednosti pojedinaca te promicanje znanstvenih i tehnoloških istraživačkih programa.

Unatoč svemu, bitno je spomenuti kako se akademska zajednica unatoč deficitu ulaganja i dalje trudi i postiže značajne rezultate. Kao primjer se može navesti Sveučilište u Zagrebu čiji su inovativni projekti u samo posljednje dvije godine ostvarili iznimno značajne uspjehe i priznanja na međunarodnim izložbama. Osvojene su čak dvije *Grand Prix nagrade* te osamnaest zlatnih, dvadeset srebrnih i devet brončanih medalje.

Stoga je preporuka svim hrvatskim sveučilištima da jače aktiviraju svoj znanstvenoistraživački potencijal, intenziviraju suradnju između znanosti i gospodarstva, potiču ne samo inovacije u znanosti i gospodarstvu nego i razvijanje vlastitih proizvoda i tehnologija te da imaju regionalan pristup.

3. Suradnja između gospodarstva i akademske zajednice

Istraživanje i razvoj proizvoda ili usluga moraju biti organizacijski povezani, i to na svim razinama i u svim znanstvenim područjima. I u STEM području istraživanja treba usmjeriti prema inovativnom gospodarskom, pravnom i društvenom razvoju u Hrvatskoj. Državna bi tijela morala, više nego do sada, uvažavati stajališta ekonomske znanosti u određivanju i provedbi ekonomske politike, stajališta pravne znanosti u provedbi pravosudnih reformi i jačanju vladavine prava te stajališta političkih znanosti u razvoju našega političkog sustava.

Osim toga, nužno je shvatiti da upravo spoj inovacija, istraživanja i razvoja pridonosi otvaranju novih radnih mjesta. Hrvatska, za razliku od većine zemalja Europske unije, nema velikih gospodarskih sustava pa malo i srednje poduzetništvo koje nema vlastite resurse za razvoj treba povezati sa sveučilištima koja će popuniti tu prazninu.

S druge strane, sveučilišta i istraživački instituti trebaju redefinirati svoju misiju te pojačati svoju društvenu i gospodarsku ulogu i u skladu s tim strateški se usmjeriti prema inovativnosti kako bi se aktivno uključili u gospodarsku reformu i industrijski razvoj. Uvjet su za to čvršći partnerski odnosi s gospodarstvom i poslovnom zajednicom. Takvoj ulozi sveučilišta i istraživačkih instituta treba podrediti propise kojima se uređuju znanost, istraživanja i visoko obrazovanje, i to po mogućnosti samo jednim zakonom.

Kako je znanje temeljni preduvjet gospodarskoga rasta, istraživačke mogućnosti sveučilišta postaju temeljni pokretač društvenoga razvoja. Zbog toga sveučilišta moraju osmisliti i uspostaviti načine posredovanja u stjecanju novih znanja i vještina u društvu. Obrazovna uloga sveučilišta mora se proširiti i na stručnjake koji su završili redovito školovanje i omogućiti im cjeloživotnu prilagodbu novom, na znanju zasnovanom tržištu rada, posebice novim tehnologijama u područjima važnima za razvoj malih i srednjih poduzeća.

Potrebno je spomenuti kako i najrazvijenije zemlje EU-a i svijeta traže rješenje za izlazak iz gospodarskih poteškoća i brži razvoj. Izlaz iz ove situacije vide u poticanju inovacija i transfera tehnologije sa sveučilišta u gospodarstvo, odnosno u stvaranju 'inovativnoga' gospodarstva koje se temelji na visokom obrazovanju i istraživanjima na javnim znanstvenim institucijama.

Svjedoci smo negativnoga procesa deindustrijalizacije u proteklih 25 godina u Hrvatskoj, ali i drugim članicama EU-a. Izlaz bi također trebao biti razvoj gospodarstva suradnjom između istraživačkih timova i malih i srednjih inovativnih tvrtki, a

kao jedno od zajedničkih rješenja predstavljeno je programom financiranja istraživanja i inovacija Europske unije *Obzor 2020*.

S druge strane, trenutni rast hrvatskoga BDP-a nije dovoljan za razvoj gospodarstva. Stoga gospodarstvo jednostavno neće moći rasti bez suradnje s obrazovnim i znanstvenim institucijama. U prilog tome idu rezultati svih zemalja u našem okruženju koje su u trenutku gospodarske krize povećale ulaganja u istraživanje i razvoj, svjesne činjenice da samo nova znanja i nove tehnologije mogu proizvesti nove proizvode s kojima se može izići na tržište i otvoriti nova radna mjesta.

U Hrvatskoj se gospodarstvo temelji na malom i srednjem poduzetništvu, a od svih gospodarskih subjekata 99% su mikro, mala i srednja poduzeća, a samo su jedan posto velike tvrtke. U većem broju slučajeva te mikro, male i srednje tvrtke nemaju dovoljno vlastitih sredstava za razvoj, stoga se jača suradnja sa sveučilištima ovdje nameće kao jedan od mogućih smjerova djelovanja. To pokazuju i najrazvijenija gospodarstva svijeta, budući da 80 posto svih patenata koji pokreću gospodarstvo dolazi upravo sa sveučilišta koja su ekipirana i imaju opremu za istraživanje. Stoga je posve logično da se čak i velike tvrtke za svoja istraživanja koriste opremom i laboratorijima na sveučilištima. Iz toga razloga potrebno je investirati u urede za transfer tehnologija i europske projekte na sveučilištima te u urede za sveučilišno-gospodarsku suradnju, kojih još nema na sveučilištima, jer ćemo inače imati poteškoća u povlačenju novca iz europskih fondova i Hrvatskoj osigurati dugoročni gospodarski rast.

4. Zaključci i preporuke

Ljudi su glavni nositelji ideja, informacija i novih znanja. Oni su strateška osnovica i kapital u suvremenom društvu i gospodarstvu. Za razliku od materijalnih, intelektualni i kreativni potencijali praktično nemaju granica. Stoga obrazovanje za budućnost mora svakoj osobi omogućiti da bude sposobna živjeti u suvremenom civiliziranom svijetu i da aktivno sudjeluje u kulturnim zbivanjima, da bude osposobljena za prihvaćanje i sudjelovanje u izgradnji vrijednosnih sustava, primjereno načelima suvremene demokracije, da bude sposobna djelovati u suvremenom tehnički razvijenom svijetu u kojem se njeguje pokret održivoga razvoja, što pretpostavlja stjecanje osnovnih znanja iz STEM područja te u konačnici da bude sposobna cijeli život stjecati nova znanja i vještine i tako se trajno prilagođavati promjenjivim radnim i životnim uvjetima.

S druge strane, u društvu se mora uspostaviti uredan, društveno prihvatljiv sustav vrijednosti, vrjednovanja i napredovanja, temeljen na znanju, talentu i sposobnosti-

ma koje unaprjeđuju razvoj. Hrvatsko društvo ne smije dopustiti stihijski pristup temeljen na improvizacijama koje dovode do pogriješaka, posebice zbog demografskih problema kojima je izloženo, već treba stvoriti sustav prepoznavanja, stvaranja i potpore inovativnim pojedincima, sustav stvaranja novih inovativnih tvrtki (posebno *startupova*) te sustav stvaranja konkurentnih organizacija koje se mogu globalno tržišno natjecati.

I u konačnici, sam sustav mora se voditi mjerama napretka suvremenih društava tako da se sustavno bavi vizijom, prioritetima i smjerovima društvenoga, gospodarskoga i znanstvenoga razvoja, što bi pridonijelo usklađivanju prijedloga pojedinih ministarstava, agencija, zaklada, Hrvatske udruge poslodavaca, Hrvatske gospodarske komore i drugih subjekata o ključnim pitanjima razvoja hrvatskoga gospodarstva i društva.

Iz navedenoga možemo zaključiti kako se pomaci u pogledu osnovnih uvjeta i inovacija ne odvijaju željenim intenzitetom niti postoji usuglašenost na svim razinama odlučivanja. Stoga je izrazito bitno shvatiti kako je nužno sada investirati u školovanje novih naraštaja pametnih i inovativnih učenika jer to zapravo znači ulagati u budućnost koja će se dogoditi tek za deset, dvadeset godina. Hrvatski obrazovni sustav nije parazit nego može biti pokretač gospodarstva; stoga ulaganje u obrazovanje, znanost, istraživanje i inovacije jednostavno treba i mora biti nacionalni prioritet.

Literatura

- [1] Office for harmonization in the internal market, »Intellectual Property and Education in Europe – Study on IP Education in school curricula in the EU Member States with additional international comparisons,« 2015.
- [2] I. Knešaurek, R. Matanovac Vučković i V. Petrović, Upravljanje intelektualnim vlasništvom na sveučilištu, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, 2015.
- [3] Vlada Republike Hrvatske, »Strategija učenja za poduzetništvo,« Zagreb, 2010.
- [4] MZOS, »Nacionalni okvirni kurikulum za predškolski odgoj i obrazovanje te opće obvezno i srednjoškolsko obrazovanje,« Zagreb, 2011.
- [5] European Commission, »Rethinking Education: Investing in skills for better socio-economic outcomes,« Strasbourg, 2012.
- [6] Vlada Republike Hrvatske, »Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine i Akcijski plan za provedbu Strategije pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2017. godine,« Zagreb, 2016.
- [7] J. Fagerberg, »International Competitiveness,« *The Economic Journal*, svez. 98, br. 391, pp. 355-374, 1988.
- [8] C. Freeman, Technology, policy and economic performance: Lessons from Japan, London: Pinter Publishers, 1987.

Education for the Future

Šimpraga Miljenko, Pivac Anita

University of Zagreb

miljenko.simpraga@unizg.hr, anita.pivac@unizg.hr

Croatia is a relatively small country; therefore, it can secure its place in the European and world market only by developing innovative economy based on products and services with high added value. And this goal requires an investment of public funds in the highest value that Croatia has – human resource development. In addition to material investments, another prerequisite needed to achieve economic development based on knowledge is undoubtedly quality formal education system.

The current functioning of the education system shows, on the one hand, the lack of systematic education on intellectual property and academic entrepreneurship followed by encouragement of capable individuals for engagement in innovation and technological development. On the other hand, the financial treatment of education and science has created inadequately stimulating environment for cooperation between industry and academia.

Croatia has been for some time now in the process of de-industrialization, so the new economic and social challenges require new thinking, and therefore new ways of education.

Possible answers providing long-term economic growth are, among other things, encouraging project approach to learning and education on entrepreneurship, protection and exploitation of intellectual property and taking such an approach to even pre-school education. Also, encouraging enrolment of students in STEM study programs, establishment of better channels of communication between students and businesses during the study, a more comprehensive evaluation of scientists and university teachers, research results, investment in innovation and transfer of technology, are just some of the possible approaches to the solution of the above mentioned challenges.

This paper will try to give some more detailed thoughts on education for future and achievement of economic development based on innovation, technology and transfer of knowledge from universities to the business sector.

Key words:

education, academic entrepreneurship, innovation, intellectual property, cooperation between academia and business sector.

Tehničke znanosti u proizvodnji i preradi mineralnih sirovina

Tomašić Ivan

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
ivan.tomasic@rgn.hr

Nemetalne mineralne sirovine u RH predstavljaju danas veliki, ali nedovoljno iskorišteni potencijal. Promjene u visokom školstvu mogle bi mnogo doprinijeti iskorištenju spomenutog potencijala. Njima bi trebalo podvrgnuti niz segmenata u cjelokupnom sustavu obrazovanja. Događanja i promjene u obrazovanju posljednjih petnaestak i više godina stvorile su nove neželjene posljedice u hrvatskom gospodarstvu. Brojni su i različiti uzroci gospodarske krize u Hrvatskoj. Koliki udio u krizi imaju sustav i uspješnost obrazovanja, svakako je zanimljivo pitanje. Obrazovanje bi trebalo postati hrvatski brend. Za Finsku se kaže da ima dva ključna brenda, Nokia (koja se trenutno oporavlja) i obrazovanje.

Da bi se razumjelo što se u našem obrazovanju događa, između ostaloga, treba posebno razmotriti pojmove evaluacije, izvrsnosti i prolaznosti. Ti su pojmovi kao hiperinflacija postali dio novogovora na hrvatskim sveučilištima. Poplava je brojnih kriterija kojima se vrednuju djelatnici u nastavi. U tom pogledu treba istaknuti potrebu pravilnog vrednovanja nastavnika prema specifičnim kriterijima, važnim za područje tehničkih znanosti, koji bi trebali biti potpuno prilagođeni stručnom osposobljavanju prema značajkama i potrebama naše privrede.

Potrebno je stvoriti kvalitetnog nastavnika moralne, etičke i stručne kvalitete, oslobođenog bjesomučne trke za zadovoljavanjem brojnih nepotrebnih kriterija pri njegovom vrednovanju (evaluaciji), posebice potrebe za „štancanjem“ članaka u časopisima indeksiranim sa CC. Prolaznost je pak, a ne neki drugi važni čimbenici, postala mjera uspješnosti odnosno izvrsnosti Bolonjske reforme. Načinom financiranja obrazovanja u području tehničkih znanosti mogli bi se također postići zavidni učinci. Treba ponovno stvoriti vrsne stručnjake koji su s tržišta nestali propadanjem brojnih tvrtki i institucija za praćenje i kontrolu kvalitete različitih građevinskih proizvoda i materijala čija su baza mineralne sirovine. Kako nadomjestiti taj gubitak?

Ključne riječi:

tehničke znanosti, visoko školstvo, mineralne sirovine, kriteriji vrednovanja nastavnika, financiranje znanstvenog rada

1. Uvod

Tehničke znanosti imaju ogromno značenje u odgojno-obrazovnom sustavu naše zemlje. Stručnjaci, koje spomenuti sustav proizvodi, temelj su na kojemu se zasniva najveći dio proizvodnje velikog broja raznih dobara u nekoj zemlji. U Hrvatskoj je zato potrebno tehničkim znanostima pokloniti daleko veću pažnju nego što se to dosad činilo.

Mnogi današnji problemi u visokom školstvu pa tako i tehničkim znanostima, samo su nastavak i posljedica mehanicističkih pogleda stvaranih od početaka 17. stoljeća do danas. Današnji liberalni kapitalizam slijepo je preslikao režim izvrsnosti u visoko školstvo koje se administrativno sve više ponaša kao korporacija. Princip kvantnog holizma, umjesto linearnog mehanicističkog, trebao bi se primijeniti u obrazovanju. Njime bi se povećale kognitivne sposobnosti pojedinaca važne za donošenje najboljih odluka i rješenja. To znači bolje povezivanje potrebne nastavne građe i interakciju između brojnih različitih čimbenika važnih za rješavanje određenog problema.

Potrebno je razlučiti način na koji sveučilište treba funkcionirati. Je li je sveučilište korporacija u kojoj je izvrsnost izdanak poslovnog jezika ili nešto drugo? Treba li studij biti besplatan ili ne? Prolaznost, evaluacija i izvrsnost pojmovi su koji su preplavili visoko obrazovanje. Analitički je potrebno ocijeniti je li njihovom primjenom dobiveno nešto više. Može li se nešto dobiti boljim izborom nastavnog gradiva? Pravilnom evaluacijom nastavnika dobilo bi se mnogo više. Kako poboljšati financiranje pojedinih studija važnih za razvoj i proizvodnju? Kome dati prioritet u financiranju stručno-znanstvenih projekata? To nije samo naš, već i svjetski problem. Kako vratiti niz vrsnih stručnjaka i institucija koji su izgubljeni u posljednjih tridesetak godina? Da li je sve tako crno? Postoji i bolja Hrvatska, ona koja ima snage i vrsne pojedince koji mogu motivirati i zainteresirati mlade ljude visokih kreativnih sposobnosti. Potrebno je stvoriti uvjete da se njihov broj i utjecaj na privredu u narednom razdoblju ponovno poveća.

2. Intelektualna baština kao uzrok sadašnjeg i budućeg stanja

Veliki napredak i proizvodnju pod svaku cijenu zagovarali su ljudi koji su podržavali njutnovska materijalistička i mehanicistička načela postavljena početkom 17. stoljeća kada se smatralo da je tijek informacija i zbivanja linearan. Doba je to Francisa Bacona, Rene Descartesa, Isaaca Newtona, Johna Lockeja, Adama Smitha itd., zatim kasnije Herberta Spencera i Charlesa Darwina. Na kraju je Darwinova teorija postala izbljuvak temeljnih postavki mehanicističkog pogleda na svijet (Je-

remy Rifkin i Ted Howard, 2002.). Oni su bili zagovornici svijeta u kojemu je sve trebalo funkcionirati kao proizvodna linija Henryja Forda. Svrha života bila je silna proizvodnja, izgradnja i bogaćenje do iznemoglosti. Takav redukcionistički model smatrao je da se u strojevima sve može zamijeniti pa i oni sami. Tom modelu danas se mora prilagoditi i čovjek s obzirom da postaje potrošna roba kojoj se može i ne mora produžiti vijek. Ovakav model dominantan je još uvijek i u medicinskim znanostima, posebice u načinu i pristupu liječenju (Bruce Lipton, 2007.). U svemu je potrebno voditi računa o stvarno kvantno-holističkom modelu (sve što postoji prožeto je međusobnim utjecajem) koji govori da postoje silne interakcije u Svemiru, Zemlji, čovjeku, zdravlju, a možemo reći da one postoje u međuljudskim i međunarodnim odnosima, trgovini, privredi, obitelji pa tako i u školstvu, odnosno obrazovanju. Ne može se sve riješiti matematikom kao što su neki tada smatrali. Dakle dva puta dva ili dva plus dva ne mora biti četiri. Dva puta dva može biti pet, ali i sedamnaest ili čak dvjestopedesetsedam. Neka zadnja iskustva to potvrđuju. Matematičke analize i pretpostavke pokazale su da konstrukcija koju čini nekoliko materijala, i kojoj su se brojni stručnjaci divili nakon projektiranja, propada nakon samo par godina zbog toga što u analizu nije bio uključen veliki broj čimbenika čije je međudjelovanje u specifičnim uvjetima ugradnje stvorilo nepredviđene posljedice. O štetama da se i ne govori. Tako se naše ceste obnavljaju mnogo češće nego npr. u Austriji. U cestama je udio kamena veći od 90 %. Što li će se tek dogoditi sa željeznicama nakon početka obnove. Projektirana će brzina od 160 km/h vrlo brzo pasti na polovicu. U pitanju je kontrola kvalitete i veliko znanje i iskustvo potrebno za procjenu materijala koji se namjerava ugrađivati. Jesu li raspoloživa znanja dostatna? O etici i moralu važnom za sve sudionike u izgradnji odnosno obnovi da se i ne govori. O cijeni učestalog održavanja i obnavljanja moglo bi se samo spekulirati.

Šveđani Bard i Söderqvist (2003) slikovito su u svojoj knjizi „Netokracija“ prikazali sadašnje i buduće stanje na svjetskim sveučilištima i u društvenim zajednicama. Oni ukazuju na problem izdvajanja jedne skupine ljudi u kojoj su s jedne strane predstavnici sveučilišta, ne najkvalitetniji, i s druge strane neki političari, povezani internetom međusobno umreženi. Moć i status glavni su motivi umrežavanja i nastanka mrežnih piramida. Sljedeći interes je novac i kontrola kapitalizma. Sakriveni su iza kodova i ključeva. Politička agitacija staroga kova pomalo propada. Oni daju prednost brzini i pregledu informacija, naspram temeljitosti i dubini tradicionalnog istraživanja. U toj bitci sveučilištarci loše prolaze, jer ih njihova opsesivna i neurotična povezanost sa znanstvenim skrupulama, referencama i fusionsotama čini nesposobnima za brzo i efikasno baratanje informacijama koje odgovara netokraciji. Pri tome će sveučilište pomalo sve više gubiti značaj, osim onih odabranih. Ono što nude sveučilišta ne odgovara traženju i potrebama netokracije. Može se samo konstatirati da i naša sveučilišta ulaze u spomenutu fazu.

U obrazovanje je potrebno ugraditi neke elemente iz tradicije Waldorfske pedagogije gdje se jednaka pažnja poklanja radnom odgoju kao i kognitivnom razvoju. Pritom posebnu pažnju treba posvetiti različitosti pojedinaca.

3. Sveučilište kao korporacija i izvrsnost

U visokom školstvu se danas u potpunosti počeo primjenjivati sustav sveučilišta kao korporacije. Liberalni kapitalizam (Readings, 1997) utjecao je na sveučilišta da slijepo slijede režim u izvrsnosti, dok se idejno i administrativno sve više ponašaju poput korporacija. Pojam „izvrsnost“ izdanak je poslovnog jezika, uvezen radi upravljanja sveučilištem kao poduzećem. Sveučilište postaje „autonomna birokratska korporacija“, prestaje biti „povlašteno područje ulaganja“ zbog čega mu prijete smanjenje državnih sredstava i približavanje silama tržišnog kapitalizma. Fakulteti se počinju evaluirati po načelima tržišne ekonomije. Studij se sve više plaća prema njegovoj izvrsnosti kao pri kupovini bilo kojeg proizvoda. Sveučilišta preuzimaju potrošački marketinški diskurs jer je sve teže oduprijeti se konzumerizmu. Studenti postaju klijenti, a broj mislilaca na sveučilištima se drastično smanjuje.

Prema mišljenju mnogih, Bolonjska reforma je neuspješna. Glavni akteri, koji su je u našoj sredini proveli, nisu dozvolili kritičke rasprave o reformi niti na razini Sveučilišta niti na razini njenih sastavnica. Danas mnogi smatraju da su intelektualni klijentelizam i korupcija u potpunosti zavladali prostorom školovanja.

Svi moraju imati prosjek odličan (izvrstan), od osnovne škole do upisa na visokoškolsku ustanovu, kako bi što lakše prelazili iz nižeg u viši rang školovanja. Naprotiv, prelazak bi trebalo evaluirati prema određenoj grupi predmeta kako bi se unaprijed uočile sklonosti pojedinaca. Poznato je da većina ljudi ima određene individualne sposobnosti.

4. Prolaznost, evaluacija i izvrsnost

Pojmovi prolaznosti, evaluacije i izvrsnosti doslovce su preplavili svijet pa i hrvatska sveučilišta. Od mladog čovjeka se nastoji napraviti stroj koji treba sadržavati izvrsne i „evaluirane“ dijelove koji će proizvoditi i reproducirati znanje i razna rješenja u unaprijed definiranim prolaznim vremenskim razmacima. Za realizaciju zamišljenoga određeno je vrijeme u kojem mora diplomirati (preddiplomski i diplomski studij), prolazna vremena u kojima mora odrađivati radnje i postupke tijekom doktorskog studija, a na kraju i vrijeme u kojemu mora završiti doktorski

studij. Pristup mu je omogućen samo ako je već dokazano izvrstan, u potpunosti evaluiran, zadovoljivši sva prolazna vremena u dodiplomskom studiju. Postavlja se pitanje mogu li svi ljudi učiti i napredovati istom brzinom i na isti način? Naravno da ne mogu, što potvrđuju brojni primjeri. Pokazalo se u prošlosti da su mnogi studenti tek nakon nešto dužeg studiranja postali vrsni stručnjaci, uspješni i izvan granica naše zemlje. Posebno bi se trebala vrednovati sposobnost pojedinaca da, osim glavom znaju raditi i rukama. Prema nekim američkim istraživanjima provedenim prije tridesetak godina, sposobnost rada rukama ocijenjena je kao najprospektnija u budućnosti.

Dakle, treba predvidjeti budućnost kako bi se mladima pružila adekvatna edukacija, sve više orijentirana usvajanju vještina, a ne samo znanja koja brzo zastarijeva. Osobito su važne vještine učenja, kritičkog razmišljanja, komunikacije te razvijanja otvorenog duha i čvrstog karaktera (iz intervjua s Nenadom Bakićem, Večernji list 8.2.2017.).

5. Sadržaj nastavnog gradiva

Bolonjska reforma dovela je do poplave ogromnog broja nepotrebnih predmeta, a time i uhljebljivanja nastavnika čime je znatno oslabljena jezgra stručnih predmeta važnih za privredu Hrvatske. Studentu pružena mogućnost izbora određene skupine predmeta nije se pokazala dobrom. On bira kraći i brži put pri čemu možda propušta neke važne predmete. Mnogi dokazanoiskusni nastavnici za potrebe tehničkih znanosti bili su isključeni iz povjerenstava koja su osmišljavala nastavne planove i programe. Jedan od čelnika fakulteta priznao je naknadno da je izgubio kontrolu u trenutku inauguracije Bolonjskog procesa. Uočeno je da se nastavnici predmeta manje važnih za struku jako trude opravdati svoje radno mjesto. To su vremenom uočili i studenti. Međutim nitko ništa nije mogao učiniti u pogledu ispravljanja pogrešnog smjera Bolonjske reforme jer je bilo kakav pokušaj promjene unaprijed spriječen i osuđen. Sva nastojanja da se o reformi kritički raspravlja propala su.

U tehničkim znanostima je važno naglasiti stvaranje dvije vrste stručnjaka. Jedni bi imali sposobnost brzog prihvaćanja svjetskih tehnoloških i znanstvenih dostignuća i njihove realizacije u praksi. Drugi bi trebali uz sposobnosti prve vrste stručnjaka imati i sklonost istraživačkom radu, novim rješenjima, unapređenju proizvodnje i inovativnom radu. Prva i posebice druga vrsta stručnjaka morale bi imati političku potporu, potporu Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske, kao i privrede. Predmet istraživanja trebao bi biti strogo kontroliran. Adekvatna kurikularna reforma stoga bi se trebala u potpunosti prilagoditi potrebama naše privrede.

6. Vrednovanje (evaluacija) nastavnika

Tehničke znanosti ne mogu se razvijati bez pravog odgojno-obrazovnog procesa u kojem većinu trebaju činiti ljudi potvrđeni u praksi. Da bi se to ostvarilo, moraju se promijeniti kriteriji vrednovanja i biranja nastavnika. Potrebno je osposobiti kvalitetnog nastavnika moralne, etičke i stručne kvalitete oslobođenog bjesomučne trke pri zadovoljavanju brojnih nepotrebnih kriterija za njegovo vrednovanje (evaluaciju), posebice „štancanja“ članaka u časopisima indeksiranim sa CC. Vrednovanje odnosno evaluacija nastavnika mora se uskladiti s potrebama tehničkih znanosti. Sadašnji sustav evaluacije daje prednost onima koji pri napredovanju zadovoljavaju kriterije koji najčešće nisu u skladu sa stvarnim sposobnostima pojedinaca i potrebama tehničkih znanosti. Odgovarajući nastavnici u domeni mineralnih sirovina su oni koji svojim vlastitim projektima te stručnim i znanstvenim člancima dokazuju sklonost terenskom, laboratorijskom i kabinetskom radu. U njihovom radu nema mjesta plagiranju i „copy paste“ postupcima.

Dakle, pri izboru moraju biti važni čimbenici i moralnost i etičnost. U Finskoj se zahtijeva od budućih nastavnika i određena pedagoška i psihofizička sposobnost pa je rad u sustavu odgoja mladih postala privilegija. Njihovi su nastavnici posebno stimulirani za kvalitetan rad u interesu cjelokupne zajednice.

7. Problem financiranja i upisa studija u području tehničkih znanosti

Tehničke znanosti, kao i cjelokupni sustav obrazovanja u visokom školstvu, financiraju se prema broju studenata. Takav način financiranja stvara probleme članicama sustava koje teže privlače kvalitetne srednjoškolce. Da bi se došlo do sredstava, u odgojno-obrazovni sustav uključuje se preveliki broj studenata. Manja atraktivnost pojedinih studija ne znači i manji značaj ili manje potrebe za kadrovima koji se na njima pripremaju za tržište. Konkretno, upis srednjoškolaca na pojedine studije često ovisi o radnim uvjetima budućeg stručnjaka. Slični problemi uočeni su i u drugim europskim zemljama. Na primjer, poznato je da će diplomirani stručnjak iz područja rudarstva, naftnog rudarstva i geologije veći dio radnoga vijeka provesti na terenu. To znači susretanje ponekad s kišom, snijegom, blatom, hladnoćom, a i paklenim vrućinama, često daleko od obitelji i od civilizacije. Slično je i u građevinarstvu i nekim drugim strukama. Zato bi način financiranja prema broju studenata za pojedine fakultete u području tehničkih znanosti trebalo ukinuti. Upisivanje manjeg broja kvalitetnih kandidata olakšalo bi održavanje nastave. Smanjio bi se broj nezainteresiranih studenata koji u vrijeme održavanja nastave stvaraju pro-

bleme. Nastava bi bila kvalitetnija a diplomirani inženjer-magistar bio bi spremniji za izazove rada u privredi.

8. Opasnost od prolaznosti

Važan čimbenik koji proizvodi ogromnu štetu odnosi se na „prolaznost“. Prolaznost je postala mjera uspješnosti pojedinih članica visokog školstva. Da bi dokazali kako je primjena Bolonjske reforme ipak uspješna, političari i čelnici sveučilišnih sastavnica isticali su veliku prolaznost. Prolaznost je postala vrlo važna, nažalost, nauštrb kvalitete studija. Veliki broj nezainteresiranih i poluzainteresiranih studenata polagao je ispite na sve lakši način. Mnogi nastavnici postali su taoci Bolonjskog procesa. Prestali su prigovarati da ih se ne proglašuje njegovim protivnicima. Njihovo ocjenjivanje od strane studenata također je naštetilo cjelokupnom sustavu obrazovanja. Naglo je porastao broj diplomiranih. Time je zadovoljena politička odluka zagovornika spomenutih promjena. Može se spekulirati kakav su učinak imale navedene promjene na privredu i uspješnost završnika u području tehničkih znanosti. Možda su neki od onih koji su relativno lako došli do diplome imali više sreće i veza pri zapošljavanju pa su danas u našoj privredi u većini? S druge strane, možda su oni marljivi sa stečenim znanjima i vještinama ostali bez posla pa odlučili osigurati egzistenciju u inozemstvu?

O posljedicama se može samo spekulirati. Da je prolaznost kontaminirala i doktorski studij vidljivo je svake nove akademske godine po velikom broju doktora znanosti koji Hrvatska „proizvodi“. Njihova kvaliteta trebala bi rezultirati većim brojem inovacija ili možda većim BDP-om. Prolaznost kao čimbenik uspješnosti stoga treba u potpunosti isključiti.

9. Bolja Hrvatska

Ne treba generalizirati i reći da kod nas ništa ne valja. U dijelu školstva djeluju entuzijasti-pedagozi, vrlo predani pravom radu. Nažalost, to nije dovoljno i čitav bi obrazovni sustav trebao tako funkcionirati. Svijetli primjeri brojni su u mnogim srednjoškolskim i visokoškolskim ustanovama gdje se induktivno-deduktivnim metodama razvijaju kognitivne sposobnosti, posebice sposobnost rada rukama, prethodno ocijenjen kao rad budućnosti. Dokazuju to rezultati brojnih domaćih i stranih takmičenja na kojima sudjeluju mladi ljudi iz određenih škola i fakulteta. Iza njih stoje vrijedni i marljivi pedagozi koji su svoj rad podredili interesima grupe (zajednice). Vrijedna je spomena akcija Nenada Bakića koji je potaknuo i organizi-

rao prikupljanje novca za edukaciju u domeni robotizacije. Takva bi osoba bila pravi izbor za ministra znanosti i obrazovanja.

Treba razlikovati rad od nerada kao i rad koji pojedinci sve više koriste samo za svoj vlastiti probitak i napredovanje pod svaku cijenu. Takve se pojedince u obrazovanju često smatra talentiranima ali oni ispadaju iz sustava koji im je omogućio brzo napredovanje pri čemu se često zanemaruje zajednici potrebna kvaliteta i kreativnost. Takvi su pojedinci obično blagoglagoljivi i brzo se pozicioniraju u sustavu. Publiciraju najčešće u inozemstvu, a rezultati njihovog rada su često nedostupni. Nasuprot njima, pravi kreativni ljudi, skloni inovacijama, inženjeri itd., prema nekim američkim istraživanjima, slabije se govorno izražavaju i ne traže mjesta u strukturama koje odlučuju. Oni nemaju utjecaj na sustav. Primjer je skijaška obitelj Kostelić. U početku su bili maksimalno koncentrirani samo na rad iako u gotovo nemogućim uvjetima. Na brojna pitanja zašto tada u hrvatskom sustavu nisu upornije tražili sredstva za rad, Ivica Kostelić je nedavno izjavio da bi ih taj napor previše dekoncentrirao i oduzeo im previše energije zbog brojnih komplikacija na koje su nailazili.

10. Pogrešna raspodjela novca

Očita je česta pogrešna raspodjela novca namijenjenog istraživanju. Američki znanstvenik, biolog, Bruce Lipton (2007), istaknuo je da krivo vjerovanje i krive predrasude dovode do pogrešne raspodjele ogromnih količina dolara za različita znanstvena istraživanja. I u nas su brojni istraživači koji imaju etiketu izvrsnosti lagano dobivali i dobivaju novac a rezultati rada, nisu adekvatni utrošenim sredstvima. Trebalo bi različito vrednovati one koji brže daju rezultate za potrebe privrede od onih čija su istraživanja dugotrajna i u ovom teškom trenutku manje iskoristiva. Optimalno bi bilo udružiti ih da zajedničkim snagama daju potrebne rezultate.

Zadnjih godina u Hrvatskoj je izrađen veliki broj različitih projekata, među kojima se ističu projekti zaštite okoliša i projekti o potencijalu mineralnih sirovina na županijskoj razini. Najveći dio spomenutih studija i njihovih rezultata u stvarnosti se ne realizira što je vidljivo iz sve većeg ograničavanja područja zapošljavanja nauštrb ostalih područja djelatnosti. Utrošen je ogroman novac, a rezultata nema. Ne možemo se čak dogovoriti oko lokacija i načina rješavanja problema otpada.

Američki pisac Neale Donald Walsh istaknuo je da su se vlade svijeta dogovorile da žele zaštititi okoliš, iako se, zapravo, čak niti oko toga ne mogu dogovoriti. Naglasio je da nema dovoljno sredstava za zaštitu okoliša. Ukoliko zaštita okoliša

znači gubitak radnih mjesta i otpuštanje ljudi, treba preferirati ljude. Naime, veliki novac uložen u okoliš ne može podržavati ljude odnosno osigurati njihovu egzistenciju. Gubitak zaposlenja pojedinaca, poslije gubitka najbližih, jedno je od najvećih zla današnjice. Kako to sagledati u našim uvjetima? U Hrvatskoj se brojnim odlukama zadnjih desetak godina smanjio prostor eksploatacije i prerađivanja mineralnih sirovina jer je sve više područja koja se proglašavaju zaštićenima. Rješenje je u promjeni politike i kriterija za dodjelu novca. Znatno veće iznose treba usmjeriti u onaj dio tehničkih znanosti koji može utjecati na povećanje proizvodnje i dodanu vrijednost proizvoda.

11. Otpuštanje stručnih ljudi koji su radili na dodanoj vrijednosti

Privatizacija, tajkunizacija te propadanje raznih institucija i pogona doveli su do drastičnog smanjenja broja vrlo stručnih ljudi u domeni mineralnih sirovina, ponajviše nemetala. Neki od primjera su propadanje Instituta za kemiju silikata i JUCEMA-e, odlazak u mirovinu vrsnih ljudi na pojedinim tehničkim fakultetima, propadanje tvornice Karbon, kao i drastično smanjenje broja vrsnih ljudi u ranije vrlo važnom i renomiranom državnom Institutu građevinarstva Hrvatske (IGH). Privatizacijom IGH izgubljen je, prije svega, državni interes Republike Hrvatske u domeni kontrole kvalitete materijala potrebnih za izradu građevinskih konstrukcija. Oporavak će, ako do njega dođe, trajati dugo. Trebao bi započeti na fakultetima gdje je to najbrže moguće, jer su na njima ljudi skloni stručnom i znanstvenom radu, a novim kriterijima za ocjenu uspješnosti trebalo bi ih ponovno usmjeravati prema potrebama privrede. Ljudi su, može se sa sigurnošću konstatirati, nesumnjivo najveći resurs. Prirodni resursi mogu se relativno brzo pokrenuti. Kod ljudi to nije isto. Potrebno je 25 do 30 godina da se razvije sposobnost i kreativnost pojedinaca.

12. Mineralne sirovine i njihov potencijal

U domeni mineralnih sirovina Republike Hrvatske, posebice u proizvodnji i prerađi nemetala, evidentni su usponi i padovi. Glavne mineralne sirovine su tehničko-građevni kamen, arhitektonsko-građevni kamen, šljunci i pijesci, kvarcni pijesci za staklarsku industriju, opekarske gline, keramičke gline, gips, sirovine za cementnu industriju, sirovine za kemijsku industriju, sirovine za vapnarsku industriju i proizvodnju gnojiva, bentonitne gline itd.

Malo je poznato da u nekim zapadnim zemljama proizvodnja i prerada nemetala zauzimaju drugo, treće, četvrto, peto ili šesto mjesto u stvaranju BDP-a (prema Yahoo-u, prije 30 godina). Mnogima u Hrvatskoj to nije jasno. Treba navesti samo graditeljstvo. Od temelja do krova različitih zgrada dominiraju materijali porijeklom iz ležišta mineralnih sirovina, a tako je i s cestama, mostovima, branama itd. Nakon eksploatacije mineralnih sirovina slijedi njihova prerada. Pitanje je, zašto je uspješnost u domeni nemetala u nas mala? Razlog je njihovo korištenje na niskoj razini obrade i oplemenjivanja. U zapadnim zemljama moguća je vrlo visoka razina dodane vrijednosti u preradi nemetala. Mnogi novi materijali u svijetu, kao na primjer specijalne keramike, samo su normalni slijed boljeg korištenja nemetala. Treba pogledati rezultate tvornice stakla u Lipiku ili pak proizvodnju raznih vrsta karbonatnih punila (za izradu papira, gume, boja i lakova, plastičnih proizvoda, stočne hrane itd.). Samoborka je na primjer proizvodila nekoliko stotina proizvoda u kojima je kamen bio jedna od osnovnih sirovina. Kamenu vunu proizvode Novi Marof i Potpićan. Nažalost, većina navedene proizvodnje je u stranim rukama.

U Hrvatskoj su u pogledu dodane vrijednosti nešto uspješnije strane tvrtke koje uz tehnologiju dovode svoje ljude čija se filozofija i obrazovanje u domeni tehničkih znanosti bitno razlikuju od naših. U većim tvrtkama okupljaju stručnjake koji se pripremaju za istraživački i inovativni rad. U tom je sektoru, kao što je već prethodno rečeno, posljednjih tridesetak godina izgubljen veliki broj vrlo vrijednih i sposobnih ljudi.

13. Zaključak

Da bi se vlastitim potencijalima povećao rast BDP-a u domeni mineralnih sirovina, posebice nemetala, trebalo bi svu energiju i pamet usmjeriti prema izobrazbi odgovarajućih kadrova. Dakle edukacijom edukatora postigao bi se najbrži napredak. Njihovo vrednovanje i izbor trebalo bi podvrgnuti posebnim kriterijima temeljenim na znanjima i vještinama potrebnim hrvatskoj privredi. Tome bi trebalo prilagoditi nastavne programe i sadržaje predmeta. Prolaznost kao čimbenik i mjera uspješnosti brzog završavanja studija treba u potpunosti isključiti. Među uspješnim sportašima npr. neki sazrijevaju vrlo brzo, a neki mnogo kasnije pa ipak na kraju, i jedni i drugi postižu velike uspjehe, dakako, kao rezultat podizanja kvalitete određenih priprema i treninga. Teza da oni, koji duže studiraju, koštaju državu mnogo više potpuno je pogrešna. Njome se opravdavala uspješnost Bolonjske reforme. Osim glavom, kognitivne sposobnosti moraju se razvijati i radom rukama. Za rudare, geologe i naftaše potrebno je mnogo više prakse, terenske nastave i terenskog rada. Sve bi trebalo započeti na fakultetima, planski i sistematično. Da bi se sve to postiglo, potrebna je raspodjela novca na sasvim drugačiji način, po drugim kriterijima

i s jasnim ciljem. Danas nemetalne mineralne sirovine u RH predstavljaju veliki, ali nedovoljno iskorišteni potencijal. Znatno veća sredstva treba usmjeriti u onaj dio tehničkih znanosti koji može utjecati na povećanje proizvodnje i dodanu vrijednost proizvoda. Mogućim i potrebnim promjenama u obrazovanju u području tehničkih znanosti mogli bi se postići zavidni učinci. Potrebno je ponovno vratiti vjerodostojnost tvrtkama i institucijama koje su bile zadužene za kontrolu kvalitete materijala i inovacije, vezano uz proizvode koji su rezultat proizvodnje i prerade nemetalnih mineralnih sirovina.

Literatura

- Bard A. i J. Söderqvist (2003): Netokracija. Differo d.o.o., Zagreb.
- J. Rifkin i T. Howard (2002): Entropija, novi pogled na svijet. Misl d.o.o., Zagreb.
- Lipton, B.H. (2003): Biologija vjerovanja. Teledisk, Zagreb.
- Readings, B. (2016): Sveučilište u ruševinama, Meandarmedia, 384., Zagreb
- Bakić, N. (2017): Intervju, Večernji list, br, 19050, Zagreb.

Technical Sciences in the Production and Processing of Mineral Raw Materials

Tomašić Ivan

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering University of Zagreb
ivan.tomasic@rgn.hr

The Croatian non-metallic mineral raw materials have been determined to be of representative potential but however still not utilized entirely. We are of the opinion that higher education of the young people in our country could contribute to better utilization of the mentioned potential. The educational system that we are subjected to should be strongly changed in many segments. Unavoidable changes in education in last fifteen years have created numerous unwanted consequences that have deeply labelled the Croatian economy. There are many different grounds of the economic crisis in Croatia. However, the main question is what part of the crisis resulted in such a system and the “quality” of education. Education should become a Croatian brand. For Finland, it is said, that there are two key brands, Nokia (which is now recovering) and education (due to huge education reforms).

In order to understand what is happening in our education, among other things, there must be paid special and focused attention to the following concepts such as evaluation, excellence and transience. These terms, as hyperinflation, became the most popular talks at the Croatian universities. There was also the flood of numerous unnecessary criteria, which were shown to be the basis for the evaluation of teachers. Regarding this issue, it should be noted that the proper need for evaluation of teachers, based on specific criteria relevant to the field of technical sciences, is of greatest importance. Evaluation criteria should be fully adjusted by the academic trainers and to the characteristics and needs of our economy.

It is necessary to create a high-quality teacher with the moral, ethical and professional quality, liberated of its constant evaluation as well as frantic race in meeting a number of unnecessary criteria. In particular, the possessed need of collecting a huge amount of articles in journals indexed with CC. Transience in some respects, rather than some other important factors, become a measure of success and excellence of the Bologna reforms. Improving methods of education financing in the field of technical sciences could also be achieved envious effects.

It must be re-create top experts who have disappeared from the market collapse of numerous companies and institutions for monitoring and quality control of various building products and materials which are manufactured on the basis of mineral raw materials. How to compensate for this loss?

Key words:

technical sciences, higher education, mineral raw materials, criterion for teachers evaluation, founding of scientific work

Rudarska djelatnost u Republici Hrvatskoj – status i mogućnosti razvoja

Vrkljan Darko

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
darko.vrkljan@rgn.hr

Dostupnost i racionalno iskorištavanje raspoloživih mineralnih resursa temelj je razvoja nacionalnih gospodarstava. Republika Hrvatska je relativno siromašna glede mineralnih resursa, posebice se to odnosi na one veće dodane vrijednosti, ruda metala i čvrstih energetske mineralnih sirovina. U proteklom razdoblju u samostalnoj Republici Hrvatskoj ukinuta je eksploatacija ugljena, barita, bentonita i boksita (osim simboličnih količina), koji su se otkopavali i površinskim i podzemnim metodama. Značaj rudarskog gospodarstva Republike Hrvatske prvenstveno se ogleda u eksploataciji energetske mineralnih sirovine – tekućih i plinovitih ugljikovodika te čvrstih nemetalnih mineralnih sirovina. Značajnu ulogu i potencijal za razvoj rudarskog gospodarstva i prateće prerađivačke industrije predstavljaju nemetalne mineralne sirovine. Trenutno su u Republici Hrvatskoj potvrđene znatne količine bilančnih rezervi karbonatne mineralne sirovine za industrijsku preradu, kremenog pijeska, mineralnih sirovina za proizvodnju građevnog materijala, gipsa i sirovine za proizvodnju cementa koje su dostatne za višegodišnju stabilnu proizvodnju. Iz razno raznih razloga potencijal ovih mineralnih resursa je nedovoljno iskorišten. Poteškoće s kojim se susreću rudarski poduzetnici mogu se sblimirati u dugotrajnost i neizvjesnost ishoda postupka za ishođenje odođenja za istraživanje i koncesije za eksploataciju mineralnih sirovina, sve većih zahtjeva i ograničenja koja proizlaze iz naslova zaštite okoliša i ekološke mreže, rješavanju imovinsko-pravnih odnosa na zemljišnih česticama unutar eksploatacijskih polja te općenito negativne percepcije koju baštini rudarska djelatnost u široj javnosti kao devastator. Radom se elaborira status i mogućnosti razvoja istraživanja i eksploatacije nemetalnih mineralnih sirovina te teškoće koje sprečavaju učinkovitiji razvoj rudarskog gospodarstva.

Ključne riječi:

rudarska djelatnost, nemetalne mineralne sirovine, rudarski zakon

1. Uvod

Značaj hrvatskog rudarskog gospodarstva prvenstveno se ogleda u eksploataciji energetskih mineralnih sirovina – tekućih i plinovitih ugljikovodika te čvrstih nemetalnih mineralnih sirovina. Rudarska djelatnost je u Republici Hrvatskoj svedena na eksploataciju nemetalnih mineralnih sirovina. Eksploatacija čvrstih fosilnih goriva je napušten, a od metalnih ruda jedino se boksiti eksploatiraju u zanemarivim količinama. Također, ne postoje potencijalno eksploabilne rezerve čvrstih fosilnih goriva i metalnih ruda. Eksploatacija nemetalnih mineralnih sirovina izvodi se na površinskim kopovima uz jedan izuzetak podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena na relativno maloj dubini. Značaj rudarskog gospodarstva ogleda se u broju trgovačkih društava i obrtnika (preko 350). U proteklom razdoblju ukinuta je eksploatacija ugljena, barita, bentonita i boksita (osim simboličnih količina).

2. Rudarenje na prostoru Hrvatske

Rudarenje na prostorima Republike Hrvatske ima višestoljetni kontinuitet u eksploataciji ruda metala i nemetalnih mineralnih sirovina. Na prostoru Republike Hrvatske otkopavane su bakrove, olovno-srebronosne, cinkove, željezne i manganove rude, ispiralo se zlato. Tragovi eksploatacije i taljenja metalnih ruda datiraju u pret-povijesno razdoblje i obuhvaćaju i bakreno i željezno doba. Eksploatacija i prerada na Trgovskoj i Petrovoj gori datira u antička vremena. U X. i XI. stoljeću u naše krajeve pristižu profesionalni rudari Sasi iz istočne Njemačke. Plemenitaši Frankopani u XIV. stoljeću a Zrinski u XV. stoljeću dobivaju kraljevsku privilegiju za istraživanje zlata, srebra, bakra, olova, željeza i drugih kovina.

Povijesno, posebice u 20. stoljeću, veliki značaj za rudarstvo Hrvatske i razvoj gospodarstva općenito ima eksploatacija ugljena, boksita i arhitektonsko građevnog kamena. U Istri na prostoru Labinštine podzemno je otkopavan kameni ugljen koji je pretežno spaljivan u termoelektrani Plomin. Nerentabilnost eksploatacije istarskog ugljena, prvenstveno zbog velikog sadržaja organskog i anorganskog sumpora te relativno tankih slojeva dovelo je do napuštanja eksploatacije (zadnja jama Tupljak zatvorena je 2000. godine). Intenzivnim istraživanjima provedenim sedamdesetih godina prošlog stoljeća u području Koromačna potvrđene su znatne rezerve kamenog ugljena veće debljine (preko 10 mil. tona); međutim, nalaze se ispod razine mora u karbonatnim naslagama. Eksploatacija ugljena bila je značajna i za sjeverozapadnu Hrvatsku i Dalmatinsku zagoru (Siverić, Bukovica). U sjeverozapadnoj Hrvatskoj postoji nekoliko ugljenih sinklinala (Konjšćinska, Ivanečko-ladanjska, Međimurska i Vojakovačko-bilogorska) na plićim rubovima kojih su bili

razvijeni manji podzemni ugljenokopi, pretežito lignita i smeđeg ugljena. Ugljenokopi su zatvarani tijekom šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog stoljeća (zadnji Brodarevec 1975. godine) u vrijeme jeftine nafte i u okruženju jugoslavenske države gdje su postojala mnogo izdašnija i rentabilnija ugljena ležišta (Bosna, Srbija). Ležišta karakteriziraju teški eksploatacijski uvjeti, relativno tanji slojevi, niske ogrjevne vrijednosti, mehanički loših pratećih naslaga što otežava rentabilnu eksploataciju.

Rudarenje boksita, površinsko i podzemno, imalo je istaknuto mjesto u rudarstvu Hrvatske prije Domovinskog rata na prostoru Istre i Dalmacije. Najstariji europski rudnici piritskog boksita („Minjere“) u dolini Mirne, u eksploataciji su tijekom XVI. stoljeću. Otkopano je oko 150.000 tona piritnog boksita na 17 lokacija, veličine ležišta kretale su se između 10 000 i 20 000 tona. Između dva svjetska rata istarski rudnici davali su 10% svjetske proizvodnje boksita (1922. godinu otkopano je 200 000 tona rude) a prema procjeni do 1945. otkopano je 5 000 000 tona. Eksploatacija boksita danas je praktički obustavljena i vade se zanemarive količine, reda veličine nekoliko stotina tona godišnje uglavnom za potrebe cementne industrije. Eksploatacija boksita odvijala se u području Vanjskih Dinarida (zona visokog krša), u Ličko-senjskoj, Zadarskoj, Primorsko-goranskoj, Šibensko-kninskoj i Splitsko-dalmatinskoj županiji. Sveukupno je na tom prostoru bilo odobreno 29 eksploatacijskih polja unutar kojih su istraživanjima potvrđene eksploatacijske rezerve od oko 11 milijuna tona. Eksploatacijske rezerve na većini polja su male, nekoliko desetaka tisuća tona do nekoliko stotina tisuća tona. U četiri eksploatacijska polja, međutim, potvrđene rezerve prelaze milijun tona što predstavlja značajan potencijal za moguću eksploataciju s obzirom na tržišnu cijenu boksita.

S obzirom na tradiciju, brendiranost, kulturno graditeljsku baštinu, relativno stabilnu razinu otkopanih količina i u recesijskom razdoblju te postignutu godišnju razinu u otkopanim količinama, veliki značaj i perspektivu za razvoj ima eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena. Vađenje kamena za potrebe graditeljstva datira na prostoru Republike Hrvatske još u predantičko doba. U srednjem vijeku kamen je temeljni materijal za gradnju. U jadranskom području kamen je bio glavni građevni materijal i eksterijera i interijera. U tom prostoru aktivno je ili je bio aktivan najveći broj ležišta arhitektonsko-građevnog kamena. Od istarskoga gornjojurskoga vapnenca zvanoga *Pietra d'Istria* ili *Orsera* tijekom stoljeća građene su palače i građevinski objekti u Italiji. Eksploataciju a-g kamen nekad je karakterizirao veći broj lokacija, otkopavano je više vrsta stijena u znatno manjim količinama. Danas je obrnuto: manje je eksploatacijskih polja, vadi se svega nekoliko vrsta, ali su otkopane količine znatno veće. Usprkos određenim nedostacima *Istarski žuti* ima najveći siroviniski potencijal, posebice zbog najveće površinske rasprostranjenosti. U eksploatacijskom polju Kanfanar ostvarena je prva jamska eksploatacija a-g kamena u Republici Hrvatskoj, što otvara nove mogućnosti, posebno u zonama s vrlo kvalitetnom sirovinom. U Dalmaciji, u zaobalju i otocima, u rudistnim vapnencima

gornje krede otvorena su brojna eksploatacijska polja a-g kamena (kod Trogira, na Mosoru, na otoku Braču, na otoku Korčuli, kod Dubrovnika, kod Benkovca, Drniša, Sinja i Obrovca).

Od ostalih vrijednijih i značajnijih nemetalnih mineralnih sirovina koje su se u recentnoj prošlosti otkopavale na prostoru Republike Hrvatske a imaju potencijala za neku buduću eksploataciju valja spomenuti barit, bentonit te keramičku i vatrostanu glinu. Barit ima široku primjenu u različitim tehnologijama, najznačajnija je za isplake u naftnom rudarstvu. Eksploatacija barita u Republici Hrvatskoj izvođena je na 11 eksploatacijskih polja, od kojih su najveća u Gorskom Kotaru kod Delnica i u Lici kod Lovinca, u kojima se preostale potvrđene eksploatacijske rezerve procjenjuju na $\approx 0,5$ miliona tona.

Alumosilikatni mineral bentonit ima široku primjenu u različitim industrijskim granama. Fizikalno kemijske značajke bentonita, posebice visok kapacitet izmjene kationa kvalificiraju ga za korištenje u mnogim gospodarskim djelatnostima od čega treba istaknuti korištenje za isplaku pri bušenju na naftu i plin te za izgradnju temeljnog i pokrovnog brtvenog sustava odlagališta otpada. Istraživan je i eksploatiran, podzemno i površinski, u Republici Hrvatskoj na desetak lokacija (kod Bednje, kod Pregrade i kod Kutine). Ukupne potvrđene eksploatacijske rezerve u napuštenim ležištima iznose $\approx 2,3$ milijuna tona, dok se rezerve u najvećem od napuštenih ležišta procjenjuju na 0,7 mil. tona (Murinski jarak kod Kutine).

3. Zakonsko upravni okvir

Krovni zakon koji regulira rudarsku djelatnost u Republici Hrvatskoj je Zakon o rudarstvu. Rudarski zakon u samostalnoj Republici Hrvatskoj doživljavao je česte promjene. Početni zakon o rudarstvu preuzet je sukladno Zakonu o standardizaciji 1992. godine od SR Hrvatske. U SFRJ rudarska djelatnost bila je u nadležnosti pojedinih republika te je svaka republika imala vlastiti rudarski zakon. Republički rudarski zakoni bili su međusobno slični, ali su se razlikovali u pojedinim pitanjima. Budući je zakon donesen u socijalističkom društvenom uređenju, gdje su i mineralne sirovine bile u društvenom vlasništvu. Jedna od osobitosti tog zakona je što nositelji koncesije za eksploataciju nisu plaćali naknadu za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina. Značajne promjene rudarskih zakona bile su 2003. godine te 2009. i 2013. godine kada su doneseni novi rudarski zakoni. U međuvremenu, nužne su bile stalne izmjene i dopune rudarskog zakonika zbog činjenice stalne evaluacije legislativa u ostalim područjima, posebice se to odnosi na zakonsku regulativu u zaštiti okoliša i prirode, prostornog planiranja i građenja. Rudarski zakon iz 2009. donesen je u procesu harmonizacije i prilagođavanja hrvatske legi-

slative sa legislativom Europske unije. Ubrzo je ovaj zakon zamijenjen potpuno novim zakonom 2013. godine, prvenstveno radi izrazito loših rješenja glede postupka koncesioniranja. Novim rudarskim zakonom iz 2009. godine proširena je i nadležnost (obuhvat) zakona. Naime, temeljno rudarska djelatnost podrazumijeva istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina. U mnogim europskim rudarskim zakonicima nadležnost zakona je proširena i na druge djelatnosti kao što su: skladištenje ugljikovodika i plinova u podzemne geološke strukture, skladištenje otpada (komunalnog i radioaktivnog) u podzemne prostore, izrada podzemnih prostorijskih i tunela, transport ugljikovodika i geotermalne vode cjevovodima, minerski radovi i drugo. Tako je i vrijedećim hrvatskim rudarskim zakonom nadležnost zakona proširena na radove sanacije otkopanog prostora, skladištenje ugljikovodika u podzemne geološke strukture i transport ugljikovodika i geotermalne vode cjevovodima kada su u tehnološkoj vezi sa eksploatacijskim poljem.

Ključni dio svakog rudarskog zakonika i od vitalne važnosti za rudarsko gospodarstvo je definiranje postupka odobravanja istraživanja i koncesije za eksploataciju mineralnih sirovina. Glavni nedostatak prijašnjeg zakona iz 2009. godine bio je podjela postupka koncesioniranja u dvije faze: fazu odobravanja istraživanja i fazu ishoda koncesije za eksploataciju. Nositelju odobrenja za istraživanje, nakon uspješno provedenog istraživanja i potvrđenih bilančnih i eksploatacijskih rezervi, nije bilo izvjesno ishoda koncesije za eksploataciju.

Prema vrijedećem rudarskom zakonu ishoda koncesije za eksploataciju mineralne sirovine provodi se postupkom kroz četiri faze. Postupak koncesioniranja provodi se kroz javni natječaj (nadmetanje). Ponuditelju, koji se u prvoj fazi postupka odabere kao najpovoljniji za istraživanja, jamči se mogućnost dobivanja koncesije za eksploataciju ako se ispune ostale nužne pretpostavke u postupku (dokažu i potvrde eksploatacijske rezerve, procijeni prihvatljivost utjecaja eksploatacije na okoliš i ekološku mrežu, ishodi lokacijska dozvola, riješe imovinsko-pravni odnosi na zemljišnim česticama unutar eksploatacijskog polja).

Treba napomenuti da je u nove rudarske zakone uveden institut javnog natječaja (nadmetanja) za odabir najpovoljnijeg ponuditelja za istraživanje i eksploataciju mineralne sirovine što je motivirano postulatima i zahtjevima europske unije (transparentnost, tržišno nadmetanje) te su takve odrednice ugrađene i u krovni zakon za sve postupke koncesioniranja, Zakon o koncesijama. Međutim, u nekim državama članicama europske unije institut javnog natječaja za davanje koncesije za eksploataciju nije obavezan, nego se koncesija daje na zahtjev rudarskog trgovačkog društva i rudarski nadležni organ inokosno odlučuje o rješavanju zahtjeva. Treba također napomenuti da je u prijašnjim rudarskim zakonima u postupcima dodjele istražnog i eksploatacijskog polja postojao institut javne rasprave po pojedinim zahtjevima zainteresiranih poduzetnika, koji je isto tako bio vrlo transparentan i na koji je moglo aplicirati više ponuditelja.

U relevantnom rudarskom zakoniku uvedene su novine i u pogledu naknada za dodijeljena rudarska prava. Novine se odnose na uvođenje naknada za odobrena prava istraživanja te fiksne naknade za zauzetost eksploatacijskog polja uz povećanje naknada za otkopanu mineralnu sirovinu čime su značajno povećani prihodi državnog proračuna iz ovog naslova. Naknade za otkopanu mineralnu sirovinu značajno su povećane te je uvedeno diferenciranje naknada ovisno o vrsti mineralnih sirovina. Prije je naknada za otkopanu mineralnu sirovinu iznosila minimalno 2,6% od tržišne vrijednosti mineralne sirovine za sve vrste mineralnih sirovina, dok danas ona iznosi minimalno 5% za čvrste mineralne sirovine, minimalno 3% za sve vrste soli i geotermalnu vodu te minimalno 10% za tekuće i plinovite ugljikovodike.

Također je zakonski uveden institut Strategije gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske, u zadaći nadležne državne uprave za rudarstvo te institut rudarsko-geoloških studija čija je izrada u zadaći jedinica regionalne samouprave (županija). Temeljna zadaća Strategije gospodarenje mineralnim sirovinama je planiranje rudarske djelatnosti na državnoj razini. Rudarsko-geološke studije moraju biti sukladne Strategiji i u njima jedinice lokalne samouprave i jedinice regionalne samouprave planiraju u razvojnim dokumentima potrebe i način opskrbe mineralnim sirovinama.

Sukladno odrednicama rudarskog zakona nositelji koncesije za eksploataciju dužni su tijekom i po završenoj eksploataciji provesti sanaciju otkopanog prostora. Vezano za sanaciju eksploatacijskog polja uvedene su odrednice u cilju učinkovitijeg nadzora rudarske inspekcije nad provođenjem radova sanacije i uređenja otkopnog prostora. U tom smislu u rudarske radove, osim istraživanja i eksploatacije mineralne sirovina uvedeni su i radovi sanacije otkopanih prostora te ograničena eksploatacija mineralnih sirovina u svrhu sanacije nezakonitom eksploatacijom ugroženih dijelova okoliša.

U provođenju postupka ishoda koncesije za eksploataciju mineralnih sirovina nadležni su i drugi zakonski i podzakonski akti sukladno kojima se ishode pojedini neophodni upravni akti: Zakon o prostornom uređenju, Zakon o građenju, Zakon o zaštiti okoliša, Zakon o zaštiti prirode, Zakon o vodama, Zakon o šumama, Zakon o koncesijama i drugi.

Ključni upravni akti, koje odabrani ponuditelj za istraživanje mineralnih sirovina treba ishoditi da bi u konačnici daljnjeg postupka mogao ishoditi koncesiju za eksploataciju, su rješenje o prihvatljivosti eksploatacije na okoliš i prirodu (ekološku mrežu) te lokacijska dozvola.

Rješenje o prihvatljivosti eksploatacije na okoliš i prirodu (ekološku mrežu) ishoduje se u postupku procjene utjecaja eksploatacije na okoliš i prirodu sukladno odrednicama Zakona o zaštiti okoliša i Zakona o zaštiti prirode. Procjena utjecaja

na okoliš obvezatna je za sva eksploatacijska polja, bilo da se radi o površinskoj ili podzemnoj eksploataciji, bez obzira o vrsti i količini eksploatirane mineralne sirovine, odnosno veličini eksploatacijskog polja. Potrebu provedbe postupka glavne ocjene na prirodu (ekološku mrežu) ocjenjuje nadležno tijelo zaštite prirode, ovisno o utjecaju eksploatacije na ciljeve očuvanja ili uspostave povoljnog stanja za ugrožene i rijetke stanišne tipove i/ili divlje svojte.

Rudarski zakon osnažen je i prekršajnim i kaznenim odrednicama koje omogućuju zakonsku utemeljenost za učinkoviti progon počinitelja nelegalne (protupravne) eksploatacije mineralnih sirovina. Naime, jedno od negativnih obilježja rudarske djelatnosti u samostalnoj Republici Hrvatskoj, koja je značajno doprinijela njenoj lošoj percepciji u javnosti, je nelegalna eksploatacija mineralnih sirovina. Nelegalna eksploatacija mineralnih sirovina ima više pojavnih oblika i može se razdijeliti na nelegalnu eksploataciju u odobrenim istražnim i eksploatacijskim poljima i nelegalnu eksploataciju pri iskopima građevinskih objekata u niskogradnji i visokogradnji. Nelegalna eksploatacija u odobrenim istražnim i eksploatacijskim poljima mineralnih sirovina može se stupnjevati ovisno o težini prekršaja: eksploatacija unutar odobrenog eksploatacijskog polja izvan granica ovjerenog rudarskog projekta, eksploatacija unutar odobrenog eksploatacijskog polja na zemljišnim česticama koje nisu navedene u lokacijskoj dozvoli I ugovoru o koncesiji, eksploatacija unutar eksploatacijskog polja bez posjedovanja ugovora o koncesiji, eksploatacija izvan granica odobrenog eksploatacijskog polja te eksploatacija mineralne sirovine u odobrenim istražnim poljima.

Nelegalna eksploatacija pri iskopima građevinskih objekata naročito je bila izražena, i to u znatnim količinskim iznosima, prilikom izgradnje velikih infrastrukturnih projekata, poput izgradnje autocesta, koja je u Republici Hrvatskoj bila intenzivna tijekom prvog desetljeća ovog stoljeća. Pravi razmjer ovakove nelegalne eksploatacije nikad neće dokraja poznat budući mnoge takove aktivnosti nisu ni zabilježene kao takove. Jedan od velikih izvoditelja radova na autocestama, uglavnom se radi o tehničko-građevnom kamenu, izveo je protupravnu eksploataciju na kamenolomima u blizini trase autoceste u vrijednosti od nekoliko desetaka miliona kuna.

Drugi vid nelegalne eksploatacija pri iskopima građevinskih objekata odnosi se na građevinske radove u visokogradnji, prilikom pripreme terena i iskopu građevinske jame za poslovne i stambene objekte, pri čemu se uglavnom radi o mineralnoj sirovini građevnom pijesku i šljunku. Budući je proceduralno mnogo jednostavnije, bez ulaganja u istražne radove, i upravni postupak je mnogo brži nego u postupku ishodenja koncesije za eksploataciju, poznati su slučajevi gdje su građevinske dozvole ishodene za otvaranje gospodarske djelatnosti poput ribnjačarstva, a građevinski pijesak i šljunak iz iskopa je zapravo korišten kao građevinski materijal za izgradnju autoceste.

Štetnost nelegalne eksploatacije je višestruka. Generira se negativni imidž ukupne rudarske djelatnosti, kako u široj javnosti tako i kod nadležnih upravnih državnih tijela, kao devastatora prostornog resursa i općenito onog koji se ne vlada sukladno zakonskim propisima. Nelegalna eksploatacija je direktna nelojalna konkurencija rudarskim trgovačkim društvima, jer novčano i vremenski zahtjevan postupak ishođenja koncesije za eksploataciju te uredno podmiruje sve poreze, prireze, naknade za eksploataciju te razne parafiskalne namete. Štetu trpi i državni proračun budući da ne ubire naknadu za eksploataciju mineralnih sirovina. Jedan od možda najvećih štetnih posljedica je devastacija prostornog resursa, jednog od najvrednijih resursa kojim država i društvena zajednica raspolažu.

Nelegalni eksploatori nemaju obavezu niti su kontrolirani od nadležnih inspeksijskih službi u smislu sanacije i uređenja otkopanog prostora tijekom i po završenoj eksploataciji tako da nakon takovih aktivnosti ostaju veliki nesanirani prostori kojima je ugrožen okoliš i priroda.

3.1. Komentar zakonskog okvira – manjkavosti i potrebna poboljšanja

Promjene rudarske legislative i ostale legislative koja je vezana uz rudarsku djelatnost (koncesioniranje, zaštita okoliša i prirode, prostorno planiranje) u samostalnoj Hrvatskoj su česte. Pojedini zakoni pretrpjeli su značajne promjene što se očitovalo u povećanju broja članaka te u sve većoj složenosti zakonskih odrednica. Unatoč čestim promjenama legislativa nije dosegla dovoljan stupanj transparentnosti i razumljivosti te nema dovoljno poticajni utjecaj na ubrzanje postupka ishođenja potrebnih uvjeta, dozvola, odobrenja, mišljenja, rješenja, koncesija i drugih akata u upravnim postupcima. Naime, u realnim uvjetima gdje znanost i tehnologija napreduju svakodnevno, mijenjajući time tržišne pozicije i odnose, nedopustivo je prihvatiti upravne postupke koji traju po nekoliko godina. Općenito, može se konstatirati predugo trajanje pojedinih upravnih postupaka, ponekad je nejasna nadležnost pojedinih ureda (ministarstvo, uredi državne uprave u županijama), potrebna su tumačenja pojedinih zakonskih odrednica i postupaka te su nadležna upravna tijela neusklađena i međusobno nepovezana. Cilj ovog rada nije sveobuhvatna analiza relevantne zakonske regulative pa se ovdje samo ukazuje na neke vitalne nedostatke i moguće promjene u smislu poboljšanja prvenstveno upravnih postupaka.

Postojeći rudarski zakon sprječava razvoj rudarske djelatnosti. Sukladno vrijedećem hrvatskom Zakonu o rudarstvu javni natječaj za istraživanje i eksploataciju čvrstih mineralnih sirovina može se raspisati samo unutar postojećih odobrenih istražnih i eksploatacijskih polja mineralnih sirovina (odnosno ona koja su unesena u prostorne planove). Primjerice u slovenskom Zakonu o rudarstvu istraživanje mineralnih sirovina je slobodno na cijelom teritoriju Republika Slovenije. Drugim riječima, to znači da nakon iscrpljivanja postojećih potvrđenih bilančnih i eksploa-

tacijskih rezervi, unutar postojećih istražnih i eksploatacijskih polja, dokida se rudarstvo čvrstih mineralnih sirovina u Republici Hrvatskoj. Situacija nije dramatična iz dva ključna razloga:

- ulaskom u recesiju 2008. godine hrvatsko gospodarstvo nema razvojne potrebe pa godišnje količine otkopanih mineralnih sirovina bilježe od 2008. godine drastičan pad (poglavlje 3).
- potvrđene rezerve nemetalnih mineralnih sirovina u postojećim istražnim i eksploatacijskim poljima zadovoljavaju potrebe tržišta za više od stotinjak godina

Kritičnom se može pokazati dostatnost eruptivnih minerala posebice dijabaza, gdje su raspoložive potvrđene rezerve dostatne za 15 do 20 godina. Rastom gospodarstva potrebe za eruptivnim materijalima mogu narasti zbog čega može doći u pitanje dostupnost eruptivnih mineralnih sirovina na domaćem tržištu. Istina, relevantnim rudarskim zakonom predviđena je izrada nove Strategije gospodarenja mineralnim sirovinama RH te rudarsko-geoloških studija za pojedine županije kojima je jedna od ključnih zadaća identificiranje širih lokacija u prostoru potencijalno interesantnih za istraživanje i eksploataciju što bi bila podloga za unošenje tih prostora u prostorne planove, odnosno čime bi se omogućilo izdavanje lokacijskih dozvola za istraživanje i eksploataciju mineralnih sirovina i čime bi se premostio jedan od ključno ograničavajućih faktora za razvoj rudarske djelatnosti. Međutim, novi Zakon o rudarstvu stupio je na snagu 2013. godine, u kojem je dat rok za izradu Strategije gospodarenja mineralnim sirovinama RH od 3 godine te nakon toga rok od 3 godine za izradu rudarsko-geoloških studija. Proteklo je već gotovo 4 godine a da natječaj za izradu Strategije nije raspisan.

Prirodni resursi su od posebnog interesa za Republiku Hrvatsku i zato uživaju njezinu posebnu zaštitu, između ostalog i kroz donošenje posebnih zakonskih propisa (*lex specialis*). Zakon o rudarstvu je posebni zakon kojem je temeljna namjena gospodarenje, upravljanje i zaštita mineralnih sirovina. Zakon o rudarstvu je jedan od rijetkih posebnih zakona koji ne štiti ili ne štiti u dovoljnoj mjeri i na način kako su zaštićeni drugi prirodni resursi (vode, šume, priroda i drugo) mineralne sirovine, resurs zbog kojeg je donesen. Mineralne sirovine su za razliku od drugih prirodnih resursa, poput voda i šuma, neobnovljivi resurs koji bi slijedom toga trebao imati veći stupanj zaštite u odnosu na druge prirodne resurse. Poznata su na prostoru Republike Hrvatske ležišta u kojima su ili potvrđene rezerve ili je nekad izvođena eksploatacija mineralnih sirovina. Na tim prostorima, na kojima se potencijalno u budućnosti može ponovno javiti interes bilo za istraživanjem bilo za eksploatacijom, mogu se izvoditi zahvati u prostoru, odnosno zauzimati prostor različitim sadržajima i na taj način onemogućiti potencijalno istraživanje i eksploataciju. Naime, u hrvatskom Zakonu o rudarstvu nema odrednica koje bi obvezivale izvoditelje zahvata u prostoru, izrađivače prostornih planova, odnosno nadležna upravna tijela za izdavanje lokacijskih dozvola ishodenje mišljenja, suglasnosti, uvjeta i ograničenja od nadležnih državnih upravnih tijela za rudarstvo. Posebni zakonski akti koji

štite druge prirodne resurse obavezno imaju ugrađene odrednice kojima je nadležnim upravnim organima za taj resurs omogućena zaštita tog resursa pri izvođenju nekog zahvata u prostoru. Mineralne sirovine minorizirane su i u pogledu nadležnih upravnih organa koje su mnogo više dimenzionirani u odnosu na nadležne upravne organe za rudarstvo. Nadležni upravni organ za rudarstvo Sektor za rudarstvo situiran je pri Ministarstvu gospodarstva, poduzetništva i obrta i broji desetak zaposlenih. U slučaju primjerice resursa šuma unutar Ministarstva poljoprivrede formirana je Uprava za šumarstvo i drvenu industriju te je država osnovala javno poduzeće za gospodarenje šumama koje ima tisuće zaposlenih.

4. Otkopane količine i eksploatacijske rezerve nemetalnih mineralnih sirovina

Površina odobrenih eksploatacijskih polja mineralnih sirovina zahvaća ~4% površine RH (bez 2 eksploatacijska polja ugljikovodika u epikontinentalnom pojasu Jadranskog mora) od čega se ~80% odnosi na eksploatacijska polja ugljikovodika. Eksploatacijska polja nisu ravnomjerno raspoređena na teritoriju Republike Hrvatske što je prvenstveno posljedica geološke građe, sekundarno prostorne dokumentacije i stava lokalne samouprave. Utvrđene rezerve čvrstih mineralnih sirovina imaju stalnu tendenciju rasta (osim barita, bentonitne gline, ugljena i ciglarske gline). Općenito, znatan je rast otkopanih količina tehničko-građevnog kamena, građevnog pijeska i šljunka, arhitektonsko-građevnog kamena, karbonatne sirovine za industrijsku preradu i sirovine za proizvodnju cementa do 2008. godine i ulaska u recesiju.

Tijekom 2015. godine u Republici Hrvatskoj otkopavano je 13 različitih vrsta mineralnih sirovina: arhitektonsko-građevni kamen, boksit, ciglarska glina, gips, građevni pijesak i šljunak, karbonatna sirovina, keramička i vatrostalna glina, kremen, pijesak, sirovine za proizvodnju cementa, tehničko-građevni kamen, tuf, živa i morska sol.

Boksit, tuf i keramička i vatrostalna glina, iako imaju potencijala za značajniju eksploataciju, otkopavaju se povremeno u zanemarivim količinama. Živa se dobiva kao sekundarna mineralna sirovina tijekom eksploatacije nafte i plina. Morska sol dobiva se u morskim solanama (Ston, Nin). Dobivene količine kretale su se do dvadesetak tisuća tona godišnje da bi u 2015. godini zabilježile znatan rast od gotovo 112 tisuća tona.

Nastavno se elaborira status otkopanih količina i eksploatacijskih rezervi nemetalnih mineralnih sirovina značajnih za rudarsko gospodarstvo i općenito gospodarstvo Republike Hrvatske.

4.1. Karbonatna mineralna sirovina za industrijsku preradbu

Jedna je od značajnijih nemetalnih mineralnih sirovina zbog širokog područja primjene svakako je kalcijev karbonat (CaCO_3), rasprostranjen gotovo po cijelom svijetu. Značaj kalcijevog karbonata iščitava se iz strukture ukupne svjetske potrošnje nemetalnih mineralnih sirovine (oko 10%). Izuzetna svojstva omogućuju mu široku primjenu: od kiparstva, građevinske i kemijske industrije, preko punila u proizvodnji papira, plastike, industrije boja i lakova pa sve do farmacije. Najčešći javni prirodni oblici su kreda, vapnenac i mramor. Kreda je posebno vrijedna u proizvodnji punila. Razlikuje se od vapnenac samo u čvrstoći: vapnenac je kompaktni i čvrsti, kreda je mekani vapnenac.

Karbonatne mineralne sirovine za industrijsku preradbu koje se koriste u Republici Hrvatskoj su vapnenaci koji se koriste za izradu punila (kamenog brašna, filera) te vapnenaci i dolomiti koji se koriste za proizvodnju vapna. Proizvodnja vapna u Hrvatskoj ima dugogodišnju i bogatu tradiciju. U Hrvatskoj danas postoje četiri proizvođača vapna: GIRK Kalun d.d. iz Drniša, Kamen Sirač d.d. iz Sirača, Lička tvornica vapna d.o.o. iz Ličkog Lešća i Istarska tvornica vapna d.o.o. iz Most Raše. Instalirani kapacitet iznosi 390 000 tona vapna. U Hrvatskoj se vapno danas koristi uglavnom za proizvodnju žbuka, dijelom u metalurgiji i poljoprivredi. Postoji potencijal proširenja primjene vapna i na druge gospodarske grane sukladno svjetskim pokazateljima. Broj odobrenih eksploatacijskih polja (19) karbonatne mineralne sirovine za industrijsku preradbu u Republici Hrvatskoj je relativno mali u odnosu na ukupni broj eksploatacijskih polja. Otkopane količine karbonatne sirovine za industrijsku preradu bilježe stalan rast do 2008. godine kada dostižu maksimalni iznos od 1,17 mil. tona (izuzimajući 2003. godinu kada je otkopana rekordnih 1,72 mil. tona). Nakon 2009. godine dolazi do drastičnog pada otkopanih količina pa je 2015. godine otkopano svega 0,48 mil. tona, cca 40% u odnosu na 2008. godinu.

Tablica 1 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve karbonatne mineralne sirovine za industrijsku preradu u 1000 m³

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	1052	1170	1156	482	554	723	664	401	480
rezerve	226923	241225	291672	299225	277877	247017	258642	235349	146984

Maksimalne količine eksploatacijskih rezervi bilježe se 2010. godine (~300 mil. tona), otkada su 2015. prepolovljene na 147 mil. tona, prvenstveno zbog odlaska nekih nositelja koncesija za eksploataciju i zatvaranja njihovih eksploatacijskih polja. Eksploatacijske rezerve karbonatne sirovine za industrijsku preradu dostatne su za gotovo 300 godina eksploatacije (računajući sa godišnjim otkopanim količinama od 0,5 mil. tona).

4.2. Arhitektonsko-građevni kamen

Uporabna i tržišna vrijednost vrijednost arhitektonsko-građevnog kamena prvenstveno ovisi o fizičko-mehaničkim osobinama i dekorativnosti. U suvremenom graditeljstvu kamen je izgubio negdašnju pretežitu funkciju nosivog elementa, već ima ukrasno-zaštitnu funkciju nosive (pretežito armirano betonske) građevne konstrukcije. Osim u graditeljstvu koristi se u kiparstvu, klesarstvu, izradu elemenata grobne arhitekture te za izvođenje restauratorskih radova sakralnih i kulturnih spomenika. U Republici Hrvatskoj arhitektonsko-građevni kamen se dobiva iz stijenske mase karbonatnog porijekla. Ležišta silikatnog porijekla nema te se eruptivni arhitektonsko-građevni kamen uvozi za daljnju obradu. Iskoristivost ležišta a-g kamena je relativno vrlo niska, posebice u odnosu na ostale mineralne sirovine te prvenstveno ovisi o strukturno tektonskom sklopu. Iskoristivost ležišta silikatnog sastava kreće se u granicama 20 do 65%, dok je iskoristivost ležišta karbonatnog sastava značajno manja i kreće se u granicama 5 do 40% te sukladno tome, eksploataciju obilježavaju visoki gubici, što rezultira znatnim količinama jalovine. U posljednje vrijeme, tendencija je iskorištavanja jalovog ostatka proisteklog iz eksploatacije za tehničko-građevni kamen čime se povećava iskorištenje neobnovljivog mineralnog resursa i rentabilnost eksploatacije.

Tablica 2 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve arhitektonsko-građevnog kamena, u 1000 m³

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	79	89	72	73	73	69	70	70	71
rezerve	25340	25579	25125	25876	27165	30833	29179	28454	26509

Broj eksploatacijskih polja arhitektonsko građevnog kamena u razdoblju 2002. do 2015. godine gotovo je udvostručen (113). Najveće otkopane količine od gotovo 90 000 m³ zabilježene su 2008. godine nakon čega su otkopane količine smanjene za gotovo četvrtinu na stabilnih oko 70 000 m³ godine. Usprkos smanjenju otkopanih količina, potvrđene eksploatacijske rezerve dostigle su 2012. godine rekordnih gotovo 31 mil. m³. Potvrđene eksploatacijske rezerve (uz godišnju eksploataciju od 70 000 m³) osiguravaju mineralnu sirovinu za više od 440 godina.

4.3. Sirovine za proizvodnju cementa

Cement je mineralno vezivo, pretežno se primjenjuje u građevinarstvu kao vezivo prirodnih ili umjetnih agregata za proizvodnju betona i mortova. Prema mineralnom sastavu dijele se u silikatne i aluminatne cimente. Za proizvodnju cementa upotrebljavaju se primarno vapnenac i lapor, zatim glina, pijesak, tufovi, boksit, rude željeza, gips i dr. Koristi se i industrijski otpad poput talioničke troske i letećeg pepela. Primarni mineral za proizvodnju klinkera kalcijev karbonat (CaCO_3) visoko je zastupljen u vapnencima i nekim laporima. U Hrvatskoj danas postoje četiri cementare (Split, Koromačno, Pula, Našice), tri su u stranom vlasništvu, a jedna je u hrvatskom vlasništvu. Tri cementare proizvode silikatne cimente (čisti i miješani portland cement), dok jedna proizvodi specijalne, aluminatne cimente. Površinski kopovi sirovine za proizvodnju cementa su među najvećim u Hrvatskoj s obzirom na površinu i otkopane godišnje količine. Maksimalne otkopane količine od 6,2 mil. tona ostvarene su davne 1999. godine. Nakon toga 2009. godine došlo je do dramatičnog pada otkopanih količina na ispod 2 mil. tona, odnosno svega 37,6% otkopanih količina u 2008. godini. U razdoblju 2010. do 2015. godine otkopane količine stabilizirale su se na razini od oko 3,5 mil. tona.

Tablica 3 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve sirovine za proizvodnju cementa, u 1000 tona

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	5533	4963	1865	3665	3222	3230	3510	3732	3472
rezerve	329205	325791	435112	432176	428620	421244	417241	412486	408961

Broj eksploatacijskih polja je relativno mali i stabilan niz godina (7). Eksploatacijske rezerve premašuju 400 mil. tona i dostatne su za preko 80 godina uz razinu godišnje eksploatacije od 5 miliona tona.

4.4. Gips

Gips se koristi kao punilo u industriji papira, tekstila, gume, boja, u poljoprivredi i zaštiti okoliša za tretiranje tla te u proizvodnji optičke opreme. Gips je aditiv koji regulira brzinu vezanja cementa. Najveću primjenu gips ima kao vezivo u građevinarstvu, za proizvodnju gipsanih ploča i elemenata, za izradu kalupa itd. Gipsani proizvodi su reciklabilni, i to je izvor gipsa gdje izostaje faza eksploatacije. Ležišta gipsa u Republici Hrvatskoj nalaze se u Lici i u Dalmatinskoj zagori. Eksploatacijske rezerve su znatne na razini od oko 50 mil. tona. Dostatne su za eksploataciju

od preko 130 godina uz razinu maksimalne godišnje eksploatacije od 0,38 mil. tona što odgovara otkopanim količinama u 2007. godini.

Tablica 4 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve gipsa, u 1000 tona

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	382	288	237	181	186	127	143	164	126
rezerve	52423	51514	51717	52431	50498	51229	51218	49439	48603

Broj eksploatacijskih polja sirovine za proizvodnju gipsa je relativno mali i stabilan duži niz godina. Najveće količine gipsa od preko 382 000 tona otkopane su 2007. godine. Nakon toga dolazi do znatnog i stalnog smanjivanja otkopanih količina te su 2015. godine iznosile 126 000 tona, odnosno svega cca 33% otkopanih količina u 2007. godini.

4.5. Kreneni pijesci

Ovisno o fizičko – kemijskim značajkama kreneni pijesak ima široku primjenu u različitim industrijskim granama: za proizvodnju stakla, u ljevaoničkoj industriji, za punila u proizvodnji boja i premaza, za filtraciju vode, u industriji građevinskog materijala i dr. Kvaliteta eksploatacijskih rezervi kremenog pijeska u Republici Hrvatskoj nije zadovoljavajuća. Prosječni sadržaj SiO_2 ne prelazi 95 % ili je znatno manji tako da ne zadovoljava uvjete kvalitete za uporabu u staklarskoj industriji i ljevarstvu. S obzirom na sastav, rovni kreneni pijesak može se upotrebljavati u građevinskoj industriji, kao abrazivno sredstvo, kod sportskih terena i dr.

U Republici Hrvatskoj odobreno je 8 eksploatacijskih polja kremenog pijeska. Eksploatacijska polja kremenog pijeska u Republici Hrvatskoj smještena su u 6 županija. Rubno područje slavonskih planina je najperspektivnije za i istraživanje i eksploataciju kremenog pijeska. Najviše je odobrenih eksploatacijskih polja u Požeško-slavonskoj županiji, oko Pakraca, na obroncima Papuka i Psunja. Nadalje, značajan broj eksploatacijskih polja smješten je unutar Bjelovarsko-bilogorske (zapadni obronci Moslavačke gore), Sisačko-moslavačke županije te Karlovačke županije. U pravilu, na većini odobrenih eksploatacijskih polja kremenog pijeska nema otkopavanja. Eksploatirane količine kremenog pijeska znatno variraju. Maksimalne količine od 320 000 tona otkopane su 2005. godine. Otkopane količine od tada bilježe stalni i strmoglavi pad tako da je 2015. godine otkopano svega 23 500 tona, odnosno 7% u odnosu na rekordnu godinu.

Tablica 5 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve kremenog pijeska u 1000 tona

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	178	207	125	82	75	52	30	26	24
rezerve	46389	34314	33933	34263	33036	31061	21854	22474	19787

Kremeni pijesci u Republici Hrvatskoj, s obzirom na značajne eksploatacijske rezerve, eksploatiraju se relativno malo. Na drugoj strani eksploatacijske rezerve kremenog pijeska su znatne i 2015. godine iznose nešto manje od 20 mil. tona. Eksploatacijske rezerve kremenih pijesaka dostatne su za preko 65 godina eksploatacije (računajući sa godišnjim otkopanim količinama od 300 000 tona).

4.6. Mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala

Mineralne sirovine za proizvodnju građevnog materijala obuhvaćaju tehničko-građevni kamen, ciglarsku glinu i građevni pijesak i šljunak. Najveća je to grupa mineralnih sirovina po broju odobrenih eksploatacijskih polja i otkopanim količinama.

4.6.1. Tehničko-građevni kamen

Površinski kopovi tehničko-građevnog kamena najbrojniji su u Republici Hrvatskoj, imaju najveću količinu potvrđenih eksploatacijskih rezervi i otkopanih količina. Neophodna su mineralna sirovina za građevinske materijale od čega su najznačajniji agregati za betonske konstrukcije, agregati za kolničke konstrukcije i agregati za bitumenske mješavine. Ne trpe velike transporte, njihova tržišna prodajna cijena izjednačava sa cijenom njihovog transporta pri udaljenostima od cca 30 km. Stoga je nužno da svaka urbana aglomeracija ima u svojoj blizini eksploatacijsko polje tehničko-građevnog kamena. Pretežno se za tehničko-građevni kamen koriste karbonatne (sedimentne) stijene i tek u manjoj mjeri magmatske (silikatne) stijene. Broj eksploatacijskih polja tehničko-građevnog kamena bilježi stalan rast pa je udvostručen u zadnjih petnaestak godina. Rekordne otkopane količine tehničko-građevnog kamena zabilježene su 2008. godine (preko 16 mil. m³). Nakon ulaska u recesiju otkopane količine tehničko-građevnog kamena drastično se smanjuju sa minimum od oko 6,5 mil.m³ 2012. godine što je svega oko 40% u odnosu na rekordnu 2008. godinu. Od 2012. godine eksploatirane količine pomalo rastu da bi 2015. godine iznosile oko 9,1 mil.m³, odnosno oko 56% otkopanih količina u 2008. godini.

Tablica 6 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve tehničko-građevnog kamena, u 1000 m³

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	14521	16235	12821	8838	8261	6486	7873	8485	9087
rezerve	456067	483551	534887	563431	572665	680750	641908	632685	593496

Potvrđene eksploatacijske rezerve tehničko-građevnog kamena također bilježe stalnu i veliku stopu rasta te su u desetogodišnjem razdoblju više nego udvostručene (od oko 283 mil. m³ 2002. godine do 680 mil. m³ 2012. godine). Nakon toga potvrđene eksploatacije tehničko-građevnog kamena bilježe blagi pad i 2015. godine iznose 593 mil. m³, što je dostatno za oko 60 godina eksploatacije (uz godišnju eksploataciju od oko 10 mil. m³).

4.6.2. Ciglarska glina

Ciglarska glina je sirovina za dobivanje građevinske opeke i crijepa. Spada u manje kvalitetne gline (ilovača) i sadrži znatni udio primjesa (SiO₂, CaCO₃, dolomiti, sulfati Ca i Mg, željezni spojevi, alkalije i drugi). Broj eksploatacijskih polja ciglarske gline kretao se između 30 i 45 u razdoblju od 2002. do 2015. godine i pretežno su smještene u kontinentalnom dijelu (Podravina, Slavonija, Sj. Hrvatska). Eksploatacijske rezerve ciglarske gline iznose ~ 50 mil. m³.

Tablica 7 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve ciglarske gline u 1000 m³

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	1190	1291	764	521	887	642	291	277	496
rezerve	56728	53425	48946	53698	52275	47410	43062	36070	35801

Do 2008. otkopane količine ciglarske gline kretale su se oko 1,2 mil. m³. Ulaskom u recesiju otkopane količine znatno su smanjene da bi 2014. godine iznosile svega 276 000 m³, odnosno oko 23% količina prije recesijskog procesa. Eksploatacijske rezerve od 35,8 mil. m³ dostatne su cca 35 godina (uz godišnju proizvodnju od cca mil. m³).

4.6.3. Građevni pijesak i šljunak

Eksploatacijska polja građevnog pijeska nalaze se pretežito u kontinentalnom dijelu Hrvatske (Podravina i Posavina). Otkopane količine prate trendove karakteristične i za

ostale mineralne sirovine za proizvodnju građevnih materijala. Najveće otkopane količine 2008. godine (nešto manje od 0,5 mil. m³) znatno su smanjene ulaskom u recesiju i 2015. iznosile su oko 0,26 mil. m³, odnosno svega 53% od rekordne 2008. godine.

Tablica 8 – Otkopane količine i eksploatacijske rezerve građevnog pijeska i šljunka, u 1000 m³

	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
otkopano	4539	4855	3591	2294	2825	2889	2626	2346	2600
rezerve	130643	132143	116887	127844	129409	178930	158748	135433	136006

Eksploatacijske rezerve od 136 mil. m³ dostatne su cca 70 godina (uz godišnju proizvodnju od cca 0,5 mil. m³).

5. Zaključak

Sve vrste mineralnih sirovina od ulaska u recesiju doživjele su znatno smanjivanje godišnje otkopanih količina. Nemetalne mineralne sirovine koje su dostupne i koje se otkopavaju u Hrvatskoj uglavnom su vezane uz građevinarstvo. Potvrđene eksploatacijske rezerve raspoloživih nemetalnih mineralnih sirovina osiguravaju njihovu dostupnost za desetke pa i stotine godina a isto tako moguće su znatna povećanja godišnje otkopanih količina. Broj eksploatacijskih polja tehničko-građevnog kamena je prevelik. Trend porasta broja eksploatacijskih polja tehničko-građevnog kamena nije poželjan. Otvaranje novih eksploatacijskih polja tehničko-građevnog kamena nepotrebno je zauzimanje jednog od najvrjednijih resursa Republike Hrvatske – prostornog resursa. Strateškim planiranjem gospodarenja mineralnim resursima treba predvidjeti mjere za smanjivanje broja eksploatacijskih polja tehničko-građevnog kamena u prihvatljive okvire. Otkopane količine mineralnih sirovina za proizvodnju građevnih materijala znatno su smanjene ulaskom u recesiju (ciglarska glina na četvrtinu a tehničko-građevni kamen na manje od polovine otkopanih količina 2008. godine). Otkopane količine posljednjih godina bilježe blage trendove rasta. Eksploatacijske rezerve mineralnih sirovina za proizvodnju građevnih materijala znatne su i dostatne za 35 do 70 godina eksploatacije (ovisno o kretanju godišnje otkopanih količina).

U zadnjih desetak godina znatno je povećan broj eksploatacijskih polja arhitektonsko-građevnog kamena, ostvarena je stabilna godišnja eksploatacija, potvrđene su znatne količine eksploatacijskih rezervi što u slučaju rasta gospodarstva otvara mogućnost daljnjeg povećanja otkopanih količina. Pad otkopanih količina arhitektonsko-građevnog kamena (≈23%) kao posljedica recesije gospodarskih aktivnosti znatno je manji u odnosu na ostale mineralne sirovine za građevinske materijale (35-60%).

Površinski kopovi sirovine za proizvodnju cementa su među najvećim u Hrvatskoj s obzirom na površinu i otkopane godišnje količine. Otkopane količine su danas na razini 70% od onih ostvarivanih prije ulaska u recesiju. Potvrđene rezerve su znatne te postoje pretpostavke za povećanje proizvodnje cementa rastom gospodarstva.

Kremeni se pijesci u Republici Hrvatskoj, s obzirom na značajne eksploatacijske rezerve, eksploatiraju relativno malo i u pravilu na većini odobrenih eksploatacijskih polja nema otkopavanja. Kvaliteta (čistoća) kremenog pijeska nije zadovoljavajuća i potrebno je primijeniti postupke oplemenjivanja za pripremu proizvoda više dodane vrijednosti za uporabu u staklarstvu ili ljevarstvu što je svakako jedan od faktora koji onemogućuju njegov veći intenzitet otkopavanja za potrebe domaće industrije.

Karbonatna mineralna sirovina jedna od rijetkih mineralnih sirovina koja se otkopava u Republici Hrvatskoj gdje je došlo ne samo do smanjivanja otkopanih količina nastupom recesije, nego i smanjenja eksploatacijskih rezervi. Eksploatacijske rezerve su smanjenje radi zatvaranja eksploatacijskih polja i odustajanja nositelja koncesije od eksploatacije i prerade karbonatne mineralne sirovine. Posebice je zabrinjavajuće što je napuštena rudarska industrijska prerada koja u Hrvatskoj ima tradiciju dugu preko 40 godina gdje su postojala usvojena tehnološka znanja u preradi i realne pretpostavke u postojanju odgovarajuće sirovinske osnove za razvoj i proširenje djelatnosti. Razlog napuštanja nije nerentabilnost prerade (odnosno neuspješnost poslovanja), već kalkulacija da je u zemljama okruženja moguće ostvariti veće profite.

Literatura

- Vrkljan, D., Krasić, D., Rajković, D., Klanfar, M.: **Nemetalne mineralne sirovine**, poglavlje u knjizi Hrvatska prirodna bogatstva, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, ISBN 978-953-347-090-0, Zagreb, srpanj 2016., pp 127-143
- Palinkaš, L.: **Rude metala**, poglavlje u knjizi Hrvatska prirodna bogatstva, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, ISBN 978-953-347-090-0, Zagreb, srpanj 2016., pp 145-163
- Pismohrana Ministarstva gospodarstva, poduzetništva i obrta Republike Hrvatske, Zagreb
- Nicholas B. Winter (2012): *UNDERSTANDING CEMENT*. <http://www.understanding-cement.com>
- Wolfgang F. Tegethoff, Johannes Rohleder, Evelyn Kroker (2001): *CALCIUM CARBONATE – FROM CRETACEOUS PERION INTO THE 21-ST CENTURY*
- Dunda, S., Kujundžić, T. (2004): Historical review of exploitation and utilization of stone in Croatia. Proceedings of the International Conference on Dimension Stone 2004 – New Perspectives for Traditional Building Material, Prag (29-34), A.A. Balkema Publishers – Taylor & Francis Group, London.
- Jessica E. Kogel, Nikhil C. Trivedi, James M. Barker, Stanley T. Krukowski (2006): *INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS – COMMODITIES, MARKETS AND USES*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Colorado.
- LIVING WITH GYPSUM: FROM RAW MATERIAL TO FINISHED PRODUCTS*. EuroGypsum (2010).
- Zakon o rudarstvu, NN 56/13, NN 75/09, NN 190/03, NN 35/95, <https://www.nn.hr/>

Mining Activities in the Republic of Croatia – Status and Development Possibilities

Vrkljan Darko

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering University of Zagreb
darko.vrkljan@rgn.hr

The availability and rational use of mineral resources available is the basis of national economy's development. The Republic of Croatia is relatively poor in mineral resources, especially pertaining to the ones of greater added value – metal ores and solid energetic raw material. In the period of independent Republic of Croatia, the exploitation of carbon, barite, bentonite and bauxite has been abolished (apart from symbolic quantities) which were excavated by surface and subterranean methods. The significance of mining economy of the Republic of Croatia primarily mirrors in the exploitation of energetic raw materials – liquid and gas hydrocarbons and solid non-metal raw materials. Non-metal raw minerals represent a significant role and potential for the development of mining economy and the supporting manufacturing industry. The Republic of Croatia currently holds substantial quantities of reserves of carbonate raw materials for industrial processing, quartz sand, raw materials for production of construction material, gypsum and raw material for cement production – all of which are sufficient for perennial stable manufacturing. The potential of these mineral resources has been insufficiently utilized for various reasons. Mining entrepreneurs face difficulties such as continuance and uncertainty of the outcome for the process of obtaining the license for exploration and concession for exploitation of raw minerals. Moreover, other difficulties are the growing number of claims and restrictions connected to the protection of the environment and ecological network, dealing with property and legal matters on land inside exploitation fields, along with the negative perception that mining activity has as a devastator in the public eye. This article elaborates on the status and possibilities of developing the exploration and exploitation of non-metal raw minerals and the difficulties that prevent a more efficient development of mining economy.

Key words:

mining activity, non-metallic mineral resources, mining law

Inženjerstvo na polju mikro- i nanoznanosti i tehnologija kao ključna razvojna tehnologija pametne specijalizacije RH

Zelenika Saša^{1,2}, Kamenar Ervin^{1,2}

¹Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci

²Centar za mikro- i nano znanosti i tehnologije Sveučilišta u Rijeci
sasa.zelenika@riteh.hr

Hrvatsku znanost karakteriziraju izazovi poput nezadovoljavajućih stopa financiranja, malog broja aktivnih znanstvenika te nezadovoljavajuće znanstvene produktivnosti (po broju radova, a posebno po njihovoj kvaliteti) – uz posljedično zaostajanje na relevantnim ljestvicama konkurentnosti, nedovoljnog inovacijskog kapaciteta, nepovezanosti s potrebama društva i privrede, slučajeva kršenja normi akademske čestitosti – čak i na najodgovornijim položajima u sustav i sl. S druge su strane u sustavu prisutne skupine vrsnih znanstvenika koje su konkurentne na međunarodnoj razini i koje uspješno koriste EU i druge međunarodne fondove za razvoj istraživačkih kapaciteta i njihovo korištenje u znanstvenim istraživanjima, u nastavi te u suradnji s privredom. To je posebno značajno na području tehničkih znanosti koje moraju biti pokretačka snaga razvoja hrvatskog gospodarstva.

U tom je okviru posebno važan razvoj mikro- i nanotehnologija, koje imaju ogroman financijski, ali i potencijal poticanja interdisciplinarnih aktivnosti istraživanja i razvoja na području IKT, znanosti o materijalima, energetike, prometa, zdravstva, potrošačkih proizvoda te kemijske, biokemijske ili tekstilne industrije. Doista, navedeno područje smatra se ključnom razvojnom tehnologijom (*key enabling technology* – KET) EU, ali i Hrvatske pa je, kao horizontalna tema koja može pridonijeti „dodanoj vrijednosti hrvatske proizvodnje i potaknuti nastajanje novih gospodarskih aktivnosti, porastu produktivnosti hrvatskog gospodarstva i nastanku novih i održivih prilika za zapošljavanje“, uvrštena i u Strategiju pametne specijalizacije RH 2016. – 2020.

U ovome će se radu na primjeru razvoja istraživačkih kapaciteta na polju mikro- i nanoznanosti i tehnologija na Sveučilištu u Rijeci i dosad postignutih rezultata u tim aktivnostima afirmirati značaj i potencijali mikro- i nanoznanosti i tehnologija za razvoj Hrvatske i njeno suočavanje s društvenim izazovima poput održivog okoliša, kvalitete zdravlja, hrane i bioekonomije te prometa. Umrežavanje tih kapaciteta u hrvatski i europski istraživački te pro-

stor visokog obrazovanja pruža, pak, mogućnost da se njihova učinkovitost, posebno na razvoju komercijalnih rješenja, značajno unaprijedi.

Ključne riječi:

mikro- i nanotehnologije, ključna razvojna tehnologija, inženjerstvo, Sveučilište u Rijeci, ERDF

1. Uvod – stanje sustava znanosti u RH te značaj mikro- i nanotehnologija

Hrvatska se znanost suočava s mnogim izazovima. Doista, prema podacima Eurostata [Eurostat, 2017.] udio bruto domaćeg proizvoda (BDP) koji se u RH izdvaja za znanost je na razini 0,85%, čime se Hrvatska ne samo svrstava na jedno od posljednjih mjesta među zemljama članicama EU, nego je i jako udaljena od prosječnih izdvajanja zemalja članica koja su na 2,03% BDP-a. Uz to, taj udio je otprilike konstantan već desetak godina, što znači da, usprkos proklamiranim razvojnim politikama, RH u tom okviru stagnira. Ono što također u tom kontekstu zabrinjava je da u zemljama članicama EU prosječno oko 2/3 izdvajanja dolazi iz privrede, dok je u Hrvatskoj taj udio oko 50% ili manje. Podaci Državne revizije upozoravaju, pak, da se i ta ograničena sredstva često koriste netransparentno i neučinkovito, posebice u dijelu koji se odnosi na tzv. „vlastite prihode“ javnih visokih učilišta. Tu je važno istaknuti i da je od 2011. godine hrvatski BDP praktički ostao isti (prema nekim podacima je to, prema paritetu kupovne moći (PKM), tako čak od kraja 1970-ih(!)) pa nas je, prema PKM, po kojem je RH na 58% BDP-a EU po glavi stanovnika, prestigla i Rumunjska (koja je na 60%, a 2005. je bila na samo 34%) te je iza RH, od zemalja članica EU, još samo Bugarska. Slovenija je, pak, na 83%, Slovačka na 77%, Estonija na 74%, Poljska na 69% a Mađarska na 68% BDP-a EU po glavi stanovnika. Istovremeno je dug opće države (javni dug) RH na oko 85% našeg BDP-a.

U tom kontekstu valja upozoriti i da su rezultati postignuti u Hrvatskoj s navedenim izdvajanjima za znanost skromni pa, iako je broj od 1,3 publikacija godišnje po autoru blizak europskom prosjeku od 1,5 publikacije, kvalitativni pokazatelji za RH su loši. Doista, udio znanstvenih publikacija u 10% na svijetu najcitiranijih publikacija je na samo oko 4,5% (u odnosu na javna ulaganja taj bi nam pokazatelj trebao biti na oko 6,5%), dok je prosjek zemalja članica EU na oko 10,5%. Istovremeno, čak 31,4% posto hrvatskih autora nije citirano u 3 godine nakon objave publikacije (prosjek EU je na 20%), a čak 23,7% autora nije citirano niti 13 godina nakon objave (prosjek EU: 14,4%). Uz to, RH ima i manje od 30 zajedničkih pu-

blikacija javnog i privatnog (gospodarskog) sektora, dok je taj pokazatelj na razini EU na iznad 50 zajedničkih publikacija [European Commission, 2016a i 2016b].

Važno je istaknuti i da podaci Eurostata pokazuju i da Hrvatska ima samo oko 10.700 znanstvenika ili čak, kada se to svede na ekvivalent pune zaposlenosti (engl. *full time equivalent* – FTE), samo 6370 znanstvenika, odnosno oko 1500 znanstvenika na milijun stanovnika, što istovremeno znači i da je udio znanstvenika u ukupnom broju zaposlenih samo 0,4%. U EU je udio znanstvenika u broju zaposlenih 0,8%, tj. duplo veći. Još više zabrinjava činjenica da od toga broja u RH samo 1065 FTE znanstvenika radi u privredi, s udjelom u broju zaposlenika od 0,1%, dok je u EU taj udio 0,4%, odnosno čak četverostruko veći! Također, Hrvatska godišnje registrira 3,4 EPO (*European Patent Office*) patenta na milijun stanovnika, dok je prosjek zemalja članica EU 112 patenata [Eurostat, 2017.]. Kompozitni indeks inovativnosti RH je, pak, prema analizi Europske komisije 0,28 te je i u apsolutnoj i u relativnoj klasifikaciji u padu pa je Hrvatska svrstana u umjerene inovatore s ispodprosječnim učinkom a iza nas su, od zemalja članica EU, samo Bugarska i Rumunjska [European Commission, 2016b]. Prema Globalnom indeksu kompetitivnosti za 2015.-2016. godinu, RH je, pak, 77. od 140 analiziranih zemalja a u analiziranim kategorijama je 51. u visokom obrazovanju, 52. u kvaliteti znanstvene infrastrukture, ali i 78. po dostupnosti znanstvenika i inženjera, 81. u suradnji sveučilišta i industrijskog sektora, 92. u inovativnosti i 122. u kapacitetima za inovacije te 103. u kvaliteti obrazovnog sustava [Schwab, 2015]. Porazne rezultate o kvaliteti obrazovanja treba promatrati i u kontekstu rezultata PISA (*Programme for International Students Assessment*) testiranja, prema kojima hrvatski petnaestogodišnjaci u matematičkim, prirodoslovnim i jezičnim kompetencijama zaostaju za prosjekom OECD-a za 10-25 bodova, a za najboljim zemljama čak za 50-80 bodova (30-ak bodova je ekvivalentno jednoj godini školovanja), a u udjelu učenika koji postižu najviše razine znanja smo čak za više od 4 puta(!) slabiji od najboljih zemalja [OECD, 2016]. Ti su podaci posebno zabrinjavajući i u kontekstu zaustavljanja Cjelovite kurikularne reforme od strane retrogradnih snaga koje su zadnjih godinu i pol dio vladajuće koalicije. Problemi se nastavljaju i na visokoškolskoj razini gdje broj studijskih programa (sada već na gotovo 1400) i dalje raste, broj nastavnika je također donedavno znatno rastao (od 2007. do 2012. je broj visokoškolskih nastavnika povećan za 26%), i to iako broj studenata zadnjih godina pada. Uz to, kada je broj studija, visokih učilišta i studenata, od početka 1990-ih do sredine početka ovoga desetljeća, ekspanzivno rastao, taj je rast naglašen bio uglavnom na području društvenih i humanističkih znanosti, dok je relativni udio studenata tehničkih znanosti pao s oko 37 na oko 25% [AZVO, 2017; Jovanović i Zelenika, 2013.].

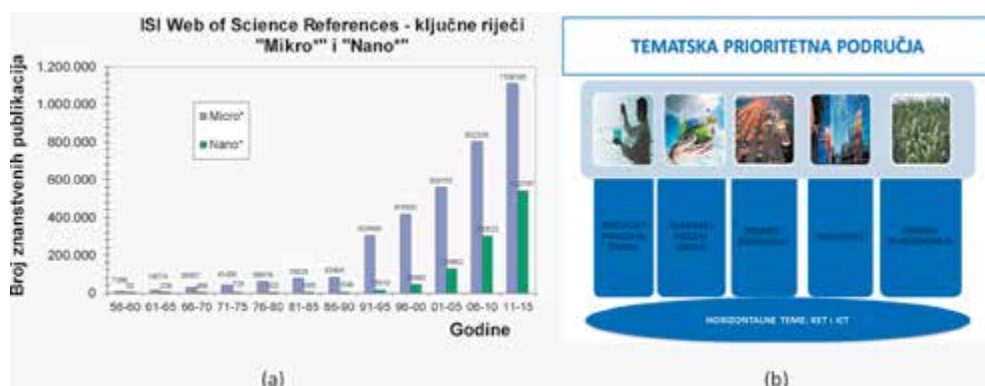
Uz sve navedeno, vrlo je zabrinjavajuće da prema relevantnim istraživanjima u sustavu znanosti i visokog školstva ima i pojavnosti kršenja normi akademske čestitosti [Cepić, 2012; Jovanović i Zelenika, 2013.]. Doista, rezultati tih istraživanja,

dio kojih je proveden i u sklopu IPA projekta „*Improving the Capacity of the University System to Create a Framework for Preventing Discrimination and Corruption Aimed at Improving Academic Integrity*“, pokazuju da 60% studenata prepisuje na ispitima, dio studenata izjavljuje da je za prolazak na ispitu od njih bio tražen novac ili druga nagrada, 50-60% zaposlenika zna za nezaslužena autorstva, 53% zna za nepotizam, 20% za političko favoriziranje, ... ali ih je od 50-ak do čak 90% priznalo da nisu učinili ništa da se takve pojave razotkriju. Neke od sveučilišnih afera završile su i sudskim presudama, saborski Odbor za etiku u znanosti i visokom obrazovanju je čak na svojoj sjednici od 21. prosinca donio odluku prema kojoj je sadašnji ministar znanosti i obrazovanja Pavo Barišić plagirao američkog znanstvenika Stephena Schlesingera, o čemu je izvijestio čak i ugledni *Nature* [Tatalović i Jarić Dauenhauer, 2017.], dok su za evidentno plagiranje optuženi i sadašnji potpredsjednik Hrvatskog sabora i neki od članova Ustavnoga suda RH.

U takvom neveselom okruženju ima ipak i mnogih podataka koji zorno pokazuju da su u sustavu znanosti prisutne skupine vrsnih znanstvenika koje su konkurentne na međunarodnoj razini i koje uspješno koriste EU i druge međunarodne fondove za razvoj istraživačkih kapaciteta i njihovo korištenje u znanstvenim istraživanjima, u nastavi te u suradnji s privredom. Stopa uspješnosti prijave hrvatskih znanstvenika na FP7 projekte EU od 17,25% je tako samo malo lošija od prosjeka EU od 21,77% [Jovanović i Zelenika, 2013.]. Uz to, u zadnjih su nekoliko godina tri skupine hrvatskih znanstvenika dobile financiranje najcjenjenijeg financijskog instrumenta EU – Europskog istraživačkog vijeća (engl. *European Research Council* – ERC) [ERC, 2017.], a na nacionalnoj su razini uspostavljeni prvi znanstveni centri izvrsnosti koji, sukladno odgovarajućoj regulativi, „okupljaju i umrežavaju najbolje znanstvenike u određenom području na nacionalnoj razini ...“ te predstavljaju znanstvenike koji su, po originalnosti, značenju i aktualnosti rezultata znanstvenog rada, „sposobni za učinkovitu međunarodnu suradnju i značajan doprinos razvoju znanosti, visokog obrazovanja i gospodarstva na nacionalnoj razini“, a čije je izdašno financiranje osigurano iz strukturnih fondova EU [ZCI, 2017.]. Također, RH je nedavno dobila i prvi strukturirani plan razvoja istraživačke infrastrukture [MZOS, 2014], gdje su jasno identificirani prioriteti razvoja, ključni nacionalni i međunarodni projekti te instrumenti za daljnji razvoj navedene infrastrukture.

Razvoj vrhunske znanosti u RH je posebno značajan na području tehničkih znanosti koje moraju biti pokretačka snaga razvoja hrvatskog gospodarstva. U tom je, pak, okviru posebno važan razvoj na polju mikro- i nanotehnologija, odnosno znanstveni i tehnologijski razvoj struktura, uređaja i sustava koji imaju posebna svojstva i funkcionalnost pri dimenzijama reda veličine mikrometra (0,000001 metara) odnosno nanometra (0,000000001 metara). Doista, iako ne uvijek pouzdani, a ponekad i namjerno potencirani, neki pokazatelji govore da su investicije u istraživački sektor mikro- i nanotehnologija u svijetu s par stotina milijuna američkih dolara (USD) krajem prošloga stoljeća porasle već prije desetak godina na par de-

setaka milijardi USD. Kada se u obzir uzme javno i privatno financiranje ovoga sektora, već dosad je tako u istraživanje samo na području nanotehnologija investirano oko 250 milijardi USD. Procjene govore i da je promet na tržištu proizvoda mikro- i nanotehnologija 2000. godine iznosio 30-ak milijardi eura (€), dok je sada na oko 60 milijardi € (Njemačka, primjerice, ima na tom području već 600 tvrtki s oko 50.000 zaposlenih), pri čemu je udio Europe na tom tržištu oko trećine. Predviđa se, pak, da će daljnji rast tržišta dostizati 15 do 20% godišnje pa bi već oko 2025. godine globalno tržište moglo vrijediti i više od tisuću milijardi € [Zelenika i Kamenar, 2015. i 2017.]. Nedavna su predviđanja govorila i da će već 2015. godine na ovom području biti potrebno 2 milijuna radnika, od kojih 25% u EU [Kiparissides, 2009.]. Da bi se znanstveno obradilo područje mikro- i nanotehnologija, ubrzano raste i broj znanstvenih publikacija indeksiranih u bazi *Web of Science*, a koje kao ključnu riječ imaju upravo pojam vezan uz mikro- i nanotehnologije pa se na ovom području već objavljuje više stotina tisuća znanstvenih publikacija godišnje (slika 1a).



Slika 1 – Broj publikacija na području mikro- i nanotehnologija (a) te prioriteta hrvatske pametne specijalizacije (Izvor: Strategija pametne specijalizacije RH 2016. – 2020., 2016.)

U prije godini dana objavljenoj Strategiji pametne specijalizacije (S3) Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine [Strategija ..., 2016], gdje se „definira teritorijalni kapital i potencijal svake zemlje i regije, (uz) naglašavanje konkurentnih prednosti kao i umrežavanje dionika i resursa oko vizije budućnosti temeljene na izvrsnosti“, jasno se, pak, ne samo navodi da je upravo proizvodnja strojeva i uređaja „... bez sumnje najuspješniji sektor tijekom proteklog desetljeća i u pogledu agregatnog rasta i u pogledu broja proizvoda povećane konkurentnosti ...“, nego se i među horizontalnim ključnim razvojnim tehnologijama (engl. *key enabling technologies* – KET) koje „mogu pridonijeti većoj dodanoj vrijednosti hrvatske proizvodnje i potaknuti nastajanje novih gospodarskih aktivnosti, porastu produktivnosti hrvatskog gospodarstva i nastanku novih i održivih prilika za zapo-

šljavanje“, eksplicitno, po uzoru na EU, uz, primjerice, napredne materijale i napredne proizvodne tehnologije, navode i mikro- i nanotehnologije (slika 1b).

U ovome će se radu, na primjeru razvoja istraživačkih kapaciteta na polju mikro- i nanotehnologija na Sveučilištu u Rijeci i dosad postignutih rezultata u tim aktivnostima, afirmirati značaj i potencijali mikro- i nanoznanosti i tehnologija za razvoj Hrvatske i njeno suočavanje s društvenim izazovima poput energije i održivog okoliša, klimatskih promjena, kvalitete zdravlja, hrane i bioekonomije te prometa. Umrežavanje tih kapaciteta u hrvatski i europski istraživački te prostor visokog obrazovanja pruža, pak, mogućnost da se njihova učinkovitost, posebno na razvoju komercijalnih rješenja, značajno unaprijedi.

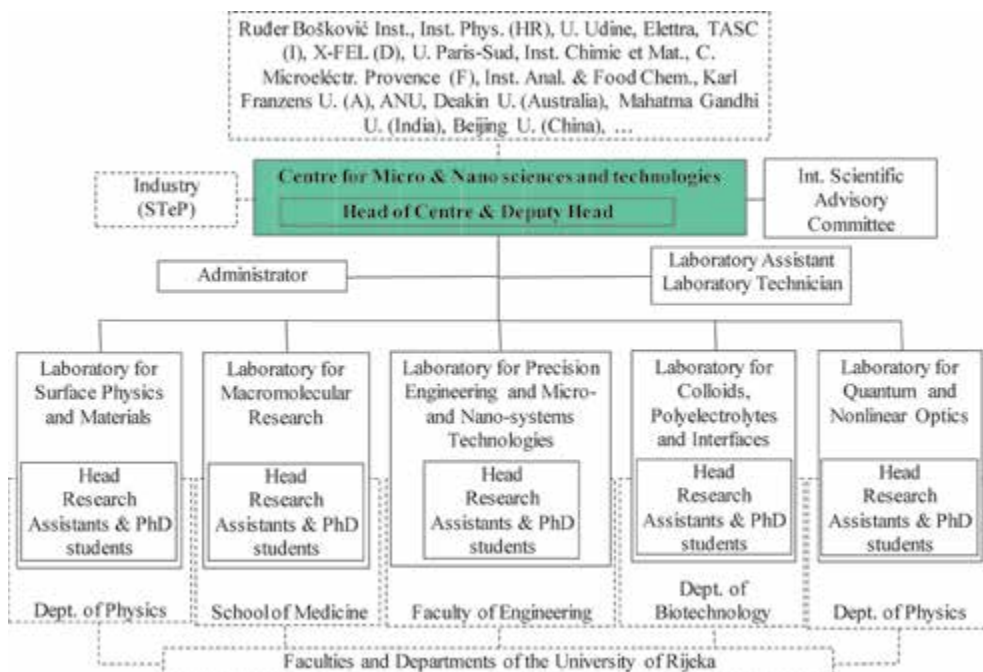
2. Analiza mogućnosti i potreba razvoja mikro- i nanotehnologija

Uz gore navedene pokazatelje o razini investicija, tržišnog potencijala te o broju znanstvenih publikacija na području mikro- i nanotehnologija, strateški dokumenti EU [Kiparissides, 2009.; NANOfutures, 2012.] jasno pokazuju i da te tehnologije imaju ogroman financijski, ali i potencijal poticanja interdisciplinarnih aktivnosti istraživanja i razvoja na području informacijskih i komunikacijskih tehnologija (IKT), znanosti o materijalima, energetike, prometa, zdravstva, potrošačkih proizvoda te kemijske, biokemijske ili tekstilne industrije, odnosno upravo na područjima koja su identificirana kao društveni izazovi u sklopu okvirnog programa EU Obzor 2020 [Horizon 2020., 2017.]. Novije tendencije na predmetnom području omogućavaju i razvoj novih područja znanosti i tehnologije poput mikromehatronike i mehanosinteze, optoelektronike, mikrofluidodinamike te posebice bio-mikroelektro-mehaničkih sustava (bio-MEMS-a) i *lab-on-a-chip* uređaja, mjeriteljstva i skaliranja svojstava materijala, proizvodnje (nanočestica, ugljičnih nanocijevi i grafena, kvantnih žica, tranzistora i drugih nanoelektroničkih komponenti), povećanja pouzdanost mikro- i nanouređaja i sustava (u smislu minimizacije fizikalnih pojava poput adhezije, trenja, trošenja, zamora i sl.) te integracije takvih sustava i uređaja. Uz to, predviđa se, primjerice, i da bi sadašnji broj od oko 5 milijardi uređaja koji su na svjetskoj razini umreženi internetom stvari (engl. *Internet of Things* – IoT) – samo jednim od primjera primjene mikro- i nanotehnologija, do 2020. godine trebao porasti na oko 25 (neke procjene idu čak i do 50) milijardi, dok bi do te godine tržište za ovu granu tehnologije moglo doseći više tisuća milijardi € [Zelenika i Kamenar, 2015. i 2017.].

Dok su zasad najveće investicije i najstrukturiraniji programi razvoja mikro- i nanotehnologija prisutni u SAD (gdje se kroz *National Nanotechnology Initiative*

svake godine investira oko 1,5 milijardi USD javnoga novca uz još gotovo 3 milijarde iz privatnih fondova), u Aziji (posebice Kini, Japanu, Južnoj Koreji, Tajvanu i Indiji) i u Euroaziji (Rusija), Europa na tom planu, posebno zbog raskoraka između istraživanja i privrede, disperzije i fragmentiranosti resursa te slabe fokusiranosti, zaostaje [NANOutures, 2012.]. Ipak, na razini EU (Horizon 2020 i druge inicijative) su razvijeni financijski i drugi instrumenti podrške razvoju mikro- i nanotehnologija, a mnoge zemlje članice EU (posebice Njemačka, UK ili Finska, ali i Češka, Slovenija, Rumunjska i Bugarska) imaju nacionalne nanotehnološke programe [Kiparissides, 2009.; Nanoforum, 2005.], dok RH nema strukturiranih aktivnosti na području mikro- i nanotehnologija.

Institut Ruđer Bošković (IRB) je ipak u nekoliko navrata organizirao Ljetne škole nanoznanosti, Sveučilište u Zagrebu, IRB i Institut za fiziku kroz strukturne fondove EU pokušavaju pokrenuti Hrvatski centar za napredne materijale i nanotehnologiju [MZOS, 2016.], a na tim i drugim institucijama (primjerice na Sveučilištu u Splitu) postoje skupine vrsnih znanstvenika koje se bave pojedinim temama na području mikro- i nanotehnologija. Najdalje i najstrukturiranije su zasad, ipak, na predmetnom području otišle aktivnosti koje se provode na Sveučilištu u Rijeci (SvRi). Na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci se tako već desetak godina izvode kolegiji Precizne konstrukcije i tehnologije mikrosustava i Mikro- i nano-elektromehanički sustavi te na doktorskom studiju kolegiji Principi konstrukcija



Slika 2 – Struktura Centra za mikro- i nanoznanosti i tehnologije Sveučilišta u Rijeci

visokih i ultravisokih preciznosti i Podatljivi elementi i mehanizmi. U suradnji s Odjelom za fiziku Sveučilišta u Rijeci ustrojen je i sveučilišni diplomski studij Inženjerstvo i fizika materijala koji pokriva mnoge teme iz područja mikro- i nanotehnologija. Uz navedeno, najznačajnijom se na SvRi čini aktivnost pokretanja na kampusu na Trsatu Centra za mikro- i nanoznanosti i tehnologije (CMNZT – engl. *Centre for Micro- and Nanosciences and Technologies*) Sveučilišta koji je, uz druge komponente, bio dio projekta „RISK: Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci“ – prvog projekta koji je uopće u RH financiran strukturnim fondovima EU, tj. kroz Europski fond za regionalni razvoj (engl. *European Regional Development Fund* – ERDF), a kojim su laboratoriji na kampusu opremljeni opremom ukupne vrijednosti oko 24 milijuna € [SvRi, 2015.]. U nastavku će, stoga, biti opširnije opisani oprema, mogućnosti i aktivnosti CMNZT pri SvRi.

3. Razvoj mikro- i nanotehnologija u RH na primjeru aktivnosti na Sveučilištu u Rijeci

CMNZT [Centar ..., 2017.] je znanstveno-istraživačka ustrojbeno jedinica Sveučilišta u Rijeci osnovana odlukom Senata Sveučilišta sredinom 2010. god., iako prve ideje o osnivanju Centra sežu još u 2006. god. CMNZT je osnovan jer je SvRi još u svojoj Strategiji za period 2007.-2013. definiralo bio-, info- i nanotehnologije kao strateške pravce razvoja SvRi kao istraživačkog sveučilišta te kao odgovor SvRi na gore opisani snažan rast istraživačkih aktivnosti i ulaganja u mikro- i nanoznanosti i tehnologije u svijetu. CMNZT ima definiranu misiju rada te razvoja inter-, multi- i transdisciplinarnu znanstveno-istraživačke djelatnosti kao i visokostručnog i nastavnog rada (uključujući programe cjeloživotnog učenja) na području mikro- i nanotehnologija na samom SvRi, ali i sastavnicama i podružnicama SvRi, posebice onima koje se bave područjem prirodoslovnih, tehničkih, biomedicinskih i biotehničkih disciplina. CMNZT na predmetnim područjima potiče i međunarodnu znanstvenu suradnju te izradu projekata, studija, ekspertiza i drugih oblika transfera tehnologija prema i u suradnji s gospodarstvom.

CMNZT objedinjava djelatnost svojih ustrojstvenih jedinica: Laboratorija za fiziku površina i materijala (LFPM), Laboratorija za makromolekularna istraživanja (LMI), Laboratorija za precizno inženjerstvo i tehnologiju mikro- i nanosustava (LPITMNS) povezanog s aktivnostima Tehničkog fakulteta SvRi – a koji se bavi upravo problemima na području inženjerskih znanosti, Laboratorija za koloide, polielektrolite i međupovršine (LKPM) te Laboratorija za kvantnu i nelinearnu optiku (LKNO) – slika 2. Voditelji navedenih laboratorija imaju bogato međunarodno iskustvo, jer se radi o znanstvenicima-povratnicima iz Australije, Italije, Švicarske

i Njemačke. Na slici 2 je vidljiva i sinergijska povezanost CMNZT i pojedinih laboratorija Centra sa sastavnicama SvRi, ali i razvijena suradnja Centra s relevantnim znanstvenim institucijama u domovini i inozemstvu.

Kroz navedeni RISK projekt (u manjoj mjeri i iz drugih izvora financiranja) je CMNZT opremljen znanstvenom opremom najnovije generacije ukupne vrijednosti oko 30 milijuna HRK, odnosno oko 4 milijuna €. U globalu se namjena opreme raspoložive u CMNZT može svrstati u opremu za mjerenje i karakterizaciju svojstava materijala te u opremu za pripremu uzoraka.

Oprema za mjerenje i karakterizaciju svojstava materijala:

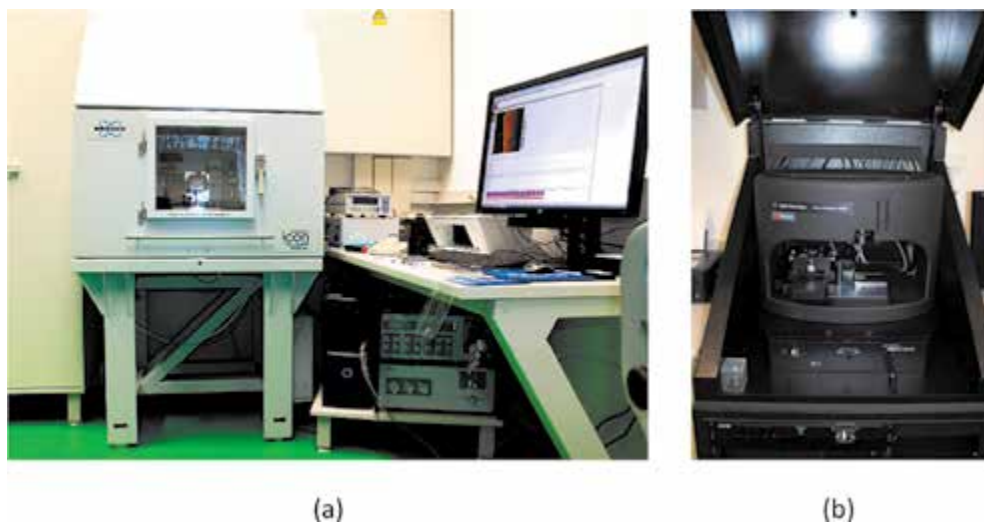
Pri LFPM se nalazi pretražni elektronski mikroskop s emisijom polja (FESEM) Jeol JSM-7800F (slika 3a). To je uređaj za karakterizaciju površina s razlučivošću 0,8 nm kojim se, pomoću višestrukih detektora sekundarnih, povratno raspršenih i transmisijskih elektrona te spektroskopijom, određuju morfologija, sastav i kemijska ili kristalna struktura materijala. U istom se laboratoriju nalazi i uređaj za masenu spektrometriju sekundarnih iona (SIMS), tj. za površinsku i dubinsku elementnu analizu i mjerenje ultraniskih koncentracija primjesa i nečistoća (na razinama ppm do ppb) u različitim materijalima i tankim filmovima (slika 3b), SPECS XPS uređaj za spektroskopiju fotoelektrona rendgenskim zračenjem (nabavljen sredstvima MZOS) te Brukerov profilometar.



Slika 3 – FESEM (a) i SIMS uređaj u LFPM pri CMNZT u kampusu SvRi na Trsatu

U LPITMNS se, pak, nalazi Bruker Dimesion Icon pretražni mikroskop s osjetnikom (SPM – slika 4a) koji objedinjuje funkciju mikroskopa atomskih sila (AFM) i pretražnog tunelirajućeg mikroskopa (STM) te omogućava određivanje atomske topografije površina, mjerenje modula elastičnosti, adhezije, hrapavosti i trenja,

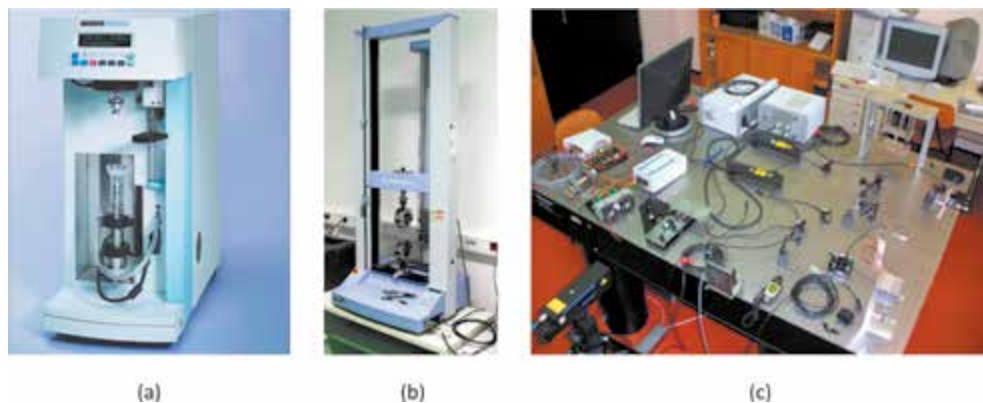
spektroskopiju i modulaciju sile, elektrokemijsku analizu, mjerenje električnog polja te magnetske i piezoelektrične sile, proizvodnju struktura nanolitografskim postupkom, ali i mjerenje u tekućem mediju te provođenje mjerenja uz grijanje odnosno hlađenje uzorka. Tu se nalazi i Keysight G200 nanoindenter (nanoutiskivač – slika 4b) koji omogućava automatizirana mjerenja tvrdoće, modula elastičnosti ili trenja s razlučivostima mjerenja sila od 50 nN i pomaka na razini 0,01 nm (10 pm(!)).



Slika 4 – SPM (a) i nanoutiskivač (b) u LPITMNS pri CMNZT u kampusu SvRi na Trsatu

Uz ove najveće i najznačajnije uređaje, u CMNZT za mjerenje i karakterizaciju svojstava materijala stoje na raspolaganju i sljedeći uređaji:

- LMI:
 - uređaj za infracrvenu spektroskopiju s Fourierovom transformacijom (FTIR) s prigušenom totalnom refleksijom koji omogućava analizu molekulske strukture i molekulskih interakcija te tako i kemijskog sastava – primjerice polimera;
 - plinski adsorpcijski porozimetar za ispitivanje poroznosti i površine materijala;
 - mehanički dinamički analizator (DMA) za određivanje dinamičkih mehaničkih svojstava polimernih materijala i njihovih kompozita;
 - termogravimetrijski analizator s masenim spektrometrom (TGA-MS – slika 5a) za mjerenje elementnog sastava površina i njihove kontaminacije, primjerice kod korozije i depozita;
 - kromatograf.
- LPITMNS i LMI: mikrokidalice za mjerenje mehaničkih svojstava (čvrstoće, modula elastičnosti, ...) metala, keramika, polimera, guma i kompozita pri opterećenju do 5 kN, uz razlučivost mjerenja sila 2 mN te mjerenja produljenja 10 mm (slika 5b).



Slika 5 – TGA-MS u LMI (a) i mikrokidalice u LPITMNS (b) pri CMNZT u kampusu SvRi na Trsatu te dio opreme Laboratorija za precizno inženjerstvo pri Tehničkom fakultetu SvRi (c)

- LKPM:
 - spektroskopski oslikavajući elipsometar za analizu vezanja bio-makromolekula na čvrste površine, za provođenje mikroELISA postupka na biočipovima i za citometriju na površinama tekućina i čvrstih materijala;
 - modularni sustav za elektrokemijska mjerenja (ciklička voltametrija, elektrokemijska impedancijska spektroskopija) za mjerenje elektrokemijskih (membranskih) potencijala;
 - instrument za mjerenje elektroforetske pokretljivosti te analizu veličine (nano) čestica pomoću dinamičkog rasapa svjetla (Zetasizer) koji omogućava određivanje naboja, hidrodinamičkog polumjera te agregacijskih svojstava nanočestica i proteina, kao i određivanje koloidne stabilnosti.
- LKNO (i LPITMNS): optičke i opto-mehaničke komponente, i to:
 - izvori koherentne svjetlosti, ali i provođenje postupaka njihove karakterizacije i kontrole;
 - sustavi za digitalizaciju i procesiranje podataka (do GHz);
 - elektronika za generiranje i mjerenje signala;
 - regulacija i upravljanje procesima i mehatroničkim sustavima te mjerenje pomaka (do pm).

Potonja se aktivnost sinergijski naslanja i na onu Laboratorija za precizno inženjerstvo pri Tehničkom fakultetu SvRi gdje, od opreme koja omogućava aktivnosti na polju mikro- i nanotehnologija, postoji optički stol i automatizirani sustav za visokoprecizno pozicioniranje i odgovarajuće prikupljanje podataka nabavljeni kroz SCOPES program Švicarske nacionalne zaklade za znanost, edukacijski pretražni tunelirajući mikroskop i laserski vibrometar nabavljeni sredstvima MZOS te laserski interferometrijski sustav i stereomikroskop kupljeni kroz projekt Nacionalne zaklade za znanost (danas Hrvatske zaklade za znanost) – slika 5c. U tom se Laboratoriju trenutačno u ispitivanju, optimiziranju i korištenju nalaze sustavi za mjere-

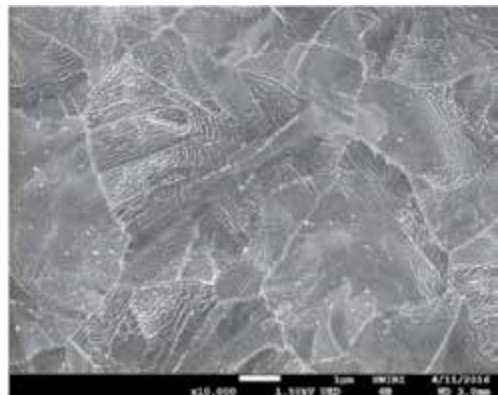
nje, manipulaciju i montažu mikrostrukture, , sustavi za ultra-precizno (nanometarsko) pozicioniranje kao i sustavi za prikupljanje i pretvorbu niskorazinske energije iz okoliša (engl. *energy harvesting*) [Laboratorij ..., 2017.].

Priprema uzoraka:

Zasigurno najznačajniji uređaj iz ove skupine instrumenata prisutnih pri CMNZT SvRi je Beneq TSF 200 uređaj za taloženje atomskih slojeva (ALD) pri LFPM, slika 6a). Tehnika narastanja tankih filmova na nanometarskoj skali, uz kontrolu debljine na razini Å (10^{-10} m), temelji se tu na uzastopnim postupcima pulsiranog kemijskog taloženja i odstranjivanja (pročišćavanja) preostalih tvari, što omogućava ponovljivo dobivanje visokohomogenih prevlaka (ali i, primjerice, prekrivanje pora) iz metala, oksida (slika 6b), nitrida, karbida, sulfida, fluorida, polimera i drugih materijala posebnih svojstava.



(a)

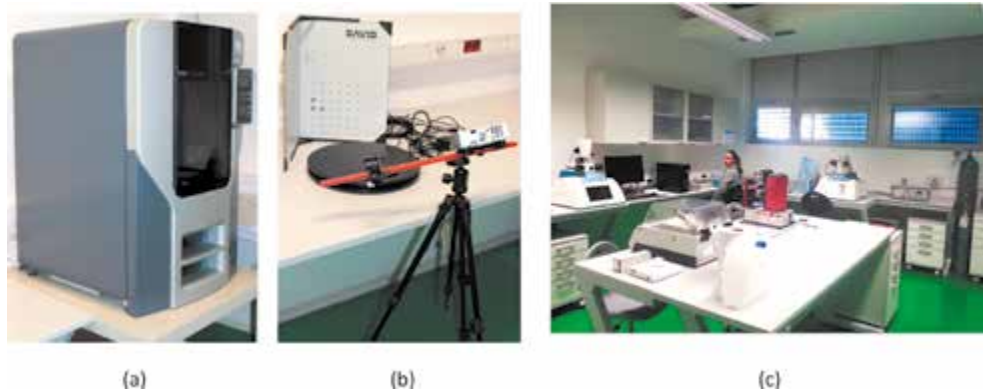


(b)

Slika 6 – ALD u LFPM (a) i SEM prikaz 50 nm debelog sloja TiO_2 nataloženog ALD -om na Si supstrat (b) u CMNZT

Uz ALD uređaj, pri u CMNZT stoje na raspolaganju i:

- LMI: laboratorijski dvovaljak (360 mm, 300 °C) te preša (25 t, 200 x 200 mm, 250 °C) s grijanim pločama, što omogućava izradu uzoraka kompozitnih materijala na bazi plastike i gume, homogeniziranje materijala, dodatak punila ili boja te izradu filmova iz praškastih uzoraka te sustav za fotopolimerizaciju i suha komora.
- LPITMNS: Stratasys Fortus 250mc uređaj za aditivnu proizvodnju 3D tiskanjem za izratke volumena do 254 x 254 x 305 mm u ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*) polimeru, uz debljinu sloja 178 mm (slika 7a) te prenosivi DAVID SLS-2 3D skener (slika 7b) za skeniranje područja veličine do 500 mm uz točnost na razini 1‰ veličine analiziranog objekta.



Slika 7 – Uređaj za 3D tiskanje (a) i 3D skener (b) u LPITMNS te uređaji za pripremu uzoraka u LFPM (c)

- LFPM: uređaji za poliranje ionima, mehaničko poliranje, rezanje dijamantnom žicom i diskovima te za dehidraciju i sušenje uzoraka (slika 7c).
- LPITMNS: obradni centri za pripremu uzoraka (slika 8a), i to:
 - Haas Office OM-2A glodalica dimenzija 1,7 x 0,84 x 1,9 m s 5 osi i 20 alata, 305 x 254 x 305 mm pomaka (zapremine izratka), razlučivosti 1 mm, snage 3,7 kW i brzine vretena 30.000 o/min te
 - Haas Office OL-1 tokarilica dimenzija 1,3 x 0,84 x 1,8 metara s 2 osi i 12 alata, promjera tokarenja do 125 mm, razlučivosti 1 mm, snage 5,6 kW i brzine vretena 6000 o/min.
- LPITMNS: sustav za ultrazvučno čišćenje uzoraka za (ultra-visoki) vakuum – slika 8b: obuhvaća:

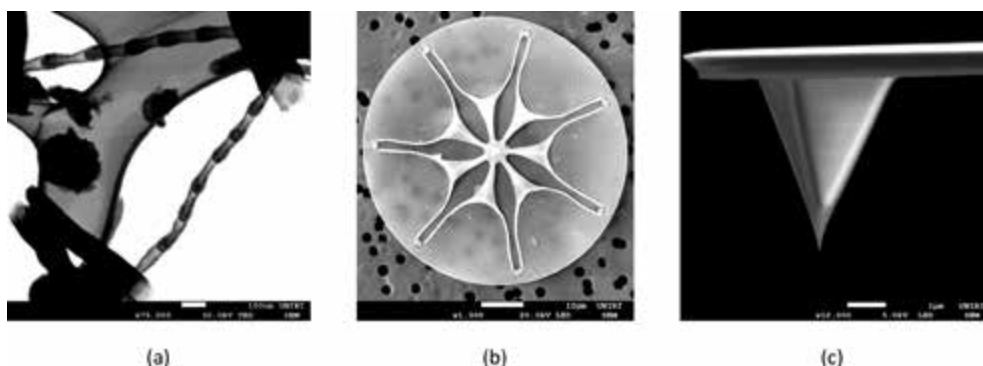


Slika 8 – Obradni centri (a) i oprema za ultrazvučno čišćenje uzoraka (b) u LPITMNS pri CMNZT SvRi

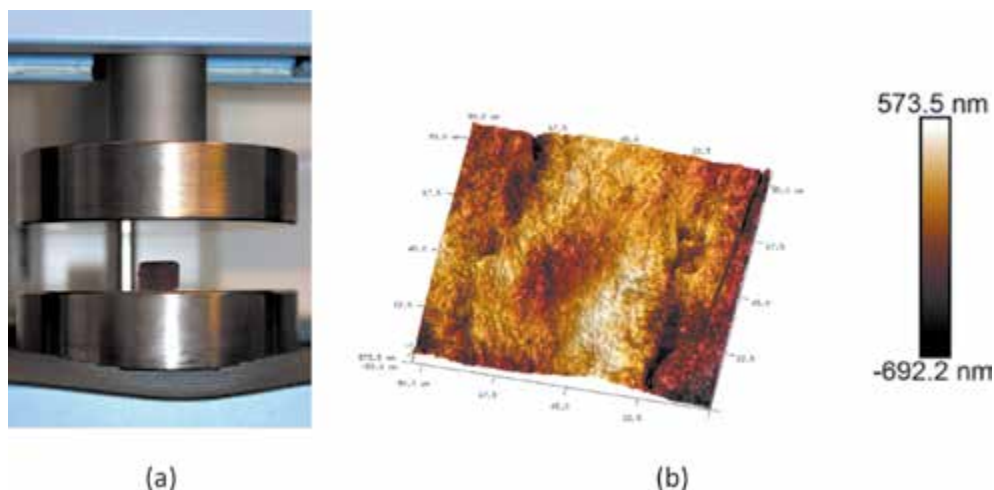
- posudu za grijano pretpranje s odvajanjem ulja,
 - grijanu kupku od nehrđajućeg Č za ultrazvučno čišćenje (10 piezoelektričnih pretvornika od 40 kHz i 500 W te 2 kW vršne snage) s „nježnim” (pH 9.9) deterdžentom te s filtriranjem medija (od čestica),
 - dvije kupke za stupnjevano ispiranje u demineraliziranoj vodi uz grijanje te
 - uređaj za sušenje vrućim zrakom (do 300 °C).
- LKPM i LMI: uređaji za pročišćavanje i deionizaciju vodovodne vode te visokoprecizne vage.

Opisana oprema se može koristiti (te je dosad i korištena) za:

- analizu svojstava mikro- i nanostrukture poput nanocjevčica (slika 9a) – koje se mogu koristiti u medicini, ali i kemiji, biologiji i drugim disciplinama te promjene svojstava zbog uključaka i/ili na ALD-u dobivenih prevlaka nanocijevi (s dobivanjem antikorozivnih osobina, biokompatibilnosti, prekrivanjem pora, ...);
- razvoj inovativnih kompozita s nanočesticama i drugim nanostrukturama, primjerice kod razvoja pneumatika za transportna vozila koji smanjuju onečišćenje i manje se troše, ili nanocijevi koje imaju svojstva zaštite od radijacije (npr. za svemirska putovanja);
- ispitivanje svojstava polimernih materijala za organske bio-elektroničke komponente i sustave;
- razvoj i kalibracija metoda (slika 9b) za ispitivanje svojstava materijala vezanih uz trenje na mikro- [Kamenar i Zelenika, 2017.] i nanometarskoj razini [Perčić, Zelenika i Kamenar, 2017.];

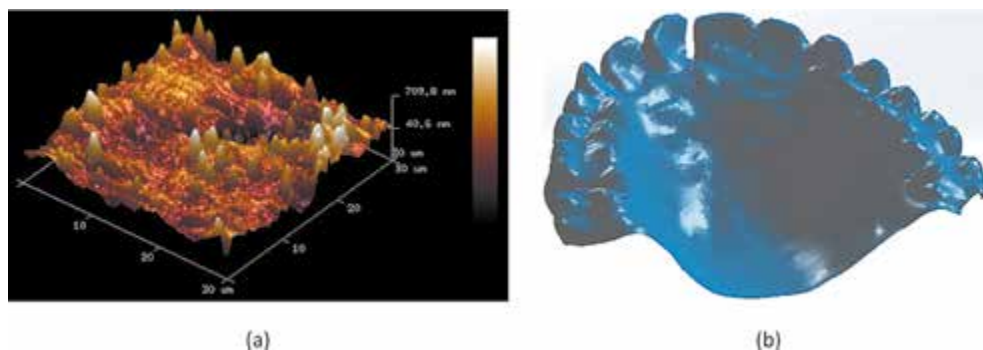


Slika 9 – Nanocijevi borovog nitrida (a) i jadranske alge (b) proučavane u LFPM te SEM analizi za dimenzija osjetnika koji se koriste kod mjerenja trenja na nanometarskoj razini u LPITMNS (b) pri CMNZT SvRi



Slika 10 – Mjerenja karakteristike pršuta kod tlačenja (koje simulira žvakanje) (a) te mjerenje korozije struktura za automobile (b) u LPITMNS pri CMNZT SvRi

- u suradnji s kolegama s Odjela za biotehnologiju SvRi: ispitivanje elementnog sastava i svojstava hrane poput maslinovog ulja ili pršuta (slika 10a), svojstava materijala za pakiranje hrane pa sve do mjerenja nanometarske strukture bioloških organizama (algi – slika 10b);
- mjerenje pojava pri koroziji dijelova za automobile (slika 10c);
- u suradnji s kolegama s Medicinskog fakulteta SvRi: ispitivanje svojstava materijala za medicinske usatke i stentove, ili pak za ortodontske (stomatološke) primjene – od hrapavosti (slika 11a) te tvrdoće i modula elastičnosti ortodontskih struktura [Katić, Zelenika i sur., 2016.] do analize karakterističnih parametara 3D struktura odljevaka usnih šupljina (uz izvoz podataka u CAD modele –slika 11b) [Brumini, Kamenar i sur., 2017.] uz mogućnost 3D tiska (reprodukcije) istih;



Slika 11 – Hrapavost ortodontskih žica (a) te 3D sken odljevka donje čeljusti (b) u LPITMNS pri CMNZT SvRi

- u isti kontekst spada i mogućnost mjerenja bioloških tkiva i tjelesnih tekućina, proteina, triglicerida, uree, pojava vezanih uz artritis i sl. ili pak korištenje laserskih izvora svjetlosti za medicinske primjene;
- razvoj inovativnih komponenti i sustava na napredna fizikalna, biološka, mehanička i druga mjerenja te mikrokomponenti i sustava za napredna i pametna energetska rješenja temeljena na prikupljanju i pretvorbi niskorazinske energije iz okoliša [Kamenar i sur., 2016.].

4. Zaključci i preporuke

U ovome je radu, nakon analize stanja sustava znanosti u RH, istaknuta financijska, tehnološka te nadasve razvojna važnost mikro- i nanotehnologija na globalnom te posebno na planu razvoja RH. Opširnije je opisana oprema instalirana pri Centru za mikro- i nanoznanosti i tehnologije Sveučilišta u Rijeci koja, kroz ilustrirane primjere primjene, već pokazuje potencijal razvoja inovativnih tehnoloških rješenja na poljima koja su, i u skladu s temeljnim strateškim odrednicama razvoja SvRi ali i RH, identificirana kao ključna za razvoj znanosti ali i gospodarstva i zapošljavanja. Posebno je značajno da se te primjene nalaze na poljima koja se preklapaju s društvenim izazovima RH i EU, a koja obuhvaćaju održivi razvoj i klimatske promjene, zdravlje i prehranu te promet.

Primjer CMNZT SvRi zorno pokazuje, dakle, značaj inter-, multi- i transdisciplinarnih sinergijskih aktivnosti za razvoj hrvatske znanosti i gospodarstva s implikacijama i na širu regiju te na hrvatski i europski istraživački te prostor visokog obrazovanja. Taj primjer pokazuje i potrebu snažnijeg promišljanja i koordinacije na znanju i znanosti temeljenih razvojnih aktivnosti, i to od razine državnih tijela, preko razine lokalne i područne (regionalne) samouprave do razine pojedinih znanstvenih organizacija te njihovih sastavnica i podružnica. Takav razvoj, međutim, može i mora počivati na nositeljima odgovornih funkcija na svim navedenim razinama koje će odlikovati visoka stručnost, ali i moralnost i etičnost na čemu se na svim tim razinama treba još poraditi.

Tehnički obrazovani pojedinci i skupine s kompetencijama i na polju znanstvenog i stručnog poštenja i etičnosti jesu i bit će u tom kontekstu, ne prvi puta, ključni dionik harmonizacije života i rada u RH s „dobrim praksama“ najrazvijenijih zemalja svijeta s kojima se ne samo volimo nego i moramo uspoređivati. Posebno je u tom kontekstu značajno i puno veće poticanje umrežavanja istraživačkih kapaciteta s gospodarstvom, posebno na razvoju originalnih komercijalnih rješenja na čemu CMNZT, ali i druge strukture SvRi (posebno Znanstveno-tehnologijski park STeP Ri) već aktivno rade.

5. Priznanja

Opisana oprema Centra za mikro- i nanoznanosti i tehnologije Sveučilišta u Rijeci je financirana iz strukturnih fondova EU (*European Regional Development Fund – ERDF*) kroz projekt br. RC.2.2.06-0001 „Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci (*Research Infrastructure for Campus-based Laboratories and Centres at the University of Rijeka*)“.

Literatura

- AZVO, URL: <https://www.azvo.hr/hr/visoko-obrazovanje/statistike> (pristup: 16. 02. 2017.)
- Brumini, M., Kamenar, E., Gljuščić, P., Zelenika, S., Špalj, S. (2017). Determination of efficiency of orth. treatment by using eng. tools. 17th EUSPEN Int. Conf., Hannover (DE).
- Centar za mikro- i nanoznanosti i tehnologije Sveučilišta u Rijeci, URL: <http://www.cmnzt.uniri.hr/hr/> (datum zadnjeg pristupa: 01. ožujka 2017.)
- Cepić, D. (2012). Report on Corruption in Higher Education and Research in Croatia. *The International Journal for Education Law and Policy* 8(1) 53-60.
- European Commission (2016a). Science, Research and Innovation Performance of the EU 2016. EUROPEAN COMMISSION – Directorate-General for Research and Innovation.
- European Commission (2016b). European Innovation Scoreboard 2016. EUROPEAN COMMISSION – Directorate F – Innovation and Advanced Manufacturing.
- European Research Council (ERC), URL: [https://erc.europa.eu/projects-and-results/erc-funded-projects?f\[0\]=sm_field_cordis_project_hi_count%3ACroatia](https://erc.europa.eu/projects-and-results/erc-funded-projects?f[0]=sm_field_cordis_project_hi_count%3ACroatia) (datum zadnjeg pristupa: 17. veljače 2017.)
- Eurostat, URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (datum pristupa: 16. 02. 2017.)
- Horizon 2020 Societal Challenges, URL: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges> (datum zadnjeg pristupa: 21. veljače 2017.)
- Jovanović, Ž., Zelenika, S. (2013). Science and higher education in Croatia at the verge of entering the EU. *Periodicum Biologorum* 115(1) 27-31.
- Kamenar, E., Zelenika, S. et al. (2016). Harvesting of river flow energy for wireless sensor network technology. *Microsystem Technologies* 22(7) 1557-1574.
- Kamenar, E., Zelenika, S. (2017). Nanometric positioning accuracy in the presence of pre-sliding and sliding friction: modelling, identification and compensation, *Mechanics Based Design of Structures and Machines – An International Journal* 45(1) 111-126.
- Katić, V., Zelenika, S., Kamenar, E., Marković, K., Perčić, M., Špalj, S. (2016). Mechanical testing of orthodontic archwires. *Proc. 16th EUSPEN Int. Conf., Nottingham (UK)* 339-40.
- Kiparissides, C. (ur.) (2009). NMP Systems EAG Position Paper on Future RTD Activities 2010 – 2015, Eur. Commission – Directorate-General for Research, publ. no. EUR 24179 EN.
- Laboratorij za precizno inženjerstvo Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, URL: precenglab.riteh.uniri.hr (datum zadnjeg pristupa: 03. ožujka 2017.)
- MZOS (2014). Plan razvoja istraživačke i inovacijske infrastrukture u Republici Hrvatskoj.
- MZOS (2016). Indikativna lista projekata zn. infrastr. 2014. – 2020., URL: <http://public.mzos.hr/Default.aspx?art=15190&sec=3718> (datum zadnjeg pristupa: 22. veljače 2017.)
- Nanoforum (2005). European Nanotechnology Infrastructure and Networks.

- NANOfutures (2012). Integrated Research and Industrial Roadmap for European Nanotechnology – NANOfutures, European Technology Integrating and Innovation Platform on Nanotechnology. Contract number NMP4-CA-2010-266789.
- OECD (2016). PISA 2015 Results.
- Perčić, M., Zelenika, S., Kamenar, E. (2017). Issues in validation of friction in the nanometric domain. Proc. 17th EUSPEN Int. Conf., Hannover (DE).
- Schwab, K. (ur.) (2015). The Global Competitiveness Report 2015–2016. World Econ. Forum.
- Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020. godine, NN 32/2016, 13. travnja 2016.
- Sveučilište u Rijeci (2015). Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci (EFRR, 2014. – 2015.), ISBN 978-953-7720-22-3 (54 str.).
- Tatalović, M., Jarić Dauenhauer, N. (2017). Croatia's science minister rejects calls to resign amid plagiarism scandal. Nature 541 272–273 doi:10.1038/541272a.
- Znanstveni centri izvrsnosti (ZCI), URL: <https://www.zci.hr/hr/> (datum pristupa: 16. 02. 2017)
- Zelenika, S., Kamenar, E. (2015). Precizne konstrukcije i tehnologija mikro- i nanosustava I – Precizne konstrukcije, Tehnički fakultet SvRi, ISBN 978-953-6326-90-7, Rijeka (241 str).
- Zelenika, S., Kamenar, E. (2017). Precizne konstrukcije i tehnologija mikro- i nanosustava II – Tehnologija mikrosustava, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci – u pripremi.

Engineering in the Field of Micro- and Nanoscience and Technologies as a Key Development Technology of Smart Specialization in Croatia

Zelenika Saša^{1,2}, Kamenar Ervin^{1,2}

¹Faculty of Engineering University of Rijeka

²Centre for Micro and Nano Sciences and Technologies University of Rijeka
sasa.zelenika@riteh.hr

Croatian science is challenged by low financing, a small number of active scientists and an unsatisfactory scientific output (in number but especially in quality) – with a consequential lag in competitiveness and innovation, insufficient ties with societal and industrial needs or reports on scientific misconduct, even at the most prominent positions. On the other hand, the scientific sector comprises groups of excellent scientists at the international level that successfully use EU and other competitive funds in developing scientific capacities and their use in research, teaching and collaboration with industry. This is especially relevant in engineering that has to promote and drive the development of Croatian economy.

The advance of the micro- and nanotechnologies is of outmost importance in this frame, since they have an enormous financial and stimulating potential for interdisciplinary R&D in ICT, materials science, energy, transportation, health, consumer goods, the (bio)chemical or the textile industry. These technologies have, indeed, been identified at the EU and the Croatian level as key enabling technologies and have been defined as a horizontal priority in the Croatian Smart Specialisation Strategy 2016-2020, i.e., as a sector that can significantly “contribute to the added value of Croatian manufacturing and as an incentivizing factor in developing economic activities that foster productivity and employment growth”.

The importance and the potentials of the micro- and nanotechnologies for the growth of Croatia is reaffirmed in this work using as a positive example the development of the respective research capacities and the achieved outcomes at the University of Rijeka in addressing societal challenges related to sustainable environment, the quality of health, food and the bio-economy as well as transportation. The networking of these capacities in the Croatian and the European Research and Higher Education Areas provides, moreover, great opportunities to improve their efficiency, especially in developing new products.

Key words:

micro- and nanotechnologies, key enabling technology, engineering, University of Rijeka, ERDF

Školovanje građevinskih inženjera za potrebe nejasne budućnosti

Žagar Zvonimir

Građevinski fak Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
zzagar@h-l.hr

U novonastalim okolnostima naglog razvoja informacijske tehnologije ukazala se potreba radikalnih promjena školovanja građevinskih inženjera, i to ne samo u smislu primjene Bolonjskog procesa, već suštinskih izmjena programa studija, koje će omogućiti njihovu konkurentnost građevinskih inženjera u svim poljima i aspektima rada na evropskom i svjetskom tržištu. I ponovnu konkurentnu ekspanziju na strana tržišta. Predlaže se i uvođenje jednog sasvim novog studija Tehničke arheologije na Filozofskom fakultetu kao odjela u postojećem studiju arheologije.

Ključne riječi:

informacijska tehnologija (IT), građevinski inženjeri, studij, nastavni programi, tehnička arheologija.

1. Osobna iskustva

Kada je naša generacija studirala studij građevine (upisao sam AGG u Zagrebu 1948.), malo se je čulo o onome što se dešava na polju građenja, projektiranja i izvođenja u svijetu. Recimo da nismo ništa čuli o gradnji Hooverove brane, Brooklinskog mosta ili gradnji nebodera u SAD-u još davnih 1930-35. godina, ništa o rađanju kognitivnih mreža, pa i ništa o rađanju kompjutera, koji su već postojali i bili već operabilni u praksi, a ni o matičnim proračunima i konačnim elementima. *Npr. program STRESS je bio operabilan oko 1945. godine.* Bio je to jedan samoodovoljavajući, samodostatan svijet zasnovan na zasadama istraživanja prošlosti. Ta prošlost također nije bila kompletna. Odreda su svi profesori i nastavnici bili sjajni eksperti u svojim domenama građevinarstva, ali je pitanje jesu li bili i informirani o dosezima struke. Svakako da je jedan prekid komunikacija bio uzrokovan Dru-

gim svjetskim ratom, ali neke su građevine građene i prije tog rata. No informacija o tome nije dospijevala do nas.

Proučavalo se sve **iz tada nama poznate prošlosti**: dostignuća, načini analize, projektiranja i građenja. Nije postojala međunarodna razmjena nastavnika ni studenata. Društvo je bilo samozadovoljno zatvoreno u sebe.

Naravno da su i ekonomski parametri bili u potpunosti zanemareni. U statici se puno toga zasnivalo na analizama ravninskih (2D) sustava, na grafičkim metodama analize, na metodama sila (potom i deformacija), sve naravno u elastičnom području ponašanja konstrukcija. Proučavali su se drvo, beton i čelik, geomehanika, hidrotehnički blok i prometni blok predmeta. O konstrukcijama od cigle i o zidanju zidova čulo u građevinskim konstrukcijama. Crtao se program veza opeka i sl. Učilo se tehničko pismo i korištenje logaritmara. Danas se pitamo kako se tim alatom moglo išta ozbiljno proračunavati. Proučavala se deskriptivna geometrija (razni prodori, sjene, projekcije i sl.) i crtalo se tušem na hameru. Ušteda energije, zaštita okoliša i recikliranje bili su nešto potpuno strano. Fiziku je predavao pokojni prof. Lopašić i u uspomeni su nam svima ostali njegovi zorni eksperimenti. Kako se napredovalo u studiju, čulo se nešto i o prelomnoj metodi proračuna betonskih konstrukcija, a pogotovo su bila inspirativna (nažalost nikako posjećena) predavanja prof. Čališeva iz Teorije konstrukcija. Problema je bilo s predavanjima i još više s ispitima prof. Tonkovića, ali su ta predavanja, za one koji su ih imali volju razumjeti, bila inspirativna: zašto nešto sagraditi, a onda i kako to sagraditi. Profesora Rajka Kuševića su organiziranim studentskim štrajkom i demonstracijama (vođenih uglavnom lošim studentima) uklonili s AGG fakulteta, a njegove predmete razdijelili njegovim asistentima. Njemu su čak i sudili na ad hoc sudu na Sveučilištu zbog zastranjivanja u predavanjima statike. Koliki je bio doseg tog suđenja, pokazuje činjenica da ga je branio branitelj dr. Politeo, koji je svojedobno branio i nadbiskupa A. Stepinca. Bilo je to zapravo prvo zastrašivanje sveučilišnih nastavnika.

U to doba su se u svijetu počeli razvijati neuroznanost i prvi neurokompjutorski elementi, a 1931. počeo se graditi Brooklynski most. Također je izgrađen sustav Hooverovih brana u SAD-u i razne hidrocentrale u SSSR-u. Izgrađeni su prvi neboderi. O svemu tome smo malo čuli (nije bilo televizije – danas nezamislivo!), iako se u svakoj od tih navedenih domena mogao naslutiti budući razvoj i konstruktorske struke. Moglo se nešto o tim dosezima graditeljstva pročitati i pogledati u Američkoj čitaonici Konzulata SAD-a. Prof. Juranović je u posljednjem ciklusu predavanja iz armiranog betona (Beton 3) dao naslutiti da postoji i drugi pristup proračunu betonskih konstrukcija, tzv. prijelomnom metodom proračuna, važećim u anglosaksonskim zemljama i njihovim kolonijama i tzv. Istočnom bloku (i naravno tadašnjem SSSR-u). O tome je pisao u svojoj knjizi Armirani beton (3). Ali, tome i nismo polagali veću pažnju. Važio je tada u nas tzv. proračun konstrukcija

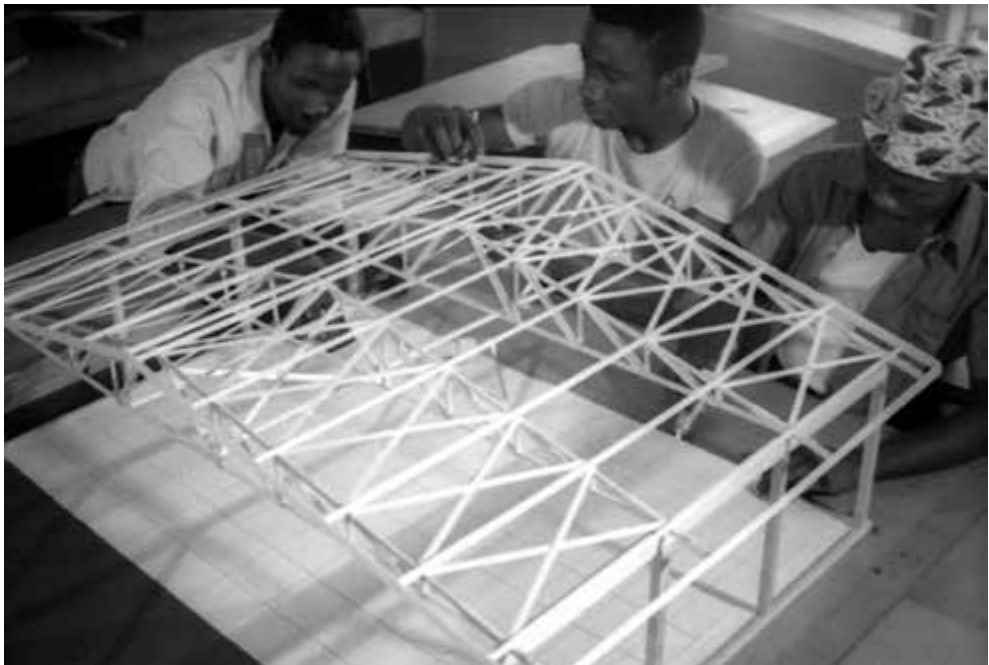
po dopuštenim naprezanjima. Uglavnom, na studiju se predavalo previše onoga što nije trebalo, a premalo onoga što će trebati inženjeru građevine u budućoj praksi. O zaštiti okoliša, recikliranju i održivoj gradnji nije se baš ništa čulo, ali to je onda i bilo u trendu razvoja načela projektiranja i građenja. Nešto se moglo naslutiti iz hidrotehničkih građevina.

Tijekom rada u ŽTP-u u Odsjeku za mostove, a kasnije u Projektnom birou ŽTP-a Zagreb imao sam prilike izmijeniti niz dotrajalih i privremenih željezničkih mostova, mjeriti pouzdanost novih i starih željezničkih i cestovnih mostova (drvenih, čeličnih, betonskih i svođenih zidanih od cigle), baviti se s izmjenama dotrajalih drvenih stupišta mostova, projektirati željezničke zgrade, stambene zgrade za djelatnike željeznice, čelične nathodnike i manje željezničke i cestovne mostove, hale za željeznička postrojenja, snimiti dokumentaciju, honorarno projektirati velike objekte Luke Rijeka (30 000 t žitni silos) i Luke Ploče (kao honorarac u ondašnjem Projektu, uz suradnju s prof. Z. Tadejevićem i prof. E. Nonveillerom), konstrukciju Koncertne dvorane Lisinski u Zagrebu u suradnji s kolegama V. Simovićem, M. Stanekovićem i Z. Huzjanom, konstrukciju tribina Stadiona Dinamo s prof. E. Erlichom i V. Simovićem i mnogo drugih objekata navedenih na mojoj neaktivnoj Web stranici: <http://www3.telus.net/MAPAZ/zvonimirzagar.htm>, dapače, i srećom, projektirati vodovode, mostove, armirano betonske stočne rampe, stanične rampe kolodvora, razna skladišta i rezervoare za vodu na nizu željezničkih postaja.

Prvi puta sam se za vrijeme mog boravka u Gani (od 1965.-1971.), prvo u svojstvu nadzornog inženjera Univerziteta u Kumasiju (KNUST), a potom i nastavnika na BT (Building technology) odjelu Arhitektonskog fakulteta Sveučilišta KNUST u Kumasiju, susreo s primjenom tzv. prelomne metode proračuna i dimenzioniranja konstrukcija teorijom graničnih stanja. Za njih je naš način proračuna konstrukcija po dopuštenim naprezanjima bio svojevrsan (pogrešni), no, povijesno zanimljiv kuriozni apsurd. A potom sam se prvi puta susreo i s korištenjem, naravno sada muzejskog primjerka IBM-ovih računala i s bušenim trakama i karticama. Jedan sam semestar kao dobrovoljni student proveo u klupama s drugim studentima u nastavi korištenja kompjutera (bušene kartice, trake, binarni sustav, strojni jezik, nule i jedinice, registri, manipulacije s registrima, assembler,...). Kolegij je vodio jedan IBM-ov ekspert. Bio sam jedan od najlošijih učenika. U predavanjima mojeg predmeta Structures na KNUST-u bilo je nezamislivo ne koristiti se fizičkim 3D modelima, čak i gradnjom većih modela u mjerilu 1:1, poglavito od tamo dostupnog drveta, bambusa, zemljane cigle i relativno dostupnog aluminijsa. Odlučujući je bio susret s gostujućim Buckminsterom Fullerom, izumiteljem i istraživačem – sinergetičarem i slušanje njegovih kontinuirano višesatnih inspirativnih i zanimljivih predavanja za vrijeme njegovih gostovanja na KNUST-u. Neka su dostupna na YouTubu. Niz geodetskih kupola od bambusa gradili su studenti BT odjela Arhitektonskog fakulteta KNUST-a, u dobrovoljnom radu u okolnim selima, pod inspirativnim vodstvom nastavnika Sam Spencera. Građene su i test zgrade od drveta (R.



Slika 1 – Hipar od drveta, rad studenata 2 godine BT smjera na Kwame Nkrumah University of Science and Technology (KNUST), Kumasi, Ghana. Vježbe iz predmeta Structures (1969.).



Slika 2 – Maketa drvenog krovništva. Vježbe iz predmeta Structures. KNUST (1970.).



Slika 3 – Sferna tensegrity konstrukcija: vježbe studenata druge godine BT odjela Arhitektonskog fakulteta KNUSTa pod mentorstvom Sam Spencera. Snimljen i S8 film-dokument.

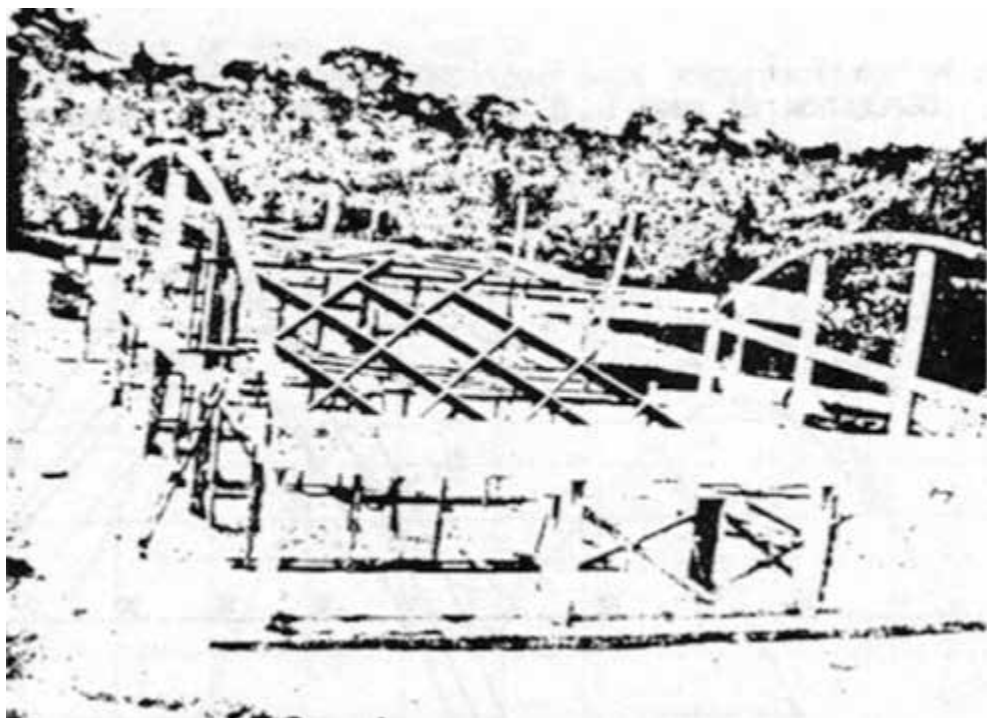
Falconer) i od gline, kao i moji test objekti drvenog hipara i mrežastog svoda te modeli raznih drvenih rešetki i potom primijenjenih na tada građenoj prvoj tvornici uslojenih drvenih ploča Naja David u Kumasiju.

To je bio jedan za mene novi prozor u jedan novi svijet, usmjeren k budućnosti. Nastojao sam taj programski orijentirani nazor primijeniti u nastavi predmeta STRUCTURES.

2. Susret s IT tehnologijom

Povratkom (1971.) u Zagreb u Razvojni odsjek za pruge i pružna postrojenja ŽTP-a i na Građevinski fakultet nastojao sam ponešto primijeniti u domenama istraživanja: zavarivanje dugih trakova tračnica, projektiranje mostova, lijepljenje izoliranih šinskih nastavaka dugih šinskih trakova, njihovo laboratorijsko dinamičko ispitivanje, kompjutorsko ispitivanje novog šinskog pričvrstnog pribora ZEPI dugih šinskih trakova (izumitelj dr. Josip Božičević), razna laboratorijska ispitivanja zamora

materijala, opsežna ispitivanja željezničkih mostova s ekipom Instituta Kirilo Savić i AGG fakulteta, razvoj mjernih instrumenata, primjena foto i filmske dokumentacije, lijepljenje šina za betonsku podlogu s ing. Z. Zdunićem i sl. Razvoj polimeriziranog ferobetona, danas se to zove beton armiran vlaknima (u suradnji s izumiteljem prof. dr. F. Flajšmanom. Od svega se ili nije praktički ništa ostvarilo i ništa nije preostalo. Razbijanjem tog Odsjeka 1971. pod izgovorom nacionalizma dokumentacija je većinom uništena, čak i nešto sagrađenog se razgradilo. Npr. razgradio se pokusni kolosijek na kojem je bio primijenjen novi ZEP elastični pričvrtni pribor (Josip Božičević) na zavarenim dugim kolosijecima, na kojem se tada vozilo i do 100 km/sat. Desio nam se temeljiti «povratak» u prošlost,



Slika 4 – Mrežasti svod Radionice Arhitektonskog fakulteta KNUSTa u Kumasiju. Model od drveta. Nacrte i proračun radili su studenti BT odjela Arhitektonskog fakulteta. Model od pleksija se ispitivao u laboratoriju na Građevinskom fakultetu (Faculty of Civil Engineering) KNUST-a (prof. dr. Tay), a izveo ga A. Lang Ltd. Ghana

Osnivanjem Saobraćajnog studija na inicijativu prof. Tonkovića, grupe profesora i tadašnjeg rektora Sveučilišta prof. Ivana Supeka, kao Interfakultetskog sveučilišnog studija, započinje jedan novi sustav studiranja, danas poznat kao Bolonjski proces, u suradnji osam fakulteta, lociran fizički prvo na Građevinskom fakultetu, a onda na Sveučilištu u Zagrebu. To su bili udruženi predavači s: Građevinskog,



Slika 5 – Alumijska 19 m, 6F kupola izložbenog paviljona KNUST-a na prvom velesajmu Gane u Accri. Terenski rad i projekt studenata 1. godine Arhitektonskog fakulteta KNUST-a u Kumasiju (1976.). Inspiriran idejama B. Fullera, Sam Spencer, predavač na AF, organizirao je izvedbu kupole kao dokaz da se u TRI tjedna intenzivnog rada terenske nastave mogu savladati sva znanja i vještine, da se praktično iz „ničega“ izvede zapažena struktura. Aluminij i alat pribavio je ALCO GHANA.

Arhitektonskog, Geodetskog, Ekonomskog, Pravnog, Elektrotehničkog (ETF), Fakulteta strojarstva i brodogradnje i Medicinskog fakulteta. Uz redovita gostovanja uglednih inozemnih predavača sa sveučilišta iz SAD-a (MIT, John Hopkins), iz privrede (Ford) i sa Sveučilišta i Prometnog instituta Velike Britanije. Prožimanje raznih nazora radalo je novu kvalitetu studiranja i istraživanja.

Na tom studiju predavao sam predmet Nosive strukture, a bio sam istovremeno i asistent na predmetu Mostovi kojeg je tada držao prof. K. Tonković. 1971. godine održali smo kolega Zdunić (sa ŽTP-a Zagreb), kolega Bandić (tada rukovoditelj Računarskog centra Jugomont-Jugobeton) i ing. Đurek s ETF-a sa studentima građevine udarni tečaj iz matrične metode proračuna konstrukcija, osnove proračuna konačnim elementima, modeliranje konstrukcija i korištenje tada dostupnog FEA programa STRESS za proračun štapastih konstrukcija, instaliranog na IBM 1130 računalima na ETF-u, RC Jugomont-Jugobeton i kasnije također na RGN fakultetu (prof. Hudec). U to vrijeme se matrična metoda krutosti nije predavala na Građevinskom fakultetu. O tome ima traga i zapisa u materijalima 1. simpozija Računalstvo u graditeljstvu povodom 40. obljetnice računalstva na Građevinskom fakultetu

u Zagrebu. Tako smo uveli računala u nastavu vježbi na predmetu Masivni mostovi uz prešutnu suglasnost prof. Tonkovića 1971. godine. Na Sveučilišnom saobraćajnom studiju koristili su studenti tada glavno računalo u SRCE-u u analizama struktura, menadžmentu i sistemskim analizama troškova i koristi isplativosti prometnih investicija.

Saobraćajni fakultet je «kao opasan» presedan tipa međufakultetskih sveučilišnih studija rasformiran u doba rektora prof. Jurkovića i preuzet je od Više saobraćajne škole koja je podignuta na rang klasičnog fakulteta. Ponovno korak unatrag.

Kasnije smo u nastavu i praksu na Građevinskom fakultetu uveli FE program SAP-IV (primijenjen prvi puta u praksi kod statičke analize tunela kod Zaprešića – za Inženjerski projektni zavod – IPZ, grupu M1), potom NONSAP te ICES STRUDL2 sustav, s kojim su se mogle proračunavati 3D konstrukcije, ali i dizajnirati (i optimizirati) konstrukcije od betona i čelika, primjenom linearne i/ili nelinearne statičke i dinamičke analize računalnih modela konačnih elemenata, kao i vršiti optimizaciju konstrukcija. Nažalost, u to doba nije postojalo grafičko sučelje. Iz nekog meni tajanstvenog razloga takvo sučelje nije nabavljeno još dugi niz godina. Zapravo nije nabavljeno nikad. Programi su bili instalirani na glavnom računalu RC SRCE-a u Zagrebu (IBM pa onda UNIVAC) te na FACOM/FUJICU u INUG-u.

Inženjerski sustav za proračun i dizajn konstrukcija ICES STRUDL2 te mali benigni program STRESS za analize štapastih sustava, primjenjivao se i na RGN fakultetu u Zagrebu te Građevinskim fakultetima u Splitu i u Osijeku na predmetima Statika konstrukcija i Drvene konstrukcije. Koristili smo također i programe za statičke i dinamičke analize konstrukcija kao SD2A i SD2B na FUJICU/FACOM računalu u RC INUG-a (sve danas nepostojeće). Komuniciranje s programima je bilo preko bušenih kartica (neki će se danas upitati ŠTO JE TO?). Negdje tijekom uvođenja FEA programa COSMOS/M prestala je i moja suradnja s FGZ Split, a i s FGZ Osijek. FE program COSMOS/M bio je CAD grafički orijentiran FE program.

S nailaskom PC-a rasformirane su mainframe konfiguracije u RC-ima i na njima instalirani programi – time je nastao ozbiljan jaz koji je potrajao par godina. Danas se, naravno, već rutinski, koriste sasvim novi FE i moćniji programi za analize i dizajn konstrukcija (SOFISTIK, TOWER, ROBOT, ANSYS i drugi) pa djelimice i neki ekspertni sustavi. Naravno da danas ima i velikih iskoraka u smislu IT osuvremenjivanja nastave: kompjutorske učionice, pametne ploče, 3D printeri i VR na Arhitekturi i sl.

Iz doba primjene STRESS-a i ICES STRUDL-a datiraju i ideje o računalno reguliranim konstrukcijama aktivacijom pasivnog tlaka tla (prijedlog za sanaciju novog mosta preko Korane u Karlovcu) za koji je bio razrađen kompjutorski FE model



Slika 6 – Drvenu geodetsku kupolu izradili su 1975. u okviru vježbi iz Nosivih struktura studenti Sveučilišnog interfakultetskog saobraćajnog studij, pred zgradom AGG fakulteta. O tom događaju postoji i S8 film (i danas DVD).

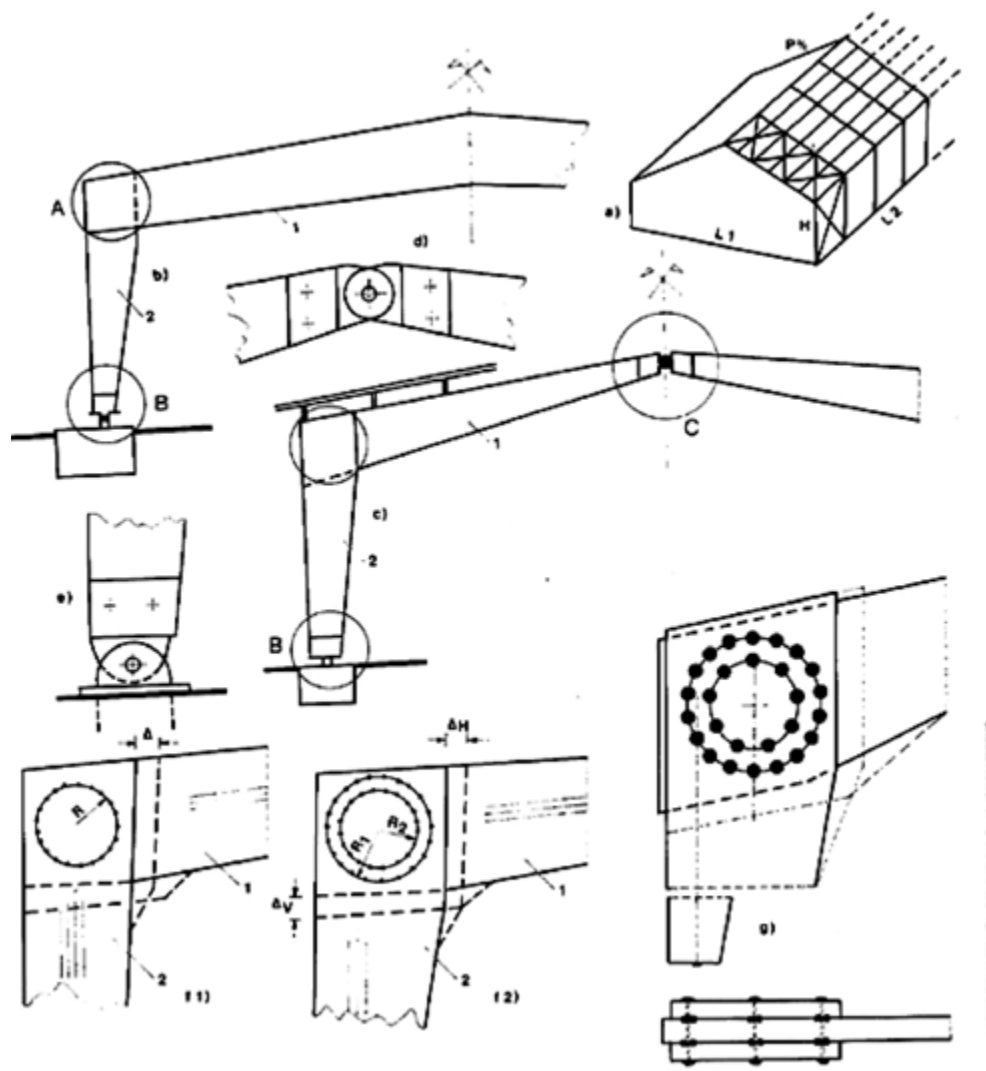
mosta za STRESS. Naravno, ideja nije mogla biti ostvarena bez velikog rizika s obzirom na stanje tada raspoložive tehnike i tehnologije. Zato je odabrana klasičnija solucija gradnjom inundacionih upornjaka temeljenih na pilotima (opisano je u mojoj knjizi *Drveni mostovi – 2. izdanje/2006.*).

U TO (opisano) DOBA NIJE JOŠ POSTOJALO GRAFIČKO SUČELJE I KOMUNICIRALO SE SA STROJEM BUŠENIM KARTICAMA ILI BUŠENIM TRAKAMA. SVAKA VIZUALIZACIJA SE MORALA RUČNO IZVESTI (mukotrpnim) ISČITAVANJEM PODATAKA S OPSEŽNIH KOMPJUTORSKIH LISTINA. Međutim, postignuti su za danas zadivljujući i također nezamislivi rezultati. Za vizualizaciju i plotanje rezultata proračuna putovalo se npr. automobilom u RC Međimurja u Čakovcu (Haiman, Baljkas), gdje je postojao ploter.

Za vrijeme održavanja Univerzijade u Zagrebu nesmotreno sam predložio Odboru za organizaciju Univerzijade moguću brzu i ekonomičnu izgradnju sportskih dvorana od lameliranih lijepljenih drvenih nosača i izložio prednosti i mane nosivih drvenih konstrukcija te sam se iznenada našao u situaciji da treba projektirati i izvesti 6 ili 7 sportskih dvorana u vrlo kratkom vremenu. Za svako krovište trebao je poseban projekt drvene konstrukcije. Jedino rješenje je bilo načiniti neki program/ekspertni sustav (tada to nismo tako zvali), koji to može sam uraditi, a na temelju znanja iz projektiranja drvenih konstrukcija i tada važećih JUS standarda zasnovanih na dopuštenim naprezanjima. Tako je nastao ES, zapravo program pisan u MsBASICu za moje SVI328 računalo sa Z80 procesorom, što je danas sasvim nezamisliv poduhvat. Što je to SVI328 konfiguracija, može se vidjeti na WEB pretraživaču i u realnosti u riječkom Muzeju starih kompjutera (Retroinfo) kamo sam 2006. donirao još ispravnu cijelu operabilnu konfiguraciju. To nas je potaklo da pokušamo pisati i druge programe – ekspertne sustave za dizajn drvenih konstrukcija, a u suradnji s kirurzima s KBC Rebro i ekspertne sustave za dijagnostiku bolesti. Prijelomni trenutak je bio diplomski rad studenata Petrinića i Miljaka (opsežni, složeni program bio je pisan u FORTRANU 5), 1988., operabilan na PC IBM 386 i na UNIVAC-u RC SRCE za kompleksni – totalni – 3D dizajn drvenih dvozglonih i trozglonih hala te kasnije diplomski rad D. Delića (s primjenom E-ljuske GURU) u automatskom dizajnu 3D hala od lameliranog drva sa čeličnim stupovima i betonskim temeljima tada operabilno na PC 486.

Kasnije se taj trend automatskog dizajna drvenih konstrukcija od GLULAMA, i s primjenom treniranih na stvarnim i generiranim primjerima ANN razvio u nizu magistarskih i doktorskih radova na GF u Zagrebu (posebice u zapaženim radovima mr. Sc. D. Delić i dr. Sc. A. Bjelanović) .

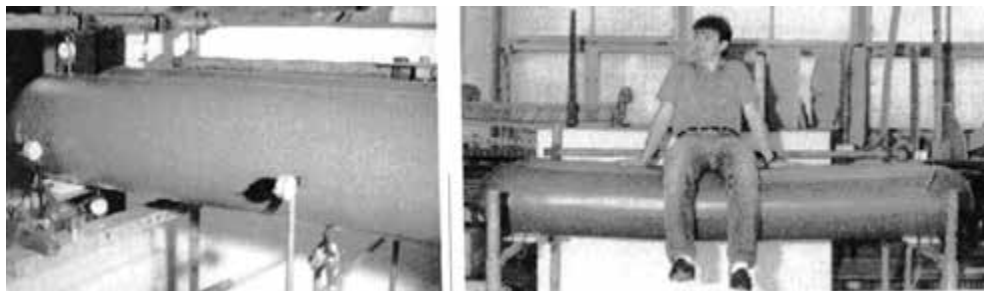
S prvom grafičkom stanicom (Computervision) susreo sam se u nekadašnjem Institutu Rade Končara na kojem je bio instaliran i FEA program COSMOS/M. Tada su



Slika 7 – Reprodukcijski crteži detalja prvog ekspertnog sustava za totalni dizajn 3D drvenih hala od lameliranog lijepljenog drveta. Iz referata autora: Knowledge-Based Design for Automatic Design of Glued Laminated Structures, na IABSE kolokviju o ekspertnim sustavima i građevinarstvu (Expert System in Civil Engineering), Bergamo, 1989. Diplomski rad Petričić i Miljak.

to bile prve nezaboravne impresivne vizualizacije stanja naprezanja i animacije naprezanja i deformacija.

Istovremeno smo s nekim entuzijastima na Arhitektonskom fakultetu (Bojan Baletić, Roberto Vdović i ostali iz DA Zagreb) «gurali» primjenu CAD sustava za dizajn konstrukcija u arhitektonskom dizajnu organiziranjem serije CAD Foruma. U to doba entuzijazma razina primjene kompjutera u arhitekturi bila je skoro beznadna



Slika 8 – Ispitivanje modela pneumatske grede u Laboratoriju FGZ-a u Zagrebu. Diplomski rad. Veselje ispitivanja. Iz knjige autora: Drvene konstrukcije I, PRETEI, Zagreb, 2004.

da bi danas bila primjena IT u arhitekturi na razini svjetske edukacije. Sigurno je tomu doprinio sustav raspisivanja arhitektonskih natječaja i time je stvorena konkurencija među arhitektima.

Suradnja s industrijom LIO iz Osijeka rezultirala je industrijskom proizvodnjom geodetskih kupola i mrežastih svodova od aluminijskih cijevi i ovješene trevire (s B. Baljkasom i arh. Tošom iz Sistemprojekta). Rodila se ideja o napuhanim, na zrak oslonjenim i zrakom napuhanih struktura i slijedno tome kompjuterom reguliranih konstrukcija. Sve je prekinuto razaranjem LIO pogona bombardiranjem Osijeka u Domovinskom ratu.

U to sam vrijeme kroz 8 godina bio i član Komisije (WC) VI IABSE Međunarodne udruge konstruktora za primjenu informatike (IT) u građevinarstvu. Nije se moglo izbjeći ne baviti se ekspertnim sustavima, neuronskim mrežama, kognitivnom i umjetnom inteligencijom i «pametnim» konstruktivnim sustavima. Pokazali smo (D. Delić i ja) na primjerima da se može s pasivnih nosivih konstrukcija prijeći na inteligentno reagirajuće konstrukcije. Iz tog područja objavili smo nekoliko znanstvenih radova. Nedavno sam vidio na TV kanalu Discovery Science da se i u svijetu pokušava s primjenom tih rješenja nasuprot strukturalnim rješenjima koja se silom opiru na silu. Međutim, začuđuje konstatacija da je takve uspjele, na potres otporne zgrade skupo graditi zbog ugradnje inteligentnih uređaja za kontriranje potresnim pobudama, a kao da nije skupo izgubiti nekoliko stotine tisuća dolara materijalnih šteta i desetine tisuća ljudi i nemjerljive materijalne štete nastale od razornih potresa. Očito nešto ne „štima“ u glavama odgovornih ljudi, odgojenih na principima minornih ušteda na materijalima. Našu generaciju inženjera su npr. učili da se treba štedjeti na armaturi. Sasvim besmislene uštede. Zapravo, treba štedjeti na vremenu angažiranja elociranih financijskih sredstava. Našu generaciju su samo ovlaš učili o organizaciji građenja. U to vrijeme, kako god to zvučalo danas strano, riječ **profit** bila je zabranjena riječ. O inženjerskoj etici i javnoj politici, kao i o zaštiti okoliša u edukaciji studenata nije bilo ni riječi. To je, naravno, imalo i

svog odraza u ondašnjem, a i budućem (sadašnjem) projektiranju i izvođenju građevinskih objekata (građevina).

No, treba naglasiti da se sve današnje znanje većinom zasniva na prošlim iskustvima i *inkrementalnim* poboljšanjima. No, i tim inkrementalnim koracima ima kraja te se moraju naći nova bolja i ingenioznija rješenja. Često, nikako zasnovana na prethodnim pratipovima i poboljšanjima tih prapredložaka jer su ti predlošci vremenom istrošeni. Veliki dio recentnih pramašaja zasniva se na neznanju i primjeni neznanja, što zvuči apsurdno, i na nepoznavanju materije i na strahu od promjena koje te promjene nose.

Kako god uzeli, svijet budućnosti neće izgledati kao svijet prošlosti. Govorimo o singularnosti i nama teško prepoznatljivim akcelerirajućim promjenama tehnike i tehnologije. Govori se i istražuje primjena replikatora u proizvodnji raznih dobara, raznih strojnih dijelova, elemenata, pa i građevinskih elemenata, dapače i manjih cjelina.

Ovoj sadašnjoj generaciji nije poznato mnogo toga što je bilo poznato nama ili nama je to u to vrijeme bila novost.

Ta na TV i kompjutorima odgojena generacija neće se ni sjećati klasičnih telefona s brojčanicom, VHS-a, magnetofona (kolutaša) i kasetofona. Za njih će uvijek postojati mobiteli i novi uređaji zasnovani na mobitelu. Kako se moglo bez njih? Bez MP3 i MP4 playera? KAKO SE MOGLO KOMUNICIRATI BEZ BLACK-BERRY UREĐAJA, I-Pada, pametnih telefona, mobitela i sl. uređaja, bez interneta, bez aplikacija, bez googlanja? Bez društvenih mreža? Razne aplikacije za mobilne uređaje njima su sasvim prirodna stvar.



Slika 9 – Primjer: Aplikacija za Windows PHONE. Takve će se aplikacije u skoroj budućnosti razviti i za sve postupke raznih proračuna u građevinarstvu.

Takvi apleti (samo se to tada drugačije nazivalo) bili su razvijeni za pohranu i iščitavanje na magnetskim trakicama „hand hold“ džepnih kompjutera, kao što su to bili TI59 (Texas Instruments) i HP džepnim računalima. Dapače, bili su razvijeni i moduli za razne discipline: matematiku, statiku, armirani beton, statistiku itd. Za te uređaje razvijeni su zanimljivi operabilni programi za dimenzioniranje elemenata i proračun konstrukcija. Jedan broj tih programa pohranjivanih na magnetskim trakicama bio je objavljen u ondašnjem časopisu FRAK studenata riječkog Građevinskog fakulteta.

3. Inženjerska edukacija

Toj novoj IT generaciji se ne može više predavati malo modificirano, nekoć aktualno gradivo razvijeno i primjenjivano iz **predIT** ere, a koje se im danas predaje na studiju. Te su generacije odgojene na TV-programima, 3D filmovima, TED-u, video igrama, Iphonima, E-knjigama, PlayStationima, na Wonderbook oživljenim knjigama i drugim gadgetima... pa postoje, konačno, već „pametne“ LEGO kocke (mali robotići). Također, BBCMicro:BIT kompjutori koji se već dijele po osnovnim školama.

Ove se generacija trebaju obrazovati na osnovama IT, ekspertnih sustava, modernih metoda modeliranja proračunskih modela, simulacija, FE proračuna i analiza konstrukcija, novih stremljenja, CAD-dizajna, novih materijala, novih koncepata zaštite okoliša, novih tipova konstrukcija i građevina, koherentnih pogleda i na znanju zasnovanih istraživanja i kooperacije sa sudjeliteljima procesa projektiranja i izvođenja. E-knjige... E-udžbenici... iPadi...3D vizualizacije, virtualna realnost... printanje 3D modela...Toj se generaciji IT obrazovanje (pa i ekspertne sustave) mora uvesti u prve godine i u sve predmete studija, i to pod pretpostavkom da u budućnosti želimo naše, u svijetu konkurentno građevinarstvo.

Kako takva moderna, novoj generaciji podešena predaja znanja i stimulacije istraživačkog duha izgledaju, može se vidjeti na, bojim se već zastarjelim, a nama futurističkim WEB stranicama nobelovca Carla Wiemana koji je već davno preuzeo katedru fizike i 12 milijuna CAD (kanadskih dolara) financiranu inicijativu modernog učenja na University of British Columbia (UBC) u Vancouveru <http://www.physics.ubc.ca/news> i interaktivne edukacijske primjere iz fizike **PhET** (Physics Education Technology project, koje su radili dodiplomski studenti na Univerzitetu Coloradu u Boulderu gdje je Wieman do prijelaza na UBC (University of British Columbia) predavao moderne metode nastave fizike: <http://phet.colorado.edu/new/simulations/index.php>. Svakako je to sasvim drugi način razmišljanja i prijenosa (zapravo rudarenja) znanja. Nama za sada neobjašnjiv i nedostupan, ali ne i neo-

stvariv pristup. Kako će to sve izgledati kad studenti ove generacije studenata koja sada studira ili upisuje studij budu aktivni sudionici procesa projektiranja i građenja (2017 + 20 = 2037 ili iza 2040.), teško je danas reći, zamisliti i prognozirati. Treba na ovo naše doba gledati (unatrag) sa zorišta 2060/80-tih godina pa će sve biti jasnije...

Može se nešto naslutiti iz grafa akcelerirajućih promjena. Zato je i presudna nužnost cjeloživotnog obrazovanja inženjera, a i drugih struka i djelatnosti. Tu će značajnu ulogu imati i sustav studiranja na daljinu (ODL). Pitanje je i da li će se obrazovni sustav kakav danas postoji i kojeg danas poznajemo – uopće održati... Možda bi se i mogla organizirati jedna tematska konferencija o tim izazovnim temama budućeg svekolikog razvoja. Možda će većinu poslova današnjih građevinara preuzeti roboti.

Prije par desetaka godina postojala su predviđanja, od kojih se neka nisu ni do danas ostvarila, a neka su se zapanjujuće brzo razvila i ostvarila. Prije jedno 20 godina nitko nije mislio da će se internet i WEB prostor tako razviti kao što je danas razvijen internet. Učenje na daljinu, projektiranje na daljinu, čak i građenje na daljinu. Kooperacija sudionika procesa građenja na raznim dislociranim mjestima, koherentno vezanih internetom, sveprisutnim **SKYPE**-om i sličnim vezama (npr. **VSee** aplikacijom: <http://vsee.com>), pohrane podataka na SkyDrivu: npr. Arhitektonski fakultet Zagrebu je sve svoje poslovanje, E-nastavu i studentske radove pohranio na SkyDrivu.

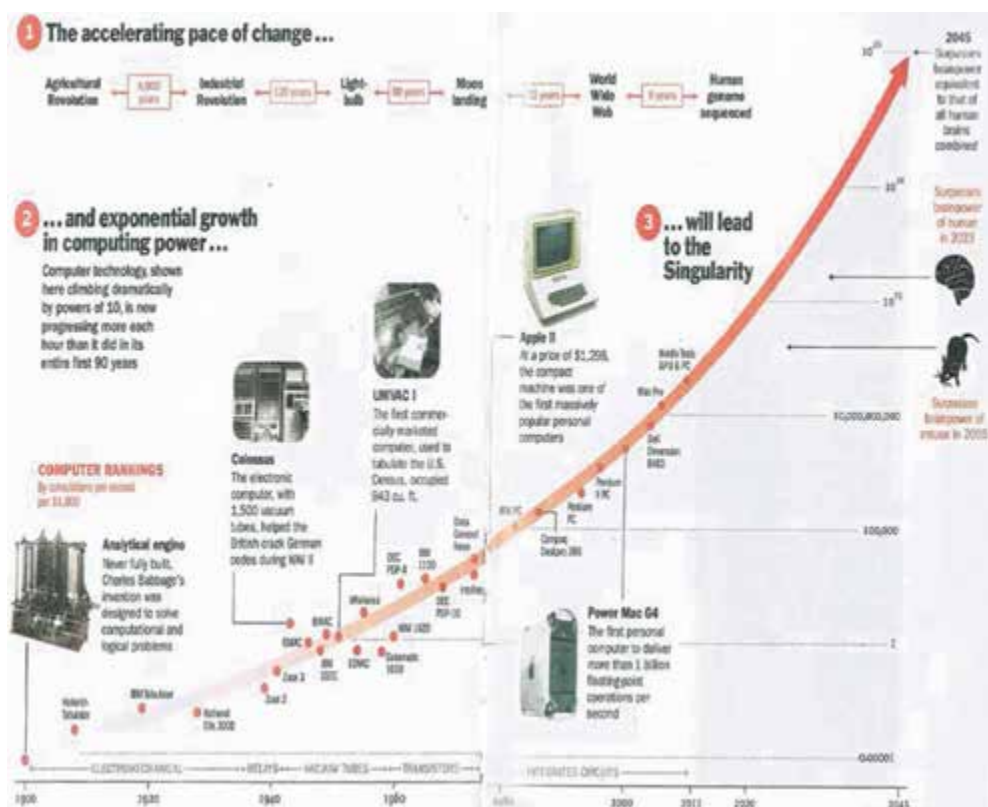
S druge strane, predviđene verbalne komunikacije s kompjutorima još nisu dovoljno razvijene, iako su nam izgledale na dohvat ruke. **SIRI** je već tu u aplikacijama. Dolazi i osobni asistent (Microsoft) **CORTANA**. Možda AI nije toliko brzo napredovao kako se ranije zamišljalo. Međutim, AI je uključena u nizu web aplikacija, u raznim apletima i skriveno/neprijetno integrirana u raznim uređajima. A možda smo MI samo neinformirani jer realnost su danas robotske tvornice, samovozeći automobili i razvoj robotike. Istražuje se intenzivni reinženjering mozga. Međutim, ostvareni su značajni koraci o kojima se pred desetak godina nije ni razmišljalo. Treba pogledati i uključiti se (predbilježiti se) samo na link i veze na **KurzweilAI.net** news [newsletter@kurzweilai.net], pa pratiti razvoj AI i srodnih područja. Zanimljiv je video na Abundance — The Future Is Better Than You Think o singularitetu (singularity) i ubrzanom razvoju.

Neobično je važna suradnja i razmjena nastavnika i studenata srodnih i raznih fakulteta, gostovanje stranih nastavnika, kao i suradnja na međunarodnim projektima. Kako je vidljivo iz fakultetskih Godišnjaka 2013. i 2015., taj se pristup i postupno ostvaruje u okvirima FP7, CIP i COST te bilateralnih projekata, što treba postati konstantna praksa i poluga razvoja.

4. Znanost i umjetnost

Sigurno je da su danas neke grafičke vještine proračuna konstrukcija prešle u umjetničke sižee (razne grafičke metode), iako neke i danas mogu korisno, na brzinu, poslužiti praktičnoj svrsi proračuna konstrukcija. Kako je i predvidio McLuhan, npr. sve slike u nekoć «bibliji» za proračun konstrukcija, knjizi Müller-Breslaw: Baustatik (crtane u crnoj, crvenoj i plavoj boji crta složenih crteža) su danas zapravo umjetnička djela, dok su u knjizi opisani postupci danas potpuno bespredmetni – povijest jednog vremena grafičkih proračuna, uglavnom mostovskih, konstrukcija.

Možda će se na jednoj razini budućeg razvoja te grafičke metode razviti kao CAD rutine, alati za proračune nekih konstrukcija (veržni poligoni, grafičko razlaganje sila i sl.), ako to bude izvedivo ili zanimljivo u razvoju (touchscreen), a u što još duboko sumnjam. Međutim, na mogućnosti takve evolucije ukazuju programi Rhinoceros 4.0 uz upotrebu programa Grasshopper (donedavna u beta testiranju) i u njega integriran Galapagos. Na to mi je ukazao kolega Zoran Boševski u svojem seminarskom radu na poslijediplomskom doktorskom studiju AF u Zagrebu (2010.).



Slika 10 – Iz TIME magazina, akcelerirajuće promjene i IT: singularity (2011.).



Slika 11 – Doktorski, poslijediplomski studij Arhitektonskog fakulteta u Zagrebu (2008.): quasi-tensegrity konstrukcija sfere – rad studenata, veselje kreiranja.

Naši građevinari i arhitekti su zasada definitivno izgubili utrku s naprednim tehnologijama građenja onog časa kada se ondašnja Vlada RH i tadašnje Ministarstvo obnove odlučilo raditi i provesti obnovu brojnih ratom uništenih i oštećenih objekata klasičnim načinima (ručne) gradnje, umjesto primjenom i uvođenjem robotizacije i napredne IT-CAD-CAM tehnologije građenja montažnih zgrada i objekata, ne shvaćajući da kod montažnih tvornički proizvedenih gradnji nikada ne može biti viška proizvedenih objekata, jer će uvijek negdje biti prirodnih i ratnih katastrofa i potreba za brzom gradnjom objekata; i nije da se na to nije upozoravalo, predlagalo... Bilo je to u to doba uzaludno traćenje vremena. Sada, uz dva robota za proizvodnju drvenih konstrukcija (u Izgradnji u Ogulinu) imamo i trećega (u Korenici) kojega je nabavio poduzetnik g. Ž. Ostojić. O ovom posljednjem se malo čuje. Zato bi se, ipak, morao osjetiti neki napredak u smislu primjene novih CAD-CAM tehnologija u nas.

Naravno, da i dalje možemo biti samozadovoljni. No, je li je to dostatno? I je li se od toga živi?

Osnove robotike i njene primjene u građevinarstvu bit će zanimljivi predmeti izučavanja, kao i rad na daljinu. O tome se može puno naučiti, barem na razini infor-

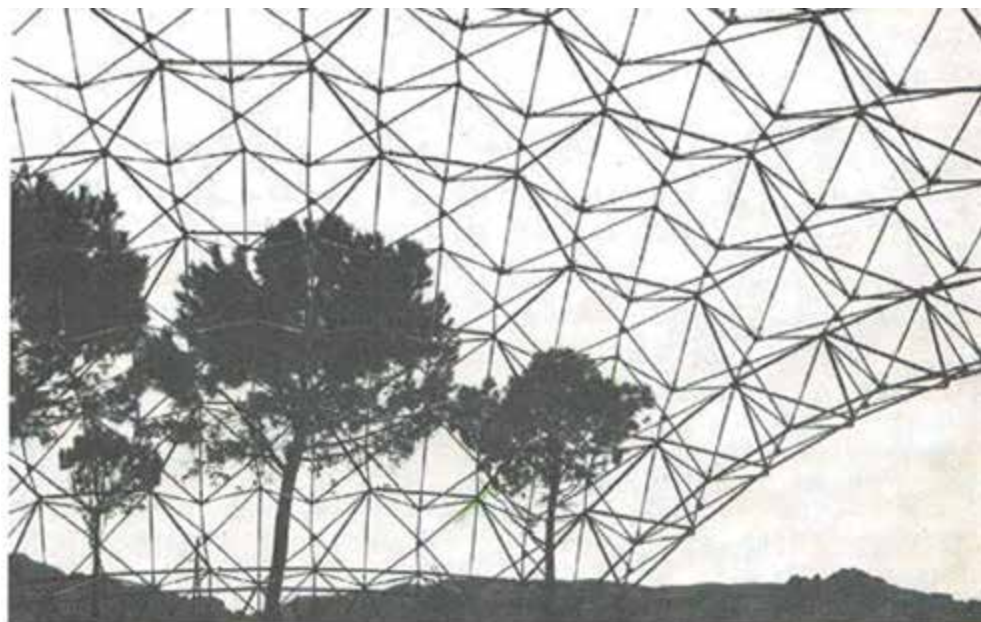


Fig. No. 104 Expandable truss technique developed by Emilio Pinero of Madrid. Segments packaged as compact bundles. Unfolded in wheeled trolleys and joined together to provide dome structures up to 300 feet in diameter.

Slika 12 – Emilio Pinero: ekspanzirajuća mobilna mrežasta kupola. Preslika iz knjige E. Popko: Geodesic, School of Architecture, Detroit, 1968. Pogledati WEB i YouTube.

macije o tome što se na polju IT i AI događa, istražuje i ostvaruje redovitim praćenjem Kurzweilove web stranice novosti: www.kurzweilAI.net. Potrebna je zato intenzivna suradnja i nastavnika i studenata s Fakultetom strojarstva i brodogradnje i s Fakultetom elektrotehnike i računarstva.

Pa što se predviđa da će se desiti u tom budućem periodu: u 2010. predviđalo se uvođenje bioničke sigurnosti, u 2013. bio je početak svemirskog turizma (upravo se ostvaruje u idejama Elona Muska), 2016. ostvarenje neke vrste holodeka (primjer sam vidio na štandu B-NETA ,a danas dostupno i komercijalno; impresivno, ali i još kao HD 3D TV. Godine 2019. se očekuje uvođenje kompjutera sa samosvijetlu. Naravno da je komunikacija sa strojevima vokalna i gestama, a 2020. očeku-

ju se prvi kućni roboti. Mnoga se predviđanja neće ostvariti u tim rokovima. Međutim, sav taj razvoj će imati posljedice na građevinsku industriju koja je odvajkada bila nevoljka primijeniti novitete. No, kako su arhitekti puno kasnije prihvatili kompjutore nego građevinari, koji su ih već koristili u raznim (samozadovoljnim ograničenim) domenama svoje djelatnosti, kad su se arhitekti tek upoznavali sa CAD-om, ali su ih onda počeli masovno primjenjivati koristeći CAD-alate, tako će arhitekti prisiliti građevinare na primjenu robotizacije i AI u domenama projektiranja i izvođenja građevina. Već ima i prijedloga arhitekata da se primjene neke robotske strukture, a u svijetu se već primjenjuje tzv. «smart» konstrukcija.

Pri tome se ne smije izgubiti iz vida da „netko“ treba fizički ostvariti i izraditi/izgraditi prototip, bilo mehaničkog sklopa, stroja robota ili elektronski čip. Uzgred, kao dječak, poznao sam vinkovačkog urara Ziglera koji je izrađivao svojom rukom satove (tzv. ku-ku-satove), ali i ručne satove. Tko to još u nas zna danas načiniti!?

Nažalost, prognoze i smjernice **četvrte industrijske revolucije** (Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 iz 2013.) o „pametnoj proizvodnji dobara“ i IOT (Internet Of Things) kao da se nas i ne tiču. Na to je nedavno u raspravi o Nacrtu prijedloga industrijske strategije Republike Hrvatske 2014.-2020. ukazalo i Znanstveno vijeće za tehnološki razvoj HAZU (2014.). U predloženom Nacrtu prijedloga, koje je Ministarstvo predložilo za diskusiju, zapravo i nema vizije razvoja, uloge i primjene IT-e i IOT-a te mjesta i uloge građevinarstva i u nas i u svijetu; sve je kod građevinskog sektora ograničeno na statistiku prošlosti, nemušto i bez ikakvih vizija budućnosti tog sektora.

Već danas se govori o proizvodnji na zahtjev (on demand) bilo čega. Već se sada mogu proizvesti razni 3D objekti: *3D inkjet printeri* i replikator razvijeni su kao prototipovi za industriju. Danas su komercijalno dostupni. Kemijski div BASF je razvio tinte koje će biti u mogućnosti tiskati plastične circuit-board (matične) ploče. Za 2400 dolara (uskoro i manje) može se već kupiti Fab@home desktop fabrikator koji može graditi male objekte od akrilika, a razmatra se i mogućnost izrade većih objekata iz raznih materijala, pa i zgrada. Centar za odgovornu nanotehnologiju predviđa personalne nanotvornice koje će biti ostvarene oko 2020. Smatra se da će nanotvornice imati i veliki ekonomski utjecaj jer će biti jeftinije proizvoditi predmete doma nego ih uvoziti iz dalekih zemalja. Treba i razmotriti utjecaj tih nanoproduktivnih programa smještenih na Webu. Takav samosklapajući replikator nabavljen je na Arhitektonskom fakultetu u Zagrebu (arh. R. Vdović) i nabavila je slični bivša tvrtka P&D (Petrović) iz Samobora.

Na MIT-u i Nizozemskoj se razvijaju uređaji za izvođenje (printanje) cijelih manjih zgrada.

Naglasak uvijek treba staviti na 3D dimenzije entiteta u prostoru. Inače će se razvoj zaustaviti na 2D percepcijama struktura, kao što se desilo u projektiranju mostova. Naime 2D osmišljaj je najlakši i najprimitivniji oblik dizajna entiteta, ma što o tome mislili današnji projektanti, pa i zadivljujuće velikih mostova. Treba shvatiti da dvodimenzionalni strukturalni entiteti ne postoje, a oni mogu biti dijelovi 3D složenih strukturalnih entiteta, ali 2D entiteti postoje samo na papiru ili nažalost i prosljedili su prisutnost i na monitorima računala.

Sigurno je da će se analize konstrukcija raditi s AI programima smještenim na WEB-u, možda kao AI brokera za entitete i standarde. Ima ih već i kao aplikacija na iPhonima i tabletima. Zato su odgoj u suradnja s drugim akterima dizajna i proizvodnje, smještenim na geografski udaljenim lokacijama bitni u odgoju buduće svjetski konkurentne inženjerske struke. Treba na oku držati i razvoj ANN (neuralnih mreža), posebice STANO projekta, u kojem se uspijeva premrežavanjem trenirane ANN mreže postići njena inventivnost: http://www.nanotech.biz/i.php?id=2002_02_15

Na sve ove izazove struka budućih inženjera mora biti pripremljena, pogotovo u eri ekspancijalnog rasta znanja, u kojem stara znanja zastarijevaju ekspancijalnom brzinom: *Lev Grossman: Sin.gu.lar.i.ty n: The moment when technological change becomes so rapid and profound, it represents a rupture in the fabric of human history* (u magazinu TIME, veljača 21. 2011.).

Zato treba već u najranijim godinama uvoditi IT i taj predmet usko vezati **za sve** predmete studija kroz **sve** vrijeme studiranja. Nastavu IT pak treba organizirati tako da se studentima ne zadaju gotovi/“prožvakani“ programi, već se znanje usvaja rješavanjem nekih ili nekog problema, kojeg se daje grupama ili grupi studenata, a u suradnji sa studentima drugih relevantnih studija (arhitekture (CAD), geodezije (GIS) i prema potrebama strojarstva i/ili elektrotehnike (instalacije, pokretljivost, senzori atenuatori) i sl. i gdje studenti ne moraju biti smješteni na istom sveučilištu, već na fakultetima i sveučilištima u zemlji i inozemstvu. Jedan takav projekt može se protezati kroz nekoliko semestara angažiranjem studenata viših i nižih godišta. Preduvjet je učenje i znanje (vjerojatno i sada) engleskog jezika, a može biti i kineskog. I potpuno drugačija organizacija nastave. Sličan pokušaj rađen je na FAG Sveučilišta u Ljubljani, a na zagrebačkom Građevinskom fakultetu taj kolegij vodio je (dosta kasnije aktiviran i drugačije nazvan) prof. dr. Ž. Turk s FAGG iz Ljubljane. Tamo je još 2001. osnovan Međunarodni postdiplomski studijski program Gradbene informatike na kojem su sudjelovali :

1. Univesidade do Algrave, School of Technology
2. Technische Universiteit Delft, Subfaculteit Civiele Tecniek, Afd. Bouwtechniek & Bouwprocessen
3. Technische Univeritat Dresden, Fakultat Bauingieurwesen

4. Uninova-Instituto De Desenvolvimento De Novas Tecnologias Lisboa
5. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
6. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (koordinator projekta)
7. University of Civil and Environmental Engineering Reykjavik
8. University of Salford, School of Construction and Property Management
9. Bauhaus-Universität Weimar, Faculty of Civil Engineering

Također treba napomenuti i međunarodne projekte studenata arhitekture i graditeljstva FAG Ljubljana u okviru predmeta Računalniško projektiranje konstrukcija, u okviru projekta EUCEET. (Sve dobro opisano u Zborniku seminarja Gradbena informatika 2001, FAGG, Ljubljana)

Prof. dr. Ž. Turk s FAGG Ljubljane angažiran je kao gostujući predavač na Građevinskom fakultetu u Zagrebu, pa se može očekivati i uključenje studenata tog fakulteta u te i slične međunarodne projekte, pogotovo kad je moguće i korištenje fondova EU. Treba se uključiti u programe kooperacije i razmjene stručnjaka i studenata kao što su ERASMUS, Tempus, LEONARDO, SOCRATES, ALFA i druge.

Naravno da to zahtjeva veći angažman i studenata i nastavnika kao i veći broj nastavnika i sustavnu, drugačije organiziranu, protočnu administrativnu i znanstvenu organizaciju te stalnu suradnju raznih fakulteta i sveučilišta (permanentna gostovanja/razmjene nastavnika i studenata), odgovarajuću opremu.... Naravno da svaki student mora imati svoj laptop i stalnu besplatnu vezu s internetom. Kako to djelomice izgleda, može se vidjeti iz sustava E-učenja, recimo na FER-u u Zagrebu. Također se dosta tih razmišljanja nalazi i polazi od web stranice: <http://www.unifi.it/tne4/> kao i podataka s: line.tvz.hr/zlatovic/inzenjersko_obrazovanje_u_europi.html. I revolucionarna **edX** i MOOCs inicijative MIT-a i Harvarda u daljinskom učenju: <http://www.kurzweilai.net/mit-and-harvard-launch-a-revolution-in-education>.

Najgore je postojeće rješenje: studentima zadavati gotove zadatke, obično preslike nekih prošlih, isto tako zadanih problema, kako se to već godinama i desetljećima radi (tzv. «šprance») koje studenti onda trebaju riješiti: zada im se «statički (rebus) sistem», greda ili rešetka ili okvir, i to obično u pravilu u 2D ravnini, jer je to navodno «jednostavnije», sve bez dimenzija, s nekim ad hoc zadanim rubnim uvjetima (zašto baš takvi oslonci?) i bez naznaka korištenja materijala, načina spajanja elemenata, i na tom zadanom entitetu neka (od asistenta dana/zadana) opterećenja, obično bez veze sa stvarnim ili propisima zadanim opterećenjima. Nije napredak ako se te 2D „šprance“ stave u EXCEL tablice. Nikako studentima onda nije jasno zašto je izabran baš takav **papirnati** «konstruktivni» sustav, čemu takav sustav koristi, i zašto je baš takav sustav NJEMU zadan? I zašto je baš tako opterećen zadanim silama ili/i pomacima? Koje su odrednice i razlozi odabira baš takvog zadanog sustava? U čemu je racionalnost izvedbe baš takve konstrukcije iz nekog

odabranog/njemu zadanog materijala, načina izvedbe i sl.? Gdje mu je geneza u praksi? Koja su alternativna rješenja? Bolero na vježbama i s vježbama.... Dapače, u doba kad ima aplikacija za recimo dimenzioniranje i statičke analize konstrukcija na I-podima, ne može se zabraniti studentima njihovo korištenje na nekim ispitima. Naravno, sustav treba omogućiti svim studentima korištenje tih uređaja. Ne može biti bitne razlike u posudbi knjiga ili I-poda i sličnih uređaja iz fundusa fakultetskih biblioteka.

Današnja edukacija na fakultetu mora biti organizirana kao **projektno usmjerena**, a ne kao do sada predmetno orijentirana. Treba pod hitno uvesti suradnju na projektima s bliskim i IT orijentiranim fakultetima, među fakultetima u gradu, u zemlji i inozemnim srodnim fakultetima. Zašto se još i danas ništa ne proučava o sojevicama i građenju u plavnim područjima? A poplave su realnost.

Razmjena nastavnika i studenata mora postati nešto uobičajeno, stalno, a ne sporađično i izolirano. Konačno, stupanj današnje IT omogućava takav projektno orijentirani studij.

Međutim, ako se pogleda mnoštvo tema/naslava diplomskih i poslijediplomskih radova kandidata, vidi se da ne postoji kohezija među temama koje se obrađuju. Tu su naslovi tema koji bi mogli biti aktualni i prije desetak godina. Nažalost, u navedenim temama nema ni traga povezanosti istraživanja s europskim i svjetskim istraživačkim prostorom, a ni transdisciplinarnog povezivanja. Nema ni istraživanja ekspertnih sustava ni razvoja aplikacija. To je razvidno iz impresivnog materijala Godišnjaka 2013. Građevinskog fakulteta (2014.).

Osnova studija statike moraju biti fizika i matrična metoda proračuna konstrukcija, koja brzo vodi k metodi konačnih elemenata, modeliranju konačnim elementima i oblikovanju 3D računalnih modela, na kojima se onda primjenom suvremenih FEA programa mogu razraditi svi ostali elementi statike, dinamike i teorije elastičnosti. Poučne su u tom pogledu već povijesne knjige *Coates, Coutie, Kong: Structural Analysis* (izdana još davne 1972. godine: izdavač NELSON) i *Ian A. MacLeod-a: Modern Structural Analysis –Modelling process and guidance* (iz 2005. izd. T. Telford). Također i moje knjige: *Proračun građevnih konstrukcija računalom* (ŠK, 1993.), *Drvene konstrukcije* (I, II, III, IV, Pretei, 1999. – posebice *DK I – Osnove projektiranja drvenih konstrukcija*). Naravno da je preduvjet takvog studija da svaki student ima svoj laptop (ili I-pad ili sl.) sa stalnom internetskom vezom i s instaliranim programima koji su mu potrebni za rješavanje zadaće i studiju problema te za komunikaciju s drugim akterima tog projekta. Svako rješenje, jer je zasnovano na realnim osnovam, treba onda pohraniti u datoteke, koje će, potom, filtrirane biti setovi za učenje neuralnih mreža (ANN) i stvaranje novih problemski orijentiranih, na Webu smještenih ANN – ekspertnih sustava i tzv. «E-brokera» ili aplikacija. Naravno da treba raskrstiti s nizom postupaka, koji su u određenom vremenu bili i

zanimljivi i korisni, ali koji danas služe samo za «žderanje» vremena toliko potrebnog za «brušenje» stvarne struke. Također treba neke prije razložene predmete (tzv. fisijom predmeta, npr. asistentskim nasljedstvom umirovljenjem profesora) ponovno integrirati, dakle učiniti fuziju predmeta ili pak predavati samo određena poglavlja predmeta u roku potrebnom za to, pa bio on i manji od jednog semestra.

Naravno, ovo se vjerojatno odnosi i na druge, meni manje poznate predmete studija građevine jer vjerojatno i tamo ima problema u percepciji suvremene nastave usmjerene budućnosti struke.

I konačno, ne moraju sve inicijative poteći iz nadležnih ministarstava. Vjerojatno su potrebne i radikalne izmjene nastavnih programa iz kojih bi se trebalo eliminirati danas već potpuno zastarjele postupke proračuna konstrukcija, govoreći sa stajališta moje struke konstruktora.

5. Arheologija tehničkih znanosti ili znanost tehničke arheologije

S obzirom da sam dugo sudjelovao u nizu projekata, znanstvenih projekata i u nastavi raznih predmeta Građevinskog i Arhitektonskog fakulteta u zemlji i inozemstvu (WEB) te napisao nekoliko knjiga (<http://www3.telus.net/MAPAZ/zvonimir-zagar.htm>), dakle dosta duboko godinama bio «uronjen/zaronjen» u struku, smatrao sam potrebnim ukazati na neminovnu eliminaciju nekih nama još uvijek „dragih nam“ znanja kojima se, međutim, nepotrebno opterećuju sadašnje generacije studenata (recimo konstruktora). Nedvojbeno je da ta zastarjela tehnička znanja, a nama možda još uvijek draga, jer su naslijeđe naše mladosti, moraju biti izostavljena iz fundusa suvremene nastave tehničkih znanosti, ali bi bila zaista šteta da propadnu i prepuste se zaboravu vremena.

Možda imam krivo, ali mi se čini da bi u okvirima Studija arheologije na filozofskim fakultetima trebalo osnovati i jedan novi interdisciplinarni predmet/studij **Tehničke arheologije** u kojem bi se mogla ta znanja i pohraniti i dalje proučavati, kako se ne bi prepustila zaboravu vremena. Niz nekoć genijalnih tehničkih postupaka, začetaka IT programa, raznih uređaja i projekata sustavno će, u suprotnom, vremenom izbljedjeti i biti predani zaboravu. Tehnički muzeji i arhive, kao i biblioteke, nisu rješenja, jer te institucije pohranjuju predmete, uređaje, modele, knjige, projekte, ali ne objašnjavaju postupke i teorije iza tih postupaka, dakle znanja koja ne bi trebalo našom ignorancijom zaboraviti.

Konačno, smatram da se suvremena arheologija ne može ograničiti samo na iskopine i predmete i proučavanja s tim u svezi. O tome sam jako davno raspravljao i s mojim kolegom pokojnim prof. dr. Stojanom Dimitrijevićem, profesorom arheologije, ali njegovom preranom smrću prije 35 godina, nažalost je sve to palo u daleki zaborav. Danas već postoje «tehničke iskopine» pohranjene u tehničkim muzejima i zbirkama. Neke su izložene i kao skulpture, npr. parni stroj ispred zgrade Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, ili crpka za naftu, ispred zgrade INE u Zagrebu. Da i ne spominjemo Antikiteru, (astroglobe ?) – mehanizam kojeg se još proučava, kojem se danas otkriva i svrha, a i istražuje mogućnost izvedbe tog mehanizma što ima implikacije i na samo objašnjenje povijesti koju smo učili u školi. Danas se intenzivno proučavaju razni utilitarni i vojni strojevi iz nedalekog rimskog perioda. Kao i neki postupci građenja iz tog i prethodnih doba. Zaboravljena znanja i upozorenje našoj generaciji.

Sada, kad se mnogo govori o Bolonjskom procesu, možda je vrijeme da se raspravi i o zastari mnogih (ne samo tehničkih) znanja, za koje mnogi nastavnici misle da su i dalje od neprocjenjive važnosti za njihovu struku i samu znanost. Nažalost,



Slika 12 – Pješačka pasarela O. Arupa u Washington muzeju: složena tensegrity struktura – umjetničko djelo.

mnoga od tih znanja i dalje se predočuju studentima – današnjim generacijama, kao neka od povijesnih temelja struke, a neminovno su, već danas, osuđena na eliminaciju iz suvremenih kurikula, a prepustiti ih zaboravu bi stvarno bila povijesna šteta. Možda je sada vrijeme da se ta znanja presele iz domena tehničkih znanosti u jedan interdisciplinarni studij arheologije, gdje će se ta znanja i postupci moći sačuvati, proučavati i istraživati, a moguće i unaprijediti razvojem i primjenom novih, nadolazećih i danas nama još nesagledivih IT tehnologija. Da napomenem neka: proračun elastičnog težišta okvira i lukova, Claperonov postupak, tromomentne jednadžbe, Cremonin plan sila, Williotov plan pomaka, Crossov i Nylorov postupak, upitna je i primjena verižnih poligona (kod proračuna lukova), Ritterov i Culmanov postupak proračuna sila u rešetkama, sve kompleksne konstrukcije/proračuna utjecajnih linija, podjela konstrukcija na određene i neodređene konstrukcije (postoje uglavnom samo neodređene u prostoru, ostalo su česta pogubna pojednostavljenja), postupak sa stalnim točkama (kod proračuna kontinuiranih nosača), cijeli kompleks proračuna pomoću metode sila (zadržati samo fizičke osnove), svi postupci i teorije zasnovane na dizajnu entiteta po dopuštenim naprezanjima i neka druga «nama draga» područja predinformatičke ere. Cijeli dijelovi i poglavlja deskriptivne geometrije, prodori, sjene i sl. Poglavlja **prije CAD** ere! Nije se shvatilo da se 3D oblici, strukture građevina nikako ne bi smjelo/trebalo razlagati na tzv. „jednostavnije“ 2D – ili 1D – strukture. Time se kroz studij prirodni trodimenzionalni zor svodi na dvo- i jedno- dimenzionalne, zapravo nepostojeće strukture. To posljedično ima porazan efekt u građevinskoj i manje arhitektonskoj praksi oblikovanja i osmišljavanja građevina. Naravno da i u drugim područjima i drugim tehničkim strukama edukacije postoje takva (danas suvišna – outdated) dragocjena područja koja ne treba zaboraviti.

Neki od navedenih postupaka i artefakata više se i ne proučavaju i studiraju, pa su, nažalost (ili na sreću), već sada, prepušteni zaboravu ili su izloženi kao skulpture ili se nalaze izloženi u muzejima. Međutim, prijeti opasnost da se znanja tog perioda, pa i našeg, totalno zaborave. Upozorenje nam je zaboravljeno znanje konstruiranja mehanizma Antikitere: (http://en.wikipedia.org/wiki/Antikythera_mechanism).

Također moramo biti svjesni i činjenice da će ova sadašnja sva suvremena znanja informatičkih revolucija i evolucija isto tako zastarijevati i biti zamijenjena s novim znanjima, teorijama i tehnologijama, pa će u proteku vremena biti isto tako preseljena u povijest i u tehničku arheologiju. Kako znanost i tehnologija brzo i eksponencijalno napreduju, ne bi trebalo zaboraviti ta prošla znanja, koja su dijelovi ljudske povijesti i napretka. Povijest nam je i dosad pokazala da su mnoga davna znanja i postupci potpuno zaboravljeni, pa ih danas, možda, i iz ljudskog interesa ponovno «otkrivamo» iz nekih sačuvanih knjiga, crteža i sačuvanih projekata (“rozete” prošlih znanja). Zbog nebrige mnogo je te dokumentacije nestalo ili nebrigom ili neznanjem uništeno i nepovratno izgubljeno.

Kako bi pak trebalo postupati s dokumentacijom, pokazuje primjer skladištenje milijuna svih vrsta fizičkih fotografija, filmova i fotozapisa u podzemnim voltama bivšeg rudnika koje je osnovao Bill Gates u SAD-u (<http://www.scanyourentirelife.com/2012/bill-gates-archive-corbis-iron-mountain-photographs>).

6. Čuvanje postupaka

U ovom razmišljanju ima nekih naznaka i prijedloga, a razmatrano područje čuvanja postupaka se ne odnosi samo na graditeljstvo i građevinarstvo, arhitekturu, već i na strojarstvo i brodogradnju, elektrotehniku i, zašto ne, na neke skoro sve druge struke. Osim toga, ova razmišljanja su samo moj osobni stav zasnovan na mojim iskustvima projektiranja i dugogodišnjeg iskustva edukacije studenata. U etnografskim muzejima čuva se i proučava, osim fizičkog, i duhovno narodno blago.

Literatura

Literatura se navodi u jako suženom obimu, jer se čitateljstvu sugerira samosvjesno individualno istraživanje ove navedene skicirane problematike, a kojima se reference danas mogu naći na pretraživačima kao što su npr. GOOGLE i drugi pretraživači/rudari te i u Wikipediji i u tekstu naznačenim WEB stranicama i linkovima s tih stranica. Ovaj tekst je nastavak prethodno objavljenih radova autora u časopisu Naše građevinarstvo, edicije Tehnika, koji se navode u citiranoj literaturi te citatima u navedenim radovima.

1. Zvonimir Žagar: Kako nadvladati zasade naslijeđa u školovanju građevinskih inženjera (I. dio); Naše Građevinarstvo 60 (2006) 4, 8-14, Tehnika LXI, 2006, br.4.
2. Zvonimir Žagar: Kako nadvladati zasade naslijeđa u školovanju građevinskih inženjera (II. dio); Naše Građevinarstvo 60 (2006) 5, 13-18, Tehnika LXI, 2006, br.5.
3. Zvonimir Žagar: Smisao potrebe promjene sustava školovanja građevinskih inženjera; Naše Građevinarstvo, Tehnika 3/2012, 352-359.
4. Ekskluzivni intervju s Ray Kurzweilom o njegovoj knjizi „How to Create a Mind“ (2012.) na: http://www.kurzweilai.net/exclusive-interview-with-ray-kurzweil?utm_source=KurzweilAI+Weekly+Newsletter&utm_campaign=2c26d1e32e-UA-946742-1&utm_medium=email.
5. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Forschungsunion, Acatech, Federal Ministry of Education and Research, April 2013.
6. Smart Manufacturing Coalition-led Project Wins DOE Clean Energy Manufacturing Contract, SMLC – Smart Manufacturing Leadership Coalition, Nimbis Service 2013.
7. materijali Znanstvenog vijeća za tehnološki razvoj HAZU: Preporuke temeljene na raspravi Obrazovanje za tehnološki ovisno društvo znanja, Zagreb, 2014.
8. Z. Žagar: Bojazan od numeričkih postupaka i novih materijala, Građevinar 66 (2014) 2, 167-151.
9. Dubravka Sekulić: tri tačke oslonca- three points of support: Zoran Bojović, Muzej suvremene umetnosti, Beograd, 2013.

The Education of Civil Engineers for the Purposes of Uncertain Future

Žagar Zvonimir

Faculty of Civil Engineering University of Zagreb
zzagar@h-l.hr

As a result of current fast-paced developments in the field of information science and technologies, the need for radical changes in the education of civil engineers has also emerged, not only within the context of the Bologna process, but also taking into account changes of the core program of these studies which will enable a higher level of competitive edge for civil engineers in all fields and aspects of further inclusion within the framework of European and international markets. This program proposes the introduction of a new study curriculum, and the introduction of a new university based study of Archeology within the scope of the Faculty of Humanities and Social Sciences and incorporated as part of the program of the study of archaeology

.Key words:

information technology (IT), civil engineering, study, teaching programs, technical archaeology

**Pregled aktivnosti
Akademije tehničkih znanosti Hrvatske
u 2016. godini**

Pregled aktivnosti Akademije tehničkih znanosti Hrvatske u 2016. godini

Strika Melanija

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske
melanija.strika@hatz.hr

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ), osnovana 19. siječnja 1993. kao Hrvatska akademija tehničkih znanosti, znanstvena je organizacija koja okuplja istaknute domaće i inozemne znanstvenike s područja tehničkih i biotehničkih znanosti. Bavi se promicanjem tehničkih i biotehničkih znanosti, okupljanjem i poticanjem međusobne suradnje znanstvenika različitih tehničkih, biotehničkih i drugih područja, kao i njihove suradnje s gospodarstvom radi podupiranja djelotvornoga znanstvenog i gospodarskog razvoja Hrvatske bez namjere stjecanja dobiti. Godine 2009. Akademiji je priznat status znanstvene organizacije u sustavu Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH.

Od 2000. Akademija je članica Međunarodnoga vijeća akademija tehničkih znanosti i inženjerstva sa sjedištem u Williamsburgu, Virginia, SAD (CAETS – International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences: www.caets.org), a od 2005. članica je Europskog vijeća akademija primijenjenih znanosti, tehnologija i tehničkih znanosti sa sjedištem u Parizu, Francuska, EU (Euro-CASE – European Council of Academies of Applied Sciences, Technologies and Engineering: www.euro-case.org).

Predstavnici Akademije – prof. dr. sc. Vladimir Andročec, predsjednik Akademije i prof. dr. sc. Zdravko Terze, dopredsjednik Akademije i predsjedatelj Odbora za međunarodnu suradnju Akademije – sudjelovali su u 2016. na dvije sjednice Upravnog odbora Euro-CASE-a (Euro-CASE Board), kao članovi Upravnog odbora, u Parizu, Francuska, 21.-26. svibnja 2016. te u Lyngbyju, Danska, 13.-15. studenoga 2016. U svibnju 2016. u Parizu predstavnici Akademije također su sudjelovali i na sastancima vezanima uz Projekt SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies).

Projekt SAPEA vrlo je interesantan za akademsku zajednicu kao i za gospodarski i politički život zemalja članica Europske unije. Zamisao je Europske komisije i predstavlja međuakademijsku suradnju na razini EU, a unutar njega uključeno je i umreženo pet asocijacija europskih akademija (The 5 European Academy Networks): AE – Academia Europaea, ALLEA – All European Academies (čija je članica i Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti), EASAC – European Academies Science Advisory Council, Euro-CASE i FEAM – Federation of European Academies of Medicine. Osim europskih akademija, ovaj projekt okuplja i akademije iz Izraela, Armenije, Gruzije i Turske. Cilj ove međuakademijske suradnje na razini EU jest osigurati Europskoj komisiji neovisnu i interdisciplinarnu politiku temeljenu na znanstvenim činjenicama, zahvaljujući kombiniranju resursa 100 pojedinačnih akademija diljem Europe, od kojih svaka ima stotine članova te pokriva sve znanstvene discipline: društvene, humanističke, prirodne, tehničke i medicinske znanosti. Projekt SAPEA službeno je pokrenut u Bruxellesu 13. prosinca 2016. i financiran je u sklopu programa Obzor 2020.



Slika 1 – Službeno pokretanje Projekta SAPEA u Bruxellesu 13. prosinca 2016. Slijeva nadesno: Günter Stock (ALLEA), Robert-Jan Smits (Glavna uprava EK za istraživanje i inovacije), Bernard Charpentier (FEAM), Jos van der Meer (EASAC), Sierd Cloetingh (Academia Europaea) i Jacques Lukasik (Euro-CASE) Izvor: Europska komisija



Slika 2



Slika 3



Slika 4

Slike 2-4 – Euro-CASE Board Meeting i Euro-CASE Annual Conference 2016 “Big Data – Smarter Products, Better Societies”, Lyngby, Danska, 13.-16. studenoga 2016. Izvor: Euro-CASE

U okviru svog članstva u CAETS-u Akademija je uključena u platformu “Frontiers of Engineering” u organizaciji američke National Academy of Engineering, najveće i najutjecajnije članice CAETS-a. Nakon opsežnih priprema koje su provedene tijekom 2016. godine, u studenom 2017. na Kalifornijskom sveučilištu u Davisu, Kalifornija, SAD, održat će se Simpozij “EU-US Frontiers of Engineering”, posvećen razvoju, izazovima i suradnji SAD-a i EU na tom području koji suorganiziraju članice CAETS-a (NAE) i Euro-CASE-a (TAF – Technology Academy Finland).

U studenom 2016. u Lyngbyju, Danska, predstavnici Akademije sudjelovali su i na godišnjoj konferenciji Euro-CASE-a 2016 „**Big Data – Smarter Products, Better Societies**”. Akademija u okviru svog članstva u Euro-CASE-u sudjeluje u projektu Engineering Education Platform (posvećenom snažnijem pozicioniranju i vidljivosti inženjerskog obrazovanja u širem korpusu politika Europske komisije, posvećenih visokom obrazovanju u Europi što je izravno povezano s istraživanjem i razvojem kao preduvjetima za stvaranje radnih mjesta, ekonomskog rasta i prosperiteta EU).

Jedan od najznačajnijih skupova Akademije, organiziran u suradnji s Hrvatskim inženjerskim savezom i Fakultetom elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, bio je **2. Dan inženjera Republike Hrvatske**, održan 2. ožujka 2016. na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu.

Akademija je 17. listopada 2016. u dvorištu Doma HATZ-a u Zagrebu, Kačićeva 28, svečano otkrila bistu prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića, pokojnog počasnog člana Akademije. Prof. dr. sc. Vatroslav Lopašić, pokojni počasni član Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, bio je istaknuti hrvatski fizičar – klasik hrvatske fizike, znanstvenik, stručnjak i sveučilišni nastavnik koji je formirao i odgojio mnoge generacije mladih inženjera te dao neizmjeran doprinos u smislu osnivanja znanstve-



Slika 5 – Radno predsjedništvo 2. Dana inženjera RH. Izvor: HIS



Slika 6 – Prof. dr. sc. Vladimir Androćec, predsjednik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Izvor: HIS



Slika 7 – Prof. dr. sc. Vjera Krstelj, predsjednica Hrvatskog inženjerskog saveza. Izvor: HIS



Slika 8 – Zdesna nalijevo: prof. dr. sc. Predrag Šustar, tadašnji ministar znanosti, obrazovanja i sporta RH, prof. dr. sc. Mislav Grgić, dekan Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, domaćin 2. Dana inženjera RH; prof. dr. sc. Zvonimir Guzović, dekan Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu i prof. dr. sc. Miljenko Šimpraga, prorektor Sveučilišta u Zagrebu za inovacije, transfer tehnologije i komunikacije. Izvor: HIS



Slika 9 – U sredini: prof. dr. sc. Vjera Krstelj, predsjednica HIS-a i prof. dr. sc. Vladimir Andročec, predsjednik HATZ-a s predstavnicima Hrvatskog vojnog učilišta “Petar Zrinski”. Izvor: HIS



Slika 10 – Slijeva nadesno u prvom redu: akademik Leo Budin, akademkinja Milena Žic Fuchs, akademik Marin Hraste; u drugom redu: prof. dr. sc. Zijad Haznadar, prof. dr. sc. Stjepan Car. Izvor: HIS



Slika 11 – U prvom redu: akademik Igor Anić, predsjednik Akademije šumarskih znanosti; slijeva nadesno u drugom redu: prof. dr. sc. Branka Vojnović, prodekanica za nastavu Tekstilno-tehnološkog fakulteta u Zagrebu; prof. dr. sc. Sandra Bischof, dekanica Tekstilno-tehnološkog fakulteta u Zagrebu; prof. dr. sc. Vladimir Jambreković, dekan Šumarskog fakulteta u Zagrebu; prof. dr. sc. Bruno Zelić, dekan Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu; zdesna nalijevo u četvrtom redu: prof. dr. sc. Dubravko Rogale, glavni tajnik HATZ-a, prof. dr. sc. Vladimir Medved, dopredsjednik HATZ-a; u sredini u šestom redu: prof. dr. sc. Dubravka Bjegović, tajnica Odjela građevinarstva i geodezije HATZ-a. Izvor: HIS



Slika 12 – Pogled na dvoranu sa sudionicima 2. Dana inženjera RH, FER, 2. ožujka 2016. Izvor: HIS



Slika 13 – Slijeva nadesno: prof. dr. sc. Mislav Grgić, dekan FER-a, prof. dr. sc. Dubravko Rogale, glavni tajnik HATZ-a, prof. dr. sc. Zdravko Terze, dopredsjednik HATZ-a, prof. dr. sc. Vladimir Androćec, predsjednik HATZ-a, prof. emer. dr. sc. Stanko Tonković, prethodni predsjednik HATZ-a, prof. dr. sc. Vladimir Medved, dopredsjednik HATZ-a; u pozadini: pokrivena bista prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića i bista prof. emer. dr. sc. Vere Johanides, koja je svečano otkrivena 2011. Izvor: HATZ

nih institucija i studija te unaprjeđenja i razvoja studija prirodnih i tehničkih znanosti u Hrvatskoj.

Bista je rad akademskog kipara Borisa Leinera.



Slika 14 – Pogled na uzvanike, Upravu HATZ-a i članove HATZ-a. Izvor: HATZ



Slika 15 – Pogled na uzvanike i članove HATZ-a. Izvor: HATZ



Slika 16 – Bista prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića. Izvor: HATZ



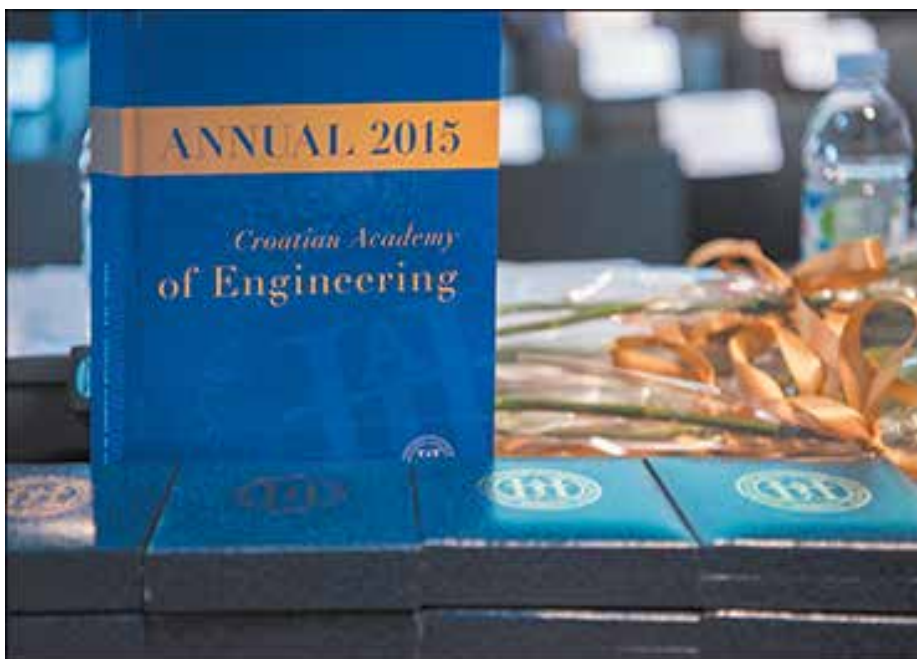
Slika 17 – Borislav Leiner, akademski kipar, autor biste prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića, uz svoje djelo. Izvor: HATZ



Slika 18 – Gđa Ana Tučkar (desno), nećakinja prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića, uz njegovu bistu. Izvor: HATZ



Slika 19 – Predstavljanje “Annuala 2015 of the Croatian Academy of Engineering” na 31. godišnjoj skupštini HATZ-a u Auli Sveučilišta u Zagrebu, 11. svibnja 2016. Izvor: HATZ



Slika 20 – “Annual 2015 of the Croatian Academy of Engineering”. Izvor: HATZ

U sklopu svoje izdavačke djelatnosti, Akademija je u 2016. objavila jedan novi broj Glasnika Akademije na hrvatskom jeziku „*Tehničke znanosti*“ te dva nova broja Glasnika Akademije na engleskom jeziku „*Engineering Power*“, kao i Godišnjak Akademije na engleskom jeziku „*Annual 2015 of the Croatian Academy of Engineering*“.

Akademija je u 2016., kao pokrovitelj i u suradnji s Pučkim otvorenim učilištem Zagreb, objavila drugo prošireno i dopunjeno izdanje monografije prof. dr. sc. Gojka Nikolića „*Život i izumi Fausta Vrančića*“.

Akademija je u 2016. godini održala 20 sjednica Uprave, 3 sjednice Predsjedništva, 2 sjednice Znanstvenog vijeća, 1 Skupštinu te niz sjednica ostalih tijela Akademije (Odjela, Odbora i Centara). Akademija je također u 2016. provela interni poziv za izbor novih emeritusa Akademije i članova Akademije te je u status emeritusa Akademije unaprijedila 8 članova Akademije, a u status članova Akademije unaprijedila je 13 suradnika Akademije. U status podupirućih članova Akademije primljeno je 7 znanstveno-visokoobrazovnih institucija, organizacija i gospodarskih subjekata.



Slika 21 – Predstavljanje monografije prof. dr. sc. Gojka Nikolića „Život i izumi Fausta Vrančića“ (II. prošireno i dopunjeno izdanje) na 31. godišnjoj skupštini HATZ-a u Auli Sveučilišta u Zagrebu, 11. svibnja 2016. Izvor: HATZ



Slika 22 – Pozdravni govor rektora Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Damira Borasa na 31. godišnjoj skupštini HATZ-a (Aula Sveučilišta u Zagrebu, 11. svibnja 2016.). Izvor: HATZ



Slika 23 – Rektor Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Damir Boras drži pozdravni govor na otvorenju 31. godišnje skupštine HATZ-a. Izvor: HATZ



Slika 24 – Uzvanici na 31. godišnjoj skupštini HATZ-a. Slijeva nadesno: Jadranka Veselić-Bruvo, dipl. ing. arh., pročelnica Gradskog ureda za strateško planiranje i razvoj grada, izaslanica gradonačelnika Grada Zagreba; prof. dr. sc. Srećko Tomas, pomoćnik ministra za visoko obrazovanje i izaslanik ministra znanosti, obrazovanja i sporta RH, član Akademije u Odjelu kemijskog inženjerstva; Pero Ćosić, dipl. ing. grad., predsjednik saborskog Odbora za pomorstvo, promet i infrastrukturu, izaslanik predsjednika Hrvatskog sabora; prof. dr. sc. Damir Boras, rektor Sveučilišta u Zagrebu, počasni član Akademije i domaćin Skupštine. Izvor: HATZ



Slika 25 – Uzvanici na 31. godišnjoj skupštini HATZ-a. Slijeva nadesno: prof. dr. sc. Vjera Krstelj, predsjednica Hrvatskog inženjerskog saveza; prof. dr. sc. Jasna Lipozenčić, predsjednica Akademije medicinskih znanosti Hrvatske; akademik Igor Anić, predsjednik Akademije šumarskih znanosti; prof. dr. sc. Dragan Primorac, predsjedatelj Odbora za međunarodne odnose Američke akademije forenzičkih znanosti, počasni član Akademije. Izvor: HATZ



Slika 26 – Pogled na Aulu Sveučilišta s uzvanicima i članstvom Akademije. Lijevo: Sandra Kramar, prof., Ured za odnose s javnošću Sveučilišta u Zagrebu, voditeljica Skupštine. Izvor: HATZ



Slika 27 – Slijeva nadesno: dr. sc. Ivan Marović, Građevinski fakultet u Rijeci, dobitnik Nagrade HATZ-a mladom znanstveniku „Vera Johanides“ za 2015. godinu; prof. dr. sc. Nevenka Ožanić, Građevinski fakultet u Rijeci, prorektorica za investicije i razvoj Sveučilišta u Rijeci, članica Akademije u Odjelu građevinarstva i geodezije; prof. dr. sc. Vladimir Andročec, predsjednik Akademije; Đuro Horvat, dipl. oec., direktor tvrtke Tehnix d.o.o., podupirućeg člana Akademije. Izvor: HATZ



Slika 28 – Prof. dr. sc. Vladimir Andročec, predsjednik Akademije, podnosi izvještaj o radu Akademije u 2015. godini. Izvor: HATZ



Slika 29 – Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, glavni tajnik Akademije. Izvor: HATZ



Slika 30 – Prof. dr. sc. Vladimir Medved, dopredsjednik Akademije, podnosi izvještaj o radu odjela i centara Akademije u 2015. godini. Izvor: HATZ



Slika 31 – Prof. emer. dr. sc. Stanko Tonković, prethodni predsjednik Akademije. Izvor: HATZ

Akademija je u 2016. godini raspisala i provela Natječaj za dodjelu nagrada za 2015. godinu te je dodijelila 1 Nagradu za životno djelo „Moć znanja“, 2 Godišnje nagrade „Rikard Podhorsky“ te 4 Nagrade mladom znanstveniku „Vera Johanides“. Nagrade uključuju diplome/priznanja (Nagrada „Moć znanja“ također i Medalju Akademije) te odgovarajuće novčane iznose koje svake godine određuje Predsjedništvo Akademije sukladno prikupljenim sredstvima donatora za nagrade: Končara – Instituta za elektrotehniku d.d., Plive Hrvatska d.d. i Centra za vozila Hrvatske d.o.o.

Posebno uspješnu suradnju Akademija ostvaruje s Hrvatskom akademijom znanosti i umjetnosti (s kojom je 2014. potpisala Sporazum o suradnji) i Leksikografskim zavodom Miroslav Krleža, s kojim je, zajedno s HAZU, 2014. godine, potpisala tripartitni Protokol o suradnji na iznimno važnom projektu “Hrvatska tehnička enciklopedija”. Intenzivan rad na ovom projektu tijekom prethodnih godina, a posebno tijekom 2016., rezultat će skorim izdavanjem prvog sveska Enciklopedije u 2017. godini. Na ovom projektu posebno su angažirani članovi Akademije koje je kao autore i urednike nominiralo Znanstveno vijeće Akademije na čelu s predsjednikom prof. dr. sc Zdravkom Terzeom.



Slika 32 – Prof. dr. sc. Zvonko Dragčević, predsjedatelj Odbora za nagrade Akademije. Izvor: HATZ



Slika 33 – Prof. emer. dr. sc. Zlatko Kniewald (desno), dobitnik Nagrade HATZ-a za životno djelo „Moć znanja“ za 2015. godinu, emeritus Akademije u Odjelu bioprocesnog inženjerstva, tajnik Odjela, član Predsjedništva i predsjednik Akademije u dva mandata (2003.-2005. i 2005.-2009.), prima diplomu i Medalju Akademije od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca. Izvor: HATZ



Slika 34 – Dr. sc. Ivan Marović, Građevinski fakultet u Rijeci, dobitnik Nagrade HATZ-a mladom znanstveniku „Vera Johanides“ za 2015. godinu, prima diplomu Akademije od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca. Izvor: HATZ



Slika 35 – Dr. sc. Ana Belščak-Cvitanović, Prehrambeno-biotehnološki fakultet u Zagrebu, dobitnica Nagrade HATZ-a mladom znanstveniku „Vera Johanides“ za 2015. godinu, prima diplomu Akademije od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca. Izvor: HATZ



Slika 36 – Prof. dr. sc. Damir Ježek, dobitnik Godišnje nagrade HATZ-a „Rikard Podhorsky“ za 2015. godinu, član Akademije u Odjelu bioprocenog inženjerstva i dekan Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta u Zagrebu, prima diplomu Akademije od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca. Izvor: HATZ



Slika 37 – Prof. dr. sc. Bojan Jerbić, dobitnik Godišnje nagrade HATZ-a „Rikard Podhorsky“ za 2015. godinu, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, član Akademije u Odjelu sustava i kibernetike, tajnik Odjela i član Predsjedništva Akademije, prima diplomu Akademije od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca. Izvor: HATZ



Slika 38 – Prof. dr. sc. Miljenko Lapaine, dobitnik Medalje Akademije za 2015. godinu, Geodetski fakultet u Zagrebu, dopredsjednik Akademije 2009.-2013.



Slika 39 – Prof. dr. sc. Snježana Rimac-Drlje, Elektrotehnički fakultet u Osijeku, zamjenica tajnika Odjela komunikacijskih sustava Akademije, prima diplomu članice Akademije u Odjelu od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca; u sredini: glavni tajnik Akademije prof. dr. sc. Dubravko Rogale. Izvor: HATZ



Slika 40 – Mr. sc. Gordana Pehrec-Pavlović, zamjenica direktorice Sektora za industriju HGK, prima diplomu podupirućeg člana Akademije u ime HGK od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca; u sredini: prof. dr. sc. Dubravko Rogale, glavni tajnik HATZ-a. Izvor: HATZ



Slika 40a – Dr. sc. Darko Huljentić, menadžer za tehnološke i znanstvene aktivnosti Ericssona Nikola Tesla d.d., prima diplomu podupirućeg člana Akademije u ime ENT od predsjednika prof. dr. sc. Vladimira Andročeca. Izvor: HATZ



Slika 41 – Katarina Kutnar (violina) i Lovro Peretić (gitara), studenti Muzičke akademije u Zagrebu u klasi prof. Tonka Ninića, izvode „Rumunjske plesove“ Béle Bartóka na 31. godišnjoj skupštini Akademije. Izvor: HATZ

Pokroviteljstva

- Tekstilno-tehnološki fakultet u Zagrebu – **9. znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo 2016 – Tema «Kreativni mikser»**, TTF, Zagreb, **25. siječnja 2016.**
- Hrvatsko društvo za sustave (CROSS), **Svečana konferencija povodom 25 godina djelovanja**, HGK, Zagreb, **27. siječnja 2016.**
- Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Zagreb – **XI. Susret mladih kemijskih inženjera i tehnologa**, FKIT, Zagreb, **18. veljače 2016.**
- Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek – **2. međunarodni i 6. znanstveno-stručni skup „Voda za sve“ povodom Svjetskog dana voda**, PTF, Osijek, **18. ožujka 2016.**
- Hrvatska udruga za boje - **Međunarodni dan boja**, **21. ožujka 2016.**
- **Međunarodna konferencija ZIRP (Znanost i razvitak prometa) pod naslovom „Perspektive hrvatske logističke industrije u privlačenju međunarodnih robnih tokova“**, **12. travnja 2016.**
- HGK - Udruženje industrije plastike i gume, Europsko udruženje petrokemijske industrije TEPCA i Europsko udruženje industrije plastike Plastics Europe - **Prednatjecanje i ocjenjivanje kandidata za Europsko debatno natjecanje mladih (član Stručnog žirija: prof. emer. dr. sc. Zlatko Kniewald, tajnik Odjela bioprocesnog inženjerstva i član Predsjedništva HATZ-a)**, HGK, Zagreb, **29. travnja 2016.**
- **Svečanost proslave Dana “Prvomajske” i predstavljanje monografije “Prvomajska 1936-2016”**, Vukovina, **20. rujna 2016.**
- PTFOS - **Međunarodni znanstveno-stručni skup XVI. Ružičkini dani “Danas znanost – sutra industrija”**, Vukovar, **21.-23. rujna 2016.**
- FESB - **24. međunarodna znanstvena konferencija SoftCOM 2016**, Split, **22.-24. rujna 2016.**
- PTFOS - **9. međunarodni znanstveno-stručni skup *Hranom do zdravlja***, Osijek **13. listopada 2016.**
- Međunarodna znanstvena konferencija **International Conference on Smart Systems and Technologies 2016 (SST 2016)**, ETF, Osijek, **12.-14. listopada 2016.**
- **12. savjetovanje Kartografija i geoinformacije uz obilježavanje Svjetskog dana GIS-a**, 16.-18. studenoga 2016., LZMH, Zagreb
- Hrvatsko energetska društvo - **25. Forum: Dan energije u Hrvatskoj na temu „Jedinstvena energetska i klimatska politika u otvorenom tržištu energije – Godina dana nakon COP21“**, Mala dvorana KD Vatroslava Lisinskog, Zagreb, **18. studenoga 2016.**
- **(Su)organizacija skupova**
- **Zajednička sjednica Savjeta i Koordinacije 4 akademije (AMZH, APZH, AŠZ i HATZ)**, HATZ, Zagreb, **27. siječnja 2016.**

- HIS i HATZ - **Okrugli stol „Inženjeri o energetici“**, HIS, Zagreb, 6, **25. veljače 2016.**
- HIS, HATZ i FER - **Dan inženjera Republike Hrvatske**, FER, **2. ožujka 2016.**
- FER - **Tjedan mozga**; Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, **14.-20. ožujka 2016.**
- HATZ – Centar za grafičko inženjerstvo i Odjel za grafičko inženjerstvo - **Međunarodna konferencija „Tiskarstvo i dizajn 2016“**, Školska knjiga, Zagreb, **30. ožujka 2016.**
- CROSS, HATZ i FSB - **Okrugli stol „Hrvatski inovacijski sustav u europskim okvirima“**, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, **14. travnja 2016.**
- **31. godišnja skupština HATZ-a**, Zagreb, Aula Sveučilišta u Zagrebu, **11. svibnja 2016.**
- **Euro-CASE Board Meeting, SAPEA Project Meetings**, Pariz, Francuska, 25.-29. svibnja 2016.
- **Svečanost proslave Dana “Prvomajske” i predstavljanje monografije “Prvomajska 1936-2016”**, Vukovina, **20. rujna 2016.**
- **Zajednička sjednica Savjeta i Koordinacije 4 akademije (AMZH, APZH, AŠZ i HATZ)**, **29. rujna 2016.**
- **Svečano otkrivanje biste prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića, počasnog člana HATZ-a**, Dom HATZ-a, Zagreb, **17. listopada 2016.**
- HATZ, Građevinski fakultet u Zagrebu – **„Kako dobiti projekt za financiranje unutar istraživačko-inovacijskih programa EU 'HORIZON 2020'? – Primjeri uspješnih projekata“**, GRAĐF, Zagreb, **8. studenoga 2016.**
- CROSS, HATZ i FSB - **Tribina „Nove spoznaje o životu i radu Fausta Vrančića“**, FSB, Zagreb, **9. studenoga 2016.**
- **ATV Denmark - Euro-CASE Annual Conference 2016 “Big Data – Smarter Products, Better Societies” and Euro-CASE Board Meeting**, ATV, Lyngby, Danska, 13.-15. studenog 2016.
- **Sudjelovanje na skupovima od javnog interesa**
- Sveučilište u Zagrebu - **Potpisivanje Sporazuma između Sveučilišta Ulsan, Južna Koreja i Sveučilišta u Zagrebu i Okrugli stol «Suradnja između sveučilišne zajednice i brodograđevne industrije u Južnoj Koreji i Hrvatskoj»**, Aula Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, **7. siječnja 2016.**
- Hrvatska akademija znanosti umjetnosti – **Predavanje mr. sc. Rudolfa Stracaboška «Uloga liderstva i menadžmenta u razvoju Hrvatske»**, HAZU, Zagreb, **14. siječnja 2016.**
- HAZU - **Predavanje «Kraj Europske unije?»**. Predavači: **akademik Zvonko Posavec: «Političko-pravni temelji Zapadne Europe; prof. dr. sc. Goran Gretić: «Krizna ujedinjenja europskih država»**, HAZU, Zagreb, **20. siječnja 2016.**
- Razred za medicinske znanosti HAZU i Akademija medicinskih znanosti Hrvatske - **Tribina «Socijalni mozak»**, HLZ, Zagreb, **26. siječnja 2016.**

- Konferencija „**Primjena inovativnih tehnologija u izolaciji bioaktivnih spojeva iz organskog otpada u proizvodnji vina**“, Muzej Mimara, Zagreb, **29. siječnja 2016.**
- GRADF - **Dan Građevinskog fakulteta, 19. veljače 2016.**
- **Obilježavanje obljetnice Akademika Jakova Gotovca u povodu 120. obljetnice rođenja i 80. obljetnice praizvedbe opere „Ero s onoga svijeta“**, HAZU, Zagreb, **20. veljače 2016.**
- **Predstavljanje knjige „Ivan Supek – u povodu 100. obljetnice rođenja“**, HAZU, Zagreb, **3. ožujka 2016.**
- **Dan kvalitete Šumarskog fakulteta; Stručni skup „Sustav osiguravanja kvalitete visokog obrazovanja i znanosti“ – postignuća i smjernice daljnjeg razvoja**, ŠF, Zagreb, **31. ožujka 2016.**
- **Prezentacija prve robotske neurokirurške operacije**, Amfiteatar KB Dubrava, Zagreb, **31. ožujka 2016.**
- **Svečana proslava obilježavanja 5. europskog dana geodezije i geoinformacija posvećena Ruđeru Josipu Boškoviću**, HAZU, Zagreb, **22. travnja 2016.**
- **60. obljetnica studija PBF-a, 30. obljetnica studija Nutricionizam, 35. obljetnica samostalnog rada Fakulteta, 20 godina rada prve zaklade u visokom školstvu RH – Biotehničke zaklade PBF-a, PBF**, Zagreb, **26. travnja 2016.**
- **Svečanost obilježavanja 55. godišnjice AMZH, tribina i predstavljanje knjige 55 godina Akademije medicinskih znanosti Hrvatske**, HLZ, Zagreb, **26. travnja 2016.**
- **Svečana sjednica u povodu Dana HAZU**, Zagreb, HAZU, **29. travnja 2016.**
- **Izložba „Gottardo 2016“**, FPZ, ZUK Borongaj, Zagreb, **25. svibnja 2016.**
- **Svečano proglašenje novih članova HAZU**, HAZU, Zagreb, **9. lipnja 2016.**
- **EIHP - Obilježavanje dana Energetskog instituta Hrvoje Požar**, MSU, Zagreb, **1. srpnja 2016.**
- **EIHP - Obilježavanje 100 godina rođenja akademika Hrvoja Požara**, Knin, **4.-5. srpnja 2016.**
- **Svečanost obilježavanja godišnjice Hrvatsko-korejskog poslovnog kluba**. Veleposlanstvo Republike Koreje, Zagreb, **5. srpnja 2016.**
- **Prijem povodom svečanog otvaranja Europskih sveučilišnih igara Zagreb-Rijeka 2016. i Rektorske konferencije**, Aula Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, **13. srpnja 2016.**
- **20. Kongres Europskog antropološkog društva “European Anthropology in a Changing World: From Culture to Global Biology”**, Zagreb, PBF, **25. kolovoza 2016., 09:00 sati**
- **Hrvatske vode – Svečano obilježavanje 140 godina organiziranog upravljanja vodama u Republici Hrvatskoj**, Osijek, **7. rujna 2016.**
- **Sveučilišna vrtna zabava povodom obilježavanja početka 348. akademske godine Sveučilišta u Zagrebu**, Botanički vrt PMF-a, Zagreb, **25. rujna 2016.**

- Svečana sjednica Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu povodom Dana fakulteta, Zagreb, 30. rujna 2016.
- Dan Fakulteta prometnih znanosti, Znanstveno-učilišni kampus Borongaj, Zagreb, 10. listopada 2016.
- Promocija knjige "Hrestomatija hrvatskoga medicinskog prava" u izdanju Pravnog fakulteta u Zagrebu, Pravni fakultet, Zagreb, 19. listopada 2016.
- Svečana sjednica povodom obilježavanja 97. obljetnice FKIT-a, FKIT, Zagreb, 20. listopada 2016.
- Svečana sjednica povodom obilježavanja Dana Šumarskog fakulteta, Šumarski fakultet, Zagreb, 21. listopada 2016.
- 70. godišnjica tehničke kulture u Hrvatskoj i svečanost uručenja nagrada, priznanja i počasnih zvanja Hrvatske zajednice tehničke kulture za 2015. godinu, HZTK, Zagreb, 22. listopada 2016.
- Svečana sjednica Senata povodom Dana Sveučilišta, Aula Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 3. studenoga 2016.
- Proslava 240. godišnjice Pravnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Pravni fakultet, Zagreb, 4. studenoga 2016., HNK, Zagreb
- Grand Prix na 65. međunarodnom sajmu inovacija INNOVA, Bruxelles, Belgija, 12-14. studenoga 2016. (dobitnici nagrade: prof. emer. dr. sc. Vilko Žiljak i prof. dr. sc. Klaudio Pap, članovi Odjela grafičkog inženjerstva i Centra za grafičko inženjerstvo HATZ-a s Grafičkog fakulteta u Zagrebu, zajedno s koautoricama dr. sc. Janom Žiljak Vujić i dr. sc. Ivanom Žiljak Stanimirović za inovativni projekt *Nevidljivo označavanje u vizualnom i infracrvenom spektru na tekstilu s ink jet tehnologijom*).
- Svečana sjednica Fakultetskog vijeća Fakulteta strojarstva i brodogradnje, FSB, Zagreb, 18. studenoga 2016.
- Svečano obilježavanje 20 godina djelovanja Biotehničke zaklade Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i dodjela stipendija i potpora za 2016. godinu, Aula Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 25. studenoga 2016.
- Svečanost obilježavanja Dana Fakulteta elektrotehnike i računarstva, FER, Zagreb, 25. studenoga 2016.
- Otvorenje izložbe *Slike mrtve prirode u Strossmayerovoj galeriji*, HAZU, Zagreb, 28. studenoga 2016.
- Svečana sjednica Tehničkog veleučilišta u Zagrebu, Muzej Mimara, Zagreb, 29. studenoga 2016.
- Predstavljanje knjige "Hrvatska prirodna bogatstva – zaštita i odgovorni razvoj", HAZU, Zagreb, 30. studenoga 2016.
- 6. savjetovanje o održivom razvoju sliva rijeke Save i utjecaju klimatskih promjena na ovaj prostor, MPPI, Zagreb, 1.-2. prosinca 2016.
- Svečana sjednica povodom obilježavanja Dana RGN-a, RGN, Zagreb, 2. prosinca 2016.

- **Tradicionalno održavanje rudarske manifestacije *Skok preko kože*, Hotel Westin, Zagreb, 2. prosinca 2016.**
- **Svečana Godišnja skupština Akademije šumarskih znanosti, HŠD, Zagreb, 2. prosinca 2016.**
- **Svečana sjednica Fakultetskog vijeća povodom 56. obljetnice Metalurškog fakulteta, MF, Sisak, 5. prosinca 2016.**
- **Tradicionalno blagdansko druženje i svečani domjenak Hrvatsko-izraelskog poslovnog kluba, Hotel AS, Zagreb, 8. prosinca 2016.**
- **Okrugli stol “Hidrotehničke melioracije u Hrvatskoj – stanje i izazovi”, Hotel Višnjica, Slatina, 8. prosinca 2016.**
- **Dan Geotehničkog fakulteta, GF, Varaždin, 20. prosinca 2016.**

Urednica Novosti iz HATZ-a
Melanija Strika,
Poslovna tajnica
Akademije tehničkih znanosti Hrvatske