



**OPL**

**FESTO**

**LOTRIČ**  
METROLOGY

**PH**  
POCLAIN HYDRAULICS

**Parker**

**NORGREN**

**SICK**  
Sensor Intelligence.

**FANUC**  
ROBOTICS EUROPE

**MIEL OMRON**  
www.miel.si  
Elementi in sistemi za industrijsko avtomatizacijo

**Atlas Copco**

**MAPRO**  
HYDRAULIC MOVEMENT

**S3C**  
pnevmatika | hidravlika

- Visokošolsko izobraževanje
- Jubilej – pogovor
- Ventil na obisku
- Krmiljenje elektrohidravličnega sistema
- Simulacija proizvodnega procesa
- Lastnosti hitroreznega jekla
- Proizvodnja hidravličnega olja
- Iz prakse za prakso
- Podjetja predstavljajo

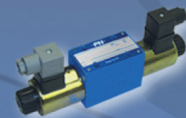
## industrijska olja in maziva



**OLMA**  
www.olma.si  
SINCE 1947

# Hidravlične sestavine Hidravlični sistemi Storitve

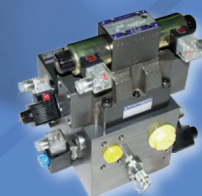
Potni, tlačni in tokovni ventili  
za odprte tokokroge



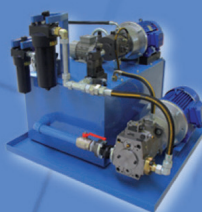
Zavorni ventili in izplakovalni  
ventili za zaprte tokokroge



Posebni ventili in bloki



Hidravlične naprave



Motorji in črpalke



Elektronske sestavine



**RAZVOJ, PROIZVODNJA IN TRŽENJE SESTAVIN, SISTEMOV IN STORITEV S PODROČJA FLUIDNE TEHNIKE**

Poclain Hydraulics, razvoj, proizvodnja in prodaja hidravličnih sestavin in sistemov, d.o.o., Industrijska ulica 2 - SI - 4226 ŽIRI, SLOVENIJA  
Tel.: +386 (0)4 51 59 100 - Fax: +386 (0)4 51 59 122 - info-slovenia@poclain-hydraulics.com - A Poclain Hydraulics Group Company



## Très chic: Designerski agregat.

Je lahko hidravlični agregat sploh lep? Mi mislimo, da celo mora biti. Zato smo naš novi kompaktni agregat KA oblikovali tako, da ugaja očem. Ampak to še ni vse. K popolnem agregatu spadajo tudi številne možnosti uporabe. V aplikacijah kot so obdelovalni stroji, dvigalne platforme in hidravlična orodja razvije KA svojo polno moč in 700 bar delovnega tlaka. Mobilna ali stacionarna enota je lahko vgrajena stoje ali leže, z eno ali tri faznim napajanjem – odločitev je vaša! Usklajeni motorji, ventili in dodatna oprema iz obsežnega modularnega sistema omogočajo, da agregat KA izpolni vsa vaša pričakovanja. Za več informacij HAWE Hidravlika d.o.o., tel. 03 7134 880.

**Solutions for a World under Pressure**

**HAWE**  
HYDRAULIK



**FESTO**

# Manj je več

PPS končno dušenje je temeljito spremenilo svet standardnih valjev. Samonastavljivo – čisto –varno: vse za hitro vgraditev in takojšen zagon. In nobenega razmišljanja o spremembi hitrosti ali obremenitve. PPS skrbi za to namesto vas.



Festo, d.o.o. Ljubljana  
Blatnica 8  
SI-1236 Trzin  
Telefon: 01/ 530-21-00  
Telefax: 01/ 530-21-25  
Hot line: 031/766947  
info\_si@festo.com  
www.festo.si

Impresum	5	■ VISOKOŠOLSKO IZOBRAŽEVANJE	
Beseda uredništva	5	<i>Boris ŠTOK</i> : Mednarodna akreditacija študijskih programov Fakultete za strojništvo v Ljubljani	6
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	14	■ JUBILEJ – POGOVOR	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	20	Pogovor z mag. Antonom Stuškom	8
Seznam oglaševalcev	82	■ VENTIL NA OBISKU	
Znanstvene in strokovne prireditve	12	Atlas Copco – proizvajalec naprednih in inovativnih izdelkov	30

**Naslovna stran:**

OLMA, d. d., Ljubljana Poljska pot 2, 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 58 73 600 Fax: + (0)1 54 63 200 e-mail: komerciala@olma.si	IMI INTERNATIONAL, d. o. o. (P.E.) NORGREN HERION Alpska cesta 37B 4248 Lesce Tel.: + (0)4 531 75 50 Fax: + (0)4 531 75 55
OPL Avtomatizacija, d. o. o. BOSCH Automation Koncesionar za Slovenijo IOC Trzin, Dobrave 2 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 560 22 40 Fax: + (0)1 562 12 50	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 1000 Ljubljana Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si www.sick.si
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	MIEL Elektronika, d. o. o. Efenkova cesta 61, 3320 Velenje Tel.: +386 3 898 57 50 Fax: +386 3 898 57 60 www.miel.si
LOTRIČ, d. o. o. Selca 163, 4227 Selca Tel.: + (0)4 517 07 00 Fax: + (0)4 517 07 07 internet: www.lotric.si	Atlas Copco, d. o. o. Peske 7, 1236 Trzin tel.: +386 (0)1 56 00 710 fax: +386 (0)1 56 00 724 www.atlascopco.si
Poclain Hydraulics, d. o. o. Industrijska ulica 2, 4226 Žiri Tel.: +386 (04) 51 59 100 Fax: +386 (04) 51 59 122 e-mail: info-slovenia@poclain-hydraulics.com internet: www.poclain-hydraulics.com	MAPRO d.o.o. Industrijska ulica 12, 4226 Žiri Tel.: 04 510 50 90 Faks: 04 510 50 91 www.mapro.si
PARKER HANNIFIN Corporation Podružnica v Novem mestu Velika Bučna vas 7 8000 Novo mesto Tel.: + (0)7 337 66 50 Fax: + (0)7 337 66 51	FANUC Robotics Czech s.r.o. U. Pekařky 1A/484 180 00 Praha – Libeň, CZECH REPUBLIC Tel.: +420 23 40 72 900 Fax: +420 23 40 72 910 www.fanucrobotics.si
	S3C, d. o. o. Tržaška cesta 116 Tel.: +386 1 423 22 22 Faks: +386 1 423 22 00 www.landefeld.si

■ SIMULACIJA PROIZVODNEGA PROCESA

*Mihael DEBEVEC, Gregor ČREP*: Optimiranje zalog polizdelkov za hladilnike preko računalniškega modela in simulacije diskretnih dogodkov

34

■ LASTNOSTI HITROREZNEGA JEKLA

*Bojan PODGORNIK, Vojteh LESKOVŠEK, Jure JERINA*: Vpliv kombinacije toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja na tribološke in nosilne lastnosti hitroreznega jekla

50

■ HIDRAVLIČNA OLJA

*Milan KAMBIČ*: Proizvodnja hidravličnega olja boljše stopnje čistosti

56

■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

*Bojan ŠINKOVEC*: Z analizo ACF do cilja »0 okvar«

62

■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

ABB-jev nov cenovno ugoden varilni robot IRB 1520ID (*ABB*)

Optimizacija gibanja robota Fanuc z nadzorom vibracij (*FANUC*)

Nežno prijemalo OGGB (*FESTO*)

64

65

66

Kompaktni krmilnik OMRON z vgrajenim vmesnikom Ethernet in možnostjo vtičnika (socket) (*MIEL Elektronika*)

67

Modularni merilni ojačevalni sistem za proizvodnjo in industrijska preskuševališča (*TRC*)

68

■ NOVOSTI NA TRGU

OIL-Xplus Advantage – energijsko varčnejši filtrski elementi (*PARKER HANNIFIN*)

69

Novo digitalno pretočno stikalo PF3W (*SMC*)

69

Krmilniki Allen-Bradley CompactLogix 5370 (*TEHNA*)

69

Ventili LoadMatch™ (*SUN Hydraulik*)

70

■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Avtomatizacija merjenja s sistemom Equator™ (*RLS merilna tehnika*)

72

Žiga PETRIČ: Proizvodna inteligenca (*TEHNA*)

76

■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Uvod v letalsko pravo

80

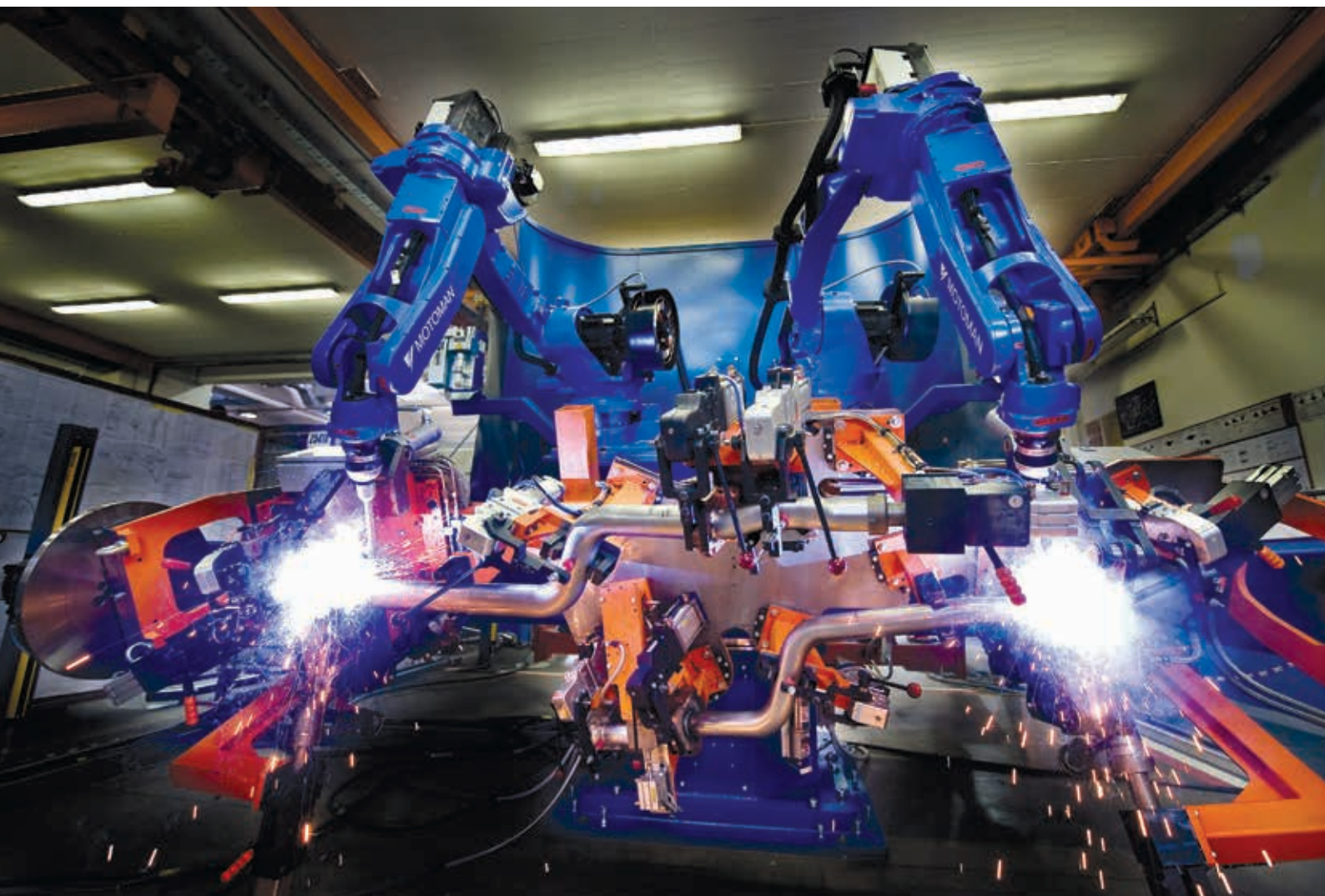
**VENTIL**  
REVUIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO  
ISSN 1578-7719 • FEBRUAR 197 2013/1

- Visokošolsko izobraževanje
- Jubilej – pogovor
- Ventil na obisku
- Krmiljenje elektrohidravličnega sistema
- Simulacija proizvodnega procesa
- Lastnosti hitroreznega jekla
- Proizvodnja hidravličnega olja
- Iz prakse za prakso
- Podjetja predstavljajo

**industrijska olja in maziva**

Logos: OPL, FESTO, LOTRIČ, PH, Parker, NORGREN, SICK, FANUC, MIEL omron, Atlas Copco, MAPRO, S3C

# Izboljšajte produktivnost. Avtomatsko.



Izboljšati produktivnost podjetja ne pomeni nič drugega kot narediti več, bolje in v krajšem času. Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

V Motomanu bomo skupaj z vami oblikovali rešitve, prirojene specifikam vaše panoge in podjetja. Zagotovili bomo popolno podporo projekta robotizacije, od planiranja in implementacije do servisiranja in izobraževanja.

**Dvignite pričakovanja, izpolnite vaš potencial.  
Prestopite v svet avtomatizacije!**

© Ventil 19 (2013) 1. Tiskano v Sloveniji.  
Vse pravice pridržane.  
© Ventil 19 (2013) 1. Printed in Slovenia.  
All rights reserved.

## Impresum

Internet:  
<http://www.revija-ventil.si>

e-mail:  
[ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)

ISSN 1318-7279  
UDK 62-82 + 62-85 + 62-31/-33 + 681.523 (497.12)

VENTIL – revija za fluidno tehniko, avtomatizacijo  
in mehatroniko  
– Journal for Fluid Power, Automation  
and Mechatronics

Letnik	19	Volume
Letnica	2013	Year
Številka	1	Number

Revija je skupno glasilo Slovenskega društva za fluidno  
tehniko in Fluidne tehnike pri Združenju kovinske industrije  
Gospodarske zbornice Slovenije. Izhaja šestkrat letno.

Ustanovitelj:  
SDFT in GZS – ZKI-FT

Izdajatelj:  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Glavni in odgovorni urednik:  
prof. dr. Janez TUŠEK

Pomočnik urednika:  
mag. Anton STUŠEK

Tehnični urednik:  
Roman PUTRIH

Znanstven-strokovni svet:  
izr. prof. dr. Maja ATANASJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana  
izr. prof. dr. Ivan BAJŠIČ, FS Ljubljana  
doc. dr. Andrej BOMBAČ, FS Ljubljana  
prof. dr. Peter BUTALA, FS Ljubljana  
prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija  
doc. dr. Edvard DETIČEK, FS Maribor  
prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana  
prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana  
izr. prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana  
mag. Franc JEROMEN, GZS – ZKI-FT  
izr. prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana  
prof. dr. Peter KOPACEK, TU Dunaj, Avstrija  
mag. Milan KOPAC, KLADIVAR Ziri  
doc. dr. Darko LOVREC, FS Maribor  
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MÉNDEZ, University of Alicante, Španija  
doc. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana  
prof. dr. Hubertus MURRENHÖFF, RWTH Aachen, ZR Nemčija  
prof. dr. Gojko NIKOLIĆ, Univerza v Zagrebu, Hrvaška  
izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana  
doc. dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana  
Martin PIVK, univ. dipl. inž., Sola za strojništvo, Škofja Loka  
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana  
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana  
izr. prof. dr. Željko ŠTUM, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška  
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana  
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:  
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:  
Narobe Studio, d.o.o., Ljubljana

Lektoriranje:  
Marjeta HÚMAR, prof., dr. Paul McGUINNESS

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:  
grafex agencija | tiskarna d.o.o., Izlake

Task:  
LITTERA PICTA, d. o. o., Ljubljana

Marketing in distribucija:  
Roman PUTRIH

Naslov izdajatelja in uredništva:  
UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije VENTIL  
Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana  
Telefon: + (0) 1 4771-704, faks: + (0) 1 2518-567 in  
+ (0) 1 4771-772

Naklada:  
1500 izvodov

Cena:  
4,00 EUR – letna naročnina 24,00 EUR

Revijo financira Javna agencija za knjigo Republike  
Slovenije (JAKRS).

Revija Ventil je indeksirana v podatkovni bazi INSPEC.

Na podlagi 25. člena Zakona o davku na dodano  
vrednost spada revija med izdelke, za katere se plačuje  
8,5-odstotni davek na dodano vrednost.

# Gospodarno ravnanje z raziskovalno opremo



Pred dobrima dvema mesecema so v večjem slovenskem podjetju, ki je od Ljubljane oddaljeno okoli 50 km, odprli Inštitut za materiale in tehnologije. Otvoritev je bila slavnostna. Poleg lokalnih politikov in gospodarstvenikov so se je udeležili tudi številni profesorji praktično z vseh slovenskih univerz in večjih razvojnoraziskovalnih inštitutov. Tudi uredništvo revije Ventil se je odzvalo na ta dogodek in ga na kratko predstavilo v eni izmed svojih števil. Celotna investicija z

opremo in zgradbo je ocenjena na več deset milijonov evrov. V uredništvu jim za ta dogodek iskreno čestitamo in se vnaprej veselimo njihovih uspehov na razvojnoraziskovalnem področju. Inštitut je bil ustanovljen predvsem kot podpora lastni proizvodnji, razvoju lastnih novih in izboljšanih proizvodov ter spremljanju in zagotavljanju kakovosti lastne proizvodnje. To je bil za podjetje in za celoten kraj ter regijo vsekakor velik dogodek. Pri vsaki investiciji pa se je smiselno vprašati, kaj pa gospodarnost naložbe. Ko sem to vprašanje postavil našemu kolegu, ki z omenjeno inštitucijo veliko sodeluje, se je vznejevoljil in mi odvrnil: »Ali si ljubosumen, ali jim ne privoščiš?« »Nikakor ne gre za to, da jim ne bi privoščili,« sem mu mirno odgovoril, vsekakor pa se lahko pogovarjamo o gospodarnosti takšne investicije in o izkoriščenosti raziskovalne opreme.

Brez slabe vesti lahko zapišem, da je na slovenskih razvojnoraziskovalnih inštitucijah, fakultetah, inštitutih in drugje razvojnoraziskovalna oprema izjemno slabo izkoriščena. Če nekoliko s cinizmom zapišem, bi lahko tudi po nakupih in posedovanju raziskovalne opreme spoznali karakterne lastnosti naroda. Lepo je, če se raziskovalci in znanstveniki opremljajo z najsodobnejšo opremo, opravljajo raziskave in med seboj tekmujejo, ni pa lepo in še manj koristno, če ne znamo sodelovati, raziskovalno opremo posojati in jo mnogo bolj izrabiti kot do sedaj.

Naj tu omenim samo nekaj primerov. Na področju Ljubljane je veliko naprav za najrazličnejše mehanske preizkuse. Med temi najpogostejše srečamo naprave za natezni preizkus materialov. Nekatere so namenjene samo za pedagoško, nekatere samo za raziskovalno delo in druge za opravljanje uslug na trgu. Nekateri trgalni stroji, npr., so certificirani z mednarodno priznanim certifikatom in lahko dokazujejo sledljivost o zanesljivem in natančnem delovanju, drugi pa so brez vseh papirjev, ki bi dokazovali umeritev in natančnost stroja.

Podobno velja za hitre osciloskope, hitrotekoče kamere na vidno svetlobo in hitrotekoče termokamere, kemijske spektrometre in analizatorje, celo za elektronske mikroskope in drugo.

Za vso opisano opremo lahko zapišemo, da dnevno ni izkoriščena več kot deset odstotkov osemurnega delovnika.

In kaj se da tu narediti? Prav veliko ne. Že v preteklosti so bile ideje, da bi opremo za celotno univerzo, ali celo za celotno raziskovalno sfero v Sloveniji, ali vsaj v Ljubljani kupovali enotno in da bi za to imeli posebno službo, ki bi vodila in izposajala opremo. Ta ideja ni bila nikoli resno obravnavana, kaj šele da bi zaživela v praksi.

Prav gotovo bi bilo koristno, da bi pristojno ministrstvo za raziskovalno opremo, za katero prispeva sredstva, sestavilo seznam in ga javno objavilo, da bi bil dostopen vsem raziskovalcem. Celo več: inštitucije in podjetja v zasebni lasti, ki imajo raziskovalno opremo, bi bili prav gotovo zainteresirani, da se tudi njihova oprema objavi na takšnem seznamu, ker bi na ta način propagirali svojo dejavnost in tudi na ta način lažje prišli do strank in dodatnih storitev.

Janez Tušek

# Mednarodna akreditacija študijskih programov Fakultete za strojništvo v Ljubljani

Boris ŠTOK

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani (UL FS) je v preteklih letih uspešno izvedla prenovu svojih študijskih programov na vseh treh stopnjah visokošolskega izobraževanja. Pri prenavljanju, ki je trajalo kar pet dolgih let, smo sledili usmeritvam t. i. »bolonjske reforme«, katere osnovni cilj je bil ob posodobitvi učnih kurikulov v državah EU zagotoviti tudi večjo primerljivost študijskih programov ter s tem povečati mobilnost tako študentov kot pedagoških delavcev. V prvi vrsti pa naj bi v ta namen definirana skupna izhodišča in z njimi vzpostavljeni elementi, ki naj bi jim prenovljeni študijski programi zadostili, zagotovili, da se bodo diplomanti s pridobljenimi strokovnimi kompetencami na izbranem področju izobraževanja lahko enakopravno vključevali v mednarodno delitev dela.

V skladu s slovensko zakonodajo so bili akreditirani naslednji študijski programi UL FS, ki se redno izvajajo:

- a) program 1. stopnje (dodiplomski študij):  
STROJNIŠTVO – Projektno-aplikativni program (PAP\_1),  
STROJNIŠTVO – Razvojno-raziskovalni program (RRP\_1),  
DIZAJN INŽENIRING (interdisciplinarni študijski program UL FS in ALUO),
- b) program 2. stopnje (magistrski študij):  
STROJNIŠTVO – Razvojno-raziskovalni program (RRP\_2),
- c) program 3. stopnje (doktorski študij):  
STROJNIŠTVO.

V postopku pridobitve akreditacije pa sta še dva t. i. skupna magistrska programa 2. stopnje EURHEO in TRIBOS, ki temeljita na mednarodnem povezovanju in se tudi izvajata lokacijsko na različnih mestih.

Prof. dr. Boris Štok, univ. dipl. inž., prodekan za bolonjsko prenovu, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

Pri tem velja poudariti, da smo se ob prenavljanju starih študijskih programov na UL FS zavedali edinstvene priložnosti, ki nam jo daje bolonjska reforma. Ob sicer nujno potrebni posodobitvi vsebin iz t. i. železnega repertoarja strojništva smo zaznali tudi potrebo po izobraževanju na novih (interdisciplinarnih) strokovnih področjih, katerih razvoju smo priča v tehnološko razvitem svetu. Možnost pridobivanja kompetenc na teh področjih smo našim študentom ponudili z uvedbo vrste interdisciplinarnih smeri v magistrskem študijskem programu.

Četudi je izvedena prenova povsem sledila usmeritvam bolonjske reforme, smo na UL FS želeli ob potrjeni akreditaciji v domačem prostoru preveriti njeno kakovost še v mednarodnem prostoru. V ta namen smo nemško akreditacijsko agencijo ASIIN, ki sodi med vodilne inštitucije za zagotavljanje kakovosti visokošolskih študijskih programov 1. in 2. stopnje s področja tehnike, računalništva, naravoslovja in matematike v Evropi, zaprosili za mednarodno akreditiranje naših študijskih programov. Akreditacija ASIIN se dodeljuje študijskim programom, ki posebej izstopajo ne zgolj po ce-

lostni kakovosti, ampak tudi po trajnostni in inovativni naravi študijskih vsebin. Iz tega razloga poudarek pri ocenjevanju študijskih programov ni zgolj na obsegu in načinu podajanja učnih vsebin, ampak predvsem na načinu pridobivanja strokovnih kompetenc ter usposobljenosti analize in sinteze, nenazadnje pa tudi na ugotavljanju uspešnosti in uporabnosti diplomantov v praksi. V tem pogledu akreditacijski postopek ASIIN ocenjuje logiko in učinkovitost posredovanja kvalifikacij posameznega študijskega programa ter preverja kakovost postavljenih ciljev, izvedbo študijskega procesa, končne rezultate in možnosti za dodaten razvoj študijskih vsebin.

Agencijo ASIIN smo zaprosili za mednarodno akreditiranje treh študijskih programov STROJNIŠTVO: PAP\_1, RRP\_1 in RRP\_2, ki jih UL FS v celoti samostojno izvaja. Po kritičnem pregledu obsežne dokumentacije v angleškem jeziku, ki jo je UL FS predložila agenciji ASIIN, s strani skupine ekspertov, končnem preverjanju vseh





elementov, ki so podlaga za kakovostno izvedbo študijskih programov (učne vsebine, načini preverjanja znanja, kadrovska zasedba, raziskovalna podlaga, materialni pogoji) in opravljenih pogovorih ekspertov s posameznimi skupinami udeležencev v študijskem procesu (pedagoški kader, študenti) ob njihovem »audit« obisku v Ljubljani, je v decembru 2012 akreditacijska agencija ASIIN podelila mednarodno akreditacijo vsem trem v akreditacijskem postopku obravnavanim študijskim programom s področja strojništva.

Poleg osnovne akreditacije ASIIN je bila programom UL FS podeljena še prestižna akreditacija krovne organizacije EUR-ACE® (European Accreditation of Engineering Programmes),

ki povsem izenačuje diplomu Fakultete za strojništvo UL z diplomami drugih odličnih evropskih univerz, kar dodatno prispeva k prepoznavnosti in uveljavljenosti naše fakultete v mednarodnem prostoru. Prejeti akreditaciji ASIIN in EUR-ACE® pomenita potrditev kakovosti izvedene bolonjske prenovne na najvišji evropski ravni in posredno prinašata diplomantom strojništva UL FS status t. i. evropskega inženirja. To jim omogoča številne prednosti na evropskem trgu dela, predvsem v smislu enakih možnosti pri zaposlovanju ter nadaljevanju študija na univerzah v širšem mednarodnem prostoru.

Visoka mednarodna potrditev kakovosti je odlična popotnica novim bolonjskih programom UL FS. Fakulteta



za strojništvo Univerze v Ljubljani, in z njo Univerza v Ljubljani, je prva slovenska visokošolska institucija, ki je prejela tovrstni akreditaciji. S tem so tudi dolgoletni napor UL FS pri podpori slovenske industrije z znanji in človeškimi viri prejeli še eno vidno priznanje mednarodne stroke. ■

## Priznanje študentskemu referatu Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani



Sodelavke študentskega referata FS Ljubljana, z leve proti desni: Polona Majcen, Renata Piščanec, Danica Kotnik in Andreja Cigale

Letos je študentski svet Univerze v Ljubljani v tednu Univerze prvič pri-

pravil slavnostno sejo, na kateri so podelili diplome najboljšim peda-

gogom in priznanja najboljšim delavcem v referatih.

Poleg pedagogov so za študente zelo pomembni delavci v referatih, saj so pogosto odvisni od njihove pomoči, zato jim s priznanjem želijo pokazati, da so jim hvaležni za njihovo prijaznost in potrpežljivost.

Zamislite si, kako naporen bi bil postopek diplomiranja ali že vpisa v višji letnik brez dobrega in hitrega dela študentskega referata in prijaznih nasvetov. Na Fakulteti za strojništvo so dobili priznanje: Danica Kotnik, Polona Majcen, Andreja Cigale in Renata Piščanec, za kar jim čestitamo.

Matija Brumat  
UL, Fakulteta za strojništvo

POSVET

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2013 - ASM '13

4. decembra 2013

na Gospodarski zbornici Slovenije v LJUBLJANI

# Pogovor z mag. Antonom Stuškom

Janez TUŠEK

Spoštovani mag Stušek, ob vašem visokem jubileju vam v imenu revije Ventil iskreno čestitamo in želimo veliko zdravja, zadovoljstva pri delu in plodnega sodelovanja tudi v bodoče.

Ob tej priliki bi vam radi zastavili nekaj vprašanj, da naši bralci bolje spoznajo vaše bogato znanstveno, strokovno in drugo delo.

**Ventil:** Prosim, na kratko opišite vašo mladost in okoliščine, ki so pogojevale odločitev za poklic na tehničnem področju. Kateri poklici so bili v tistem času »moderni« med mladimi in med vašimi sovrstniki?

**A. Stušek:** Rojen sem bil 14. januarja 1932 v Prapretnem pri Trbovljah. Oče je bil železničar in mati gospodinja. Po nekaj letih smo se preselili na Blanco pri Brestanici, tako da sem osnovno šolo v času nemške

okupacije končal tam in nadaljeval z meščansko šolo v Krškem. Končal sem jo po osvoboditvi, leta 1946 v nižji gimnaziji. Po izrazito delavskem poreklu, predhodniki so bili rudarji, drugi moški člani družine, tudi po materini strani, pa vsi rudarji ali železničarji, sem bil že vnaprej določen za tehniški poklic. Bil je čas obnove domovine po 2. svetovni vojni in začetka industrializacije dežele, tako da so bili tehniški poklici takrat »moderni«. Odločil sem se torej za tehniško

strojno šolo v Ljubljani in jo kot vojaški štipendist leta 1949 končal v Zagrebu. Po triletnem delu v Vojaško-tehničnem inštitutu v Beogradu (VTI) sem nadaljeval s študijem strojništva na takratni Tehniški visoki šoli v Beogradu. Po končanju prvega letnika pa sem se potem prepisal na Fakulteto za strojništvo v Ljubljani in študij končal leta 1959.

Podiplomsko specializacijo iz strojništva sem opravil v ZDA. Formalni podiplomski študij strojništva pa na Fakulteti za strojništvo v Zagrebu, kjer sem leta 1970 magistriral s temo: Elektrohidravlični servovalnik.

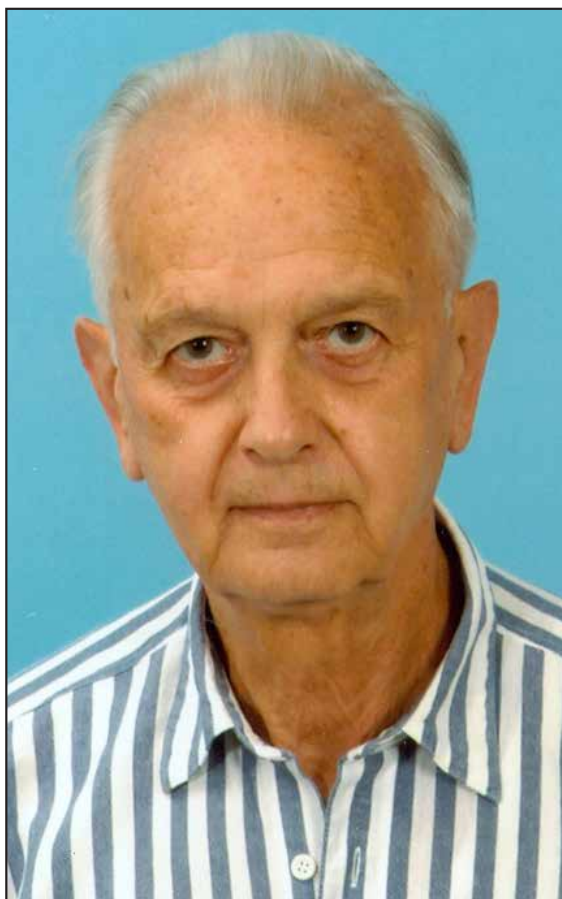
**Ventil:** Kakšen je bil takrat študij strojništva? Ali se je močno razlikoval od današnjih študijskih vsebin?

**A. Stušek:** Po diplomi na STŠ sem najprej delal v Inštitutu za oborožitve VTI v Beogradu na Oddelku za mornariško opremo, predvsem na finomehaničnih napravah za vojaške ladje. Študij strojništva na fakulteti v Beogradu se je takrat delil na splošno strojništvo, letalstvo, vojaško tehniko in delno usmeritev na rečno ladjedelništvo, v Zagrebu je bilo poleg splošnega strojništva sorazmerno močno še ladjedelništvo. Medtem ko je bilo v Ljubljani strojništvo takrat v okviru Tehniške visoke šole združeno še s študijem elektrotehnike. Kot je bilo že rečeno, sem se osebno najprej, leta 1952, vpisal na študij strojništva v Beogradu, po enem letu, 1953, pa sem se prepisal na Fakulteto za strojništvo v Ljubljani, takrat še z enotnim študijskim programom.

**Ventil:** Kako ste pričeli s prvo službo, katera znanja, ki ste jih pridobili v času študija, so vam pri opravljanju prve službe prišla prav, katera nekoliko manj in katera sploh ne?

**A. Stušek:** Ko sem pričel delo kot tehnik v VTI, seveda o fini mehaniki s STŠ nisem imel nobenih informacij in je bilo potrebno vsa znanja pridobiti s študijem ob delu. Smo pa imeli zelo solidna znanja o mehaniki, strojnih elementih, materialih in tehniki risanja.

Pri začetku dela po študiju na FS v Inštitutu za ladjedelništvo v Zagrebu (Brodarski inštitut – BI) v Zagrebu pa so bile razmere zelo podobne. Znanja fine mehanike, avtomatike in



Mag. Anton Stušek

ladjedelnštva seveda na fakulteti nisem pridobil. O moji poznejši osnovni dejavnosti na področju hidravlike in pnevmatike pa smo v okviru predmeta Obdelovalni stroji le pridobili vsaj osnove področja. Zato pa so bila nadvse koristna znanja, pa tudi že nekaj praktičnih izkušenj, s področja konstruiranja, strojnih elementov, materialov (predvsem preskušanja), mehanizmov in regulacij, pa tudi tehnologije obdelave in obdelovalnih strojev ter organizacije dela. Znanja s področja energetike seveda niso bila neposredno uporabna za moje strokovno in raziskovalno delo, seveda so pa vseeno bila nadvse koristna za splošno tehniško kulturo in inženirsko delo.

**Ventil:** *Kaj je bilo odločujoče, da ste se podali na področje pnevmatike in hidravlike?*

**A. Stušek:** Bil sem vojaški štipendist z nadvse strokovnimi in človeškimi mentorji v Mornariško-tehničnem inštitutu, na področju strojništva zlasti polkovnik S. Kopljuč, u. d. i. s., na področju avtomatike I. Rojnik, u. d. i. el. Inštitut in Vojna mornarica še nista imela strokovnjakov za avtomatiko, hidravliko in pnevmatiko, ki pa so s takratno vojaško pomočjo ZDA, tudi z opremo za vojaške ladje, postali nujno potrebni. To je torej bila osnovna spodbuda za odločitev o poglobljenem študiju hidravlike in pnevmatike.

Študij literature, ki je bila že takrat na voljo v knjižnici FS, in spodbuda prof. F. Lobeta za študij in delo sta me dodatno prepričala o pravilnosti odločitve. Rezultat je bilo moje diplomsko delo s področja hidravlike pod mentorstvom prof. F. Lobeta z naslovom Aksialna batna črpalka s stoječim bobnom, ki je bilo ocenjeno z odlično oceno in nagrajeno s Prešernovo nagrado za študente leta 1959.

Pričetek dela v Brodarskem inštitutu pa je najprej obsegal temeljito študijo o uporabi hidravlike v ladjedelnštvu, ki je bila tudi strokovna tema takrat obveznega državnega izpita.

**Ventil:** *Že zelo zgodaj ste se vključili v Društvo inženirjev in tehnikov. Kaj je botrovalo tej odločitvi?*

**A. Stušek:** Da, uspešno strokovno in raziskovalno delo v BI-ju je hitro pripeljalo tudi do sodelovanja z zagrebško Fakulteto za strojništvo in ladjedelnštvo, na področju strojnih elementov s prof. E. Oberšmidom in avtomatike s prof. T. Šurino. To pa je bil tudi most za sodelovanje z industrijo na področju hidravlike (Prvomajska) in pnevmatike (Nikola Tesla in Rade Končar). V okviru Društva inženirjev in tehnikov je bila takrat oblikovana skupina za t. i. malo avtomatizacijo (v Sloveniji preimenovalo: cenena avtomatizacija), v katero sem se vključil kot predavatelj, vodja in prevajalec na tečajih in se-



*Mag. Stušek in nekdanji sodelavec mag. Franc Resman v laboratoriju za fluidno tehniko*

minarjih iz pnevmatike in hidravlike, ki smo jih izvajali ob izdatni podpori in sodelovanju poznanih tujih podjetij, kot so: Festo, Herion, Vickers, Rexroth idr. S podobnim delom sem aktivno nadaljeval tudi po prihodu na FS v okviru Zavoda za tehnično izobraževanje v Ljubljani.

**Ventil:** *V bivši državi ste nekaj let službovali tudi v vojni mornarici. Prosim, nekoliko opišite to zgodbo. Za bralce revije Ventil, posebno za mlajše, bo to prav gotovo zelo zanimivo branje.*

**A. Stušek:** Kot sem že omenil, segajo prvi začetki dela za vojno mornarico že v čas mojega sodelovanja

v skupini za avtomatizacijo upravljanja z ognjem na ladjah v VTI v Beogradu. Bil sem vodja konstrukcije takšnega sistema za takratne eskortne rušilce (obseg dokumentacije okoli 1500 formatov A4). Do realizacije projekta zaradi spremenljivih vojaško-političnih razmer potem ni prišlo. Po študiju in začetku dela v BI v Zagrebu sem najprej opravil že omenjeno študijo uporabe hidravlike in elektrohidravlike na vojaških ladjah ter sodeloval pri zagonu vseh takšnih sistemov na rušilcu Split.

Leta 1963 sem opravil enoletno podiplomsko specializacijo na univerzi

v Missouriju v okviru tehnične pomoči ZDA s temo: Elektrohidravlični sistemi za obdelovalne stroje. Po povratku s specializacije smo v BI-ju pričeli z razvojem elektrohidravličnega krmiljenja (EH) na podmornicah. Bil sem sodelavec pri snovanju sistema krmiljenja, projektant elektrohidravličnega podsistema in glavni konstruktor vseh finomehanskih naprav sistema. To je bilo pionirsko delo v takratni Jugoslaviji, pri katerem sta sodelovali tovarni Prva petoletka (hidravlika) in Iskra-Elektromehanika iz Kranja (elektromehanski del sistema). Projekt je uspešno dokončan in sistem vgrajen na podmornice razreda Heroj. V letih 1968–1973, pred odhodom na FS v

Ljubljano, sem aktivno sodeloval na projektu podobnega že popolnoma avtomatiziranega sistema krmiljenja za nov razred podmornic z modelnimi preskusi nanovo zasnovanih podsistemov. Sočasno, z delnim prekrivanjem rokov realizacije, pa tudi na projektu podobnega sistema za elektrohidravlično krmiljenje hitrih površinskih vojaških ladij (raketna topovnjača), ki so še danes v opremi Hrvaške vojne mornarice.

Med temi velikimi projekti smo realizirali tudi interni projekt elektrohidravličnega pogona in krmiljenja generatorja valovanja v hitrem bazenu BI-ja, ki služi za preskušanje maritimnih lastnosti ladij.

**Ventil:** Katerega leta ste prišli v službo na Fakulteto za strojništvo in kaj je pogojevalo to vašo odločitev?

**A. Stušek:** Leta 1973. Najprej sem imel sporazumen dogovor, da pridem v službo v Iskro – Zavod za avtomatizacijo – v skupino za fluidno tehniko, za razvojne naloge s področja elektrohidravlike. Naknadno pa sem dobil povabilo za delo na FS (prof. Hlebanja, prof. Kuhelj st. in prof. Cvetaš). Sporazumno z vodstvom Zavoda za avtomatizacijo sem se torej zaposlil na FS kot višji predavatelj za predmet hidravlika in pnevmatika, ki sta ga že zasnovala prof. Hlebanja in kolega S. Grčar z Zavoda za avtomatizacijo. Odločitev je temeljila tudi na splošnem interesu za napredek razvoja hidravlike in pnevmatike v Sloveniji, vključno z uvajanjem področja v srednje strokovno izobraževanje in okrepitev dopolnilnega izobraževanja. Prihajal sem z bogatimi izkušnjami dopolnilnega izobraževanja v okviru ZSIT v Zagrebu, uvajanja študija tega področja na Višjo vojaško tehnično akademijo v Zagrebu in Višjo vojaško pomorsko akademijo v Splitu ter honorarnih predavanj na takratni Visoki tehniški šoli v Mariboru (ob mentorstvu prof. Cajhna s FE, Ljubljana).

**Ventil:** S katerimi problemi ste se srečevali pri organizaciji predavanj s področja pnevmatike in hidravlike?

**A. Stušek:** Seveda, najprej s še nedokončano utemeljitvijo strukture in vsebine predmeta Hidravlika in pnevmatika na višji in visoki stopnji študija. V začetku brez ustrezne domače literature, kakršnih koli učnih pripomočkov in laboratorijske opreme ter brez akademskih sodelavcev.

**Ventil:** Kako je bilo z opremljanjem laboratorijev, s pridobivanjem literature, z dodatnim izobraževanjem, kako se je razvijala stroka?

**A. Stušek:** Razumljivo, v začetku tudi brez potrebnih finančnih sredstev. Pozneje, ob razumevanju tujih podjetij, počasi pridobivanje učnih pripomočkov in priročne literature, potem pa tudi prvih šolskih kompletov, npr. za pnevmatiko ob razumevanju firme Festo. Sčasoma smo zasnovali in v sodelovanju s tovarno Kladivar – Žiri tudi izdelali komplet učnega pripomočka za hidravliko. Po nekaj letih smo uspeli oblikovati laboratorijsko enoto za fluidno tehniko in jo, ob sofinanciranju RSS in sklada za opremljanje raziskovalnih enot v okviru Združenja za fluidno tehniko pri GZS, potem uspeli opremiti tudi z ustrezno merilno opremo in univerzalnim preskuševališčem za hidravliko.

Je pa knjižnica FS solidno opremljena s tujo literaturo za obravnavano področje.

Razvoj stroke v Sloveniji je bil do 80. let preteklega stoletja bolj ali manj spontan. O študiju in srednjem strokovnem izobraževanju je bilo do sedaj že nekaj rečenega. Je pa do takrat tudi na proizvodnem področju nastalo kar nekaj uspešnih podjetij, med njimi npr. Kladivar – Žiri, TIO – Lesce, Litostroj – Ljubljana, TAM – Maribor, Železarna – Ravne idr. Takrat pa je bila ob iniciativi Združenja kovinske industrije pri GZS in gremijev za razvoj manj razvitih območij Slovenije zasnovana široka integralna raziskava o tehniško-tehnoloških in ekonomskih vidikih razvoja področja v Sloveniji, z upoštevanjem stanja v Jugoslaviji in svetu. Ekonomski del študije so opravili v Ekonomskem centru Maribor, nosilci tehniško-tehnološke analize pa so bili na FS z menoj kot vodjem raziskave, ki jo je sofinancirala tudi RSS. V dveletni raziskavi nas je samo na tehniško-tehnološkem delu sodelovalo nekaj nad 45 strokovnjakov iz vse Jugoslavije. Sklepno poročilo o raziskavi je podalo solidno oceno stanja ter nekaj osnovnih smernic za



Univerzalno preskuševališče za hidravliko UPH-1 v laboratoriju za fluidno tehniko FS

Razen učbenika za hidravliko, ki so ga izdelali na UM, povsem ustreznega učbenika še vedno nimamo.

razvoj področja v Sloveniji ob upoštevanju pomembnih vprašanj, kot so: organiziranost in vsebina proi-

zvodnje, raziskave in razvoj, izobraževanje na vseh stopnjah, standardizacija, terminologija, publicistika itd. Rezultati so bili: organizacija Združenja za fluidno tehniko na čelu z Odborom za fluidno tehniko (OFT) pri GZS, sprejem Sporazuma o skupnem sofinanciranju raziskav in opremljanju ustreznih laboratorijskih enot pri obeh fakultetah za strojništvo, oblikovanje ustreznega strokovnega društva za fluidno tehniko, ustanovitev strokovne revije Ventil ter iniciative za delo na področju rednega in dopolnilnega strokovnega izobraževanja, standardizacije in terminologije. Večina zastavljenih ciljev in nalog je bila v naslednjih letih uspešno izpolnjena. Med drugim smo postali tudi člani mednarodnega združenja za hidravliko in pnevmatiko CETOP.

**Ventil:** *Ste velik strokovnjak za pnevmatiko in hidravliko. Kakšno je stanje v slovenski strojni in drugi industriji na tem področju v primerjavi z industrijsko najbolj razvitimi državami?*

**A. Stušek:** Dajati takšne ocene je zelo nevhvaležno. Po navdušenju v 80. letih preteklega stoletja so ob gospodarsko-političnih spremembah in samostojni Sloveniji nastale velike spremembe. Mnoga podjetja so bila ukinjena ali so prenehala s proizvodnjo, tudi na tem področju. Tudi statistika CETOP-a ni več zanesljiva. Omembe vredna proizvodnja skupaj z razvojnoraziskovalnim delom je ostala le v tovarni Kladivar – Žiri, sedaj v lasti firme POCLAIN HYDRAULICS, in delno v tovarni TIO – Lesce. Je pa še nekaj deset podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo posameznih sestavin fluidne tehnike. Večino tržišča sicer zelo široke uporabe sistemov fluidne tehnike, pa obvladujejo tuja podjetja.

**Ventil:** *Tisti, ki vas poznamo, vemo, da je vaša velika »ljubezen« tudi terminologija, predvsem na tehničnem in strojniškem področju. Od kod vaša želja po skrbi, kar je zelo pohvalno, za lep slovenski jezik?*

**A. Stušek:** Prva motivacija na tem področju je bila potreba po prevajanju srbohrvaških in slovenskih strokovnih besedil že takoj po pričetku mojega strokovnega dela v VTI. Že tam sem bil takoj pritegnjen v delo

pri oblikovanju arhiva tehniške dokumentacije s konkretno nalogo oblikovanja arhiva risb in pisnih tehničnih dokumentov. Tudi po študiju in pričetku dela v BI v Zagrebu sem bil vključen v naloge kompleksne organizacije znanstveno-tehničnih informacij, vključno z ustrežno organizacijo arhiva tehnične dokumentacije in strokovne knjižnice. Z vključitvijo v delo skupine za malo avtomatizacijo pa sem po sili razmer sodeloval tudi pri pripravi in prevajanju gradiva za ustrezne tečaje in seminarje. Tako sem tudi po prihodu na FS nadaljeval s podobnim delom pri Zavodu za tehnično izobraževanje. Takoj sem se vključil tudi v delo ocenjevanja knjig pri Strojniškem vestniku, nekaj mandatnih obdobjih pa sem sodeloval tudi v komisiji za knjižico na FS. Po oblikovanju centra za znanstveno-tehniške informacije na področju strojništva, ki ga je vodil mag. V. Jarc, sem aktivno sodeloval pri obdelavi tehniških informacij tudi v okviru sodelovanja z ustanovo FIZ-Tehnik v Frankfurtu in povezano s tem postal za nekaj let predsednik Skupnosti za znanstveno-tehniške informacije Slovenije, ki jo je takrat vodila prof. A. Kornhauser. V nadaljevanju je sledilo oblikovanje in vodenje revije Ventil, vodenje skupine za strojniško izrazoslovje pri ZSITS (uspešna izdaja Trijezičnega strojniškega slovarja) in končno pritegnitev v delo Komisije za slovenski tehniški slovar pri Inštitutu za slovenski jezik Frana Ramoviča pri ZRC SAZU.

**Ventil:** *Ste eden izmed snovalcev revije Ventil in njen odgovorni urednik v letih 1995 in 1996. Kaj je botrovalo ustanovitvi revije?*

**A. Stušek:** Prvi zametki revije so nastali že z občasnim izhajanjem Biltena OFT konec 80. in v začetku 90. let prejšnjega stoletja. Po dogovoru Združenja za fluidno tehniko in Društva za fluidno tehniko pa je leta 1995 pričela izhajati revija Ventil, najprej v založbi ZSITS, pozneje pa je uredništvo prevzela FS. Osnovni motiv in zasnova vsebine revije je bila potreba po informiranju širše strokovne skupnosti o stanju in razvoju fluidne tehnike doma in v svetu ob upoštevanju proizvodnje, raziskav in razvoja ter aktualnosti na področju vzdrževanja, izobraževanja, stan-

dardizacije, terminologije in drugih novosti na obravnavanem področju. Potreba je postala še posebej aktualna, odkar je zasnova Strojniškega vestnika izključno znanstvenoraziskovalno usmerjena in tiskana le v angleškem jeziku.

**Ventil:** *Na koncu pa še nekaj besed o vaših hobijih in aktivnostih v prostem času.*

**A. Stušek:** Razmere dela in življenja mi žal nikoli niso omogočale resnejšega ukvarjanja s športom in drugimi hobiji. V poštev sta prišla le kolesarjenja in pohodništvo, pozneje pa še planinarjenje in poleti plavanje in potapljanje na dah. Aparati za potapljanje nam takrat še niso bili dosegljivi – čeprav sem bil v BI udeležen tudi pri razvoju opreme za podvodne diverzante takratne vojne mornarice.

**Ventil:** *Prav na koncu pa še: ali je mogoče še kaj zanimivega iz vašega življenja, česar vas nismo vprašali in bi radi povedali našim bralcem?*

**A. Stušek:** Kaj posebno zanimivega ne bi imel povedati. Naj pa vseeno omenim izredno koristne strokovne, življenjske in delovne izkušnje, ki sem jih pridobil na študijskih praksah v rudniku bakra na Norveškem (za polarnim krogom, v kraju Sulitjelma) in v tovarni traktorskih pogonov v kraju Passau v Nemčiji (delo na montažnem traku in preskušanje) ter študijske in življenjske izkušnje in zanimiva doživetja na enoletni podiplomski specializaciji v ZDA. Tam sem imel tudi priliko precej podrobno spoznati stanje in organizacijo ameriške industrije fluidne tehnike (obisk prek 20 podjetij) ter študija in raziskav na področju strojništva (obisk okoli 10 tehničnih univerz in raziskovalnih inštitutov). Potrebno načrtnost, disciplino in varstvo pri delu pa sem poleg rudnikov in strojnih tovarn imel na samem začetku kariere priliko v živo spoznati s sodelovanjem pri preskušanju artilerijskega orožja in streliva na preskusnem poligonu VTI v Beogradu.

**Ventil:** *Mag. Stušek, prav lepa hvala za vaše odgovore in še enkrat iskrene čestitke ob vašem praznovanju.*

*Prof. dr. Janez Tušek, FS Ljubljana*

## Mag. Anton Stušek – začeto delo nadaljujejo

Hitro je minilo teh 5 let, ko sem v reviji Ventil ob 75-letnici mag. Stuška v naslovu svojega zapisa pripisal: »nadaljevanje začetega dela«. Tedaj sem, seveda kot njegov naslednik na področju hidravlike in pnevmatike (HiP), podal nekaj svojih misli ob njegovem jubileju. Zdaj, pet let kasneje, ko sem že tudi sam upokojenec, pišem »začeto delo nadaljujejo«. S tem želim predvsem poudariti, da strokovno-znanstveno delo, ki ga je na področju HiP na Fakulteti za strojništvo (FS) v Ljubljani začel mag. Stušek, teče in se razvija dalje, zdaj že »pod taktirko« doc. dr. F. Majdiča. Upam, da je to mag. Stušku vsaj malo v veselje, saj nam je večini praviloma v zadovoljstvo, če se tudi po našem odhodu nadaljuje tisto, kar smo začeli. To praviloma pomeni, da smo začeli pravo stvar.

Mag. Stušek je svojo predavateljsko pot na FS v Ljubljani, in sicer na področju HiP, začel leta 1973. Zanimivo naključje je, da sem tudi jaz, ki sem ga na FS nasledil v letu 1994, začel svojo inženirsko pot prav na področju HiP, prav tako v letu 1973 kot vodja vzdrževanja HiP za področje celotne Železarne Jesenice, katere tradicijo nadaljuje podjetje Acroni. V tistem času je bil očiten splošni interes za napredek razvoja HiP v Sloveniji, tako v izobraževalni kot tudi v gospodarski sferi. Vzdrževalni oddelek HiP je bil v Železarni Jesenice ustanovljen leta 1970 prav na osnovi izrazitih potreb po napredku in izboljšanju strokovno-

sti na tem področju. Razlog za to so bile predvsem številne investicije, katerih stroji in postrojenja so večinoma vsebovala sisteme fluidne tehnike, in sicer predvsem pogonsko-krmilno hidravliko, pnevmatiko pa v manjši meri. Vrednosti teh sistemov so bile pretežno v območju 20 % do 40 % vrednosti celotnega posameznega stroja oziroma postrojenja. Tedanji vodilni kadri v gospodarstvu in izobraževalni sferi so potrebe po napredku fluidne tehnike dobro razumeli, še posebej, če to primerjamo z današnjo situacijo, in tudi dokaj pravilno ukrepali.

V tistih letih sorazmernega razcveta fluidne tehnike v Sloveniji sem tudi sam dolga leta sodeloval z Zavodom za tehnično izobraževanje v Ljubljani, ki je tudi na tem področju izvajal številna izobraževanja. Z mag. Stuškom sva bila tam dolga leta istočasno aktivna in se tako spoznala že v času, ko sem bil še »železar«. Tudi to je bila najbrž dodatna spodbuda, da sem prav pod njegovim mentorstvom opravil magisterij na področju dinamične problematike naprav pogonsko-krmilne hidravlike v železarstvu. Pri tem me je podprlo tudi takratno vodstvo Železarne Jesenice, kar tudi kaže na ugodno klimo za področje HiP v tistem času. Tedaj sploh še nisem razmišljal o delu na doktoratu s področja pogonsko-krmilne hidravlike in tudi ne o tem, da bi mag. Stuška nasledil na delovnem mestu. Dobro sodelovanje z njim v dolgih letih in sple-

ti okoliščin pa so privedli tudi do tega. Vsekakor je on pripomogel k temu, da sem predvsem hidravliko, ki sem se ji v prvem letu svojega dela v železarni skušal izogniti, pa mi (hvala bogu) ni uspelo, potem vzljubil in tako tudi po njegovi zaslugi ostal hidravličar.

Jeseni leta 1994 sva z mag. Stuškom začela na FS delati nekako »vzporedno« do njegove upokojitve. Zaradi obremenitev ob uvajanju predmetnikov nanovo ustanovljene visoke strokovne šole, svojega dela na doktoratu in organizacijskih sprememb predvsem na nivoju kateder se je delo v Laboratoriju za fluidno tehniko, ki ga je on ustanovil, nekaj let skromno razvijalo. V zadnjih osmih letih pa smo s pridobitvijo novih kadrov in projektov uspeli strokovno in znanstveno delo intenzivirati predvsem na področju pogonsko-krmilne hidravlike. Interes študentov za delo v tem laboratoriju je izredno velik, kar se odraža tudi v razmeroma številnih diplomah. Prav tako je sodelovanje z gospodarstvom v stalnem porastu, kar je tudi zasluga novega vodje laboratorija doc. dr. F. Majdiča.

Tako si upam reči, da delo na področju fluidne tehnike na FS tudi zdajšnja »3. generacija« kar dobro nadaljuje in se mag. Stušku ob njegovem jubileju za pionirsko delo na tem področju tudi iskreno zahvaljujemo.

*Jože Pezdirnik*

## Znanstvene in strokovne prireditve

**International Exposition for Power Transmission (IFPE 2014)** – Mednarodna razstava pogonske tehnike

04.–08. 03. 2014  
Las Vegas, ZDA

Informacije:

– [www.ifpe.com](http://www.ifpe.com)

**2013 NFPA Annual Conference**  
– Letna konferenca Ameriškega združenja za fluidno tehniko

05.–08. 03. 2013  
Scottsdale, Arizona, ZDA

Informacije:

– [www.nfpa.com/Events/Conferences-Annual.aspx](http://www.nfpa.com/Events/Conferences-Annual.aspx)

**8<sup>th</sup> International Conference on Fluid Power Transmission and Control (ICFP)** – 8. Mednarodna konferenca o fluidnotehničnem pogonu in krmiljenju

*Nadaljevanje na strani 19*



Industrije si v današnjem času ne znajo več predstavljati brez uporabe robotov, slednji pa vedno bolj prodirajo tudi v naša vsakdanja življenja. Z namenom predstaviti to zanimivo tehniško vedo, organiziramo študentje tradicionalni dogodek »DIR2013 – Dnevi industrijske robotike 2013«. Potekal bo od 25. do 29. marca v prostorih ljubljanske Fakultete za elektrotehniko.

### PROGRAM

Prvi dan bo namenjen **predavanjem** tako s področja osnov robotike, kot tudi iz industrije. Prisluhnili boste lahko strokovnjakom novomeškega Revoza in trem predstavitev s Foruma inovacij.

Od torika do četrтка bomo gostili **nekaj primerkov robotskih celic**, katere bomo predstavili udeležencem ekskurzij s srednjih šol in fakultet. Študentom, ki se bodo prijavi na robotske delavnice, bomo podrobneje razložili prikazane aplikacije in jim omogočili, da se tudi sami preizkusijo v vodenju robotov.

Zadnji dan je predviden **obisk slovenskih podjetij** z robotizirano proizvodnjo. Ogledali si bomo podjetja Gorenje, Plastika Skaza in Oplast.

Teden dni pred dogodkom bo potekalo **tekmovanje RobotChallenge** v načrtovanju robotskih celic. Udeležence bomo na uvodnem predavanju seznanili z okoljem RobotStudio in predstavili realen problem, katerega bodo skušali rešiti. Najboljše tri skupine bodo bogato nagrajene.



### APLIKACIJE

Ekipa DIR-a je za letošnje leto pripravila številne zanimive in izvirne aplikacije. Si upate odigrati **partijo šaha** proti nezmotljivem robotu ali ga raje prekositi pri **metih na koš**? Vas zanima, kako pripravimo dva robota za **usklajeno sodelovanje** ali kako lahko upravljamo **mobilno robotsko platformo**? Če se slednje izkaže za prevelik zalogaj, pa se lahko ustavite pri **robotu natakarju**, ki vam bo pripravil kozarec pijače. To so le nekatere izmed robotskih postaj, s katerimi skušamo zabavati udeležence, obenem pa jih naučiti tudi kaj novega.



DIR bo potekal od 25. do 29. marca 2013. Udeležite se ga lahko vsi željni znanja. Študentje, ki bi si želeli udeležiti delavnic ali tekmovanja, se morate pravočasno prijaviti. Zaveč informacij vam je na voljo spletna stran [www.dnevirobotike.si](http://www.dnevirobotike.si).

## Tradicionalno druženje gospodarstvenikov in raziskovalcev na Univerzi v Mariboru

V prostorih Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru je 28. januarja potekalo tradicionalno Srečanje gospodarstvenikov in raziskovalcev 2013 v organizaciji TehnoCentra Univerze v Mariboru in Štajerske gospodarske zbornice, ob izdatni podpori Univerze v Mariboru in zavoda RAZ:UM. Organizatorji so si tudi na osmem srečanju prizadevali izboljšati sodelovanje med gospodarstvom in znanstvenoraziskovalno sfero, kar dobiva v luči aktualnih družbenih premikov čedalje večji pomen.



Ob razglasitvi naj raziskovalca UM v letu 2012

Uvod v srečanje je bila razglasitev naj raziskovalca Univerze v Mariboru po mnenju gospodarstva za leto 2012. Prepričljivo je zmagala raziskovalka, redna profesorica ddr. Ana Vovk Korže s Filozofske fakultete Univerze v Mariboru. »V izboru je sodelovalo 25 podjetij, zavodov in občin iz vse

Slovenije; zmagovalki so sponzorji namenili 11.550 EUR za nadaljnje raziskovalno delo. To pa je tudi najvišja nagrada, ki jo je do sedaj dobil najuspešnejši raziskovalec oziroma raziskovalka po mnenju gospodarstva,« je izpostavil direktor TehnoCentra UM doc. dr. **Anton Habjanič**.

Srečanje se je pričelo z raziskovalnim zajtrkom in navezovanjem stikov med raziskovalci, gospodarstveniki in snovalci politik na področju gospodarstva in inovacij. Raziskovalni zajtrk je nudil udeležencem priložnost za razpravo o ta trenutek še posebej aktualnem vprašanju – kam, kako, s kom po poti napredka. Uvodne misli srečanja so prispevali rektor Univerze v Mariboru prof. dr. **Danijel Rebolj**, državni sekretar na Ministrstvu za gospodarski razvoj in tehnologijo mag. **Uroš Rožič** in direktor TehnoCentra UM doc. dr. Anton Habjanič.

Raziskovalnemu zajtrku je sledila slovesna razglasitev naj raziskovalca Univerze v Mariboru po mnenju gospodarstva. Na sedmem natečaju, ki se je zaključil 21. januarja, je sodelovalo 25 podjetij, zavodov in občin iz vse Slovenije, kar kaže na to, da je delo raziskovalcev z Univerze v Mariboru dobro prepoznano tudi v širšem slovenskem prostoru. Zmagovalka redna profesorica ddr. **Ana Vovk Korže** s Filozofske fakultete v Mariboru je ob tej priložnosti prejela tudi simbolični ček.



Utrinek s srečanja gospodarstvenikov in raziskovalcev



Po slovesnosti sta mag. **Tatjana Andoljšek** in mag. **Klemen Mir** iz odvetniške pisarne OPAM Law v uvodni razpravi osvetlila vprašanje, kako v luči mednarodnih pravnih in finančnih predpisov ravnati z izumi iz delovnega razmerja v zasebnem in javnem sektorju. V nadaljevanju je doc. dr. Anton Habjanič moderiral okroglo mizo o izkušnjah na področju upravljanja z izumi ter pomenu gradnje in krepitve inovacijske kulture v gospodarstvu in na univerzi. K sodelovanju so organizatorji povabili državnega sekretarja mag. **Uroša Rožiča** z Ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo, prof. dr. **Boruta Žalika**, dekana Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, prof. dr. **Janeza Beštra**, predstojnika Laboratorija za telekomunikacije Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, **Marka Drobniča**, predsednika uprave Taluma, d. d., in dr. **Amorja Chowdhuryja**, direktorja podjetja Margento R & D, d. o. o. V popoldanskih urah sta potekali predstavitve projekta SEETechnology in okrogla miza z naslovom Sodelovanje znanstvenih parkov jugovzhodne Evrope, v okviru katere načrtujejo promocijo in trženje razvojnoraziskovalnih rezultatov in tehnologij. Moderiral jo je prof. dr. **Dean Korošak**, direktor razvoda RAZ:UM.

V času srečanja je potekal tudi sejem inštitutov in laboratorijev Univerze v Mariboru, na katerem so se predstavili Mednarodni center za ekoremediacije Filozofske fakultete, Inštitut za

proizvodno strojništvo, Laboratorij za inteligentne CAD-sisteme, Oddelek za tekstilne materiale in oblikovanje ter ekipa Formule Student s Fakultete za strojništvo, Inštitut za avtomatiko, Laboratorij za digitalno procesiranje signalov, Laboratorij za aplikativno elektromagnetiko in Inštitut za medijske komunikacije s Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Laboratorij za fizikalno kemijo in kemijsko termodinamiko s Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo ter Fakulteta za gradbeništvo Univerze v Mariboru. Ob naštetih so se na sejmu iz podpornega okolja predstavili še Štajerska gospodarska zbornica, Mariborska razvojna agencija, Tovarna podjetij, CIMRS, RAZ:UM in TehnoCenter UM, d. o. o.

Tudi letošnje srečanje je potekalo ob vsebinski in finančni podpori štirih pomembnih evropskih projektov: **FORT** (FOstering continuous Research and Technology application), ki se izvaja v okviru Programa Srednja Evropa, **SEETechnology** (Co-operation of SEE science parks for the promotion of transnational market uptake of R&D results and technologies by SMEs), ki se izvaja v okviru programa Jugovzhodna Evropa, ter **IKTIMED** (Increasing Knowledge Transfer and Innovation in the Mediterranean Area) in **R&D Industry** (University support for Research and Development in Industry), ki se izvajata v okviru Programa Mediteran. Vsi projekti so sofinancirani iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

[www.tehnocenter.si](http://www.tehnocenter.si)

»Živimo v času, ko se je potrebno še posebej zavedati pomena sodelovanja med znanstveno-raziskovalno sfero in gospodarstvom. Na Univerzi v Mariboru v ta namen izvajamo različne aktivnosti, med katerimi sem še posebej ponosen na tradicionalno Srečanje gospodarstvenikov in raziskovalcev, ki letos poteka že osmo leto zapored. Za uspešno sodelovanje med raziskovalnimi organizacijami in gospodarstvom pa je vsekakor potrebno najprej vzpostaviti visokokvalitetno raziskovalno okolje, ki bo generator dobrih idej, novega znanja in izumov. Nadalje je potrebno vzpostaviti tržišče s podjetji, investitorji in t. i. posredniki prenosa tehnologij, zmožnimi komercializacije ustvarjenih invencij. Pri čemer se nikakor ne smemo omejiti samo na domače okolje, ampak se je potrebno povezovati izven meja naše države. Zato me še posebej veseli dejstvo, da se je letošnjega srečanja, ki je vsekakor odlična priložnost za medsebojno spoznavanje, izmenjavo znanj in izkušenj ter sklepanje novih partnerstev, udeležilo veliko število tujih partnerjev,« pravi direktor TehnoCentra UM doc. dr. **Anton Habjanič**, ki je med drugim izrazil veliko zadovoljstvo, da se je srečanje dobro uveljavilo ne le v mariborskem, temveč tudi v širšem slovenskem in evropskem okolju.

**IRT**<sup>3000</sup>  
inovacijarazvojtehnologije

## NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

**VSAKA DVA MESECA  
NA VEČ KOT 140 STRANEH**

**Vodnik skozi množico informacij**

- kovinsko-predelovalna industrija
- proizvodnja in logistika
- obdelava nekovin
- napredne tehnologije

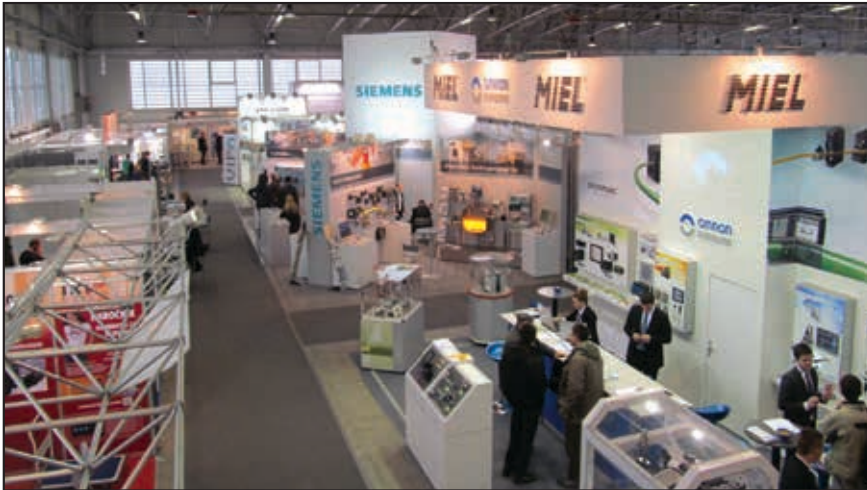
Povprašajte za cenik  
oglaševalskega prostora!  
e-pošta: [info@irt3000.si](mailto:info@irt3000.si)

## IFAM-Intronika 2013 v Celju

Na celjskem sejmišču je od 30. januarja do 1. februarja potekal sejem IFAM-Intronika 2013. Organizator je bilo podjetje ICM, d. o. o., iz Celja. Na

sejmu je sodelovalo 57 razstavljalcev iz podjetij in 39 zastopnikov. Predstavilo se je tudi 11 tujih podjetij. Razstavljalci so bili iz Slovenije, Madžarske,

Hrvaške, Češke, Nemčije in Avstrije, zastopana podjetja pa iz Nemčije, Avstrije, Japonske, Velike Britanije, Italije, Francije, Belgije, Poljske, Slovenije, Švice in ZDA.



Pogled na razstavne prostore

Sejem IFAM-Intronika bo naslednje leto praznoval 10. obletnico in je edini v Sloveniji, ki pokriva propulzivna tehnološka področja, kot so avtomatika, robotika, mehatronika, profesionalna elektronika in letos prvič tudi merilna tehnika. Slovenija je lahko ponosna, da tak sejem v Sloveniji sploh obstaja in da je iz leta v leto bolj strokoven in vedno bolj obiskan. Obiskujejo ga strokovnjaki različnih področij, raziskovalci, inženirji, študenti, dijaki in tudi obrtniki in podjetniki.

*Janez Škrlec, inž. Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije*

### Odlična predstavitev Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije

Letos se je na sejmu odlično predstavila tudi Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije (OZS) z odborom za znanost in tehnologijo in strokovno sekcijo elektronikov, ki jo vodi predsednik Janez Škrlec. V okviru OZS so sodelovali tudi naši partnerji: Institut Jožef Stefan, Kemijski inštitut iz Ljubljane, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Univerza v Mariboru, Center odličnosti NAMASTE, Univerza iz Nove Gorice, VSŠ ŠC Ptuj,



*Razstavni prostor Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije je bil odlično obiskan, veliko je bilo zanimanja za bioniko*

MIC in VSŠ ŠC Velenje, SERŠ iz Maribora in vrsta malih in mikropodjetij.

Prikazali smo področje avtomatike, robotike, mehatronike in profesionalne elektronike, merilne tehnike in bionike (prispevek str. 448). Prvič doslej pa je dr. Iztok Kramberger, podpredsednik odbora za znanost in tehnologijo (sicer zaposlen na FERi Univerze v Mariboru), predstavil vesoljske tehnologije v okviru blagov-

ne znamke Skylabs, in sicer procesor PicoSky FT za vesoljske aplikacije (SkyLabs), razvojno orodje FPGA za vesoljske aplikacije (SkyLabs) in drugo.

Treba je poudariti, da gre za slovensko znanje in slovenske visokotehnološke izdelke.

*Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS*



*Procesor PicoSky FT za vesoljske aplikacije (SkyLabs)*

## Sprejem dijakov SERŠ-a pri ministru dr. Žigu Turku

Minister dr. Žiga Turk je v torek, 18. decembra 2012, v prostorih ministrstva (Masarykova 16) sprejel dijake Srednje elektro-računalniške šole Maribor, ki so v Mehiki sodelovali na tekmovanju Robocup Junior Rescue B, kjer so v tekmovanju Super Team skupaj z brazilsko ekipo osvojili 3. mesto.



*Sprejem pri ministru dr. Žigu Turku*

Ekipo so sestavljali: Bojan Potočnik (dijak), Matej Drobnič (dijak), Tadej Tofant (bivši dijak in študent FERI Univerze v Mariboru) in Miran Waldhütter (spremljevalec in mentor dijakov na tekmovanjih). Minister je ekipo čestital za osvojeni uspeh. Dijaki se že pripravljajo tudi za svetovno tekmovanje Robocup 2013, ki bo v mestu Eindhoven na Nizozemskem, tam bodo sodelovali, če bo šlo vse po sreči, kar z dvema ekipama. Minister jim je ob tej priložnosti zaželel veliko uspeha na tekmovanju, pri njihovem nadaljnjem študiju in bližajoči se maturi. Sprejema se je udeležil tudi predsednik odbora za znanost in tehnologijo pri OZS Janez Škrlec, ki posebej podpira robotska tekmoval-

nja, še zlasti pa skupino dijakov, ki je na svetovnem tekmovanju osvojila 3. mesto. Ob tej priložnosti je dijakom ponudil strokovno in tehnično pomoč, še zlasti na področju uporabe MEMS-tehnologij. Tovrstna tekmovanja že nekaj let podpira tudi Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije.

Minister dr. Žiga Turk je z zanimanjem poslušal dijake, njihovo zanimanje za robotiko, tehnične rešitve robotov in kakšni bodo trendi razvoja na tem področju v prihodnje. Dijaki pa so bili prijetno presenečeni, koliko znanja ima minister na po-

dročju računalništva, informacijsko-komunikacijskih tehnologij in še zlasti na področju mobilnih naprav in aplikacij, ki bodo integrirane v robote naslednjih generacij. Dr. Turk je v zaključku dolgega in sproščene pogovora izrazil vso podporo mladim dijakom SERŠ-a in se jim zahvalil za izjemen dosežek. Zahvalil se je tudi mentorju Miran Waldhütterju in Janez Škrlecu za podporo mladim, še zlasti na področju robotike in robotskih tekmovanj.

*Janez Škrlec, inž  
Obrtno-podjetniška zbornica slovenije*

## In memoriam



Umrla je **prof. dr. Marija Kosec**, dolgoletna vodja Odseka za elektronsko keramiko, nekdanja predsednica Znanstvenega sveta Instituta »Jožef Stefan«. Prof. Koščeva je bila ambasadorica znanosti Republike Slovenije (2003), dobitnica Zoisove nagrade za vrhunske znanstvene in razvojne dosežke na področju keramičnih materialov (2006), Puhovega priznanja za razvojne dosežke (2009) in ena redkih Evropejk, ki je prejela ugledno nagrado Ferroelectrics Recognition Award 2010, IEEE Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control Society za izjemen prispevek k znanosti in tehnologiji priprave feroelektričnih prahov, volumenske keramike ter tankih in debelih plasti.

Bila je vodja Centra odličnosti NAMASTE, članica programskega odbora Industrijskega foruma IRT in številnih drugih odborov in združenj ter velika zagovornica sodelovanja med gospodarstvom in znanostjo. Izjemno pomembna je bila njena vloga pri podpori delovanja odbora za znanost in tehnologijo, ki deluje v okviru Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije. Bila je izjemna osebnost in hvala ji za vse, kar je delila z nami. Vsi, ki smo jo poznali, jo bomo ohranili v trajnem spominu.

*Janez Škrlec,  
Obrtno-podjetniška zbornica  
Slovenije*

## Podpis dogovora o sodelovanju med Obrtno-podjetniško zbornico Slovenije in Univerzo v Novi Gorici



Na sliki levo je rektor Univerze v Novi Gorici, prof. dr. Danilo Zavrtanik, v sredini je predsednik skupščine OZS Alojz Kovšca in desno Janez Škrlec

V ponedeljek, 7. januarja, je bil na sedežu Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije podpisan dogovor o sodelovanju z Univerzo v Novi Gorici. Za Obrtno-podjetniško zbornico sta dogovor podpisala predsednik skupščine **Alojz Kovšca** in predsednik odbora za znanost in tehnologijo **Janez Škrlec**, s strani Univerze v Novi Gorici pa rektor **prof. dr. Danilo Zavrtanik**. Dogovor o sodelovanju zajema poslovno in strokovno sodelovanje na področju organiziranja strokovnih seminarjev, tehnoloških in nanotehnoških dnevov, konferenc, delavnic, forumov, skupno sodelovanje na različnih sejmihi in skupno načrtovanje projektov, zanimivih predvsem za moderno in sodobno obrt ter podjetništvo.

Dogovor bo zajemal tudi sodelovanje v domačih in mednarodnih projektih, na področju eksperimentalne znanosti, nudenje pomoči pri prenosu novih znanj in tehnologij v sodobno obrt in podjetništvo, še zlasti pa prenos znanja v mala in mi-

loških in nanotehnoških dnevov, konferenc, delavnic, forumov, skupno sodelovanje na različnih sejmihi in skupno načrtovanje projektov, zanimivih predvsem za moderno in sodobno obrt ter podjetništvo.

kro podjetja. Dogovor pomeni tudi večjo povezanost gospodarstva in znanosti, še zlasti pa strokovno pomoč pri razvoju in uporabi novih tehnologij s ciljem uspešnejšega razvoja novih izdelkov in storitev z višjo dodano vrednostjo. Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije je doslej že podpisala dogovor o sodelovanju z Institutom Jožef Stefan, Kemijskim inštitutom v Ljubljani, Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in Univerzo v Mariboru.

V letu 2012 pa je pristopila kot polnopravni partner tudi v Center odličnosti NAMASTE. Podpis dogovora bo izjemno pomemben še zlasti za razvoj in uporabo novih materialov in spoznavanje novih tehnoloških procesov ter osvajanja znanja na področju nanotehnologij, energetike ter okoljskih tehnologij. Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije je v zadnjih letih napravila velik korak naprej v povezovanju gospodarstva in znanosti. Na tem področju ima veliko vlogo odbor za znanost in tehnologijo, ki deluje v okviru OZS že več kot šest let.

[www.ozs.si](http://www.ozs.si)

**casopis industrija**

**Vaša sigurna pot do tržišča v Srbiji**

**www.industrija.rs**  
www.facebook.com/casopis.industrija

Pokličite nas:  
**Časopis Industrija**  
Lazara Kujundžića 88, 11030 Beograd, Srbija

tel/fax. + 381 11 305 88 22  
mob. + 381 60 344 84 28  
e-mail: office@industrija.rs

## V spomin prof. dr. Francu Schweigerju



V mrzlem in zasneženem januarju smo se slovenski inženirji poslovili od cenjenega prof. dr. Franca Schweigerja. Profesor se je rodil 4. oktobra 1926 v Gotni vasi pri Novem mestu. Izkusil je težka leta druge svetovne vojne. Po uspešno zaključeni gimnaziji se je po vojni vpisal na Oddelek za strojništvo Tehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer je leta 1953 diplomiral. Po študiju se je za krajšo dobo zaposlil v kranjski Iskri, leta 1954 pa je nastopil službo v Inštitutu za turbinske stroje v Ljubljani. Tu je pričel z raziskavami dinamike tekočin v turbostrojih in napravah, ki so ga spremljale skozi dolgo in bogato življenje.. Želja po novih znanjih ga je vodila v tujino. V letu 1960 se je znanstveno izpopolnjeval v državnem inženirskem laboratoriju v Glasgowu na Škotskem. Decembra leta 1962 je bil na Univerzi v Glasgowu,

Oddelek za aeronavtiko in mehaniko fluidov, izvoljen za raziskovalca, kjer je leta 1965 doktoriral z delom *Flow in Centrifugal Pump Working at Part Capacity*. Po doktoratu je raziskoval aerodinamične pojave v laboratoriju Univerze v Cardiffu v Welsu, od koder se je leta 1968 vrnil v domovino, kjer je na Inštitutu za turbinske stroje prevzel Oddelek za teoretično mehaniko fluidov.

Svoje bogato znanje je začel prenašati na mlajše rodove. Leta 1972 je bil izvoljen za izrednega, leta 1980 pa za rednega profesorja na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani za predmet Hidravlični stroji. Na fakulteti je ostal vse do upokojitve leta 1995. Pedagoško področje profesorja je obsegalo dodiplomski in podiplomski študij. Bil je mentor številnim diplomantom, magistrantom in dvema doktorandoma. Naloge kandidatov so bile tesno povezane s problemi vodnih turbin in črpalk, posebej tistih v Litostroju in Turboinštitutu. Profesor je negoval stike s številnimi tujimi univerzami in inštituti.

Znanstveni opus profesorja Schweigerja obsega študij tokovnih razmer v turbočrpalkah, merjenje velikih pretočnih količin v hidroelektrarnah, vodni udar v črpalnih in hidroenergetskih sistemih in statistično analizo vodnih turbin in črpalk turbin. Izsledke svojih raziskav je

predstavil na mednarodnih znanstvenih konferencah, na katerih je vodil delovne sekcije in bil član znanstvenih odborov. Svoja dela je objavljaval v Strojniškem vestniku in mednarodnih revijah. Najpomembnejše delo je serija petih člankov s področja statistične analize vodnih turbin in črpalk turbin, ki so bili objavljeni v *International Water Power & Dam Construction*. Pomembno področje profesorjeve ustvarjalnosti je bilo njegovo sodelovanje v mednarodnih strokovnih in znanstvenih združenjih. Leta 1969 je bil imenovan v šesto delovno skupino Mednarodne elektrotehniške komisije (IEC), kjer je sodeloval pri izdaji predpisov za merjenje pretoka v pretočnih sistemih hidroelektrarn. Pri tem je vodil pripravo predpisov za tlačno-časovno metodo merjenja pretokov (Gibsonova metoda). Bil je tudi član jugoslovanske strokovne komisije za regulacijo in pretoke (JUREMA), mednarodnega združenja za hidravlične raziskave (IAHR) in ameriškega združenja strojnih inženirjev (ASME).

Delo profesorja Schweigerja na pedagoškem, znanstvenoraziskovalnem in strokovnem področju je pustilo neizbrisni pečat generacijam slovenskih inženirjev, za kar smo mu hvaležni in ga bomo ohranili v trajnem spominu.

Izr. prof. dr. Anton Bergant

nadaljevanje s strani 12

09.–11. 04. 2013  
Hangzhou, Kitajska

Informacije:

– e-pošta: [junzon@zju.edu.cn](mailto:junzon@zju.edu.cn)  
– internet: [www.sklopf.zju.edu.cn/icfp2013](http://www.sklopf.zju.edu.cn/icfp2013)

13<sup>th</sup> Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP 2013) – 18. Skandinavska konferenca o fluidni tehniki

03.–05. 06. 2013

Linköping, Švedska

Informacije:

– e-pošta: [sicfp2013@iei.lin.se](mailto:sicfp2013@iei.lin.se)  
– internet: [www.sicfp.2013.se](http://www.sicfp.2013.se)



# Nekoč bomo z bioniko gradili danes nepredstavljljive naprave in projekte

Izjemen tehnološki razvoj v drugi polovici prejšnjega stoletja je ustvaril novo vedo, ki se imenuje **bionika**. Ta danes dobiva vedno večji pomen in si zanesljivo razširja meje, ki jih je zabrisal človeški tehnični in tehnološki razvoj. Bionika je veda, ki posnema naravo in išče rešitve v gradnji sistemov in naprav, ki so najbolj podobni tistim rešitvam, ki nam jih ponuja narava sama.



Koncept gradnje s pomočjo idej iz bionike (slika – levo) in konstruiranje avtomobilov naslednje generacije s pomočjo bionike (slika – desno)

Posnemanje narave na način, ki ga danes poznamo pod pojmom bionika, se je začelo takrat, ko so mnogi znanstveni laboratoriji začeli sistematično spremljati konstrukcijske rešitve narave in jih uvajati v tehnične procese. Danes poznamo teoretično, tehnično oz. tehnološko in biološko bioniko. **Kaj nam lahko ponudi bionika kot veda?** Ponudi nam lahko veliko več, kot si ta trenutek ob prebiranju tega članka sploh lahko zamislimo. Prinese nam lahko nove rešitve na številnih področjih, ki jih narava zna tako enkratno rešiti, brez velikih škodljivih vplivov na okolje. Bolj bomo poznali bioniko, več bomo našli rešitev in odgovorov na zapletena vprašanja. Če

primerjamo rešitve v naravnih bioloških sistemih in jih primerjamo s tistimi, ki jih ustvarja človek, je prav, da se ob tem zamislimo, ali morebiti s svojim početjem ne ustvarjamo nekega drugega nenaravnega sveta. Z dobrim opazovanjem narave bomo začeli sistematično spreminjati konstrukcijske rešitve in v svoje tehnološke izdelke in procese bomo s pridom uvajali naravne rešitve, ki nam bodo prinesle energetske varčnosti, velik prihranek v materialih in velik prihranek truda v raziskovalnih procesih. Da bi si lažje ustvarili predstavo o pomembnosti bionike, navedimo primer, da je energetska bilanca računalnika v primerjavi z energetske učinkovitostjo človeka nekaj tisočkrat slabša. Nobenega

dvoma ni, da bo bionika imela izjemno pomembno vlogo pri snovanju računalniških rešitev v prihodnosti.

Bionika ima že danes vedno pomembnejšo vlogo v različnih dejavnostih, kmalu pa se bo tudi pri nas identificirala s poklicem inženir bionike. V primerjavi z naravnimi so tehnični izdelki in procesi največkrat izjemno potratni, neučinkoviti in tudi premalo varni in problematični pri procesu razgradnje. Za njihovo izdelavo porabimo preveč surovin, preveč energije in premočno obremenjujemo okolje. Če smo odkriti, si moramo priznati, da si je tehnika vseskozi prizadevala delovati v dobro človeštva, vsaj v večini primerov, bionika pa v to vključuje tudi naravo, kar je zelo pomembno. Inovacije v naravi ponazarjajo pot k boljšim in racionalnejšim rešitvam, tudi takšnim, ki jih z obstoječo tehniko nismo sposobni izdelati. Če bomo bioniko prepoznali kot rešilno vedo za našo prihodnost, bodo bionični izdelki narejeni s kar najmanjšo porabo materiala ter energije, kar bo veljalo tudi za celotni življenjski cikel izdelka v nasprotju s številnimi tehničnimi izdelki, ki jih poznamo danes.



Bionične kontaktne leče (slika – levo) in biomehanično generiranje električne energije (slika – desno)

Cilj bionike je, da bi bil izdelek po uporabi razgradljiv in bi se vrnil v naravni proces kroženja snovi. Mnogi se bodo vprašali, zakaj bionika ni že danes bolj prisotna v našem življenju

in ustvarjanju. Vzrok lahko najdemo v dejstvu, da se je tehnika razvijala predvsem zase in strokovnjaki različnih tehničnih ved največkrat tudi pomislili niso, da bi se lahko zgledovali po naravi. Danes lahko rečemo, da je bionika interdisciplinarna veda, ki se sistematično ukvarja s tehnično uporabo konstrukcij in procesov po zgledu narave in povezuje biologijo z različnimi področji tehnike, matematike, fizike, elektronike, mehatronike,

biomehatronike, arhitekture in tudi ekonomije. Za celovitejšo dojetanje bionike je potrebno poudariti, da se ta veda ukvarja tudi z inteligentno protetiko in vsadki ter drugimi izjemno pomembnimi področji. Bionika je danes veda, ki lahko bistveno izboljša naše življenje, moramo jo le bolje spoznati, ji dati priložnost, da izkoristimo izkušnje iz bogate zakladnice narave. Strokovnjaki bionike bodo v prihodnosti vedno bolj iskani,

saj bodo združevali pomembna znanja iz biologije in različnih tehničnih ved. Bioniki bodo snovalci učinkovitih tehnoloških rešitev ob podpori tistih znanj, ki nam jih ponuja narava. Dobri poznavalci bionike verjamejo, da bodo najboljše rešitve za človeštvo prišle takrat, ko bomo znali živeti v sozvočju z naravo.

*Janez Škrlec, inženir mehatronike  
Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije*

## Bionični človek postaja realnost, prvemu so dali ime Rex



*Prvi bionični človek, ki so ga poimenovali Rex, njegova izdelava je stala milijon dolarjev.*

Soočeni smo z velikim napredkom na področju bionike, dobili smo namreč prvi koncept bioničnega

tudi tega po mnenju konstruktorjev kaj kmalu dobil.

človeka, ki je javnosti prvič na ogled v Londonskem muzeju znanosti (London's Science Museum). Mnogi si zastavljajo vprašanje, ali je to bionični človek ali robot z bioničnimi lastnostmi. Sestavljen je iz bioničnih rok in nog in umetnega obraza, vgrajen ima slušni aparat in očesna vsadka kot bionična očesa. Poimenovali so ga Rex. Bionični človek lahko sestavlja preproste stavke in odgovarja na določena vprašanja. Vgrajeno ima tudi črpalko za umetno kri, ki se pretaka skozi umetne organe (srce, ledvice, trebušno slinavko). Zaenkrat je še brez želodca, vendar bo

V konceptu tega prvega bioničnega človeka v izhodišču ni bilo mišljeno, da bi bili ti sestavni deli povezani v celoto, praviloma vsakega izmed delov že danes uporabljajo v protetični in bionični medicini. Rex je v bistvu dva metra veliko izložbeno okno za najnovejše dosežke s področja bionične tehnologije in protetike. Umetni udi in organi odpirajo nova etična vprašanja, med drugim tudi vprašanje, ali naj jih uporabljamo zgolj za odpravljanje hendikepa ali preprosto zato, ker hočemo postati večji, boljši, bolj vzdržljivi in morebiti nesmrtni. Vsekakor je bionični človek velik napredek človeštva in jasno sporočilo javnosti, da se je pravo ustvarjanje na tem področju že začelo. Strokovnjaki bodo seveda kmalu zgradili še bolj sofisticiranega bioničnega človeka, ki bo imel umetne mišice, meso, tkiva, umetno kožo, bionične možgane in vse tisto, kar ga bo vedno bolj približevalo človeku. Ni mogoče tako nesmiselna pripomba ljudi, da postajajo roboti vedno bolj podobni človeku in človek robotom.

*Janez Škrlec, inženir mehatronike  
Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije*

**AIG'13**  
4. in 5. april, Hotel City Maribor

Vabimo Vas na že tradicionalno konferenco Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu AIG'13, ki jo organizira Društvo avtomatikov Slovenije v sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, s pomočjo članov društva in pokroviteljev konference. Konferenca AIG je osrednji dogodek vseh avtomatikov v Sloveniji.

## Slovenska LED-meglenka na avtosalonu v Detroitu

2012 Detroit Auto Show je razkril novo podobo Nissanovega luksuznega avtomobila *infiniti* Q50, za katerega je LED-meglenko razvila razvojna ekipa Helle Saturnus Slovenija.

Q50 ima prenovljeno stilsko podobo, opremljen pa je s skoraj vso sodobno tehnologijo, ki jo Nissan trenutno premore.

Novi *infiniti* z agresivnim zunanjim videzom, zasnovanim v studiu v Atsugi na Japonskem, tehnološko notranje pomlajen stopa v tekmo z največjimi svetovnimi tekmeci premium segmenta, kot sta BMW in Audi.

Vodstvo Nissana je že pred časom napovedalo, da avto ne bo le manjša verzija slogovno in tehnološko prestižnih, a konzervativnih avtomobilov, ampak se bo razlikoval od



*infiniti* Q50

vsega že videnega v premiumskem kompaktnem razredu.

Avtomobil je namenjen predvsem japonskemu in ameriški trgu, delno tudi evropskemu, zlasti Rusiji.

20-članska razvojna ekipa Helle Saturnus je razvila standardno LED-meglenko, ki bo uporabljena na vsaj šestih različnih *infiniti*jevih modelih. Prvi je že omenjeni Q50 s komercialnim imenom skyline, sledi fuga, nato murano itn.

Gre za zahteven projekt, saj *infiniti* velja za Nissanovo prestižno znamko, na ravni lexusa pri Toyoti, zato so zahteve po kakovosti in zanesljivosti primerno visoke.

Med celotno sedemletno življenjsko dobo avtomobila bo slovenska

družba z dobavami 3,65 milijona meglenk ustvarila 72 milijonov EUR evrov prihodkov.

Novi *infiniti*jeve LED-meglenke bodo iz Helle Saturnus, edine proizvodne lokacije, dobavljali najprej na Japonsko, v Nissanovo tovarno Tochigi, ki je velika za 600 nogometnih igrišč in ima 346 robotov.

V kasnejši fazi so načrtovane tudi dobave v Ameriko in Rusijo.

Trenutno se dobave gibljejo na ravni 1440 parov tedensko, kar pa je šele začetek.

Vir: Hella Saturnus Slovenija, d. o. o., Letališka c. 17, 1001 Ljubljana, tel: +386 1 5203 261, fax: +386 1 5203 404, e-mail: [lilijana.dolenc@hella.com](mailto:lilijana.dolenc@hella.com), [www.hella.de](http://www.hella.de)



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA  
01

t: 01 620 34 03  
f: 01 620 34 09  
e: [info@tp-lj.si](mailto:info@tp-lj.si)  
[www.tp-lj.si](http://www.tp-lj.si)

Tehnološki park Ljubljana d.o.o.  
Tehnološki park 19  
SI-1000 Ljubljana



### 3. Avstrijsko-slovenska polimerna konferenca letos aprila na Bledu

**3. Avstrijsko-slovenska polimerna konferenca – ASPM 2013** – bo potekala med **3. in 5. aprilom 2013 na Bledu**. Konferenca bo pokrivala ključne teme s področij polimerne znanosti in inženirstva ter ponudila odlično priložnost za razpravo o aktualnih trendih in novostih med znanstveniki in predstavniki industrije.



Organizatorji ASPM 2013 so k sodelovanju in posredovanju svojega znanja ter raziskovalnih odkritij povabili mnoge **priznane znanstvenike z različnih področij polimerne znanosti in inženirstva**. Na konferenci boste lahko prisluhnili **4 plenarnim predavateljem**. Nastopili bodo **Nikos Hadjichristidis** (King Abdullah University

of Science and Technology, Savdska Arabija), **Alamgir Karim** (College of Polymer Science and Polymer Engineering, The University of Akron, ZDA), **Mariastella Scandola** (Department of Chemistry 'G. Ciamician', University of Bologna, Italija) in **Gerhard Wegner** (Max Planck Institute for Polymer Research, Nemčija).

V **znanstvenem programu ASPM 2013** bo sodelovalo **18 sekcijskih predavateljc in predavateljev**. To so **Matthew L. Becker** (University of Akron, ZDA), **Michael R. Buchmeiser** (University of Stuttgart, Nemčija), **Andrzej Dworak** (Centre of Polymer and Carbon Materials of PAS, Gliwice, Poljska), **Igor Emri** (Univerza v Ljubljani, Slovenija), **Todd Emrick** (University of Massachusetts, Amherst, ZDA), **Lucia Gardossi** (University of Trieste, Italija), **Dieter P. Gruber** (Polymer Competence Center Leoben, Avstrija), **Sabine Hild** (Johannes Kepler University of Linz, Avstrija), **Peter Krajnc** (Univerza v Mariboru in CO PoliMaT, Slovenija), **Igor Lacik** (Polymer Institute SAV, Bratislava, Slovaška), **Robert Liska** (Vienna University of Technology, Avstrija), **Matej Praprotnik** (Kemijski inštitut,

Ljubljana, Slovenija), **Coleen Pugh** (University of Akron, ZDA), **Volker Ribitsch** (University of Graz, Avstrija), **Mark D. Soucek** (University of Akron, ZDA), **Sabu Thomas** (Mahatma Gandhi University, Kottayam, Kerala, Indija), **Gregor Trimmel** (University of Technology, Gradec, Avstrija) in **Ena Žagar** (Kemijski inštitut in CO PoliMaT, Ljubljana, Slovenija).

Svoja raziskovalna odkritja in dosežke pa bodo z **78 ustnimi predstavitvami in 110 posterji** z vami delili tudi znanstveniki in predstavniki industrije s celega sveta. Zastopanih bo **enajst področij** polimerne znanosti in inženirstva, in sicer: Sinteza in modifikacija polimerov, Površine, mejne površine in strukture, Polimeri iz obnovljivih virov. Polimeri za biomedicinske aplikacije, Polimeri za tehnično napredne aplikacije in energija, Polimerni kompoziti in nanotehnologija, Premazi in lepila, Teorija, modeliranje in simulacija, Degradacija in stabilizacija polimerov, Predelava in recikliranje polimerov ter Analiza, karakterizacija in testiranje polimerov.

Več informacij o programu in prijava na [www.aspm.si](http://www.aspm.si).

### Hycom BV je nov član skupine HYDAC International

Z letom 2013 je nizozemsko podjetje **HYCOM BV** član skupine **HYDAC International**. **HYCOM** je svetovno

znan dobavitelj najkompleksnejših hidravličnih sistemov za uporabo v industriji, letalski industriji in na off

shore območju že od leta 1974.

Zaradi globalizacije svojega poslovanja je v skupini **HYDAC International** našel močnega, globalno prisotnega partnerja s podružnicami v več kot 50 državah po celem svetu. **Hydac** pa je pridobil partnerja z znanjem na off shore območju in na področju letalstva.

Podjetje bo še naprej delovalo samostojno pod lastno blagovno znamko s sedežem v Apeldoornu, Nizozemska.

Vir: **HYDAC, d. o. o., Zagrebška c. 20, 2000 Maribor, tel.: 02 460 15 20; faks: 02 460 15 22, internet: [www.hydac.com](http://www.hydac.com), e-mail: [info@hydac.si](mailto:info@hydac.si), g. Dejan Glavač**



500-tonski žerjav za postavitev vetrnih elektrarn, **HYCOM** je dobavil kompletno hidravliko in elektroniko za krmiljenje

## Robot Obelix se samodejno giblje po Freiburgu

Robot z imenom Obelix se je samodejno sprehajal po Freiburgu na štiri kilometre dolgi progi. Pri zaznavanju in izogibanju oviram so mu pomagali trije SICK-ovi merilni laserski skenerji iz družine LMS1xx in mu omogočili neodvisno izbiro poti od začetne točke do cilja.

»V Obelixa so vgrajeni trije LMS151,« pravi prof. dr. Wolfram Burgard, direktor mednarodnega raziskovalnega projekta na univerzi v Freiburgu. »Eden od njih je montiran na prednjem delu, nagnjen navzdol za približno 70° za zaznavanje majhnih potočkov vzdolž mestnih ulic (tipičnih za Freiburg) ali robnikov. Drugi skener je nameščen spredaj hori-



zontalno. Z uporabo ogledala se del žarkov odbije navzdol – za raz-

poznavanje ovir na tleh. Poleg teh dveh skenerjev pa je na zadnjem delu še tretji skener, nameščen horizontalno. Njegovo celotno vidno polje služi za preprečevanje trkov. SICK-ovi senzorji poskrbijo za zanesljive meritve in imajo širok dolet. Kot dodatna prednost se je pokazala možnost povezave sezorjev preko Etherneta.« Oglejte si video na [www.sickinsight-online.com](http://www.sickinsight-online.com).

Povzeto po Sick Insight 2-2012.

Vir: SICK, d. o. o., Cesta dveh cesarjev 403, 1000 Ljubljana, tel.: 01 47 69 990, fax.: 01 47 69 946, e-mail: [office@sick.si](mailto:office@sick.si), <http://www.sick.si>

## S3C – podjetje z jasno začrtano vizijo, strategijo in cilji



Naš cilj je ponuditi našim kupcem hitro dobavo kvalitetnih proizvodov v Evropi in svetu uveljavljenih proizvajalcev za področje industrijske pnevmatike in hidravlike.

Povezali smo se s strateškim partnerjem iz Nemčije, ki zagotavlja hitro dobavo proizvodov iz svojega sodobnega avtomatiziranega skladišča v

najkrajšem možnem času (3 delovne dni do vaših vrat).

Naš partner **LanDefeld** ima v svojem skladišču v nemškem mestu Kassel stalno na zalogi preko 100.000 različnih artiklov, ki so navedeni tudi v zelo preglednem in urejenem katalogu **AAtlas 7**.

Našim kupcem zagotavljamo najkrajši možni čas dobave široke palete kvalitetnih artiklov s področja pnevmatike in hidravlike po konkurenčnih cenah.

Skupaj z našim partnerjem, ki ima na področju strojegradnje (predvsem pnevmatike in hidravlike) bogate mednarodne izkušnje, se kar najbolj prilagajamo potrebam naših kupcev.

Naši predstavniki so v stalnem stiku z našimi kupci, sproti predstavljajo novosti na področju pnevmatike in hidravlike, nudijo pomoč pri izbiri primernih elementov in iskanju tehničnih rešitev.

[www.landefeld.si](http://www.landefeld.si)

## Šesti manus® natečaj ... za aplikacije polimernih ležajev ...

Konec februarja se zaključuje razpis Igusovih nagrad (manus® AWARD), na katerem lahko sodelujejo vsi, ki vgrajujejo Igurove polimerne puše, ležaje ali vodila v svoje aplikacije. V letu 2011 je skupno sodelovalo več kot 300 udeležencev s svojimi rešitvami. Med vsemi je bilo tudi 10 udeležencev iz Slovenije.

Glede na veliko zanimanje za sodelovanje na natečaju MANUS 2011 v Sloveniji smo se odločili, da tudi na



lokalnem nivoju razglasimo zmagovalce tega zanimivega dogodka. Podelili smo priznanja in nagrade. Podobno načrtujemo tudi letos.

Iščemo aplikacije, ki že delujejo s

polimernimi ležaji in se razlikujejo po tehničnih in komercialnih parametrih, so plod drzne ustvarjalnosti in dajejo presenetljive rezultate.

Več informacij, video podelitve nagrad vector® in prijavnica na [www.igus.si](http://www.igus.si) lahko pa se prijavite tudi na spletni strani [www.hennlich.si](http://www.hennlich.si)

Stojan Drobnič, HENNLICH d.o.o., [drobnic@hennlich.si](mailto:drobnic@hennlich.si)

# AIG'13

4. in 5. april, Hotel City Maribor

## Osma konferenca Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu

Organizatorja: Društvo avtomatikov Slovenije in Univerza v Mariboru, FERl

### Časovni mejniki:

1. 3. 2013 oddaja člankov.  
Prijava udeležbe do začetka konference.

### Izvedba konference:

- vabljeni predavanja,
- predavanja po sekcijah,
- študentska sekcija,
- razstava pokroviteljev,
- družabno srečanje.

### Teme predavanj:

- avtomatizacija industrijskih objektov, poslovnih zgradb, hiš in objektov,
- avtomatizacija v logistiki in prometu ter energetiki,
- tehnologije za človeku prijazno okolje,
- vizualizacijske naprave,
- proizvodna informatika,
- mehatronski sistemi,
- roboti in robotizirana proizvodnja,
- senzori in aktuatorji.

info@aig.si

www.aig.si/13

# DOMEL®

*Ustvarjamo gibanje*

DOMEL d.d.

Otoki 21, 4228 Železniki,  
Slovenija

T: +386 (0)4 51 17 355

F: +386 (0)4 51 17 357

E: brane.cencic@domel.si

I: www.domel.com

**VRHUNSKA TEHNOLOGIJA,  
ZAGOTOVILO UČINKOVITOSTI**



# STÄUBLI

www.staubli.com

## Grah Lighting na Norveškem omogoča smučarske užitke tudi v dolgih zimskih večerih

LED-svetilke vodilnega slovenskega proizvajalca LED-razsvetljave *Grah Lighting* so postavili ob smučarski progi na severu Evrope. Sodobna tehnologija, ki je prijazna do okolja in zato primerna za uporabo v naravi, na Norveškem v dolgih zimskih večerih osvetljuje tekaško progo.

50 kilometrov južno od norveškega industrijskega mesta *Drammen* 87 svetilk slovenskega proizvajalca *Grah Lighting* osvetljuje 2,5 kilometra dolgo smučarsko tekaško stezo. Lastnik tekaške proge se je odločil za LED-tehnologijo zaradi izredno majhne porabe električne energije, dolge življenjske dobe svetilk, svetlobe enotne barve in takojšnjega vklopa svetilk ob polni svetlobi brez utripanja.

V naravi je izredno pomembno, da svetloba ni usmerjena v nebo, pač pa samo tja, kjer jo potrebujemo. Svetilke znamke *Grah® LED Lighting* imajo t. i. svetlobno tehniko *FULL CUTOFF*, ki je v skladu z evropsko direktivo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja, in osvetljujejo samo tiste površine, ki jih morajo.

Nova LED-razsvetljava z višine 7 metrov osvetljuje tekaško stezo v zimskih mesecih povprečno 6 ur na dan. Svetilke *LSL®30*, ki se sicer najpogosteje uporabljajo za lokalne ceste, dovozne poti in kolesarske steze, se



*LED-razsvetljava Grah Lighting*

zaradi izredno trpežnega ohišja dobro obnesejo tudi v težjih vremenskih razmerah. Večplastna zaščita ohišja podaljšuje že sicer dolgo življenjsko dobo in omogoča, da svetilke delujejo tudi do 100.000 ur.

[www.grahlighting.com](http://www.grahlighting.com)

**SERVO VENTILI, PROPORCIONALNI VENTILI IN RADIALNO-BATNE ČRPALKE**

# MOOG

**Zakaj radialno-batne visokotlačne črpalke MOOG?**

- preverjena kvaliteta še nedavno pod "BOSCH-evo" prodajno znamko,
- robustna izvedba in visoka obrabna odpornost omogočata dolgo življenjsko dobo črpalk,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, poliol, ter seveda za mineralna, transmisijska ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumni izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalk.

**ZASTOPA IN PRODAJA**  
**ppt commerce d.o.o.**  
 Pavšičeva 4  
 1000 Ljubljana  
 Slovenija  
 tel.: +386 1 514-23-54  
 faks: +386 1 514-23-55  
 e-pošta: [ppt\\_commerce@siol.net](mailto:ppt_commerce@siol.net)

---

**Moogovi servo ventili, proporcionalni ventili in radialno-batne črpalke so sestavni deli najboljših hidravličnih sistemov.**  
**Brez njih si ne moremo zamisliti delovanje strojev za brizganje plastike in aluminija, strojev za oblikovanje v železarnah in lesni industriji, v letalnih in napravah za simulacijo vožnje.**

**Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili**

**Servo krmilni sistemi za vozila- viličarje, traktorje, gradbene stroje ...**

**MOOG HYDRAULIC**

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## Pregled inteligentnih izdelkov fluidne tehnike

Revija O + P nadaljuje z rednimi letnimi izdajami letnega poročila. Tako je tudi v tekočem letu 2012 že izšel *O + P Report 2012/2013*. Gre za enkratni pregled najnovejših novosti o t. i. inteligentnih izdelkih fluidne tehnike, ki ga projektanti in konstruktorji fluidnotehničnih strojev in naprav ne smejo prezreti. Letošnji pregled v obsegu 56 strani je razdeljen na pet skupin prispevkov z zgoščenim prikazom posameznih sestavin in na koncu s seznamom njihovih izdelovalcev (32 podjetij) s podrobnimi naslovi, seznamom izdelkov in najpomemb-

nejšimi referencami njihove uporabe. Skupine prispevkov so:

1. *Črpalke in črpalni agregati*: aksialne batne, zobniške, variabilne in konstantne črpalke, hidravlični agregati in ročne črpalke (10 enot)
2. *Pogoni*: hidravlični in pnevmatični valji, hidravlični motorji, linearni pogoni, nihajni in zasučni pogoni, prijemalni in pozicionirani pogoni (19 enot)
3. *Krmilja in regulatorji*: tlačni, tokovni, potni in zapirni ventili, proporcionalni in regulacijski ventili, vložni ventili, krmilni bloki, ventilni otoki,

elektronski krmilni in regulacijski sistemi (23 enot)

4. *Merilna tehnika*: merilne in nadzorne naprave za zasučne kote, tlak, prostorninski tok, temperaturo, nivo, nagib, pot (32 enot)
5. *Dodatna oprema*: hidravlični rezervoarji, filtri in filtrirni sistemi, hladilniki, elektromagnetni aktuatorji, sklopke in gredne vezi, cevi in gibki cevovodi, cevni priključki, cevne sklopke, tesnila in tesnilke (23 enot)

Vir: *O + P 56(2012) Rep. 2012/2013*

## Priručnik za izbiro in nakup fluidnotehnične opreme

Podobno kot O + P tudi revija FLUID nadaljuje z rednim letnim izdajanjem priručnika za nakup fluidnotehnične opreme, za letos pod naslovom *FLUID Markt Jahresseinkaufsführer 2013*. Publikacija, ki obsega 172 strani, objavlja številne strokovne prispevke (skupaj 35 prispevkov na 126 straneh), v dodatku pa na 26 straneh v obliki preglednic navaja integralni seznam izdelkov z navedbo njihovih dobaviteljev. V posebnem seznamu (15 strani) so navedeni tudi njihovi podrobni naslovi.

Objavljeni so naslednji strokovni prispevki:

### Splošno

- *Aktualno* – Poročilo o raziskavah, branžah in trgih
- *Dobava po naročilu je naša moč* – Weber-Hydraulik-Gruppe ima visoke cilje

### Trgi in branže

- *Naprej brez zagona* – Konjunktura strojne industrije 2012/13
- *Ambiciozni cilji* – Kitajski izdelovalci bodo na novo definirali globalno industrijo obdelovalnih strojev
- *Kaj ima Parker z Olearjem?* – Intervju z Davidom Baileyjem, Par-

ker Hannifin

- *Hidravlika v odrskih lučeh* – Hidravlična pogonska in krmilna tehnika pri odrski tehniki
- *Prihranek več kot 20 % goriva je mogoč* – Učinkovita delovna hidravlika na viličarjih

### Raziskave in izobraževanje

- *Napeti projekti* – Intervju s prof. dr. inž. Marcusom Geimerjem, KIT
- *Vračanje energije* – Potencial rekuperacije energije pri teleskopskem nakladalniku

### Hidravlika

- *Porast učinkovitosti v žarišču* – Na Fakumi 2012 je bila predstavljena obilica novosti
- *Hidravlika in elektrika kot mešana dvojica* – »Euroblech« ponovno branje: pogonska in krmilna tehnika v preoblikovani tehniki
- *Modulna gradnja daje ton* – Kaj je Hawe Hydraulik pokazal obiskovalcem razstave o vetrni energiji, »Husum WindEnergy«
- *Kaj je dejansko šlo narobe?* – Vprašanje: uporaba biološko razgradljivih olj v kmetijstvu
- *Napeta zadeva* – »Nullpunkt« – vpenjalni sistemi AMF povečujejo fleksibilnost preskušanja kakovosti pri ZF
- *Dvakrat boljše* – Stroji za pihanje

plastičnih mas še bolj učinkoviti in varni

- *S hidravliko na poti* – Cenen traktor vozi z Etonovo hidravliko
- *Preskušanje cevnih spojk do nemogočega* – Oskrbovanje preskuševališča razpočne trdnosti z oljem
- *Praznovanje trgatve s tehniko* – Kombajn za trganje grozdja z izrednimi lastnostmi
- *Žanjemo, kar sejemo* – Trosilnik gnoja: hidravlika proti elektriki
- *Poročila o izdelkih* – Novo v hidravliki

### Pnevmatika

- *Pnevmatika z varčevanjem energije* – Potenciali varčevanja in energijske izboljšave pri pnevmatičnih strežnih napravah
- *Pnevmatični motor skrbi za žlathtni tlak pakiranja* – Pnevmatični motor Atex premika barvne kadi enobarvnega tiskarskega stroja za globoki tisk
- *Produktivnost in učinkovitost se prične z majhnim* – Sestavine za avtomatizacijo postajajo vse manjše, učinkovitejše in inteligentnejše
- *Stisnjeni zrak za pivo* – Pridobivanje brezoljnega stisnjenega zraka v pivovarnah
- *Poročila o izdelkih* – Novo v pnevmatiki

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

### Avtomatizacija

- *Naslovna tema: Prirast družin v merilni tehniki* – Kako Parker Hannifin razširja področje izdelkov SensorControl
- *Popolna integracija* – Eplan pri Höchku implementira po meri prilagojene inženirske rešitve
- *Popolnost za nežne operacije* – Bürckert optimira insulacijski blok za minimalno invazivno kirurgijo

- *Poročila o izdelkih* – Novo za avtomatizacijo

### Pomožna oprema

- *Iskanje sledi onesnaženja olja* – Ko se hidravlično olje prehitro stara
- *Zaščita pred vodo* – Zmanjšanje obratovalnih stroškov pri hidravličnih napravah s prezračevalnimi sušilniki
- *Majhne sestavine – veliki učinki* – Thomas-Gruppe razvija elektro-

magnetne aktuatorje za mobilno hidravliko

- *Ponosni na zarezni obroček* – Intervju s Franzem Blankejem, Blanke Armaturen
- *Varnost zagotovljena* – Pirtek prevzema menedžment z gibkimi cevovodi za MT Aerospace
- *Poročila o izdelkih* – Novo na področju pomožne opreme

Po Fluid 45(2012) Fluid Markt 2013

## Kaj na področju fluidne tehnike raziskujejo v Nemčiji?

V juniju preteklega leta je zasadal Raziskovalni sklad za fluidno tehniko Nemškega združenja strojne industrije. Pregledal je dosežke raziskav in odločal o njihovem nadaljevanju oziroma zasnovi novih.

Podrobneje so predstavljene naslednje raziskave v okviru sklada:

- Izboljšanje energijske učinkovitosti pnevmatičnih strežnih naprav (J. Hepke – TU Dresden),
- Energijsko učinkoviti elektrohidravlični pogoni majhnih moči (S. Michel – TU Dresden),
- Povečanje izkoristka z izrabo izpušnega zraka (Ch von Grabe – RWTH Aachen),
- Pogon z vračanjem energije: razvojna metodologija in strategija pogona pri mobilnih delovnih strojih (Ph. Nagel – Inštitut za tehnologijo, Karlsruhe),
- Raziskave elektrostatičnega naboja hidravličnih fluidov pri toku skozi filtre (M. Kühnlein – RWTH Aachen),
- Modeliranje sesalnega voda aksialne batne črpalke ob upoštevanju interakcije fluida – strukture (J. Klecker – TU Dresden),

- Izboljšano oblikovanje modelov v pnevmatiki ob upoštevanju spreminjanja tokov in razširjanja tlačnih valov (J. Elvers – RWTH Aachen),
- Varnostno usmerjen nadzor stanja elektromagnetno aktiviranih ventilov (S. Richter – TU Dresden),
- Modeliranje trenja na tesnilnih kontaktih v pnevmatiki (O. Heipl – RWTH Aachen).

Samofinancirane naloge:

- Olje brez zraka z optimiranim oblikovanjem rezervoarja,
- Analiza gospodarnosti pnevmatičnih in elektromehaničnih pogonov,
- Varnostni koncepti mobilnohidravličnih pogonskih struktur z ločenimi krmilnimi robovi,
- Študija programskih orodij za simulacijo in snovanje pnevmatičnih sistemov,
- Strukture in potenciali pnevmatičnih preklopnih ventilov na osnovi tehnologije tridimenzionalnega sitotiska.

Naloge pri AiF-u:

- Karakterizacija triboloških kontaktov pri pnevmatičnih ventilih,
- Povečanje izkoristka z učinkovitim prestavljanjem,

- Trajnostni vidiki in toplotna učinkovitost pri elektrohidravličnih kompaktnih pogonih,
- Priporočila za ugotavljanje optimalnih nivojev tlaka pri danih obremenitvah.

Tekoči dodatni raziskovalni projekti:

- Hidravlični sistemi s preklapljanjem krmiljenja »load-sensing« in krmiljenja s konstantnim tlakom, s predizbiro sistemskega tlaka,
- Analiza statičnega in dinamičnega obnašanja ter razvoj in obratovalna strategija hidrostatičnega gonila za vetrno elektrarno,
- Tolerančna analiza pri snovanju pnevmatičnih ventilov.

Dodatne informacije dobite na naslovu: Peter-Michael Synek, Forschungsfonds Fluidtechnik im VDMA, Lyoner Strasse 18, 60528 Frankfurt/Main, BR Deutschland; e-mail: [peter.synek@vdma.org](mailto:peter.synek@vdma.org)

**Vir:** Anonim: Informationsveranstaltung und Mitgliederversammlung – Der Forschungsfonds Fluidtechnik im VDMA informiert – O + P 56 (2012)7–8, str. 10



A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## Hidravlične sponke za dvizne mize

Po predelavi standarda DIN EN 1570-1:2011 so se varnostne zahteve pri dviznih mizah ponovno poostrele. Hidravlične sponke SISTEMA nudijo zanesljivo in preprosto možnost za preprečevanje padanja ali nezelenega posedanja dviznih miz

V skladu z novim standardom morajo biti dvizne mize opremljene z varnostno napravo proti padanju, ki zagotavlja varno izvajanje vzdrževalnih opravil na ploščadi (standard, poglavje 5.2.15). Naprava mora imeti nosilnost lastne teže skupaj s koristnim bremenom. Poleg tega mora biti omogočeno njeno postavljanje z varnega položaja.

Onemogočeno mora biti njeno odstranjevanje, dokler ploščad z dviznim mehanizmom ali drugo napravo ni spuščena. Vsem navedenim zahtevam ustreza v nadaljevanju opisana palična blokirna naprava KRG podjetja SISTEMA.

### Palična blokirna naprava KRG podjetja SISTEMA

Palične blokirne naprave podjetja SISTEMA se uporabljajo za varno držanje dvignjenih bremen na dviznih mizah. Poleg tega pridejo v poštev tudi pri varovanju osebnih dviznih sredstev in preprečevanju nesreč, npr. pri izpadu hidravličnega tlaka napajanja. Palična blokirna naprava prevzame statična bremena zvezno, v vsakem položaju, giba, mehanično in absolutno zanesljivo. Namesti se lahko neposredno na hidravlični valj ali pa tudi na posebno palico, drog.



Blokiranje se samodejno izključi s hidravličnim tlakom in prime takoj pri padcu tlaka. Prijemanje zagotavljajo vzmeti, dejansko pa deluje zaradi spuščajočega se bremena ojačeno s pomočjo stožčastega prijemalnega sistema.

S tem principom samoojačitvenega sistema prijemanja je zagotovljena visoka raven varnosti, ker je povsem nemogoče, da se sistem prijemanja pod bremenom sam sprosti. Za sprostitve je treba breme ponovno dvigniti, kar avtomatično izpolnjuje zahteve standarda, da naprava ne more biti odstranjena, dokler platforma ni ponovno podprta.

Palično blokiranje je namenjeno za statične obremenitve ali blokiranje pri počasnem gibanju dviznih miz.

V nadaljevanju so povzete značilne lastnosti paličnih blokirnih naprav SISTEMA:

- Blokirni sistem je mogoče sprostiti samo v neobremenjenem stanju.
- Namenjen je za statična in počasi se gibajoča bremena.
- Omogoča bremena do 40 t in več po enoti.
- Nadzor delovanja se opravlja z induktivnimi mejnimi stikali.

Na fotogaleriji je prikazan primer z blokirnimi napravami, vgrajenimi neposredno na hidravlične valje. Gre za dvizne odrske ploščadi v gledališču v Ženevi.

**Vir:** Anonim: *Hydraulische Klemmeinheit für Hubtische – O + P 56 (2012) 9 – str. 42*

### SISTEMA GmbH & Co.KG

Podjetje SISTEMA GmbH & Co.KG se je uveljavilo z razvojem in izdelavo blokirnih naprav in linearnih zavornih sistemov na okroglih policah, drogovih. Z osredotočenjem na varnostno relevantne izdelke se SISTEMA uveljavlja kot močan ponudnik široke palete tovrstnih izdelkov. Podjetje je bilo ustanovljeno 1979. leta z razvojem v svetu prvega sistema z visokimi zavornimi silami pri hidravličnih dvigalih. Nova tehnologija pa je potem predstavljala osnovo za razvoj blokirnih glav za najrazličnejše namene. Takrat in sedaj velja: "Absolutna varnost delovanja je zakon!" SISTEMA ima izkušnje z več kot 80.000 izdelanimi blokirnimi enotami.

# Atlas Copco – proizvajalec naprednih in inovativnih izdelkov

Atlas Copco je svetovna industrijska skupina, vodilna na področju proizvodnje kompresorjev, gradbenih in rudarskih strojev in naprav, orodij ter montažnih sistemov. Skupina dobavlja napredne rešitve za povečanje naročnikove produktivnosti z uporabo inovativnih izdelkov in servisa.

Sogovornik revije Ventil je tokrat generalni direktor Atlas Copca kompresorska tehnika Dirk Villé, ki je odgovoren za Avstrijo, Slovenijo, Hrvaško in Bosno.

**Ventil:** Ali lahko predstavite položaj podjetja Atlas Copco v svetu in našim bralcem opišete kratko zgodovino kakor tudi organizacijo in glavne proizvodne komponente ter sisteme?

**D. Villé:** Industrijska skupina Atlas Copco ima vodilni položaj v svetu v proizvodnji kompresorjev za zrak in druge pline, ekspanzov, naprav za pripravo zraka in plinov, gradbenih in

rudarskih strojev ter naprav, orodij in montažnih sistemov. Z inovativnimi in naprednimi izdelki ter storitvami rešitve Atlas Copca omogočajo svojim strankam povečanje in vzdrževanje visoke produktivnosti.

Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1873 v Stockholmu na Švedskem in je danes postalo globalna ustanova, ki je prisotna v več kot 170 državah.

Leta 2011 je imel Atlas Copco 37.500 zaposlenih po celotnem svetu.

**Ventil:** Ali lahko podrobneje predstavite proizvodni program kompresorjev, orodij in montažnih sistemov?

**D. Villé:** Podjetje Atlas Copco razvija, proizvaja in prodaja kompresorje, rešitve za pripravo zraka, krmiljenje kompresorjev in njihov nadzor. Kot vodilno podjetje za proizvodnjo kompresorjev ima v svojem proizvodnem programu batne in vijačne oljne in brezoljne kompresorje, zobniške in spiralne brezoljne kompresorje kakor tudi turbo kompresorje. Prav tako

dobavlja industrijska orodja in montažne sisteme. Pri razvoju svojih izdelkov smo v podjetju osredotočeni na učinkovitost, varnost in ergonomijo.

**Ventil:** Katere so primerjalne prednosti kompresorjev podjetja Atlas Copco?

**D. Villé:** Atlas Copco ima v svojem programu široko paleto izdelkov z različnimi tehnologijami komprimiranja, tudi za zelo visoke oziroma nizke tlake. Bistvena prednost skupine Atlas Copco je ta, da delujemo na svetovnem trgu in povsod nudimo svoje usluge oziroma ustrezen servis. Naš zelo pomemben cilj je zmanjšanje škodljivih vplivov naših izdelkov na okolje. S konstrukcijskimi izboljšavami pri kompresorjih dosegamo boljše rezultate, kar zadeva energijsko učinkovitost, raven hrupa in emisij, ter stremimo k razvoju novih, boljših tehnologij. Bili smo prvi, ki smo ponudili kompresorje brez oljnega mazanja in tako prinesli bistveni preobrat na trgu. Farmacevtska industrija, industrija hrane in pijače, elektronska in tekstilna industrija morajo izključiti možnost in tveganje zaradi kontaminacije z oljem. Z uporabo ustreznih tehnologij komprimiranja zraka v svoji proizvodnji se ta podjetja želijo izogniti slabim oziroma nezanesljivim izdelkom, zastojem zaradi neustreznega zraka in morebitni škodi zaradi neustreznih izdelkov na trgu in izgubi dobrega imena.

**Ventil:** Podjetje Atlas Copco je po-



Dirk Villé generalni direktor Atlas Copca kompresorska tehnika



znano kot proizvajalec industrijske opreme, lahko poveste kaj o programu, ciljnih razvoja in proizvodnji. Kje so vaši največji trgi za te izdelke?

**D. Villé:** Naše podjetje se je zavezalo k temu, da svojim strankam omogoča največjo in stalno produktivnost. Prve kompresorje smo izdelali leta 1904 in od takrat do danes smo glavni v razvoju tehnik komprimiranja zraka. Izpostavim najvrhunski lokalni krmilnik Elektronikon® in kompresor z integriranim sušilnikom znotraj ohišja kompresorja. Nadalje so tu še kompresorji s pogonom s spremenljivo hitrostjo, VSD-kompresorji (Variable Speed Drive), pa prvi kompresorji, certificirani po TÜV popolnoma brez olja, ki po standardu ISO 8573-1 dosegajo razred 0, ZS – vijačna puhala brez olja za uporabo pri nizkih tlakih in sistemi izkoriščanja odpadne toplote znotraj kompresorjev.

Glavni razvoj izdelkov in proizvodnja sta v Belgiji, vendar so tudi tovarne v Nemčiji, Združenih državah Amerike, Kitajski in Indiji. Najpomembnejši porabniki komprimiranega zraka so prehrambna industrija, industrija pijač, papirna in tekstilna industrija, kovinska ter avtomobilska in elektronska industrija ter gradbeništvo po vsem svetu. Danes vsaka industrijska veja potrebuje kakovosten stisnjeni zrak.

**Ventil:** Kako Atlas Copco podpira svoje kupce in porabnike?

**D. Villé:** Danes smo prisotni na več kot 170 trgih in smo usmerjeni v to, da nudimo svoji strankam vrhunske



Vijačni kompresor serije GA

usluge in servis. Usluge, ki jih nudijo naši tehniki, so znotraj kroga 5 km od naših porabnikov oziroma strank. Naša vizija je postati prvi v mislih porabnikov – prvi za izbiro™. Želimo, da smo vidni kot inovatorji, ki postavljajo standarde trga in dosegajo ali celo presega visoka pričakovanja naših kupcev. Lani smo na primer poslali na trg vakuumске črpalke, ker smo ugotovili veliko sinergijo med komprimiranim zrakom in vakuumsko tehnologijo. Glede na

princip enkratnega obiska trgovine je Atlas Copco danes sposoben oskrbeti tovarne s komprimiranim zrakom, nizkim in visokim tlakom, vakuumom, dušikom in kisikom. Za naše kupce to pomeni en dobavitelj in en tehnik za servis.

**Ventil:** Raziskave in razvoj so pomembni za doseganje vodilnega položaja v svetu. Podjetje Atlas Copco prav gotovo namenja veliko pozornost inovacijam. Nam lahko poveste kaj o organizaciji in ciljnih svojih raziskav?

**D. Villé:** Več kot 80 % življenjskih stroškov kompresorja zavzema strošek energije. Za zmanjšanje stroškov energije je Atlas Copco opravil pionirsko delo na področju VSD-tehnologije v industriji komprimiranega zraka. Regulacija kompresorjev s spreminjanjem frekvence in vrtljajev pogonskih motorjev vodi h glavnim prihrankom energije in k varovanju okolja za prihodnje generacije. Zahvaljujoč stalnim vlaganjem v to tehnologijo, nudi Atlas Copco trgu najširšo paleto kompresorjev z integriranim VSD. Ta tehnologija tesno



Brezoljni vijačni kompresor serije ZR/ZT

sledi zahtevam po komprimiranem zraku z avtomatičnim prilagajanjem hitrosti pogona kompresorja. Ti rezultati v povprečju prihranijo 35 % energije in življenjski stroški kompresorja se lahko zmanjšajo za povprečno 22 %.

*celem svetu. Ali sodeluje z lokalnimi akademskimi ali raziskovalnimi organizacijami? Na kakšen način?*

**D.Villé:** V Avstriji sodelujemo s klima:aktiv. Klima:aktiv je avstrijska iniciativa za zaščito podnebja, ki jo

pertnim znanjem pri izobraževanju na področju komprimiranega zraka. Naše kupce informiramo tudi o subvencijah, ki jih nudi zvezno ministrstvo, in podobno.

V Sloveniji bi želeli sodelovati tako z vladnimi ustanovami kot univerzami. To je eden izmed ciljev v letu 2013.

Nadalje želimo biti vedno najboljši v svojem razredu. Za potrjevanje naših tehničnih specifikacij in zagotavljanje kakovosti so stroji preverjeni z neodvisnim TÜV (Technische Überwachungs-Verein, German Technical Monitoring Association) in izdelani po evropskih standardih.

**Ventil:** *Usposobljeni tehniki in izobraženi inženirji so pomembni. Kako se podjetje sooča s tem?*

**D. Villé:** Smo osredotočeni na razvoj usposobljenosti. Vsak zaposleni mora vsako leto zaključiti vsaj 40 ur izobraževanja. Prodajniki in inženirji se udeležujejo specifičnih izobraževanj o izdelkih ter splošnih izobraževanj, kot na primer tečajev jezikov in podobno. Osebni razvoj pa je v rokah vsakega posameznika. Letni ocenjevalni razgovori, vodena izobraževanja in notranji trg dela nudijo odprte možnosti za delo po celem svetu. 84 % vodilnih delavcev v zadnjih treh letih je bilo izbranih izmed zaposlenih. Sam sem pričel delati pri Atlas Copcu Belgija leta



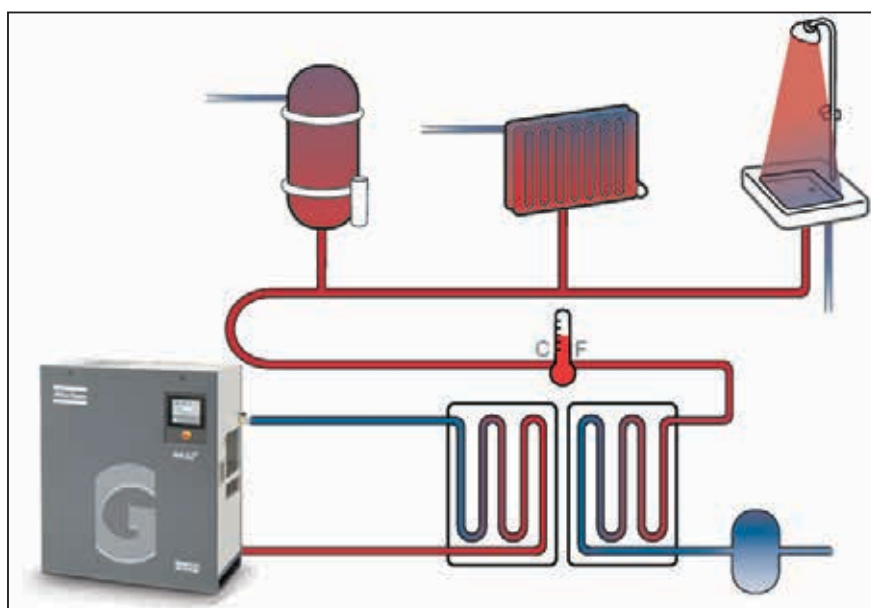
*Pnevmatična privijalna pištola*

Druga inovacija je lokalni krmilnik Elektronikon®. Ta operacijski sistem nudi široke možnosti krmiljenja in nadzora komponent, kar dovoljuje povečanje učinkovitosti in zanesljivosti kompresorjev. Za maksimiranje energijske učinkovitosti krmili Elektronikon® glavni pogonski motor in regulira tlak znotraj vnaprej določenega in nastavljenega območja tlakov.

Velike prihranke je mogoče doseči tudi s ponovno uporabo energije. Več kot 90 % energije, ki se porabi v rešitvah s stisnjenim zrakom, se spremeni v toploto. Z uporabo Atlas Copcovih integriranih sistemov za izkoriščanje odpadne toplote je mogoče ponovno uporabiti 75 % te energije kot vroč zrak ali vročo vodo, odvisno od hlajenja kompresorja, brez kakršnega koli vpliva na lastnosti kompresorjev. Izgubljena toplota se lahko uporabi za ogrevanje, industrijske procese ali za sušenje.

**Ventil:** *Atlas Copco je prisoten po*

je sprožilo zvezno ministrstvo za kmetijstvo, gozdnarstvo, okolje in upravljanje z vodami v okviru avstrijske okoljske strategije. Primarni namen te iniciative je uporaba in promocija okoljsko prijaznih tehnologij in uslug. Inicijato podpiramo z eks-



*Možnosti za ponovno uporabo energije: ponovna uporabe vroče vode*



Znak kakovosti

1984 kot vodja projekta za prevozne kompresorje. Leta 2001 sem prevzel vodilno mesto novoustanovljenega centra Global engineering v Indiji. Čez dve leti sem se vrnil v Belgijo kot vodja oddelka za prevo-

zne kompresorje in bil nato med leti 2006 in 2009 vodja posla za prevozne kompresorje in generatorje v Južni Afriki. Kot generalni direktor sem leta 2009 pričel z delom v Avstriji in sem od lani odgovoren tudi za Slovenijo, Hrvaško in Bosno. Sam sem le eden od številnih zaposlenih, ki delajo za Atlas Copco po celem svetu.

**Ventil:** Kako dolgo ste že prisotni v Sloveniji in kakšni so vaši glavni cilji. Ali načrtujete tukaj tudi razvoj oziroma proizvodnjo?

**D. Villé:** V Sloveniji imamo svojo pisarno že od leta 2005, pred tem je bil Atlas Copco od leta 1993 prisoten preko zastopnika. Imamo 17 zapo-

slenih, v glavnem v prodaji in servisni dejavnosti. Smo priznan proizvajalec kompresorjev in v Sloveniji dosegamo velik tržni delež naprav in rešitev za pripravo zraka. Naš glavni cilj v naslednjih letih je povečanje našega tržnega deleža na področju vakuumske tehnike, plinov, dušika in kisika.

Kot sem že uvodoma povedal, sta naša proizvodnja in razvoj v Belgiji in, za zdaj, ne načrtujemo lokalne proizvodnje v Sloveniji.

**Ventil:** Hvala za vaše odgovore, želimo vam uspešno poslovanje in razvoj.

Izr. prof. dr. Dragica Noe  
Fakulteta za strojništvo Ljubljana



Univerza v Mariboru  
Fakulteta za Strojništvo  
Laboratorij za Oljno Hidravliko



član  
FTS – Fluidna Tehnika Slovenije  
CETOP – Evropski Komite Fluidne Tehnike

MARIBOR, 18. in 19. SEPTEMBER 2013

mednarodna konferenca

# Fluidna Tehnika 2013

## Vabilo

Mednarodna konferenca Fluidna Tehnika 2013 je osrednji bialni strokovni dogodek s področja hidravlike in pnevmatike v Sloveniji in JV delu Evrope. Z več kot 18 letno tradicijo je brez dvoma pravi barometer dogajanja na področju uporabe te tehnike pri nas in v svetu.

Poslanstvo konferenc FLUIDNA TEHNIKA je predstaviti nova spoznanja in dosežke domačih in tujih strokovnjakov, pospešiti prenos najnovejših raziskovalno-razvojnih dosežkov ter spoznanj v vsakodnevno prakso, kot tudi predstaviti nove proizvode in storitve z vseh področij tehnike, kjer sta prisotni hidravlika ali pnevmatika.

Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljaivec ali kot pokrovitelj konference najavite svoje sodelovanje.

Podrobnejše informacije o konferenci, tematikah, okvirnem programu in spremljajočih dogodkih, kot tudi vse informacije o načinu prijave, lahko najdete na domači spletni strani konference:

<http://ft.fs.uni-mb.si>



KONGRESNI CENTER HABAKUK

# PLC/PAC/PC - based control of an electro-hydraulic servo system

Željko ŠITUM, Mihael LOBROVIĆ

**Abstract:** Selection of an appropriate control system is an important decision in the process of designing an electro-hydraulic servomechanism. Nowadays, end-users have a number of options for the choice of control systems and it can sometimes be a bit confusing. The most common applied control system today are the Programmable Logic Controller (PLC), the industrial PC-based Data Acquisition (DAQ) system, and more recently the Programmable Automation Controller (PAC). In this paper, all three of these control methods will be discussed on the example of position control of electro-hydraulic servomechanisms. The experimental system consists of a main cylinder which is controlled by using a proportional directional control valve, while disturbance (i.e. reaction force) is generated by using a load cylinder with a pressure control valve.

**Keywords:** electro-hydraulic system, PLC, PAC, PC-based DAQ system, position control

## 1 Introduction

In order to achieve improved control properties, traditional electro-hydraulic systems will continue to evolve into modern systems with a significant contribution of electronics and microprocessor controlled components [1]. Modern complex hydraulic systems made up of many structural components, power equipment, control and measuring devices, programming languages, file formats and communications software need to be in harmony with each other, that the whole process is carried out without difficulty. In the increasingly complex world of microprocessor controlled automation processes, selection of a suitable control system that is fully adapted to the needs of user can be a confusing task. The most common industrial control systems today are:

- PLC (Programmable Logic Controller),

- Industrial PC-based Data Acquisition (DAQ) system,
- PAC (Programmable Automation Controller).

The first PLCs were developed and introduced in machine automation control in early 1970s and for years they have dominated on automation markets. PLCs are designed to withstand the demands of harsh industrial environments, include multiple input/output ports to monitor process variables, usually of modular construction with improved HMI and networking capabilities to perform control applications that are sequential in nature. Some manufacturers produce motion control modules with a collection of high-level functions and functions blocks allowing the control of servo systems with more sophisticated capabilities.

Using a PLC to meet modern application requirements for network connectivity, advanced math functions, data exchange with other applications, storing large amounts of data, and large number of control loops can be a challenging task. These types of tasks are usually more suited to the capabilities of a computer (PC). Industrial PCs have be-

come more robust control devices, designed for use in rugged environments were once only PLCs could operate. The industrial PC offers the system performance for handling all control requirements and provides additional opportunities for future functions of the control device such as condition monitoring or safety features. Due to its advantages, over the last decade, there's been an increasing trend toward the use of PC-based automation solutions.

In recent times, a relatively new acronym PAC controller is being used to describe a powerful hardware device that combines features and functionality of a PC with the reliability and ruggedness of a PLC in one efficient system. The PAC controller is suitable for the multi domain environment of modern industry and provides the advanced control methods, high-speed data acquisition and remote process monitoring, machine vision capabilities, network connectivity, expandability and interconnection with other devices.

This paper describes the construction and position control of a translational hydraulic servomechanism and the implementation of control

Associate Professor, Ph.D. Željko Šitum, Mihael Lobrović, Univ.Bacc.Eng.Mech, University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture

algorithm for all three types of devices: by using a PLC controller, then by using a PC with DAQ card and finally by using a PAC controller. The article is accompanied with some typical experimental results obtained during systems testing.

## ■ 2 Experimental setup description

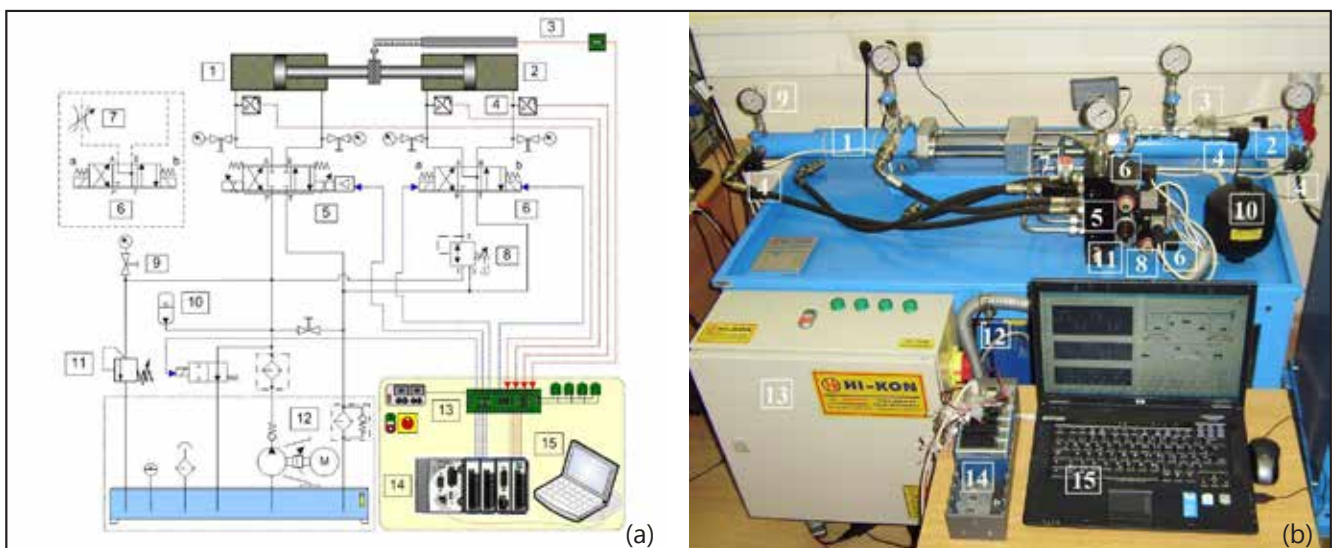
The experimental system for translational motion control is shown in *Figure 1*. It consists of two hydraulic cylinders: a main cylinder (1), which represents the control object and a load cylinder (2), which allows setting different amount of load. Two cylinders are rigidly connected to each other by a steel joint. Both the main and the load actuator are double acting cylinders with a 50 mm bore, 36 mm diameter rods and a 300 mm stroke. The oil flow rate to the main cylinder is controlled by a proportional directional control valve (5), (Bosch-Rexroth, model 4WRA-E-6-07) with integrated electronics and  $\pm 10$  V analogue input signal. The variable load is generated by using a solenoid valve (6) and a load cylinder which is able to generate a reaction force in respect of the main cylinder motion direction. This force is equivalent

to the product of the piston's area and the controlled pressure which is generated by using a pressure control valve (8). The hydraulic power is provided by a hydraulic gear pump, (ViVoil, model KV-1P), with a maximum rate of 3.7 l/min and maximum nominal pressure of 25 MPa. The oil pump is driven by a single-phase electrical motor (12), 1.1 kW at 1380 rpm. The piston position of the main cylinder along its stroke is measured by using a displacement encoder (3), (Festo, type MLO-POT-300-LWG), with a resolution of 0.01 mm, which is attached to the actuator. The measured signal from the encoder is used for the realization of a control algorithm for the main servo system. Three pressure transducers (4), (Siemens, type 7MF1564), with output 0-10V, are added to measure cylinder pressures. The experimental test rig can also be used to demonstrate the working principle of conventional hydraulic system. In that case the proportional valve should be replaced with another directional control valve and a throttle valve (7) by using flexible hydraulic pipes.

In this study three control devices have been used. The first controller was a PLC controller; model SIMATIC S7-1200, manufactured by Siemens.

The program has been built with the ladder logic diagram using SIMATIC WinCC flexible software for programming controller and configuring HMI panel. Then, a PAC controller, model CompactRIO-9014, manufactured by National Instruments. The control program has been developed using LabVIEW graphical language. Finally, a PC-based system, by using a NI DAQCard-6024E (for PCMCIA), which offers both 12-bit analogue input and analogue output. The control algorithm has been developed in the Matlab/Simulink environment supported by Real-Time Workshop (RTW) program for generating the C code and building a real-time application.

The considered system is actually one of three experimental electro-hydraulic systems at our Laboratory that have been made for research purposes in the field of hydraulic systems control, as well as for training students [2, 3]. The other two test systems are: the module for force control and the module for rotational motion control. These modules have the characteristics of general electro-hydraulic systems that can be found in commonly used industrial settings.



**Figure 1.** Module for translational motion control, a) schematic diagram, b) photo

1–Main cylinder, 2–Load cylinder, 3–Linear encoder, 4–Pressure sensor, 5–Proportional control valve, 6–Solenoid valve, 7–Throttling valve, 8–Pressure control valve, 9–Manometer, 10–Hydraulic accumulator, 11–System pressure relief valve, 12–Electric motor, 13–Electronic interface, 14–CompactRIO controller, 15–Control computer

### 3 Model of the control system

A dynamic model of an electro-hydraulic system is nonlinear and can be derived by analyzing the proportional valve dynamics, then by applying the flow continuity through the valve orifice, by analyzing the pressure

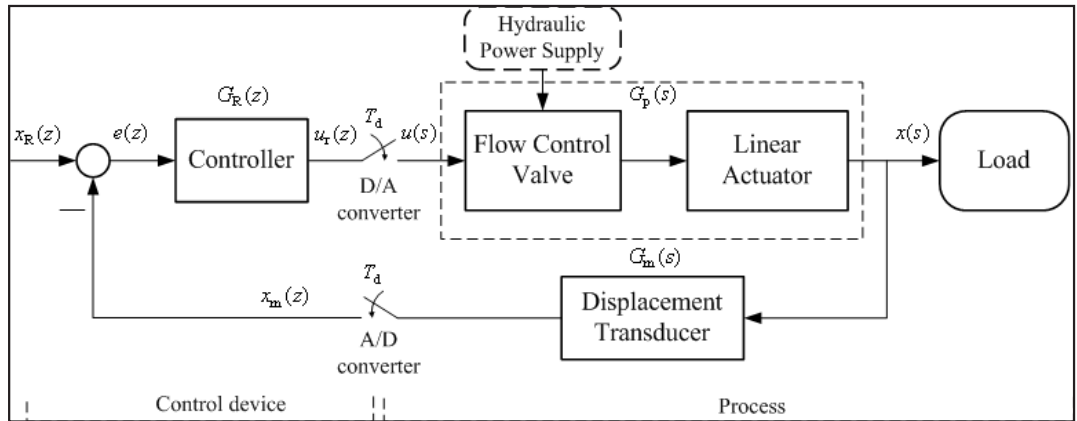


Figure 2. Principal block scheme of hydraulic position control system

expressed as follows [5]:

$$G(s) = \frac{x(s)}{u(s)} = \frac{k_v \omega_v^2 K_q / A_p}{s(s^2 + 2\zeta_v \omega_v + \omega_v^2) \left[ \frac{V_t M_t}{4B A_p^2} s^2 + \left( \frac{K_{ce} M_t}{A_p^2} + \frac{b V_t}{4B A_p^2} \right) s + 1 \right]} \quad (1)$$

Table 1. Values of the system parameters

System parameters	Value
Valve spool position gain	$k_v = 5.5 \cdot 10^{-6} \text{ m/V}$
Valve natural frequency	$\omega_v = 113 \text{ rad/s}$
Valve damping ratio	$\zeta_v = 0.4$
Valve flow gain	$K_q = 1.433 \text{ m}^2/\text{s}$
Piston annulus area	$A_p = 14.54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
Cylinder volume	$V_t = 0.654 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Load mass	$M_t = 580 \text{ kg}$
Effective bulk modulus	$B = 1350 \cdot 10^6 \text{ Pa}$
Total flow-pressure coef.	$K_{ce} = 6 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{Pa s}$
Viscous damping coef.	$b = 455 \text{ N s/m}$
Measuring system gain	$K_m = 33.33 \text{ V/m}$

behaviour in the cylinder chambers, and finally by applying the force balance equation for the cylinder. Such non-linear model can be used to simulate the dynamic behaviour of the system and to apply advanced control system techniques [4]. However, for the classical feedback controller synthesis, a linearized control-oriented model is needed, which can still represent the real system behaviour, Figure 2.

The transfer function  $G(s)$  that relates the position of the actuator  $x$  and the valve control signal  $u$  can be

The parameters of the experimental test system for controller design are

$$y = K_P \left[ (b \cdot w - x) + \frac{1}{T_I \cdot s} (w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1} (c \cdot w - x) \right] \quad (2)$$

where:

$y$ – output value	$K_p$ – proportional gain	$a$ – derivative delay coefficient
$x$ – process value	$T_I$ – integral time constant	$b$ – proportional action weighting
$w$ – setpoint value	$T_D$ – derivative time constant	$c$ – derivative action weighting

summarized in Table 1. In this structure only the measurement of the cylinder position is necessary for the implementation of the control algorithm.

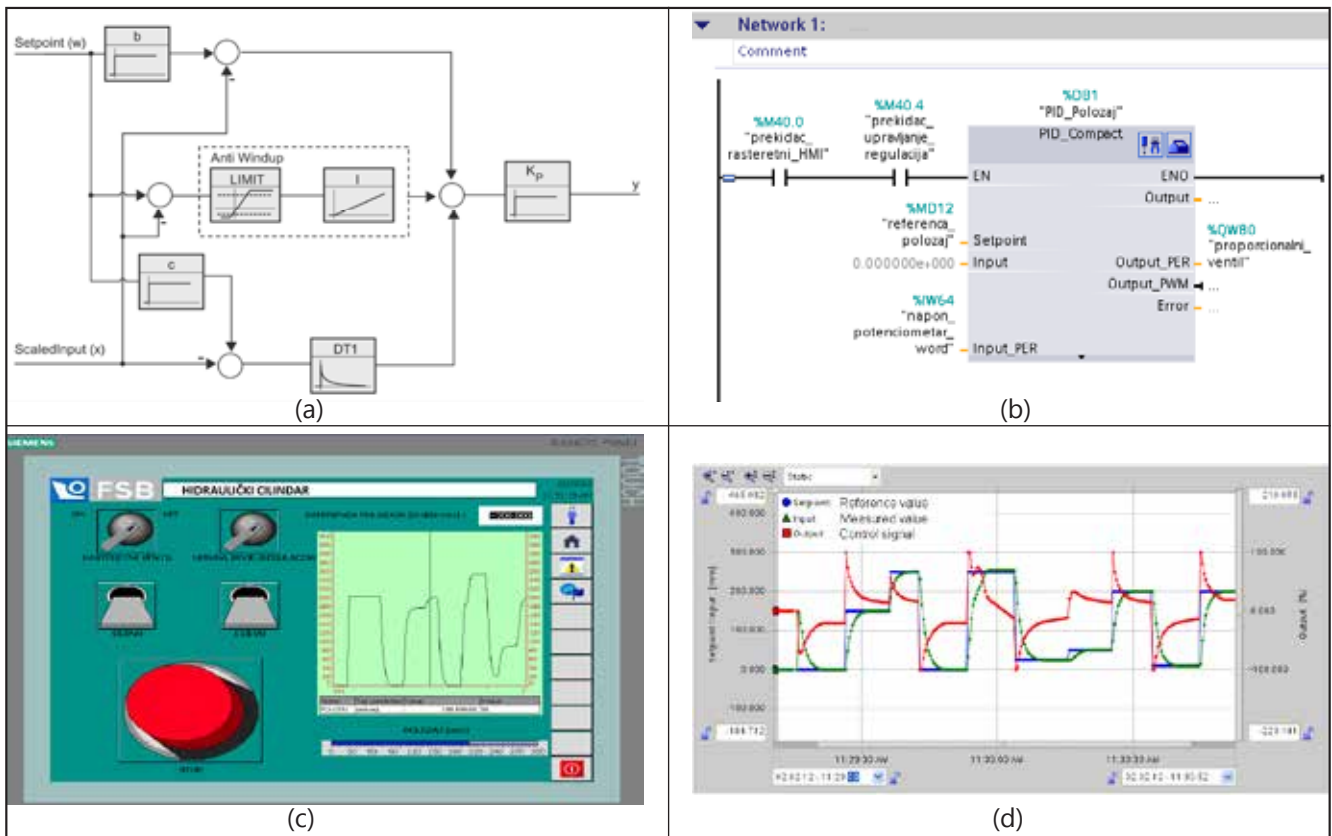
### 4 Experimental results

#### • PLC controller

The experimental results for the position control of the hydraulic cylinder realized by using the PLC Simatic S7-1200 is shown in Figure 3. The control program has been built using WinCC flexible software for programming the controller and configuring the HMI (human machine interface) panel. Using the HMI is intuitive, with a graphic and textual screen display, trend and alarm display and it can perform real-time control and monitoring of the process. The reference value can be directly changed, and there is a graphic representation of the measured values over time. Below the graphic display of the process condition there is also an alarm table, which gives the operator some important states in the control process. The PID function block uses the following formula to calculate the output value [6]:

#### • PC-based DAQ system

The experimental results for the position control of the hydraulic



**Figure 3.** Position control of the hydraulic cylinder realized by using the PLC: a) Structure of the PID controller, b) PID function block with self-tuning mode, c) Realized HMI interface, d) Experimental results

cylinder realized by using a laptop PC with DAQ card is shown in Figure 4. The control algorithm is realized in widely used Matlab/Simulink program and the Real-Time Workshop (RTW) platform, which allow using a familiar GUI (graphical user interface) to perform real-time control of the system [7]. The control algorithm is handled by a computer card NI DAQCard-6024E (for PCMCIA), which offers both 12-bit analogue input and analogue output. This control solution allows design changes to be made directly to the block diagram, continuous monitoring, data acquisition and real-time control of the process. The command voltage to the proportional valve is generated by analogue output and to the solenoid valves by digital outputs on the DAQ board.

• **PAC controller**

The experimental results for the position control of the hydraulic cylinder using the PAC controller (NI CompactRIO-9014) are shown in Figure 5, both for unloaded drive and for the case when the load

was activated after 25 s. The control algorithm is realized in LabVIEW environment, which uses a graphical language (G), to create programs in block diagram form. LabVIEW includes libraries of functions and development tools designed specifically for data acquisition and control, data analysis, and data presentation [8]. In order to better monitoring the main parameters of the system, the graphics are installed on the front panel for visualization of the process. CompactRIO controller has an industrial processor that reliably and deterministically executes LabVIEW real-time application and enables the high performance and communication with peripheral devices.

■ **5 Conclusion**

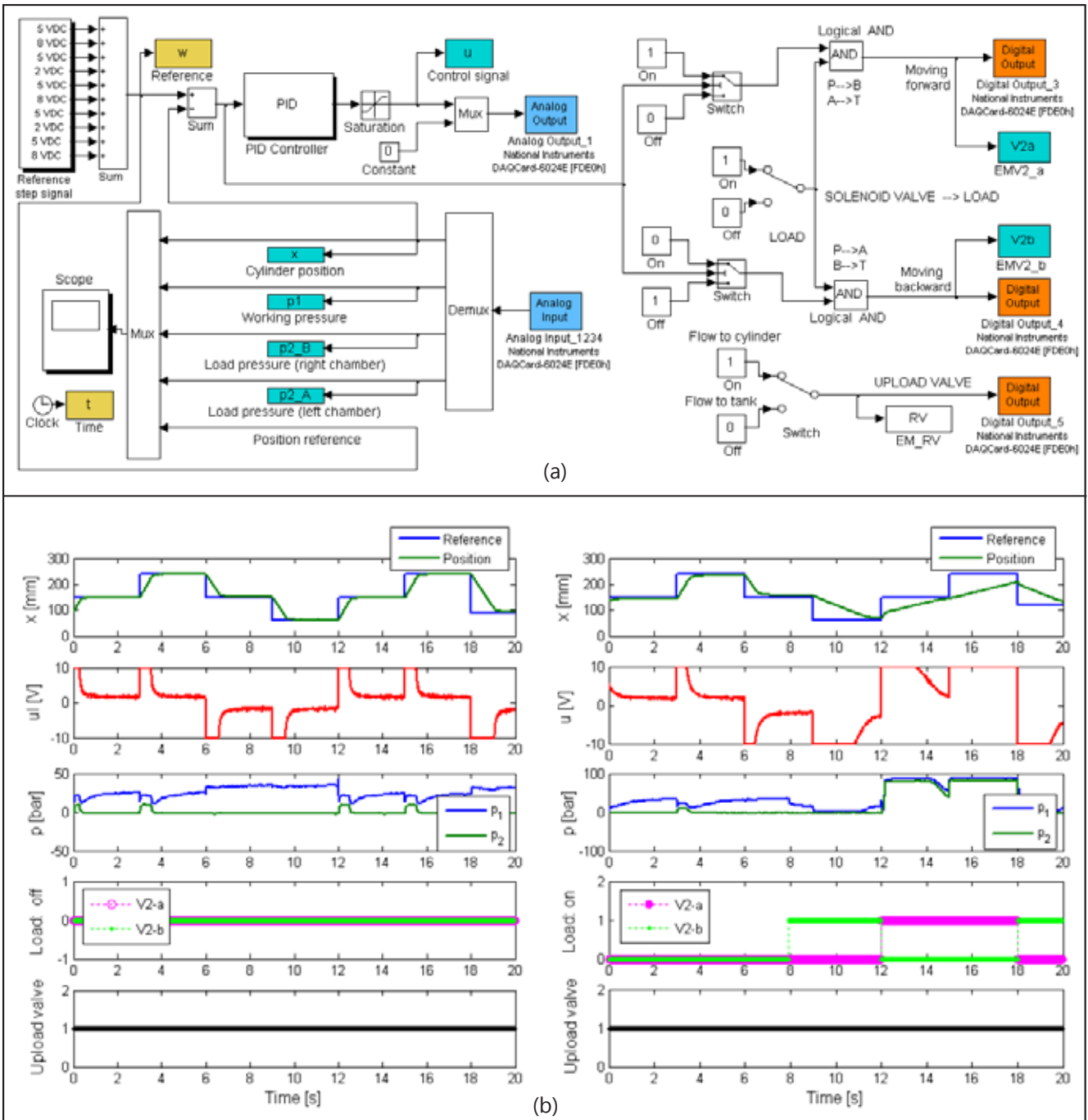
In the initial design process of an electro-hydraulic servomechanism very often stands the selection of an appropriate control device. Choosing the most effective controller for a particular application depends on a number of factors like:

- compatibility of new devices with

existing equipment,

- harmful environmental impact on the controller's operation,
- whether the controller supports I/O requirements and needed signal types,
- requirements for special features of the controller hardware,
- requirements for both local and remote process control,
- communications capability and protocols that allows selected controller,
- programmability and requirements for advanced functions and data manipulation, etc.

In this paper the most common used control devices today like PLC controller, PC-based DAQ system and PAC controller have been implemented on an electro-hydraulic servomechanism for translational positioning. The article is supported by the most basic ways of programming these devices, possible ways of presenting the results to the user and some typical experimental re-



**Figure 4.** Position control of the hydraulic cylinder realized by using the PC-based DAQ system: a) Simulink/RTW model, b) Experimental results, left: without load, right: with load

sults obtained during the system testing.

For less demanding applications, PLC device as a fundamental control element in rugged industrial environments is often satisfactory and their use will be continued in the future. Nowadays, PLCs have also started to add new features that have allowed PCs and now offer higher performance, ethernet communications capability and sophisti-

cated self-diagnostic tools. However, PC-based DAQ system and PAC controller provides various control functions and other reliability features that are required in today's modern industry but certainly at a higher price.

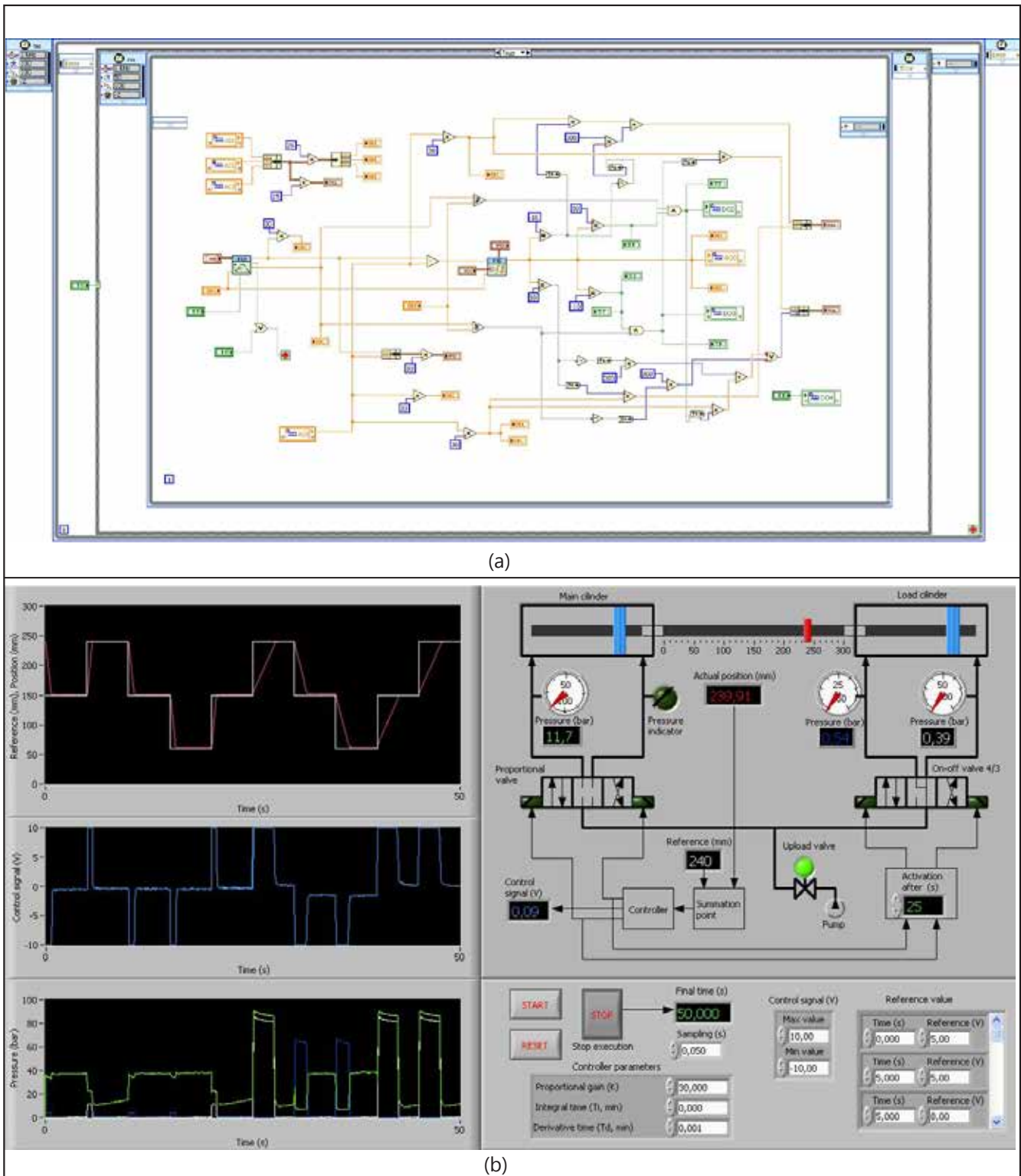
### References

[1] Murrenhoff, H.: Trends in Drive Trains and Work Hydraulics,

Congress "The Future of Power Transmission", Milano, Italy, (2007).

[2] Šitum, Ž.: Force and position control of a hydraulic press, Ventil Vol. 17, No. 4, pp. 314-320, (2011).  
 [3] Šitum, Ž., Milić, V., Essert, M.: Throttling and Volumetric Control Principle to an Electrohydraulic Velocity Servomechanism, 7<sup>th</sup> Int. Fluid Power Conf. (7<sup>th</sup>





**Figure 5.** Position control of the hydraulic cylinder realized by using the cRIO controller: a) Block-diagram in graphical program LabVIEW, b) Experimental results – HMI based on LabVIEW

IFK), Aachen, Germany, 22-24 March, Vol. 2 - Workshop, pp. 379-390, (2010).

[4] Milić, V., Šitum, Ž., Essert, M., Robust  $H_{\infty}$  position control synthesis of an electro-hydraulic servo system, ISA Transactions, Vol. 49, pp. 535-542, (2010)

[5] Merritt, H.E.: Hydraulic Control Systems, Wiley, New York, (1967).

[6] SIMATIC S7-1200 Programmable controller – System Manual – Edition 11, Siemens (2011).

[7] SIMULINK, Dynamic System Simulation Using MATLAB, The Math Works, Natwick, MA, (1996).

[8] The LabVIEW User's Manual, National Instruments, Austin, TX, (2011).

## PLC/PAC/PC – krmiljenje zvezno delujočega elektrohidravličnega sistema

### Razširjeni povzetek

Izbira primerne krmilnega sistema ima pomembno vlogo v procesu projektiranja novega elektrohidravličnega pogona. Dandanes imajo končni uporabniki veliko možnosti izbire med različnimi krmilnimi sistemi, kar pa lahko povzroča zmedo. Danes najbolj uporabljeni krmilni sistemi so programabilni logični krmilnik (PLC), industrijski računalnik (PC-DAQ) in programabilni samodejni krmilnik (PAC). V prispevku so prikazane vse tri možnosti krmiljenja na primeru regulacije pozicije elektrohidravličnega zvezno delujočega linearnega pogona. Eksperimentalni sistem vsebuje glavni hidravlični valj, krmiljen z uporabo proporcionalnega potnega ventila, in obremenitveni hidravlični valj, preko katerega se ustvarja reakcijska sila s pomočjo tlačnega ventila.

*Slika 1* prikazuje funkcijsko shemo in fotografijo hidravličnega preizkuševališča, na katerem so bili preizkušeni trije različni krmilni sistemi.

*Slika 2* predstavlja osnovni blokovni diagram za hidravlično regulacijo pozicije bremena.

*Slika 3* prikazuje način regulacije pozicije z uporabo programabilnega logičnega krmilnika (PLC) in rezultat meritev.

*Slika 4* prikazuje način regulacije pozicije z uporabo računalnika (PC-DAQ) in rezultat meritev.

*Slika 5* prikazuje način regulacije pozicije z uporabo programabilnega samodejnega krmilnika (PAC) in rezultat meritev.

Programabilni logični krmilnik (PLC) je primeren za manj zahtevne aplikacije kot osnovni krmilni element za groba industrijska okolja. Sodobni PLC-krmilniki omogočajo povezavo z osebnimi računalniki, komunikacijo Ethernet in samodiagnostična orodja. Vse to močno povečuje njihovo zmogljivost, uporabnost in dostopnost. Krmilna sistema PC-DAQ in PAC pa omogočata številne krmilno-nadzorne funkcije in druga orodja, ki so danes potrebna v moderni industriji, seveda za višjo ceno.

**Ključne besede:** elektrohidravlični sistem, krmilnik, PLC, PC-DAQ, PAC, regulacija pozicije

### Acknowledgment

The author acknowledge the financial support of the research project "Energy optimal control of fluid power and electromechanical systems" funded by the Ministry of science, education and sports of the Republic of Croatia.

The author would like to thank the company HI-KON (Lug Samoborski) for design and construction of the experimental setup, then the company Siemens-Croatia for donation PLC-controller and also the company NI-Slovenia for lending cRIO-controller.



telefon: +386 1 4771-704

GSM: +386 41 797 281

<http://www.revija-ventil.si>

e-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)



# 5. industrijski forum 2013

Inovacije, razvoj,  
tehnologije

10. in 11. 6. 2013

## Forum znanja in izkušenj

- predstavitve uspehov in dosežkov industrije ter sodelovanja industrije s ponudniki znanja, storitev in rešitev
- okrogla miza z uveljavljenimi strokovnjaki in menedžerji iz gospodarstva ter s predstavniki akademske sfere
- strokovna razstava ponudnikov rešitev, storitev in znanja
- strokovne in poslovno-tehniške predstavitve razstavljalcev
- veliko druženja in mreženja

## Priznanje TARAS



Priznanje za najuspešnejše sodelovanje gospodarstva in znanstveno-raziskovalnega okolja na področju inoviranja, razvoja in tehnologij



Portorož, Slovenia | 2013



12. 6. 2013

Jubilejni 5. industrijski forum IRT bo v 2013 prvič tridnevni dogodek, saj bo pod svojim okriljem gostil mednarodni forum orodjarjev 4. forum ISTMA Europe na katerem se pričakuje tudi udeležba najvidnejših političnih predstavnikov z državne in evropske ravni.

Portorož, 10.–12. junij 2013

**Dodatne informacije:** Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin tel.: 01/600 1000 | faks: 01/600 3001 | e-pošta: info@forum-irt.si | www.forum-irt.si • **Organizator dogodka:** PROFIDTP, d. o. o., Gradišče VI 4, 1291 Škofljica • **Organizacijski vodja dogodka:** Darko Svetak, darko.svetak@forum-irt.si • **Programski vodja dogodka:** dr. Tomaž Perme, tomaz.perme@forum-irt.si



# Optimiranje zalog polizdelkov za hladilnike preko računalniškega modela in simulacije diskretnih dogodkov

Mihael DEBEVEC, Gregor ČREP

**Izvleček:** Podjetje Gorenje, d. d., je eden od večjih proizvajalcev hladilnikov. Proizvodne linije med drugim obsegajo lakirno linijo za lakiranje surovih izdelkov in vmesna skladišča gotovih lakiranih izdelkov, ki morajo zagotavljati dovolj velike kapacitete za obstoječi obseg proizvodnje in predmontažo. Gotovi lakirani izdelki se vgrajujejo na linijah predmontaže, za katere velja, da morajo delovati brez zaustavitev.

Podjetje načrtuje selitev proizvodnje hladilnikov na novo lokacijo, kjer se bo kapaciteta vmesnih skladišč gotovih lakiranih izdelkov zmanjšala za približno 6,5-krat. Manjša kapaciteta načrtovanih vmesnih skladišč za načrtovalce proizvodnega procesa pomeni izredno natančno planiranje procesa lakiranja, da so zagotovljeni vsi potrebni gotovi lakirani izdelki na linijah predmontaže ohišij in vrat v ustreznih količinah in ob upoštevanju minimalnih kritičnih zalog v primeru zastojev lakirnice. Iz tega razloga se je podjetje povezalo z laboratorijem LASIM na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. V okviru raziskovalnega dela je bil izdelan računalniški model proizvodnega procesa lakiranja in predmontaže, ki preko izvajanja simulacije omogoča zasledovanje in sprotno spremljanje aktualnega stanja gotovih lakiranih izdelkov v vmesnih skladiščih glede na postavljeni proizvodni plan lakiranja.

**Ključne besede:** simulacija diskretnih dogodkov, modeliranje, optimizacija, proizvodni proces, velikoserijska proizvodnja

## ■ 1 Uvod

Proizvodni proces za proizvodnjo hladilnikov v podjetju Gorenje, d. d., obsega proizvodnjo surovih izdelkov, lakiranje surovih izdelkov, predmontažo, končno montažo in končno testiranje. Obstoječe proizvodne kapacitete vmesnih skladišč pred linijami predmontaže zagotavljajo gotove lakirane izdelke za en dan oziroma za 16 ur obratovanja linij predmontaže. Po načrtovani selitvi proizvodnje hladilnikov na novo lokacijo pa se bodo kapacitete vmesnih skladišč pred linijami predmontaže zmanj-

šale tako, da bodo zaloge gotovih lakiranih izdelkov zadostovale za 3,5-urno obratovanje linij predmontaže. Še pred dejanskim zagonom tovarne na novi lokaciji se zaradi načrtovanega zmanjšanja kapacitet vmesnih skladišč gotovih lakiranih izdelkov pojavlja vprašanje, ali bodo načrtovane kapacitete vmesnih skladišč zadostovale za nemoteno delovanje linij predmontaže.

Iz tega razloga so bile izvedene raziskave in izdelan simulacijski model dela proizvodnega sistema za izdelavo hladilnikov, ki preko podmodelov popisuje lakirnico in linije predmontaže. Cilj izdelave modela je bil, da preko izvajanja simulacije na podlagi postavljenih proizvodnih planov dobimo proizvodne časa za posamezne lote v lakirnici, obenem pa v vsakem trenutku dobimo tudi

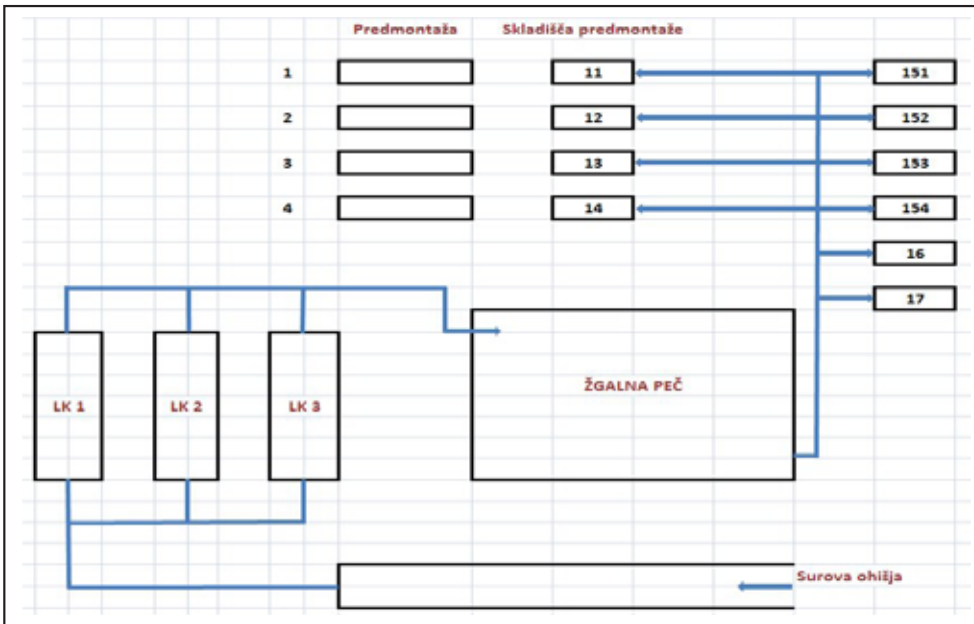
aktualno stanje zalog v posameznem vmesnem skladišču gotovih lakiranih izdelkov. Lot je v podjetju opredeljen kot skupina enakih surovih izdelkov v seriji, ki se kot skupina barva v enak barvni odtenek.

## ■ 2 Izhodišča za raziskave in cilji

V začetnem koraku raziskav so bile postavljene smernice za izdelavo simulacijskega modela in podrobno popisane karakteristike lakirnice v proizvodnem sistemu [1]. Obenem je bil podrobno popisana tudi proces predmontaže, s čimer smo zagotovili spremljanje aktualnih zalog v vmesnih skladiščih gotovih lakiranih izdelkov pred linijami predmontaže.

Bistveni deli opazovanega dela proizvodnje so sledeči (slika 1):

Dr. Mihael Debevec, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Gregor Črep, dipl. inž., Gorenje, d. d., Velenje



**Slika 1.** Logična shema pretoka izdelkov v proizvodnji od zalogovnika surovih ohišij do linij predmontaže

- stropni verižni transporter, ki zagotavlja gibanje izdelkov od zalogovnika surovih ohišij preko lakirnice do vmesnih skladišč predmontaže,
- lakirnica s tremi lakirnimi kabina mi,
- žgalna peč zagotavlja zaključek barvanja in sušenje izdelkov,
- deset vmesnih skladišč pred linijami predmontaže, v katera se skladiščijo gotovi lakirani izdelki glede na šifro, in
- štiri linije predmontaže, ki porabljajo gotove lakirane izdelke iz vmesnih skladišč.

Specialne karakteristike lakirnice smo zajeli preko parametrov delovanja v logičnem modelu in so sledeče [1]:

- lakirnica obratuje 2 izmeni dnevno (od 6.–14. ure in od 14.–22. ure) brez zaustavitve, 6 dni na teden, od ponedeljka do sobote,
- vsak posamezen izdelek se lakira v predhodno določeni lakirni kabini,
- v istem trenutku se lahko izvaja lakiranje le v eni lakirni kabini,
- lakirna kabina LK 1 je namenjena za barvanje v belo barvo, lakirni kabini LK 2 in LK 3 pa za barvanje v vse ostale barvne odtenke (slika 2),
- pri menjavi barvnega odtenka v lakirnih kabinah za barvne odtenke je potrebno upoštevati čas preureditve lakirne kabine na nov barvni odtenek.

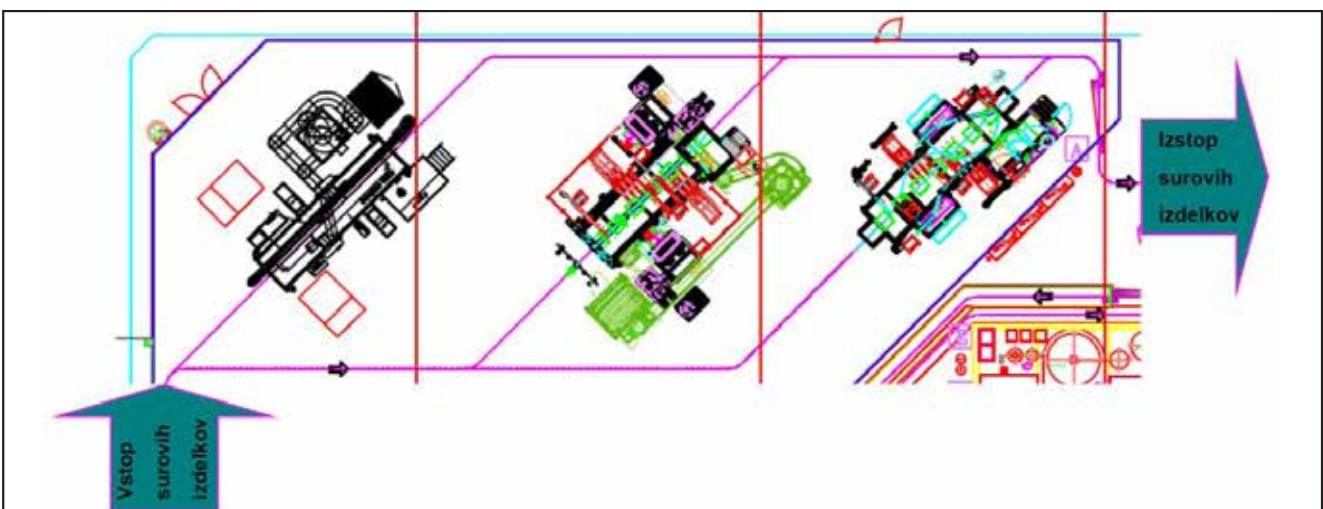
Proizvodni proces v lakirnici oziroma tok izdelkov preko lakirnice je dolo-

čen z naslednjimi proizvodnimi parametri [1]:

- takt procesa laki ranja je odvisen od takta verižnega strojnega transporterja in znaša 16 s,
- število šifer oziroma število različnih izdelkov v lakirnici je okrog 250,
- akira se 5 geometrijsko različnih izdelkov v 12 barvnih odtenkih,
- na posameznem obešalu verižnega stropnega transporterja je lahko različno število izdelkov, kar je odvisno od geometrijskega tipa izdelkov,
- v eni izmeni se polakira okrog 1600 obešal oziroma 3600 surovih izdelkov.

Za doseg zastavljenih ciljev za spremljanje aktualnih zalog v vmesnih skladiščih pred predmontažo smo izvedli sledeče korake:

- izdelava modela proizvodnega procesa lakiranja z raziskovalnim delom,
- izvajanje simulacije proizvodnega procesa lakiranja glede na proizvodni plan lakiranja in izvajanje simulacije predmontaže glede na proizvodni plan predmontaže,
- zagotovitev podatkov iz dejanske proizvodnje, kar je za potrebe raziskav priskrbelo podjetje Gorenje, d. d.,
- zagotovitev programskega orodja za raziskovalno delo ter pomoč pri izdelavi modela in izvajanju simulacije, kar je zagotovilo podjetje ITS, d. o. o.



**Slika 2.** Lakirne kabine v lakirnici in smer toka izdelkov

Po natančni opredelitvi zastavljenih ciljev in opredelitvi karakteristik proizvodnega procesa smo se lotili razvoja modela proizvodnega procesa lakirnice in predmontaže, ki bo zagotavljal spremljanje aktualnih zalog v vmesnih skladiščih gotovih lakiranih izdelkov pred linijami predmontaže.

### ■ 3 Model proizvodnega procesa

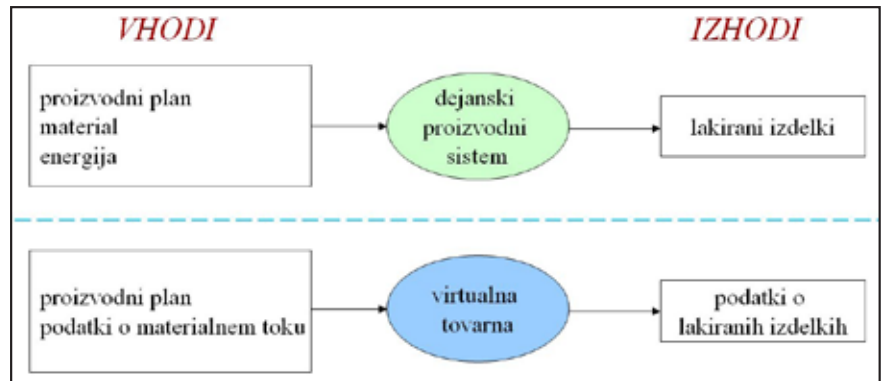
Izdelava modela proizvodnega procesa je potekala v dveh osnovnih korakih:

- v prvem koraku logična zasnova modela in
- v nadaljnjem koraku računalniški model in struktura uporabljenih podatkov.

#### 3.1 Logična zasnova modela

Osnovni in glavni cilj pri raziskavah je bil oblikovanje virtualne tovarne opazovanega dela proizvodnega procesa, ki omogoča in zagotavlja izvajanje načrtovanega proizvodnega plana na enak način, kot se ta izvaja v dejanskem proizvodnem procesu ([2], [3]) (slika 3).

Pri gradnji modela opazovanega proizvodnega procesa je bil sam model zasnovan tako, da je omogočena



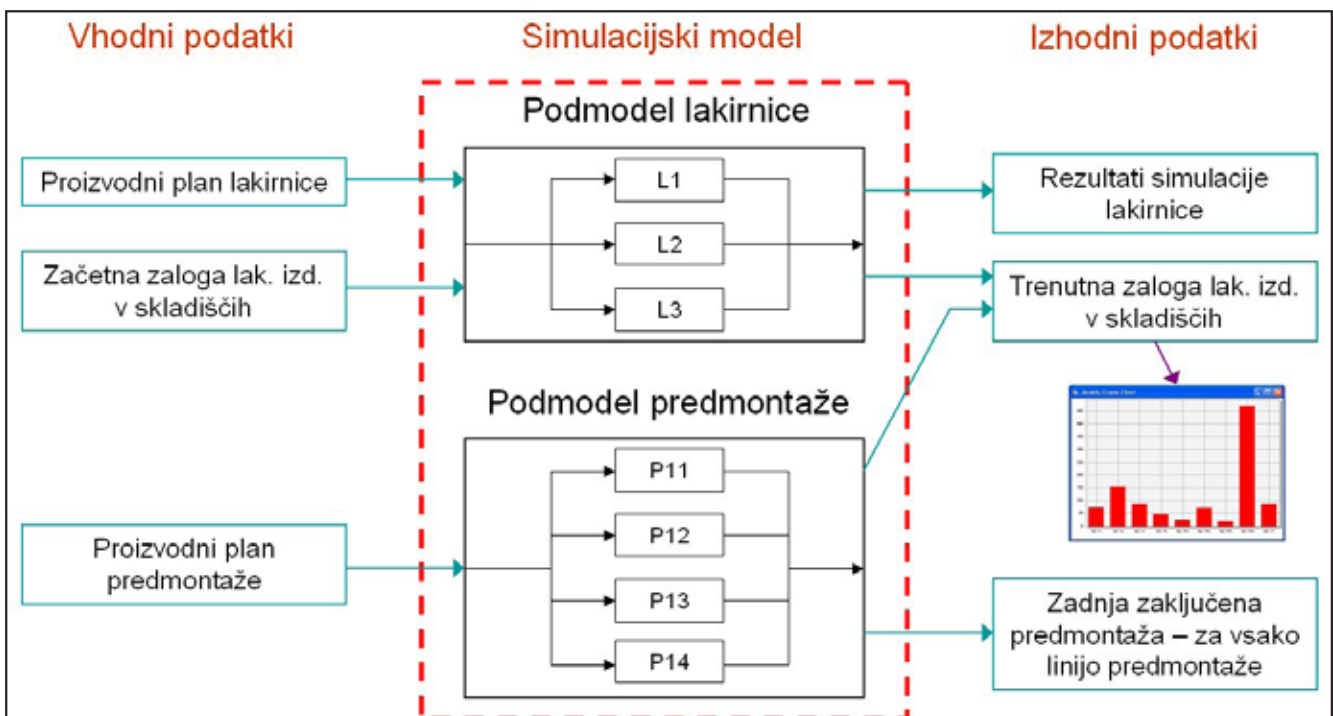
Slika 3. Osnovni princip virtualne tovarne

uporaba vhodnih podatkov, ki so namenjeni za dejansko proizvodnjo. Model je zasnovan parametrično, s čimer je omogočena uporaba različnih vhodnih podatkov, kot so na primer različni proizvodni plani. Obenem model popisuje dejanski proizvodni proces v taki meri, da so zajete vse njegove bistvene značilnosti ([2], [3]). Izpisi o proizvodnih časih v modelu so izdelani za lot, ki je privzet kot osnovni opazovani element materialnega toka v proizvodnem procesu.

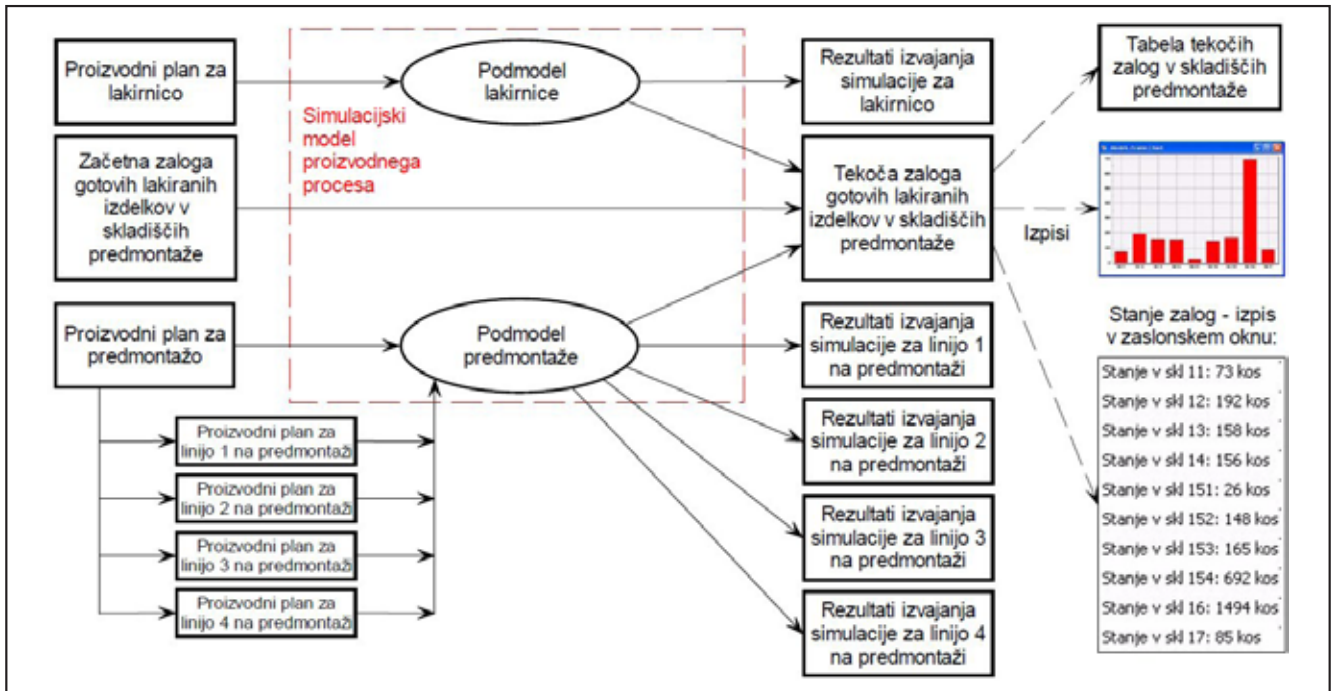
Na podlagi predpostavk virtualne tovarne ([2], [3]) in značilnosti dejanskega opazovanega proizvodnega procesa smo zasnovali logično shemo modela proizvodnega procesa (slika 4). Sam simulacijski model tako zajema podmodel lakirnice in podmodel predmontaže (slika 4).

Podmodel lakirnice popisuje proces lakiranja, pri čemer predstavlja vhodne podatke proizvodni plan za lakirnico, izhodne podatke pa proizvodni časi lotov gotovih lakiranih izdelkov (slika 5). Podmodel predmontaže popisuje odjem gotovih lakiranih izdelkov iz vmesnih skladišč predmontaže glede na proizvodni plan predmontaže, pri čemer predstavlja vhodne podatke podmodela proizvodni plan za predmontažo, izhodne podatke pa proizvodni časi zadnjih zaključenih predmontaž na posameznih linijah predmontaže (slika 5).

Z logično povezavo obeh podmodelov smo vzpostavili zasledovanje ažurnega stanja gotovih lakiranih izdelkov v vmesnih skladiščih pred linijami predmontaže.



Slika 4. Logična shema simulacijskega modela



Slika 5. Relacije med strukturami podatkov v modelu opazovanega proizvodnega procesa

Za model proizvodnega procesa smo zasnovali ustrezne relacije med podatkovnimi strukturami, ki so uporabljene v modelu (slika 5). Za spremljanje aktualne zaloge gotovih lakiranih izdelkov moramo spremljati stanje v treh podatkovnih strukturah modela: začetno zalogo gotovih lakiranih izdelkov v skladiščih pred linijami predmontaže, število izdelanih gotovih lakiranih izdelkov v podmodelu lakirnice in število porabljenih gotovih lakiranih izdelkov v podmodelu predmontaže.

Tekočo zalogo gotovih lakiranih izdelkov sprotno spremljamo preko treh različnih izpisov (slika 5), da je ažurno stanje zalog uporabniku kar najbolj nazorno predstavljeno:

- preko tabele tekočih zalog v skladiščih predmontaže,
- preko grafa tekočih zalog in
- preko izpisa v zaslonskem oknu s prikazom števila gotovih lakiranih izdelkov v posameznem skladišču predmontaže.

Na osnovi logične sheme modela in relacij med podatkovnimi strukturami v modelu smo izdelali računalniški simulacijski model lakirnice in predmontaže.

### 3.2 Računalniški model in struktura podatkov

Računalniški model smo v okviru

raziskovalnega dela izdelali v programskem paketu Plant Simulation 7.6 (slika 6).

V modelu so enostavne logične odvisnosti proizvodnega procesa popisane s standardnimi objekti programskega paketa, zahtevnejše

- vhodni podatki za proces predmontaže (*Proizvodni plan predmontaže* na sliki 4, preglednica 2) in
- vhodni podatki o začetnih zalogah v vmesnih zalogovnikih predmontaže (*Začetna zaloga lak. izd. v skladiščih* na sliki 4, preglednica 3).

Preglednica 1. Primer podatkov za proizvodni plan lakirnice

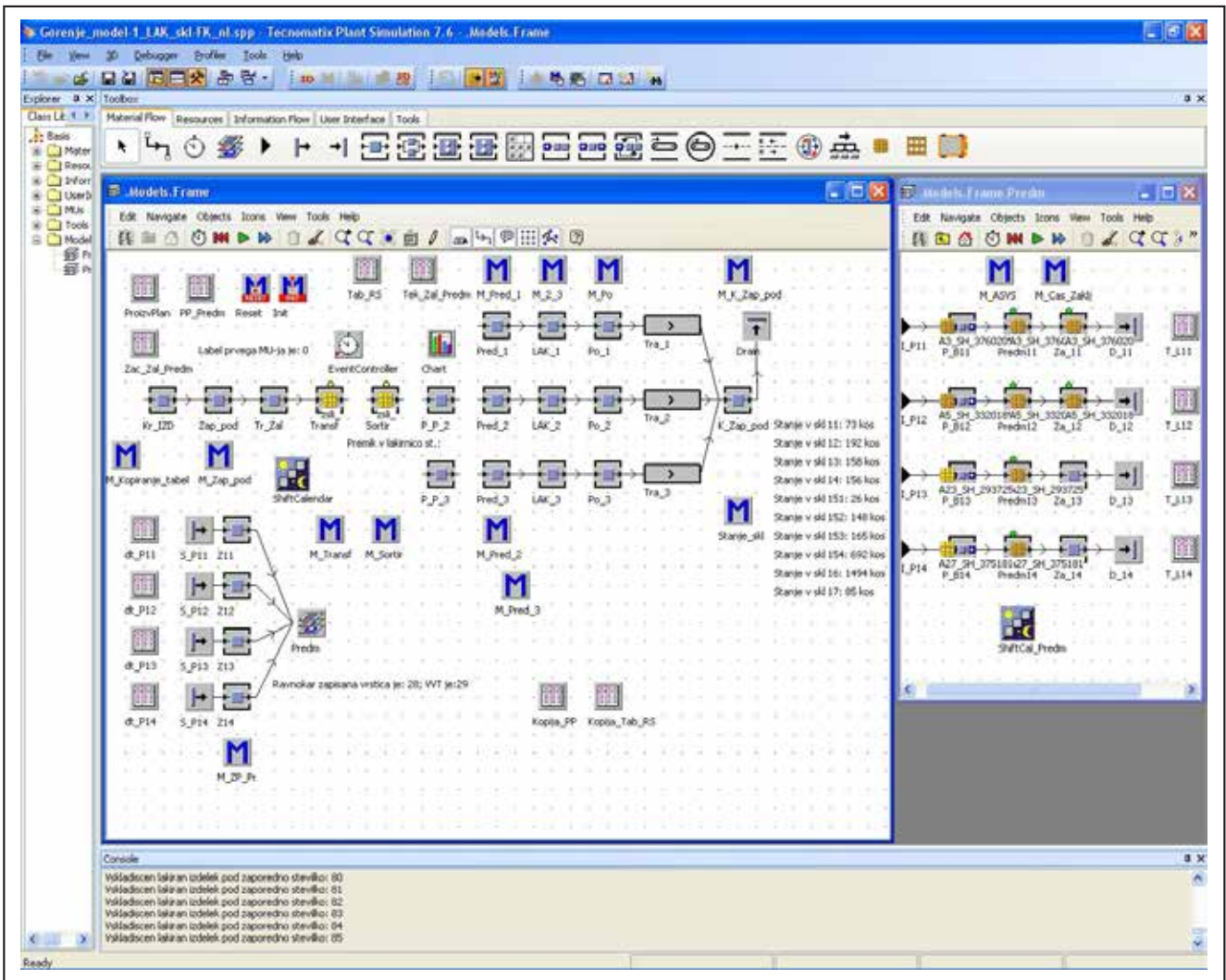
Šifra	Zaporedje	Količina	Št. kosov na obešalo	Št. lak. kabine	Čas menjave (min.)	Št. predmontaže_skladišče	Transport od razlaganja do skladišč ohlaj in vrat (min.)
280607	1	90	1	2		12	1
307630	2	60	1	1		13	1
303223	3	70	2	1		153	4
303228	4	80	4	1		153	4
279768	5	90	20	2		16	1

logične odvisnosti pa z metodami oziroma podprogrami v programskem jeziku SimTalk ([4], [5], [6]).

Potrebni vhodni podatki za računalniški model, ki jih je zagotovilo podjetje Gorenje, d. d., iz dejanske proizvodnje, so zapisani v tabelah in so sledeči:

- vhodni podatki za proces lakiranja (*Proizvodni plan lakirnice* na sliki 4, preglednica 1),

Vhodni podatki za proces lakiranja (preglednica 1) zajemajo vse bistvene podatke o lakiranju izdelkov v posameznem lotu: ID oznako, količino izdelkov v lotu, število kosov na obešalo, oznako lakirne kabine, oznako vmesnega skladišča in čas transporta od lakirne kabine do vmesnega skladišča. Vhodni podatki za proces predmontaže (preglednica 2) zajemajo vse bistvene podatke o procesu predmontaže posameznega hladilnika:



Slika 6. Računalniški model v Plant Simulation

Preglednica 2. Primer podatkov za proizvodni plan predmontaže

Šifra hladilnika	Količina serije	Zap. številka zapisa	Šifra lak. ohišja	Št. lak. ohišij (kos)	Skladišče	Šifra lak. vrat HI	Št. lak. vrat HI	Skladišče	Šifra lak. vrat ZO	Št. lak. vrat ZO	Skladišče	Šifra lak. robnika SP	Št. lak. robnik SP	Skladišče	Šifra lak. vezni profil SR	Števílo lak. vezni profil SR	Skladišče	Šifra lak. vezni profil ZG	Števílo lak. vezni profil ZG	Skladišče	Šifra lak. letev podnožna OT	Števílo lak. letev podnožna OT	Skladišče
335551	168	A1	138333	1	11	253211	1	151	253216	1	151	105413	1	16	107672	1	16	105403	1	16		0	16
382423	70	A2	138333	1	11	318946	1	151	263064	1	151	105413	1	16	107672	1	16	105403	1	16		0	16
376020	4	A3	138333	1	11	379225	1	151	263064	1	151	105413	1	16	107672	1	16	105403	1	16		0	16
332018	210	A4	138333	1	12	253211	1	152	253216	1	152	105413	1	16	107672	1	16	105403	1	16		0	16
332018	70	A5	138333	1	12	253211	1	152	253216	1	152	105413	1	16	107672	1	16	105403	1	16		0	16

šifra hladilnika, količina serije in za vsak sestavni del, ki se vgradi v posamezen hladilnik: šifra, število in skladišče lakiranega izdelka.

Začetno zalogo v posameznem skladišču pred linijami predmontaže pred začetkom izvajanja simulacije vnese-

mo v preglednico Začetna zaloga lak. izd. v skladiščih (preglednica 3).

Zadnji korak pred izvajanjem simulacije je nastavitev začetnega časa simulacije in parametrov o režimih dela tako za lakirnico kot predmontažo oziroma nastavitev delovnih kole-

darjev za vsako posamezno izmeno.

#### 4 Izvajanje simulacije modela proizvodnega procesa

Z izvajanjem simulacije modela proizvodnega procesa smo pridobili sledeče podatke:



**Preglednica 3.** Primer podatkov za začetno zalogo lakiranih izdelkov

Skladiščno mesto	Začetna zaloga lakiranih izdelkov
11	90
12	120
13	90
14	90
151	88
152	12
153	125
154	812
16	1000
17	85

- izhodne podatke za proces lakiranja (*Rezultati simulacije lakirnice* na sliki 4, *preglednica 4*),
- podatke o aktualnih zalogah gotovih lakiranih izdelkov v vmesnih skladiščih pred predmontažo (*Trenutna zaloga lak. izd. v skladiščih* na sliki 4, *preglednica 5*); na podlagi teh podatkov sta izdelana še:
- izpis aktualne zaloge gotovih lakiranih izdelkov v vmesnih skladiščih predmontaže neposredno preko izpisov v zaslonskem oknu in
- izpis aktualne zaloge gotovih lakiranih izdelkov v vmesnih skladiščih predmontaže preko grafa (*slika 7*).

V tabeli o rezultatih simulacije za proces lakiranja (*preglednica 4*) so zbrani podatki o času začetka lakiranja posameznega lota in o času uskladiščenja posameznega lota v vmesno skladišče gotovih izdelkov. Ta čas nam daje podatek, kdaj so posamezni gotovi izdelki pripravljene za vgradnjo na linijah predmontaže. Časi so

**Preglednica 5.** Primer tabele s podatki o aktualnih zalogah v skladiščih

Skladiščno mesto	Št. izdelanih izdelkov od začetka simulacije	Tekoča zaloga	Št. porabljenih izdelkov od začetka simulacije
11	224	72	242
12	313	153	280
13	308	85	313
14	306	46	350
151	420	24	484
152	618	70	560
153	520	19	626
154	360	472	700
16	3620	752	3868
17	0	85	0

spremljani v dveh zapisih: absolutno in relativno glede na čas začetka izvajanja simulacije in obenem pripravljene za nadaljnje analize.

V tabeli o aktualnih zalogah v skladiščih (*preglednica 5*) so zbrani podatki o aktualnem številu gotovih lakiranih izdelkov v posameznem vmesnem skladišču pred predmontažo. Poleg teh podatkov so v tej tabeli zbrani tudi podatki o aktualnem številu izdelanih gotovih lakiranih izdelkov od začetka simulacije in podatki o aktualnem številu porabljenih gotovih lakiranih izdelkov od začetka simulacije.

Graf aktualnih zalog gotovih lakiranih izdelkov v vmesnih skladiščih pred predmontažo (*slika 7*) prikazuje aktualno stanje izdelkov v posameznem skladišču pred predmon-

tažo in se obnavlja ob vsakem zaključku lakiranja posameznega lota.

## 5 Ugotovitve

V prispevku smo predstavili primer dobre prakse sodelovanja med industrijo in fakulteto. Rezultat raziskovalnega dela kaže prednosti in možnosti, ki jih imamo z izdelavo

**Slika 7.** Izpis aktualne zaloge preko grafa**Preglednica 4.** Izhodni podatki simulacije o procesu lakiranja

Šifra	Zaporedje	Količina	Št. kosov na obešalo	Št. lak. kabine	Čas menjave (min.)	Št. predmontaže_skladišče	Transport od razlaganja do skladišč ohišij in vrat (min.)	Začetek lakiranja (Date/Time)	Začetek lakiranja (Time)	Konec lakiranja (Date/Time)	Konec lakiranja (Time)
280607	1	90	1	2		12	1	2012/10/15 06:00:00.0000	0.0000	2012/10/15 06:51:00.0000	51:00.0000
307630	2	60	1	1		13	1	2012/10/15 06:24:00.0000	24:00.0000	2012/10/15 07:15:00.0000	1:15:00.0000
303223	3	70	2	1		153	4	2012/10/15 06:40:00.0000	40:00.0000	2012/10/15 07:29:00.0000	1:29:00.0000
303228	4	80	4	1		153	4	2012/10/15 06:49:20.0000	49:20.0000	2012/10/15 07:38:20.0000	1:38:20.0000
279768	5	90	20	2		16	1	2012/10/15 06:54:40.0000	54:40.0000	2012/10/15 07:40:40.0000	1:40:40.0000

modela in izvajanjem simulacije:

- imamo možnost nastavitve različnih delovnih koledarjev tako za lakirnico kot za predmontažo,
- imamo možnost nastavitve različnih režimov odmorov za delavce v posameznih izmenah tako za lakirnico kot za predmontažo,
- imamo možnost nastavitve različnih začetnih zalog v vmesnih skladiščih gotovih lakiranih izdelkov pred linijami predmontaže,
- imamo možnost hitrega izvajanja različnih proizvodnih planov tako za lakirnico kot za predmontažo,
- imamo možnost hitrega spreminjanja velikosti lotov v proizvodnih planih,
- imamo možnost nastavljanja hitrosti izvedbe simulacije oziroma jo lahko izvajamo po korakih,
- z enostavnimi dograditvami imamo možnost izdelave želenih izpisov o poteku simulacije.

Z raziskovalnim delom izdelan simulacijski model smo testirali na podatkih iz dejanske proizvodnje, pri čemer smo dokazali uporabnost izdelanega modela. Predstavljeni model je v primerjavi s preračuni napovedovanja poteka proizvodnega procesa mnogo bolj uporaben, ker dosledno upošteva zaporedje izvajanja posameznih operacij lakiranja ob pogoju, da se posamezna operacija lakiranja lahko izvede takrat, ko so

izpolnjeni vsi pogoji za njen začetek.

Meritve porabljenega časa za izvedbo simulacije so v fazi testiranja modela pokazale, da porabimo po opravljenih začetnih nastavitvah približno 15 sekund za izvedbo simulacije proizvodnega procesa za cel delovni dan (dve izmeni), kar je bistveno hitreje od preračunov napovedovanja poteka proizvodnega procesa.

Sama zgradba simulacijskega modela, ki je sestavljen iz funkcionalnih podmodelov, v našem primeru podmodela lakirnice in podmodela predmontaže, se je izkazala za zelo uporabno. Preko podmodela lakirnice sprotno zasledujemo število izdelanih gotovih lakiranih izdelkov, kjer je najmanjša enota skupine enakih gotovih lakiranih izdelkov lot. Preko podmodela predmontaže pa zasledujemo število porabljenih gotovih lakiranih izdelkov iz skladišč pred linijami predmontaže. In z ustrezno povezavo obeh podmodelov sprotno zasledujemo ažurno stanje lakiranih izdelkov v vmesnih skladiščih predmontaže v kateremkoli trenutku simulacije. Ažurno stanje v skladiščih gotovih izdelkov sprotno izpisujemo na želen način in v želeni obliki.

Na splošno pa je glavna in bistvena prednost virtualne proizvodnje preko izdelave modelov in izvajanja

simulacije v primerjavi z dejansko proizvodnjo ta, da se ne porablja nič materiala, nič energije in se ne uporabljajo proizvodna sredstva, ampak se obdelujejo le podatki.

## Literatura

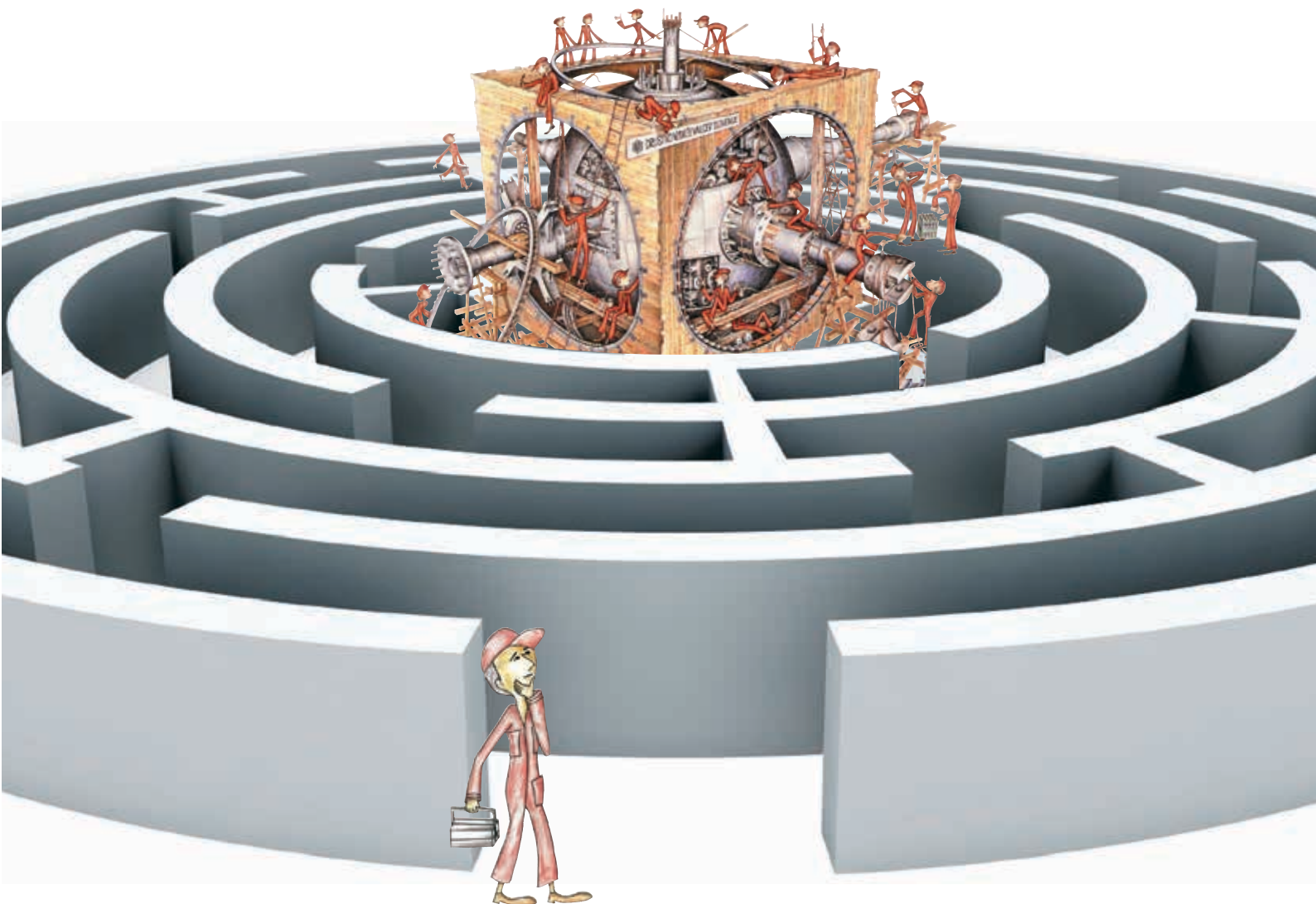
- [1] Podatki o podjetju Gorenje, d. d. – interno gradivo, Velenje, 2012.
- [2] Debevec, M.: Modeliranje strege orodij pri obdelavi v digitalnem okolju, doktorska disertacija, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2010.
- [3] Debevec, M., Herakovič, N.: Virtualna proizvodnja v virtualni tovarni za primere maloserijske proizvodnje, Posvet Avtomatizacija strege in montaže 2011 – ASM '11: zbornik posveta, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 2011.
- [4] Bangsow, S.: Manufacturing simulation with Plant Simulation and Simtalk: Usage and Programming with Examples and Solutions, Heidelberg: Springer, Berlin, 2010.
- [5] eM-Plant: Reference Manual, Tecnomatix Technologies GmbH & Co. KG, 1998.
- [6] eM-Plant: Objects Manual, Tecnomatix Technologies GmbH & Co. KG, 1998.

## Optimization of stock of semi-finished parts for refrigerators through a model in computer and discrete event simulation

**Abstract:** Gorenje d.d. is one of the major manufacturers of refrigerators. The production lines among other includes painting line for painting raw products and intermediate storages of finished painted products, which should provide sufficient capacity for the existing production volume and pre-assembly. The finished painted products are installed on the pre-assembly lines, for which are considered to be operating without stopping.

The company plans to relocate a refrigerators production to a new location, where the capacity of the interim storages of finished painted products is decreased by approximately 6.5 times. The reduced capacity of planned interim storages for planners of production process means extremely precise planning of painting process that all the necessary finished painted products are provided on the pre-assembly lines for housings and doors in the appropriate quantities and also the minimal critical stocks must be considered for the cases of painting line deadlocks. For this reason, the company has connected with laboratory LASIM from the Faculty of Mechanical Engineering in Ljubljana. Within the researches there was developed a computer model of the painting and pre-assembly production process that through the implementation of simulation enables tracking and real-time monitoring of the current status of finished painted products stock in intermediate storages with regards to the production plan of painting.

**Keywords:** discrete event simulation, modelling, optimization, production process, large-scale production



**NASVIDENJE na**

**23. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU  
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE**

**ki bo 17. in 18. oktobra 2013 | [www.tpvvs.si](http://www.tpvvs.si)**

# Vpliv kombinacije toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja na tribološke in nosilne lastnosti hitroreznega jekla

Bojan PODGORNIK, Vojteh LESKOVŠEK, Jure JERINA

**Izvleček:** Preoblikovalna orodja so pri delovanju istočasno izpostavljena mehanskim, termičnim, kemijskim in tribološkimi obremenitvam. Tako kompleksni kontaktni pogoji zahtevajo zelo specifične mehanske, še posebej pa tribološke lastnosti kontaktnih površin. Materiali za preoblikovalna orodja morajo tako izpolnjevati najrazličnejše zahteve, ki pa niso vedno istočasno dosegljive, kot je primer visoke trdote in žilavosti, odpornosti na abrazijsko in adhezijsko obrabo itd. Cilj predstavljenega dela je bil raziskati vpliv kombinacije vakuumske toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja površine na lastnosti PM hitroreznega jekla, tako s stališča obrabne odpornosti, odpornosti na prenos preoblikovanega materiala in povečanja nosilnosti v primeru nanosa PACVD-prevleke. Rezultati kažejo, da podhlajevanje prispeva k izboljšanju abrazijske in adhezijske obrabne odpornosti hitroreznega jekla, ima pa negativen vpliv na nosilnost, ki se s povečanjem temperature avstenitizacije in v kombinaciji z nitriranjem stopnjuje.

**Ključne besede:** podhlajevanje, nitriranje, nosilnost, obraba, trenje

## 1 Uvod

Pri preoblikovanju so orodja izpostavljena izredno kompleksnim kontaktnim pogojem, ki so posledica različnih vplivov (mehanska, termična, kemijska in tribološka obremenitev) [1]. Materiali za preoblikovalna orodja morajo tako izpolnjevati najrazličnejše zahteve, ki pa niso vedno istočasno dosegljive, kot je primer visoke trdote in žilavosti. Poleg mehanskih lastnosti na učinkovitost

in vzdržnost orodja vplivajo tudi tribološke lastnosti površine, vključujoč abrazijsko obrabno odpornost, nosilnost in odpornost na prenos preoblikovanega materiala. Z uporabo različnih procesov in parametrov toplotne obdelave vplivamo na mikrostrukturo jekla, s čimer lahko njegove mehanske in tribološke lastnosti prilagajamo izbrani aplikaciji [2].

V zadnjem desetletju je bil posvečen precejšen poudarek raziskavam vpliva nizkotemperaturne toplotne obdelave na lastnosti orodnih jekel [3–5]. Podhlajevanje ni zamenjava za dobro toplotno obdelavo, kot se velikokrat napačno sklepa, temveč dopolnilni proces konvencionalne toplotne obdelave pred popuščanjem [4]. Poleg tega, da podhlajevanje zagotavlja dimenzijsko stabilnost materiala, naj bi izboljšalo tudi

abrazijsko obrabno odpornost [3, 5], odpornost na utrujanje [6] in povečalo trdoto in trdnost materiala [5]. Glavni razlog izboljšanja lastnosti materiala je v popolni transformaciji zaostalega avstenita v martenzit in precipitaciji finih h-karbidov v popuščeni martenzitni osnovi [7].

Druga možnost modifikacije kontaktne površine orodij, ki se že uspešno uporablja za izboljšanje obrabne odpornosti, je uporaba kemo-termičnega poboljšanja (cementacija, nitriranje, ...) [8] ali nanos trdih zaščitnih prevlek [9]. Pri tem izstopa nitriranje v plazmi, ki omogoča tvorjenje površinskih plasti z odličnimi tribološkimi lastnostmi [10, 11], ki poleg povečanja trdote zagotavljajo tudi dobro obrabno odpornost, nizek koeficient trenja, predvsem pa povečano odpornost

Izr. prof. dr. Bojan Podgornik, univ. dipl. inž., prof. dr. Vojteh Leskovšek, univ. dipl. inž.; oba Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana  
Jure Jerina, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

na prenos preoblikovanega materiala [12]. V primeru trdih zaščitnih prevlek, nanosenih s PVD- ali PACVD-tehnologijo, pa povzroča dodatno težavo nosilnost podlage. Zaradi velike razlike v trdoti osnovnega materiala in prevleke kakor tudi majhnih debelin prevlek neustrezna nosilnost podlage privede do takojšnjega pokanja in luščenja prevleke. Z združevanjem različnih postopkov modifikacije podlage bi lahko združili njihove pozitivne lastnosti in s tem izboljšali mehanske, nosilne in tribološke lastnosti preoblikovalnih orodij.

Cilj predstavljenega dela je bil raziskati vpliv kombinacije vakuumske toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja površine na lastnosti PM hitroreznega jekla tako s stališča obrabne odpornosti in odpornosti na prenos preoblikovanega materiala kot tudi s stališča povečanja nosilnosti v primeru nanosa PACVD-prevleke.

## ■ 2 Eksperimentalni podatki

### 2.1 Material

V predstavljeni raziskavi je bilo uporabljeno komercialno hitrorežno jeklo S390 Microclean jeklarne Bohler, izdelano po postopku metalurgije prahov (PM) s sledečo kemijsko sestavo (wt. %): 1,47 % C, 0,54 % Si, 0,29 % Mn, 0,023 % P, 0,014 % S, 4,83 % Cr, 1,89 % Mo, 4,77 % V, 10,05 % W in 8,25 % Co. Vzorci v

obliki ploščic ( $\varnothing$  20 mm x 9 mm) in cilindrov ( $\varnothing$  10 mm x 100 mm) so bili izrezani iz valjanih in mehko žarjenih palic, površinsko brušeni in polirani na  $R_a \approx 0,1 \mu\text{m}$ .

### 2.2 Priprava vzorcev

Pregled uporabljenih parametrov in kombinacij vakuumske toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja v plazmi je podan v tabeli 1. Po izdelavi so bili vsi vzorci najprej toplotno obdelani v horizontalni vakuumski peči. Predgrevanju na temperaturo 1050 °C je sledilo segrevanje (25 °C/min) na temperaturo avstenitizacije 1130 °C (skupina A) oz. 1230 °C (skupina B), držanje vzorcev na temperaturi avstenitizacije do 6 minut in kaljenje v enakomernem toku dušika pri tlaku 5 barov do temperature 80 °C. Po kaljenju je bila ena serija vzorcev posamezne skupine trojno popuščana (3 x 2h) pri temperaturi 540 °C. Druga serija je bila dvojno popuščana (2 x 2h; 540 °C), čemur je sledilo dveurno nitriranje v plazmi pri 520 °C. Tretja in četrta serija vzorcev sta bili podhlajeni, nato pa ali enojno popuščeni ali nitrirani v plazmi. Po toplotni obdelavi je bila površina vseh vzorcev ponovno polirana na vrednost  $R_a \approx 0,1 \mu\text{m}$ .

Podhlajevanje je bilo izvedeno z nadzorovanim potapljanjem izbranih vzorcev (tabela 1) v tekoči dušik za 25 oz. 40 ur. Na drugi strani je bilo dveurno nitriranje v plazmi izvedeno pri temperaturi 520 °C, absolutnem tlaku 3,3 hPa in plinski

mešanici 95 vol. %  $\text{H}_2$  in 5 vol. %  $\text{N}_2$ . Z namenom določitve vpliva parametrov in kombinacije posameznih procesov kemo-termične obdelave na nosilnost podlage je bil po en vzorec vsake skupine (A1–B6) oplasčen z večplastno TiCN-prevleko debeline  $\sim 2 \mu\text{m}$  in trdote 3000 HV, ki je bila nanosena s PACVD-postopkom pri temperaturi 510 °C.

### 2.3 Tribološki preizkusi

Vpliv parametrov in kombinacije vakuumske toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja v plazmi na odpornost PM hitroreznega jekla S390 na prenos nerjavnega jekla AISI 304 (350 HV) je bil določen na napravi Load-scanner [13], ki omogoča zvezno povečevanje obremenitve med preizkusom. Pri tem vsaka točka vzdolž kontakta ustreza točno določeni obremenitvi. Preizkusi odpornosti na prenos nerjavnega jekla so bili izvedeni v pogojih suhega drsnega kontakta ( $T = 20 \text{ °C}$ ), pri drsni hitrosti 0,01 m/s in območju obremenitve med 50 in 600 N. Odpornost na prenos nerjavnega jekla je bila določena z zasledovanjem koeficienta trenja in analizo kontaktnih površin ter določitvijo kritičnih obremenitev začetka prenosa ter tvorjenja plasti prenesenega materiala.

Abrazijska obrabna obstojnost raziskovanega PM hitroreznega jekla je bila določena pri izmeničnem drsenju prav tako v pogojih suhega drsnega kontakta in pri sobni temperaturi. Z namenom osredotočenja

**Tabela 1.** Parametri toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja v plazmi

Oznaka	Avstenitizacija		Podhlajevanje		Popuščanje [°C/h]	Nitriranje v plazmi [°C/h]
	Temp. [°C]	Čas [min]	Temp. [°C]	Čas [h]		
A1	1130	6	/	/	540/540/510/2h	/
A2	1130	6	/	/	540/540/2h	520/2h
A3	1130	6	-196	25	540/2h	/
A4	1130	6	-196	25	/	520/2h
A5	1130	6	-196	40	540/2h	/
A6	1130	6	-196	40	/	520/2h
B1	1230	2	/	/	540/540/510/2h	/
B2	1230	2	/	/	540/540/2h	520/2h
B3	1230	2	-196	25	540/2h	/
B4	1230	2	-196	25	/	520/2h
B5	1230	2	-196	40	540/2h	/
B6	1230	2	-196	40	/	520/2h

raziskave zgolj na obrabo hitroreznega jekla je bila kot protimaterial uporabljena oscilirajoča kroglica  $Al_2O_3$  s premerom 10 mm. Obrabni preizkusi so bili izvedeni pri povprečni drsni hitrosti 0,02 m/s (frekvenca 5 Hz in amplituda 2,4 mm), začetnem Hertzevem kontaktnemu tlaku 1,3 GPa ( $F_N = 10$  N) in celotni drsni poti 30 m. Rezultati so bili ovrednoteni glede na volumen obrabe raziskovanega hitroreznega jekla.

Tudi nosilnost oplaščenih vzorcev PM hitroreznega jekla S390 je bila določena na napravi Load-Scanner. V tem primeru je bil kot protimaterial uporabljen poliran WC-valj, trdote ~2000 HV. Preizkusi so bili ponovno izvedeni v pogojih suhega drsnega kontakta pri temperaturi 20 °C in drsni hitrosti 0,01 m/s. Z namenom določitve kritične obremenitve nastanka razpok oz. porušitve TiCN-prevleke je bila obremenitev povečana na območje med 500 in 4000 N.

Vsi preizkušanci so bili pred preizkusi očiščeni v ultrazvočni kopeli etanola in posušeni na zraku.

### 3 Rezultati

#### 3.1 Mikrostruktura

Mikrostruktura raziskovanega PM hitroreznega jekla po posamezni kombinaciji kemo-termične obdelave (tabela 1) je prikazana na *sliki 1*, vrednosti pripadajočih trdot površine pa so zbrane v *tabeli 2*. Po kaljenju s temperature avstenitizacije 1130 °C in trojnem popuščanju (vzorec A1) je mikrostruktura sestavljena iz popuščenega martenzita in enakomerno razporejenih finih neraztopljenih evtektičnih karbidov tipa MC (sivi in črni) in  $M_6C$  (beli) s povprečnim premerom 1,2  $\mu m$  (*slika 1a*). S povišanjem temperature avstenitizacije na 1230 °C (vzorci B1–B3) dosežemo podobno

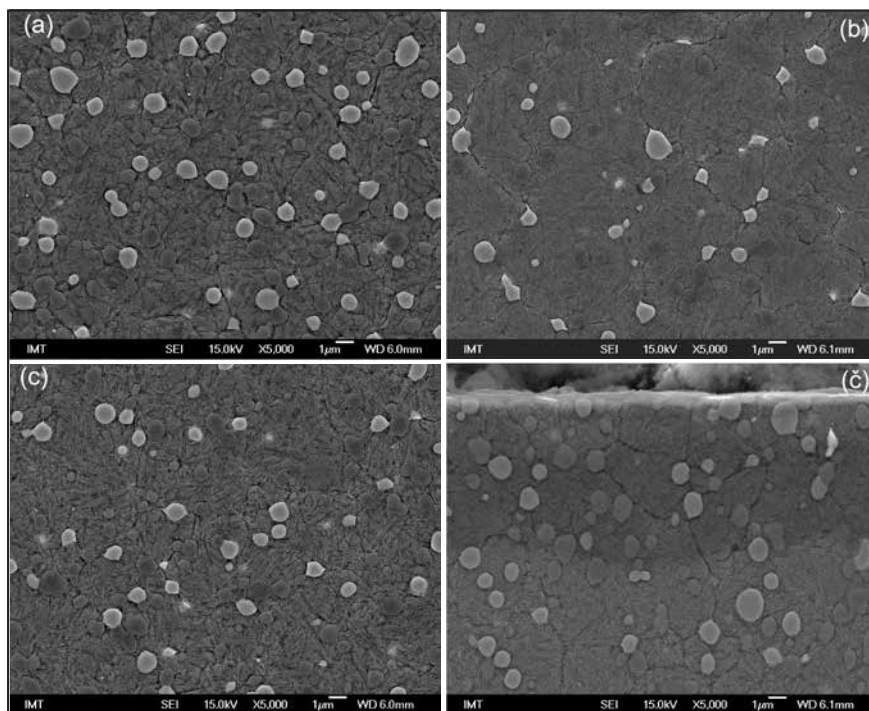
finozrnato martenzitno mikrostrukturo z enakomerno porazdelitvijo finih neraztopljenih evtektičnih karbidov in brez proevtektoidnih karbidov, raztopljenih po mejah primarnih avstentnih zrn. Kljub vsemu pa v primerjavi z nižjo temperaturo avstenitizacije (1130 °C) višja temperatura zmanjša količino in velikost (< 1,0  $\mu m$ ) neraztopljenih evtektičnih karbidov (*slika 1b*).

S kombinacijo podhlajevanja in enojnega popuščanja (vzorci A3, A5 in B3, B5) dosežemo zelo podobno mikrostrukturo popuščenega martenzita in neraztopljenih evtektičnih karbidov. Vendar pa, v primerjavi s trojnim popuščanjem, 25-urno podhlajevanje v tekočem dušiku privede do nastanka finejše igličaste martenzitne mikrostrukture (*slika 1c*) in povečanja trdote površine s 66,8 na 67,0 HRc pri skupini, kaljeni z nižje temperature avstenitizacije (skupina A), in s 66,7 celo na 68,0 HRc pri skupini z višjo

temperaturo avstenitizacije (skupina B). Z daljšanjem časa podhlajevanja se ohranja igličasta martenzitna mikrostruktura, poveča pa se trdota površine, kot je razvidno iz *tabele 2*.

Po nitriranju je na površini raziskovanega PM hitroreznega jekla ~65  $\mu m$  debela difuzijska plast, nismo pa zasledili znakov spojinske cone ali razpok (*slika 1d*). Z nitriranjem v plazmi se je trdota površine skupine vzorcev A, kaljenih z nižje temperature avstenitizacije, povečala z 965  $HV_{0,1}$  na ~1340  $HV_{0,1}$ , pri skupini B pa z 952  $HV_{0,1}$  na ~1400  $HV_{0,1}$ . Po drugi strani pa kombinacija podhlajevanja in nitriranja v plazmi nima praktično nikakršnega vpliva na mikrostrukturo jedra ali trdoto površine (*tabela 2*).

Kot je razvidno iz *tabele 2*, kombinacija višje temperature avstenitizacije, podhlajevanja in/ali nitriranja v plazmi daje višje trdote površine raziskovanega hitroreznega jekla.



**Slika 1.** Mikrostruktura vakuumsko toplotno obdelanega, podhlajenega in nitriranega PM hitroreznega jekla S390: a) A1, b) B1, c) A3 in č) A4

**Tabela 2.** Trdota površine po vakuumski toplotni obdelavi, podhlajevanju in nitriranju

	Oznaka	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Trdota	HRc	66,8		67,0		67,1	
	$HV_{0,1}$	964 ± 17	1338 ± 41	966 ± 27	1364 ± 46	1342 ± 12	1342 ± 12
	Oznaka	B1	B2	B3	B4	B5	B6
	HRc	66,7		68,4		68,5	
	$HV_{0,1}$	952 ± 22	1383 ± 25	984 ± 23	1428 ± 44	1405 ± 23	1401 ± 38

### 3.2 Odpornost na prenos nerjavnega jekla

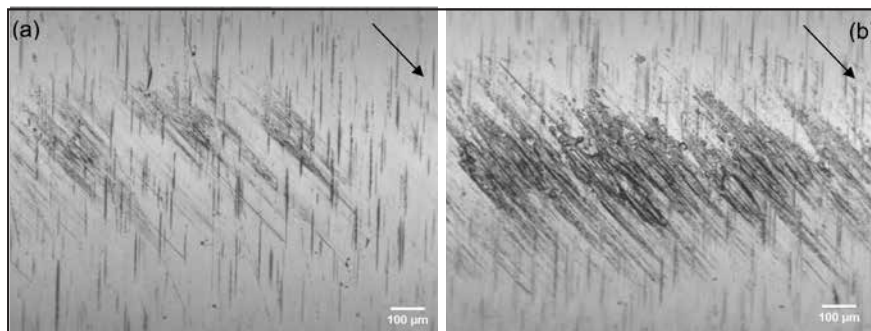
Odpornost PM hitroreznega jekla S390 na prenos obdelovanega materiala smo določili na podlagi kritične obremenitve, pri kateri zasledimo prve znake prenosa nerjavnega jekla na površino jekla S390 (slika 2a), in obremenitve, pri kateri se prične tvoriti debelejši sloja prenesenega materiala (slika 2b). V primeru trojnega popuščanja (vzorec A1) smo prve znake prenosa nerjavnega jekla zasledili pri obremenitvi 200 N, tvorjenje povezanega sloja prenesenega materiala pa pri obremenitvi nad 350 N. Podobne rezultate zasledimo pri obeh temperaturah avstenitizacije, 1130 °C (vzorec A1) in 1230 °C (vzorec B1), kot je razvidno s slike 3.

Na drugi strani s podhlajevanjem (vzorci A3, A5, B3 in B5) dosežemo boljšo odpornost na prenos materiala raziskovanega hitroreznega jekla. Kritični obremenitvi začetka prenosa in tvorjenja povezanega sloja sta se pri vzorcu, podhlajevanem 25 h (A3), povečali na 210 N in 390 N, s podaljšanjem časa podhlajevanja na 40 h (vzorec A5) pa celo na 260 N in 470 N (slika 3). Boljše rezultate, dobljene pri daljšem času podhlajevanja, je moč pripisati bolj fini igličasti martenzitni mikrostrukturi.

Po pričakovanju je tudi nitiranje v plazmi izboljšalo odpornost raziskovanega hitroreznega jekla na prenos nerjavnega jekla. V primerjavi z nenitriranim vzorcem A1 se je kritična obremenitev začetka prenosa nerjavnega jekla z nitiranjem (A2) povečala na 230 N in kritična obremenitev tvorjenja povezanega sloja na 370 N. Po drugi strani pa kombinacija nitiranja v plazmi s podhlajevanjem (A4, A6, B4, B6) privede celo do poslabšanja odpornosti na prenos nerjavnega jekla. Pri tem daljši časi podhlajevanja pomenijo tudi do 30 % slabše rezultate (slika 3).

### 3.3 Obrabna odpornost

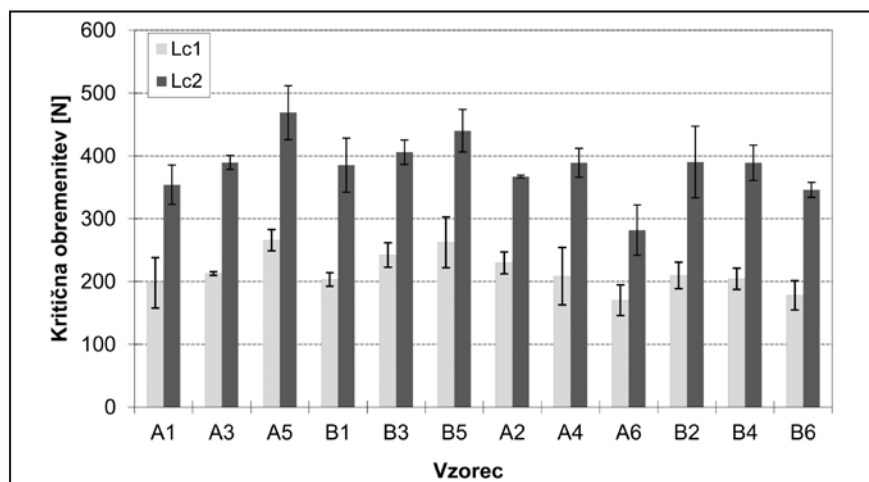
Slika 4 prikazuje abrazijsko obrabno odpornost toplotno obdelanega in nitiranega PM hitroreznega jekla S390. V primeru vakuumске toplotne obdelave in trojnega popuščanja (A1



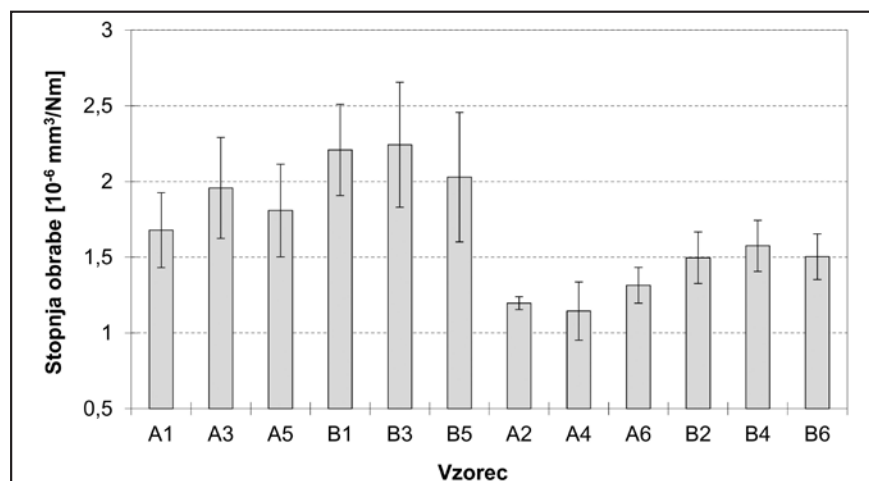
**Slika 2.** Primer (a) pričetka prenosa in (b) tvorjenja povezane plasti nerjavnega jekla na površini PM hitroreznega jekla S390

in B1) je stopnja obrabe raziskovanega hitroreznega jekla po 30 m suhega drsnega kontakta med  $1,7$  in  $2,2 \times 10^{-6}$  mm<sup>3</sup>/Nm. Pri tem višja temperatura avstenitizacije, ki daje mikrostrukturo z manjšo količino neraztopljenih evtektičnih karbidov, vodi do večje stopnje obrabe. Po drugi strani uporaba podhlajevanja (A3, A5, B3, B5) bistveno ne vpliva na abrazijsko obrabno odpornost PM hitroreznega

jekla S390. Kljub vsemu pa povečanje trdote površine, ki jo dosežemo s podaljšanjem časa podhlajevanja s 25 na 40 ur, privede do zmanjšanja stopnje obrabe, ki pa je v primerjavi s trojnim popuščanjem manjše od 10 % (slika 4). Občutno zmanjšanje stopnje obrabe dosežemo z nitiranjem jekla v plazmi. Preko tvorjenja površinske nitridne plasti in povečanja trdote površine se je stopnja obra-



**Slika 3.** Kritična obremenitev pričetka prenosa ( $L_{c1}$ ) in nastanka povezane plasti nerjavnega jekla ( $L_{c2}$ ) na površini vakuumsko toplotno obdelanega, podhlajenega in/ali nitiranega hitroreznega jekla



**Slika 4.** Vpliv kombinacije toplotne obdelave na koeficient trenja in stopnjo obrabe

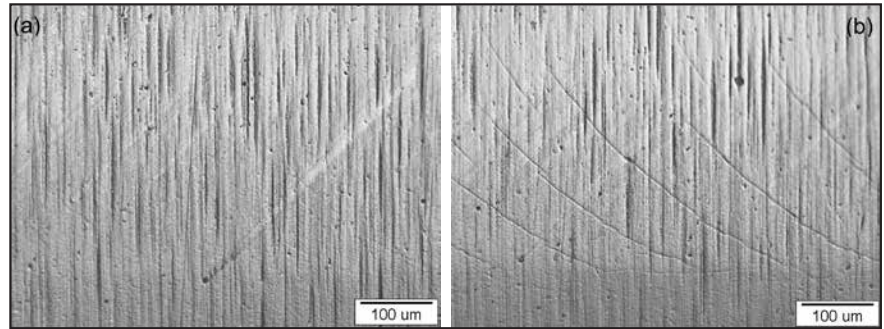
be raziskovanega hitroreznega jekla zmanjšala na zgolj  $1,1 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{Nm}$  (slika 4). V primerjavi z nenitriranim jeklom je nitriranje v plazmi zmanjšalo tudi vpliv temperature avstenitizacije na tribološke lastnosti, pri čemer pa višja temperatura avstenitizacije še vedno pomeni večjo obrabo. Po drugi strani kombinacija podhlajevanja in nitriranja v plazmi ne kaže nikakršnega pozitivnega učinka v smislu povečanja abrazijske obrabne obstojnosti, kot je razvidno s slike 4.

### 3.4 Nosilnost podlage

Vpliv toplotne obdelave podlage na nosilne lastnosti PM hitroreznega jekla S390 in sposobnost zagotavljanja ustrezne podpore trdi TiCN-prevleki je bil določen z analizo razpok na površini prevleke. Pri tem smo določili kritično obremenitev nastanka prvih razpok (slika 5a) in pričetka njihovega zgoščevanja (slika 5b), prikazanih na sliki 6, ter dolžino in gostoto razpok pri obremenitvi 3500 N (slika 7).

V primeru podlage, kaljene s temperature avstenitizacije 1130 °C, in trojnega popuščanja (A1) so se prve razpoke v prevleki TiCN pojavile pri obremenitvi 2200 N, večja gostota le-teh pa nad 2500 N. Skupna dolžina razpok pri 3500 N je bila 1,5 mm z gostoto 5,7 razpok/mm. S podhlajevanjem (vzorca A3 in A5) se sama nosilnost hitroreznega jekla ni spremenila, povečali pa sta se gostota in dolžina razpok, predvsem pri krajšem času podhlajevanja. Negativen vpliv podhlajevanja na nosilnost hitroreznega jekla je precej bolj izrazit pri višji temperaturi avstenitizacije (vzorci B1, B3 in B5). Medtem ko dvig temperature avstenitizacije s 1130 °C na 1230 °C (A1–B1) poveča nosilnost za ~20 %, s kombinacijo podhlajevanja pade kritična obremenitev nastanka razpok pod 2000 N (slika 6), dolžina in gostota razpok pa se povečata za več kot 30 % (slika 7). Pri tem ima daljši čas podhlajevanja na splošno manj negativen vpliv.

Nasprotno od pričakovanega privede nitriranje površine PM hitroreznega jekla do poslabšanja nosilnih lastnosti hitroreznega jekla S390, tako v smislu znižanja kritične obremenitve pričetka pokanja TiCN-prevleke



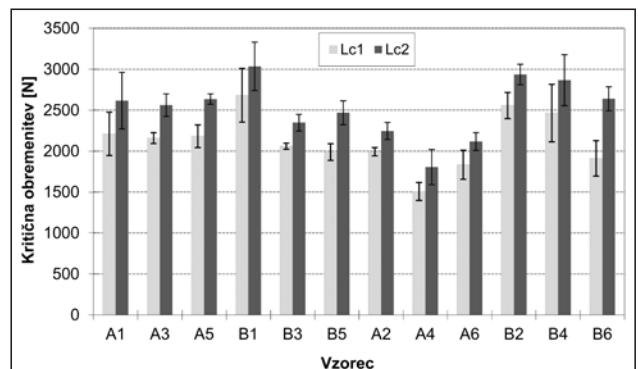
Slika 5. Primer (a) nastanka razpok v prevleki TiCN in (b) povečevanje njihove gostote in dolžine

(< 2000 N), predvsem pa povečanja dolžine in gostote razpok (slika 7). Tudi v primeru nitriranja višja temperatura avstenitizacije (B2) izboljša nosilnost raziskovanega hitroreznega jekla, medtem ko jo kombinacija podhlajevanja precej poslabša.

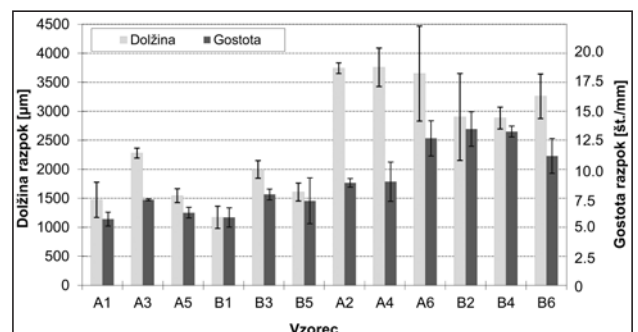
### 4 Diskusija

Z zmanjšanjem števila neraztopljenih eutektičnih karbidov višja temperatura avstenitizacije (A→B) zniža trdoto površine hitroreznega jekla in s tem njeno abrazijsko obrabno odpornost (slika 4). Kljub vsemu to ne vpliva na odpornost površine proti prenosu preoblikovanega materiala (slika 3), zaradi boljše duktilnosti pa se izboljša nosilnost podlage (sliki 6 in 7). Pri tem je potrebno opozoriti, da povišanje temperature avstenitizacije lahko privede do povečanja hrapavosti površine [14], kar nato negativno vpliva na odpornost površine na prenos preoblikovanega materiala, lahko pa poslabša tudi oprijemljivost prevleke. Vključitev procesa podhlajevanja v toplotno obdelavo hitroreznega jekla daje bolj fino zrna to mikrostrukturo z višjo trdoto površine in s tem boljšimi protiobrabnimi la-

stnostmi, predvsem odpornostjo na prenos preoblikovanega materiala. Izboljšanje protiobrabnih lastnosti je bolj izrazito pri daljših časih podhlajevanja, ki dajejo tudi nekoliko višje trdote površine (A3→A5, B3→B5). Po drugi strani podhlajevanje negativno vpliva na nosilnost hitroreznega jekla, ki pa se s podaljšanjem časa podhlajevanja zmanjša. S tvorjenjem trde površinske plasti z nizkim koeficientom trenja nitriranje v plazmi močno izboljša tako protiobrabne lastnosti kot tudi odpornost PM hitroreznega jekla na prenos preoblikovanega materiala. Nasprotno pa zaradi zmanjšanja duktilnosti nitriranje pre-



Slika 6. Vpliv kombinacije toplotne obdelave podlage na pričetek nastanka ( $L_{c1}$ ) in zgoščevanja razpok ( $L_{c2}$ ) v TiCN-prevleki



Slika 7. Dolžina in gostota razpok v TiCN-prevleki pri obremenitvi 3500 N



cej poslabša nosilnost površine, če je ta prekrita s trdo PACVD-prevleko TiCN. Kljub prednostim, ki jih nudijo posamezni postopki toplotne ali kemo-termične obdelave, kombinacija podhlajevanja in nitriranja izniči prednosti posameznega postopka in v končni fazi privede do precejšnjega poslabšanja tako triboloških (sliki 3 in 4) kot tudi nosilnih lastnosti hitroreznega jekla (sliki 6 in 7).

## ■ 5 Zaključki

Temperatura avstenitizacije predstavlja izredno pomemben parameter toplotne obdelave hitroreznega jekla. S povišanjem temperature avstenitizacije se zmanjšata količina in velikost evtektičnih karbidov, s tem pa poslabša abrazijska obrabna odpornost. Po drugi strani to nima bistvenega vpliva na adhezijsko obrabno odpornost, močno pa izboljša nosilne lastnosti PM hitroreznega jekla. Podhlajevanje PM hitroreznega jekla omogoča doseganje bolj fino-zrnate martenzitne mikrostrukture, ki izboljša tribološke lastnosti površine, predvsem njeno odpornost na prenos preoblikovanega materiala. Daljši časi podhlajevanja na splošno dajejo boljše tribološke lastnosti, lahko pa negativno vplivajo na nosilnost hitroreznega jekla.

Najboljše tribološke lastnosti PM hitroreznega jekla dosežemo z uporabo nitriranja v plazmi. Po drugi strani pa nitriranje v plazmi zelo negativno vpliva na nosilno sposobnost PM hitroreznega jekla pri nanosu trdih zaščitnih PACVD-prevlek.

Prednosti procesa podhlajevanja oz. nitriranja v plazmi se z njuno kombinacijo izničijo, kar v končni fazi privede do precejšnjega poslabšanja nosilnih in triboloških lastnosti PM hitroreznega jekla.

## Literatura

- [1] J. S. Schery, Tribology in metalworking – Friction, Lubrication and Wear, Oxford publishing, 1984.
- [2] V. Leskovšek, M. Kalin, J. Vižintin, Influence of deep-cryogenic treatment on wear resistance of vacuum heat-treated HSS, Vacuum, Vol. 80 (2006) 507–518.
- [3] D. N. Collins, Cryogenic treatment of tool steels, Adv. Mater. Process., (1998) H23–H29.
- [4] D. Mohan Lal, S. Renganarayanan, A. Kalanidhi, Cryogenic treatment to augment wear resistance of tool and die steels, Cryogenics, Vol. 41 (2001) 149–155.
- [5] A. Molinari, M. Pellizzari, S. Gialanella, G. Straffellini, K. H. Stiasny, Effect of deep cryogenic treatment on the mechanical properties of tool steels, J. Mater. Process. Technol., Vol. 118 (2001) 350–355.
- [6] P. Johan Singh, S. L. Mannan, T. Jayakumar, D. R. G. Achar, Fatigue life extension of notches in AISI 304L weldments using deep cryogenic treatment, Eng. Failure Analysis, Vol. 12 (2005) 263–271.
- [7] F. Meng, Role of h-carbide precipitation in the wear resistance improvements of Fe-12Cr-Mo-V-1.4C tool steel by cryogenic treatment, ISIJ Int., Vol. 34 (1994) 205–210.
- [8] M. B. Karamis, An investigation of the properties and wear behaviour of plasma-nitrided hot-working steel (H13), Wear, Vol. (1991) 331–342.
- [9] B. Podgornik, S. Hogmark, O. Sandberg, Proper coating selection for improved galling performance of forming tool steel, Wear, Vol. 261 (2006) 15–21.
- [10] B. Podgornik, J. Vižintin, Wear resistance of pulse plasma nitrided AISI 4140 and A355 steels, Mat. Sci. Eng. A, Vol. 315 (2001) 28–34.
- [11] M. Mubarak Ali, S. Ganesh Sundara Raman, S. D. Pathak, R. Gnanamoorthy, Influence of plasma nitriding on fretting wear behaviour of Ti-6Al-4V, Trib. Int., Vol. 43 (2010) 152–160.
- [12] B. Podgornik, S. Hogmark, Surface modification to improve friction and galling properties of forming tools, J. Mater. Process. Technol., Vol. 174 (2006) 334–341.
- [13] B. Podgornik, S. Hogmark, J. Pezdinik, Comparison between different test methods for evaluation of galling properties of surface engineered tool surfaces, Wear, Vol. 257 (2004) 843–851.
- [14] B. Podgornik, V. Leskovšek, J. Vižintin, Influence of deep-cryogenic treatment on tribological properties of P/M high-speed steel, Mater. Manuf. Process., Vol. 24 (2009) 734–738.

### Effect of combined vacuum heat treatment, deep-cryogenic treatment and plasma nitriding on tribological and load-carrying properties of high-speed steel

**Abstract:** Forming tools and dies are simultaneously exposed to mechanical, thermal, chemical and tribological loading. Such complex contact conditions require well defined and specific mechanical and especially tribological properties of the contact surfaces. The aim of the present work was to investigate the effect of combining vacuum heat treatment, deep-cryogenic treatment parameters and plasma nitriding on the performance of powder-metallurgy (P/M) high-speed steel. Special emphasis was put on abrasive wear resistance and resistance to galling under dry sliding conditions as well as load-carrying capacity of P/M high-speed steel when coated with a PACVD coating. Test results show that deep-cryogenic treatment contributes to improved abrasive wear resistance and better galling properties of P/M high-speed steel, however it has negative effect on load-carrying capacity. Degradation of load-carrying capacity was found to exaggerate with austenitizing temperature and plasma nitriding.

**Key words:** deep-cryogenic treatment, plasma nitriding, load-carrying capacity, wear, friction

# Proizvodnja hidravličnega olja boljše stopnje čistosti

Milan KAMBIČ

**Izvleček:** Sveža hidravlična olja že vsebujejo določeno število trdnih delcev. Glede potrebne stopnje čistosti sicer ustrezajo zahtevam standarda DIN 51524, toda za uporabo v sodobnih hidravličnih sistemih in napravah brez dodatne filtracije niso neposredno uporabna. To dodatno filtracijo zato običajno opravijo uporabniki sami na mestu uporabe, in sicer ob nalivanju olja in pred zagonom hidravličnih naprav.

Obstaja tudi druga možnost za doseg potrebne stopnje čistosti svežega hidravličnega olja. To je proizvodnja hidravličnih olj z boljšo stopnjo čistosti, kot je standardna. Vendar so bili doslej takšni primeri bolj izjema kot pravilo. Podjetje Olma, d. d., se je zato odločilo, da uporabnikom ponudi tudi to možnost. Glede na pomen čistosti tako hidravličnih sestavin kot uporabljanega hidravličnega olja v sodobnih hidravličnih napravah je tudi povpraševanja po bolj čistem hidravličnem olju vse več.

Prispevek obravnava proizvodnjo mineralnega hidravličnega olja z boljšo stopnjo čistosti, vpliv finosti uporabljenih filtrskih elementov in števila prečrpanj pri filtraciji. Z uporabo ustrezne opreme in primernim postopkom dela lahko odslej uporabnikom ponudimo izredno kvalitetno stopnjo čistosti hidravličnega olja, tako da je neposredno uporabno tudi v najbolj občutljivih hidravličnih sistemih.

**Ključne besede:** hidravlika, olje, čistost, filtracija

## 1 Uvod

Kontrola kontaminacije hidravličnega olja z mehanskimi delci je učinkovit način za izboljšanje zmožljivosti in zanesljivosti, podaljšanje življenjske dobe in zmanjšanje obratovalnih stroškov vseh sistemov v fluidni tehniki. Pri proizvodnji hidravličnega olja smo to dosegli z dodatno namestitvijo ustreznih filtrskih elementov na primerna mesta v proizvodnem procesu. Dosežene stopnje čistosti svežega hidravličnega olja so izjemne. Za uspešno uporabo tako čistih olj pa je izrednega pomena, da se ob proizvodnji dosežene stopnje čistosti med transportom, skladiščenjem in polnjenjem hidravličnih naprav bistveno ne poslabšajo.

Mag. Milan Kambič, univ. dipl. inž., Olma, d. d., Ljubljana

Začetna stopnja kontaminacije hidravličnega sistema seveda ni odvisna le od čistosti hidravličnega olja, ampak je vsota kontaminantov v sestavljenem sistemu (S) in hidravličnem fluidu (F), torej ( $N_{SF} = N_S + N_F$ ) [1–2]. Pri tem je začetna kontaminacija sestavljenega sistema vsota začetne kontaminacije vseh komponent in kontaminacije, ki izvira iz montaže sistema, kar prikazuje enačba (1):

$$N_S = \left( \sum_{i=1}^n N_{Ci} \right) + N_{SAS} \quad (1)$$

Če pogledamo še podrobneje, je kontaminacija vsake komponente hidravličnega sistema vsota kontaminacije vseh njenih sestavnih delov in kontaminacije, ki izvira iz montaže komponente, kar prikazuje enačba (2):

$$N_C = \left( \sum_{i=1}^n N_{Pi} \right) + N_{CAS} \quad (2)$$

Podobno bi lahko rekli, da je kontaminacija svežega dobavljenega hidravličnega olja vsota kontaminacije samega olja in kontaminacije embalaže. Zaradi tega smo pri proizvodnji hidravličnega olja boljše čistosti posvetili dodatno skrb tudi čistosti embalaže.

### 1.1 Čistost svežih hidravličnih olj

V nobeni od najbolj uveljavljenih mednarodnih specifikacij za hidravlična olja še nekaj let nazaj ni bila zajeta zahteva o potrebni stopnji čistosti svežega hidravličnega olja. Proizvajalci olj glede stopnje čistosti potemtakem niso imeli nobenih obveznosti [3].

V zadnji verziji standarda DIN 51524 (velja od aprila 2006), ki predpisuje minimalne zahteve za hidravlična olja, je vključena tudi zahteva o minimalni potrebni stopnji čistosti

**Preglednica 1.** Izmerjene stopnje čistosti svežih hidravličnih olj [4]

Vzorec olja	Razred čistosti		Vzorec olja	Razred čistosti	
	ISO 4406	NAS 1638		ISO 4406	NAS 1638
A-V 1	18/16/12	8	B-V 1	20/18/14	10
A-V 2	18/16/12	8	B-V 2	20/18/14	10
A-V 3	18/16/12	8	B-V 3	20/18/14	10
A-V 4	18/15/12	7	B-V 4	20/18/14	10
A-S 1	18/16/13	8	B-S 1	20/18/14	10
A-S 2	18/16/13	9	B-S 2	20/18/14	10
A-S 3	18/16/13	8	B-S 3	20/18/14	10
A-S 4	18/16/13	8	B-S 4	20/18/14	10
A-T 1	18/15/12	7	B-T 1	20/18/14	10
A-T 2	18/15/12	8	B-T 2	20/18/14	10
A-T 3	17/15/12	8	B-T 3	20/18/14	10
A-T 4	17/15/12	7	B-T 4	20/18/14	10
C-V 1	20/19/17	12	D-V 1	17/16/12	7
C-V 2	20/19/17	12	D-V 2	17/16/12	7
C-V 3	20/19/17	12	D-V 3	17/16/12	7
C-V 4	20/19/17	12	D-V 4	17/16/12	7
C-S 1	20/19/16	12	D-S 1	17/15/12	7
C-S 2	20/19/17	12	D-S 2	17/16/12	7
C-S 3	20/19/17	12	D-S 3	17/15/12	7
C-S 4	20/19/16	11	D-S 4	17/15/12	7
C-T 1	20/19/16	12	D-T 1	17/16/12	7
C-T 2	20/19/17	12	D-T 2	17/16/12	7
C-T 3	20/19/17	12	D-T 3	17/16/12	7
C-T 4	20/19/16	11	D-T 4	17/16/12	7
E-V 1	20/18/15	10	E-S 3	20/18/15	10
E-V 2	20/18/15	10	E-S 4	20/18/15	10
E-V 3	20/18/15	10	E-T 1	20/18/15	10
E-V 4	20/18/15	10	E-T 2	20/18/15	10
E-S 1	20/18/15	10	E-T 3	20/18/15	10
E-S 2	20/18/15	10	E-T 4	20/18/15	10

svežega hidravličnega olja na mineralni osnovi. Ta mora znašati vsaj 21/19/16 (ISO 4406:1999). Glede na to, da je ta zahteva celo manj kvalitetna od stopnje čistosti svežih olj, ki so jih že doslej prodajali nekateri proizvajalci (preglednica 1), ni prinesla bistvenega izboljšanja čistosti svežega olja. Morda so se le nekoliko bolj izenačile čistosti olj različnih proizvajalcev.

O pomenu stopnje čistosti svežega hidravličnega olja smo pisali že na 3. konferenci Slotrib, kjer so bili prikazani rezultati primerjalne meritve stopnje čistosti nekaterih olj na slovenskem trgu [4]. Povzetek rezultatov prikazuje *preglednica 1*.

Ne glede na to, da je od omenjenih primerjalnih meritev minilo več kot 10 let in da podobne primerjave v zadnjih letih nismo opravili, pa na osnovi posameznih meritev stopnje čistosti svežih hidravličnih olj vemo, da razmere tudi danes niso bistveno drugačne. To pomeni, da so sveža hidravlična olja tudi danes še vedno neprimerna za neposredno upo-

rabo v sodobnih hidravličnih napravah (čeprav ustrezajo zahtevam standarda DIN 51524), še zlasti zato, ker se tudi zahteve po boljši čistosti hidravličnih sestavin in olja zaostčujejo. Prav tako še vedno obstajajo razlike med različnimi proizvajalci, saj nekateri v pretirani želji po nizki ceni ponujajo vprašljiv nivo kvalitete »svežega« hidravličnega olja.

## 1.2 Potrebna stopnja čistosti hidravličnega olja

Potrebno stopnjo čistosti hidravlične tekočine za določen namen predpisujejo oz. priporočajo proizvajalci strojev in hidravličnih naprav, in sicer predvsem glede na vgrajene sestavne dele. Kadar omenjenih po-

**Preglednica 2.** Priporočene stopnje čistosti za ventile

VENTIL		
Trak	p ≤ 210 bar	p > 210 bar
Potni ventili	20/18/15	19/17/15
Tlačni ventili	19/17/14	19/17/14
Tokovni ventili	19/17/14	19/17/14
Protipovratni ventili	20/18/15	20/18/15
Vgradni ventili	18/16/13	17/15/12
Dvopotni ventili-Krmilni vložki	18/16/14	17/15/13
Hidavlično daljinsko krmiljenje	18/16/13	17/15/12
Proporcionalni potni in tlačni ventili	17/15/12	16/14/11
Proporcionalni tokovni ventili	17/15/13	17/15/13
Proporcionalni vgradni ventili	17/15/13	16/14/11
Servoventili	16/14/11	15/13/10

datkov nimamo, lahko kot smernice upoštevamo splošna priporočila [3]. Preglednica 2 prikazuje splošna priporočila za ventile, ki so najbolj občutljivi elementi v hidravličnem sistemu.

Vidimo, da so potrebne, zahtevane stopnje čistosti, npr. za servoventile, bistveno višje, kot znašajo povprečne stopnje čistosti svežih hidravličnih olj, in neprimerno bolj kvalitetne, kot je zahteva standarda DIN 51524. Potrebno stopnjo čistosti lahko dosežemo in vzdržujemo z dodatnim filtriranjem [5]. To dodatno filtriranje mora izvesti uporabnik med polnjenjem hidravličnega olja, pred zagonom hidravličnega sistema in med rednim obratovanjem. Vsi uporabniki nimajo potrebne opreme za to dodatno filtriranje, poleg tega pa tudi tisti, ki jo imajo, želijo že v začetku uporabiti čim bolj čisto olje in tako znižati stroške dodatne filtracije. Zato se vse bolj pogosto pojavljajo želje po boljši stopnji čistosti svežega hidravličnega olja. Podjetje Olma, d. d., se je odločilo, da uporabnikom hidravličnih olj ponudi tudi takšno hidravlično olje.

## ■ 2 Izboljšanje stopnje čistosti svežega hidravličnega olja

### 2.1 Uporabljena oprema

Stopnjo čistosti svežega hidravličnega olja smo izboljšali z dodatnim



**Slika 1.** Nalepka hidravličnega olja boljše stopnje čistosti

filtriranjem, kjer smo uporabili dva različno fina filtrska elementa istega proizvajalca, oba bolj fina, kot jih sicer uporabljamo pri redni proizvodnji. Za on-line meritve stopnje čistosti olja smo uporabili avtomatski števec delcev Internormen CCS2, poleg tega pa še zunanjo črpalko Internormen TSS1. Za laboratorijske meritve stopnje čistosti pa smo poleg avtomatskega števca delcev Internormen CCS2 uporabili še stekle-

nični analizator Internormen BSS1.

### 2.2 Postopek dela

Sveže olje Hydrolubric VG 46, š. 8565 (polizdelek), smo dodatno filtrirali, in sicer v enem primeru skozi fin filtrski element A, v drugem primeru pa skozi še finejši filtrski element B istega proizvajalca. V obeh primerih smo izmerili stopnjo čistosti po 2 in po 4 prečrpavanjih ter na ta način ugotovili vpliv števila prečrpavanj na doseženo stopnjo čistosti.

Uporabili smo takšen način filtracije, da je celotna količina olja dejansko večkrat šla skozi filtrski element. Dodatno smo z izpiranjem/filtriranjem odstranili tudi kontaminacijo embalaže. Pri uporabi filtrskega elementa A smo med vsakim prečrpavanjem merili stopnjo čistosti z avtomatskim števcem delcev, po drugem in četrtem prečrpavanju pa odvzeli še vzorca olja za laboratorijsko meritve stopnje čistosti. Pri uporabi filtrskega elementa B pa smo opravili štiri prečrpavanja in po drugem ter četrtem prečrpavanju odvzeli vzorca olja za laboratorijsko meritve stopnje čistosti. Ker smo v primeru uporabe filtrskega elementa A videli, da pri filtraciji nastaja precej zračnih mehurčkov, smo on-line meritve



**Slika 2.** Označitev soda z oljem boljše stopnje čistosti

v tem primeru opustili. Pri laboratorijskih meritvah stopnje čistosti s pomočjo stekleničnega analizatorja BSS je možno vzorec olja pred meritvijo odzračiti in tako dobiti bolj realne rezultate.

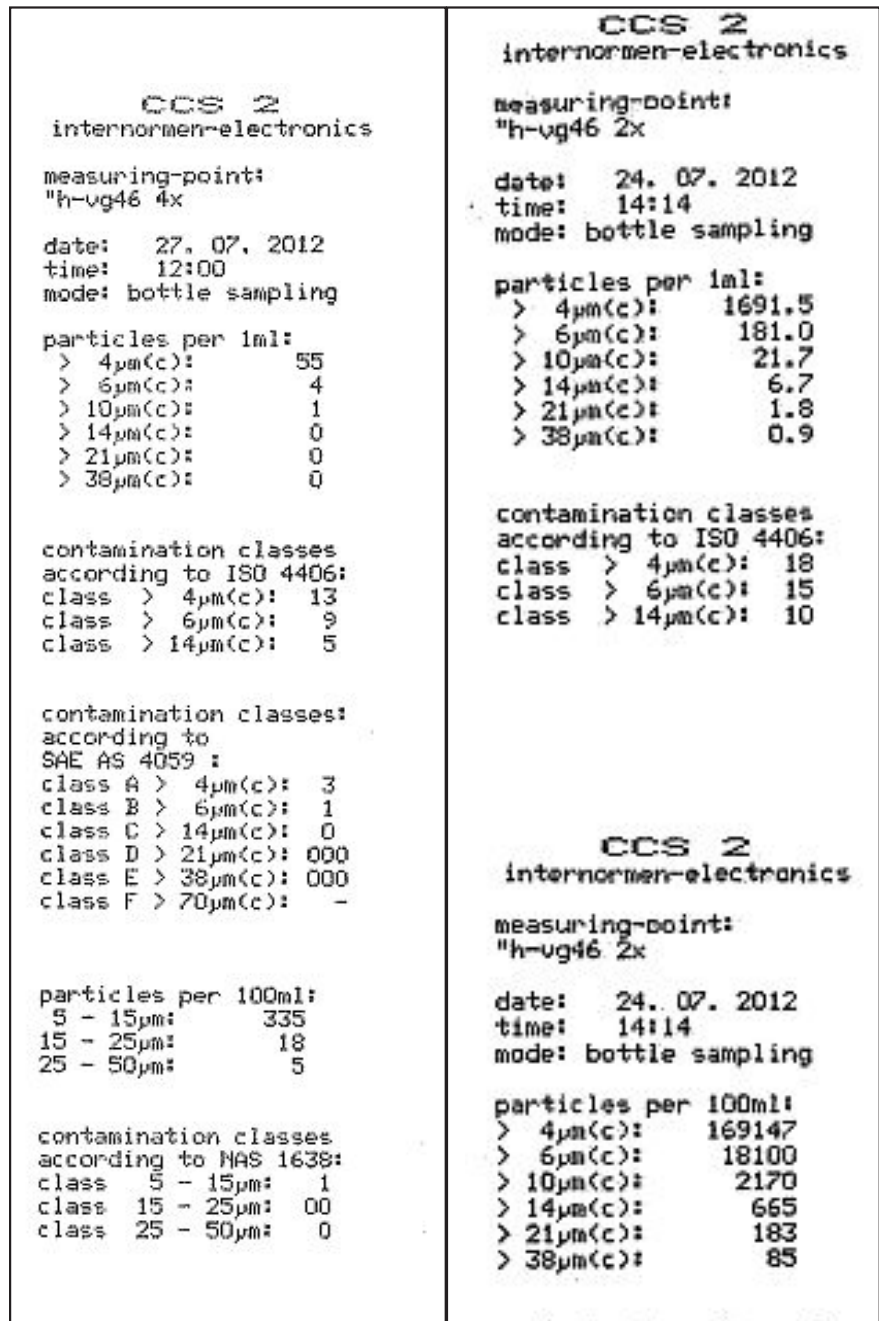
Izpis rezultatov meritve stopnje čistosti nalepimo na embalažo, tako da je vsaka embalaža razen z običajnimi nalepkami opremljena še s tem izpisom kot »certifikatom«, iz katerega je razvidna dosežena stopnja čistosti. Na sliki 1 je prikazana nalepka hidravličnega olja z boljšo stopnjo čistosti, slika 2 pa prikazuje primer označitve soda z oljem boljše stopnje čistosti.

### ■ 3 Rezultati dodatne filtracije

Rezultati izmerjenih stopenj čistosti so prikazani v preglednici 3.

Vidimo, da smo pri embalaži 1 in 2 v laboratoriju (off-line) izmerili boljšo stopnjo čistosti (to velja še zlasti za območje večjih delcev) kot pri on-line meritvah, kar sicer ni običajno. To pripisujemo dejstvu, da so pri on-line meritvah zračni mehurčki, nastajajoči med dodatnim filtriranjem, kvarili rezultat meritve. Zaradi tega razloga smo kasneje opravljali le laboratorijske meritve, pri katerih s predhodnim odzračanjem dobimo bolj realne rezultate.

Vidna je drastična razlika v doseženi stopnji čistosti med filtrskima vložkoma A in B, medtem ko število prečrpavanje nima posebnega vpliva in



Slika 3. Certifikata o doseženi stopnji čistosti

Preglednica 3. Izmerjene stopnje čistosti olja Hydrolubric VG 46 NAS6

Povzetek izmerjenih stopenj čistosti po dodatni filtraciji svežega hidravličnega olja						
Embalaža	Število prečrpavanje	Filtrski element	Stopnja čistosti ISO 4406:99		Stopnja čistosti NAS 1638	
			On-line	Off-line	On-line	Off-line
Sveže olje	0	/	19/16/11		8	
1	4	A	19/16/12	19/15/9	8	6
2	2	A	18/15/11	18/15/10	7	6
3	2	B		14/10/6		2
3	4	B		13/9/4		1
4	2	B		12/9/5		0
4	4	B		13/9/5		1

razlika v doseženi stopnji čistosti pri dveh in štirih prečrpavanjih v splošnem ne presega 1 stopnje. Pri uporabi filtrskega vložka A smo dosegli stopnjo 6 po standardu NAS 1638. Po standardu ISO 4406, ki upošteva tudi manjše delce, je vpliv filtracije v področju manjših delcev praktično zanemarljiv. Pri uporabi filtrskega vložka B pa zelo učinkovito odstranimo tudi manjše delce, zato z lahkoto doseženo izredno kvalitetne stopnje čistosti že po dveh prečrpavanjih. Slika 3 prikazuje podroben izpis rezultatov/certifikat meritve stopnje čistosti pri štirikratnem prečrpavanju in uporabi filtrskega vlož-

ka B (levo) in dvakratnem prečrpavanju in uporabi filtrskega vložka A (desno). Razlika v doseženi stopnji čistosti in številu delcev je očitna. Takšni izpisi/certifikati so priloženi vsaki embalaži, v kateri dobavljamo olje boljše stopnje čistosti.

## ■ 4 Zaključek

Z uporabo dodatne filtracije svežega olja smo dosegli pričakovan rezultat, to je izredno izboljšanje stopnje čistosti (to smo za primerjavo izmerili pri enem od sodov iz redne proizvodnje).

Rezultat dodatne filtracije je zelo odvisen od finosti filtrskega elementa, zelo malo pa od števila prečrpavanj. Zato je potrebno za bodoče delo uporabljati bolj finega od obeh filtrskih elementov, in sicer tako dolgo, dokler padec tlaka na filtru ne bo presegel dopustne meje (vgrajen indikator padca tlaka) oziroma dokler se rezultat filtracije ne bo poslabšal. Meritve stopnje čistosti med filtracijo niso smiselne, ker je rezultat

popačen zaradi ustvarjanja zračnih mehurčkov. V bodoče se lahko opravi filtriranje olja, po končanem zadnjem prečrpavanju pa se na predpisan način opravi vzorčenje za meritev stopnje čistosti olja v laboratoriju. Uspeh dela se potrdi z laboratorijsko meritvijo stopnje čistosti. Izpisek te meritve služi kot certifikat in dokazilo o doseženi stopnji čistosti in spremlja vsako dobavljeno embalažo.

Odslej lahko na opisan način izdelamo bolj čisto hidravlično olje. Pri opisanem delu smo uporabili le viskoznostno gradacijo ISO VG 46. Ocenjujem, da tudi ostale viskoznostne gradacije ne bi dosti spremenile razmer.

Za zanesljivo obratovanje hidravličnega sistema je poleg kvalitetne stopnje čistosti hidravličnega olja enako pomembna stopnja čistosti vseh ostalih komponent. To moramo še zlasti upoštevati pri novih hidravličnih sistemih.

## Literatura

- [1] C. Peuchot, New tools to optimize management of cleanliness requirements of fluid power systems, Zbornik prispevkov mednarodne konference Fluidna tehnika 2009, Maribor, Slovenija, 2009, 75–84.
- [2] C. Peuchot, New international standards on fluid power system contamination control, Zbornik prispevkov mednarodne konference Fluidna tehnika 2009, Maribor, Slovenija, 2009, 53–66.
- [3] D. Lovrec, M. Kambič, Hidravlične tekočine in njihova nega, Univerza v Mariboru, Maribor, 2007.
- [4] M. Kambič, B. Kus and L. Vidmar, Stopnja čistosti svežih hidravličnih olj, Proceedings - SLO-TRIB'98, Ljubljana, Slovenija, 1998, 195–203.
- [5] M. Kambič, A. Hrobat, Spremljanje kontaminacije hidravličnih tekočin: pogled v zakulisje – določanje vrste, količine in izvora kontaminantov. *Ventil*, Vol. 13 (2007), 414–418.

### Production of hydraulic oil with better cleanliness level

**Abstract:** Fresh hydraulic oils already contain a certain number of particles. Although they meet the requirements of DIN 51524 regarding the necessary cleanliness level, they are not directly applicable for use in modern hydraulic systems and devices without additional filtration. This additional filtration is therefore normally done by users on the site before starting of the hydraulic system.

There is also another option to achieve the necessary cleanliness level of fresh hydraulic oil. This is the production of hydraulic oils with better purity as standard. However, so far such cases are the exception rather than the rule. Company Olma d.d. has therefore decided to offer users even this option. Given the importance of cleanliness of hydraulic components and hydraulic oil in the hydraulic system is the modern demand for more clean hydraulic oil all over.

This paper deals with the production of mineral hydraulic oil with a better cleanliness level, influence of the fineness of filter elements and number of filtration cycles. By using of appropriate equipment and appropriate method of work we can now offer customers an extremely high cleanliness level of hydraulic oil, so that it is directly applicable even in the most sensitive hydraulic systems.

**Key words:** hydraulics, oil, cleanliness, filtration



# 4. M&Q KONFERENCA MEROSLOVJE & KAKOVOST

GOLF HOTEL BLED-22. IN 23. MAJ 2013

[www.mqkonferenca.si](http://www.mqkonferenca.si)

## REZERVIRAJTE SVOJ ČAS ZA NAJUSPEŠNEJŠO MEROSLOVNO KONFERENCO M&Q

V podjetju LOTRIČ Meroslovje d.o.o. se zavedamo pomembnosti meritev za zdravje ljudi in vseh živih bitij, ter dajemo poudarek skrbi za varstvo narave, ki nam zagotavlja kakovostno življenje.

V ta namen 22. in 23. maja 2013 organiziramo 4. M&Q KONFERENCO, ki bo potekala v hotelu Golf na Bledu.

Glavna tema je Merjenje v vsakdanjem življenju, ki nas usmerja v razmišljanje o pomembnosti kakovostnih meritev in nam prikazuje praktičen vidik merjenja. Z njim se človek srečuje vse življenje, prav tako mu morajo nameniti veliko pozornosti vsa podjetja, ki hočejo uspešno poslovati. Zato je konferenca namenjena predstavnikom vodstev podjetij in organizacij, vodjem proizvodnje, laboratorijev, sistemov kakovosti, vzdrževanja ter vsem, ki skrbijo za kakovostne storitve na področju avto.



**LOTRIČ**<sup>®</sup>  
METROLOGY

LOTRIČ d.o.o.

Selca 163, 4227 Selca

Tel: +386 4 517 07 00, fax: +386 4 517 07 07

E-mail: [info@lotric.si](mailto:info@lotric.si), [www.lotric.si](http://www.lotric.si)



Osrednja tema konference je razdeljena na osem vsebinskih sklopov. V vsakem sklopu se bodo odvijala tri predavanja iz sekcij proizvodnja, laboratorij in avto področja:

### SKLOPI:

1. ....Učinkovita raba energije
2. ....Inovativna slovenska podjetja
3. ....Kakovost
4. ....Senzorika
5. ....Okolje
6. ....Meritve v športih
7. ....Avtomatizacija in optimizacija merjenja
8. ....Sistemi vodenja, modeli odličnosti



V okviru konference bo na gala večerji podeljena nagrada Zlati list, da pa bo konferenca še zanimivejša smo za vas pripravili okroglo mizo na temo Merjenje v vsakdanjem življenju. Drugi dan bomo v delavnici Prijetno popoldne inovativnosti bolje spoznali drug drugega ter skupaj skozi praktični primer odkrivali pojem inovativnosti.

Vabimo vas, da se nam pridružite kot udeleženec, predavatelj, sponzor oziroma razstavljevec.

Več informacij vključno z okvirnim programom, sponzorskimi paketi, prijavi na bližajočo konferenco in nagrado Zlati list najdete na [www.mqkonferenca.si](http://www.mqkonferenca.si), pišete pa nam lahko na [konferenca@lotric.si](mailto:konferenca@lotric.si).

Vabljeni na Bled!

# Z analizo ACF do cilja »0 okvar«

Bojan ŠINKOVEC

Motoda TPM – Total Productive Maintenance – se na delavnicah obravnava že vrsto let, vendar še vedno večina udeležencev misli, da je to le teorija, ki uspeva le na Japonskem in v redkih svetlih izjemah. Celo ponosni smo na to, kako uspešni gasilci smo, da nas nihče ne prekaša v spretnostih hitrega posredovanja ob okvari. Očitno si življenje brez okvar pri nas težko predstavljamo, kaj šele, da bi dosegli cilj »0 okvar«, kot ga opredeljuje metoda TPM.

Toda! Henry Ford je dejal: »Če mislite, da zmorete, ali če mislite, da ne zmorete – v obeh primerih imate prav.« Zagotovo se boste strinjali, da ni nič prijetno, če se pripeti okvara na letalu med poletom, na vlaku ali zgolj v avtu med vožnjo ... Zakaj je potem tako samoumevno, da se na proizvodnem sredstvu med proizvodnjem neprestano dogajajo napake?

Varnost in zanesljivost se nenehno izboljšujeta. Današnje izkušnje in podatki kažejo, da je nič napak mogoče doseči ali se temu cilju vsaj približati tudi v proizvodnji, vendar le s pravimi pristopi. Mednje spadajo tudi analize daljših zastojev zaradi okvar. To niso analize, da bi odpravili samo okvaro, temveč strukturirano opredeljena orodja, ki vodijo do ukrepov za izboljšanje vzdrževalnosti in zanesljivosti.

Med bolj preproste analize, ki jih uporabljamo za obravnavanje okvar, štejemo **diagram ISHIKAWA**, imenovan tudi ribja kost, **5 X ZAKAJ**, **drvo vzrokov** itd.

Med bolj kompleksne spadajo **QC story**, **FMEA – Failure Mode and Effects Analysis** (analiza možnih napak in njihovih posledic), **analiza PM**, ki so jo ustvarili avtorji metode TPM JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance, kjer pomeni P – Physical (fizični) Phenomena (pojav) in M – Mechanism, Machine, Man, Material, Method (mehanizem, stroj, človek, tehnologija) itd.

Poglejmo si primer analize 5 X zakaj na primeru okvare: robot se je ustavil.

1. Zakaj?  
Javilo je napako, izpad električnega toka.
2. Zakaj?  
Izpad električnega toka se je zgodil zaradi poškodovane žice sonde.
3. Zakaj?  
Žica se je poškodovala pri menjavi bipolarnega kabla – privita žica sonde.
4. Zakaj?  
Žica je bila privita zaradi nepazljivosti ob menjavi ohišja sonde.
5. Zakaj?  
Vzdrževalec ni bil usposobljen za tovrstno aktivnost.

Aktivnost za odstranitev osnovnega vzroka: usposabljanje vzdrževalca.

Osnovna značilnost večine naštetih analiz je ta, da so namenjene univerzalni rabi in so podrejene predvsem reševanju osnovnih ali tudi potencialnih vzrokov za dogodek, kar pomeni, da posledično izboljšujemo zanesljivost (kazalnik Mean time between failures), ne pa tudi vzdrževalnosti (MTTR – Mean time to repair).

V tem primeru je bolje uporabiti analizo **ACF – Analysis of Causes for Failure** (analiza vzrokov za odpoved), ki strukturirano vodi do:

- boljše vzdrževalnosti – z analizo časov stanj vzdrževanja;
- boljše zanesljivosti – z analizo vzrokov in opredelitvijo osnovnih ukrepov;
- optimizacije stroškov – z analizo stroškov;
- varovalnih ukrepov (Poka Yoke) – z ugotavljanjem in določitvijo rešitev varovanja;

4. Optimiziranje časa določitev vrst največjih težav ob odpravljanju okvare (aktivnosti, da bi okrajšali morebitne prihodnje zastavitve):										
Težava	Aktivnosti				Odg.	Rok	Real.			
1) Čiščenje zgornjega dela in resonanca	Priprava vrta za čiščenje, montaža močnejšega graha				Šmek A	T8				
2) Menjava žveta ležaja	Določitev standarda nastave ležaja in usposabljanje vzdrževalcev				Premil Z	T15	T9			
3) Menjava zobnika in ležajev na spodnjem delu	Prvotna aktivnost, redno čiščenje, 1/ mesec				Premil Z	T8				
7. Obravnavanje osnovnega vzroka:										
Ali se ta ali podobna okvara ponavlja? <input type="checkbox"/> Ne <input checked="" type="checkbox"/> Da (najbolj produktivni prenos: da upoštevamo ležaj)										
Kaj je bila zadnja akcija popravila? <input type="checkbox"/> Menjava zobnikov in ležajev <input type="checkbox"/> Je bilo potem dobro? <input checked="" type="checkbox"/> Da (bilo 1 X okaj) <input type="checkbox"/> Ne (bilo dodatno analize)										
Vprašano se 5 X zakaj	Odgovor	Korektivna akcija	Odg.	Rok	Real.					
Zakaj so bili zamenjani ležaji?	Ležaji so obrabeni	Menjava ležajev								
Zakaj so bili ležaji obrabeni?	Zaradi premajhne graščine									
Zakaj je bila graščina premajhna?	Ni bil montiran pravičan ležaj									
Zakaj ni bilo montiran pravičan ležaj?	Pravega ni bilo na razpolago									
Zakaj ni bilo pravega na razpolago?	Dopolnil ga ni mogel izobaviti v rešit.	Opredelitev praga zaloge, ki bo upoštevala dodatni ris.				Bambič F	T12	T12		
Določitev osnovnega vzroka in aktivnosti:	Odgovornost				Aktivnost		Koda*	Odg.	Rok	Real.
<input type="checkbox"/> Materialna pomanjkljivost	Pvo.	Vnf.	Teh.	Os.						
<input checked="" type="checkbox"/> Velikost pomanjkljivosti			X		Določitev sistema za upoštevanje dobrih praks pri določanju zalog		STA	Premil Z	T15	T15
<input type="checkbox"/> Neopazen osnovni pregled										
<input type="checkbox"/> Neustrejni pogoji delovanja										
<input type="checkbox"/> Napaka v zasnovi										
<input type="checkbox"/> Napaka pri vzdrževanju										
<input checked="" type="checkbox"/> Neustrejni pogoji delovanja			X		Določitev postopka, v primerih uporabe nepredpisanih nadomestnih delov		STA	Kovač J	T18	T21
5. Ukrepi, ki so vzročne okvare ni mogoče preprečiti:	Aktivnost				Odg.	Rok	Real.			
	Poučitev operaterjev (lekcija na pameti), da je potrebno v primeru močnejših treslajev stroja takoj obvestiti vodjo ali vzdrževalca				Janko Z	T13	T13			
9. Kapitalizacija (ukrepi):										
11. Dodatne aktivnosti:										
Sodelujoči pri analizi: Vzdrževanje: Perč S, Premil Z, Pripravljalca: Janko Z, Ostali: _____										
Priloge analize: Vodja odd: _____ Vodja proc: _____										

Slika 1. Analiza ACF: primer ročnega vpisovanja v Excelu

Bojan Šinkovec, inž., DEMETRA L.VV., d. o. o., Logatec



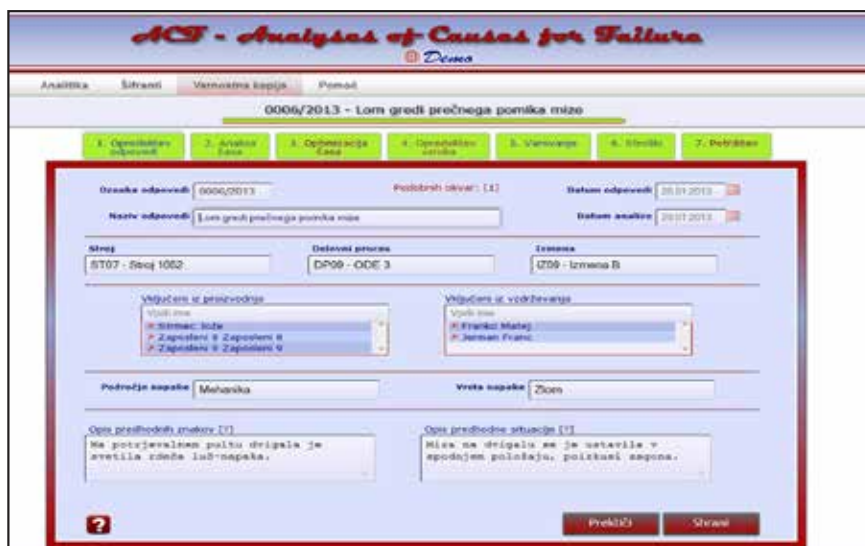
- kapitalizacije izkušenj – s pridobivanjem in prenašanjem izboljšav.

Dokument ACF na prvi pogled in vsebinsko ni videti nič posebnega. Avtor poročila mora v izhodišču povzeti okvaro oziroma izpolniti sledeče rubrike:

1. Splošni podatki – informacije o vključenih, času zastoja, predhodnih primerih ...
2. Opis okvare – povzetek o izvedenih vzdrževalnih aktivnostih, o trajanju, uspešnosti ...
3. Aktivnosti napredka – vsebujejo točke:
  - a) analiza časa,
  - b) povzetek diagnostičnih težav (razčlenitev težav ob okvari pri ugotavljanju in obrazložitvi dejstev, postavljanju hipotez ali pri izvedbi testov),
  - c) analiza 5 X ZAKAJ za ugotavljanje vzroka,
  - d) aktivnosti za skrajšanje časa podobnih zaustavitvev,
  - e) aktivnosti za popolno odstranitev vzroka.
4. Prenos izkušenj – izboljševalne aktivnosti (izobraževanje, standardni postopki ...), s katerimi preprečimo ponovitev tudi na ostali podobni opremi.

V praksi ni običaj, da bi analize okvar formalno pisali sami vzdrževalci, ker prevladuje mišljenje, da je njihova zadolžitev predvsem izvajanje vzdrževalnih del (kurativa, izboljšave, ...), medtem ko je »administracija« prepuščena predvsem tehnologom, vodjem in podobno. Z razvojem vzdrževanja se je to povsem spremenilo, saj so ravno vzdrževalci najbolj seznanjeni z dejanskimi težavami ob okvari in tudi ostalimi okoliščinami, ki vplivajo na povzročitev okvare. Običajno ravno oni poznajo rešitve, kaj bi bilo potrebno izboljšati, manjkajo jim le sredstva in sposobnosti, da to udejanijo. ACF je odlično orodje, namenjeno ravno vzdrževalcem, ki ob korektni animaciji zagotavlja bolj učinkovito obravnavanje okvar.

Po sistemu ACF se ne obravnavajo vse okvare, temveč predvsem tiste, ki so povzročile daljše zastoje. Kaj



Slika 2. Analiza ACF: spletna aplikacija

je daljši zastoj, je povsem specifična odločitev, odvisna od organizacije podjetja. V Revozu, npr., obravnavajo okvare na način ACF s **Poročilom o dolgem zastoju** (MBR – Major Breakdown Report). Časovna meja pa je določena različno glede na specifični proizvodni oddelek. V primeru »težkih stiskalnic« se obravnavajo zastoji, daljši od 60 minut, v primeru montažne linije vozila zastoji, daljši od 10 minut.

Za kakovost analize je poleg potrebnih sposobnosti pri izpolnjevanju analize pomemben tudi sistem animacije ali vodenja. Ni vseeno, ali temu posvečamo tedensko ali mesečno pozornost, na nivoju obrata ali tovarne, kako smo dosledni pri določanju vzrokov in izvajanju izboljševalnih aktivnosti itd. Uspeh analize je vedno in popolnoma odvisen od človeka, pri tem smo lahko boljši s pomočjo sodobnih tehnologij, kot je **spletna oblika analize ACF**. Ta je namenjena podjetjem, ki na novo uvajajo orodje za analizo okvar ali izboljšujejo učinkovitost obstoječih.

S spletno aplikacijo glede na ročno vpisovanje pridobimo:

- **na času pisanja in vodenja analiz ter aktivnosti** (z določenimi avtomatičnimi funkcijami prihranimo 30 % ali več časa);
- **boljšo preglednost o sami vsebini in kakovosti analize** (izpisi,

seznam za vodenje, pomoč analitike, hitri pregledi po zgodovini ...);

- **boljšo učinkovitost vodenja in animacije na področju kurativnega vzdrževanja** (posledično boljši MTTR, MTBF, nižji stroški ...);
- **pregled o napredovanju** (analitika, transparenten prikaz dobrih točk in točk za izboljšanje, merjenje časov stanj vzdrževanja ...).

Prednosti strukturirano določenih analiz ni potrebno posebej poudarjati, saj o tem običajno pričajo rezultati. Ob tem si lahko sposodimo tudi Einsteinovo misel: »Delovanje brez razmišljanja je ravno tako neučinkovito kot razmišljanje brez delovanja!«

Analize ACF so ravno to: razmišljanje in delovanje, da v posamičnih korakih pridemo do cilja »0« okvar.

Še enkrat gre poudariti, da so najboljši specialisti za tovrstne analize ravno vzdrževalci, ki so največkrat in najbolj seznanjeni z dejstvi, ki vplivajo na nastanek okvar. Potrebno jim je le dati primerno orodje in jih pri tem voditi ter usmerjati.

## Literatura

[1] TPM Total Productive Maintenance; New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries; Kunio Shirose; tretja izdaja – april 1999.

## ABB-jev nov cenovno ugoden varilni robot IRB 1520ID

### Robot, posebej razvit za varjenje

Robot IRB 1520ID ima povezni paket popolnoma integriran v zgornji del manipulatorja, vsi mediji, potrebni za varjenje (el. vodi, varilna žica, zaščitni plin in zrak), pa so speljani skozi bazo manipulatorja. S tem sta omogočeni maksimalna učinkovitost sistema in dolga življenjska doba opreme.



Integriran povezni paket omogoča daljšo življenjsko dobo kablov in cevi, varjenje v tesnih prostorih in izvajanje krožnih varov brez prekinitev.

### Prilagodljiva montaža za maksimalno izkoriščenost

Robot IRB1520 ID z nosilnostjo 4 kg, dosegom 1,5 m in montažo na tla ali obrnjeno navzdol omogoča maksimalen dostop do zvarov, kompaktno varilno celico in s tem manjši prostor v vaši proizvodnji.

### Odlična točnost in hitrost

Roboti ABB so v svetu znani po izredno dovršeni kontroli gibanja, ki jo omogočata standardno vgrajeni funkciji **TrueMove™** in **QuickMove™**, ki zagotavljata maksimalno hitrost gibanja robota ob zagotavljanju točne trajektorije, neodvisno od trenutno izbrane hitrosti gibanja. Ob dovršeni kontroli gibanja je posledično tudi poraba električne energije majhna, s tem pa so stroški varjenja minimalni.

### Preprost za uporabo, preprost za programiranje

Operater izvaja programiranje gibanja robota in vnos varilnih parametrov kar preko učne enote FlexPendant. To je preprost za uporabo, vendar visoko učinkovit vmesnik, s katerim operater kontrolira gibanje robota in delovanje varilne in periferne opreme. **FlexPendant** standardno vsebuje na dotik občutljiv zaslon in ABB-jevo posebej razvito progresivno upravljalno ročico.

Za operaterje, ki programirajo robote offline, nudi ABB najbolj popularen in cenovno dostopen simulacijski program **RobotStudio™** z dodatkom **Arc Welding Power Pac**, ki vključuje **VirtualArc™**. **AWPP** in **VirtualArc™** omogočata programiranje varjenja in

celo iskanje pravih varilnih parametrov na podlagi ABB-jevih dolgoletnih izkušenj. S programsko opremo **RobotStudio™** lahko programirate varjenje novih izdelkov, med tem vaša varilna celica normalno obratuje, s čimer dodatno zmanjšujete stroške proizvodnje.

### Globalni in lokalni servis ter prodajna podpora

ABB vam zagotavlja lokalno servisno podporo, rezervne dele in šolanje. Celo več: z revolucionarnim sistemom **RemoteService** lahko 24 ur na dan na daljavo spremljamo delovanje vaših robotov. Tako vam omogočamo optimizacijo proizvodnega procesa in ohranjanje produktivnosti vašega proizvodnega procesa celotno življenjsko dobo. ABB zagotavlja lokalno podporo na več kot 100 lokacijah v 53 državah po svetu.

Vir: ABB, d. o. o., Koprška ulica 92, 1000 Ljubljana, tel.; 01 2445 453, fax: 01 2445 490, e-mail: [info@si.abb.com](mailto:info@si.abb.com), g. Karl Jerman



LABORATORIJ ZA  
**LOTRIČ**®  
MERO SLOVJE

Telefon: 04 / 51 70 700  
[info@lotric.si](mailto:info@lotric.si)  
[www.lotric.si](http://www.lotric.si)

**OVERITVE**

**KALIBRACIJE**

**KONTROLE**

**PRODAJA**

**PERIODIČNI PREGLEDI**

**AKADEMIJA**



DOBRA VAGA V NEBESA POHVAJA

## Optimizacija gibanja robota Fanuc z nadzorom vibracij

Pred kratkim je FANUC Robotics, največji proizvajalec industrijskih robotov, poslal na trg nov, revolucionaren robotski krmilnik, ki se ponaša z vrsto edinstvenih lastnosti. Med njimi so enota za regeneracijo električne energije, intuitivna pomoč programerju oz. uporabniku, integriran robotski vid visoke resolucije in ne nazadnje možnost uporabe sistema nadzora vibracij.

Gibanje mehanske enote industrijskega robota je sestavljeno iz množice pospeškov in pojemkov.

Robotski sistem sam poskuša pospeševati in pojemati čim bolj konstantno v skladu s parametri kinematičnega sistema robota. Če je breme robota (prijemalo in predmet) enostavne oblike, lahko rela-



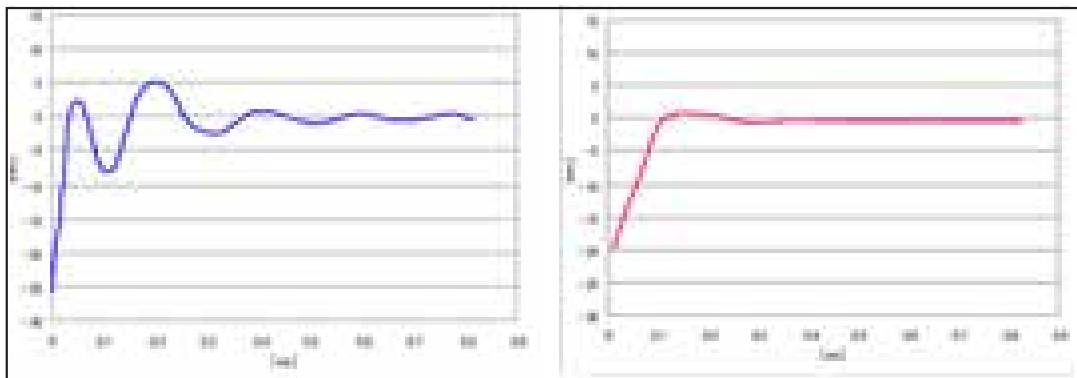
*Gib robota zajema fazo pospeševanja, fazo konstantne hitrosti in fazo pojemanja*

matskim pogojem. V praksi so robotska prijemala in bremena zelo kompleksnih oblik, sestavljena iz

s katerim je prijemalo povezano z roko robota. Rezultat je, da so kinematski parametri določeni približno, kar povzroči vibracije pri pospeševanju in zaviranju.

Rešitev, ki jo nudi FANUC, temelji na merilniku pospeškov, ki ga pritr-dimo na prijemalo oziroma orodje, ter ustrezna dodatna sistemska programska oprema v krmilniku robota.

Ko izdelamo nov robotski program, ga poženemo v tako imenovanem »Learning mode«. Programska oprema analizira vsak pospešek in pojemek in ustrezno temu prilagodi parametre ukazov za gibanje robota. Rezultat optimizacije sta skrajšan cikel, od 8 % do 30 %, in »mehkejš« gibanje robotskega mehanizma.



Dejanski potek pospeška (a) in zeleni potek pospeševanja (b)

tivno natančno določimo maso in vztrajnostne momente v posameznih oseh. V tem primeru se lahko precej približamo optimalnim kine-

množice sestavnih delov, za katere je skoraj nemogoče natančno določiti kinematične lastnosti. Svoje doda še togost poveznega paketa,

Tipične robotske aplikacije, ki jih je smiselno optimirati, so točkovno varjenje, nanos tesnilnih materialov, manipulacija. V današnjih industrijskih pogojih je izjemnega pomena doseči čim krajši čas izdelave izdelkov.

Vir: FANUC Robotics Czech s.r.o., U. Pekařky 1A/484, 180 00 Praha – Liberi, Češka, tel.: +420 23 40 72 900, fax: +420 23 40 72 910, GSM: +386 31 75 16 89, ZaberlF@fanucrobotics.cz, g. Franc Žaberl



# 5. industrijski forum 2013

Inovacije, razvoj, tehnologije

industrijski  
**forum IRT**  
www.forum-irt.si

Portorož, 10. – 12. junij 2013

Dodatne informacije in prijava na dogodek:

Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin

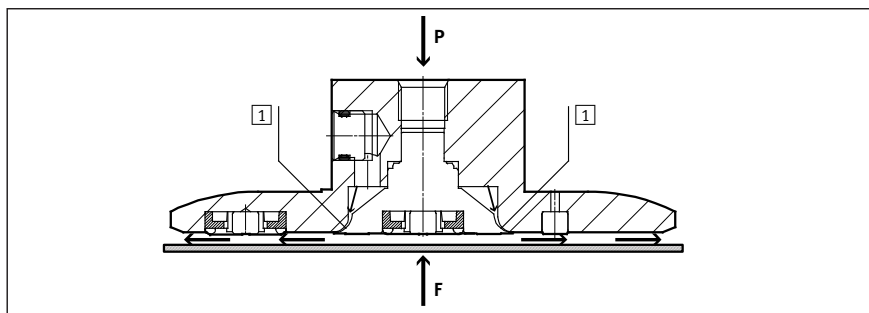
tel.: 01/5800 884 | faks: 01/5800 803 | e-pošta: info@forum-irt.si | www.forum-irt.si



www.forum-irt.si

## Nežno prijemalo OGGB

Novo prijemalo podjetja Festo je alternativa vakuumskim prijemalom, je tiho in varčno in prenaša tanke, upogljive in fleksibilne predmete, kot so folije, papir ali lesni furnir. Transportiranje je hitro in varno. Te lastnosti so pri stregi zelo občutljivih predmetov, kot so tanke platine, zelo zaželeno.



Slika 1. Poraba zraka



Slika 2. Prijemalo pri prijemanju (a) in različni materiali prijemancev (b)

Stisnjen zrak tlaka  $p$ , ki vstopa v prijemalo, se usmeri ob jedru navzdol in izteka med prijemancem in okrovom (slika 1). Zrak izteka skozi zelo tanko špranjo (1), kar poveča njegovo hitrost gibanja. Povečana hitrost ustvari podtlak in prijemno silo  $F$  med prijemalom in prijemancem (Bernullije-va enačba).

Prijemanje je skoraj brez dotika in hitro. Razdaljo med prijemancem in prijemalom vzdržujejo posebni čepki, ki omogočajo neoviran iztok zraka. Ker zrak iz prijemala stalno izteka, v prijemni sistem ne vdira nobena umazanija. Prijemanje je skoraj brez dotika in tako ne poškoduje oziroma vpliva na povr-

šino prijemanca. Poraba zraka je majhna in s tem so stroški energije manjši kot pri drugih vakuumskih prijemalih. Mogoče je ločevanje in prijemanje tudi za zrak propustnih materialov. Montaža in zagon prijemala sta hitra in enostavna.

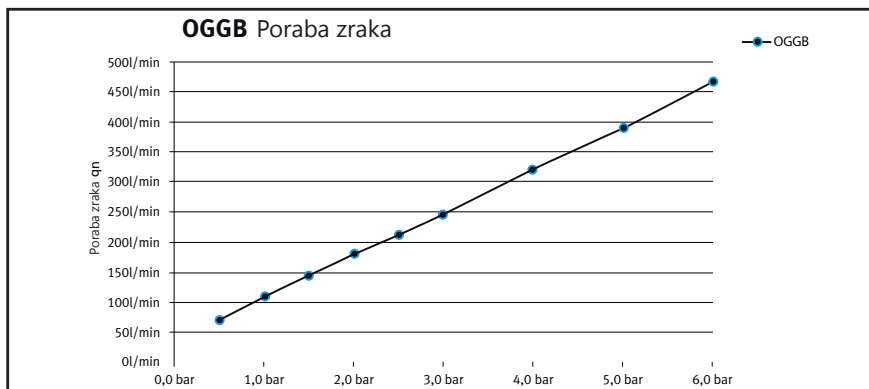
Z malo dotika in varno, nežno prime platine – tanke prijemance – in jih zanesljivo drži.

Prijemalo je še posebej primerno za fotovoltaike – solarne celice, transport folij, ravnih panelov, tankih stekel, elektronskih platin, substratov, za porozne in zrak prepustne materiale ter materiale z neravnimi ploskvami oziroma velike ploščate prijemance, ki se upogibajo, npr. kartoni, tekstil in lesni furnirji.

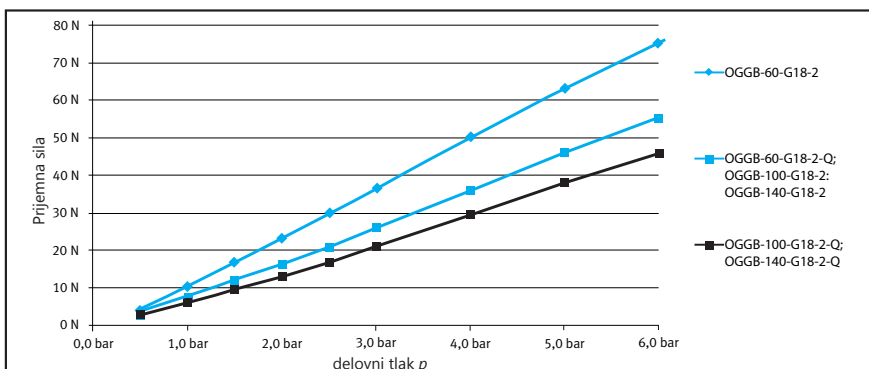
Nekaj tehničnih podatkov:

Izbirati je mogoče med tremi premeri prijemal (60, 100, 140 mm), okrov je iz aluminija, jedro in distančni čepki so iz elastomera oziroma polimera, prijemne sile in poraba zraka so podane v diagramih (slika 3 in 4), napajanje je komprimiran nenaoljen zrak okolice, tlaki so med 0 in 6 bari, temperatura okolice je med 0 in +60 °C, pnevmatični priključek G 1/8, hrup, ki ga povzroča pri prijemanju, je manjši od 60 dB.

Vir: FESTO, d. o. o., Blatnica 8, 1236 Trzin, tel.: 01 530 21 00, faks: 01 530 21 25, e-mail: info\_si@festo.com, http://www.festo.com, g. Bogdan Opaškar



Slika 3. Prijemna sila



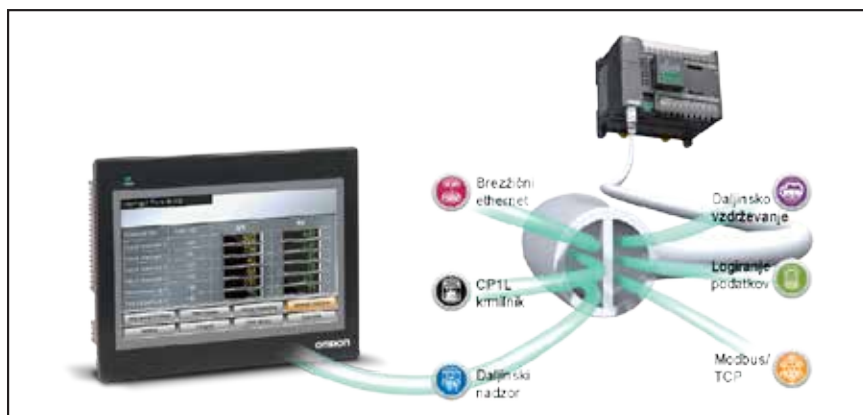
Slika 4. Prijemne sile pri različnih velikostih in tlakih

# Kompaktni krmilnik OMRON z vgrajenim vmesnikom Ethernet in možnostjo vtičnika (socket)

Vgrajeni vmesnik Ethernet se na krmilniku CP1L-E lahko uporablja tako za programiranje kot tudi za komunikacijo z ostalimi napravami, ki imajo vgrajen ta vmesnik. Funkcija vtičnika omogoča komunikacijo s katerokoli napravo s tem vmesnikom ne glede na vrsto protokola. Omogoča uporabo standardnih protokolov Ethernet, vključno z UDP, TCP in Modbus/TCP (z uporabo funkcijskih blokov). Vmesnik Ethernet podpira tudi Omronov protokol FINS Ethernet, ki omogoča enostavno povezavo, npr. med PLC-ji in operaterskimi paneli (HMI).

Standardizacija s komunikacijo Ethernet prinaša uporabnikom številne prednosti. Ethernet je izjemno razširjen, zato je povezovanje cenejše kot pri serijski komunikaciji. Povezovalni kabli so lahko dolgi do 100 m, kar omogoča fleksibilnejšo decentralizacijo avtomatiziranega sistema. Implementacija Etherneta omogoča do tri neodvisne povezave z enim kablom (slika 1).

Z vgrajenim Ethernetom so na voljo tri verzije krmilnika CP1L, in sicer z 20, 30 ali 40 I/O-točkami, razširiti pa ga je mogoče do 160 I/O-točk. Nova izvedba CP1L-E ima standardno vgrajena tudi dva 10-bitna analogna



**Slika 1.** Vsestranska povezljivost

napetostna vhoda od 0 do 10 V. Na voljo pa so tudi nove analogne razširitvene enote z dvema vhomoma, z dvema izhomoma ali pa kombinirana enota z dvema vhomoma in dvema izhomoma.

CP1L-E je izredno primeren za distribuirane sisteme vodenja, kot so npr. vodovodni sistemi (črpališča), sistemi daljinskega ogrevanja, sistemi javne razsvetljave in ostali decentralizirani sistemi vodenja v industriji.

## Nov operaterski panel OMRON serije NB

Ena od zelo primernih možnosti je povezava z vmesniškim terminalom serije NB, ki ga je Omron predstavil pred kratkim. Odlikujeta ga zmogljivost in cenovna ugodnost. Na voljo je v velikosti od 3,5-palčnega do 10-palčnega zaslona. Ima visoko zmogljivo LED-osvetlitev in dolgo življenjsko dobo, ki znaša kar 50.000 ur, kar pomeni vsaj 6 let delovanja v industrijskem okolju. Pri vseh velikostih je možno izbirati med pokončnim in ležečim tipom zaslona.

Poleg povezave preko Etherneta je na voljo tudi povezava preko serijske

komunikacije RS-232 in RS-422/485 in USB-komunikacije tako z ostalimi Omronovimi PLK-napravami kot tudi z napravami ostalih proizvajalcev. S pomočjo USB-ključka je na terminal možno naložiti program, popravke in izdelati varnostno kopijo.

Za izdelavo vmesnika je na voljo brezplačno programsko orodje NB-Designer, ki ima velik nabor grafičnih elementov, omogoča vstavljanje grafov za bolj nazoren prikaz delovanja in vsebuje orodja za hitro izdelavo animacij. Zelo enostavno je npr. izdelati grafiko premikajoče se komponente in njeno pot na liniji tako, da ji določimo status, koordinate in pripadajoči naslov v krmilniku. Na voljo so glavna okna, pojavna okna, ki se lahko prikažejo prosojno, skupna okna ali predloge, menijska okna za hitro izbiro, prikazati pa je mogoče tudi okno v oknu. Zahvaljujoč zmogljivim makrom se lahko izračuni in napredne matematične funkcije izvajajo kar v samem panelu. Dostop do posameznih strani je možno omejiti z več uporabniškimi nivoji, ki so zaščiteni z gesli, delovanje vmesnika pa je možno pred samim zagonom preizkusiti v vključenem programskem simulatorju. Vse naštetje funkcije in možnosti zagotavljajo enostavnejše in varnejše upravljanje stroja ali naprave.

Vir: MIEL Elektronika, d.o.o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 898 57 50 (58), fax: +386 3 898 57 60, internet: [www.miel.si](http://www.miel.si), e-pošta: [info@miel.si](mailto:info@miel.si)



**Slika 2.** Nov operaterski panel OMRON serije NB

**Merilna tehnika za profesionalce...**  
... od sensorja do programske opreme



Zahtevate za vaše meritve in testiranja najvišje standarde, točnost in zanesljivost?

Stavite na zanesljivost vodilnega na tem področju. HBM ponuja vse komponente merilne verige iz lastne proizvodnje, vse v popolnem skladu z vašimi zahtevami.

- merilni lističi
- senzorji: sile, mase, momenta, tlaka, pomika, vibracij
- ojačevalniki: industrijski, laboratorijski, kalibrirani
- programska oprema za akvizicijo, vizualizacijo in obdelavo podatkov

[www.hbm.com](http://www.hbm.com)



Zastopnik za SLO: TRC, Vrečkova 2, SI - 4000 Kranj, tel: + 386 4 2358310, fax: + 386 4 2358311, GSM: + 386 41 344071, [ljudmila.licen@siol.net](mailto:ljudmila.licen@siol.net), [www.trc-hbm.si](http://www.trc-hbm.si)

## Modularni merilni ojačevalni sistem za proizvodnjo in industrijska preskuševališča



Sistem PMX

Podjetje HBM kot specialist za merilno tehnologijo z ojačevalniško platformo PMX nudi idealno rešitev za številne naloge v merilni tehnologiji. Modularni sistem nudi uporabniku točno tiste funkcije, ki jih potrebuje. HBM uporablja najnovejše standarde, npr. industrijski Ethernet. PMX je možno optimalno vključiti v moderne avtomatizirane sisteme s pomočjo protokolov Ethernet v realnem času, kot sta Ethercat in Profinet. Ojačevallec lahko odčitava signale z 19,2 kHz, jih obdelava in posreduje rezultate v realnem času. To na primer omogoča takojšnje določanje povprečnih ali mejnih vrednosti. Uporabnik lahko tako enostavno nadzira proizvodne procese, npr. prilagajanje in stiskanje. Možen je tudi učinkovit nadzor strojev in proizvodnih obratov. Ker je

sistem robusten in modularen, ga je možno enostavno razširjati pri spreminjanju proizvodnje, s tem se skrajšajo časi pri servisiranju in modifikacijah, kar tudi zmanjšuje tveganje pri investiranju.

Sistem sestavlja osnovna enota, ki lahko sprejme do pet razširitvenih kartic. Prva je lahko komunikacijska kartica za industrijske protokole Ethernet, kot sta Ethercat ali Profinet. Ostala štiri mesta so potem na voljo za ojačevalnike s po štirimi kanali za signale iz merilnih tipal, standardne analogne signale (tokovne in napetostne) kot tudi za digitalne vhode in izhode. Sistem PMX lahko deluje samostojno ali pa je vključen v avtomatski sistem. Več sistemov PMX je mogoče avtomatsko sinhronizirati. Komunikacija s PC, ki se uporablja za konfiguriranje in vizualizacijo, je izvedena preko Etherneteta. Delovanje temelji na inovativni novi tehnologiji z omrežnim strežnikom, tako da posebna programska oprema ni potrebna.

Vir: TRC Ljudmila Ličen s.p., Vrečkova 2, 4000 Kranj, tel.: 04 23 58 310, tel./fax: 04 235 83 11, internet: <http://www.trc-hbm.si>, <http://www.hbm.com>, e-mail: [ljudmila.licen@siol.net](mailto:ljudmila.licen@siol.net)

## Opravičilo podjetja LOTRIČ Meroslovje

V članku »Meriti infrardeče«, avtorjev, Jure Thaler in Devis Martinčič iz podjetja LOTRIČ Meroslovje d.o.o. kateri je bil objavljen v reviji Ventil 18/2012/3, pri podnaslovih: Kaj je IR-termometer, Praktičen primer in Velike zmote o IR-termometrih, avtorja nista navedla vira. Avtor omenjenih poglavij prispevka je gospod Bo-

jan Težak, univ. dipl. inž., iz podjetja Terming, ki je besedilo objavil v reviji Vzdrževalec št. 118, avgusta 2007 in na spletni strani [www.terming.si](http://www.terming.si). Gospodu Bojanu Težaku se za neljubo napako oz. nenavajanje vira, podjetje LOTRIČ Meroslovje d.o.o., kot tudi avtorja prispevka Jure Thaler in Devis Martinčič iskreno opravičujemo.

## OIL-Xplus Advantage – energijsko varčnejši filtrski elementi

Podjetje Domnick Hunter, ki je del korporacije Parker Hannifin, je predstavilo novo serijo energijsko varčnejših filtrskih elementov – OIL-Xplus Advantage.

Nova serija filtrskih elementov ima nagubano filtrirno telo, kar povečuje kapaciteto zadrževanja nečistoč, hkrati pa zagotavlja nizek padec tlaka skozi element. To pa pomeni



tudi do 54 odstotkov nižje stroške energije.

Filtre OIL-Xplus Advantage je mogoče uporabiti v že obstoječi opremi. To in izboljšanje učinkovitosti filtriranja ter zmanjšanje stroškov delovanja so značilne prednosti novih filtrskih elementov.

Vir: Parker Hannifin Corporation, tel.: 07 337 66 50, faks: 07 337 66 51, e-mail: [parker.slovenia@parker.com](mailto:parker.slovenia@parker.com), Miha Šteger

## Novo digitalno pretočno stikalo PF3W

SMC-jevi družini digitalnih pretočnih stikal smo dodali novo serijo, ki s svojimi izvedenkami omogoča uporabo v širokem spektru aplikacij.

Široko uporabnost senzorja PF3W omogočata prilagodljivost in modularnost. Senzor je dobavljiv kot kompaktna izvedba z vgrajenim prikazovalnikom ali pa sta senzor in prikazovalnik ločena, kar omogoča ločeno vgradnjo in lažje odčitavanje. V obeh primerih je prikazovalnik tribarven in dvovrstičen in poleg trenutnega pretoka prikazuje tudi temperaturo medija, ki sme doseči tudi do 90 °C. Trenutno je serija namenjena za merjenje pretokov od 0,5 do 350 l/min. Poleg vizualizacije pretokov je

omogočeno tudi povezovanje senzorja v merilni oziroma nadzorni sistem. Povezljivost in prenos informacij se izvedeta s tokovno zanko 4–20 mA oziroma z napetostnim izhodom 1–5 V. Za enostavne sisteme pa tudi s preklopnim stikalom PNP, ki mu nastavimo preklopne parametre v senzorju.

Če se senzor uporablja za spremljanje pretoka deionizirane vode, glikola oz. drugih kemikalij, je dobavljiv v PVC oz. nerjavnem okrovu.



Pri merjenju takšnih medijev je potrebno paziti na njihovo viskoznost!

Vir: SMC Industrijska avtomatika, d. o. o., Mirnska cesta 7, 8210 Trebnje, tel.: 07 388 54 12, fax: 07 388 54 35, e-mail: [office@smc.si](mailto:office@smc.si), internet: [www.smc.si](http://www.smc.si)

## Krmilniki Allen-Bradley CompactLogix 5370



Novi CompactLogix PLC-krmilniki imajo do 3 Mb delovnega spomina, podpirajo do 30 lokalnih I/O-enot, do 48 oddaljenih I/O-naprav na Ethernet/IP-vodilu (> 20.000 I/O-točk) in koordinirano gibanje do 16 osi s servosistemi družine Kinetix. Vgrajeni so USB-priključek za lokalni dostop, reža za SD-spominsko kartico in dvovratno stikalo Ethernet z redundantno tehnologijo DLR (Device Level Ring). Namesto okolju neprijazne

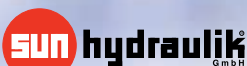
litijeve baterije za hranjenje programa v breznapetostem stanju krmilniki uporabljajo pomnilnik Flash. Krmilnike je mogoče programirati preko lestvične logike, funkcijskih blokov, strukturiranega teksta in diagrama prehajanja stanj.

Možna je razširitev z različnimi komunikacijskimi protokoli.

Vir: Tehna, d. o. o., Tehnološki park 19, 1000 Ljubljana, tel. +386 1 28 01 775, fax: +386 1 28 01 760, [www.tehna.si](http://www.tehna.si), Žiga Petrič



➔ RAZBREMENILNI VENTILI • REGULATORJI TLAKA IN VARNOSTNI VENTILI • RAZDELILNIKI TOKA • POTNI VENTILI • LOGIČNI ELEMENTI • VMESNE PLOŠČE • OKROV S PRIKLJUČKI ZA CEVI • ELEKTROPROPORCIONALNI VENTILI ZA VGRADNJO



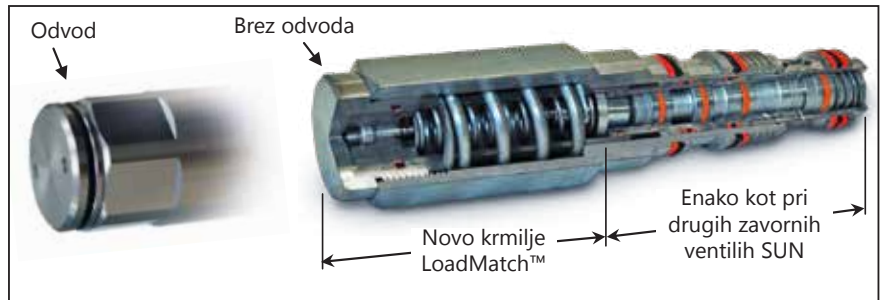
Brüsseler Allee 2  
41812 Erkelenz  
NEMČIJA  
Tel: +49 24 31/ 80 91 12  
Fax: +49 24 31/ 80 91 19  
info@sunhydraulik.de  
[www.sunhydraulik.de](http://www.sunhydraulik.de)

## Ventili LoadMatch™

LoadMatch™ so novi samonastavljivi zavorni ventili, ki imajo dodatne funkcije, kot so možnost povratnega neoviranega toka in razbremenitev pri povečanju bremena in toplotnih spremembah.

Ventil se sam nastavi pri 1,3-kratnem

Prednosti, ki jih nudi ventil LoadMatch™, so številne. Zmanjšuje porabo energije, reagira na spremenljive delovne pogoje, omogoča daljše delovanje strojev, ki so napajani iz baterij, en model je mogoče uporabiti v različnih primerih, na razpolago



Slika 1. Ventil LoadMatch™

	<p>MBEP, ventil s tremi priključki, brez odvoda</p>
	<p>MAEP, ventil s tremi priključki, odvod v ozračje</p>
	<p>MWEP, ventil s štirimi priključki in odvodom</p>

Slika 2. Modeli ventila LoadMatch™

dejanskem bremenu, zagotavlja varovanje pri tlakih, ki jih povzročajo bremena in ogrevanje, in omogoča neoviran povratni tok. Predkrmilni tlak je nižji, kot ga zahtevajo tipični zavorni ventili in je skoraj identičen za vse tlake v glavnem ventilu. Najvišji kratkotrajni delovni tlak je 420 bar. Prikazani model je namenjen za tok 120 l/min, na voljo pa so trije modeli (slika 2). Ventili za druge tokove bodo kmalu na tržišču.

so modeli, odporni proti koroziji, so kompatibilni z ostalimi zavornimi ventili SUN, navojne izvrtine in priključki so enaki kot pri drugih ventilih SUN.

Vir: SUN Hydraulik GmbH, Brüsseler Allee 2, 41812 Erkelenz, Germany, Tel: +49 24 31/ 80 91 12, Fax: +49 24 31/ 80 91 19, E-Mail: [andreap@sunhydraulik.de](mailto:andreap@sunhydraulik.de), <http://www.sunhydraulik.de>

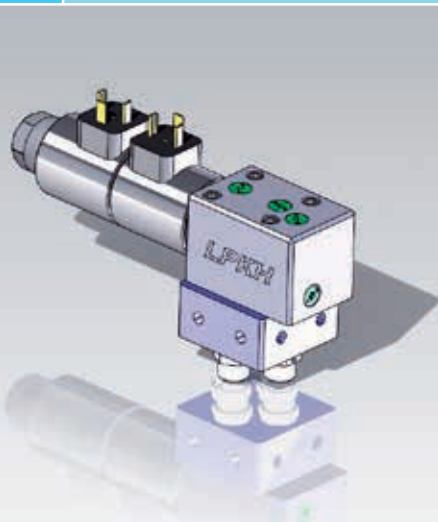
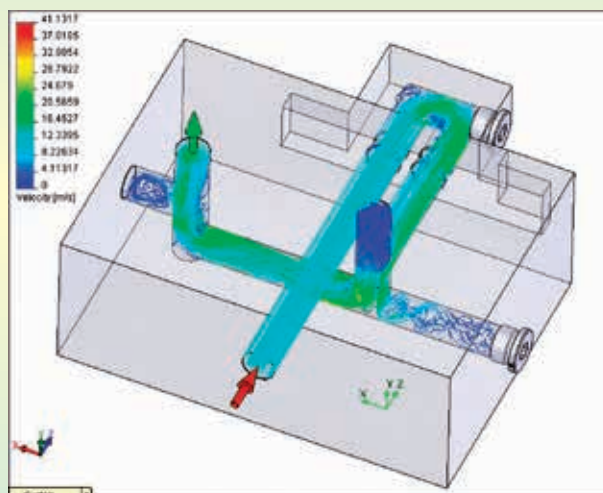
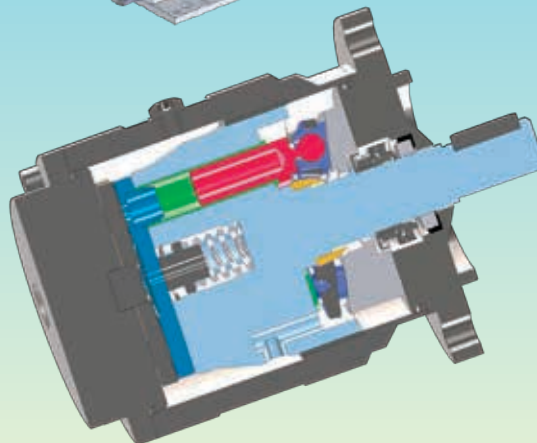
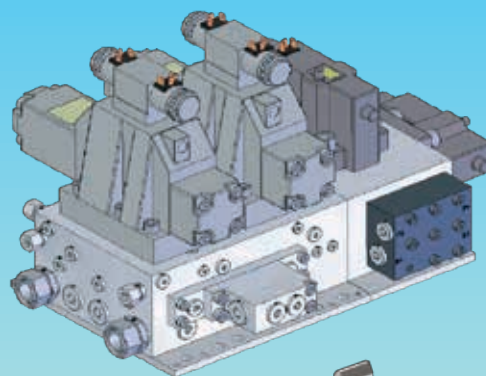
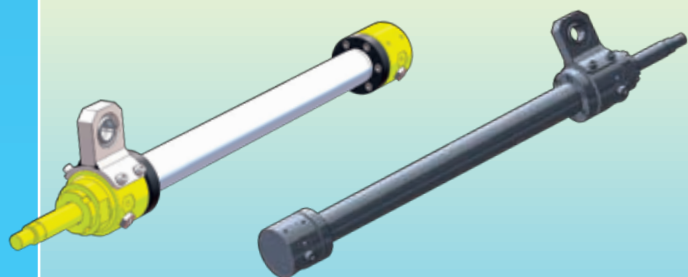


<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>



LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO

- *Potrebujete novo, namensko hidravlično napravo, hidravlični stroj ali pa samo posebno hidravlično sestavino?*
- *Želite izdelati novo hidravlično napravo ali stroj, pa vam manjka projektantskih izkušenj in znanja?*
- *Želite dopolniti, spremeniti oz. izboljšati obstoječo hidravlično napravo ali stroj?*
- *Želite izdelati sodobno, avtonomno elektro-hidravlično krmilje?*
- *Želite biti med prvimi, ki bi vgradili in uporabili ekološko prijazno hidravlično napravo na čisto, pitno vodo?*
- *Imate mogoče težave z diagnosticiranjem oziroma odpravljanjem okvar na obstoječi hidravlični napravi ali stroju?*
- *Želite v vašem podjetju izvesti izobraževanje na področju pogonsko-krmilne hidravlike?*

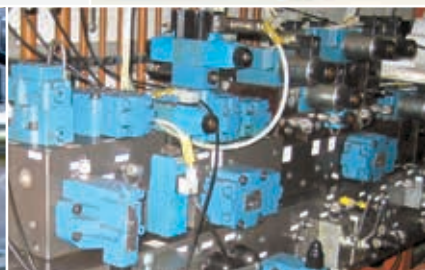


**Če ste na kakšno od zgoraj zapisanih vprašanj odgovorili pritrdilno, smo mi pravi naslov za vas!**

Smo ekipa strokovnjakov ki se že vrsto let ukvarja z raziskavami, razvojem, projektiranjem, konstruiranjem in vzdrževanjem **HIDRAVLIČNIH STROJEV IN NAPRAV ter NJIHOVIH SESTAVIN.**

Pri svojem delu uporabljamo sodobna projektantska, konstruktorska in diagnostična orodja. Ukvarjamo se tako z **OLJNO** kot z novo **VODNO** pogonsko krmilno hidravliko.

**POKLIČITE oz. PIŠITE NAM IN Z VESELJEM SE BOMO ODZVALI VAŠEMU KLICU!**



**LABORATORIJ ZA POGONSKO-KRMILNO HIDRAVLIKO (LPKH)**

Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana

Telefon: 01/4771 115

E-pošta: [lpkh@fs.uni-lj.si](mailto:lpkh@fs.uni-lj.si)

Spletni naslov: <http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>

# Avtomatizacija merjenja s sistemom Equator™

Podjetje *Eponsa*, ki ima sedež blizu Barcelone v Španiji, je proizvajalec komponent za avtomobilsko industrijo. Za kontrolo kakovosti delov in sestavov, ki jih izdelujejo s preoblikovanjem pločevine, so kupili vsestranski in inovativen delavniški primerjalni merilni sistem – novi *Renishaw Equator*.

Z njim so skrajšali neproduktiven čakalni čas, hkrati pa bodo ohranili visoko kakovost in učinkovitost proizvodnje, ki sta kritičnega pomena za uspeh vsakega dobavitelja v avtomobilski industriji. *Eponsa* vidi korist tudi v tem, da lahko *Equator* skenira obliko značilnosti delov z merilno glavo SP25

in da mu je standardno priloženo tudi stojalo za menjavo tipal, ki omogoča kontrolo najrazličnejših delov.

## ■ Merilni sistem Renishaw Equator™

*Equator* je inovativna in visoko ponovljiva tehnologija merjenja, ki ima osnovo v tradicionalni primerjavi obdelovancev – merjencev v proizvodnji z referenčnim vzorčnim kosom. Lahko se uporablja v delavniškem oziroma industrijskem okolju v velikem temperaturnem območju, saj avtomatično kompenzira vse spremembe, ki so posledica toplotnih sprememb na obdelovancih.

Vzorčni kos – kaliber, ki je vzet iz proizvodnje, se izmeri na koordinatnem

merilnem sistemu in primerja s CAD-risbo. Merilni rezultat iz koordinatnega merilnega sistema je s pomočjo njegove programske opreme neposredno pretvorjen in neposredno uporaben v *Equatorjevem* programskem okolju.

Novi *Renishaw Equator™* je alternativa konvencionalnim merjenjem in omogoča merjenje široke palete obdelovancev. Razvit in preverjen je bil v industrijskem okolju številnih vodilnih industrijskih podjetij in na veliko različnih obdelovancev. Sestavljen je iz paralelnega manipulatorja, merilne glave ter strojne in programske opreme za merjenje (*slika 1*).

Namestitev *Equatorja* je enostavna in hitra, povprečno traja 20 min. Tehta



**Slika 1.** Merilni sistem *Renishaw Equator™*



**Slika 2.** Izdelki podjetja Eponsa

okrog 25 kg in ga je enostavno prenašati. Sistem Equator vključuje programsko opremo MODUS™ Organiser z enostavnim grafičnim uporabniškim vmesnikom, ki je namenjena operaterjem v delavnici. Ti lahko začnejo izvajati kontrole že po nekaj minutah usposabljanja.

Merilni programi so napisani s programsko opremo Renishaw MODUS, ki omogoča uveljavljanje pravic dostopa. "Zelo dobra ideja je, da programe ustvarjajo in spreminjajo samo programerji, saj smo lahko prepričani, da bodo Equatorjevi programi delovali pravilno in operaterji ne bodo posegali vanje. Operaterjem olajšamo iskanje pravih programov v MODUS Organiserju s fotografijami delov, ki prikazujejo tudi način vpenjanja. Naš namen je uporaba kar najmanjšega števila vpenjal in kontrola čim večjega števila delov z eno konfiguracijo," pravi v podjetju Renishaw.

### ■ Avtomatizirano merjenje v delavnici podjetja Eponsa

80 odstotkov proizvodnje podjetja Eponsa so komponente za avtomobilsko industrijo, preostalih 20 odstotkov pa proizvodnja za trg. Glavni tehnološki procesi so preoblikovanje pločevine, varjenje in montaža. Vse procese v proizvodnji in zagotavljanju kakovosti načrtujejo in uvajajo sami, zato imajo nad njimi popoln nadzor. Sami tudi konstruirajo orodja za stiskalnice

in vpenjalne priprave za varjenje in montažo.

Eponsa tako proizvaja vse dele za mehanizme brisalcev vetrobranskega stekla s preoblikovanjem pločevine (slika 2), ki jih morajo preveriti z merjenjem (slika 3).

Eponsa ima certifikat avtomobilске industrije ISO-TS16949 in certifikat ISO 14001. Neposredno dobavlja tovarnam po celem svetu: v Mehiki, Južni Afriki, Nemčiji, na Madžarskem, Kitajskem in v Koreji. Pritiski na dobavitelje avtomobilске industrije po zmanjševanju stroškov in istočasnem izboljševanju učinkovitosti in kakovosti se morda navidezno izključujejo, vendar

v Eponsi trdno verjamejo, da je prav tehnologija Equator orodje, ki jim bo pomagalo do preboja pri doseganju teh ciljev.

Pri Eponsi verjamejo, da bo Equator v delavnici dobro sprejet, saj bo občutno zmanjšal obremenitve delavcev. Operaterji pri Eponsi vsak dan kontrolirajo na tisoče izdelkov po dokumentiranih postopkih.

Sedaj operaterji najprej vizualno pregledajo izdelke in se prepričajo, da ni manjkajočih lukenj in razpok v materialu, temu pa sledijo meritve dimenzij z ročnimi instrumenti, kot so kljunasta in vtična merila. Procesi preoblikovanja pločevine so avtomatizirani, zato so tudi zelo dosledni in niso podvrženi tveganju človeške napake. Operaterji običajno lahko zaznajo morebitne težave, še preden bi iz procesa začeli prihajati neustrezni izdelki, in tako skrbijo za 100-odstotno kakovost izdelkov. Meritve z ročnimi merili pa so zamudne, zaradi ponavljanja tudi utrudljive in vedno odvisne od večšin operaterja. Pravzaprav je bolj verjetno, da bo do napake prišlo v procesu kontrole kot v procesu obdelave in izdelave.

Z uvedbo nove tehnologije merjenja (Renishaw Equator™) so v Eponsi pridobili neodvisen in sledljiv proces kontrole kakovosti izdelka. Izvajajo pa ga lahko vsi operaterji in ne samo eksperti iz oddelka za kakovost. Trenutno se inšpektor za kakovost sprehaja



**Slika 3.** Inženir pri Eponsi vloga mehanizem brisalca v merilni sistem Equator

po tovarni in nenehno preverja, ali se upoštevajo vsi postopki in ali so izdelki dobri. Kontrolo izvaja vizualno, zadnji del iz vsake serije pa odnese v oddelek za kakovost, kjer opravijo celovito kontrolo. Izkušnje so pokazale, da je serija dobra, če je dober zadnji izdelek v seriji, kar pa še vedno pomeni dolgo čakalno vrsto v oddelku za kakovost.

Pri Eponsi vedo, da je programska oprema ključni del sistema Equator: "MODUS Organiser je odlična rešitev za upravljanje Equatorja v delavnici, tako enostaven in uporaben je. Operaterji lahko v nekaj sekundah izberejo programe in začnejo kontrolirati komponente, preostali čas do dokončanja kontrole pa je viden na odštevalniku. Ko je kontrola končana, operater jasno vidi, ali je komponenta sprejeta ali za-

vrnjena. V oddelku za kakovost se morajo zato ukvarjati samo še s sumljivimi deli in ne več z vsemi izdelki. To pa pomeni bistveno manjše obremenitve za oddelek kakovosti.

Za "ničenje" sistema se uporabi vzorčni kos z značilnostmi znanih dimenzij, vse nadaljnje meritve pa se primerjajo s tem delom. Ključna prednost sistema Equator je visoko ponovljiv in radikalno drugačen merilnotehnični mehanizem manipulatorja na osnovi vzporedne kinematične zgradbe. Mehanizem je lahek in omogoča hitre premike, vseeno pa je med primerjalnimi meritvami značilnosti zelo tog. Ponovljivost je manjša od  $\pm 2 \mu\text{m}$ . Njegova zmogljivost je bila preizkušena na najrazličnejših značilnostih prizmatičnih in prostih oblik.

Pri Eponsi argumentirajo: "Equator bo lahko skrajšal ali odpravil čakalne vrste v oddelku za kontrolo kakovosti, saj lahko deluje v delavnici, zraven strojev, ki proizvajajo izdelke, zaradi nizkih nabavnih stroškov pa si lahko privoščimo več Equatorjev in jih namestimo tja, kjer so potrebni. Equatorje bomo postavili v halo za preoblikovanje pločevine in v oddelek za sestavljanje mehanizmov, kjer bo njihova vloga še posebej pomembna. Hitrost delovanja in merilne zmogljivosti Equatorja nam bodo pomagale do hitrih, celovitih in popolnoma avtomatiziranih meritev. Odpravile se bodo čakalne vrste, meritvi je mogoče zahtevne značilnosti, cena pa je konkurenčna."

[www.renishaw.com/gauging](http://www.renishaw.com/gauging)

**RENISHAW**   
apply innovation™

Zmanjšajte  
stroške  
merjenja

Od 16. do 19. aprila 2013 nas obiščite na  
stojnici L-27, na sejmu Forma Tool v Celju!

## Nihče se ne more meriti z merilom Equator™

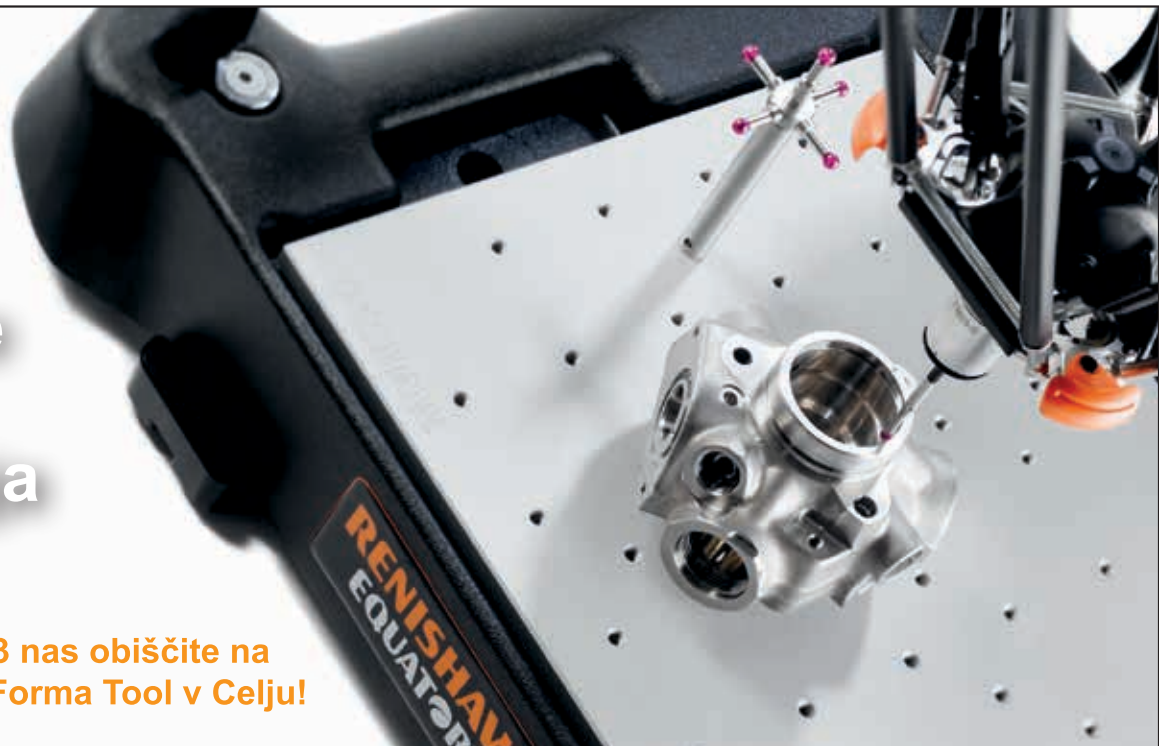
Novi Renishaw Equator™ je vsestranska alternativa za merilne sisteme po meri in omogoča kontrolo raznovrstnih izdelkov, kot je do zdaj še ni bilo. Equator 300 je prvo iz družine meril iz Renishawa, razvito in preizkušeno pa je bilo v proizvodnji v sodelovanju z vodilnimi uporabniki meril iz različnih industrij in na različnih aplikacijah.

Uradni distributer za izdelke Renishaw v Sloveniji, na Hrvaškem, v Bosni in Hercegovini, Srbiji, Črni Gori in Makedoniji:

**RLS**®

RLS d.o.o. Poslovna cona Žeje pri Komendi, Pod vrbami 2, 1218 Komenda  
T 01 527 2100 F 01 527 2129 E mail@rls.si www.rls.si

[www.renishaw.si/equator](http://www.renishaw.si/equator)





ROHR- UND SCHLAUCHVERBINDUNGEN / EDELSTAHL  
PIPE AND HOSE CONNECTORS / STAINLESS STEEL

## >> Quality connects – with certainty ...

### Our strengths ...

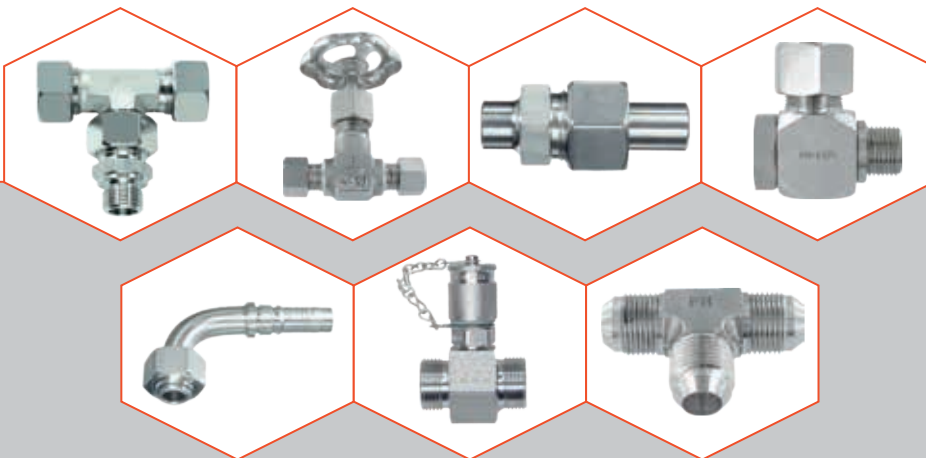
Highly-qualified employees, know-how gained over many years of experience, processing of high-quality materials in accordance with international norms and standards, continuous quality management.

### ... your advantage

Maximum process reliability with concurrent minimisation of machine downtimes.

- Chemical plants
- Foundry and rolling mill technology
- Paper machines
- Hydraulic engineering and shipbuilding
- Offshore technology
- Fluid media
- Aggressive media

*PH Industrie-Hydraulik:  
Your manufacturer for stainless steel fittings and connectors.*



PH products are approved by the following certification companies:

- Germanischer Lloyd (GL)
- Lloyd's Register of Shipping (LR)
- Det Norske Veritas (DNV)
- Rina
- UkrSEPRO
- GOST
- We are certified in accordance with ISO 9001 through Lloyd's Register



### PH Industrie-Hydraulik

Gewerbegebiet-Stefansbecke 37 • D-45549 Sprockhövel (Haßlinghausen) • Germany

Telefon: +49 (0) 23 39 - 60 21 | 60 22 • Telefax: +49 (0) 23 39 - 45 01 • info@ph-hydraulik.de • www.ph-hydraulik.de

# Proizvodna inteligenca

Žiga PETRIČ

Proizvodna tehnologija stalno napreduje. Tako imamo sočasno v uporabi starejšo in sodobno proizvodno opremo različnih proizvajalcev, ki je običajno le delno povezana v informacijski sistem. Ta naj bi vodstvenim delavcem in operaterjem v proizvodnji v vsakem trenutku omogočal pregled ključnih kazalnikov delovanja proizvodnih linij, vodjem vzdrževanja analizo temeljnih vzrokov težav z opremo, vodstvu tovarne pa načrtovanje proizvodnih ciklov, spremljanje porabe energije in projekcijo finančnih kazalnikov proizvodnje.

## 1 Uvod

Danes je v večjih podjetjih povsem uveljavljena računalniška (softverska) podpora poslovnim procesom. Uporabljajo se rešitve za finance in računovodstvo, logistiko in skladiščenje, prodajni proces in vodenje strank (CRM), človeške vire (HR), elektronsko poslovanje (B2B), ERP (Enterprise Resource Planning) ... Znale so rešitve podjetij SAP, Oracle in PeopleSoft, ki pokrivajo omejena področja v obliki modulov. Govorimo o poslovni inteligenci (Business Intelligence), katere informacijski tok je usmerjen z vrha organizacije navzdol (slika 1).

Zdi pa se, da podjetjem manjka podroben pregled in nadzor na ravni proizvodnje in procesov – recimo temu proizvodna inteligenca – katere informacijski tok je usmerjen navzgor (od proizvodnih sredstev proti vodstvu).

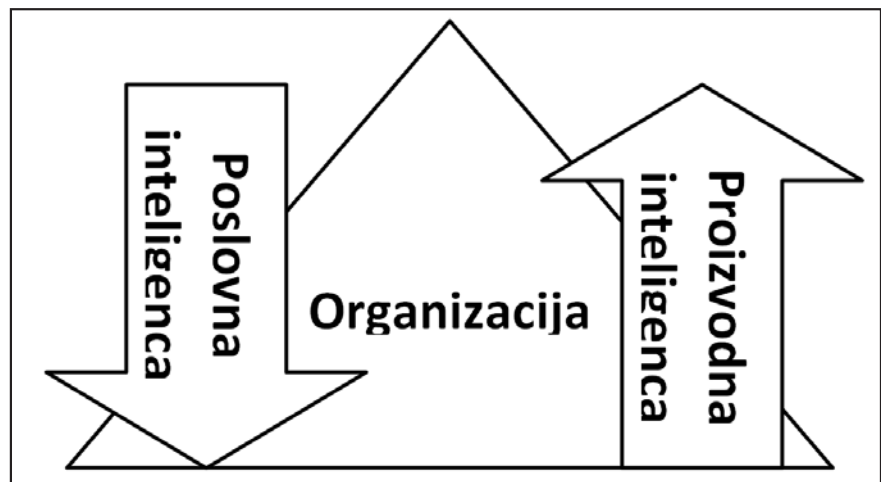
## 2 Izziv

V zadnjih dveh desetletjih se v krmilnih sistemih (PLC, HMI in drugih napravah) proizvodnih sredstev ustvarja velika količina podatkov, ki se uporabljajo lokalno, za upravljanje posameznih strojev in linij. Vendar pa prikaz teh podatkov ni neposredno uporaben za vpogled v učinkovitost proizvodnje. Npr.: slika procesa na zaslonu HMI-naprave prikazuje parametre lokalne operacije (montaža, barvanje, pakiranje) v

tehničnih terminih (položaj orodja, temperatura, hitrost motorja), ki so razumljivi operaterju ali vzdrževalcu linije. Program PLC-krmilnika ali industrijskega robota vsebuje še več informacij v še bolj specifični obliki, ki jo razume le strokovnjak programer. Vendar je mogoče te podatke zbrati iz različnih razpršenih in ne-

stosti okvar glede na vzrok, tip procesa in izmeno ali osebje. Vsi trije primeri pa so različne predstavitve informacij, ki so zbrane v realnem času iz enakih virov.

Lahko naštejemo še naslednje primere, v katerih ima proizvodna inteligenca ključno vlogo:



Slika 1. Informacijski tok

odvisnih virov in jih predstaviti v obliki, razumljivi tudi drugim zaposlenim v organizaciji. To je naloga sistema proizvodne inteligence.

Vprašanje, na katero mora odgovoriti vodstvo, je, s kakšnim dobičkom posluje. Vodja proizvodnje mora odgovoriti na vprašanje, ali je možno realizirati količino naročil X v roku Y. Vodjo vzdrževanja zanima, kako povečati razpoložljivost strojev oziroma zmanjšati zastoje in okvare. Odgovor na prvo vprašanje je izražen v denarju, na drugo je lahko preprosto da ali ne. Tretji primer zahteva npr. analizo histogramov pogo-

- analiza učinkovitosti proizvodnje v realnem času – prikaz kazalnikov KPI (Key Performance Indicator) in OEE (Overall Equipment Efficiency),
- ugotavljanje ozkih grl v proizvodnem procesu,
- priložnosti za izboljšave,
- zmanjševanje odpada in emisij,
- energetska optimizacija – cena energije na enoto proizvoda,
- ovrednotenje in načrtovanje naložb in vzdrževalnih posegov,

Žiga Petrič, Tehna, d. o. o.,  
Ljubljana

- uvajanje vitke proizvodnje,
- skladnost in nadzor kvalitete – vpogled v vse podatke, povezane s kakovostjo izdelka,
- zadovoljstvo odjemalcev – hitrejše prilagajanje zahtevam trga.

### 3 Informatizacija proizvodnje

Kakšni pogoji morajo biti izpolnjeni za vzpostavitev sistema proizvodne inteligence? V nasprotju s sistemom poslovne inteligence proizvodna inteligenca ni skladišče za shranjevanje podatkov. Podatke črpa neposredno pri viru, skoraj v realnem času, tako dobimo takojšen vpogled v delovanje sistemov. Pomembno je, da je sistem informacijsko povezan z obstoječo infrastrukturo. Podatke je sicer možno vnašati tudi ročno, vendar mora biti glavna transakcij avtomatska.

Za povezavo s proizvodnimi napravami (stroji, roboti, montažne celice, transportni mehanizmi, procesna, kontrolna in merilna oprema, pakirne in polnilne linije, označevanje in sledenje, energetski sistemi ...) uporabljamo standardne vmesnike in gonilnike. Sistemi krmiljenja novejših generacij so navadno že serijsko opremljeni s priključkom Ethernet (TCP/IP) in jih je mogoče povezati v IT-omrežje brez posebnih stroškov. Pri starejših krmiljih je to včasih težavno, ker so možnosti povezovanja omejene, zato je treba vgraditi dodatno strojno opremo, pretvornike protokolov ali izdelati prilagojene vmesnike. Vsekakor pa je podlaga omrežna (IT) infrastruktura, saj brez nje ne moremo do podatkov.

### 4 Dostop do podatkov

Omenili smo, da morajo biti razpršeni tehnološki podatki zbrani in primerno prikazani, da jih lahko imenujemo proizvodna inteligenca.

Zbiranje podatkov opravlja softverski paket, ki nato generira in objavi prikaz, prilagojen različnim uporabnikom. Oblika prikaza je lahko po-



Slika 2. Tipičen »dashboard«

ročilo, npr. v obliki Excellove tabele ali t. i. dashboard (slika 2), »oglasna deska«, kjer so različne informacije zbrane na eni zaslonski sliki in se spreminjajo v realnem času (podobno kot sodobna televizijska poročila in športni prenosi, ki so kompozit več poročevalcev hkrati in slike dogodka, preostali prostor pa zapolnjujejo oglasi, borzni indeksi, rezultati tekem, volitev, napovednik, vreme ipd.).

Enak sistem torej podpira različne vloge zaposlenih v podjetju: vodstvu omogoča vpogled v finančne kazalce in primerjavo med obrati; vodja proizvodnje vidi trenutne proizvodne kapacitete in stanje izpolnjenih naročil; operater lahko pregleda število izdelanih, zavrženih in načrtovanih izdelkov za linijo, za katero je odgovoren.

Idealno za dostop nista potrebni posebna programska in strojna oprema, zadostuje npr. spletni brskalnik (»thin client«), ki se lahko uporablja na osebnih računalnikih in različnih mobilnih napravah (dlančniki, tablice, pametni telefoni).

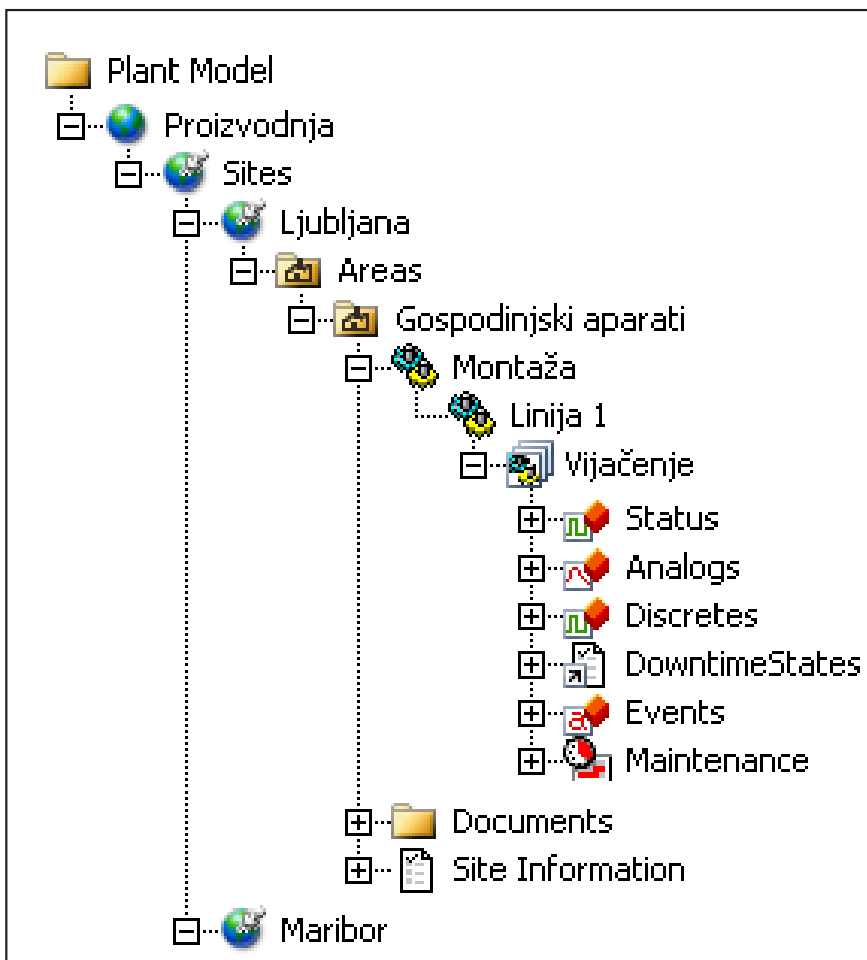
Hranjenje podatkov za kasnejšo analizo je možno v obliki poročil (Excel, PDF) in različnih podatkovnih baz.

### 5 Praktične rešitve

Podjetje *Rockwell Automation* ponuja bogat nabor programskih re-

šitev za preoblikovanje proizvodnih informacij v procesne izboljšave. Na področju proizvodne inteligence vodi s platformo *FactoryTalk VantagePoint*.

Gre za zrel sistem proizvodne inteligence, ki deluje kot skalabilna aplikacija s centralnim strežnikom, decentraliziranimi podatkovnimi konektorji (OPC, DDE, ODBC ...) in različnim številom administratorjev in klientov. Podlaga je napreden informacijski model organizacije (UPM, Unified Production Model), ki je neodvisen od konkretno uporabljenih sistemov vodenja oz. tipov in proizvajalcev krmilja. UPM omogoča gradnjo hierarhične sheme podjetja, v kateri je dostop do podatkov bistveno hitrejši. Vrh modela tvorijo, recimo, različne geografske lokacije podjetja (»Ljubljana«, »Maribor«, ...). Z odpiranjem ene od teh enot pridemo do nižjega nivoja (t. i. »drill down« pristop), ki ga tvorijo proizvodni obrati na geografski lokaciji (npr. »Gospodinjski aparati«, »Kabli«, »Energetika«). Še nižje so proizvodni oddelki (»Barvanje«, »Montaža«, »Pakiranje«) in posamezne linije (»Linija 1«, »Linija 2«). Pod linijami so lahko stroji ali delovne operacije (»Stiskalnica«, »Odrez«, »Vijačenje«) in, nazadnje, aktuatorji, ventili, merilniki, senzorji, stikala, vhodno-izhodne enote in druge komponente stroja (slika 3).



Slika 3. Hierarhična struktura modela, prikazana v mapah

Tak model je zelo primeren način dostopanja do velike količine informacij. Uporabnik ne potrebuje posebnega tehničnega znanja o sistemih avtomatizacije, komunikacijskih protokolih itd., da lahko opravi analizo učinkovitosti neke proizvodne linije, ki jo sestavlja več operacij. Ni pomembno, v katerih krmilnikih, sistemih, pomnilniških naslovih ali vhodno-izhodnih enotah izvira ta informacija. Dostop je enosmeren in torej zaščiten pred namernimi ali nenamernimi posegi. Z integracijo v Microsoftovo programsko orodje SharePoint Portal uporabniki dobijo poln dostop do podatkov v realnem času, nedavno pa so sistem nadgradili še za uporabo v oblaku.

## 6 Zaključek

Proizvodna inteligenca je strategija zbiranja kritičnih podatkov v realnem času in prenašanja informacij

na vse ravni podjetja. Znižuje stroške in povečuje produktivnost, ker proizvajalcem omogoča sprotno sprejemanje utemeljenih odločitev.

## Viri

- [1] Hamid, Mohamed Abdul: Lean Production – Identification of essential KPIs in a medical production process and design of a visual interface (Master Of Science Thesis), Lund Institute of Technology, 2011.
- [2] Nilsson, Hans: Proizvodna inteligenca (intervju), Finance, 2012.
- [3] [http://Discover.RockwellAutomation.com/IS\\_EN\\_Intelligence\\_Manufacturing\\_Intelligence.aspx](http://Discover.RockwellAutomation.com/IS_EN_Intelligence_Manufacturing_Intelligence.aspx).
- [4] [http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/ftalk-pp028\\_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/ftalk-pp028_-en-p.pdf).



**TEHNA**  
Avtomatizacija



Želite najvišjo kakovost industrijskih komponent po konkurenčnih cenah, enostavno naročilo in hitro dostavo?

Oprema *Allen-Bradley* zagotavlja optimalno zmogljivost najzahtevnejših aplikacij po vsem svetu že več kot 100 let.

**Obiščite spletno trgovino na [www.tehna.si](http://www.tehna.si) in si pridobite prednost z izbiro *Allen-Bradley* industrijskih komponent.**



[info@tehna.si](mailto:info@tehna.si)  
[www.tehna.si](http://www.tehna.si)  
Tehnološki park 19 · 1000 Ljubljana



**Rockwell Automation**  
Allen-Bradley · Rockwell Software



*Three days in the world of  
automation, robotics,  
mechatronics and industrial and  
professional electronics...*

**29.-31.01.2014**

**Celje, Slovenia**  
[www.icm.si](http://www.icm.si)

**19.-21.02.2014**

**Serbia**  
[www.icm.si](http://www.icm.si)

**05.-07.03.2014**

**Sofia, Bulgaria\***  
[www.icm.si](http://www.icm.si)



## Uvod v letalsko pravo

Knjiga **Uvod v letalsko pravo** (ang.: *An Introduction to Air Law*) študentom letalske smeri na Fakulteti za strojništvo ni neznana. Tokrat predstavljamo njeno 9. izboljšano izdajo, ki je lansko leto izšla pri Založbi Walter Kluwer Law & Business. Knjiga je v novi izdaji doživela velike spremembe. Kot pravi njen avtor prof. dr. Pablo Mendes de Leon, je bila izboljšava *magnus opus* prve avtorice Isabelle Diederiks-Verschoor velik izziv. Osem izdaj Uvoda v letalsko pravo je I. S. Verschoorjevi prineslo nesporen ugled strokovnjakinje na področju mednarodnega letalskega prava.<sup>1</sup>

Prof. dr. Leon Mendes de Leon, ki predava na Pravni fakulteti v Leidnu (Nizozemska), ni neznano ime na področju civilnega letalstva. V nekem smislu bi lahko rekli, da je bil sodelavec I. D. Verschoor, zato je tudi razumljivo, da je 9. izdaja knjige izboljšana bolj s stališča praktičnosti predstavljanja materije in skrbnega pregleda vsebine kot pa strukturnih sprememb. Znano je, da se mednarodno letalsko pravo naglo spreminja. Ob tem bi posebej veljalo izpostaviti vlogo Evropske unije na področju letalske zakonodaje.

Knjiga seveda ni samo plod dela novega avtorja, pač pa je rezultat dela številnih avtorjev, med katerimi je tudi Michael Butler, ki se podpisuje kot sodelavec pri 9. izdaji, sodeloval pa je tudi že pri 8. izdaji.<sup>2</sup>

9. izboljšana izdaja Uvoda v letalsko pravo se od predhodne izdaje razli-



kuje že v tem, da ne navaja dejanskih primerov (kejsov), ne vsebuje pa tudi seznama mednarodnih konvencij in drugih sporazumov s področja civilnega letalstva, ker je to literaturo lahko najti na spletnih straneh mednarodnih organizacij (ICAO, ECAC, EU itd.). Resnici na ljubo to ni vedno res, še posebej, ko besedila mednarodnih aktov niso (pravočasno) objavljena (op. avtorja).

Nova izdaja ima 10, prejšnja pa je imela 11 poglavij. V 10 poglavjih so obdelane naslednje teme:

- zračna suverenost,
- dostop na trg in sporazumi odprtega neba,

- sodelovanje med letalskimi prevozniki,
- režim EU in letalski prevoz,
- odgovornost letalskega prevoznika,
- ureditev varnosti vključno s standardi ICAO in priporočeno prakso (SARPs),
- mednarodne in regionalne (letalske) organizacije,
- pravice na zrakoplovu in
- varovanje letalstva.

Študentje in praktiki na področju mednarodnega letalskega prava bodo v 9. izdaji našli vse, kar je v tem trenutku aktualno in uporabljivo. Še posebej bi radi v tej zvezi opozorili na 10. poglavje, ki govori o kazenskem letalskem pravu, protiterorističnih konvencijah, primeru Lockerbie ter o Konvenciji iz Pekinga in njenem protokolu. Avtor ne izpusti niti fenomena »neobvladljivih potnikov«. Posebno pozornost namenja enotnemu evropskemu nebu (ang. SES I, II) in v tem okviru vzpostavljanju funkcionalnih blokov zračnih prostorov. Ta »*novum*« je še posebej zanimiv s stališča Slovenije, ki je deponitarka Sporazuma o vzpostavitvi funkcionalnega bloka zračnega prostora Srednje Evrope (t. i. FAB CE sporazum), ki združuje zračne prostore Avstrije, Bosne in Hercegovine, Češke, Hrvaške, Madžarske, Slovaške in Slovenije.

Nova izdaja Uvoda v letalsko pravo vsekakor zasluži našo pozornost.

Mag. Aleksander Čičerov, univ. dipl. prav.

1 Prva izdaja Uvoda v letalsko pravo ima letnico 1982. Slovenci smo dobili Mednarodno letalsko pravo v slovenščini leta 2009. Avtor mag. Aleksander Čičerov je izvorno avtorsko delo objavil v Založbi Uradnega lista, pri čemer mu je s sponzorskimi sredstvi pomagala tudi Fakulteta za strojništvo (glej VENTIL, april, 16/2010/2, str. 190). Medtem ko I. S. Verschoor in Pablo Mendes de Leon govorita o *uvodu v letalsko pravo*, je Slovenija dobila *učbenik o letalskem pravu*.

2 M. A. Butler je pravni svetovalec pri Air Safety Support International Limited, UK.



# JAKŠA

## MAGNETNI VENTILI

### od 1965

- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu



[www.jaksa.si](http://www.jaksa.si)



Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana

T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E [info@jaksa.si](mailto:info@jaksa.si)



**NOVA  
KNJIGA**

## STROKOVNI IN DIDAKTIČNI PRIROČNIKI

Ugoden nakup knjig v kompletu. **Prihranite do 30%.**

Ventil 19/2013/1

Obiščite spletno knjigarno [www.pasadena.si](http://www.pasadena.si)



Družite se z nami tudi na družbenih omrežjih!

Založba Pasadena d.o.o.  
Tehnološki park 18  
1000 Ljubljana  
T: (01) 475 8535  
E: [knjige@pasadena.si](mailto:knjige@pasadena.si)  
W: [www.pasadena.si](http://www.pasadena.si)

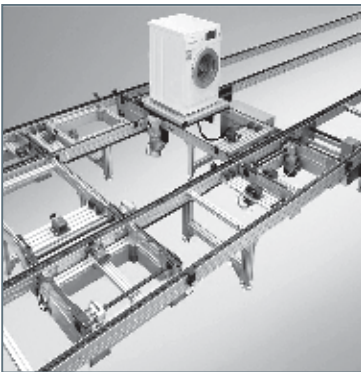
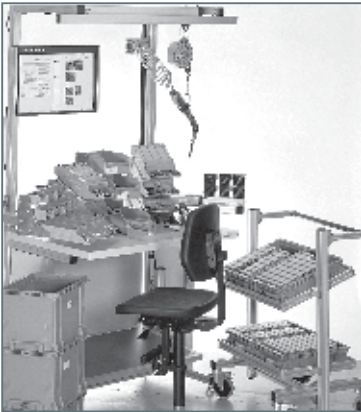
**Rexroth**

**ORGATEX®**

**LEANPRODUCTS®**



**BOSCH**



**OPL**  
automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.  
Dobrave 2  
SI-1236 Trzin, Slovenija

Tel. +386 (0) 1 560 22 40  
Tel. +386 (0) 1 560 22 41  
Mobil. +386 (0) 41 667 999  
E-mail: opl.trzin@siol.net  
www.opl.si

**Nova revija za avtomatizacijo robotiko Strojništvo in informatiko**

**WWW.SVET-ME.SI**

## Oglaševalci

ATLAS COPCO, d. o. o., Trzin	1
AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	82
DOMEL, d. d., Železniki	25
DVS, Ljubljana	49
FANUC Robotics, Češka	1
FESTO, d. o. o., Trzin	1, 84
HAWE HIDRAVLIKA, d. o. o., Petrovče	83
ICM, d. o. o., Celje	79
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGREN, Lesce	1
INDMEDIA, Beograd, Srbija	18
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	1
LOTRIČ, d. o. o., Šelca	1, 61, 65
MAPRO, d. o. o., Žiri	1
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	1
OLMA, d. d., Ljubljana	1, 60
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin	1, 82
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	1
PH Industrie-Hydraulik, Germany	75
POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri	1, 2
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	26
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	15, 41, 80
RLS merilna tehnika, Komenda	74
S3C, d. o. o., Ljubljana	1
SICK, d. o. o., Ljubljana	1
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	19
SUN Hydraulik, Erkelenz, Nemčija	70
TEHNA, d. o. o., Ljubljana	78
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	22
TRC Ljudmila Ličen s. p., Kranj	68
UL, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana	13
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	7, 71
UM, Fakulteta za strojništvo, Maribor	33
UM, FERİ, Maribor	25
YASKAWA SLOVENIJA, d. o. o., Ribnica	4
Založba Pasadena, Ljubljana	81