



**OPL**

**FESTO**

**LOTRIC**  
METROLOGY

**OLMA**  
LUBRICANTS

**PH**  
POCLAIN HYDRAULICS

**HYDAC**

**Parker**

**NORGREN**

**SICK**  
Sensor Intelligence.

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

**MADRO**  
HYDRAULIC MOVEMENT

**HBM**  
Test & Measurement

- Dnevi strojništva
- Ventil na obisku
- Hidrostatični batni pogoni
- Krmiljenje temperature laserskih diod
- Nadzor in upravljanje kvalitete izdelkov
- Kako izbrati infrardeči termometer?
- Avtomatizacija v procesni industriji
- Podjetja predstavljajo

**DAX**

**EPSON**  
EXCEED YOUR VISION

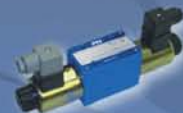


[www.dax.si](http://www.dax.si)

DAX Electronic Systems d.o.o.  
Uradni distributer  
**EPSON** Factory Automation

# 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**

Kladivar, tovarna elementov za fluidno tehniko Žiri, 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

Vsebina	347	■ DNEVI STROJNIŠTVA	
Impresum	349	<i>Edvard GOVEKAR</i> : Rekordno število obiskovalcev prireditve Dnevi strojništva v Tehniškem muzeju v Bistri	350
Beseda uredništva	349		
■ DOGODKI – POROČILA – VESTI	356	■ VENTIL NA OBISKU	
■ NOVICE – ZANIMIVOSTI	364	Uspešno mednarodno podjetje, ki uresničuje svoje razvojne cilje s slovenskimi strokovnjaki	368
Seznam oglaševalcev	426	■ HIDROSTATIČNI POGONI	
Znanstvene in strokovne prireditve	354	<i>Monika IVANTYSYNOVA</i> : The Piston Cylinder Assembly in Piston Machines – a long Journey of Discovery	374

**Naslovna stran:**

DAX, d. o. o. Uradni distributer Epson Factory Automation Vreskovo 68 1420 Trbovlje Tel.: 03 5630 500 Fax.: 03 5630 501 http://www.dax.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
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	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
FESTO, d. o. o. IOC Trzin, Blatnica 8 SI-1236 Trzin Tel.: + (0)1 530 21 10 Fax: + (0)1 530 21 25	SICK, d. o. o. Cesta dveh cesarjev 403 0000 Maribor Tel.: + (0)1 47 69 990 Fax: + (0)1 47 69 946 e-mail: office@sick.si www.sick.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	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
Kladivar, d.o.o. Industrijska ulica 2, 4226 Žiri Tel.: +386 (04) 51 59 100 Fax: +386 (04) 51 59 122 kladivar@poclainhydraulics.com http://www.kladivar.com	MAPRO d.o.o. Industrijska ulica 12, 4226 Žiri Tel.: 04 510 50 90 Faks: 04 510 50 91 www.mapro.si
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	TRC Ljudmila Ličen s.p. Vrečkova 2 SI - 4000 Kranj Tel: +386 4 2358310 Fax: +386 4 2358311 http://www.trc-hbm.si
HYDAC, d. o. o. Zagrebska c. 20 2000 Maribor Tel.: + (0)2 460 15 20 Fax: + (0)2 460 15 22 www.hydac.si	

## ■ TEMPERATURNA REGULACIJA

<i>Marko POGAČAR, Vid AGREŽ, Vid NOVAK, Jaka PETELIN, Rok PETKOVŠEK, Janez DIACI</i> : Sistem za krmiljenje temperature laserskih diod	388
--	-----

## ■ VODENJE INDUSTRIJSKIH PROCESOV

<i>Miha GLAVAN, Matej GAŠPERIN, Matej VIDMAR, Maks TUTA, Stojan KOKOŠAR, Đani JURičIČ, Andrej BRLOŽNIK</i> : Analiza proizvodnih podatkov za nadzor in upravljanje kvalitete izdelkov	396
---	-----

## ■ BREZKONTAKTNO MERJENJE TEMPERATURE

Bojan TEŽAK: Kako izbrati infrardeči termometer?	404
--	-----

## ■ IZ PRAKSE ZA PRAKSO

<i>Vladimir VREČKO</i> : Izkušnje pri uvajanju avtomatizacije v procesno industrijo	408
---	-----

## ■ AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Linearni pogoni za ekstremne razmere ( <i>HENNLICH</i> )	412
Skodelični ležaji <i>ALWAYSE (TULI)</i>	413
Modularni senzorski sistem <i>SMT-8M-A</i> za valje ( <i>FESTO</i> )	414

## ■ NOVOSTI NA TRGU

Vijačni kompresorji z vbrzganjem olja ( <i>ATLAS COPCO</i> )	416
<i>HYDAC</i> -ov <i>AutoFilt® RF4</i> – filter s povratnim izpiranjem ( <i>HYDAC</i> )	417
Plinska vzetel <i>Bansbach (INOTEH)</i>	418
Merilne svetlobne zavese v robustnem ohišju ( <i>MIEL Elektronika</i> )	418
Nova serija merilnih senzorjev <i>ZX (MIEL Elektronika)</i>	419
<i>Parker AC30V</i> – energijsko varčnejši frekvenčni pretvorniki ( <i>PARKER HANNIFIN</i> )	420
Robusten ročni bralnik za zahtevne pogoje ( <i>SICK</i> )	421
Miniaturni linearni pogon <i>LAT3 (SMC)</i>	421

## ■ PODJETJA PREDSTAVLJAJO

<i>Gašper RAVNAK</i> : Lastna proizvodnja električne in toplotne energije ( <i>BUTAN PLIN</i> )	422
---	-----

## ■ LITERATURA – STANDARDI – PRIPOROČILA

Nove knjige	424
Priloga E <i>VDMA 24580</i> za snovanje hidravličnih naprav	425

## ■ PROGRAMSKA OPREMA – SPLETNE STRANI

Hidravlične valje konfekcionirati, uvažati in dokumentirati	426
---	-----

**VENTIL**  
REVUA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO  
ISSN 1518-7219 | NOVEMBER 18 / 2012/15

- Dnevi strojništva
- Ventili na obisku
- Hidrostatični batni pogoni
- Krmiljenje temperature laserskih diod
- Nadzor in upravljanje kvalitete izdelkov
- Kako izbrati infrardeči termometer?
- Avtomatizacija v procesni industriji
- Podjetja predstavljajo

www.dax.si  
DAX Electronic Systems (d.o.o.)  
Uradni distributer  
EPSON Factory Automation

# Visoke delovne norme? Nova generacija jih preseže z levo roko. In z desno tudi.



## DVOROČNI ROBOT SDA10

število osi: 15  
max. polmer dosega: R=970 mm  
nosilnost: 10 kg  
ponovljiva natančnost:  $\pm 0.1$  mm  
teža: 220 kg  
delovna temperatura: 0 do 45 °C  
vlažnost: 20 do 80 % (ne kondenzirana)  
priključna moč: 4,2kVA

**Dvoročni robot SDA 10** je predstavnik nove generacije humanoidnih robotov in hkrati edini dvoročni robot na svetu. Veliko število premičnih osi (sedem na vsaki roki in ena v trupu) mu omogoča izjemno fleksibilnost in spretnost.

Zaradi optimiziranih dimenzij, (ozka širina ramen) pa je še posebej primeren za delovna mesta, kjer je prostor omejen, operacije pa težko dostopne.

Dvoročni robot SDA 10 lahko deluje samostojno ali v ekipi z zaposlenimi. Obvladuje široko paleto aplikacij - od strege strojev, sestavljanja, transporta bremen... Odlikuje se tudi v hitrosti, saj delovne operacije opravi v le 2/3 običajnega deovnega časa!\*

Ne glede na to, v kateri panogi delujete, vam bo avtomatizacija v vsakem primeru zagotovila prihranek časa in sredstev.

Izboljšajte produktivnost vašega podjetja!  
Naredite več, bolje in v krajšem času!

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

Za več informacij obiščite spletno stran [www.motoman.si](http://www.motoman.si) ali nas pokličite na številko 01 8372 410.

 **YASKAWA**  
MOTOMAN

\*Trditev se nanaša na primerjavo z običajnim delovnim časom, potrebnim za opravljanje specifičnih delovnih operacij po Yaskawinih modelih in vzorcih.

© Ventil 18 (2012) 5, Tiskano v Sloveniji.  
Vse pravice pridržane.  
© Ventil 18 (2012) 5, Printed in Slovenia.  
All rights reserved.

## Impresum

Internet:  
www.revija-ventil.si

e-mail:  
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	18	Volume
Letnica	2012	Year
Številka	5	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 BAJSIČ, FS Ljubljana  
doc. dr. Andrej BOMBAČ, FS Ljubljana  
izr. 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 KOPAČ, KLADIVAR Žiri  
doc. dr. Darko LOVREC, FS Maribor  
izr. prof. dr. Santiago T. PUENTE MÉNDEZ,  
University of Alicante, Španija  
prof. dr. Hubertus MÜRRENHOF, RWTH Aachen, ZR  
Nemčija  
prof. dr. Takayoshi MUTO, Gifu University, Japonska  
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., Šola za strojništvo, Škofja Loka  
prof. dr. Alojz SLUGA, FS Ljubljana  
Janez Škrlec, inž., Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije  
prof. dr. Brane ŠIROK, FS Ljubljana  
prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana  
prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice:  
Miloš NAROBÉ

Oblikovanje oglasov:  
Narobe Studio

Lektoriranje:  
Marjeta HUMAR, prof., Paul McGuiness

Računalniška obdelava in grafična priprava za tisk:  
grafex d.o.o.

Tisk:  
Tiskarna PRESENT, 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 sofinancira 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.

# Zakon za uravnoteženje javnih financ



Zakon za uravnoteženje javnih financ je v ve-  
liki meri posegel tudi med zaposlene na naših  
univerzah in na fakultetah. Večina, katerih se  
ta zakon na tak ali drugačen način tika, se  
z zakonom ne strinja, ga obsojala in zaradi  
ukrepov, ki so jih prizadeli se čutijo osebno  
užaljeni.

Redko kateri zakon je dvignil toliko prahu  
kot prav ta. Zakon za uravnoteženje javnih  
financ v 188. in 264. členu ureja vprašanje  
prenehanja pogodbe o zaposlitvi, pri čemer  
veže prenehanje pogodbe o zaposlitvi na

izpolnjevanje pogojev do starostne pokojnine. To »prisilno upokojevanje«, kot  
so ga mnogi imenovali, je med najbolj problematiziranimi določbami Zakona o  
uravnoteženju javnih financ, na njegovo spornost so opozorili tako pravniki kot  
številne institucije, obravnavali pa ga bodo, med drugim na pobudo varuhinje  
človekovih pravic, tudi ustavni sodniki. Pravniki se skoraj popolnoma strinja-  
jo z razlago, da gre posameznik lahko v pokoj le prostovoljno (verjetno so to  
pravniki, ki se jih zakon tika). Številnim zaposlenim profesorjem, asistentom in  
drugim zaposlenim se je z uveljavitvijo zakona prenehalo delovno razmerje, kar  
pomeni, da so odšli v pokoj ali v drugo službo.

Številni prizadeti si zakon tudi napačno razlagajo. Zakon nikjer en govori o  
prisilnem upokojevanju ampak le o prenehanju delovnega razmerja. Vsak,  
ki mu »država« s tem zakonom prekinja delovno razmerje se lahko zaposli v  
privatnem podjetju, začne s svojo dejavnostjo kot zasebnik ali z drugo obliko  
samozaposlovanja.

Senat Univerzi v Ljubljani, kot so poročali naši mediji, je junija sklenil, da univer-  
za nobenega od zaposlenih, ki so stari do 67 let, ne bo silila v pokoj, z zaposle-  
nimi, stari od 67 do 70 let, se posamično dogovarjajo o datumu upokojitve,  
po 70. letu pa naj profesor ne bi več predaval, kar je analogija s sodniki, ki po  
70. letu ne smejo več soditi. Z vsakim posameznikom, ki ga je doletelo zakon-  
sko določilo o prenehanju pogodbe o zaposlitvi, so dekani opravili pogovor in  
poskušali najti soglasno rešitev. To so dosegli v več kot 97 odstotkih primerov. V  
številnih to pomeni, da je okoli 67 sodelavcem (42 učiteljem) prenehala veljati  
pogodba o zaposlitvi in se bodo upokojili, z okoli 170 sodelavci (155 učitelji)  
pa so sklenili različne dogovore za nadaljevanje dela, ki jih omogoča zakon.

Na univerzi so omenili, da če to ne bi bilo mogoče, bi doživeli izjemno kadro-  
vsko krizo. Rektor univerze dr. Radovan Stanislav Pejovnik je dejal, da postopki  
dogovarjanja niso bili preprosti, mnogo ljudi je osebno prizadetih in marsikje so  
se skalili sicer dobri odnosi, zato menim, da je bil celoten postopek za univerzo  
škodljiv in ni prinesel skoraj nikakršnega prihranka.

Zakaj taka prizadetost? Kako je mogoče, da so ljudje, ki so delali skupaj na  
fakultetah več desetletji, naenkrat postali sprti, da so se odnosi tako hitro in  
praktično brez razloga skrhal in da ljudje v jezi zapuščajo svoja delovna mesta,  
da odhajajo brez slovesa in jezni na vse. To se seveda mnogo lažje sprašuje  
nekdo, ki se ga zakon ne tiče kot tisti, ki je prizadet. Pa vseeno! Pa pogledjmo  
kako je to urejeno v nekaterih drugih državah. Desetletja je bilo znano, da v Av-  
striji, Nemčiji na Nizozemskem in še v številnih drugih urejenih državah morajo  
profesorji zapustiti svoje delovno mesto na univerzi s 65 leti starosti. Stvari se  
nekoliko spreminjajo šele sedaj ko se v teh državah podaljšuje delovna doba za  
upokojevanje.

Pri nas pa, kot navadno, delamo »balkansko«. V preteklosti je vsak sam lahko  
razpolagal z datumom odhoda v pokoj ne glede na to ali je družbi potreben  
ali ne. Ali je to dobro ali ne je stvar razprave. Ko se pa neka skupina ljudi (beri  
vlada) odloči sprejeti drugačen zakon pa ta začne veljati takoj, ne glede na  
posledice in predvsem brez prehodne dobe. In prav v tem vidimo največji pro-  
blem. Če bi profesorji na fakultetah vedeli, da bodo morali iti v pokoj, vsaj pet  
let pred iztekom delovne dobe, bi bila situacija mnogo bolj nežna in za večino  
prav gotovo sprejemljiva. Naglica pa tudi v tem primeru ni dobra  
Seveda je pa pri tem še eno zelo pomembno vprašanje. Zakaj taka razprava, ko  
gre za javne uslužbenke. Tudi v mnogih podjetjih morajo ljudje v pokoj, ko iz-  
polnijo pogoje za upokojitev. O tem pa nikoli in nikjer nobene debate. Ponovno  
lahko zapišemo, da se novinarji in politiki ukvarjajo sami s sabo in eni z drugimi,  
tisti v realnem sektorju pa niso pomembni.

Janez Tušek

# Rekordno število obiskovalcev prireditve Dnevi strojništva v Tehniškem muzeju v Bistri

Edvard GOVEKAR

V zadnjem tednu septembra je v Tehniškem muzeju Slovenije v Bistri pri Vrhniki že tretjič zaporedoma potekala prireditev Dnevi strojništva. Namen prireditve je širokemu občinstvu, predvsem mladini osnovnih in srednjih šol, na poljuden način s privlačnimi ter praktičnimi delavnicami predstaviti področja strojništva in poudariti pomen in aktualnost študija strojništva v današnjem času. Prireditve, ki jo je organiziralo osebje muzeja skupaj z laboratoriji Fakultete za strojništvo v Ljubljani, se je udeležilo rekordno število preko 2100 obiskovalcev.

## Uvod

Področje strojništva že dolgo ni več vezano le na mehanske konstrukcije in naprave, kot je bilo to morda v preteklosti in izhaja iz prevoda angleške besede mechanical engineering. Dandanes raziskave in razvoj na področju strojništva ponujajo odgovore na številna vprašanja iz mehanike, energetike, naprednih izdelovalnih tehnologij, snovanja in oblikovanja izdelkov, vodenja procesov, okoljevarstva, prometa, inženirske reologije, tribologije in nanotehnologije, zapletenih mehatronskih sistemov in tehniške sinergetike. Predstavitev rezultatov znanstvenoraziskovalnega dela in področij, s katerimi se na fakulteti ukvarjamo, tako industrijskemu okolju kot širši javnosti je izrednega pomena za uveljavitev področja strojništva v družbi. Sporočilo, ki ga želimo prenesti v širši prostor, je, da je študij strojništva na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani študij sedanosti in prihodnosti, ki generira in nudi potrebna

Prof. dr. Edvard Govekar, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo



Osnovno- in srednješolci pred vhomom v Tehniški muzej v Bistri

znanja za kreiranje odgovorov na hitro se spreminjajoče potrebe moderne industrije in globalnega okolja, v katerem živimo.

Prireditev Dnevi strojništva je samo ena od aktivnosti v okviru promocije študija strojništva ter znanj in kompetenc, ki jih študentje pridobijo med študijem. Namen prireditve, ki postaja tradicionalna, je širokemu občinstvu, predvsem osnovnošolcem in srednješolcem, na poljuden in privlačen način s praktičnimi in interaktivnimi delavnicami predsta-

viti področja strojništva ter poudariti pomen in aktualnost strojništva v današnjem času. V okviru letošnje prireditve, ki je potekala od 24. do 30. septembra, je bilo pripravljenih 30 delavnic. V petih dneh si je prireditev ogledalo več kot 2100 udeležencev, in sicer 1067 osnovnošolcev, 684 srednješolcev ter 95 spremljevalnega osebja. V nedeljo, ki je namenjena pretežno družinskim obiskom, si je prireditev ogledalo 258 obiskovalcev.

Čas letošnje prireditve je sovpadal tudi z obiskom komisije za medna-



Člani akreditacijske komisije ASIIN so z zanimanjem prisluhnili razlagi študentov Fakultete za strojništvo

rodno ASIIN-akreditacijo študijskih programov prve in druge stopnje študija na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Šestčlanska komisija iz Nemčije si je z zanimanjem ogledala

priditev in prisluhnila razlagam, pri katerih so v večini sodelovali kar sami študentje fakultete in kreatorji delavnic. Člani niso skrivali navdušenja in pohval nad prikazanimi vsebinami.

V nadaljevanju so na kratko predstavljene vsebine nekaterih letos nanovo pripravljenih delavnic, s katerimi so se imeli priložnost seznaniti obiskovalci prireditve Dnevi strojništva. Predstavitve vsebine vseh delavnic so radovednemu bralcu na voljo na spletnih straneh Fakultete za strojništvo v Ljubljani. Če smo z Dnevi strojništva vzbudili zanimanje ali pa celo pripomogli k lažji odločitvi za študij na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, je bil namen prireditve v celoti izpolnjen.

Prisrčno vabljeni na ogled zanimivih delavnic v okviru prireditve Dnevi strojništva tudi v prihodnjem letu, ki bodo s še bolj zanimivimi vsebinami že četrtič zapored potekali v zadnjem tednu septembra v Tehniškem muzeju Slovenije v Bistri.

## Predstavitev nekaterih delavnic, ki so potekale v sklopu Dnevov strojništva

### Biodinamični testirni sistem za merjenje vnosa vibracij v roko

Pri delu z ročnim orodjem se prenašajo vibracije iz orodja v uporabnikovo roko, kar ob daljši izpostavljenosti povzroči otopele prste in dlan, dolgoročno pa lahko privede do nastanka vibracijskih bolezni ter resnih poškodb roke. Prikazan je bil vibromehanski sistem z vgrajenimi merilniki vibracij, ki omogočajo simulacijo in raziskave prenosa vibracij od izvora v roko uporabnika.

Na podlagi zajetih podatkov je mogoče sklepati o vibracijski obremenjenosti roke, kar omogoča razvoj ustrezne vibracijske zaščite v obliki antivibracijske rokavice. Obiskovalci so lahko sami preizkusili vpliv prenosa vibracij na roko in delovanje zaščitnih rokavic.

### Virtualni simulator varjenja

Gibanje rok pri varjenju je zelo podobno kot pri kirurških operacijah in ima ključno vlogo za izdelavo kakovostnih varov. Razvoj simulatorjev varjenja je rezultat potreb po zniževanju stroškov za usposabljanje varilcev, pomanjkanje varilnega osebja in osebja za učenje specialnih vrst varjenja. Predstavljeni simulator omogoča izvedbo virtualnega ročnega obločnega varjenja, varjenja TIG ter varjenja MIG/MAG, nadgrajujejo pa ga simulacije varjenja različnih materialov, tudi titana. Prednost učenja na virtualnih simulatorjih je tudi v takojšnjem prikazu napačnega položaja gorilnika, oddaljenosti ali hitrosti varjenja, kar omogoča hitro učenje na osnovi analize in popravljanja napak.

Z uporabo virtualnega simulatorja so se lahko obiskovalci preizkusili v postopkih spajanja in spoznali zahtevnost postopka varjenja.

### Hranilnik toplote

Zaradi časovne neusklajenosti med razpoložljivim virom energije za ogrevanje in rabo toplote za pripravo tople sanitarne vode ali ogrevanja imajo pri ogrevalnih sistemih na biomaso in solarnih ogrevalnih sistemih pomembno vlogo hranilniki ali zalogovniki toplote.



Številni so se preizkusili v spretnosti spajanja na varilnem simulatorju

te. V hranilnik toplote shranimo toploto v obliki povečane notranje energije za čas, ko jo potrebujemo. V primeru senzibilnih hranilnikov toplote imajo prednost hranilniki s temperaturnim razslojevanjem, saj omogočajo učinkovitejše delovanje ogrevalnega sistema. V zgornjem delu hranilnika se sanitarna voda hitro segreje, nižja temperatura na dnu hranilnika pa omogoča, da čim več energije shranimo v hranilniku. Obiskovalci so si na eksperimentu poleg delovanja hranilnikov toplote s pomočjo infrardeče termografije lahko ogledali princip temperaturnega razslojevanja.

### Stroj za obdelavo izvrtin v oblogah fuzijskega reaktorja ITER

Preskrba z energijo je eden od ključnih izzivov človeštva. Mednarodna skupnost je pred leti strnila moči s ciljem poiskati čisti vir energije, ki bi zadostoval za vse večje potrebe sveta po električni energiji. Med bolj obetavne tehnologije proizvodnje električne energije sodi tudi atomska fuzija, ki temelji na zlivanju vodikovih in helijevih atomov. To je fizikalni proces, ki se dogaja na soncu in je ravno obraten procesu v jedrskih reaktorjih, kjer atomi razpadajo na manjše. Ker pri fuziji nastopajo lahki atomski elementi, ki jih je v okolju v izobilju in niso radioaktivni, bi bilo takšno pridobivanje energije čisto in poceni. Razvoj omenjene tehnologije je napredoval že tako daleč, da v Franciji poteka gradnja eksperimentalnega reaktorja ITER, ki bo sposoben vzdrževati stanje zlivanja jeder dalj časa in iz sproščene energije proizvajati elektriko. Pri izdelavi tako

kompleksnega sistema se pojavljajo številne težave, med katerimi je tudi natančna izdelava izvrtin v notranjo oblogo reaktorja, ki je izpostavljena izredno visokim temperaturam. Na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani smo v sklopu tega projekta uspeli z idejo za natančno izdelavo omenjenih izvrtin. V okviru prireditve se je bilo moč seznaniti z idejo jedrske fuzije pri proizvodnji električne energije. Obiskovalcem je bil na ogled tudi sistem, ki se uspešno uporablja pri izdelavi izvrtin v reaktorskem delu naprave.

### Tribologija, mazanje in nanotehnologija

Trenje je pogosto zaželen, še pogosteje pa neželen pojav. V praksi se vsi mehanski sistemi soočajo s problemi trenja in obrabe strojnih elementov. Poleg razvoja maziv, načrtovanja površin za zagotavljanje nizkega trenja in obrabe pri različnih pogojih delovanja mehanskih sistemov se je v zadnjem desetletju za izboljšanje protiobrabne obstojnosti strojnih elementov zelo razširila uporaba naprednih materialov, npr. trdih protiobrabnih prevlek z nizkim trenjem, lasersko strukturiranih površin s prilagojeno topografijo, nanostrukturnih materialov itd. Veliko najnovejših znanstvenih raziskav v industriji poteka tudi na področju mazanja z manjšimi količinami maziva, mazanja z okolju prijaznimi mazivi, mazanja z uporabo nanodelcev itd. Zelo zanimivo je povsem novo področje, ki se tovrstnih problemov loteva na nanonivoju, to je nanotribologija, ki probleme trenja in obrabe obravnava na nivoju molekularnih interakcij in na osnovi atomskih sil.

### Meritev porabe goriva in izpustov onesnažil

Okoljevarstvo postaja eden pomembnejših vidikov pri razvoju novih izboljšav obstoječih produktov in tehnologij. Tudi v avtomobilski industriji med vse pomembnejše tehnične podatke sodi podatek o porabi goriva, izpustu CO<sub>2</sub> in drugih reguliranih onesnažil, ki obsegajo dušikove okside, ogljikov monoksid in nezgorele ogljikovodike. Te podatke pridobijo tako, da vozilo opremijo z merilno opremo za merjenje sestave izpušnih plinov, nato pa vozijo po predpisanem ciklu. Merilna oprema analizira vzorec izpušnih plinov in določi njegovo kemijsko sestavo. Iz sestave in pretoka izpušnih plinov nato določijo količino zgorelega goriva (porabo goriva) ter količino nastalih onesnažil. Izpust CO<sub>2</sub> je neposredno povezan s količino zgorelega goriva, saj gorivo zgoreva skoraj popolno, in je človeku manj nevaren od drugih reguliranih onesnažil. V okviru Dnevov strojništva je bilo predstavljeno vozilo z merilno opremo za merjenje onesnažil. Obiskovalci so imeli priložnost primerjati sestavo izpušnih plinov starejšega in sodobnega hibridnega vozila ter spoznati prednosti sodobnih pogonskih agregatov.

### Napredne tehnologije odrezavanja

Odrezavanje je ena od najpogosteje uporabljenih tehnologij v kovinsko-predelovalni industriji. Odprta so številna vprašanja s področja okolju prijaznih hladilno-mazalnih sred-



Strojništvo je lahko tudi zabavno





*Leseno kolo, paša za oči s tehnološkega in estetskega vidika*

stev, izdelave mikroizdelkov in hitre izdelave prosto oblikovanih površin. Možna rešitev za izvedbo okolju prijaznega mazanja in hlajenja je tehnologija kriogenega odrezavanja, ki temelji na uporabi tekočega dušika. Dovod dušika v rezalno cono je bil razvit na Fakulteti za strojništvo in predstavlja eno od obetavnih alternativ mazanja.

Odgovor na potrebo po mikroizdelkih ponuja tehnologija mikrofreziranja. Predstavljena je bila problematika ostrine, hrapavosti in obremenitev rezalnega orodja ter vpliv zrnatosti obdelovanca, ki nastopi pri prehodu v mikrosvet.

Za izdelavo izdelkov prostih površin je bila predstavljena uporaba petosnih robotov, katerih kinematika omogoča odrezavanje najrazličnejših materialov, kot so: poliuretanske pene, kompozitni materiali, les in kovine. Uporaba robota za freziranje je še posebej zanimiva na področjih, kjer sta potrebni velika prilagodljivost in odzivnost in so zahteve po tolerancah izdelkov nekoliko bolj ohlapne.

### 3D-tiskanje

Pri tehnologijah 3D-tiskanja v nasprotju s tehnologijami odrezavanja dobimo končni izdelek tako, da dodajamo material plast za plastjo. Najprej računalniški (CAD)

model izdelka razrežemo na tanke plasti, nato stroj zgradi prvo plast izdelka, na to plast drugo in tako naprej, dokler ni zgrajen celoten izdelek. Največja prednost tehnologij dodajanja je v tem, da lahko z njimi naredimo izdelek poljubnih oblik. Prvotno so bile tehnologije dodajanja namenjene izdelavi prototipov, saj na začetku tehnologije niso omogočale izdelave izdelkov s kvalitetnimi mehanskimi lastnostmi. V zadnjem času pa so tehnologije dodajanja materiala po plasteh napredovale do te mere, da lahko z njimi izdelujemo končne izdelke iz polimernih materialov in pa tudi iz kovine. Uporablja se več različnih principov dodajanja materiala po plasteh.

### Leseno kolo

Kolo sodi med enega največjih odkritij v zgodovini človeštva nasploh. Obiskovalcem je bilo predstavljeno kolo, katerega okvir in sama kolesa so narejeni iz masivnega lesa, vezanih plošč in furnirjev najvišjega kakovostnega razreda ter ojačani s kompozitnimi materiali (karbonska, steklena in aramidna vlakna). Za zaščito pred vremenskimi vplivi so uporabljeni kakovostni dvokomponentni poliuretanski laki in posebne epoksidne smole. Posebnost koles je, da so okviri votli, kar pripomore k nižji teži. Skupna teža sestavljene kolesa znaša malenkost čez 9 kg,

kar je primerljivo s cestnimi kolesi. Za varnost poskrbijo vgrajena LED-svetila. Prikazani so bili tudi izredno atraktivni leseni koloseti, ki pa so še v procesu razvoja. Poleg samega tehnološkega dosežka je izdelano kolo tudi paša za oči z vidika oblikovanja.

### Tridimenzionalna fotografija

V svet filmov, fotografije in pa tudi na področje avtomatskega zbiranja podatkov in meritev vse bolj prodira tretja prostorska dimenzija. Obiskovalcem je bil predstavljen priročen merilnik za tridimenzionalno merjenje oblike teles, ki je bil razvit na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Merilnik je zasnovan kot dodatek, ki ga pritrdimo na digitalni zrcalno-refleksni fotoaparatus. Potrebno je le še ustrezno nastaviti parametre fotoaparata in že lahko s slikanjem opravljamo 3D-merjenje. Pri tem se površina merjenega telesa osvetli s črtastim svetlobnim vzorcem, za kar poskrbi optika, nameščena pred bliskovko fotoaparata. Slika se nato prenese v računalnik in obdela tako, da pridobimo poleg barve tudi informacijo o 3D-obliki telesa. Takšen merilnik je zlasti uporaben na področju medicine za merjenje delov telesa, kot so na primer rane, deformacije zaradi poškodb in podobno. Njegove odlike so brezdotačnost ter velika hitrost in enostavnost merjenja.

### Kako izdelek trajno označiti? Lasersko!

Označevanje in kodiranje sestavnih komponent in izdelkov je izrednega pomena pri postopku izdelave, sledenju in zagotavljanju kakovosti izdelkov. Lasersko označevanje je proces, pri katerem površino izdelka označimo s spremembo njene barve ali reliefa. Postopek je brezdotičen in izredno hiter. Označevalno orodje je kar laserski žarek, ki ima izredno veliko gostoto svetlobne moči. Ta se na površini izdelka pretvori v toploto, s katero se segrevajo, pretaljujejo ali celo odparavajo materiali, kot so: les, umetne mase, kovine, steklo itd. Brez težav obdelujemo tudi najtrše materiale, kakršen je diamant. Sistem za ozna-

čevanje je sestavljen iz laserskega izvora, optičnih elementov za oblikovanje in vodenje žarka ter računalniškega krmilnika, ki omogoča poljubno oblikovanje oznak v obliki napisov, črtnih kod, grafike, fotografij itd. Oznake so trajne in odporne na abrazijo, temperaturo in kisline. Tovrstni postopek označevanja je eden najhitrejših in omogoča visoko produktivnost. Predstavljeni laserski sistem za označevanje je razvilo podjetje LPKF Laser & Ele-

ktronika d. o. o. in se na Fakulteti za strojništvo uporablja v eksperimentalne namene. Obiskovalci so si lahko ogledali lasersko označevanje kovinskih ploščic.

### Pregledovanje mikrostruktur

Mikrostruktura je notranja struktura snovi (kovin in nekovin), ki opredeljuje njene lastnosti. Mikrostrukture so sestavljene iz različnih zrn (kot

zrna peska, ki se trdno držijo skupaj) in faz (kot na primer čokoladna zrna v piškotu). Ta notranja mikrostruktura je odvisna od kemične sestave kovine in od številnih faktorjev izdelovalnih tehnologij, kot so litje, preoblikovanje, valjanje, toplotna obdelava ...

Za pregledovanje mikrostrukture je potrebno iz kovinskega izdelka izrezati vzorec. Izrezana površina je potem spolirana in jedkana z razredčeno kislino. Ta proces nam odkrije mikrostrukturo, ki jo potem opazujemo z mi-

kroskopom pri različnih povečavah. Predstavljen je bil sistem za optično opazovanje mikrostrukture, ki omogoča do 1000-kratno povečavo. Obiskovalci so spoznali osnovne elemente optičnega mikroskopa in aktivno preizkusili sistem opazovanja mikrostrukture pri različnih povečavah.

### Vodna hidravlična naprava

Predpisi o zaščiti naravnega okolja postajajo vedno strožji. Čeprav je uporaba mineralnega hidravličnega olja in drugih naravi škodljivih hidravličnih kapljevino zelo razširjena, obstajajo možnosti za njihov nadomestek. Ena boljših rešitev glede varovanja okolja in pitnih voda na področju hidravlike je uporaba vode kot hidravlične kapljevine. Z letošnjim demonstracijskim eksponatom je bilo pokazano da je mogoče za hidravlično kapljevino uporabiti vodo brez dodatkov. Predstavljena je bila nova hidravlična naprava, ki smo jo zasnovali in izdelali na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani. Vodnohidravlična naprava je sestavljena iz visokotlačne vodne črpalke, vodnega 4/3-potnega ventila, vodnega hidravličnega akumulatorja, vodnega hidravličnega valja in drugih potrebnih sestavin. Pri hidravlični napravi smo za hidravlično kapljevino uporabili kar vodo iz vodovodne inštalacije. Napravo so lahko upravljali obiskovalci razstave, na kateri so tekmovali v spretnosti. Najboljši so bili nagrajeni.



Neustavljiva radovednost

## Znanstvene in strokovne prireditve

**Informatinsveranstaltung zur Normung im Fachverband Fluidtechnik** – Informacijska prireditve o standardizaciji v strukturnem združenju za fluidno tehniko (VDMA – Fluidtechnik)

19. 02. 2013  
Frankfurt, ZRN

Informacije:

– tel.: +069 – 6603 – 1652  
– e-pošta: joern.duerer@vdma.org  
– internet: www.vdma.org/fluid

**4. Fachtagung Hybridantriebe für mobile Arbeitsmaschinen** – 4. strokovno srečanje o hibridnih pogonih za mobilne delovne stroje

20. 02. 2013

Karlsruhe, ZRN

Informacije:

– Peter-Michael Synek  
– tel.: +069-6603-1513  
– e-pošta: peter.synek@vdma.org  
– internet: www.vdma.org/fluid

Nadaljevanje na strani 417

## AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2012 – ASM '12

v sredo, 05. 12. 2012, od 9.00 do 16.30 ure  
v prostorih GZS, Dimičeva ulica 13, Ljubljana.

Več o prireditvi najdete na spletni strani [www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)

Prijave sprejemamo: - preko spletne strani  
- na elektronski naslov: [asm.lasim@fs.uni-lj.si](mailto:asm.lasim@fs.uni-lj.si) ali [miha.debevec@fs.uni-lj.si](mailto:miha.debevec@fs.uni-lj.si) ter  
- na fax: (01) 47 71 434

### Program posveta

#### Uvodni nagovori

##### Kovinska industrija – stanje in trendi

Janja Petkovšek, Združenje kovinske industrije, GZS

##### FESTO – Pomen vseživljenjskega izobraževanja

Stane Berčič, FESTO d.o.o. LJUBLJANA

##### ROBOTI V STREŽNIH IN MONTAŽNIH SISTEMIH I.

- Visoko produktivna fleksibilna robotska linija za manipulacijo s katalizatorji, *Hubert Kosler, Aljoša Zupanc, Matej Merkač, Mag. Robert Modic, Damian Širaj*, Yaskawa Slovenija d.o.o.
- Robotska celica za obdelavo s plazmo in nanos lepilno tesnilne mase na vgradne elemente za avtodome, *Žiga Majdič*, ABB d.o.o.
- Časovna optimizacija razvrščanja operacij pri večopravilni robotski manipulaciji, *Tomaž Koritnik*, DAX Electronic Systems d.o.o.

##### ROBOTI V STREŽNIH IN MONTAŽNIH SISTEMIH II.

- Optimizacija gibanja robota Fanuc z nadzorom vibracij, *Franc Žaberl*, FANUC Robotics Czech s.r.o., Češka republika
- Prilagodljiv robotski obdelovalni sistem, *Simon Brezovnik, Miran Brezočnik, Karl Gotlih, Jože Balič*, UM, FS

- Električna prijemala, *Michael Grupp<sup>1</sup>, Rajko Dobnik<sup>2</sup>*,  
<sup>1</sup> - DE-STA-CO Europe GmbH, Nemčija; <sup>2</sup> - HALDER d.o.o.
- Energijske verige za robote, *Simon Antolič, Matej Tomšič*, Hennlich d.o.o.

##### LOGISTIKA PROIZVODNEGA PROCESA IN PRIMERI IZ PRAKSE

- Proizvodna inteligenca, *Žiga Petrič*, Tehna d.o.o.
- Optimiranje proizvodnega procesa izdelave polizdelkov za hladilnike preko računalniškega modela in simulacije diskretnih dogodkov, *Gregor Črep<sup>1</sup>, Mihael Debevec<sup>2</sup>*, <sup>1</sup> - Gorenje d.d.; <sup>2</sup> - UL, FS
- Kalibracija merilnih priprav na liniji, *Primož Hafner*, Lotrič d.o.o.
- Linija za obdelavo zadnje kamionske preme, *Jenko Matjaž*, RIKO d.o.o.

##### VITKA PROIZVODNJA

- Kako prihraniti milijone z uvedbo vitke organizacije, *Peter Metlikovič*, Ptica - zavod Kranj in UL, FS
- Proizvodne linije VSM, *Robert Črešnar*, GKN Driveline Slovenija, d.o.o.
- Sistem izboljševanja produktivnosti, vezan na nagrajevanje zaposlenih, *Janez Selan<sup>1</sup>, Peter Metlikovič<sup>2</sup>*, <sup>1</sup> - Sogefi Filtration; <sup>2</sup> - Ptica - zavod Kranj in UL, FS

#### Generalni pokrovitelj:



#### Zlati pokrovitelj:



#### Pokrovitelji:



#### Sponzorji:



#### Medijski pokrovitelji:



## Obisk 45. MOS kljub dan krajšemu sejmu na ravni lanskega

Število obiskovalcev 45. MOS (Mednarodnega sejma obrti in podjetnosti) je v sedmih sejemskih dneh preseglo 137.000, kar je kljub dan krajšemu sejmu na ravni lanskoletnega obiska. V Celjskem sejmu so z rezultati zadovoljni, saj tudi rezultati raziskave med obiskovalci in razstavljalci kažejo na zadovoljstvo obeh skupin. Tri četrte obiskovalcev je npr. napovedalo ponovni obisk sejma prihodnje leto, pa tudi več kot 63 % razstavljalcev je že odločenih, da se predstavi tudi na 46. MOS naslednje leto. Vsi preostali pa se verjetno zgolj še niso odločili. Več kot 40 % anketiranih razstavljalcev je tudi povedalo, da so na sejmu sklenili konkretne posle.

### Spodbudni rezultati raziskave med razstavljalci in obiskovalci

Prvi rezultati raziskave, ki jo tradicionalno izvede organizator sejma, med drugim kažejo, da se je več kot polovica razstavljalcev (58,6 %) na MOS predstavila zaradi promocije podjetja kot celote. Med razlogi za predstavitev sta sledila iskanje novih

kupcev ter promocija novih izdelkov in storitev. Velika večina, skoraj 78 %, je svoj nastop ocenila kot uspešen oz. zelo uspešen, kar se izraža tudi v odgovorih o izpolnjenih pričakovanih predstavitev na sejmu.

Pozitivne ocene sejma in napoved ponovnega razstavljanja v letu 2013 – da bodo zagotovo sodelovali, je odgovorilo 63 % razstavljalcev, delež tistih, ki so že odločeni, da jih prihodnje leto ne bo na MOS, znaša manj kot šest odstotkov – so posledica zadovoljstva z obiskom zasebnih in poslovnih obiskovalcev na razstavnih prostorih.

Obiskovalci so v raziskavi najpogosteje navajali, da so MOS obiskali, ker so si želeli ogledati sejemsko ponudbo ter novosti in izvedeti koristne informacije za prihodnji nakup. Velika večina obiskovalcev – več kot 85 %, kar je celo deset odstotnih točk več kot v letu 2011 – je navedla, da je sejem izpolnil njihova pričakovanja. Med obiskovalci je sicer največ takih, ki sejem obiskujejo redno.

Več kot 80 % obiskovalcev je sejem na petstopenjski lestvici ocenilo z najvišjima ocenama pet in štiri. Tri četrte obiskovalcev je že napovedalo ponoven obisk v letu 2013.

### Mednarodna poslovna srečanja in predstavitev držav rdeča nit 45. MOS

Na celjskem sejmišču se je v minulih sedmih dneh predstavilo več kot 1600 razstavljalcev iz 34 držav. Letošnje sejemsko dogajanje je bilo močno mednarodno obarvano. Kar devet držav je pripravilo skupinsko predstavitev svojih podjetij, od tega pet prvič. Odzivi obiskovalcev so bili zelo dobri, podjetja so vzpostavila številne poslovne stike s slovenskimi podjetniki, pa tudi s podjetniki iz regije.

Tudi več kot 40 diplomatsko-konzularnih predstavnikov iz 35 držav – MOS je na otvoritveni dan in v petek, ko je na sejmišču potekal Dan gospodarske diplomacije, obiskalo tudi 21 veleposlanikov – je izrazilo zadovoljstvo nad podobo sejma in potencialom za sodelovanje med gospodarstvi njihovih dežel in Slovenijo.

V strokovnem sejemskem dogajanju pa je Celjski sejem v sodelovanju s partnerji pripravil še problemsko okroglo mizo slovenskih občin o novih modelih financiranja evropskih projektov občin. Veliko pozornosti je bilo posvečene energetske učinkovitosti, odmevala je tudi okrogla miza o kreditnem krču in gospodarski krizi v Sloveniji, kjer so se gostje strinjali, da mora politika ukrepati hitro in učinkovito, če se želi Slovenija izogniti prošnji za pomoč. Makroekonomist dr. Mojmir Mrak pa je zadnji dan sejma med drugim povedal, da do stabilizacije bonitet v kratkem roku ne more pripeljati nobena posamezna akcija, temveč le paket. Mrak pravi, da mora Slovenija v dveh do treh mesecih sprejeti operativni model sanacije bank, ki bo javnofinančno vzdržen, ključne strukturne reforme, spremeniti referendumsko zakonodajo in sprejeti kredibilen proračun za naslednje leto.

### Predsednik državnega sveta, šest ministrov in več državnih sekretarjev

Letošnji 45. MOS je uradno odprl minister za gospodarski razvoj in



Kljub dan krajšemu sejmu, je dosežen obisk preteklega sejma



Na Dnevu gospodarske diplomacije, predstavniki 35 držav



Obiskovalci so prišli na sejem po novosti in koristne informacije

tehnologijo mag. Radovan Žerjav, ki je ob tem na MOS-ovem vrhu malega in srednjega gospodarstva odgovarjal na vprašanja podjetnikov, razstavljalcev na sejmu. Sejemsko dogajanje pa so si poleg njega ogledali še predsednik državnega sveta mag. Blaž Kavčič, ministrica za Slovence v zamejstvu in po svetu Ljudmila Novak, minister za delo, družino in socialne zadeve mag. Andrej Vizjak ter minister za izobraževanje, znanost, kulturo in šport dr. Žiga Turk. Sejem sta obiskala tudi minister za zunanje zadeve Karl Erjavec in minister za obrambo Aleš Hojs. Minister Erjavec je domačim podjetnikom skupaj s sodelavci na Dnevu gospodarske diplomacije med drugim razložil, da je gospodarska diplomacija ena od prioritet ministrstva, s katero pomagajo odpirati vrata slovenskim podjetjem na tuje trge in v Slovenijo vabijo tuje vlagatelje.

Med gosti so bili še drugi pomembni gostje iz domačega in tujega poslovnega in političnega življenja. Pa tudi odlični slovenski športniki – sejem so obiskali tudi trije prejemniki medalj z zadnjih poletnih olimpijskih iger (zlata Urška Žolnir, srebrni Primož Kozmus in bronasti Luka Špik).

[www.ce-sejem.si](http://www.ce-sejem.si)



LABORATORIJ  
ZA  
**LOTRIČ**<sup>®</sup>  
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 NEBEŠA POMAGA

## Odbor za znanost in tehnologijo pri OZS skupaj s partnerji prejel posebno sejensko priznanje

Obrtni sejem MOS 2012 v Celju je bil izjemno uspešen za odbor za znanost in tehnologijo, ki deluje v okviru Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije, in seveda za vse sodelujoče partnerje, med katerimi je bila tudi revija VENTIL. Letošnji MOS 2012 je zaznamovala vrsta zanimivih dogodkov, vendar je bil le eden neposredno povezan s srečanjem gospodarstva in znanosti. Ta dogodek je prepričljivo ustvaril odbor za znanost in tehnologijo pri Obrtno-podjetniški zbornici Slovenije.



Priznanje, podeljeno OZS na MOS 2012

Čeprav je sejem že veliko let namenjen predvsem obrtništvu in podjetništvu, zadnja leta postaja tudi stičišče gospodarstva in znanosti, priložnost za prenos znanja in novih tehnologij in za predstavitev novih poklicev. Letos je odbor za znanost in tehnologijo pri OZS poskrbel za posebno sejensko predstavitev, ki je zajemala številna zanimiva področja, kot so mehatronika, elektronika, avtomatika, biomehatronika, robotika, informacijsko-komunikacijske tehnologije, bionika in nanotehnologija. Sama predstavitev mogoče ne bi bila niti toliko pomembna, če se ne bi predstavile tehnologije, ki sodijo v sam svetovni vrh.

Sejemski razstavljeni prostor odbora za znanost in tehnologijo so si vsak dan ogledali številni obiskovalci, ki jih je zanimalo, kaj se na tem prostoru v resnici dogaja. Številni razstavljeni eksponati so dajali vtis, da gre za vesoljske ali vojaške tehnologije, vsekakor

pa je vsak obiskovalec lahko kaj hitro ocenil, da gre za nekaj, česar ne vidiš vsak dan, in zagotovo ni nekaj, kar bi bilo v široki komercialni uporabi. Ni naključje, da je odbor letos prejel posebno sejensko priznanje. Priznanje je bilo podeljeno za celovito predstavitev novih tehnologij in tehnoloških procesov, za povezovanje gospodarstva in znanosti ter za prenos tehnologij v mala in mikropodjetja. Zasluge za priznanje imajo poleg odbora za znanost in tehnologijo tudi: Institut Jožef Stefan, Kemijski inštitut v Ljubljani, FERI Univerze v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, VSŠ ŠC Ptuj in sodelujoča inovativna in razvojno naravnana podjetja. Letos prvič so bile obiskovalcem predstavljene tudi različne mikro- in nanotehnologije, ki jih je bilo moč opazovati le skozi poseben mikroskop. Predstavljeni pa so bili tudi visokotehnološki izdelki, kot so laboratoriji in reaktorji na čipu, MEMS- in NEMS-tehnologije, specialne naprave

za medicinske aplikacije, bolometer za vojaške aplikacije, multifunkcijski senzori, mikrogeneratorji električne energije, številni visokotehnološki izdelki iz elektronske keramike in silicija. Predstavitvi pa sta dala čar tudi razstavljeni zmagovalna robota Srednje elektro-računalniške šole v Mariboru. Predstavljen je bil namreč robot, ki je lani na svetovnem tekmovanju dosegel drugo mesto, in robot, ki je letos na svetovnem prvenstvu v Mehiki dosegel tretje mesto.

Sejemski predstavitev pa je kljub vsemu odražala tudi sledove močne gospodarske krize in potrebo po še večjem in intenzivnejšem sodelovanju med gospodarstvom in znanostjo. V tej težki gospodarski krizi bo potrebno začeti s pridom uporabljati tudi tisto znanje in dosežke, ki se velikokrat oz. največkrat skrivajo za zidovi fakultet in inštitutov.

Janez Škrlec, inž.  
Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije

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

**Dodatne informacije:**

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

**5. industrijski forum**  
Inovacije, razvoj,  
tehnologije **2013**

Forum znanja in izkušenj

Dogodek je namenjen predstavitvi dosežkov in novosti iz industrije, inovacij in inovativnih rešitev iz industrije in za industrijo, primerov prenosa znanja in izkušenj iz industrije v industrijo, uporabe novih zamisli, zasnov, metod tehnologij in orodij v industrijskem okolju, resničnega stanja v industriji ter njenih zahtev in potreb, uspešnih aplikativnih projektov raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter primerov prenosa uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.

PORTOROŽ, 10. IN 11.  
JUNIJ 2013

## Sistemi tesnjenja – izzivi za prihodnost

13. in 14. septembra je v Stuttgartu zasedala 17. mednarodna konferenca ISC o tesnjenju. Predstavljamo kratko poročilo o konferenci.

Sistemi tesnjenja imajo odločujoč vpliv tako na funkcionalnost kot varnost kompleksnih tehničnih sistemov. Nič manj pa niso pomembni za njihovo okoljsko sprejemljivost. To je še posebej pomembno v časih pomanjkanja surovin in rasti okoljskega zavedanja, je v imenu VDMA-jevega združenja za fluidno tehniko poudaril dr. Christian Geis ob odprtju konference, ki je zasedala 13. in 14. septembra 2012 na Univerzi v Stuttgartu pod geslom »Sistemi tesnjenja – izzivi za prihodnost«.

Težišče te mednarodne konference na visoki ravni je bilo na sistemih tesnjenja s posebnim poudarkom na optimizaciji tesnjenja ob manjšem trenju in s tem zmanjšani porabi energije in emisij CO<sub>2</sub>. Najnovejši dosežki na področjih tehnologije tesnjenja so bili predstavljeni več kot 300 strokovnjakov iz 20 držav

sveta. Predstavitve so obravnavale statična tesnila, rotacijska gredna tesnila, sem-in-tjakajšnja tesnila (hidravlika in pnevmatika), materiale in površine ter varčevanje z energijo, trenje in obrabo, simulacije, postopke preskušanja in uporabo v praksi. Vzporedno je potekala priložnostna razstava s predstavitvijo posterjev, ki se je udeležilo 16 razstavljalcev.

Organizator 17. konference ISC je bilo Združenje za fluidno tehniko v okviru Nemškega združenja strojne industrije (*Fluid Power Association of VDMA*) – Skupina za tesnjenje v fluidni tehniki (*Fluid Power Sealing Group*), v kateri so povezani nemški izdelovalci tesnil za fluidno tehniko. V svetovnih razmerah ni druge prireditve, ki bi v podobnih razsežnostih obravnavala tematiko tesnjenja in zagotavljala takšen obseg komunikacij med izdelovalci (okoli 45 % udeležencev), upo-



rabniki (~25 %) in znanstveniki (~20 %). Dodatne informacije o konferenci so na voljo na spletnih straneh [www.sealing-conference.com](http://www.sealing-conference.com).

18. Mednarodna konferenca o tesnjenju bo 8. in 9. oktobra 2014, ponovno na univerzi v Stuttgartu.

Na dodatna vprašanja dobite odgovore na naslovu: dr. Christian Geis, VDMA Fluid Power Association, tel. + 49 69 6603 1318.

**Vir:** Press release VDMA Fluid Power: Hartmut Rauen, tel. + 49 6966 03 -1331, faks: + 49 69 66 03 2331, e-pošta: [hartmut.rauen@vdma.org](mailto:hartmut.rauen@vdma.org)

Povzel: Anton Stušek

## Konferenca Robotika v regiji Alpe-Adria-Donava – RAAD 2012

Letos že enaindvajsetič je v slikovitem Neaplju v južni Italiji med 10. in 13. septembrom potekala konferenca International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region – RAAD 2012. Organizatorja prof. Cesare Rossi in profesor Marco Caccarelli sta na univerzo Federico II v Neaplju privabila 54 strokovnjakov, ki so predstavili prispevke s področij vodenja, načrtovanja in uporabe robotskih ter mehatronskih sistemov.

Predstavljene so bile nove robotske rešitve za industrijsko okolje, prednjačili pa so novi roboti, namenjeni uporabi v domačem okolju in delovanju v sodelovanju s človekom.

Naslednje leto bo konferenca organizirana v Portorožu pod okriljem Odseka za avtomatiko, biokibernetiko in robotiko E1 Instituta Jožef Stefan v Ljubljani. Več informacij na [www.raad2013.org](http://www.raad2013.org)

Roman Kamnik  
UL, Fakulteta za  
elektrotehniko



Udeleženci konference RAAD 2012 pri vodenem ogledu kulturnih znamenitosti Neaplja

## Dunajski sejem proizvodne tehnologije Vienna-Tec

V organizaciji Reed Exhibitions je od 9. do 12. oktobra na dunajskem razstavišču Messe Wien potekal četrti mednarodni sejem proizvodne tehnologije Vienna-Tec, ki pod eno streho združuje sejme proizvodnje, energetike, elektronike, industrijske mehanizacije, merilnih tehnik in varilstva in številne obsejemske prireditve. Osrednja tema letošnjega sejma so bili trgovski in industrijski odnosi med državami Evrazije in jugovzhodne, vzhodne in srednje Evrope. Na sejmu sta se uspešno predstavili dve slovenski podjetji: PETRA Stroj d. o. o., proizvajalec horizontalnih tračnih žag, in podjetje Impedanca d. o. o., ki proizvaja elektronske komponente in akumulatorje.

Vienna-Tec je pomembno stičišče za poslovne partnerje iz vse Evrope. Letošnji sejem, ki poteka vsaki dve leti, je privabil 563 razstavljalcev, preko njih pa se je dodatno predstavilo še 533 podjetij iz 31 držav. Med njimi so prevladovali razstavljalci iz držav srednje in vzhodne Evrope. Predstavili so se na šestih specializiranih sejmih s področja proizvodne tehnologije: Automation Austria,



*Dogajanje na sejmu Vienna-Tec*

Energy-tec, Industrial Electronics, Intertool, Metrology in Welding/Join-Ex. Sejem so spremljale B2B-prireditve in konference, na katerih so predstavili problematiko trgovskih in proizvodnih odnosov v industrijskem sektorju, s poudarkom na krepitvi mednarodnih ekonomskih odnosov.

### Uspešna predstavitev slovenskih podjetij

Predstavili sta se tudi dve slovenski podjetji, ki sta na sejmu sodelovali prvič. Družinsko podjetje **PETRA Stroj**, d. o. o., proizvajalec tračnih

žag iz Ljubljane, se s sejma vrača z dobrimi vtisi »Organizacija sejma je bila zelo dobra in obisk zadovoljiv. Veliko pozornosti obiskovalcev je vzbudila predstavitev naše tračne žage PE-TRA DC300A, saj smo na sejmu prikazali rezanje materiala v snopu. Predstavili smo tudi novost, žago Castmaster, ki jo izdelujemo le po naročilu, zato so obiskovalci njeno delovanje lahko spoznali prek videovsebin in katalogov. Trenutno je še prezgodaj, da bi vedeli, ali bo naš nastop na sejmu obrodil tudi kakšne konkretne poslovne rezultate, vendar pa je bil odziv potencialnih kupcev dober in smo zadovoljni s pozornostjo, ki smo je bili deležni. Če bodo rezultati sejma dobri za nas, se ga bomo vsekakor udeležili tudi čez dve leti, saj kar 80 % naše prodaje predstavljajo tuji trgi, od Evrope in Afrike pa vse do Indije,« pravi Simon Smrkolj, tržnik podjetja PETRA Stroj.

Slovensko mikropodjetje **Impedanca** d. o. o., eden večjih neodvisnih distributerjev elektronskih komponent in akumulatorjev v Sloveniji, svoj obisk sejma prav tako ocenjuje kot uspešen: »Predstavitev naše serije svinčenih akumulatorjev Eko-Power je doživela dober odziv obiskovalcev. Pridobili smo tudi nekatera nova poslovna poznanstva, s



*Innovation Champion Safan*



katerimi bomo povečali prisotnost na tujih trgih,« je povedal Marko Završnik, direktor Impedance.

#### Nagrada za inovacijo leta

V sklopu sejma je potekal tudi izbor najboljše inovacije, »Innovation Champion 2012«, kjer so obiskovalci z glasovanjem izbrali najbolj inovativen produkt. Inovacija leta je postala elektronska stiskalnica **Safan** avstrijskega podjetja **Planche GmbH**. Njena posebnost je, da namesto običajnega hidravličnega cilindra uporablja jermenski pogon, zato je možno s strojem upravljati v servomehatronskem načinu brez hidravlike, ki omogoča do 30 odstotkov hitrejšo delovanje. Poleg tega je stiskalnica Safan izjemno energetsko varčna, saj na letni ravni porabi do 50 % manj električne energije.

#### Podrobnejša predstavitev posameznih sejmov v sklopu Vienna-Tec

Na šestih sejmih Vienna-Tec 2012 so obiskovalci spoznali najnovejše pridobitve v gospodarskem proizvodnem inženiringu in avtomatizaciji.

#### Intertool

Obiskovalci iz kovinske industrije so na sejmu Intertool spoznali visoko zmogljive in precizne naprave za brušenje in struženje, ki v svoji kompleksnosti še vedno ohranjajo praktične rešitve za različna dela v kovinskem sektorju. DMG Mori Seiki je obiskovalcem predstavil novo CNC-rezalno napravo s petimi osmi, ki je s svojo povečano dinamiko rezanja in visokim navorom moči rezanja primerna za širšo uporabo v izdelavi proizvodnih delov.

#### Welding/Join-Ex

Približno 100 razstavljalcev sejma



Sejem Welding: test ostanka brizganja

Welding/Join-Ex je predstavilo nove postopke v hitri in varni fuziji različnih materialov različnih širin. Varilsko podjetje Jutz je za »varilno tehniko prihodnosti« označilo lasersko varjenje plastike, ki dva kosa plastike trajno zvari skupaj. Fronius je predstavil nadgradnje tradicionalne tehnike varjenja – obiskovalci so lahko videli njihov sistem, ki omogoča hitro varjenje z minimalnim brizganjem in obenem ohranja stabilnost loka varjenja in globoko penetracijo.

#### Automation in Metrology

Na sejmu je bilo moč videti tudi novosti v svetu robotike. Pri FanucRobotics so skupaj s HMS Mechatronik pripravili predstavitev majhnih robotov, ki so prikazali, kako hitro in zanesljivo opravljajo dvigovanje in sortiranje. StäubliRobotics je predstavil svojega robota, ki v eni minuti opravi kar 200 dvigov. Obiskovalci sejma so spoznali tudi trende v nadziranju delovanja naprav in obratov ter učinkovite rabe energije. Številna podjetja so predstavila že konfigurirane

sisteme, ki se lahko uporabijo za optimizacijo projektov.

Razstavljalci sejma Metrology so predstavili individualne rešitve za kompleksne meroslovne sisteme spremljanja in analiziranja pritiska, toka, stopnje, zvoka, vibracij in temperature. Podjetja, kot so LeCroy, LEM in Testo, so pokazala svoje prenosne merske naprave z visoko ločljivimi zasloni in hitrimi sposobnostmi shranjevanja.

#### Energy-Tec in Industrial Electronics

Razstavljalci energetske tehnologije in industrijske elektronike so predstavili visokonapetostne rešitve. Ena bolj izpostavljenih tematik te industrije je prenapetostna zaščita elektronskih obratov v energetskih zavodih in zmožnost nadzora in regulacije sistemov v produkcijskih obratih.

Reed Exhibitions

Foto: Vienna-Tec

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

**NEPOGREŠLJIV VIR  
INFORMACIJ ZA STROKO**

**VSATA 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)



## 5. mednarodna Konferenca o prenosu tehnologij

Center za prenos tehnologij in inovacij ter Skupina TT na Inštitutu "Jožef Stefan" ter na Kemijskem inštitutu je v sodelovanju s Tehnološko agencijo Slovenije, Štajersko gospodarsko zbornico in TehnoCentrom Univerze v Mariboru 26. in 27. septembra 2012 organiziral 5. mednarodno Konferenco o prenosu tehnologij. Konferenca je bila namenjena raziskovalcem iz javnih visokošolskih in raziskovalnih institucij, oblikovalcem nacionalnih politik, privatnim investitorjem, inovatorjem, podjetnikom, študentom s podjetniškimi ambicijami ter drugi zainteresirani javnosti.



Utrinek s konference, (foto: Marjan Smerke)

Na Konferenco je bilo povabljenih več znanih tujih predavateljev, med drugimi predstavnika nemške patentne pisarne *Boehmert & Boehmert*, predstavnika Univerze v *Maastrichtu* ter predstavnica Evropske zveze za prenos znanja *Proton*. Od slovenskih predavateljev pa smo povabili predstavnike podjetij *Pipistrel*, *Li2*, *Mebius*, *Roto* in *Arctur*.

Kot vsako leto smo v okviru Konference podelili nagrado za inovacijo z največjim komercialnim potencialom po izboru tujih strokovnjakov s področja prenosa tehnologij ter predstavnikov domačega in tujega tveganega kapitala v višini 3.000 EUR. Ocenjevalno komisijo so letos

sestavljali g. Uroš Glavan iz podjetja Murka, d. d., g. Andrea Caddeo iz italijanskega podjetja *ZernikeMetaVentures*, g. Laszlo Czirjak iz madžarskega podjetja *iEurope Kft* ter g. Rok Habinc iz podjetja *S. T. Hammer*, d. o. o.

Nagrada je bila razdeljena na dva dela in podeljena naslednjim dobitnikom:

1. nagrado v vrednosti **1.500 evrov** so prejeli **doc. dr. Ivan Jerman**, **prof. dr. Boris Orel**, **dr. Matjaž Koželj** in **g. Mohor Mihelčič**, zaposleni v Laboratoriju za spektroskopijo materialov na Kemijskem inštitutu v Ljubljani, za inovacijo z naslovom: »*Go solar, go future*«;

1. nagrado v vrednosti **1.500 evrov** je prejel **dr. Aleš Hribar**, zaposlen v Laboratoriju za robotiko na Fakulteti za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, za inovacijo z naslovom: »*BiMeo*«.

Nagrajencem iskreno čestitamo!

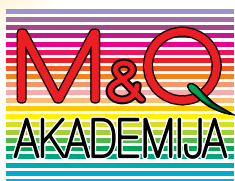
Vse informacije o konferenci, nagradjenih, povzetke in grafični material predavanj so dostopni na spletni strani: <http://tehnologije.ijs.si/5itc>.

Za vse nadaljnje informacije smo vam z veseljem na voljo na naslovu [tehnologije@ijs.si](mailto:tehnologije@ijs.si) ali tel. št. 01 477 3224.

<http://tehnologije.ijs.si>

**VSE KAR MORATE**

**VEDETI O: DOLŽINI** - 16.11.2012



**TEHTANJU** - 20.11.2012

**TEMPERATURI, VLAGI** - 22.11.2012

**MERILNI NEGOTOVOSTI** - 27.11.2012

**LOTRIČ**  
METROLOGY

LOTRIČ d.o.o., Selca 163, 4227 Selca  
tel:+386 4 517 07 00, fax:+386 4 517 07 07  
info@lotric.si, www.lotric.si

## OZS postala članica Centra odličnosti NAMASTE

Na pobudo Odbora za znanost in tehnologijo pri OZS, ki ga vodi Janez Škrlec, so članice Centra odličnosti NAMASTE, partnerska podjetja, Institut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani in Mariboru ter ne-profitne razvojnoraziskovalne organizacije soglasno sprejele Obrtno-podjetniško zbornico Slovenije v svoje vrste.

»Članstvo v Centru odličnosti Namaste nam pomeni veliko priznanje in pohvalo za naša dosedanja prizadevanja in aktivnosti, ki jih izvajamo na področju elektronike, mehatronike, avtomatike in robotike,« je ob tej priložnosti dejal Janez Škrlec, predsednik Odbora za znanost in tehnologijo pri OZS. Pogoj za vstop v članstvo Centra odličnosti Namaste so inovativnost, razvojna naravnost, povezovalnost in aktivnosti na področju naprednih tehnologij. Članstvo prinaša brezplačno uporabo tehnične opreme, dostop do strokovnih informacij in možnost sodelovanja v evropskih projektih.

Center odličnosti NAMASTE je multidisciplinarni in transdisciplinarni konzorcij raziskovalnih institucij in industrije. Povezuje akademsko, tehnološko in poslovno znanje ter opremo z namenom doseganja ključnih teh-



Prof. dr. Jadran Lenarčič – IJS(levo) in Janez Škrlec ob plakatu CO NAMASTE

noloških napredkov na nekaterih področjih, ki se nanašajo na anorganske nekovinske materiale in njihovo implementacijo v elektroniki, optoelektroniki, fotoniki in medicini. S tem se večajo dodana vrednost, relevantnost raziskav in raziskovalna odličnost v skladu s strategijo razvoja Slovenije.

Kot to opredeljuje Nacionalni razvojnoraziskovalni program, sta prednostni področji obravnave Centra odličnosti Namaste »Napredni (novi) sintetični kovinski in nekovinski materiali in nanotehnologije« ter »Zdravje in znanost o življenju«.

Cilj Centra NAMASTE je doseči ključni tehnološki napredek na nekaterih po-

dročjih, ki se nanašajo na anorganske nekovinske materiale (keramične 2D- in 3D-strukture, materiali za prenape- tostne in EM-zaščite; mikro- ali nano- sistemi za senzorje; mehki kompoziti za optične, elektronske, fotonske in senzorske aplikacije; bioaktivni, bio- kompatibilni in bioinertni materiali) in njihovo implementacijo v elektroniki, optoelektroniki, fotoniki in medicini. Center odličnosti sestavljajo konzorcij uporabnikov, svet in vodstvo zavoda. Dejavnosti konzorcija so raziskave, razvoj, izobraževanje in promocija. Vse dejavnosti vključujejo varovanje okolja in možnosti za prehod v niz- koogljično družbo.

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

## Nov sejem pogonske in fluidne tehnike

Sejmsko podjetje Die Deutsche Messe AG iz Hannovra prične naslednje leto razstavljanje tudi v drugih državah EU. Skupaj z milanskim sejmom Fiera Milano pripravlja v maju 2014 sejem pogonske in fluidne tehnike, hidravlike in pnev-

matike v Italiji. Sejem je zasnovan kot bialna regionalna prireditev v Rhoju pri Milanu s poudarkom na vodilni vlogi nemškega sejma na tem ključnem tehnološkem področju v Evropi in svetu. Dogovorjen je dveletni turnus vodilnega

mednarodnega sejma pogonske in fluidne tehnike MDA, ki bo sledil v izmeničnih letih v povezavi s sejmi v Hannovru.

Po Fluid 45(2012)06 – str. 6  
A. Stušek

## Inovacije podjetja Henkel na področju lepil za avtomobilsko industrijo

Podjetje *Henkel* je na sejmu Automechanika 2012 v Frankfurtu predstavilo inovacije blagovnih znamk *Loctite* in *Teroson*, namenjene avtomobilski industriji.



Trajnost, varnost in zdravje delavcev so v avtomobilski industriji in vzdrževanju vozil vse pomembnejši. Ve-

čina proizvajalcev avtomobilov teži k ustvarjanju lahkih konstrukcij, ki omogočajo razvoj bolj ekonomičnih in ekološko naravnanih vozil, ki porabijo manj goriva in proizvedejo manj škodljivih emisij. Zamenjava tradicionalnih metod spajanja z lepljenjem ima pomembno vlogo, saj znatno pripomore k zmanjšanju mase avtomobilov.

Inovativni izdelki in tehnologije blagovnih znamk *Loctite* in *Teroson* za avtomobilsko industrijo in vzdrževanje vozil, ki so nenevarni za uporabnikovo zdravje in okolje, so bili »zelena« tema predstavitve podjetja *Henkel* na letošnjem sejmu. Predstavili so celotno paleto anaerobnih lepil, ki ne vsebujejo nevarnih snovi, lepila, ki niso dražilna in nimajo močnega vonja, nove varne silikone in izdelke za popravila in zaščito karoserij, ki ne vsebujejo topil. *Henkel* postavlja uporabnike svojih izdelkov in njihovo varnost na prvo mesto. Izdelki so bolj zdravi in varni, ne da bi ogrozili njihove prvotne tehnične lastnosti in delovanje.

*Henkel* z vodilnimi blagovnimi znamkami in tehnologijami posluje po



vsem svetu na treh poslovnih področjih: Pralna sredstva in čistila, Beauty Care ter Lepila in Tehnologije. Družba je bila ustanovljena leta 1876. Z blagovnimi znamkami, kot so *Persil*, *Schwarzkopf* in *Loctite*, zaseda vodilne tržne položaje tako na področju potrošniških dobrin kot tudi izdelkov za industrijsko uporabo. Zaposluje okoli 50.000 sodelavcev. Poroča o 13,573 milijardah evrov prihodkov od prodaje in 1,364 milijardah evrov dobička iz poslovanja v poslovnem letu 2009. Prednostne delnice družbe *Henkel* kotirajo v nemškem borznem indeksu *DAX*, podjetje pa je uvrščeno tudi na seznam podjetij *Fortune Global 500*.

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



# 5. industrijski forum 2013

Inovacije, razvoj, tehnologije

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

Portorož,  
10. in 11. junij 2013

Dogodek je namenjen predstavitvi dosežkov in novosti iz industrije, inovacij in inovativnih rešitev iz industrije in za industrijo, primerov prenosa znanja in izkušenj iz industrije v industrijo, uporabe novih zamisli, zasnov, metod tehnologij in orodij v industrijskem okolju, resničnega stanja v industriji ter njenih zahtev in potreb, uspešnih aplikativnih projektov raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter primerov prenosa uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.

**Dodatne informacije in prijava na dogodek:**  
Industrijski forum IRT 2012, Motnica 7 A, 1236 Trzin  
tel.: 01/5800 884 | faks: 01/5800 803  
e-pošta: [info@forum-irt.si](mailto:info@forum-irt.si) [www.forum-irt.si](http://www.forum-irt.si)

[www.forum-irt.si](http://www.forum-irt.si)

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## O + P priročnik za konstruiranje in projektiranje fluidne tehnike

Založba revije *Oelhydraulik und Pneumatik* nadaljuje z rednimi letnimi izdajami priročnika za konstrukterje in projektante fluidne tehnike. Letošnji priročnik pod naslovom *O + P Konstruktions – Jahrbuch 2012/2013* v obsegu 194 strani v svoji standardni zasnovi obsega najprej 67 strani prispevkov (skupaj 7) z obravnavo aktualnih problemov razvoja hidravlike in pnevmatike, v nadaljevanju pa na 102 straneh v obliki preglednic navaja izčrpen pregled hidravličnih in pnevmatičnih sestavin z osnovnimi tehničnimi lastnostmi in naslovi dobaviteljev. Pregled je razdeljen na tematske skupine: hidravlika, pnevmatika, merilna oprema, storitve ter razvoj in raziskave.

*Uvodni prispevek:*

- Rauen, H.: *Starke deutsche Fluidtechnik – inovativ und mitendrin* – Močna nemška fluidna tehnika – inovativna in sredi dogajanja najprej obravnava stanje in konjunkturo nemške industrije fluidne tehnike, v nadaljevanju pa

objavlja seznam nekaj pomembnejših publikacij nemškega strokovnega združenja za fluidno tehniko (*Fachverband Fluidtechnik im VDMA*) ter seznama znanstvenih in strokovnih prireditev in pomembnih sejmov v letu 2012/13.

*Tematika ostalih prispevkov pa je naslednja:*

- von Dombrowski, R.: *Simulation – Ein universichtbares Werkzeug im modernem Entwicklungsprozess* – Simulacija – Nezamenljivo orodje v modernem procesu razvoja,
- Schleih, G., Gels, S.: *Lärmbekämpfung in der Hydraulik – Geignete Maßnahmen, um die Schallpegelwerte zu senken* – Boj proti hrupu v hidravliki – prijemi, primerni za zmanjševanje ravni hrupnosti,
- Heipl, O.: *Dichtungen in der Fluidtechnik – Grudkenntnisse in der Dichtungstechnik vermeiden Fehlkonstruktionen* – Tesnilke v fluidni tehniki – poznavanje osnov tesnilne tehnike preprečuje napake pri konstruiranju,
- Gels, S.: *Ripenstock, U.: Wärme-*

*bilanz einer Hydraulikanlage – Geignete Kühlung vermeidet unnötige Leistungsverluste* – Toplotna bilanca hidravlične naprave – ustrezno hlajenje preprečuje nepotrebne izgube moči,

- Skupina avtorjev: *Filtration in hydraulischen Systemen – Grundlegende Kenntnisse für die Auswahl eines optimalen Filtersystems* – Filtriranje hidravličnih sistemov – osnovna znanja za izbiro optimalnega sistema filtriranja,
- Robens, N.: *Auswahl und Betrieb von Hydrospeichern – Vielfältige Aufgaben in einem breiten Anwendungsbereich* – Izbira in obratovanje hidravličnih akumulatorjev – številne naloge na širokem področju uporabe.

**Vir:** Pfister, M., ur., in skupina avtorjev: *O + P Konstruktions – Jahrbuch 2012/13*; zal.: Vereinigte Fachverlage GmbH, Lies-Meitner-Strasse 2, 55129 Mainz, Postfach 100465, BRD, tel.: + 06131/992-0, faks: + 06131/992-100; ISBN 978-3-783-0390-1

## 100 let Magnet – Schultza

30. junija letos je svetovno uveljavljena tovarna elektromagnetnih aktuatorjev in senzorjev *Magnet-Schultz* iz *Memmingena*, *ZRN (MSM)*, obhajala svojo 100-letnico. Dosegla je letni promet v višini 235 milijonov evrov. Za leto 2012/13 pa načrtuje že 255 milijonov evrov. Neprestano rast tovarne pogojujejo dolgoletni stari in številni novi naročniki. Zaposluje skupaj 1650 sodelavcev, inženirjev, strokovnih sodelavcev in priučenih delavcev. 60 novih

so zaposlili v septembru. Temu so v letu 2012 sledile tudi obsežne investicije, med njimi nova hala s 13000 kvadratnimi metri površine. Tudi v letu 2012/13 nadaljujejo z intenzivnim investiranjem, saj potrebe visokotehnoloških področij, kot so avtomobilizem, vesoljska tehnika, avtomatizacija in medicinska tehnika, hitro naraščajo. V juniju je MSM prejel že tretje priznanje pomembnega velikega uporabnika njihovih izdelkov »za superiorno izpolnjevanje strateških in operativnih zahtev«.

Vzporedno z matičnim podjetjem rastejo tudi hčerinski obrati *Prefag* pri Karlsruheju, *Final W. E. Schultz* (Švica) in *Magnet-Schultz of America* (ZDA). MSM skupina je ob 100-letnici dosegla skupni promet 260 milijonov evrov in je v juniju 2012 zaposlovala skupaj 2080 sodelavcev. Za naslednje leto načrtujejo promet v višini 280 milijonov evrov in 2150 zaposlenih.

Po *O + P 56(2012)7–8, str. 8*

A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## Optimalno mazanje in tesnjenje

Tribološka rešitev za nizozemsko viharo pregrado Oosterschelde že 25 let uspešno in zanesljivo varuje ljudi in zemljo pred Severnim morjem. Gre za 62 velikih zapornic s 124 visokimi hidravličnimi valji in 620 zglobnimi ležaji s 14.000 kg posebne masti za mazanje. Postroj je zasnovan v sodelovanju s poznanim švedskim izdelovalcem kotalnih ležajev SKF in nemškim specialistom za mazanje Klüber Lubrication.

Za trajno zanesljivost postroja je odlojučna komponenta uporaba natančno izbranega maziva. Opravljeni so bili številni testi in raziskave, ki so pokazali, da je najprimernejša mast firme Klüber Lubrication. Še po 25 letih opravlja optimalno funkcijo mazanja in tesnjenja vseh sestavnih delov, ki so mehansko obremenjeni in izpostavljeni agresivnemu delovanju morske vode. Izbira Klüberjeve masti se je res izkazala za ustrezno, saj v 25 letih ni bila potrebna njena zamenjava ali dodajanje. Stare masti namreč ni mogoče enostavno iztisniti in novo vtisniti brez zamudnega in dragega razstavljanja celotnega postroja. Stroški bi bili ogromni.

Vsako leto kontrolirajo zračnost kardanskih obes in vsakih pet let količino masti. Poleg tega se ob tem vzamejo tudi vzorci masti in se labo-

ratorijsko preverijo. Do sedaj ni bilo znakov, da bi bila potrebna zamenjava maziva.

Nizozemci so brez dvoma mojstri vodogradnje. Nuja jih je napravila inovativne na tem področju in bili so dovolj bistri, da so poiskali najboljše rešitve problemov. Z viharo pregrado Oosterschelde so tako ustvarili evropski mojstrski dosežek.

**Klüber Lubrication** je svetovno znan izvajalec posebnih maziv in ponuja tribološko vrhunske rešitve za skoraj vsa področja industrije in vse regionalne trge. Izdelke razvija in proizvaja večinoma na temelju posebnih zahtev naročnikov. V več kot osemdesetih letih si je Klüber Lu-

brication pridobil odlično mesto na trgu z razvojem visokokakovostnih maziv, intenzivnim svetovanjem in servisno dejavnostjo. Ima vso pomembno certifikacijo in na področju industrije maziv edinstvene izkušnje. Klüber Lubrication je bil ustanovljen leta 1929 v Münchnu kot podjetje za drobno prodajo izdelkov iz mineralnega olja. Danes spada k *Freundenberg Chemical Specialities KG*, delnemu koncernu iz skupine *Freundenberg Gruppe*, Weinheim. V letu 2011 je zaposloval 1900 sodelavcev v več kot 30 državah.

Dodatne informacije dobite na spletnih straneh: [www.klueber.com](http://www.klueber.com).

Po O + P 56(2012)6, str. 37



A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## Dodatna oprema hidravličnih in pnevmatičnih naprav

Revija *Fluid* nadaljuje z enkratletnimi posebnimi izdajami s podrobnejšo obravnavo posameznih področij fluidne tehnike. Letošnja posebna izdaja je namenjena obravnavi dodatne opreme hidravličnih in pnevmatičnih naprav. Na prvih 96 straneh je objavljenih 30 strokovnih prispevkov s številnimi ilustriranimi oglasi za zanimivo dodatno opremo hidravličnih in pnevmatičnih naprav. V nadaljevanju pa so na 16 straneh v preglednicah navedeni sezname izdelkov po posameznih skupinah, njihovih osnovnih tehničnih lastnostih in dobaviteljih. V dodatku pa so na 10 straneh navedeni izčrpnimi sezname dobaviteljev z njihovimi naslovi.

### Vsebine prispevkov

#### Splošna tematika

- *Aktualno* – poročila o raziskavah, trgu in branži
- *Hidravlična kompetenca iz Ulma* – intervju z Manfredom Triesom
- *Fluidna tehnika raziskuje* – aktualni projekti raziskovalnega sklada za fluidno tehniko

#### Hidravlika

- *Naslovna tema: "Skok v svet – kako je"* Interhidraulik osvojil mednarodne trge
- *Polna cev* – kako se pogonskotehnično ravna v tehniki upogibanja cevi
- *Fini filtri* – tendence razvoja hidravličnih filtrov
- *Odlično timsko delo* – "Parker" in

"Wikov" razvijata visoko vredne rešitve

- *Cevne zveze z gibkimi cevmi: fine razlike* – konstrukcijski detajli cevnih priključkov iz nerjavnečega jekla
- *Sistemi oblikovanja imajo prihodnost* – intervju z dr. inž. Heroldom Pottom, "Voss Fluid"
- *Pri tem smo osupli* – vijačne cevne zveze in pribor iz Švice
- *Kvalificirano do 500 bar* – "Eaton" predstavlja gibki cevovod z večspiralnimi opleti
- *Stranke pričakujejo rešitve in dobavne verige* – intervju z Janom Kiesom, "Trellborg Sealing Solutions" Germany
- *Nastopamo po novih poteh* – intervju z Bertramom Wöbnerjem, "Dietzel Hydraulik"
- *V krogelnem zasunu je še veliko potencialov* – kaj "Rötlemann" že ima in kaj bi še hotel imeti
- *Hidravlika za Kuvajt* – "Beetz" snuje in dobavlja hidravlične sistemske rešitve
- *Lito železo kot šansa?* – porušitveni preskusi pri nizkih temperaturah
- *Prilagojeno standardom* – sistem hidravličnih prijemalk spreminja standarde za dvizne mize
- *Poročila o izdelkih* – novo v hidravliki

#### Pnevmatika

- *Rilec in posledice* – kaj zmore "Festov" bionični strežni asistent
- *Neverjetni napredek* – kam gre razvoj enot za vzdrževanje stisnje-

nega zraka

- *Energijska učinkovitost neprestano raste* – kako "Parker Hannifin" povečuje učinkovitost fluidne tehnike
- *Uležajenje brez trenja* – Bürckert predstavlja tretjo generacijo proporcionalnih ventilov
- *Eno za vse primere* – Wickeder Westfalenstahl "stavi na" vakuumsko tehniko
- *Poročila o izdelkih* – novo v pnevmatiki

#### Avtomatizacija

- *Robustno in primerno za prakso* – prednosti dajalnikov zasuka brez ležajev
- *Lahko ugotavljanje puščanja* – kako se z merilno tehniko lahko optimirajo omrežja stisnjenega zraka
- *Transportni sistemi pod nadzorom* – odjemniki poti zagotavljajo položajne podatke pri vlečnicah
- *Pri divjih tokovih* – medijem prilagojeno merjenje toka
- *Urejena zbirka za spoštovanje* – fluidnotehnični načrti za učinkovito načrtovanje in dokumentiranje
- *Poročila o izdelkih* – novo v avtomatizaciji

**Vir:** F. Graf, ur., in skupina avtorjev: *Fluidtechnik – Zuhör für Hydraulik und Pneumatik – Sonderheft, Fluid 45(2012)SA*; zal.: Verlag Moderne Industrie, Julius-von-Liebig-Str. 1, 86899 Landsberg, BRD; tel.: + 08 191/125-444, faks: + 08 194/125-444 e-pošta: journals@mi-verlag.de, internet: www.mi-verlag.de



TEHNOLOŠKI PARK LJUBLJANA  
01

t: 01 620 34 03  
f: 01 620 34 09  
e: info@tp-lj.si  
www.tp-lj.si

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

# Uspešno mednarodno podjetje, ki uresničuje svoje razvojne cilje s slovenskimi strokovnjaki

Janez TUŠEK

**Hella Saturnus Slovenija** je podjetje, ki je lahko zgled številnim drugim v Sloveniji in tudi v svetovnem merilu. To je izredno inovativno in razvojno usmerjeno podjetje z dolgoletno tradicijo – v Sloveniji z imenom Saturnus in v svetovnem merilu z imenom Hella. Zaposluje pretežno slovenski tehnični kader in je na svojem področju konkurenčno vsem drugim po svetu. Hella Saturnus Slovenija potrjuje, da so inženirji, diplomanti Fakultete za strojništvo v Ljubljani dober kader, ki v času šolanja pridobijo dovolj znanj, da se zaposlijo v tako uglednem podjetju. Izredno smo veseli, da je sodelovanje med našo fakulteto in podjetjem Hella Saturnus zelo plodno. Upamo, da se bo tudi v bodoče nadaljevalo in še krepilo.

Prav to so bili razlogi, da je uredništvo Ventila poprosilo predstavnike podjetja Hella Saturnus, da našim bralcem podjetje podrobneje predstavijo. Prijazno sta nas sprejela dr. Tomaž Jurejevčič, direktor razvojnega sektorja, nas poklicni kolega in Lilijana Dolenc, vodja prodaje neavtomobilskega programa, Marketinga ter PR.

**Ventil:** Hella in Saturnus sta z zgodovinskega vidika dve podjetji, ki sta se pred leti združili. Prosim vas, da na kratko opišete zgodovino obeh, predstavite tudi skupno zgodovino, pojasnite, kaj je bil razlog za združitve in kdo je dal pobudo za začetek sodelovanja.

**L. Dolenc:** Zgodovina Helle se prične pisati že leta 1899 z ustanovitvijo Westfaelische Metall-Industrie Aktien-Gesellschaft, 1910 pa se prvič pojavi blagovna znamka Hella. 1951 v Nemčiji ustanovijo prvo hčerinsko družbo, 1961 se z ustanovitvijo podjetja v Avstraliji podajo v med-

narodne vode. 1984 njihov obseg letne prodaje prvič preseže 1 milijon nemških mark, 1986 se preimenujejo v Hella KG Hueck & Co., 1990 število zaposlenih v skupini preseže 20.000. 1992 odprejo podjetje na Kitajskem. 2009 se na evropskem trgu prvič pojavijo z LED-uličnimi svetilkami, 2010 vodijo v uporabi LED-tehnologije v avtomobilski industriji.

Slovensko podjetje je mlajše. Hella Saturnus Slovenija d. o. o. danes šteje 91 let, uradno je bilo registrirano leta 1921.

Leta 1924 se je majhna tovarna z 250 delavci preimenovala v Saturnus d. d., industrija pločevinastih izdelkov, leta 1948 začne s proizvodnjo svetil. V šestdesetih letih 20. stoletja sledi izvoz prvih izdelkov za velike evropske avtomobilske naročnike (Renault, Simca, Citroen, Peugeot, VW).

Leta 1976 nastane nova tovarna avtoopreme, leta 1983 začetek dela



Sodobna tovarna Hella Saturnus leta 2011





*Predvojna Tovarna Saturnus, industrija pločevinastih izdelkov; na sliki Gustava Simona*

specializiranega obrata strojegradnje, leta 1986 uvajanje novih tehnologij v proizvodnji embalaže in razvijanje novih izdelkov svetlobne opreme, uvajanje računalniško podprtih sistemov v konstruiranju in izdelavi strojev. Leta 1988 poteka gradnja novega proizvodnega objekta in nove poslovne stavbe.

Leta 1992 Saturnus razpade na več podjetij.

Leta 1997 postane Hella večinski lastnik in kasneje leta 2004 100-odstotni lastnik današnje Helle Saturnus. Leta 2011 je Hella Saturnus podjetje z 2000 zaposlenimi, od tega 180 inženirji v razvoju, in z 250 milijoni evrov prodaje praznuje 90-letnico.

Ob osamosvojitvi Slovenije je bila za podjetje Saturnus Avtooprema, v katerem smo izdelovali vse vrste žarometov, svetilk in odsevnikov za osebne avtomobile, tovornjake in druga prevozna sredstva, izguba nekdanjega jugoslovanskega trga trda preizkušnja.

Stekli so pogovori z velikimi avtomobilskimi koncerni, vendar se niso uspešno končali. S projektom izdelave žarometov za VW golf tretje generacije se je začelo poslovno sodelovanje Helle in Saturnusa. Prva faza pogovorov z multinacio-

nalko Hello, eno vodilnih svetovnih proizvajalk svetlobne avtomobilске opreme, ki so tekli 1992 in 1993, se ni uspešno zaključila zaradi, po mnenju Helle, previsoke cene. Kriza leta 1995 je podjetje prisilila v ponovno iskanje strateškega partnerja.

Tokrat so bila pogajanja uspešno zaključena, tako da je aprila 1997 koncern iz Lippstadta postal večinski lastnik podjetja ter do konca leta 1997 vložil 15 milijonov mark v najnovejše tehnološke postopke in strojno opremo za nov proizvodni obrat za žaromete za Opel Astro.



*Proizvodnja v Saturnusu pred 2. svetovno vojno*

Po strateški povezavi s Hello se je proizvodnja svetlobne opreme v podjetju Saturnus Avtooprema začela strmo dvigovati. Velik poudarek pa je bil na razvojni dejavnosti, saj je leta 2004 kar deset odstotkov zaposlenih delalo na razvoju novih tehnologij in izdelkov, za kar so namenili pet odstotkov letne bruto realizacije. Prav zato so postali tudi edini odgovorni za razvoj in proizvodnjo meglenk za vse avtomobilске tovarne, ki jih oskrbuje Hella. Junija 2004 je Saturnus Avtooprema začela poslovati pod novim imenom Hella Lux Slovenija, d. o. o., vendar se je junija 2008 po uspešnem zagonu obrata plastičnih leč družba spet preimenovala v bolj prepoznavno Hella Saturnus Slovenija, d. o. o.

Od leta 1997 do 2012 se je obseg prodaje povečal z 18 na 250 milijonov evrov, število zaposlenih pa potrojilo. Glavni kupci izdelkov Helle Saturnus so 3 velike skupine avtomobilskih proizvajalcev s svojimi blagovnimi znamkami: General I Motor, VW-Audi in Renault- Nissan.

**Ventil:** *Koncern Hella je priznано svetovno podjetje, ki ima po svetu veliko podjetij. Prosim za kratko predstavitev dejavnosti tega svetovnega koncerna.*

**L. Dolenc:** *Družba Hella je že preko 100 let partner avtomobilске industrije in poprodajne mreže.*



Razvojni oddelek Saturnusa v 60-tih letih in danes

Globalno podjetje v družinski lasti z 70 lokacijami v več kot 30 državah deluje na 3 glavnih poslovnih področjih: avtomobilsko, poprodajno in posebna uporaba.

Na avtomobilsko področje sodita »svetlobna oprema« in »elektronika«, v poprodajni poslovni del »poprodaja« in »servisna mreža«, na področje »posebne uporabe« pa »posebna oprema« in »industrije«. Svetlobna oprema, elektronika in poprodaja. Danes skupina zaposluje 27.000 ljudi, od tega 4800 v razvojni dejavnosti. Poslovno leto 2011/12 smo končali z obsegom prodaje 4,8 milijard evrov.

Hella sodi med 50 največjih dobaviteljev svetovne avtomobilске industrije in med 100 največjih nemških industrijskih podjetij.

**Ventil:** *Koncern Hella ima po svetu tudi nekaj razvojnoraziskovalnih centrov. Med temi je tudi v Ljubljani. Prosim vas, da pojasnite razloge, zakaj se je vodstvo koncerna odločilo, da je takšen center odprlo prav v Ljubljani.*

**T. Jurejevčič:** Razlogi za odpiranje centra za razvoj dodatnih žarometov so v tem, da je HSS že imela nekatera strokovna znanja, okolju je ponujala usposobljeno inženirsko delovno silo. Predvsem pa je šlo za zaupanje v podjetje, ki se je v časih slabšega poslovanja uspelo organizirati in obrniti smer svojega delovanja v zgodbo o uspehu.

**Ventil:** *Prosim vas še za kratek opis dejavnosti razvojnoraziskovalnega centra v Ljubljani.*

**T. Jurejevčič:** Razvojne aktivnosti v podjetju so organizirane v več oddelkih, s težiščem v razvojnem sektorju, programskih centrih za žaromete in dodatne svetilke, razvojnih skupinah za kakovost, tehnologijo itd. S skupnim imenom TtM imamo ta trenutek na tem področju blizu 180 inženirjev. Aktivnosti obsegajo serijski razvoj (naročeni razvojni projekti), pridobivanje novih poslov (akvizicija) in tako imenovani predrazvoj (raziskave in razvoj novih rešitev za kasnejši prenos v serijski razvoj).

Razvijamo žaromete, meglenke, enofunkcijske svetilke, znanje s področja LED- tehnologije prenašamo tudi v razvoj ulične in industrijske razsvetljave.

V okviru razvojnih aktivnosti izvajamo npr. 3D-konstruiranje, virtualna testiranja (simulacije), raziskave in meritve funkcionalnosti, razvoj optičnih sistemov, razvoj kvalifikacijskih testiranj, razvoj tehnoloških postopkov, razvoj logistike, razvoj mreže poddobaviteljev itd.

**Ventil:** *Ste globalno podjetje. V Sloveniji nimate konkurence. Kdo je prav za prav vaša konkurenca v globalnem svetu?*

**T. Jurejevčič:** Preostali svetovni dobavitelji avtomobilске svetlobne opreme (Valeo, Automotive Lighting, Koito, ...).

**Ventil:** *Živimo v kriznih časih. Gospodarska kriza je dejavnost, s katero se ukvarjate, le bežno prizadela. Toda kljub temu jo verjetno občutite. Kako močno vas je ta prizadela in kako se spopadate z njo.*

**T. Jurejevčič:** Globalna ekonomska kriza nas v avtomobilski industriji seveda ni obšla. Kakorkoli že, jemljemo jo kot priložnost. Kot pravi kitajski pregovor: »Ko piha veter sprememb, nekateri gradijo zidove, drugi mline na veter.«



Žaromet Golf VI AFS LED, žaromet Renault Zoe, dnevna svetilka Peugeot 508 RXH iz Heline proizvodnje.



**Ventil:** Ste podjetje, ki je v zadnjih letih zaposlilo veliko število visoko izobraženega tehničnega kadra. Katere tehnični profili in katere stopnje izobrazbe so za vaše podjetje najbolj primerni? Prosim vas za podatek, če ni skrivnost, koliko inženirjev, magistrstrov in doktorjev s področja tehnike imate zaposlenih v tem času?

**T. Jurejevčič:** Največ iščemo inženirje strojništva, elektronike, inženirje fizike. Trenutno imamo zaposlenih 5 doktorjev znanosti, 5 magistrstrov, ostali so inženirji in drugi tehnični kadri.

**Ventil:** V industrijsko razvitih državah so znani primeri, ko uspešno podjetje del raziskav prenese na univerzo oziroma na tehnično fakulteto, v katero za določen čas vključi enega ali celo več svojih raziskovalcev, ki skupaj z raziskovalci z univerze delujejo na raziskovalnem projektu za podjetje. Ali menite, da bi bila za vas taka oblika sodelovanja primerna in ali bi takšno sodelovanje na splošno v Sloveniji lahko zaživelo?

**T. Jurejevčič:** Ta trenutek že sodelujemo z obema največjima univerzama. Sodelovanje je dolgoročno, predvsem pa v okviru teh sodelovanj iščemo specifična splošna znanja in najboljše kadre. Izvajamo tudi skupne raziskovalne projekte, predvsem na področju raziskav fenomenov prenosa toplote in mehanskih analiz.

**Ventil:** Številne razvite države po svetu vlagajo veliko denarja v raziskave in razvoj. Slovenija je glede tega zelo skromna. Še posebno v zadnjih dveh letih so se sredstva, namenjena za znanost, razvoj in raziskave, močno znižala. To se pozna predvsem v manjših podjetjih. Ali se vaše podjetje prijavlja tu v Sloveniji na domače ali mogoče na evropske razpise za sofinanciranje razvojnoraziskovalnih projektov? Če je odgovor pritrdilen, kako ste uspešni?

**T. Jurejevčič:** V preteklosti smo se na programe projektov za subvencioniranje raziskav in razvoja bolj intenzivno prijavljali. Na žalost je bil uspeh za nas preskromen. Očitno

sama kakovost vloge in poslovni načrt, ki ga je vloga vsebovala, nista med odločilnimi faktorji za uspešnost vloge. V zadnjem času smo sodelovali na prijavah za subvencije za zaposlovanje novih sodelavcev in tu smo dosegli boljše rezultate. Zaposlitveni potencial podjetja očitno presojevalce bolj prepriča kot pa sama strokovnost in tehnološki nivo.

**Ventil:** Nobeno podjetje dolgoročno ne more preživeti brez inovacij, izboljšav in patentov. Kako je to področje urejeno pri vas, kako spodbujate zaposlene k inoviranju in kako jih nagradujete? Ali ste na tem področju samostojni ali delujete v okviru celotnega koncerna?

**T. Jurejevčič:** Področje invencij in inovacij je organizirano in v podjetju zelo vzpodbujamo inoviranje.

Za področje skrbi en sodelavec, ki v organizacijskem smislu vodi vse pripadajoče podprocese, od zbiranja idejnih zasnov in prijav do vodenja evalvacijskih komisij, vlaganja patentnih prijav, korespondence z odvetniškimi pisarnami itd. Vsaka invencija oz. inovacija je obravnavana v skladu s slovensko zakonodajo in ustrezno nagrajena. Seveda je proces generalno obvladovan tudi na nivoju skupine Hella.

**Ventil:** V podjetju je zaposlenih veliko diplomantov Fakultete za stroj-



Sodobna robotizirana proizvodnja



**S povezovanjem** pametnih naprav v samoučeče omrežje, ki je sposobno učenja, pomnjenja in sklepanja, vzpostavljamo mesto, ki ni samo pametno, temveč mesto, ki dogajanja razume.

**Nova svetilka** javne razsvetljave, rezultat skupnega razvoja podjetij Hella in Envigence, predstavlja osnovni element omrežja.

visok energetski učinek

modularnost

upravljanje na daljavo

zavedanje okolja

samoučeča

e-rešitve

pripravljena za pametno mesto



“Nikoli se ne smemo zanašati na stare inovacije. Biti moramo korak pred tekmeči.”

Christof Droste, generalni direktor Hella Saturnus Slovenija, The Slovenia Times, december 2011

“Naša rešitev, Envigence operacijski sistem ENVI-OS Pat.Pend., je naslednja stopnja od računalništva v oblaku, gre za t. i. reasoning, optimizacije s pomočjo umetne inteligence.”

Dr. Michael Witbrock, direktor tehnologij Envigence d.o.o., Ljubljana Forum 2011



**ENVIGENCE**  
environmental intelligence

ENVIGENCE d.o.o.  
Velika pot 15a,  
SI-5250 Solkan  
info@envigence.com  
www.envigence.com

**Hella Saturnus Slovenija d.o.o.,**  
Letališka cesta 17, 1000 Ljubljana  
Tel.: 01 520 33 33  
info@saturnus.hella.com  
www.hella-saturnus.si



ništvo iz Ljubljane. Katera znanja in veščine bi po vašem mnenju moral obvladati vsak inženir strojništva?

**T. Jurejevčič:** Poleg osnovnih inženirskih znanj pogrešamo predvsem znanja s področja vodenja komunikacije s kupci, izkušnje s področja mednarodnega koinženiranja predvsem v avtomobilski industriji. Tega znanja na slovenskih univerzah še ni veliko.

**Ventil:** Vemo, da znanje hitro zastari. Ali imate v vašem podjetju organizirana interna izobraževanja in na katerih področjih?

**T. Jurejevčič:** Da, seveda. V skupini Hella imamo vzpostavljen sistem šolanj za vsako delovno mesto. Sodelavce vedno izobražujemo tako v smislu internega know howa kot splošno dosegljivih strokovnih znanj.

**Ventil:** Ali nam lahko na kratko predstavite vaše načrte, strategijo in bodoče izdelke? Naše bralce bi verjetno zanimalo, kakšne bodo v bodočnosti luči na osebnih vozilih oziroma v katero smer gre razvoj na tem področju.

**T. Jurejevčič:** Izdelki bodo v bodočnosti sledili splošnim trendom na področju varstva okolja in ener-

getske učinkovitosti. Predvsem bo v izdelkih več elektronike, LED-tehnologije in inteligentnega krmiljenja. Največ poudarkov bo seveda na učinkoviti implementaciji novih tehnoloških rešitev v proizvodne procese.

**Ventil:** V imenu bralcev revije Ventil se ge. Lilijani Dolenc in našemu poklicnemu kolegu dr. Tomažu Jurejevčiču iskreno zahvaljujemo za prijazen sprejem, podjetju pa želimo uspešno poslovno pot tudi v prihodnje.

Janez Tušek  
UL, Fakulteta za strojništvo

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

**Dodatne informacije:**

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

**5. industrijski forum 2013**  
Inovacije, razvoj,  
tehnologije

PORTOROŽ, 10. IN 11.  
JUNIJ 2013

Forum znanja in izkušenj

Dogodek je namenjen predstavitvi dosežkov in novosti iz industrije, inovacij in inovativnih rešitev iz industrije in za industrijo, primerov prenosa znanja in izkušenj iz industrije v industrijo, uporabe novih zamisli, zasnov, metod tehnologij in orodij v industrijskem okolju, resničnega stanja v industriji ter njenih zahtev in potreb, uspešnih aplikativnih projektov raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter primerov prenosa uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.

**IFAM**  
international trade fair of  
automation & mechatronics

Mednarodni sejem za avtomatiko, robotiko, mehatroniko ...  
International Trade Fair for Automation, Robotics, Mechatronics ...

**30.01.- 01.02.2013** [www.ifam.si](http://www.ifam.si)



# The Piston Cylinder Assembly in Piston Machines – a long Journey of Discovery

Monika IVANTYSYNOVA

**Abstract:** This paper summarizes the main contributions of researchers and engineers to the discovery of physical phenomena defining the fluid film properties and the operational conditions of the piston cylinder interface in hydrostatic piston machines. The main focus of this paper is the piston cylinder assembly of designs, where the design principal is based on torque generation requiring a large side load of the piston. Since 1965 more than 20 dissertations have been completed on theoretical and/or experimental studies of the piston cylinder interface. Listing all of the papers published worldwide on analysis of piston kinematics and dynamics, modelling and simulation of piston/cylinder interface and experimental studies would exceed the allowable length of this paper. Therefore only major milestones in discovery will be discussed.

**Keywords:** hydrostatic piston machines, fluid film properties, theoretical and experimental studies, lubrication gap, swash plate, piston kinematics, forces, test rig, numerical model, measurement, piston design

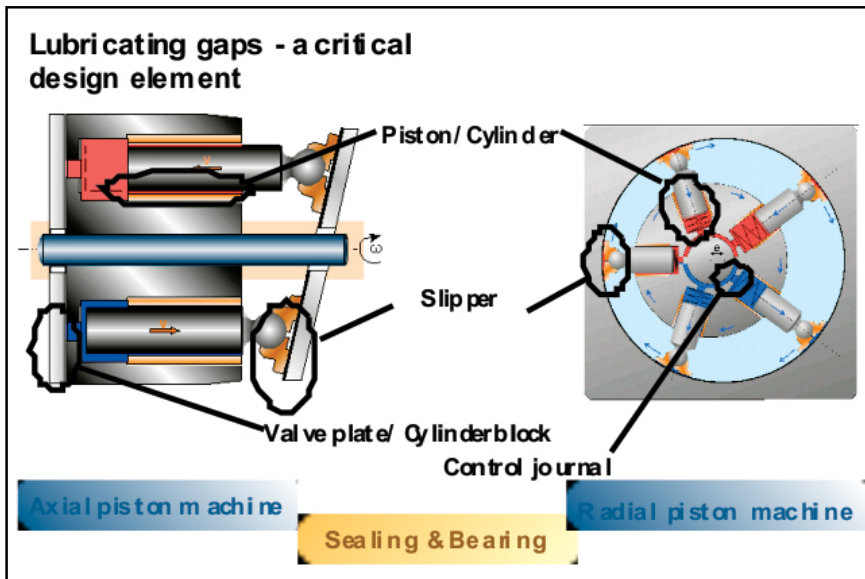
## 1 Introduction

Among all types of positive displacement machines piston machines can be designed for very high operating pressures (above 40 MPa). Piston machines have the potential to achieve very high efficiencies and allow for variable displacement units. These three attributes form a strong basis for component selection for highly efficient and compact fluid power drive systems. Since Ramelli's first axial piston pump designed at the beginning of the 17<sup>th</sup> century many generations of piston machines have been invented, designed and produced. The designs have been continuously simplified over the last decades. Most of the current manufactured piston pumps and motors have much lower num-

ber of parts than machines designed 50 years ago. A successful designed piston machine requires elegant solutions for many parts, but especially for the highly loaded sealing and bearing interfaces. Most piston machines have at least three different types of sealing and bearing interfaces as shown in *Figure 1* exemplarily for swash plate type axial piston and radial piston machine with external piston support. The piston cylinder interface is the most complicated interface in terms of balancing high pressure forces. The piston cannot be hydrostatically balanced like the slipper/swash plate or slipper/outer ring and the cylinder block/valve plate interface, which can be designed as combined hydrostatic/hydrodynamic bearing. The successful design of the piston cylinder interface determines the achievable maximum operating pressure, maximum speed and maximum swash plate angle. A very challenging design goal is to avoid wear by creating a sufficient load

carrying ability of the fluid film and to minimize energy dissipation in a wide range of operating conditions in order to achieve a very high efficiency. Many researchers have studied the behaviour of slippers in axial and radial piston machines as well as the cylinder block valve plate interface of axial piston machines in order to find optimal design solutions. However the amount of research conducted on the piston cylinder interface is much larger. The piston cylinder interface represents a very complex hydrodynamic bearing, which has to perform simultaneously as a sealing element to seal the displacement chamber from case pressure. This double function is especially difficult to solve in those piston machines, where the moment generation leads to a high side force acting on the piston. Consequently the majority of past research related to piston cylinder studies focus on designs involving high side load of the piston. The situation is different in bent axis ma-

Prof. dr. Monika Ivantysynova,  
Maha Fluid Power Research  
Center, Purdue University, USA



**Figure 1.** Lubricating gaps in piston machines

chines and radial piston machines utilizing special mechanism to minimize the piston side load. Piston machines with low side force can utilize piston rings like combustion engines. Piston rings allow for a much better sealing of the displacement chamber and also help to reduce piston friction. Much research has been conducted on the piston cylinder interface for combustion engines. Many of those research results have been translated and utilized in hydrostatic piston machines like bent axis machines, which can use piston rings. This might explain that there has been less research conducted on piston/cylinder assembly for bent axis machines. In this paper only work related to piston machines with high side forces will be reported.

## ■ 1 The piston motion

As it will be explained in more detail in this chapter the piston conducts a very complex periodical motion, which can be divided in two parts: the piston macro and the piston micro motion. The piston macro motion can be derived analyzing the piston kinematics.

### 1.1 Kinematics of the piston

The kinematics of the piston can be determined from the basic mechanism describing the rotating group

of each design. A comprehensive overview can be found in Ivantysyn and Ivantysynova (1993). *Figure 2* shows the basic kinematic relationship for swash plate type machines.

The piston stroke  $s_k$  is dependent on pitch radius  $R$ , swash plate angle  $\beta$  and angular position of the block  $\varphi$ .

$$s_k = -R \cdot \tan \beta (1 - \cos \varphi) \quad (1)$$

The piston stroke  $H_k$ , which represents the displacement of the piston from outer dead center (ODC) to inner dead center (IDC) yields:

$$H_k = 2 \cdot R \cdot \tan \beta \quad (2)$$

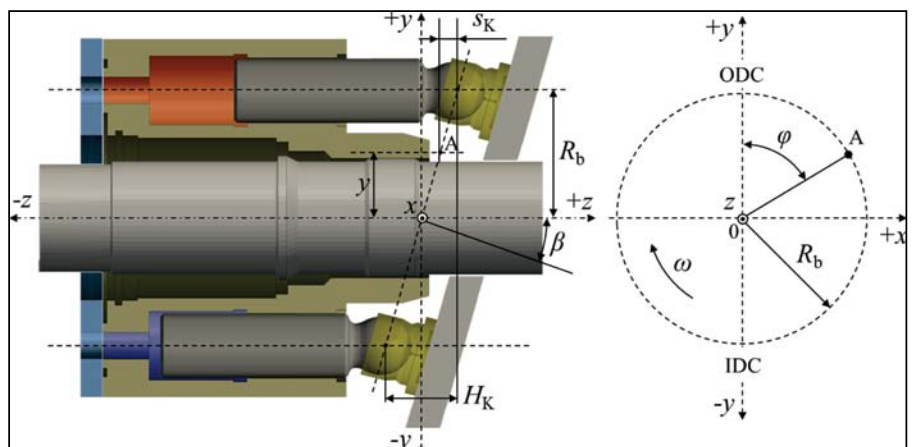
Based on the maximum piston stroke, the piston velocity  $v_k$  and the piston acceleration  $a_k$  can be derived as follows:

$$v_k = \frac{ds_k}{d\varphi} \omega = -\frac{1}{2} \omega \cdot H_k \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

$$a_k = \frac{dv_k}{d\varphi} \omega = -\frac{1}{2} \omega^2 \cdot H_k \cdot \cos \varphi \quad (4)$$

Therefore, for a given pump or motor design, the piston sliding velocity and acceleration are a function of the angular position and angular velocity of the shaft.

Due to the rotation of the shaft and the cylinder block or in case of inverse kinematics due to the rotation of the swash plate (wobble plate design), the piston has to move along the piston axis to accomplish the piston stroke. This axial piston motion represents a forced motion. Besides that the piston has the freedom to turn about its own axis. The piston turning/spinning motion is not forced and therefore depends on the friction between cylinder and piston and between piston and slipper. Several researchers have studied the piston relative motion (Renius 1974, Regenbogen 1978, Hooke and Kakoullis 1981, Harris et al 1993, Fang and Shirakashi 1995, Wieczorek and Ivantysynova 2002 and Lasaar 2003). Renius (1974) accomplished a very comprehensive experimental study and confirmed the piston spin motion in swash plate type axial piston machines through measurements of piston friction forces in axial and circumferential direction. Hooke and Kakoullis (1981) studied experimentally the dependence of piston spin motion on pump speed



**Figure 2.** Swash plate type axial piston pump kinematics

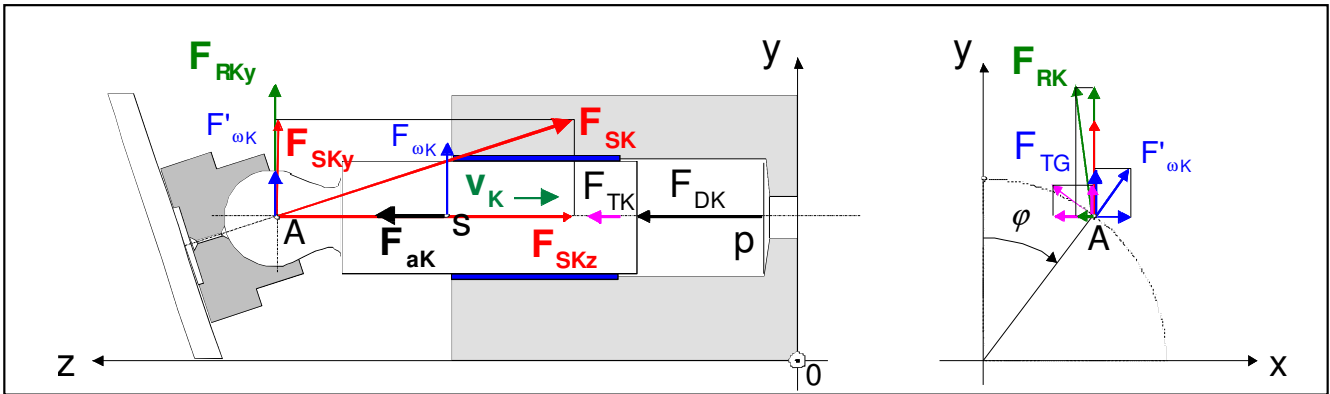


Figure 3. Piston free body diagram

and operating pressure and concluded that increasing operating pressure supports the piston spin motion due to high piston forces pressing the piston into the slipper ball joint and preventing any relative motion between piston and slipper. Ivantysynova (1983) considered the piston relative motion in her numerical model. She compared calculated pressure fields with measured pressure profiles, which explained that the piston spin motion contributes to hydrodynamic pressure built up. Fang and Shirakashi (1995) measured the piston spin motion on a modified wobble plate pump and explained that the spin motion contributes to the load carrying ability of the piston and therefore helps to prevent mixed friction. Also Lasar (2003) confirmed with his piston friction force measurements using a specially designed swash plate type machine that the piston spin motion is present and its value depends on operating conditions.

In addition to the described axial motion and rotation about its axis the piston is conducting a complex micro motion within the cylinder bore. The micro motion can be derived from the force balance of the piston.

### 1.2 Forces acting on the piston

Forces acting on the piston have been studied by many authors (Brangs 1965, Yamaguchi 1976, van der Kolk 1972, Dowd and Barwell 1974, Renius (1974), Hooke and Kakoullis 1981, Ivantysynova 1983,

Harris, Edge and Tilley 1993, Ivantysyn and Ivantysynova 1993, Fang and Shirakashi 1995, Kleist 1995, Jang 1997, Manring 1999, Sanchen 1999, Olems 2001, Wieczorek 2002, Scharf and Murrenhoff 2005). *Figure 3* shows a free body diagram of the piston. The figure shows all external forces acting on the piston. When the pump or motor runs under pressure the largest force is usually the pressure force  $F_{DK}$ .

The pressure force is determined by the instantaneous cylinder pressure and therefore changes periodically over one shaft revolution. Similar

the piston inertia force  $F_{aK}$  changes periodically with the piston acceleration. Dependent on the fluid film conditions and the resulting flow between piston and cylinder the piston friction force  $F_{TK}$  will also act on the piston. Finally the reaction

force of the swash plate  $F_{SK}$  and the piston centrifugal force  $F_{\omega K}$  will act on the piston. As shown in *Fi-*

*gure 3* the component  $F_{SKy}$  of swash plate reaction force represents a radial force acting on the piston. In addition the y-components of the piston centrifugal force and the

slipper friction force  $F_{TG}$  will contribute to the resulting side load of

the piston. The resultant force  $F_{RK}$ , which acts on the piston perpendicular to the piston axis at point A of the ball joint, can be determined

by vectorial addition of the forces

$$F_{SKy}, F'_{\omega K} \text{ and } F_{TG}:$$

$$F_{RK} = \sqrt{(F_{SKy} + F'_{\omega Ky} + F_{Tgy})^2 + (F'_{\omega Kx} + F_{Tgx})^2} \quad (5)$$

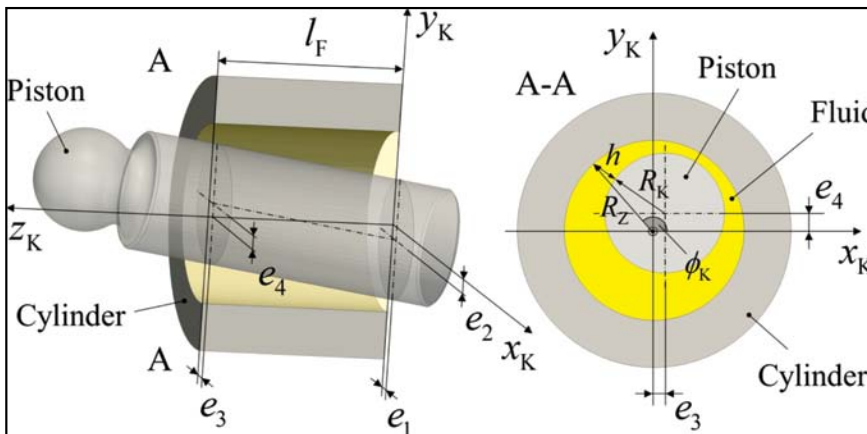
Under the assumption of full fluid film lubrication and absence of me-

tal to metal contact, the force  $F_{RK}$  must be compensated by the fluid film between piston and cylinder, i.e. resulting pressure force and moment generated from the fluid pressure field. In other words, the hydrodynamic pressures built up in the fluid film must develop fluid forces and moments sufficient to balance the external forces. To illustrate the amount of force to be carried by the fluid film lets take a swash plate pump with a 20 mm piston diameter and a swash plate angle

of 21 degree. The side force  $F_{RK}$  acting on a single piston is approximately 5000 N when the pump runs at 45 MPa pressure.

Because of the nature of the basic operation of piston machines, most of the external forces change periodically with the rotating angle of the shaft. The periodically oscillating external forces lead to a complex micro motion of the piston, where the piston changes its inclination angle in the cylinder bore till the resulting hydrodynamic pressure field generates the required resulting fluid force and moments to balance the external forces. Fang and Shirakashi (1995) first time proposed a





**Figure 4.** Inclined position of the piston in the cylinder

method to calculate the changing inclined positions of the piston during one shaft revolution that would balance the external piston forces. Kleist (1995) developed a method to calculate the piston micro motion in order to balance external forces. Similar models were used by Sanchen (1999), Olems (2001) and Wiecezorek (2002). Figure 4 shows the resulting inclined piston position of the piston in the cylinder bore at a given angular position of the shaft.

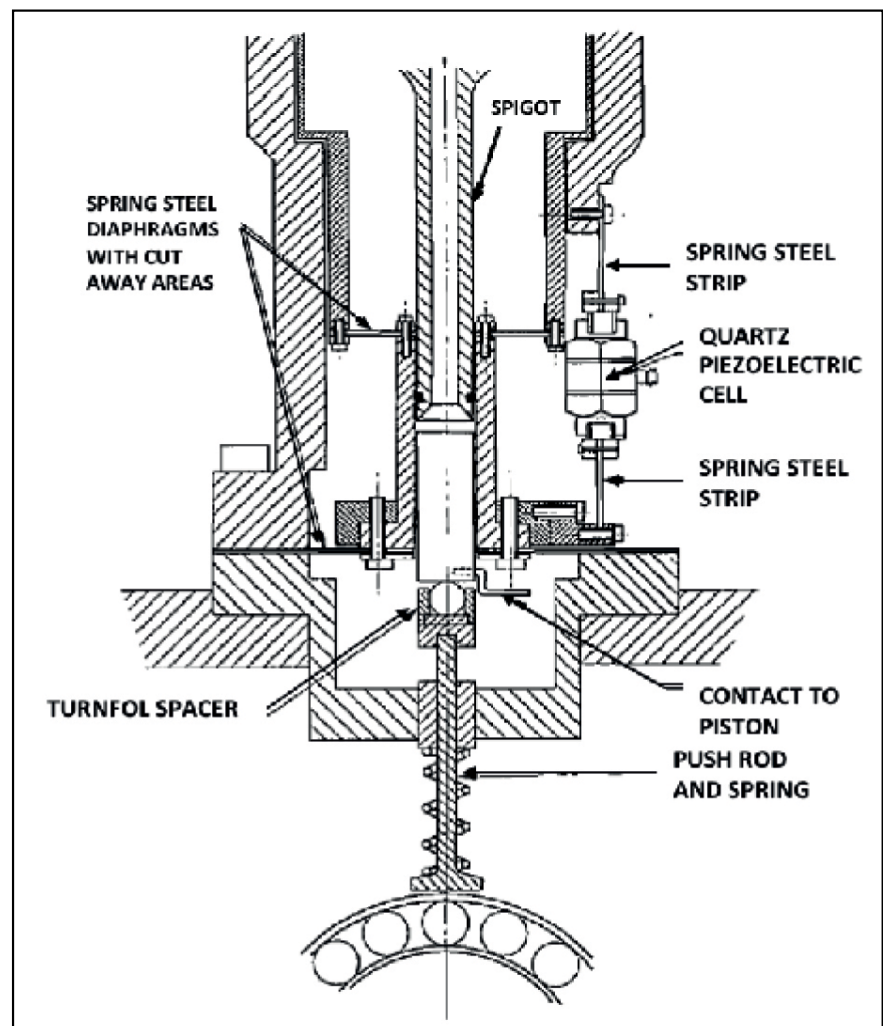
## ■ 2 Experimental work

Many researchers world wide built special test rigs using different simplified versions of the piston cylinder assembly or modified pumps (van der Kolk 1972, Yamaguchi 1976, Dowd and Barwell 1975, Renius 1974, Regenbogen 1978, Hooke and Kakoullis 1981, Ivantysynova 1983, Koehler 1984, Ezato and Ikeya 1986, Fang and Shirakashi 1995, Donders 1998, Manring 1999, Sanchen 1999, Tanaka 1999, Olems 2001, Ivantysynova and Lasaar 2000, Oberem 2002, Ivantysynova, Huang, and Behr 2005) to study the piston cylinder interface. Most of the test rigs were based on a single piston design and inverse kinematics. One of the first piston cylinder test rigs was built by van der Kolk (1972). The design did not allow for any axial piston motion. A side force was applied from outside. The arrangement simplified the conditions to a tilted journal bearing with increased outside pressure. The test rig built by Renius (1974) was also based on a single piston assembly using

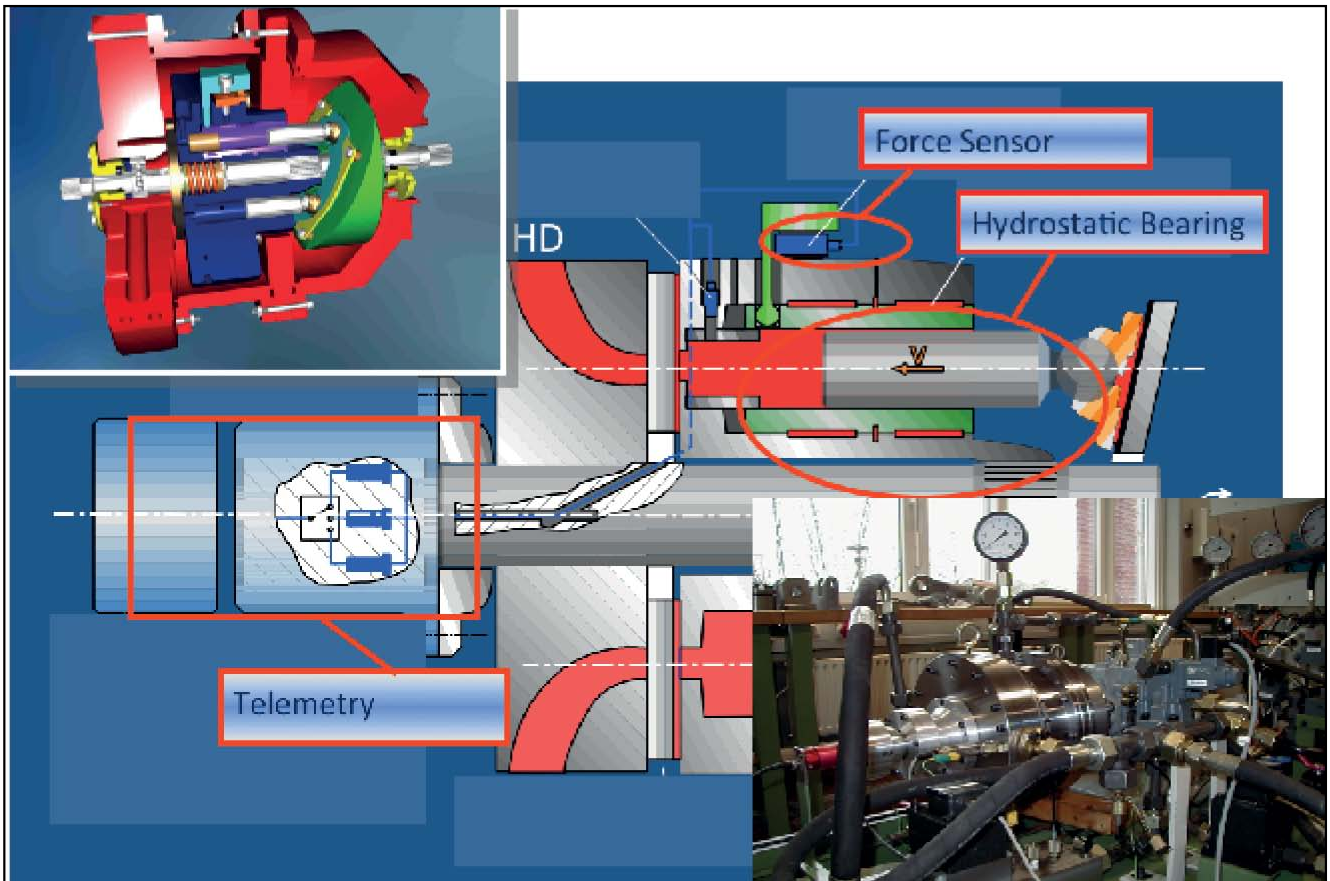
inverse kinematics. The design allowed for a more realistic study of the condition of the piston cylinder interface by accounting for complex piston motion (axial and spin) under varying pressures in the displacement chamber. Renius measured piston friction forces in axial and circumferential direction. His extensive experimental work formed a major milestone in the discovery of physi-

cal behavior of the piston cylinder interface. The test rig used by Dowd and Barwell (1975) was proposed to study the impact of material properties and surface roughness on friction and wear of the piston cylinder interface. As shown in Figure 5 the test rig was also based on inverse kinematics. In addition to the missing centrifugal force also the impact of transient external side load and piston spin motion on the hydrodynamic pressure built up are neglected in the experimental study conducted by Dowd and Barwell.

Dowd and Barwell (1975) conclude that "the clearance between piston and cylinder is extremely small and the slope of the asperities is too slight to provide sufficient hydrodynamic lift." They also wrote in their conclusion that elasto-hydrodynamic effects might balance the side force. Yamaguchi (1976) built a single piston test rig to study the piston mo-



**Figure 5.** Test rig used by Dowd and Barwell (1975)



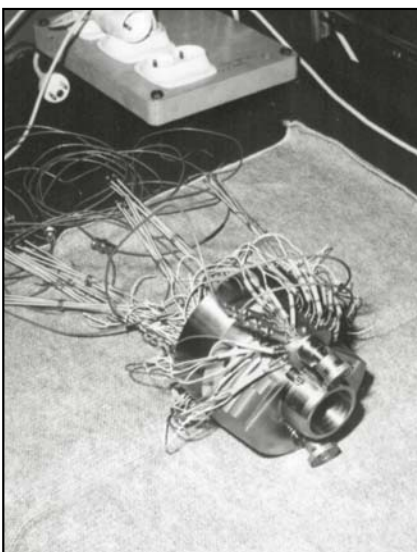
**Figure 6.** Cross section of the test pump

tion and fluid film conditions of piston machines. His test rig simulates the conditions in bent axis machines using a design with connecting rod. He measures gap heights between the piston and cylinder under very low pressures (maximum operating pressure is 5 MPa). Several more authors built test rigs to measure

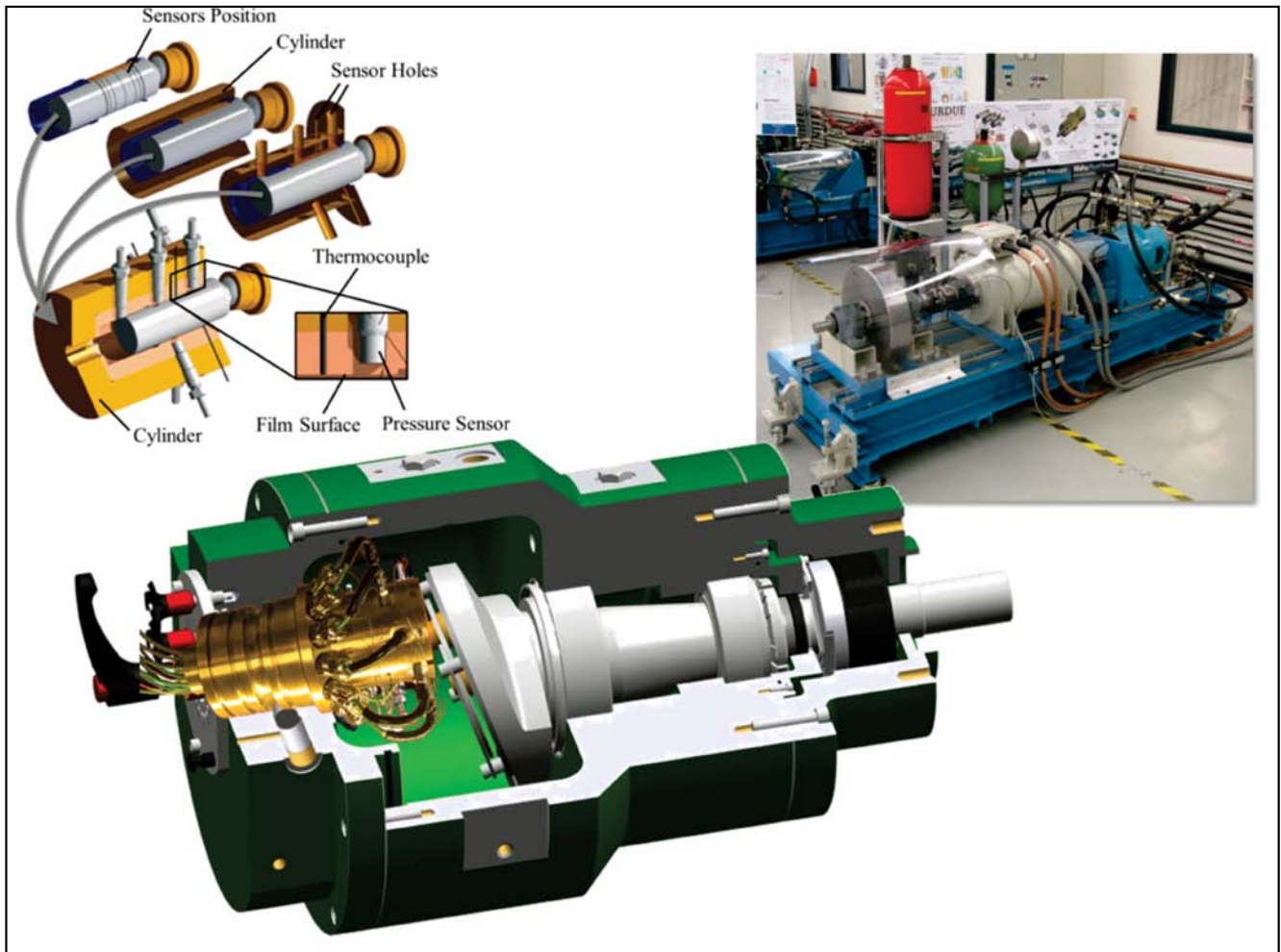
the piston friction force (Ezato and Ikeya 1986, Donders 1998, Manning 1999, Ivantysynova and Lasaar 2000). The test rig proposed and built by Ivantysynova and Lasaar (2000) first time allowed to measure piston friction forces on a swash plate machine under machine conditions comparable to standard designs. The specially designed pump allows measurements of axial and circumferential friction force in pumping and motoring mode in a wide range of operating conditions. *Figure 6* shows a cross section of the test pump using a 3 component piezoelectric force sensor mounted to a hydrostatically beard bushing.

The instantaneous cylinder pressure is measured with another piezoelectric pressure sensor. A telemetry is used to transfer the measured data wireless from the rotating cylinder block to the data acquisition system. Results of a study of impact of surface roughness as well as measurements using a half-barrel like piston shape on piston friction force are summarized in Lasaar

(2002). Donders (1998) used a special single piston test rig built at the Institute for Fluid Power Drives and Control in Aachen to investigate the piston friction force development under different operating conditions using HFA fluids and mineral oil. The test rig allows direct measurement of the piston friction force using a force sensor mounted to the piston. Also this test rig uses a hydraulic cylinder to apply a piston side force. Oberem (2002) used the same test rig later for a comprehensive study of different piston designs and the influence of clearance on the axial piston friction force. Ivantysynova (1983, 1985) used a modified swash plate type pump with inverse kinematics to measure the temperature field between piston and cylinder. 30 thermocouples were implemented around a single piston. In addition the pressure in the gap between piston a cylinder was measured using 3 piezoelectric pressure sensors. *Figure 7* shows the implemented thermocouples and the pressure sensors.



**Figure 7.** Test pump with implemented thermocouples and pressure sensors



**Figure 8.** Test rig for direct measurement of the pressure field in the fluid film between piston and cylinder

The goal of the measurements conducted in pumping and motoring mode was to verify the developed non-isothermal gap flow model. Olems (2001) implemented 65 thermocouples around the cylinder surface and in the cylinder block to measure the surface temperature between piston and cylinder and the heat transfer through the cylinder block into the housing. The test rig shown in *Figure 8* allows first time direct measurement of the pressure field in the fluid film between piston and cylinder.

The idea was experimentally to confirm that elasto-hydrodynamic pressure built up is present in this interface. The test rig uses a single piston and inverse kinematics. A special locking device allows turning and fixing the block in 180 predefined positions. Therefore dynamic pressure can be measured at a grid of totally 1620 measurement locations around the piston using 9 pressure

sensors only (Ivantysynova, Huang and Behr 2005). The test rig also allows measuring the temperature field between piston and cylinder on a fine grid of 1620 grid points using 9 thermocouples and the described locking device.

In summary, the above briefly described experimental work allowed for major steps in the discovery of what effects are involved and how those effects contribute to the resulting piston motion and fluid film behavior. Many of the test rigs were built to support and confirm modeling of the piston cylinder interface. The next chapter will summarize major milestones in the area of modeling and simulation.

### ■ 3 Modeling of piston cylinder interface

Gerber (1968) presented the first model for the calculation of gap flow and friction between piston

and cylinder. Gerber does not consider any hydrodynamic pressure built up and proposes to use different coefficients to calculate the friction between piston and cylinder. Van der Kolk (1972) first time calculated the pressure field between piston and cylinder by solving the Reynolds equation. He neglected the axial piston motion and calculated the pressure field based on the spin motion of the piston and an inclined piston position, i.e. conditions similar to a tilted journal bearing. Due to limitations in the available computing power a very rough computing grid of just 48 elements was used to describe the fluid film flow. Yamaguchi (1976) studied the motion of the piston in piston machines based on the hydrodynamic lubrication theory solving the Reynolds equation. He considered already the impact of change of gap height with respect to time due to changing pressure in the displacement chamber. Based on his calculations

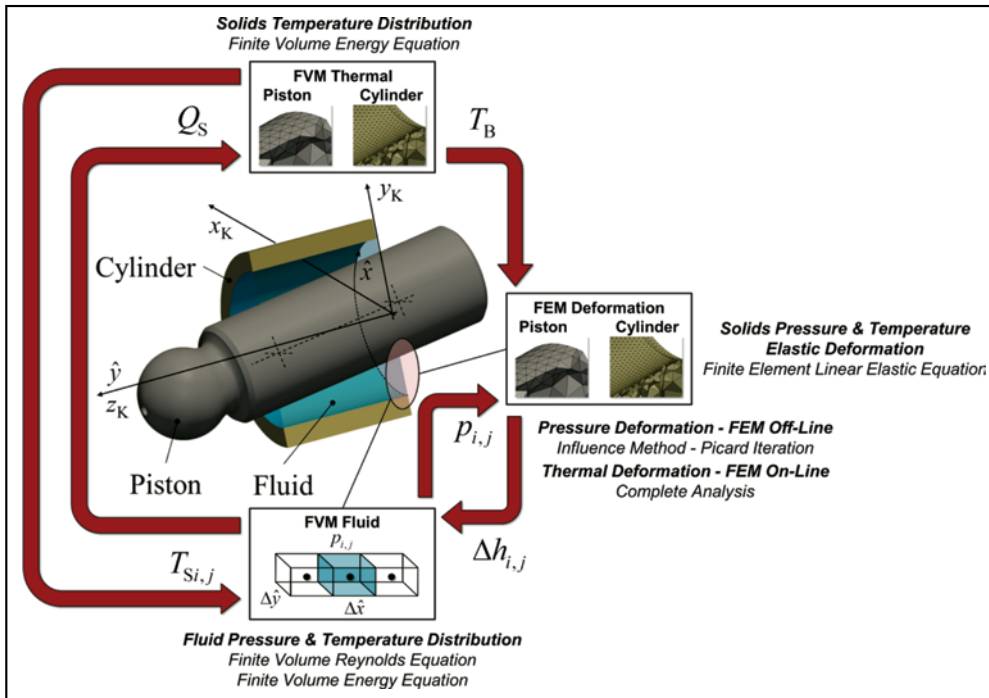


Figure 9. Piston cylinder coupled physical domains

roughness is considered using a statistical model, which was originally proposed by Patir and Cheng (1979). The model was later integrated by Sanchez (1999) in the simulation program PUMA. Olems (2002) used a non-isothermal model together with Newton Raphson's approach to solve for the force balance between external and fluid forces and to determine the piston micro motion and resulting additional load carrying ability of the fluid film. Wiczorek (2002) integrated Olem's piston cylinder model into the simulation program CASPAR. CASPAR calculates all three connected lubricating gaps of a swash plate type axial piston machine based on non-isothermal gap flow models and micro-motion of moveable parts.

he proposes a tapered piston shape to stabilize the piston motion, i.e. to achieve force equilibrium between fluid forces and external forces. Ivantysynova (1983, 1985) presented a non-isothermal model, where in addition to the Reynolds equation the energy equation is solved in order to consider the impact of change of viscosity due to temperature and pressure on gap flow conditions. The presented model solves the pressure and temperature field between piston and cylinder for an assumed inclined position. The resulting fluid forces and moments are compared with external forces, but no additional iteration loop is added to the simulation routine to determine the micro motion of the piston. Fang and Shirakashi (1995) first time proposed a calculation method to determine the piston position considering force balance between external and fluid forces by varying the piston position. In the case that no force balance can be found they assume contact forces and mixed friction. Fang and Shirakashi neglect the influence of squeeze film effect on hydrodynamic pressure built up. Kleist (1995) presented a new approach to calculate the piston position within the cylinder bore based on the balance between external and fluid forces and moments. He considers also the micro

motion of the piston and its effect on hydrodynamic pressure built up. Kleist uses a modified Reynolds equation, where the influence of surface

Figure 10 shows the flow chart describing the implemented numerical algorithms.

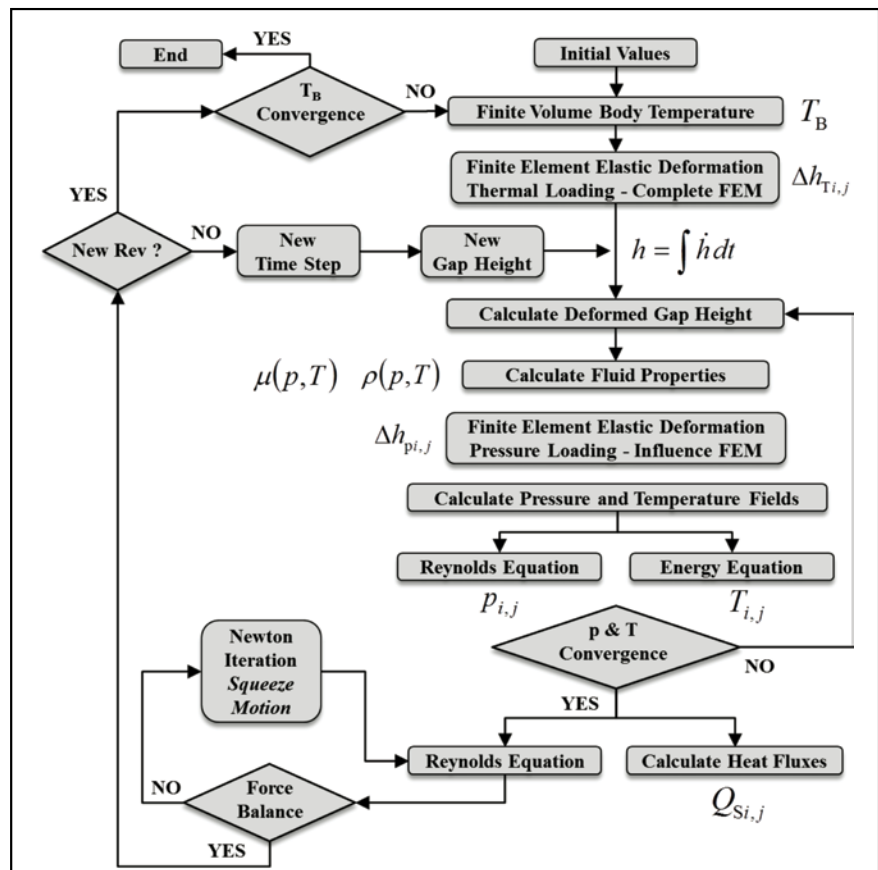
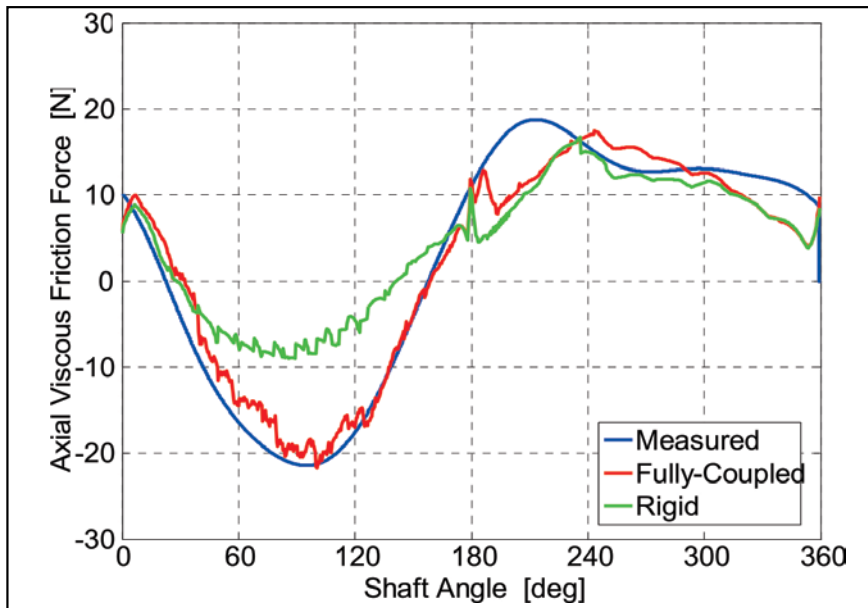


Figure 10. Flow chart of implemented numerical algorithms



**Figure 11.** Comparison of measured and calculated piston friction forces

The investigation of elasto-hydrodynamic effects within the piston cylinder assembly was inspired from various research in the field of tribology, where various procedures for solving the complex elasto-hydrodynamic lubrication problem were reported already in the sixties. For example Dowson and Higginson (1959) described an iterative procedure that solved the elasto-hydrodynamic problem for line contacts. Knoll (1974) studied the load carrying ability of journal bearings under elasto-hydrodynamic lubrication. Dowson et al (1982) studied the elasto-hydrodynamic lubrication of piston rings in the combustion chamber of an internal combustion

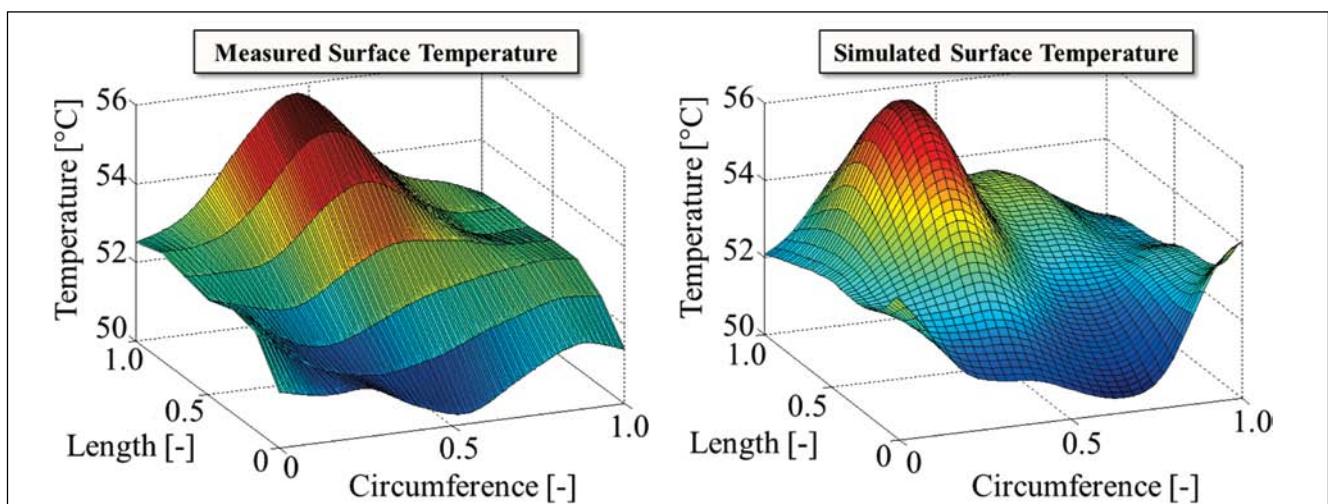
engine. Also Reiners (1987) studied elasto-hydrodynamic effects on piston cylinder assembly of combustion engines under the consideration of primary and secondary piston motion.

Ivantysynova and Huang (2002) proposed first time to include an elasto-hydrodynamic model for the simulation of the gap flow between piston and cylinder of a swash plate type axial piston machine. It is assumed that high pressure peaks developed in the fluid film lead to local elastic surface deformation of the piston and cylinder. This will lead to a local change of film thickness and therefore impact the resulting pressure field and all

other gap flow parameter including friction. The change of fluid film thickness due to elastic deformation of piston and cylinder was calculated using an influence matrix approach. The influence matrices were calculated using ANSYS. A similar piston cylinder simulation model considering elasto-hydrodynamic effects was presented by Fatemi et al (2008). This model coupled commercial FEM and multi-body simulation software with an in-house fluid film model. A fully coupled fluid-structure thermal and multi-body dynamics simulation model for the piston cylinder interface was first time published by Pelosi and Ivantysynova (2009). The model does not only consider elastic deformation of the piston and cylinder due to pressure load, but also considers thermal expansion due to energy dissipation in the fluid film. The proposed algorithm includes a complete heat transfer model of the cylinder block and piston assembly. *Figure 9* illustrates the numerical coupling of different physical domains considered in this new piston cylinder model.

The accuracy of gap flow prediction of this new fully coupled fluid structure interaction model has been verified through comparison of measured and calculated piston friction forces, as shown in *Figure 11*. The measurements were made using the tribo test rig developed by Lasaar (2003).

*Figure 12* shows a comparison of measured and simulated temperature field between piston and cylinder.



**Figure 12.** Comparison of measured and simulated temperature field between piston and cylinder at

$\Delta p = 175 \text{ bar}$ ,  $n = 1500$ ,  $T_{case} = 51.8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{HP} = 45.8 \text{ }^\circ\text{C}$ , and  $T_{LP} = 43.1 \text{ }^\circ\text{C}$

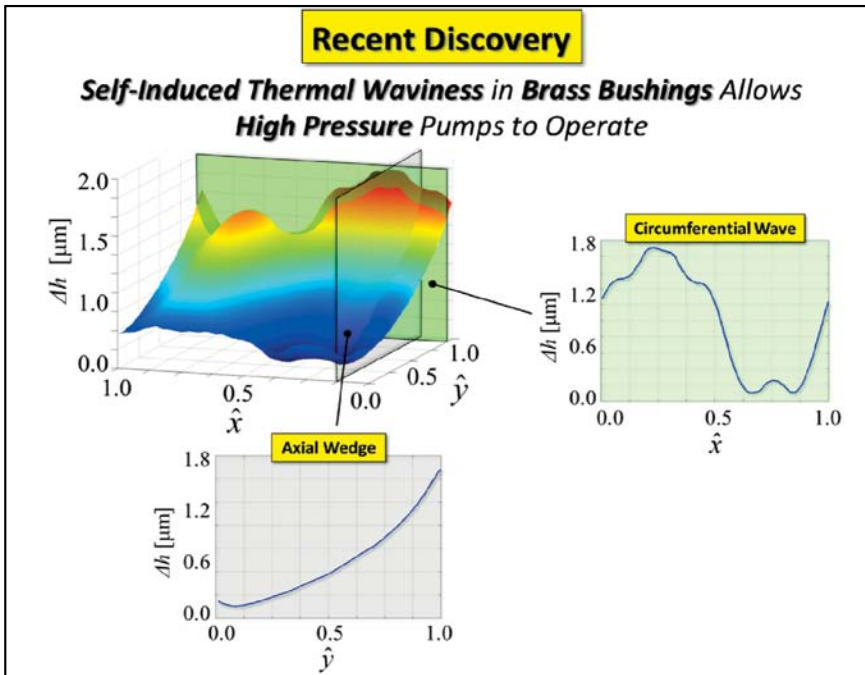


Figure 13. Change of resulting gap height

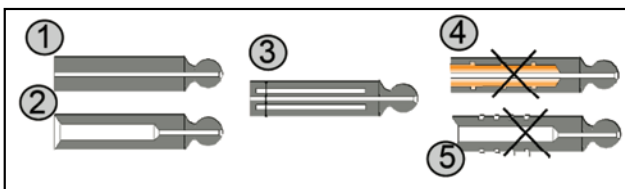


Figure 14. Current standard piston designs

elastic deformation of the piston and bushing lead to change of resulting gap height in order of several microns.

The measurements were made using the test pump shown in Figure 8. More results have been published in Pelosi and Ivantysynova (2011). The new model was further used to investigate the deformation of piston and cylinder due to pressure and temperature for a standard swash plate unit with brass bushing pressed into the cylinder block made from steel. It was discovered that the resulting elastic deformation of the brass bushing due to thermal and pressure load leads to a waviness of the surface. Simulation results show surface deformations due to thermal loading and pressure of the piston and bushing for a 75 cc swash plate type pump running at 35 MPa differential pressure, 1500 rpm and maximum swash plate angle. Port and case temperatures were taken from steady state measurements of the same pump, i.e. inlet temperature 49.7°C, temperature at high pressure port 54.6°C and case temperature 65°C. As shown in Figure 13 the

the generation of waviness in circumferential direction of the bushing surface and the generation of a wedge in axial direction of the gap between piston and cylinder. Both the circumferential waviness and the wedge effect will contribute to additional pressure built up and therefore increased load-carrying ability of the fluid film. This disco-

very is important for the understanding of physical phenomena contributing to fluid film conditions. It will also allow further optimization of the piston cylinder assembly to further reduce energy dissipation and increase power density of the machines.

#### 4 Design studies of the piston- cylinder assembly

Dowd and Barwell wrote in their paper published in ASLE Transactions in 1974: "Conventional high-pressure hydraulic pumps require a delicate balance between clearance, surface finish, and pump materials if a long, efficient life is to be maintained." Thanks to the research efforts of so many researchers over the last 40 years we now know a little more about the important contribution of different physical phenomena to load carrying ability of the fluid film, but still need to continue to study the sensitivity of the different design options to the resulting fluid film behavior. In this chapter the research activities related to study the impact of piston and cylinder shape as well as material options will be discussed. Figure 14 shows several standard piston designs, which have been and are still used by many manufactures worldwide.

Whereas piston # 1 is too heavy and will minimize pump speed, piston 2 introduces too high compression loss due to high dead volume. Dependent on the material used insi-

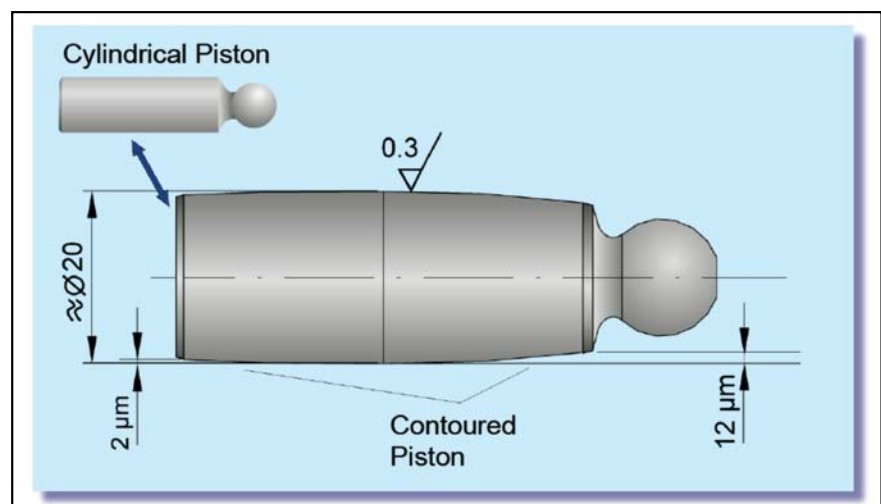
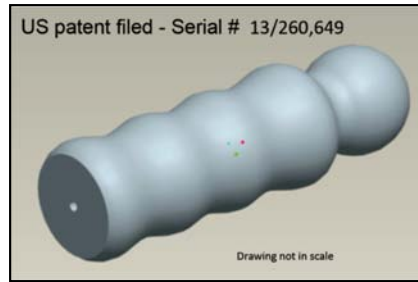


Figure 15. Piston shape proposed by Lasaar and Ivantysynova

de the hollow piston piston #4, the piston will have similar problems like piston # 1 or #2. The ring grooves on the outer surface of piston # 5 are clearly destroying the hydrodynamic pressure built up in the groove area and are therefore not helping to increase load carrying ability of the piston, i.e. such design should not be used at all. The best design considering a cylindrical piston shape represents piston # 3. However when studying the governing equation describing the fluid film behavior, it is obvious that shaping of the piston and or cylinder is a very helpful design element to increase load carrying ability of the piston cylinder interface, reduce energy dissipation and to avoid wear and mixed lubrication. Yamaguchi (1976) first time proposed a tapered piston shape to utilize an improved hydrodynamic pressure built up with axial piston motion. Ivantysynova (1983) proposed a barrel like piston with a large curvature radius leading to a diameter reduction of 4 micrometer at both piston ends. The idea of optimizing the piston shape to minimize energy dissipation within the piston cylinder interface was continued by Lasaar (2003), who proposed a half barrel like piston as shown in *Figure 15*.

Kleist (1997) proposed and tested different shaped pistons for radial piston machines. The shaped piston showed lower friction and comparable leakage than the cylindrical piston. Murrenhoff et al (2010) presented several research works on shaping of the piston and bushing together with piston and bushing coatings as well as first investigations into surface texturing. The paper reports reduction of piston friction force for coated and shaped pistons, however the presented measurement results show improvements only for the low pressure/suction stroke. These results are very different from the results Lasaar obtained for his shaped piston, where reduction of axial friction force was obtained especially during the high-pressure stroke. The newest version of the fully coupled



**Figure 16.** *Waved Piston*

fluid structure interaction model of the piston cylinder interface developed by Pelosi and Ivantysynova (2011) was used to conduct a simulation study for waved pistons. A US patent application has been filed for the waved piston shown in *Figure 16*. Recent simulation results have demonstrated a huge potential to achieve major reduction of energy dissipation for the piston cylinder interface. *Table 1* shows a comparison of average reduction of power loss achieved for all eight simulated operating conditions for three different waved piston designs. The simulations were made for pump operation at high and low speed (1000 and 3000 rpm), high and low pressure (400bar and 100 bar) and 100% and 20% swash plate angle. The waved design with 2.5 sin waves and an amplitude of +/- 6 micrometer showed reduction of power loss for all operating conditions with the highest of 80% at simulated operating point 4 (3000 rpm, 400 bar and 20% swash plate angle). These very recently obtained research results

machine. After 600h testing at maximum pressure of 320 bar and speed of 2000 rpm piston and bushing showed no wear, but the overall efficiency of the unit was lower than the standard one. Another unit equipped with ceramic pistons failed after short operation. Scharf and Murrenhoff (2004) concluded after they conducted a comprehensive study on different physical vapor deposition (pvd) coatings of different pump parts that the piston reveals the weak point of Zirconium Carbide coating because the piston cylinder interface represents the most complex interface within the displacement unit.

The main idea of most of the previous research on new material combinations and coatings for the piston cylinder assembly was to prevent wear and reduce friction. The newest finding of the behavior of the brass bushing pressed in to the steel cylinder block reported in chapter 3, reveal that the piston and cylinder material needs to support the load carrying ability of the fluid film. This is the only successful way of increasing load carrying ability of the fluid film, which will result in reduction of energy dissipation and friction and with that also avoid wear. Dowd and Barwell (1974) concluded in their paper that the side load of the piston must be balanced by hydrodynamic lift generated by microasperities and elasto-hy-

**Table 1.** *Average reduction in power loss due to piston shaping*

Design	Clearance [µm]	% Reduction in Power Loss Leakage	% Reduction in Power Loss Friction	% Reduction in Total Power Loss
6µm-2 peaks	34µm	8.65%	8.3%	8.35%
6µm-2 peaks	18µm	80%	61%	68%
6µm-2.5 peaks	18µm	78.8%	56.8%	64.7%

have not been published elsewhere. Besides shaping and surface structuring several researchers have investigated the use of new materials and coatings for the piston and cylinder. Feldmann and Bartelt (2003) reported results of testing of ceramic pistons and bushings in a swash plate type axial piston

drodynamic contact between the two surfaces. Our newest findings confirm that elasto-hydrodynamic effects play a major role and help current designs to run successful. This discovery however opens the door to interesting new research in investigating new materials, coatings and shapes for this heavy loaded

interface.

## References

- [1] Brangs, E. 1965. Ueber die Auslegung von Axialkolbenpumpen mit ebenem Steuerungsspiegel. Dissertation RWTH Aachen, Germany.
- [2] Dowd, J. R. and Barwell, F. T. 1975. Tribological interaction between piston and cylinder of a model high pressure pump. *Transact. ASLE*, 18, pp. 21–30.
- [3] Donders, St. 1998. Kolbenmaschinen für HFA Flüssigkeiten - Verlustanteile einer Schrägscheibeneinheit. Dissertation RWTH Aachen, Germany.
- [4] Donders, St., Kane, B. and Seifert, V. 2004. Einsatz von Kunststoffen und Keramik in Hydraulikkomponenten. Proc. of the 4th International Fluid Power Conference, Dresden, pp. 453–460.
- [5] Ivantysynova, M. (at that time Berge, M.) 1983. An investigation of viscous flow in lubricating gaps. (In Slovak). Dissertation SVST Bratislava, Czechoslovakia.
- [6] Ivantysyn, J. and Ivantysynova, M. 1993. *Hydrostatische Pumpen und Motoren*. Würzburg. Vogel Buchverlag.
- [7] Ivantysynova, M. 1985. Temperaturfeld im Schmierpalt zwischen Kolben und Zylinder einer Axialkolbenmaschine. *Maschinenbautechnik* 34, pp. 532–535.
- [8] Ivantysynova, M. and Lasaar, R. 2000. Ein Versuchsträger zur Messung der Reibkräfte zwischen Kolben und Zylinder in Axialkolbenmaschinen. *Konstruktion* 52 (2000) 6, pp. 57–65.
- [9] Ivantysynova, M. 1985. Temperaturfeld im Schmierpalt zwischen Kolben und Zylinder einer Axialkolbenmaschine. *Maschinenbautechnik* 34, pp. 532–535.
- [10] Ivantysynova, M. and Huang, Ch. 2002. Investigation of the gap flow in displacement machines considering the elasto-hydrodynamic effect. 5th JFPS International Symposium on Fluid Power. Nara, Japan. pp. 219–229.
- [11] Ivantysynova, M. and Lasaar, R. 2004. An investigation into Micro- and macro geometric design of piston/cylinder assembly of swash plate machines. *International Journal of Fluid Power*, Vol. 5 (2004), No.1, pp. 23–36.
- [12] Ivantysynova, M., Huang, C. and Behr, R. 2005. Measurements of elasto-hydrodynamic pressure field in the gap between piston and cylinder. Bath Workshop on Power Transmission and Motion Control PTMC 2005, Bath, UK, pp. 451 - 465.
- [13] Ivantysynova, M. 2011. Positive displacement machine piston with wavy surface form. US patent application. Serial No. 13/260,649.
- [14] Ezato, M. and Ikeya, M. 1986. Sliding friction characteristics between piston and cylinder. Starting and low speed conditions in the swash plate type axial piston motor. 7<sup>th</sup> International Fluid Power Symposium, Bath, UK.
- [15] Fang, Y and Shirakashi, M. 1995. Mixed lubrication characteristics between piston and cylinder in hydraulic piston pump-motor. *Journal of Tribology, Trans. ASME*, Vol.117, pp. 80–85.
- [16] Fatemi, A., Wohlers, A. and Murrenhoff, H. 2008. Simulation of Elastohydrodynamic Contact between Piston and Cylinder in Axial Piston Pumps. *Proc. of the 6th International Fluid Power Conference*, Dresden, pp. 539–552.
- [17] Feldmann, D.G. and Bartelt, Chr. 2003. Development of ceramic pistons and bushings for axial piston units. 8<sup>th</sup> Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP'03, Tampere, Finland, pp. 1289–1300.
- [18] Harris, M.R., Edge, K.A. and Tilley, D.G. 1993. The spin motion of pistons in a swash plate type axial piston pump. 3<sup>rd</sup> Scandinavian International Conference on Fluid Power, Finland.
- [19] Hooke, C.J. and Kakoullis, Y.P. 1981. The effects of centrifugal load and ball friction on the lubrication of slippers in axial piston pumps. 6<sup>th</sup> Fluid Power Symposium, Cambridge ISBN 0906085, pp. 179–191.
- [20] Kleist, A. 1997. Design of Hydrostatic Bearing and Sealing Gaps in Hydraulic Machines – a new Simulation Tool. Fifth Scandinavian International Conference on Fluid Power. SICFP'97, Linköping, Sweden, pp. 157–169.
- [21] Kleist, A. 2002. Berechnung von Dicht- und Lagerfugen in hydrostatischen Maschinen. Dissertation RWTH Aachen, Germany.
- [22] Knoll, G. 1974. Tragfähigkeit zylindrischer unter elasto-hydrodynamischen Bedingungen. Dissertation. RWTH Aachen 1974, Germany.
- [23] Knoll, G.D. and Peeken, H.J. 1982. Hydrodynamic lubrication of piston skirts. *Transaction of ASME Journal of Lubrication technology*. Vol. 104, pp. 504–509.
- [24] Knoll, G. and Peeken, H. 1990. Formulation of fluid contact elements for elstohydrodynamic structure interaction. Proc. Japanese International Tribology Conference, Nagoya, pp. 179–184.
- [25] Lasaar, R. 2003. Eine Untersuchung zur mikro- und makrogeometrischen Gestaltung der Kolben/ Zylinderbaugruppe von Schrägscheibenmaschinen. VDI Fortschrittsberichte Reihe 1 No. 364, VDI Verlag Düsseldorf, Germany.



- [26] Murrenhoff, H. et al. 2010. Efficiency improvements of Fluid Power Components Focusing on Tribological Systems. 7<sup>th</sup> International Fluid Power Conference, Aachen, Germany, pp. 215-248.
- [27] Manring, N. 1999. Friction forces within the cylinder bores of swash plate type axial piston pumps and motors. *ASME Journal of Dynamic systems, Measurement and Control*, Vol. 121, pp. 531-537.
- [28] Oberem, R. 2002. *Untersuchung der Tribosysteme von Schrägscheibenmaschinen der HFA-Hydraulik*. Dissertation. RWTH Aachen, Germany.
- [29] Olems, L. 2001. *Ein Beitrag zur Bestimmung des Temperaturverhaltens der Kolben-Zylinderbaugruppe von Axialkolbenmaschinen der Schrägscheibenbauweise*. VDI Fortschrittsberichte Reihe 1 No. 348, VDI Verlag Düsseldorf, Germany.
- [30] Olems L., 2000. Investigation of the Temperature Behaviour of the Piston Cylinder Assembly in Axial Piston Pumps. *International Journal of Fluid Power*.
- [31] Patir, N. and Cheng, H.S. 1978. An average flow model for determining effects of three dimensional roughness on partial hydrodynamiclubrication. *ASME Journal of Lubrication Technology*. Vol. 100, pp. 12-17.
- [32] Pelosi, M. and Ivantysynova, M. 2009. A Novel Thermal Model for the Piston/Cylinder Interface of Piston Machines. *Bath ASME Symposium on Fluid Power and Motion Control (FPMC2009)*, [DSCC2009-2782 [22]
- [33] Pelosi, M. and Ivantysynova, M. 2011. The Influence of Pressure and Thermal Deformation on the Piston/Cylinder Interface Film Thickness. *52nd IFPE Conference on Fluid Power*, Las Vegas, USA.
- [34] Pelosi, M. and Ivantysynova, M. 2009. A Novel Fluid-Structure Interaction Model for Lubricating Gaps of Piston Machines. *Proc. of the 5th Fluid Structure Interaction Conference*, Crete, pp. 13-24.
- [35] Pelosi, M. and Ivantysynova, M. 2010. A Simulation Study on the Impact of Material Properties on Piston/Cylinder Lubricating Gap Performance. *Proc. of the 6th FPNI PhD Symposium*, West Lafayette, IN, USA.
- [36] Pelosi, M. and Ivantysynova, M. 2011. The Influence of Pressure and Thermal Deformation on the Piston/Cylinder Interface Film Thickness. *Proceedings of the 52nd National Conference on Fluid Power 2011*, NCFP I11-9.3.
- [37] Pelosi, M. and Ivantysynova, M. 2011. Surface Deformations Enable High Pressure Operation of Axial Piston Pumps. *Bath ASME Symposium on Fluid Power and Motion Control (FPMC2009)*, [DSCC2011], Washington, USA.
- [38] Reiners, W. 1987. *Die Ausbildung elasto-hydrodynamischer Reaktionskräfte am Kolben-schaft unter Berücksichtigung der Primär- und Sekundär-bewegung*. Dissertation RWTH Aachen, Germany.
- [39] Renius, K.T. 1974. *Untersuchung zur Reibung zwischen Kolben und Zylinder bei Schrägscheiben-Axialkolbenmaschinen*. VDI Forschungsheft 561. VDI Verlag Düsseldorf, Germany.
- [40] Regenbogen, H. 1978. *Das Reibungsverhalten von Kolben und Zylinder bei Schrägscheiben-Axialkolbenmaschinen*. VDI Forschungsheft 590, VDI Verlag Düsseldorf, Germany.
- [41] Rinck, St. 1992. *Untersuchung und Optimierung schnelllaufender Axial- und Radialkolbenpumpen beim Betrieb mit wasserbasischen Druckflüssigkeiten*. Dissertation RWTH Aachen, Germany.
- [42] Tanaka K., Kyogoku K. and Nakahara, T. 1999. Lubrication characteristics on sliding surfaces between piston and cylinder in a piston pump and motor (Effects of running-in, profile of piston top and stiffness). *JSME International Journal, Series C (Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing)*, Vol. 42 (1999) No. 4, pp. 1031-1040.
- [43] Van Bebber, D. 2003. *PVD Schichten in Verdrängereinheiten zur Verschleiß- und Reibungsminimierung bei Betrieb mit synthetischen Estern*. Dissertation RWTH Aachen, Germany.
- [44] Wieczorek, U. and Ivantysynova, M. 2002. Computer Aided Optimization of Bearing and Sealing Gaps in Hydrostatic Machines - The Simulation Tool CASPAR. *International Journal of Fluid Power*, Vol. 3 (2002), No.1, pp. 7-20.
- [45] Wieczorek, U. 2002. *Ein Simulationsmodell zur Beschreibung der Spaltströmung in Axialkolbenmaschinen der Schrägscheibenbauart*. VDI Fortschrittsberichte Reihe 1 No. 443, VDI Verlag Düsseldorf, Germany.
- [46] Yamaguchi, A. 1976. Motion of Pistons in Piston-Type Hydraulic Machines. *Bulletin of JSME*, Vol. 19, No. 130, pp. 402-419.
- [47] Yamaguchi, A. 1990. Motion of the piston in piston pumps and motors: the case of metallic contact. *JSME International Journal, Series III*, 33(4), 627-633, Tokyo.
- [48] Zhang, Y. 2000. *Verbesserung des Anlauf- und Langsamlaufverhaltens eines Axialkolbenmotors in Schrägscheibenbauweise durch konstruktive und material-technische Maßnahmen*. Dissertation RWTH Aachen, Germany.

## Bat v izvrtini znotraj hidrostatičnih batnih pogonov – dolga pot odkrivanja

### Razširjeni povzetek

Prispevek prikazuje pomembnejše rezultate raziskovalcev in inženirjev pri odkritjih fizikalnih zakonitosti, povezanih z lastnostmi filma kapljevine in delovnih pogojev bata v izvrtini znotraj hidrostatičnih batnih pogonov. Osredotočen je na konstrukcijsko izvedbo bata v izvrtini za primer ustvarjanja potrebnega momenta za premagovanje večjih bočnih sil na bat. Od leta 1965 je bilo izvedenih preko 20 različnih doktorskih disertacij, ki so obravnavale teoretične in/ali eksperimentalne študije mejnih kontaktnih ploskev med batom in izvrtino znotraj hidrostatičnih batnih pogonov. Prispevek prikazuje le glavne mejnike v razvoju hidravlično-tribološkega para, bata v izvrtini.

*Slika 1* prikazuje mazalne reže znotraj aksialnih in radialnih batnih črpalk. *Slika 2* prikazuje osnovne kinematične razmere za primer aksialne batne črpalke z nagibno ploščo. *Slika 3* prikazuje diagram sil na bat v izvrtini znotraj aksialne batne črpalke. *Slika 4* prikazuje nagnjen položaj bata v izvrtini pri določenem položaju gredi. Na *sliki 5* je prikazano eno prvih tovrstnih preizkuševališč, namenjeno raziskavam vplivov različnih materialov in površinskih hrapavosti na trenje in obrabo bata v izvrtini. Preizkuševališče sta leta 1975 razvila Dowd in Barvell. Prerez testirane črpalke s tremi piezomerilniki sile je prikazan na *sliki 6*. Testirana črpalka z integriranimi termočleni in tlačnimi zaznavali je prikazana na *sliki 7*. Na *sliki 8* je preizkuševališče za neposredno merjenje tlačnih polj in filma kapljevine med batom in izvrtino. Numerično združevanje različnih fizikalnih domen za nov numerični model sestava bata v izvrtini je prikazano na *sliki 9*. Blokovni diagram izboljšane numeričnega algoritma za preračun razmer med batom in izvrtino kaže *slika 10*. *Slika 11* prikazuje primerjavo sile trenja bata v izvrtini med rezultati meritev in numeričnega izračuna. Na *sliki 12* je prikazana primerjava med izmerjenimi in simuliranimi temperaturnimi polji med batom in izvrtino aksialne batne črpalke. Elastična deformacija bata in puše vpliva na spremembo višine reže med njima (*slika 13*). Na *sliki 14* so prikazane obstoječe oblike standardnih batov. *Slika 15* prikazuje novo, za 4 mikrometre po premeru, sodčkasto obliko bata. *Slika 16* prikazuje patentiran bat z valovito površino. *Preglednica 1* prikazuje nekaj vplivov na povprečno zmanjšanje izgub za osem različnih simuliranih delovnih pogojev in za tri različno valovite površine bata. Simulacije so bile izvedene za črpalke pri visoki in nizki vrtilni hitrosti (3000 vrt./min. in 1000 vrt./min.), pri visokem in nizkem delovnem tlaku (400 bar in 100 bar) in pri 100-odstotnem ter 20-odstotnem kotu nagibne plošče. Bat s površino, ki je imela 2,5 sinusnih valov, z amplitudo +/-6 mikrometrov, je pokazal največje zmanjšanje izgub (80 % zmanjšanje pri 3000 vrt./min, 400 bar in pri 20-odstotnem kotu nagibne plošče).

Poleg naštetih raziskav vpliva različnih oblikovnih in površinskih izvedb drsne površine bata so se nekateri raziskovalci osredotočili tudi na materiale in prevleke batov in izvrtin. Glavni namen omenjenih raziskav, povezanih z materiali in prevlekami, je zmanjšanje trenja in obrabe bata v puši aksialne batne črpalke. Rezultati omenjenih raziskav odpirajo vrata raziskavam novih materialov, prevlek in oblik drsnih površin težko obremenjenih mejnih ploskev batnih črpalk in motorjev.

**Ključne besede:** hidrostatični batni pogoni, lastnosti mazalnega filma, teoretične in eksperimentalne študije, mazalna reža, nagibna plošča, kinematika bata, sile, preizkuševališče, numerični model, meritve, oblika bata

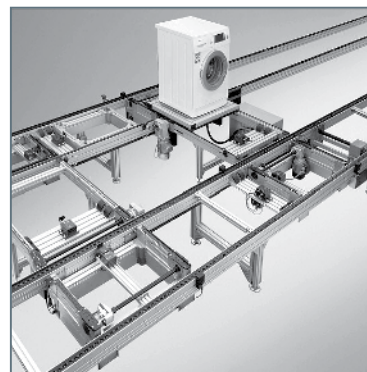
**Rexroth**

**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



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo



PETROL

Vas vabijo na posvet:

## SLOTRIB 2012:

### POSVETOVANJE O TRIBOLOGII, HLADILNO MAZALNIH SREDSTVIH IN TEHNIČNI DIAGNOSTIKI

Četrtek, 15.11.2012 od 9:00 do 17:45 ure

V Hotelu Mons v Ljubljani

Kotizacija za posvetovanje znaša 150 €. Kotizacijo je potrebno nakazati do 8.11.2012, na transakcijski račun Slovenskega društva za tribologijo, številka računa: 02045-0018107278, s pripombo "Priimek in Ime -Podjetje". Ob predhodni prijavi bo plačilo v gotovini možno tudi na dan posvetovanja.

Kontaktna oseba: Joži Sterle, tel: 01/4771-460, fax: 01/4771-467, e-mail: jozi.sterle@tint.fs.uni-lj.si.

Več o posvetu si lahko preberete na internetni strani: [www.tint.fs.uni-lj.si/sl/dogodki-in-novice/konferenca-slotrib-2012](http://www.tint.fs.uni-lj.si/sl/dogodki-in-novice/konferenca-slotrib-2012).

## PROGRAM POSVETOVANJA

8:00 – 9:00

### REGISTRACIJA

9:00 – 9:15

### OTVORITEV KONFERENCE

Uvodni nagovor, J. Vižintin; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

### SEKCIJA I: HLADILNO MAZALNA SREDSTVA IN MAZIVA

Predsedujoča: A. Arnšek, B. Podgornik

9:15 – 9:40

**Vabljen predavanje: Optimizacije maziv v proizvodnem procesu lameliranih produktov**, B. Zajec<sup>1</sup>, I. Mohorič<sup>1</sup>, J. Vižintin<sup>2</sup>; <sup>1</sup>Hidria Rotomatika d.o.o., Sp. Idrija; <sup>2</sup>Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

9:40 – 10:05

**Vabljen predavanje: Vpliv hladilno mazalnih tekočin na procese odrezavanja**, J. Kopač; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

10:05 – 10:30

**Vabljen predavanje: Zelene tehnologije mazanja**, M. Kalin; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

10:30 – 10:55

**Vabljen predavanje: Resource-efficient manufacturing through 2 paq technology**, K. Reed<sup>1</sup>, L. Ilievski<sup>1</sup>, U. Gorjanc<sup>2</sup>, B. Kus<sup>2</sup>; <sup>1</sup>Quaker Chemical B.V., Uithoorn, Nizozemska; <sup>2</sup>Olma d.d., Ljubljana.

10:55 – 11:20 ODMOR / POSTERSKA SEKCIJA

### SEKCIJA II: TEHNIČNA DIAGNOSTIKA

Predsedujoča: B. Kržan, M. Kambič

11:20 – 11:45

**Vabljen predavanje: Sprotni nadzor stanja industrijskih pogonov**, Đ. Juričić<sup>1</sup>, P. Bošković<sup>1</sup>, M. Ivanovič<sup>1</sup>, J. Petrovič<sup>1</sup>, B. Musizza<sup>1</sup>, M. Gašperin<sup>1</sup>, J. Vižintin<sup>2</sup>; <sup>1</sup>Institut Jožef Stefan, Ljubljana; <sup>2</sup>Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

11:45 – 12:10

**Vabljen predavanje: Uvajanje tehnične diagnostike v tovarni papirja. Primer iz prakse.**, D. Cafuta.

12:10 – 12:30

**Autonomous system for online oil analysis**, J. Salgueiro, G. Peršin; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

12:30 – 12:50

**Raziskava možnosti povečanja nosilnosti valjaste zobniške dvojice**, B. Kržan, J. Vižintin; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

12:50 – 14:00

### KOSILO / POSTERSKA SEKCIJA

### SEKCIJA III: MATERIALI IN KONTAKTNE POVRŠINE

Predsedujoča: J. Kopač, M. Kalin

14:00 – 14:25

**Vabljen predavanje: Celovito vrednotenje lastnosti orodnih in hitroreznih jekel z uporabo KLC preskušancev**, V. Leskovšek, B. Podgornik; Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana.

14:25 – 14:45

**Identifikacija vršičkov na površini za izračun realne kontaktne površine**, A. Pogačnik, M. Kalin; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

14:45 – 15:05

**AFM analiza in tribološki vpliv adsorpcije alkoholov na jeklu in na prevlekah iz diamantu-podobnega ogljika**, R. Simič, M. Kalin; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

15:05 – 15:25

**Razvoj in validacija modela trenja za numerično simulacijo dinamike torne sklopke v sistemu teles**, T. Petrun<sup>1</sup>, M. Kegl<sup>2</sup>, J. Flašker<sup>2</sup>; <sup>1</sup>AVL-AST d.o.o., Maribor; <sup>2</sup>Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru.

15:25 – 15:45

**Splošno o centralnem mazanju**, B. Šimac, M. Tomšič; Hennlich d.o.o., Podnart.

15:45 – 16:20

### ODMOR / POSTERSKA SEKCIJA

### SEKCIJA IV: TRIBOLOGIJA

Predsedujoča: B. Kus, D. Cafuta

16:20 – 16:40

**Samo-mazalni polimerni nanokompozit na osnovi polietilen oksida-PEO z dodanimi nanocevkami MoS<sub>2</sub>**, <sup>1,2,3M</sup> Remškar, <sup>1,3J</sup> Jelenc, <sup>1S</sup> Paskvale, <sup>1,2,3I</sup> Iskra; <sup>1</sup>Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana; <sup>2</sup>Center odličnosti Polimat, Ljubljana; <sup>3</sup>Center odličnosti Namaste, Ljubljana.

16:40 – 17:00

**Nano hladilno mazalna sredstva in analiza tornih razmer pri odrezovalnih procesih**, F. Pušavec<sup>1</sup>, J. Jelenc<sup>2</sup>, P. Krajnik<sup>1</sup>, M. Remškar<sup>2,3</sup>; <sup>1</sup>Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani; <sup>2</sup>Institut Jožef Stefan, Ljubljana; <sup>3</sup>Center odličnosti Namaste, Ljubljana.

17:00 – 17:20

**Proizvodnja hidravličnega olja boljše stopnje čistosti**, M. Kambič; Olma d.d., Ljubljana.

17:20 – 17:40

**Vpliv tesnil na obnašanje vodno-hidravličnega valja**, F. Majdič; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.

17:45

### ZAKLJUČEK KONFERENCE

# Sistem za krmiljenje temperature laserskih diod

Marko POGAČAR, Vid AGREŽ, Vid NOVAK, Jaka PETELIN, Rok PETKOVŠEK, Janez DIACI

**Izvleček:** Članek opisuje razvoj sistema za temperaturno krmiljenje laserskih diod, ki temelji na hladilnem sistemu s termoelektričnimi moduli, zračnem hladilniku, NTC-temperaturnem zaznavalu in industrijskem PID-krmilniku. V okviru raziskave je bil razvit matematični model temperaturnokrmilnega sistema. Model je bil validiran po metodi pozitivnega koračnega odziva in je omogočil teoretično analizo realnega sistema in določitev parametrov PID-krmilnika. Na teh osnovah je bil razvit prototipni sistem. Z meritvami na njem je bilo potrjeno, da izbrani PID-parametri omogočajo doseganje zahtevanih sistemskih karakteristik.

**Ključne besede:** temperaturno krmiljenje, termoelektrični moduli, PID krmiljenje, pulzno širinska modulacija, krmilni sistemi, laserske diode

## 1 Uvod

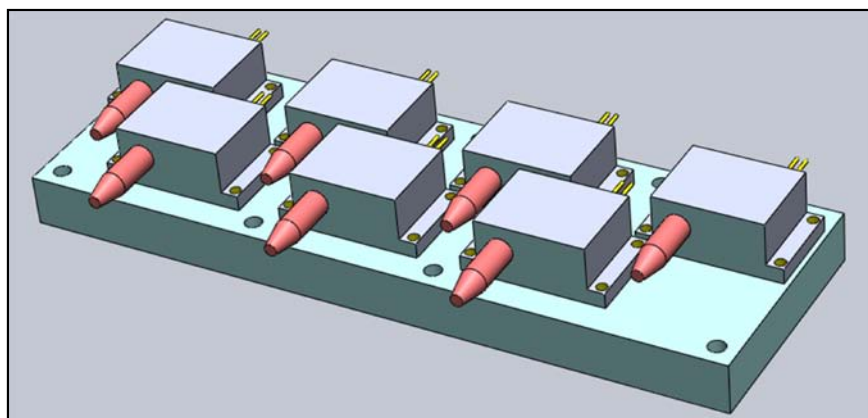
Pri laserskem sistemu (slika 1), katerega aktivna snov je optično vlakno ali trdninski kristal, se za vzbujanje uporabljajo polprevodniški laserji, imenovani tudi laserske diode. Črpalne laserske diode omogočajo visok izkoristek črpanja, saj se lahko izberejo tako, da valovna dolžina njihove svetlobe sovpada s tisto, ki jo aktivna snov najbolje absorbira. Polprevodniški kristali laserskih diod so relativno majhni (velikostni red 1 mm), imajo pa relativno visok izkoristek glede na ostale laserske sisteme (okoli 60 %). Trenutno se za črpanje vlakenskih laserjev najpogosteje uporabljajo laserske diode, sklopljene v pasivno optično vlakno z močjo

med 8 W in 30 W. Med delovanjem se del dovedene električne energije v kristalu pretvori v toploto, ki se odvede na ohišje in od tam v okolico. Posledica tega je sprememba temperature kristala, ki pa ima pomem-

ben vpliv na delovanje laserske diode, zlasti na srednjo valovno dolžino njene svetlobe. Z njenim spreminjanjem pa se spremeni tudi izkoristek črpanja aktivne snovi in s tem tudi izhodna moč celotnega laserskega



Slika 1. Shema diodno črpanega laserskega sistema velike moči



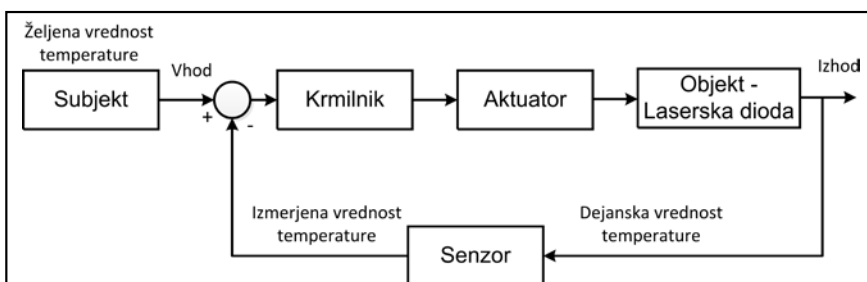
Slika 2. Primer razporeda črpalnih laserskih diod na adapterski plošči

Marko Pogačar, univ. dipl. inž., RLS d. o. o., Komenda; Vid Agrež, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo; Vid Novak, univ. dipl. inž., Jaka Petelin, univ. dipl. inž., oba LPKF d. o. o., Naklo; doc. dr. Rok Petkovšek, univ. dipl. inž., prof. dr. Janez Diaci, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

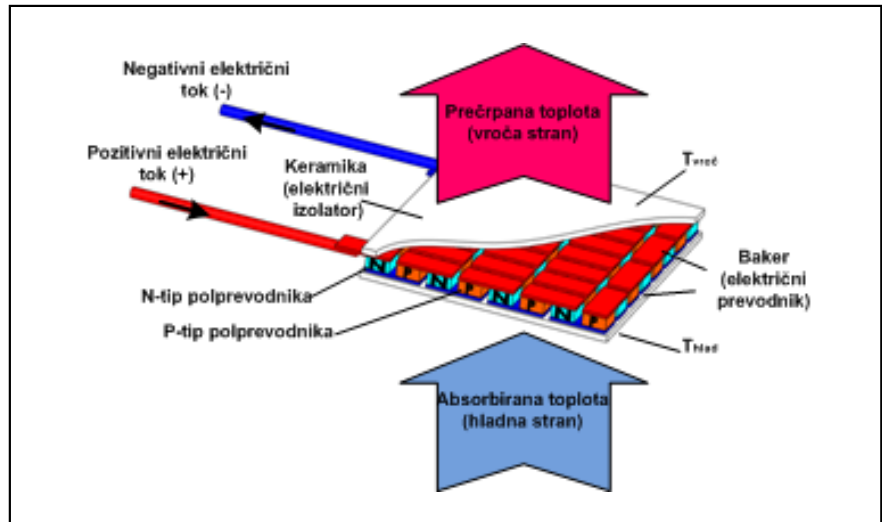
sistema. Za zanesljiv nadzor delovna sistema je zato potrebno ustrezno temperaturno krmiliti črpalne laserske diode, s čimer se omogočata nastavitve in vzdrževanje želene temperature kristala ne glede na izhodno moč žarka in druge pogoje delovanja laserske diode.

V članku predstavljamo razvoj sistema za temperaturno krmiljenje črpalnih laserskih diod, namenjenega raziskavam na področju novih vlakenskih laserskih virov. Tipično za te raziskave je, da se preučujejo različne konfiguracije črpalnih laserskih diod (primer na *sliki 2*) z namenom, da se izbere najprimernejša za določeno ciljno aplikacijo. Zaradi tega sta pri teh raziskavah pomembni prilagodljivost in spremenljivost temperaturnokrmilnega sistema v pogledu fizičnih dimenzij, števila in razporeda laserskih diod ter ostalih gradnikov sistema kot tudi zahtev po odvajanju toplote. Zato je smotno, da se temperaturnokrmilni sistem za ta namen izdelava samostojno po meri z možnostjo prilagajanja na različne razvojne zahteve, kar se izkaže za bolj ugodno kot npr. uporaba komercialnih sistemov, ki jih nudijo različni proizvajalci [1, 2, 4, 5].

S samostojnim razvojem temperaturnokrmilnega sistema se lahko izdelava modularni eksperimentalni sistem, ki se hitro prilagodi različnim izhodiščnim zahtevam. Smiselno je tudi matematično popisati celoten krmilni sistem in simulirati njegovo delovanje z različnimi vstopnimi parametri, ki jih potrebuje tak eksperimentalni sistem in matematični model. To so: odvečna toplotna moč sistema laserskih diod (toplotno breme), temperatura okolice, v kateri bo sistem deloval, in želena temperatura laserskih diod (merjena na ohišju). S tem se pridobi



Slika 3. Temperaturno krmiljenje laserske diode



Slika 4. Termoelektrični modul

dobra osnova za načrtovanje novih temperaturnokrmilnih sistemov.

## 2 Temperaturno krmiljenje črpalnih laserskih diod

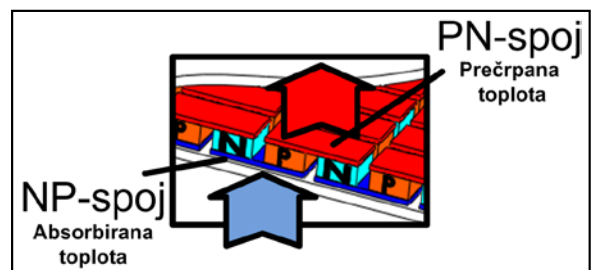
Osnovna zgradba sistema za temperaturno krmiljenje laserskih diod je prikazana na (*sliki 3*). Subjekt (operator, mi) določi želeno vrednost temperature. Zelena vrednost se primerja z dejansko vrednostjo temperature na diodi, ki jo izmeri *senzor*. Razliko obeh vrednosti spremeni *krmilnik* v krmilni signal, ki ga sprejme *aktuator*. Aktuator se odzove na krmilni signal tako, da dodatno ohladi ali ogreje lasersko diodo.

V industriji in tehniki je aktuator za temperaturno stabilizacijo laserskih diod v večini primerov termoelektrični modul [10, 14, 15, 16], ki se napetostno krmili z digitalnim ali električnim analognim krmilnikom, ki sprejema iz uporabnega NTC-

-senzorja informacijo o temperaturi na ohišju laserske diode.

### 2.1 Termoelektrični modul

Prednosti termoelektričnih modulov so: visoka stopnja odzivnosti in natančnosti tako za hlajenje kot za gretje, zasedejo zelo malo prostora, nimajo gibljivih delov, kar podaljša njihovo življenjsko dobo, ni pomembna orientacija modula v



Slika 5. PN-spoj in NP-spoj

prostoru in hladijo lahko na nižjo temperaturo, kot je v prostoru.

Pogosto so termoelektrični moduli izvedeni na osnovi polprevodnikov, ki so različno dopirani (P-dopirani polprevodniki imajo višek vrzeli, N-dopirani pa imajo višek valenčnih elektronov). P-tip in N-tip polprevodnik se zloži skupaj (*sliki 4* in *5*). Če teče električni tok skozi NP-spoj, potem se zaradi Peltierjevega pojava [3] toplota absorbira. V nasprotnem primeru se, ko teče električni tok v smeri PN-spoja, toplota oddaja. Na strani, kjer se toplota absorbira, se govori o hladni strani in obratno, kjer se toplota oddaja, se govori o vroči strani.

Glavna prednost polprevodniške

strukture je v različnih predznakah Seebeckovih koeficientov materiala [3] za P-tip in N-tip polprevodnika:  $S_p = -S_N$ . Zato se oba prispevka seštejeta in rezultat je velik Peltierjev koeficient  $\pi$ . S tem se dobi učinkovito črpanje toplote z ene strani na drugo.

Prečrpana toplota je premo sorazmerna s Seebeckovim koeficientom spoja  $S$ , z električnim tokom  $I$  in s temperaturo na hladni strani  $T_{hlad}$  (prvi člen v enačbah (1) in (2)). Z napajalnim električnim tokom se ustvarja tudi Joulova toplota, za katero se predpostavi, da greje hladno in vročo stran približno enako (drugi člen v enačbah (1) in (2)). Z večanjem temperaturnih razlik na obeh straneh termoelektričnega modula se večja tudi vpliv prevoda toplote skozi sam element (tretji člen v enačbah (1) in (2)). Enačba (1) predstavlja absorbirano toploto enega termoelektričnega modula.

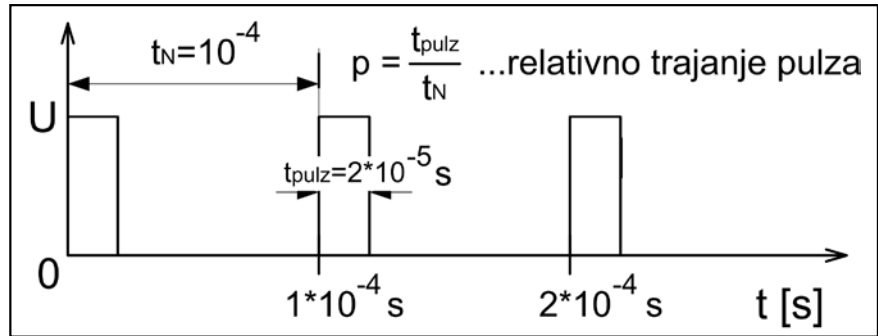
$$\dot{Q}_{hlad} = SIT_{hlad} - \frac{1}{2}RI^2 - \gamma\Delta T \quad (1)$$

Parameter  $\gamma$  je določen z enačbo:  $\gamma = \lambda A / \delta$  [W/K], kjer je  $\lambda$  toplotna prevodnost,  $A$  površina in  $\delta$  skupna debelina modula. Seebeckov koeficient materiala  $S(T)$  se s temperaturo zanemarljivo malo spremeni in se zato lahko v večini primerov prizvame za konstanto materiala  $S(T) = S_{materiala}$ .  $R$  pa zavzema celotno električno upornost termoelektričnega modula.

Koliko toplote se prečrpa na vroči strani, popisuje enačba (2), ki je v osnovi enaka kot enačba (1), le pri srednjem členu se zamenja predznak, ker sedaj Joulova toplota prispeva delež k toplotni moči, v nasprotju z enačbo na hladni strani, kjer je toplotna moč zmanjšana zaradi dodatnega odvajanja Joulove toplote.

$$\dot{Q}_{vroc} = SIT_{vroc} + \frac{1}{2}RI^2 - \gamma\Delta T \quad (2)$$

Električna moč  $P$ , ki se dovaja termoelektričnemu modulu, je enaka produktu napajalnega enosmernega električnega toka  $I$  in napetosti  $U$ :  $P = UI$ . Če se toplotni moči na



Slika 6. Pulznoširinska modulacija

vroči strani odšteje toplotna moč na hladni strani, dobimo dovajano električno moč:

$$\dot{Q}_{vroc} - \dot{Q}_{hlad} = P_{el} \quad (3)$$

Iz zgornjih enačb (1, 2, 3) se izpelje enostavna enačba (4) za napetost skozi termoelektrični modul, ki ni odvisna le od upornosti modula  $R$  in električnega toka skozi element, ampak tudi od Seebeckove napetosti (prvi člen na desni strani enačbe (4)).

$$U = S\Delta T + RI \quad (4)$$

Enačba (4) je osnova za zasnovano krmiljenje termoelektričnega modula.

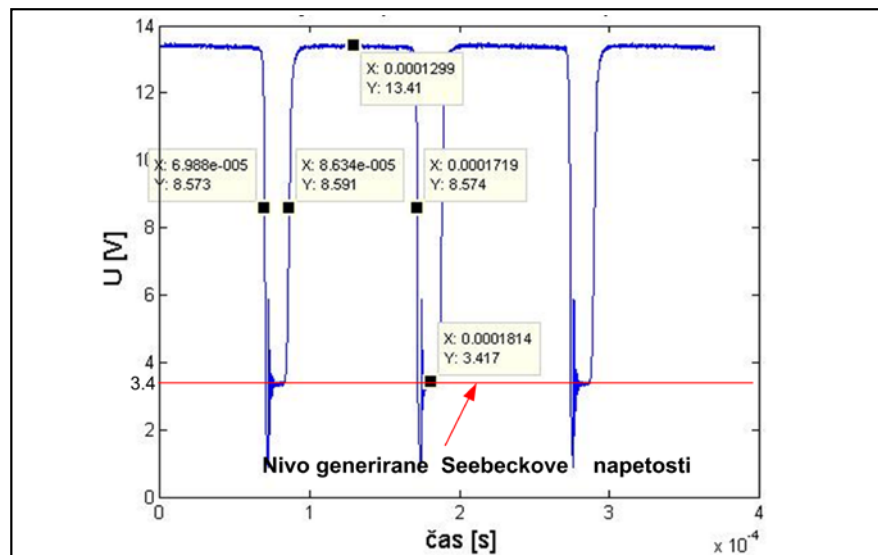
## 2.2 Krmiljenje termoelektričnega modula

Za krmiljenje termoelektričnega modula smo izbrali električno napetostno krmiljenje. Pri konstantni napajalni električni napetosti sledi iz

enačbe (4), da je pri večji temperaturni razliki na obeh straneh termoelektričnega modula večja Seebeckova napetost in manjši električni tok.

Termoelektrični modul se lahko krmili z linearnim spreminjanjem napajalne električne napetosti ali s konstantno električno napetostjo pri pulznoširinski modulaciji – PŠM. Pri krmiljenju z linearno spreminjajočo se električno napetostjo se spreminja izkoristek elementa, ki je slabši pri višjem električnem toku oziroma posledično pri višji napetosti. Z višjim električnim tokom se poveča zmožnost odvajanja večjega toplotnega toka, generira pa se tudi več odvečne Joulove toplote (slabši izkoristek).

Zaradi bolj predvidljivega matematičnega popisa smo izbrali krmiljenje s PŠM (slika 6), kjer se zaradi konstantne napajalne električne napetosti generira približno (odvisno od  $\Delta T$  v enačbi (4)) enak električni tok in se s tem ohranja približno konstanten izkoristek termoelektričnega modula.



Slika 7. Generiranje Seebeckove napetosti med pulzi

Ker smo z eksperimenti ugotovili (slika 7), da se med pulzi pri električni napajalni napetosti enaki nič generira Seebeckov električni tok  $I_{Seeb}$  smo s pomočjo eksperimentalnih rezultatov enačbi (1) in (2) preoblikovali v enačbi (5) in (6), ki na novo in bolje popisujeta krmiljenje s pulznoširinsko modulacijo:

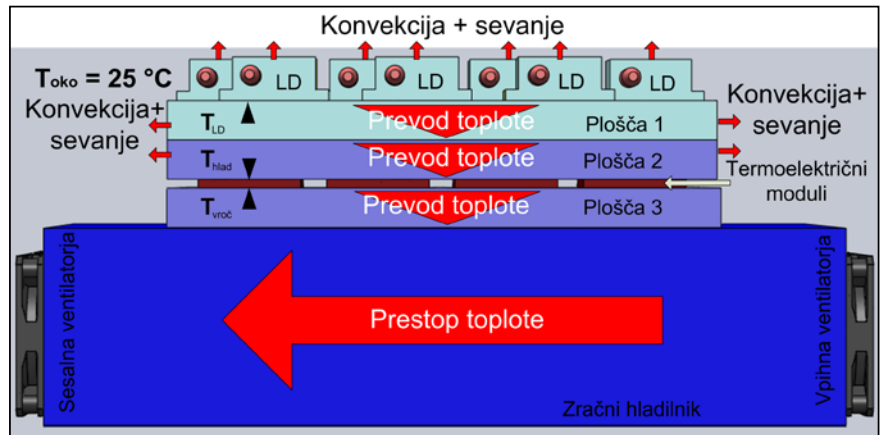
$$\dot{Q}_{hlad} = p(SIT_{hlad} - \frac{1}{2}RI^2) - \gamma\Delta T - (1-p)(SI_{Seeb}T_{hlad} + \frac{1}{2}RI_{Seeb}^2) \quad (5)$$

$$\dot{Q}_{vroc} = p(SIT_{vroc} + \frac{1}{2}RI^2) - \gamma\Delta T + (1-p)(SI_{Seeb}T_{vroc} - \frac{1}{2}RI_{Seeb}^2) \quad (6)$$

V enačbah (4) in (5) pomeni spremenljivka  $p$  relativno trajanje pulza, izraz  $(1-p)$  pa označuje relativni čas med pulzi.

Na sliki 7 je vidna generirana Seebeckova napetost (v primeru na sliki 7 je 3,4 V) med pulzi. Meritve napetosti smo izvedli z diferencialnim merjenjem.

Seebeckova napetost zmanjšuje vrednost napajalnega električnega toka v času pulza (enačba 4) in požene Seebeckov električni tok. Generirana Seebeckova napetost je lahko pozitivna ali negativna, odvisno od strani



Slika 8. Prerez hladilnega sistema. Puščice označujejo smer prenosa toplote.

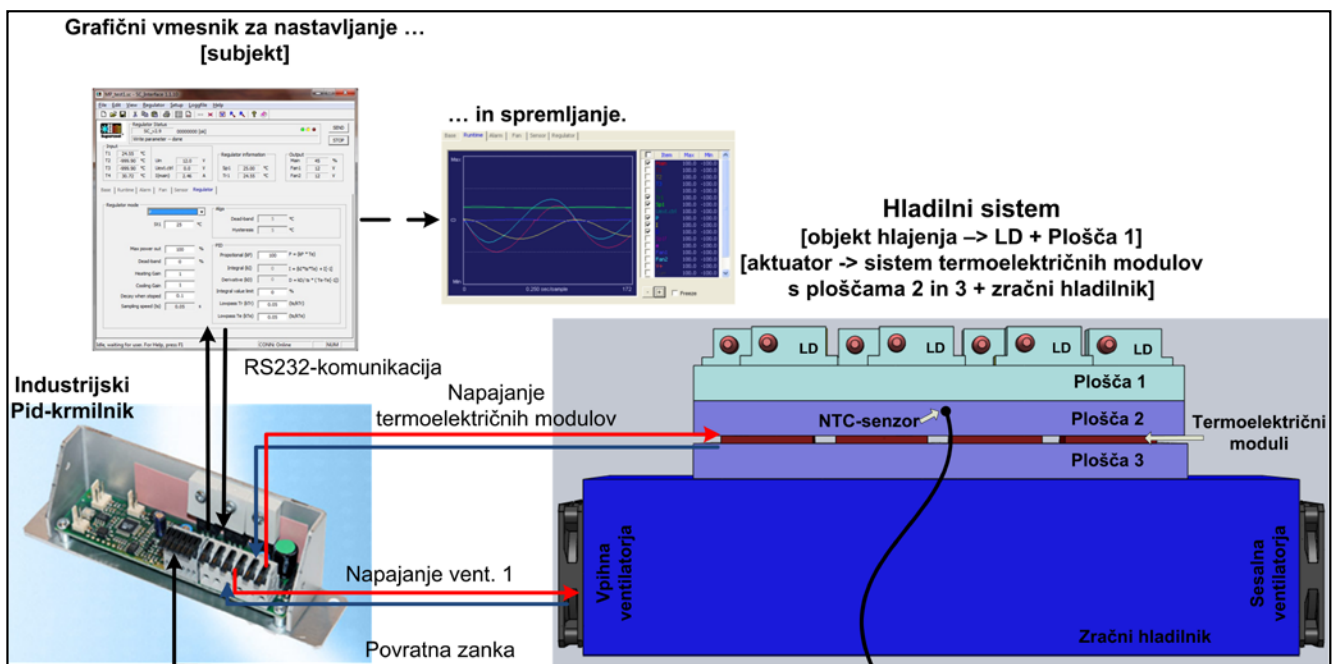
termoelektričnega modula z večjo oziroma nižjo temperaturo.

### 3 Razvoj hladilnega sistema na osnovi termoelektričnih modulov

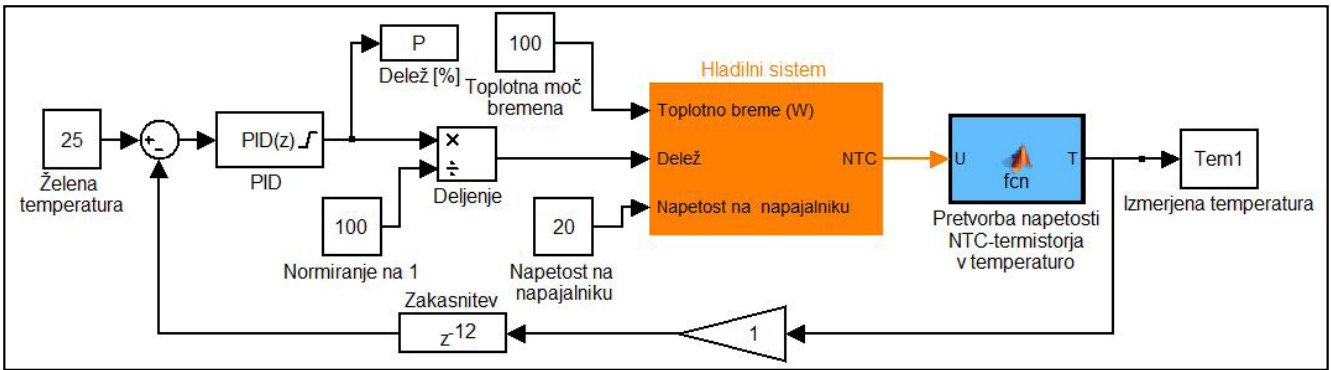
Za doseganje večje hladilne moči se poveže več termoelektričnih modulov v en sistem, pri katerem se zgornja in spodnja stran modulov povežeta s ploščama (slika 4), ki se čim bolje prilegata skupnim dimenzijam termoelektričnih modulov na posamezni strani. Na zgornjo ploščo se pritrdijo laserske diode (slika 2), ki so montirane na adapterski plošči, ki omogoča hitro zamenjavo različnih postavitev laserskih diod. Ker se laserske diode večino časa hladijo, se veliko toplote prevede na

spodnjo ploščo, ki pa se zato močno segreva in jo je potrebno še dodatno hladiti. Hlajenje spodnje plošče se lahko izvede z vodnim hladilnim sistemom (večji, bolj kompleksen, dražji) ali zračnim hladilnikom (slika 8), ki je cenejši in manjši.

Slika 8 prikazuje prenos toplote od laserskih diod preko plošč 1, 2 in 3 do hladne strani termoelektričnih elementov in od vroče strani preko plošče 3 in zračnega hladilnika v okolico. Glavna prednost te zasnove je premičnost postavitve laserskih diod (premična plošča 1) in premičnost hlajenja vroče strani (premičnost hlajenja vroče strani (premičnost zračnega hladilnika). To predstavlja prednost v smislu testiranja različnih postavitev laserskih diod (različne moči in spremenljivo število) in te



Slika 9. Semioperacijska shema celotnega temperaturnokrmilnega sistema



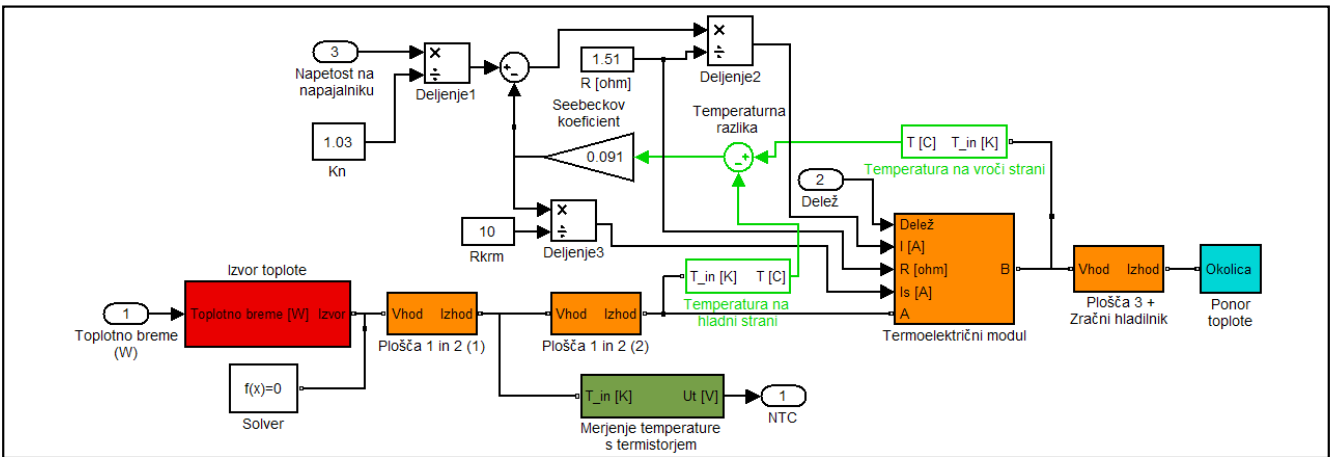
Slika 10. Celoten model temperaturnokrmilnega sistema

stiranje različnih hlajenj vroče strani (npr. zračni hladilnik, vodni hladilnik).

dela. Nekateri bloki se lahko dobijo v Simulinkovi knjižnici in so že sprogramirani, ostale pa smo samostojno sprogramirali v Simulinkovi S-kodi.

$Kn$ , ki predstavlja padeč upornosti na napajalnih kabljih, električno upornost  $R$  termoelektričnega modula in nadomestno, še ne povsem znano in razi-

### 3.1 Modeliranje sistema



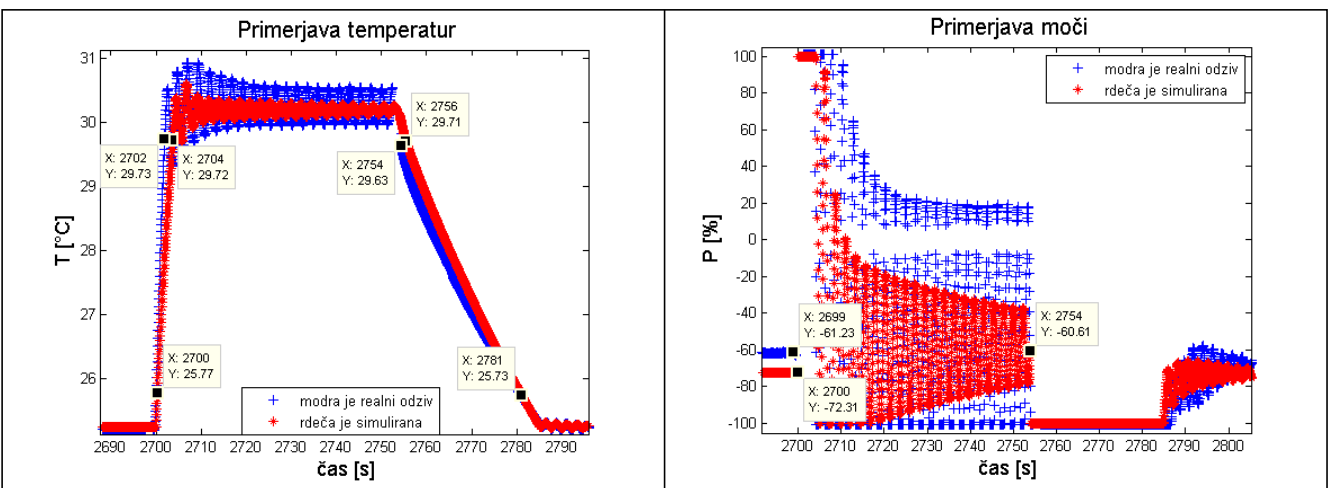
Slika 11. Notranja struktura bloka Hladilni sistem

Semioperacijska shema (slika 9) prikazuje zgradbo in povezave našega temperaturnokrmilnega sistema. Matematični popis celotnega sistema smo izvedli v programskem paketu Matlab/Simulink, ki omogoča kibernetično blokovno zasnovo mo-

Na sliki 10 je predstavljen prvi nivo matematičnega modela v programu Simulink. V prvem nivoju se nastavlja želena temperatura, toplotna moč bremena in napajalna napetost električnega napajalnika. V drugem nivoju na sliki 11 se nastavi še koeficient

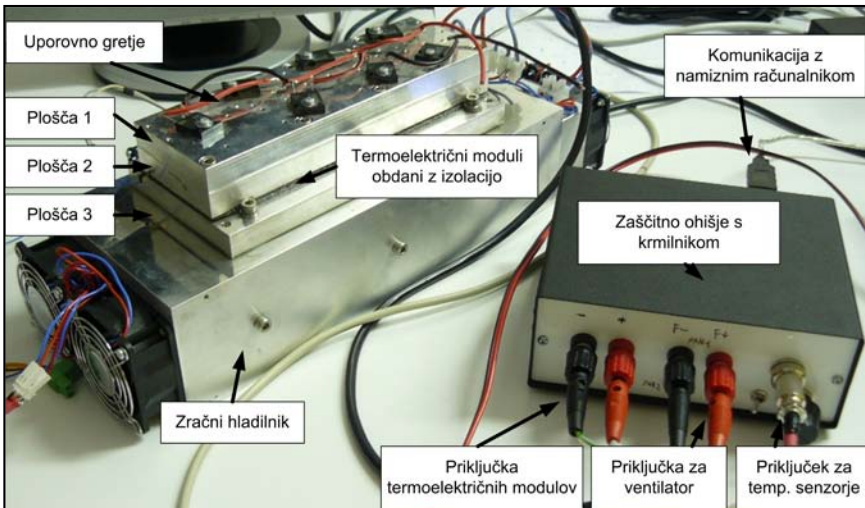
skano upornost  $R_{krm}$ , ki zaradi Seebeckove napetosti med pulzi (slika 8) požene Seebeckov električni tok.

Nekaj potrebnih koeficientov se lahko nastavi z že znanimi konstantami, kot so koeficienti materiala (toplo-



Slika 12. Primerjava temperature in potrebne moči na koračni odziv





**Slika 13.** Fotografija eksperimentalnega temperaturnokrmilnega sistema

tna prevodnost aluminija, gostota, masa), toplotno breme, temperatura okolice, perioda vzorčenja v digitalnem krmilniku ... Glavni problemi modeliranja pa so nastavitve nedobro definiranih parametrov. Občutljivejši koeficienti so koeficienti nedomestne upornosti  $R_{krm}$ , s katerim se nastavlja velikost Seebeckovega električnega toka, mesto merjenja z NTC-temperaturnim zaznavalom, ki je težko določljivo zaradi gradienta temperature, ter toplotna upornost plošč in zračnega hladilnika, ki zavzema tudi neenake stične površine ter kontaktne upornosti. Koeficiente smo določili v več iteracijah tako, da smo zagotovili čim boljše ujemanje med izmerjenim (slika 12 – modri signal) in simuliranim (slika 12 – rdeči signal) odzivom na koračno spremembo zelene temperature. Pri tem smo se predvsem osredotočili na značilne parametre koračnega odziva, kot so čas vzpona, maksimalen prenehaj, perioda lastnega nihanja

**Tabela 1.** Ujemanje odzivov realnega sistema in modela (slika 14)

	Realni odziv	Simulirani odziv
Čas vzpona	2,8 s	3,2 s
Čas trajanja prehodnega pojava (5-odstotna umiritev)	13 s	10 s
Odstopek v stacionarnem stanju	0,10 °C	0,05 °C
Perioda lastnega nihanja	2,36 s	2,31 s

in odstopke v stacionarnem stanju. Bolj podroben opis modeliranja temperaturnokrmilnega sistema, dobro popisljivih koeficientov in iskanja občutljivejših koeficientov je podan v [6].

### 3.2 Izvedba eksperimentalnega sistema

Slika 13 prikazuje razviti eksperimentalni temperaturno krmilni sistem. Namesto laserskih diod se je za toplotno breme pri eksperimentiranju uporabljalo uporovno greetje. Termoelektrični moduli se nahajajo

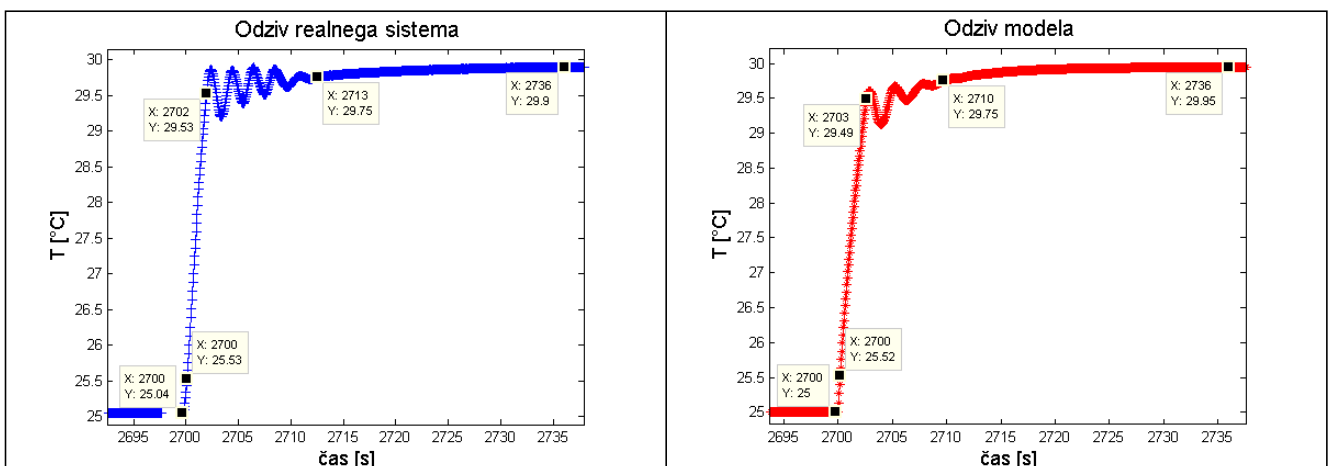
med ploščama 2 in 3, kjer jih obdaja izolativna pena, da se zmanjša nezaželena izmenjava toplote preko sevanja in konvekcije med ploščama in prevajanje toplote v okolico. Neposredno na ploščo 3 je pritrjen aluminijasti rebrasti hladilnik, opremljen s štirimi ventilatorji, in sicer z dvema vpihnima ter dvema sesalnima ventilatorjema za povečanje pretoka zraka. Toplotna moč termoelektričnih modulov se krmili preko industrijskega krmilnika *Supercool PR59*.

Krmilnik je povezan z računalnikom s serijsko povezavo in programskim vmesnikom, preko katerega se nastavlja

vljajo krmilni parametri (slika 9 in 13).

## 4 Rezultati

Razviti matematični model celovito opisuje celoten eksperimentalni temperaturnokrmilni sistem. Za preizkus analize realnega sistema z modelom smo naredili simulacijo odziva temperature na koračno motnjo pri različnih nastavitvah PID-krmilnika. Ko smo dobili zadovoljiv odziv temperature v modelu, smo iste parametre PID-krmilnika vnesli še v eksperimentalni sistem (digitalni krmilnik). Rezultat odziva realnega



**Slika 14.** Odziv sistema s PID-krmilnikom pri  $K_p = 120$ ,  $K_i = 0,5$  in  $K_d = 10$

sistema na vsiljeno koračno motnjo se je nato zadovoljivo ujemal s simuliranim odzivom, kar prikazujeta slika 14 in tabela 1.

Smiselnost matematičnega modela se pokaže pri razvoju novih temperaturno krmiljenih sistemov, kjer se s simulacijo lahko hitro preverijo različne lastnosti in odzivi novega sistema. S tem se lahko že v fazi razvoja prilagodi temperaturnokrmilni sistem za doseganje maksimalne učinkovitosti.

## ■ 5 Zaključek

Pri razvoju modela je bilo narejenih več predpostavk in kompromisov. Najprej smo predpostavili konstantnost nekaterih pomembnih koeficientov (Seebeckov koeficient materiala, električna upornost in toplotna prevodnost) termoelektričnega modula. V resnici so vsi ti koeficienti odvisni od temperature in jih lahko vzamemo kot konstantne le na ozkih temperaturnih območjih. Postavitve NTC-temperaturnega zaznavala je zahtevala velik kompromis med natančnostjo meritve in enostavnostjo eksperimentalne izvedbe. Zaradi netočne definiranosti pozicije NTC-zaznavala in vpliva gradienta temperature na mestu postavitve je bilo potrebnih veliko iteracij v matematičnem modelu za doseg dobrega ujemanja med teoretičnim in izmerjenim odzivom.

Razviti matematični model se da še izboljšati. Potrebno bi bilo bolje definirati pozicijo NTC-temperaturnega zaznavala na eksperimentalnem sistemu. Vredno bi bilo poizkusiti z več temperaturnimi zaznavali in izračunati povprečno vrednost njihovih zaznanih temperatur. Za bolj primerljive podatke bi bilo smiselno razviti eksperimentalni sistem direktno iz geometrijskega modela, s čimer bi se izognili neenakim stičnim površinam. Raziskati bi bilo potrebno, kakšen vpliv ima Seebeckov pojav med pulzi pri krmiljenju s PŠM in morda narediti poglobljeno študijo vpliva temperature na posamezne koeficiente.

## Literatura

- [1] Online Catalog (<http://lairdtech.thomasnet.com/viewitems/temperature-controllers-2/temperature-controllers?&c=100|3001624|3001687|3001280>).
- [2] Peltier Devices and Thermoelectric Power Generators (<http://www.crtech.com/tec.html>).
- [3] S. Amon: Elektronske komponente in vezja, predavanja, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, 2011.
- [4] Cold Plate Cooler (<http://www.tetech.com/Cold-Plate-Coolers.html>).
- [5] ElectraCOOL Cold Plates (<http://www.americool.com>).
- [6] M. Pogačar: Sistem za regulacijo temperature laserskih diod, diploma, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, 2012.
- [7] J. Diaci: Laserski sistemi, predavanja, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, 2010.
- [8] F. P. Incropera, D. P. DeWitt: Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 5th Edition. John Wiley & Sons, 2002.
- [9] Matlab Product Documentation (<http://www.mathworks.com>).
- [10] M. Deng, A. Inoue, S. Goto: Operator based Thermal Control of an Aluminium Plate with a Peltier device, The Graduate School of Natural Science and Tehnology, Okaya University 3-1-1 Tsushima-Naka, Japan, 2007.
- [11] D. D. L. Wijnaards, E. Cretu, S. H. Kong, R. F. Wolffenbuttel: Modelling of integrated Peltier elements, Electronic Instrumentation Laboratory, Delf University of Technology / DIMES, Department of Electrical Engineering, The Netherlands, 2000.
- [12] W. Seifert, M. Ueltzen, C. Strumpe, W. Heiliger, E. Muller: One-dimensional modeling of a Peltier element. 20th International Conference on Thermoelectrics, strani 439–443, 2001.
- [13] Introduction to Thermoelectrics & Design Manual (<http://www.tellurex.com/technology/design-manual.php>).
- [14] B. S. Simons: Thermoelectric Cooler Control Circuit, The United States of America as represented by the Secretary of the Navy, Washington, D. C., US Patent 4,631,728, 1986.
- [15] A. Y. Yeung: Microprocessor Controller Thermoelectric Cooler and Power Control. Xerox Corporation, Stamford, Conn. US Patent 5,604,758, 1997.
- [16] J. Eskandari, G. Hills: Thermoelectric Cooler and Temperature sensor subassembly with improved temperature control. Xerox Corporation, Stamford, Conn. US Patent 5,522,225, 1996.

### Laser-Diode Temperature Controller

**Abstract:** We report on the thermoelectric temperature controller of a semiconductor laser diode. The system consists of a set of Peltier elements, a direct air cooler, an NTC temperature sensor and an industrial PID controller. A MATLAB/Simulink/Simscape-based numerical model has been developed to simulate the performance of the system under test and to determine the PID control-loop parameters. A prototype has been developed to verify the numerical model using a step-response comparison as well as to validate the PID control-loop parameter values. The experimental results show that the simulated system response is in good agreement with the measured response and that the response is within the design requirements.

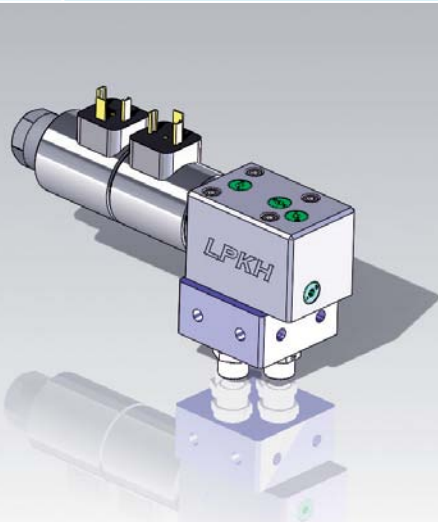
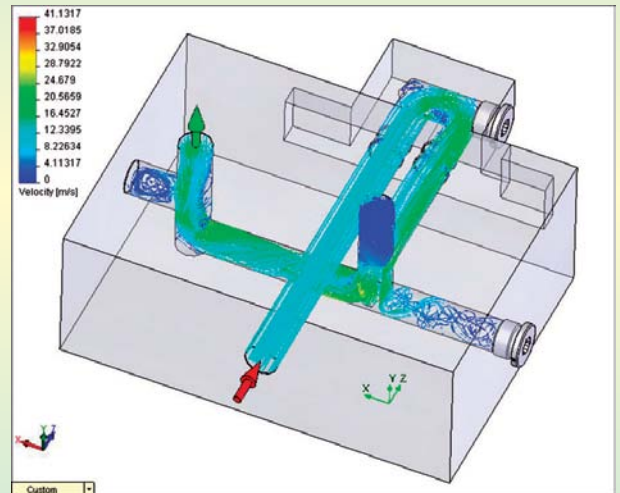
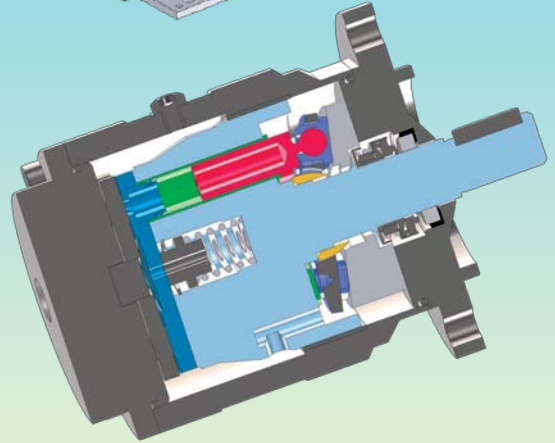
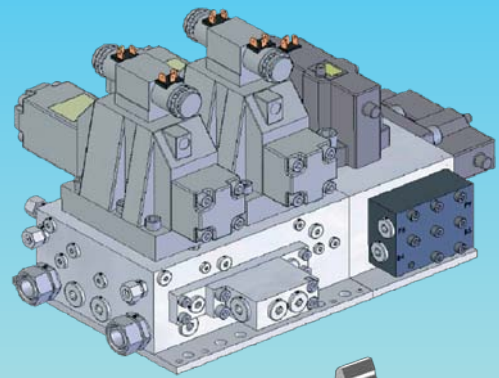
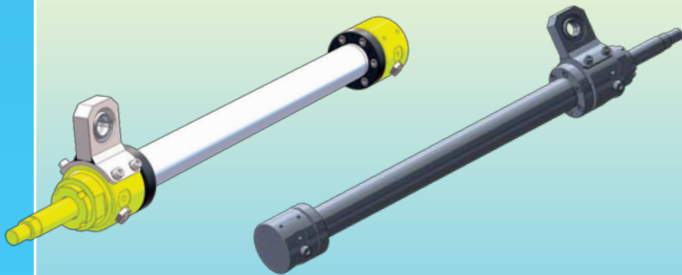
**Key words:** temperature control, thermoelectric elements, PID control, pulse-width modulation, control system, laser diodes

<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/>

# Analiza proizvodnih podatkov za nadzor in upravljanje kvalitete izdelkov

Miha GLAVAN, Matej GAŠPERIN, Matej VIDMAR, Maks TUTA, Stojan KOKOŠAR, Đani JURIČIĆ, Andrej BRLOŽNIK

**Izvleček:** Zajeti proizvodni podatki predstavljajo bogat vir informacij. A vendar se v proizvodnih obratih pogosto ne izkoriščajo, saj se operaterji proizvodnje velikokrat ne zavedajo njihovega uporabnega potenciala. V članku je prikazano, kako je mogoče izkoristiti proizvodne podatke za iskanje proizvodnih spremenljivk, ki najmočneje vplivajo na kvaliteto izdelkov, in kako lahko proizvodne modele, identificirane na podlagi proizvodnih podatkov, izkoristimo za realizacijo naprednih tehnik nadzora in vodenja proizvodnje. Praktična uporaba predstavljenih tehnik je prikazana na primeru analize proizvodnih podatkov iz podjetja Kolektor KFH.

**Ključne besede:** kvaliteta izdelkov, proizvodni podatki, vplivne proizvodne spremenljivke, matematični modeli

## ■ 1 Uvod

V sodobnih produkcijskih sistemih se srečujemo z nepričakovanimi ustavitvami in izpadi kvalitete izdelkov. Do teh pojavov pogosto prihaja brez vidnega zunanega vzroka, čeprav je proces že dlje časa normalno deloval. Posledice se kažejo v izgubah v proizvodnji in zmanjšani učinkovitosti, kar pomeni manjši dobiček.

V želji po večanju konkurenčnosti proizvajalci čedalje več sredstev vlagajo v vodenje kvalitete proizvodnje na podlagi modelov procesa. Na ta način je mogoče z boljšim razumevanjem procesa bolje napovedovati in s tem obvladovati njegovo

obnašanje. Seveda pa so sodobni proizvodni sistemi preveč kompleksni, da bi jih lahko natančno opisali z enačbami, ki neposredno opisujejo fizikalno ozadje proizvodnega sistema. Po drugi strani pa so z razvojem informacijske tehnologije na razpolago vedno bolj obsežne podatkovne baze, ki odražajo pretekla stanja proizvodnega obrata. Da bi izkoristili znanje, skrito v tej veliki množici zajetih podatkov, vnaprej predpostavimo, da lahko zvezo med vhodi in izhodi opišemo s stohastičnim modelom iz nekega nabora v splošnem nelinearnih struktur.

Članek se bo osredotočil na problem iskanja uporabnega znanja iz preteklih proizvodnih podatkov ali meritev, pridobljenih iz testnih preizkušanj proizvodnje. Prikazan bo način, kako lahko izpostavimo ključne proizvodne spremenljivke, ki najmočneje vplivajo na kvaliteto izdelkov. Predstavljeno pa bo tudi, kako lahko matematične modele uporabimo za neposreden nadzor in upravljanje kvalitete izdelkov.

## ■ 2 Iskanje vplivnih proizvodnih spremenljivk

V prvem koraku analize bi želeli na podlagi proizvodnih podatkov izpo-

staviti ključne proizvodne spremenljivke. S takšnim skrčenim naborom pomembnih spremenljivk bi močno olajšali delo operaterjem proizvodnje, saj bi lahko le-ti boljše razumeli proizvodni proces ter se posvetili optimalni nastavitvi ožjega kroga parametrov. S tem bi pospešili uvažanje novih izdelkov, lažje odpravili proizvodne motnje ter dolgoročno izboljšali kvaliteto izdelkov.

Izbor najpomembnejših spremenljivk pa predstavlja tudi osnovo za razvoj ustreznih matematičnih modelov. Pri modeliranju se pomembnost redukcije vhodnih veličin modela kaže predvsem v izboljšanju natančnosti modela, odstranitvi za predikcijo nepomembnih vhodov (medsebojno odvisnih ali šumnih vhodov), reševanju problema majhnega števila učnih podatkov, povečani preglednosti modelne strukture in lažji fizikalni analizi modela.

Pri matematičnem modeliranju pogosto uporabljamo metode, ki lahko zgolj na podlagi analize podatkov raziščejo relacije med vhodno-izhodnimi veličinami, s čimer lahko poiščemo najbolj informativne vhodne spremenljivke za opis dinamike izhoda modela. Metode za izbiro vhodnih spremenljivk mo-

Miha Glavan, univ. dipl. inž., dr. Matej Gašperin, univ. dipl. inž., oba Institut Jožef Stefan, Ljubljana; Matej Vidmar, univ. dipl. inž., Kolektor Group d.o.o.; Maks Tuta, univ. dipl. inž., Kolektor Sinabit, d. o. o., Stojan Kokošar, univ. dipl. inž., Kolektor Sinabit d.o.o.; prof. dr. Đani Juričić, univ. dipl. inž., Institut Jožef Stefan, Ljubljana; mag. Andrej Brložnik, univ. dipl. inž., Kolektor KFH d.o.o.

delov lahko v splošnem razdelimo na tri večje razrede [1, 2]: filtrirne (ang. *filter methods*), ovojne (ang. *wrapper*) in vgrajene metode (ang. *embedded*).

Med *filtrirne metode* štejemo tiste, kjer je korak izbire vhodnih spremenljivk ločen od gradnje končnega modela. Z njimi prefiltriramo potencialne vhodne spremenljivke, s čimer že pred modeliranjem izločimo za napovedovanje nepomembne spremenljivke. Posledično so te metode neodvisne od uporabljene metodologije za modeliranje in večinoma temeljijo na statističnih testih in na uporabi poenostavljenih modelnih struktur. *Ovojne metode* pa neposredno izkoristijo izbrano metodologijo modela za ovrednotenje prediktivnih sposobnosti posameznega nabora vhodnih spremenljivk. Takšno izbiro vhodov lahko predstavimo kot problem optimizacije strukture modela, kjer skozi optimizacijo ovrednotimo in primerjamo vse ali zgolj del vseh potencialnih kombinacij vhodnih spremenljivk. Kot optimalni niz vhodnih spremenljivk izberemo tisto kombinacijo vhodov, s katero dobljeni model dosega najboljšo

ustrezno potencira, saj je potrebno poiskati, ne zgolj vplivne vhodne spremenljivke, temveč tudi primerne časovne zakasnitve le-teh.

### 3 Nadzor in upravljanje proizvodnje na podlagi modela

Na model procesa lahko gledamo kot na povezavo med veličinami, na katere lahko vplivamo (manipulativne spremenljivke –  $U$ ), in končno kvaliteto izdelkov –  $Q$  (glej *slika 1*). Takšen model lahko podrobneje razčlenimo na dva ločena podsklopa, kjer prvi sklop  $M_1$  opisuje relacijo med manipulativnimi spremenljivkami ( $U$ ) in proizvodnimi spremenljivkami ( $x$ ). Proizvodne spremenljivke ( $x$ ) se tako nanašajo na notranja stanja proizvodnega procesa, katerih vrednosti pridobimo iz izmerjenih signalov procesa. Podsklop  $M_2$  pa opisuje relacijo med proizvodnimi spremenljivkami ( $x$ ) in končno oceno kvalitete izdelka ( $Q$ ).

Neposredno opisovanje fizikalnih zakonitosti med proizvodnimi veli-

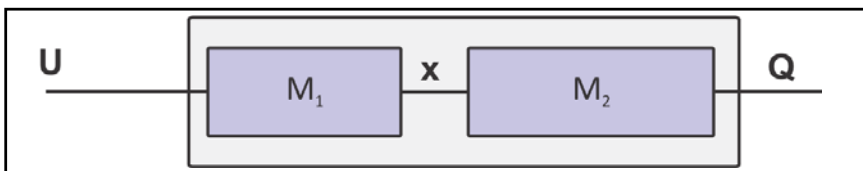
ki omogočajo veliko prilagodljivost [3]. Različne strukture matematičnih modelov se med seboj razlikujejo po kompleksnosti vhodno-izhodnih preslikav, ki so jih sposobne opisati. Zato je glede na kompleksnost obravnavanega problema potrebno izbrati primerno metodologijo. Izbrano univerzalno modelno strukturo je potrebno tudi prilagoditi obravnavanemu problemu, kar pomeni, da je potrebno prilagoditi proste parametre modela tako, da je model sposoben čim bolj natančno opisati karakteristične odzive proizvodnega procesa. Takšni prilagoditvi fleksibilne modelne strukture rečemo identifikacija modelov.

S pomočjo matematičnih modelov, ki so bili identificirani s pomočjo preteklih proizvodnih podatkov, lahko bolj učinkovito pomagamo operaterju proizvodnje. Načini, kako lahko izkoristimo takšne modele proizvodnih procesov, pa bodo predstavljeni v naslednjih poglavjih.

### 3.1 Detekcija odstopanj v procesu

Model proizvodnega procesa lahko uporabimo za avtomatsko spremljanje stanja in detekcijo proizvodne napake. Shematska zasnova takšnega sistema je prikazana na *sliki 2*.

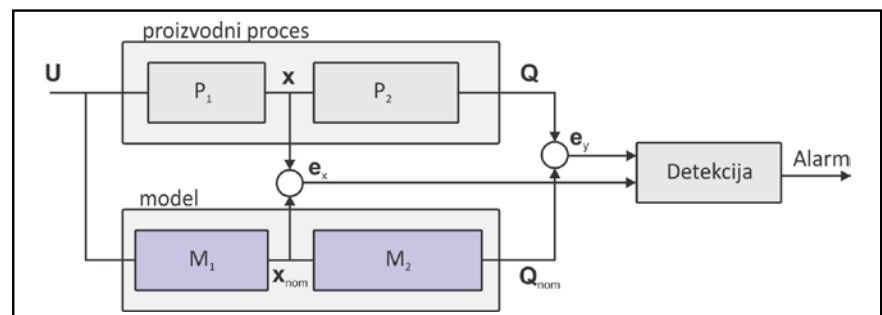
Glede na trenutne vrednosti manipulativnih spremenljivk ( $U$ ) matematič-



Slika 1. Shema matematičnega modela procesa

kvaliteto napovedi. *Vsebovane metode* za izbiro relevantnih spremenljivk pa so neposredno povezane z učenjem končnega modela. Že med učenjem modela so tako nepomembne spremenljivke postopoma izločene iz modela (npr. regularizacija, obrezovanje nevronske mreže itd.).

Problem izbire vhodov se za dinamične sisteme razširi na izbiro reda modela, se pravi, kolikšno število zakasnenih vhodnih in izhodnih podatkov je potrebno upoštevati na vходу modela in tudi kolikšna je primerna časovna zakasnitev signalov. S tem se problem izbire najvplivnejših vhodnih spremenljivk



Slika 2. Zasnova sistema za avtomatsko detekcijo odstopanj

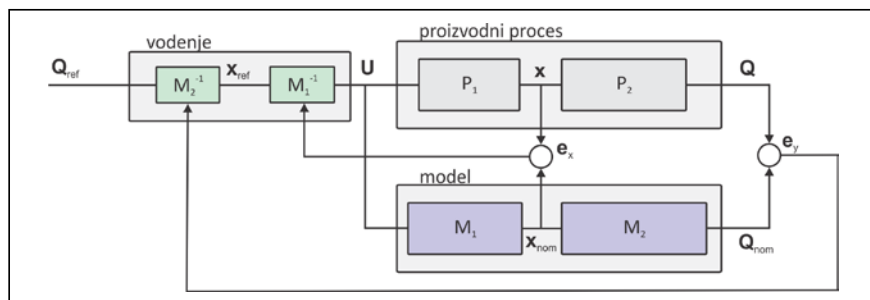
činami predstavlja izjemno zahtevno nalogo že za preproste proizvodne sisteme. Zato je smiselno, da uporabimo pristop matematičnega modeliranja, kjer iščemo model iz neke splošne družine modelnih struktur,

ni model vzporedno s proizvodnim procesom izračuna napovedi za nominalne vrednosti proizvodnih spremenljivk ( $x$ ) in kvaliteto izdelkov ( $Q$ ). Na podlagi trenutne razlike med de-

janskimi in napovedanimi vrednostmi ( $e_x, e_x, e_y, e_y$ ) lahko sklepamo, da proces poteka brez napak. Če pa so te vrednosti nad vnaprej določeno mejo pa sistem opozori operaterja ali vzdrževalca o napaki.

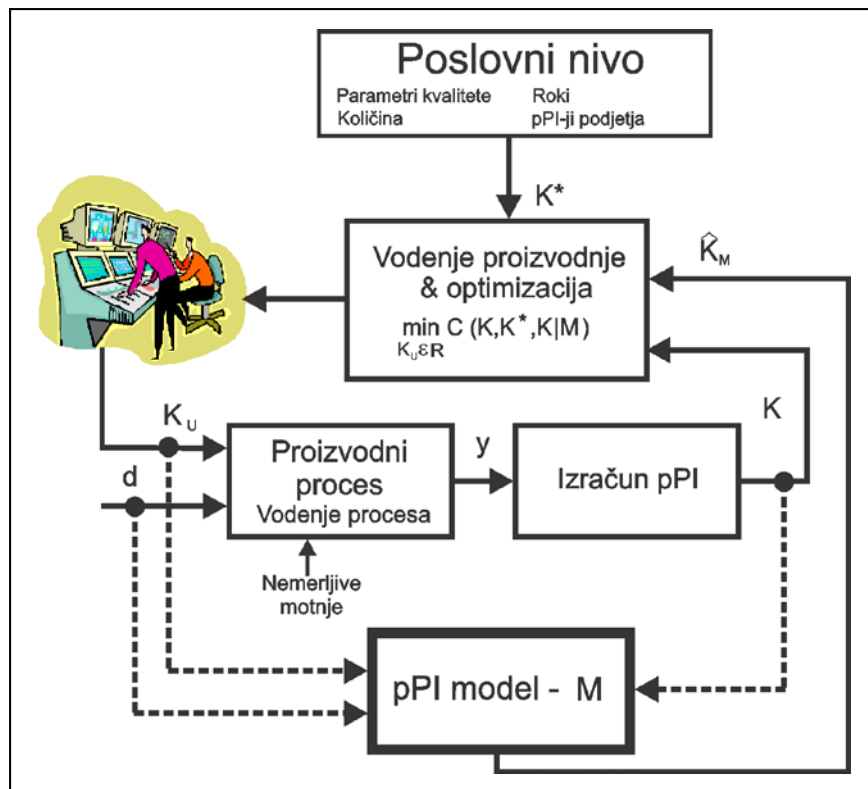
### 3.2 Nastavljanje manipulativnih spremenljivk

Drugi primer uporabe modelov predstavlja uvedba sistema za izračun vrednosti manipulativnih spremenljivk. Takšen sistem s pomočjo inverznega modela proizvodnega procesa določi primerne nastavitve vhodnih (manipulativnih) spremenljivk procesa  $U$ , glede na zelene vrednosti opazovane karakteristike kvalitete. Sistem je mogoče nadgraditi tudi v celovit sistem za avtomatsko vodenje in spremljanje stanja proizvodnega procesa, kjer upoštevamo tudi korekcijo modela. Shema takšnega nadgrajenega principa je prikazana na sliki 3.



Slika 3. Shema sistema za izračun vrednosti manipulativnih spremenljivk

Glede na želeno karakteristiko kvalitete izdelkov z inverznim modelom izračunamo vrednosti manipulativnih spremenljivk. Te vrednosti uporabimo pri procesu ter kot vhod v model procesa. Sprotno spremljanje vrednosti razlik med napovedano in izmerjeno vrednostjo proizvodnih veličin daje informacijo o morebitnih odstopanjih procesa od predhodno identificiranega modela. Odstopanje upoštevamo pri izračunu vhodnih spremenljivk tako, da kompenziramo morebitna lezenja v procesu. Enega izmed takšnih pristopov kompenzacije lezenja v procesu predstavlja neposredna korekcija referenčnih vrednosti ( $Q_{ref}, x_{ref}$ ), glede na odstopanje modela od izmerjenih vrednosti ( $e_x, e_y$ ).



Slika 4. Koncept celostnega vodenja proizvodnje

### 3.3 Uporaba modelov na ravni proizvodnje

V prejšnjem podglavju predstavljen princip vodenja končne kvalitete izdelkov proizvodnega procesa pa je mogoče razširiti za uporabo na ravni celotne proizvodnje. Za takšne namene so Zorzut s sod. [4] predstavili koncept celostnega vodenja proizvodnje. Predstavljeni koncept vodenja ni omejen zgolj na opazovanje končne kvalitete produktov posameznega proizvodnega procesa, temveč stremi k celostni optimizaciji proizvodnje, kjer upoštevamo raznolike aspekte proizvodne učinkovitosti.

Ideja temelji na vpeljavi kazalnikov učinkovitosti proizvodnje (ang.

Production Performance Indicators - pPI), ki se izračunavajo iz izmerjenih proizvodnih spremenljivk in imajo nalogo strnjenege (agregirane) prikaza ekonomsko relevantnih informacij o trenutnem stanju proizvodnje. Eden izmed takšnih kazalnikov bi lahko tudi ocenjeval kvaliteto končnih izdelkov, v splošnem pa želimo zaobjeti raznoliko ekonomsko relevantno stanje celotne proizvodnje (kvaliteta, produktivnost, stroški obratovanja). S povratno začnim vodenjem takšnih proizvodnih kazalnikov težimo k realizaciji zahtev višjega poslovnega nivoja, pri čemer regulator predlaga potrebne korekcije nastavitve proizvodnje, da bi dosegli optimalnejše obratovalne pogoje in ustrezno realizirali poslovne cilje.

Shematski prikaz realizacije celostnega vodenja na podlagi matematičnega modela ( $M$ ), ki je sposoben napovedovati dinamiko kazalnikov pPI, je prikazan na sliki 4. Regulator s pomočjo napovedi modela ( $\hat{K}_M$ ), trenutnih vrednosti kazalnikov učinkovitosti proizvodnje ( $K$ ) in zadanih ekonomskih ciljev ( $K^*$ ) poišče optimalne nastavitve procesnih spre-

menljivk. Vodja proizvodnje s tem pridobi uporabno informacijo o potrebnih prilagoditvah referenčnih vrednosti vodenja na nižjem nivoju in prilagoditvi preostalih prostih manipulativnih spremenljivk ( $K_u$ ,  $K_v$ ). Na podlagi takšnih priporočil operater proizvodnje lažje poišče optimalnejši režim obratovanja proizvodnje.

#### ■ 4 Testni primer kosovnega proizvodnega procesa v podjetju Kolektor KFH

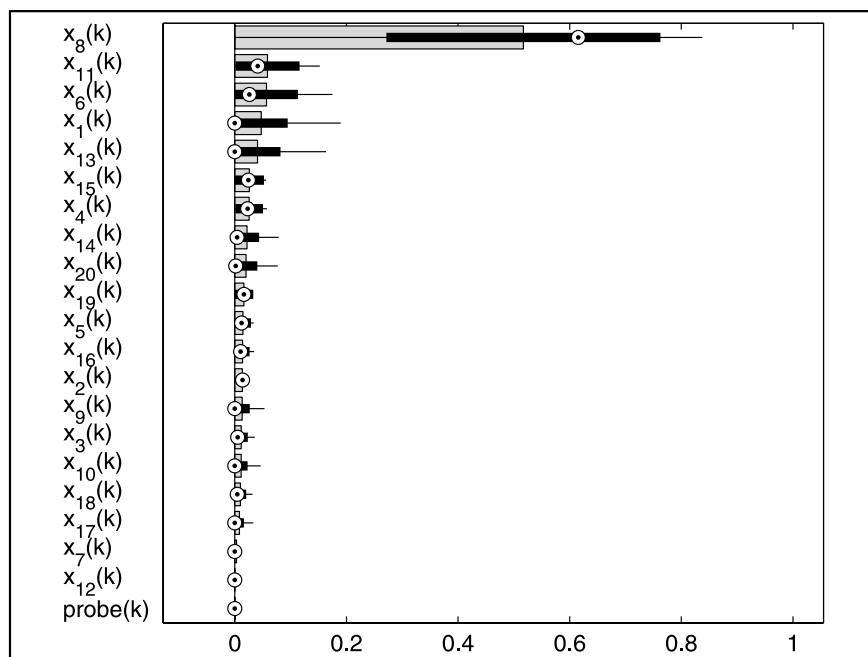
Iskanje vplivnih proizvodnih spremenljivk ter uporaba proizvodnih modelov bo prikazana na procesu kalupnega brizganja jermenic v podjetju Kolektor KFH. Po končanem brizganju jermenic se v ohlajeni izdelki vtisneta dva ležaja, kakor je prikazano na sliki 5.

Najprej želimo na podlagi analize izmerjenih podatkov proizvodnega procesa ugotoviti, katere proizvodne spremenljivke brizganja izdelkov ( $\mathbf{x}$ ) najmočneje vplivajo na končno kvaliteto produkta. Kvaliteto izdelka v podjetju ocenjujejo s silo vtiskanja spodnjega ležaja jermenice ( $Q$ ), katera mora ležati znotraj vnaprej predpisanega tolerančnega območja. Ker pa operaterji ne morejo direktno vplivati na spremenljivke brizganja, saj so le-te zgolj izmerjena notranja stanja procesa, nas bo zanimalo tudi, kako primerno nastaviti manipulativne spremenljivke ( $\mathbf{U}$ ), da bomo dosegli zeleno kvaliteto izdelkov (povezava med  $\mathbf{U}$  in  $\mathbf{x}$ ).

Za dani proizvodni proces ni bilo na voljo reprezentativnih proizvodnih



**Slika 5.** Levo: jermenice po končani operaciji brizganja. Desno: prerez jermenice v vtisnjenim ležajem.



**Slika 6.** Razvrščanje proizvodnih spremenljivk po pomembnosti, kjer smo upoštevali ocene različnih filtrirnih metod. S svetlimi okvirji so označene srednje vrednosti ocen, s črno barvo pa je predstavljena porazdelitev ocen (črni okvir označuje prvi in tretji kvartil, krogec mediano, črte pa minimalno in maksimalno vrednost).

podatkov iz dejanskega obratovanja, zato je bilo za namene iskanja vplivnih proizvodnih spremenljivk izvedeno testiranje. Izvedenih je bilo 20 različnih testov z različnimi nastavitvami manipulativnih spremenljivk, kjer je bilo proizvedenih 384 izdelkov (pri vsakem brizganju sta bila izdelana dva izdelka).

#### 4.1 Izbira relevantnih proizvodnih spremenljivk

Izmed vseh potencialnih spremenljivk brizganja ( $x_1, \dots, x_{20}$ ), želimo izpostaviti tiste, ki imajo resnično najmočnejši vpliv na končno oceno kvalitete izdelkov. Za izbiro najvplivnejših proizvodnih spremenljivk smo preizkusili dva načina. Pri

prvem smo upoštevali rezultate različnih filtrirnih metod [5], pri drugem načinu pa smo preizkusili ovojno metodo, kjer optimiziramo model linearne strukture s postopnim dodajanjem proi-

zvodnih spremenljivk (ang. *forward selection*).

V splošnem so filtrirne metode računsko manj zahtevne in so tako primerne za hitro oceno pomembnosti velikega števila potencialnih spremenljivk in za analizo obsežnejših podatkovnih nizov. Ker je pri obravnavanem proizvodnem procesu pričakovati močan medsebojni vpliv proizvodnih spremenljivk je potrebno upoštevati takšne metode, ki lahko pri oceni vplivnosti posameznih spremenljivk upoštevajo prispevek preostalih spremenljivk, izbranih že v prejšnjih korakih. Za iskanje najvplivnejših proizvodnih spremenljivk smo upoštevali rezultate več različnih filtrirnih metod (parcialna korelacijska analiza, parcialna skupna informacija, Gamma Test in postopna gradnja modela, ki je linearen v parametrih). Za podrobnejšo predstavitev uporabljenih metod glej [5]. Na podlagi njihovih ocen o pomembnosti vhodov, želimo ugotoviti katere izmed proizvodnih spremenljivk je večina izmed metod spoznala za najvplivnejše. Na sliki 6 so prikazani združeni rezultati, kjer smo proizvodne spremenljivke uredili po padajoči

oceni vplivnosti na kvaliteto produkta, ki je temeljila na povprečni oceni pomembnosti različnih metod. Iz rezultatov izbire vidimo, da je bil zaznan prevladujoč vpliv spremenljivke  $x_8$ , izstopal pa je tudi vpliv nekaterih preostalih ( $x_{11}$ ,  $x_6$ ,  $x_1$ ).

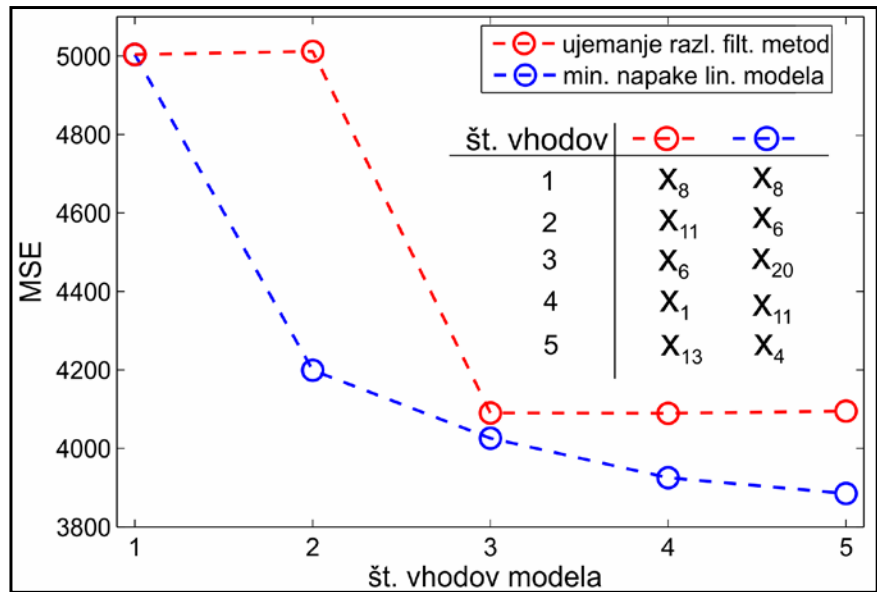
Preizkusimo tudi ovojno metodo postopnega dodajanja vhodnih spremenljivk v linearen model, kjer začnemo z enim vhodom ter nato postopoma dodajamo vhodne spremenljivke, ki v danem koraku najbolj minimizirajo napako napovedi modela. Napako modela ocenjujemo na podlagi 10-stopenjske križne validacije (ang. *cross-validation*), kjer ocenjujemo srednjo kvadratno napako predikcije (MSE – Mean Squared Error), ki je definirana z

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - \hat{Q}_i)^2.$$

V enačbi  $N$  predstavlja število vzorcev,  $Q_i$  je izmerjena vrednost izhodne veličine (v našem primeru ocena kvalitete) za  $i$ -ti izdelek in  $\hat{Q}_i$  je z modelom napovedana vrednost. Dodatno pa tudi preverjamo linearno korelacijo med vhodnimi spremenljivkami, kjer močno korelirane spremenljivke izločimo iz izbire. Med spremenljivkama  $x_5$  in je bilo zaznati močno linearno odvisnost, zato je bil  $x_5$  izločen. Izbrane pa so bile naslednje spremenljivke:  $x_8$ ,  $x_6$ ,  $x_{20}$ ,  $x_{11}$ ,  $x_4$ .

### 4.2 Vrednotenje izbranih proizvodnih spremenljivk

Izbiro najpomembnejših vplivnih proizvodnih spremenljivk ovrednotimo z linearnim modelom in križno validacijo. Podatke naključno razdelimo v 10 skupin, nato pa za vsako izmed skupin identificiramo model, ki ga testiramo na podlagi podatkov testirane skupine, model pa je bil identificiran na podatkih iz preostalih skupin. Takšno križno validacijo ponovimo z različnim naključnim razvrščanjem v skupine. Testiramo dobljene modele, kjer na vходу modela postopoma poveču-



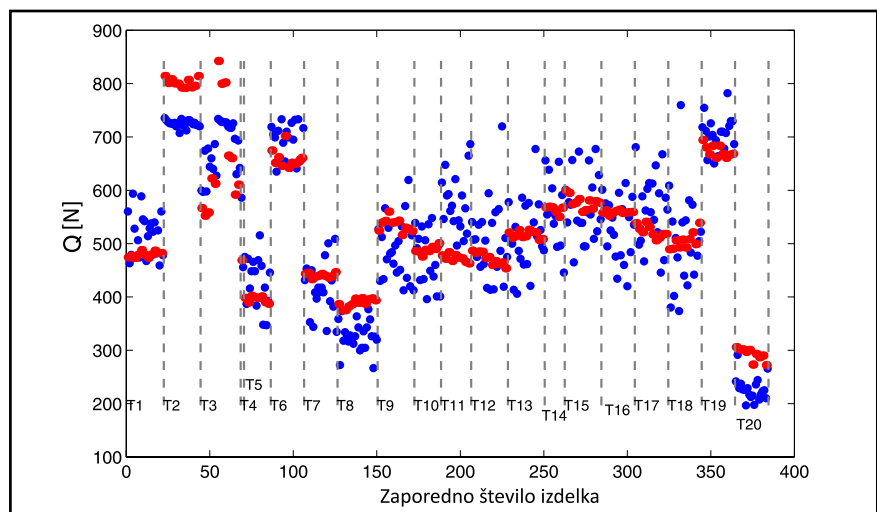
**Slika 7.** Vrednotenje proizvodnih spremenljivk, ki so bile identificirane kot najvplivnejše. Na sliki je prikazana ocena pogreška napovedi linearnega modela (MSE), pri čemer postopoma povečujemo število upoštevanih proizvodnih spremenljivk na vходу modela.

jemo število upoštevanih proizvodnih spremenljivk ter opazujemo kvaliteto napovedovanja (ocena MSE).

Iz slike 7 vidimo, da z dodajanjem proizvodnih spremenljivk, ki so bili spoznani za najbolj vplivne, napaka modela pada. To je še posebej izraženo pri ovojni metodi, kjer smo neposredno iskali minimum pogreška modela. Iz primerjave obeh pristopov izbire relevantnih proizvodnih spremenljivk je razviden prevladujoči vpliv proizvodnih spremenljivk  $x_8$  ter  $x_6$ .

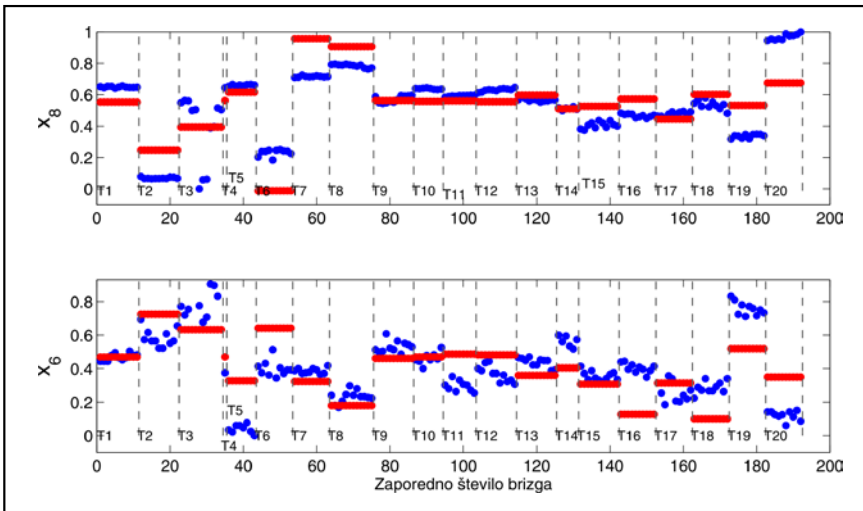
### 4.3 Identifikacija modela proizvodnega procesa

Pri identifikaciji modelov je smiselno najprej preizkusiti preprostejše modelne strukture in če-le te ne zadostujejo, je potrebno poseči po bolj kompleksnih metodologijah. Za identifikacijo proizvodnega modela bomo tako uporabili preprosto linearno regresijo, kjer bo napoved spodnje sile vtiskanja ležaja temeljila zgolj na dveh najvplivnejših proizvodnih spremenljivkah:  $x_8$  in  $x_6$ . Da bi lahko preverili natančnost napovedi tudi za področja za katera



**Slika 8.** Napoved sile vtiska ležajev na podlagi proizvodnih spremenljivk  $x_8$  in  $x_6$ . Z rdečo barvo je označena napoved modela, z modro pa dejanska izmerjena vrednost.





**Slika 9.** Napoved proizvodnih spremenljivk  $x_8$ ,  $x_6$  na podlagi manipulativnih spremenljivk  $u_1, u_2, u_3, u_5, u_6$ . Z rdečo barvo je označena napoved modela, z modro pa dejanska vrednost.

model ni bil neposredno prilagojen, za vsakega izmed proizvodnih testov identificiramo nov model. Vsak model je identificiran na preostalih podatkih (testih), ovrednoten pa je na testu, kateri je bil izpuščen iz učnih podatkov. Prvi model tako identificiramo na podlagi podatkov iz testov 2 do 20, natančnost njegove napovedi pa testiramo na podatkih testa 1. Enako vrednotenje izvedemo še za preostale teste. Združeni rezultati vrednotenja kvalitete napovedi končne kvalitete izdelkov  $Q$  je prikazana na sliki 8. Vidimo, da lahko že takšen močno reduciran linearni model precej natančno napoveduje obnašanje sile vtiska ležajev tudi za ekstremna področja obratovanja, za katera ni bil neposredno prilagojen (npr. testi označeni z T2, T6, T19, T20).

Ker pa operater ne more neposredno prilagajati proizvodnih spremenljivk, bi bilo potrebno poiskati tudi relacijo med manipulativnimi spremenljivkami brizganja in najplivnejšima proizvodnima spremenljivkama  $x_8$  in  $x_6$ . Uporabimo pet manipulativnih spremenljivk, katere smo spreminjali tekom testiranja proizvodnje. Ponovno uporabimo linearno regresijo, kjer modele testiramo po posameznih testih, identificiramo pa jih na vseh preostalih podatkih. Slika 9 prikazuje napoved proizvodnih spremenljivk na podlagi manipulativnih spremenljivk.

Pri tem pa je potrebno poudariti, da imamo za opis relacije med manipulativnimi in proizvodnimi spremenljivkami izjemno malo raznolikih podatkov (20 različnih vhodnih kombinacij),

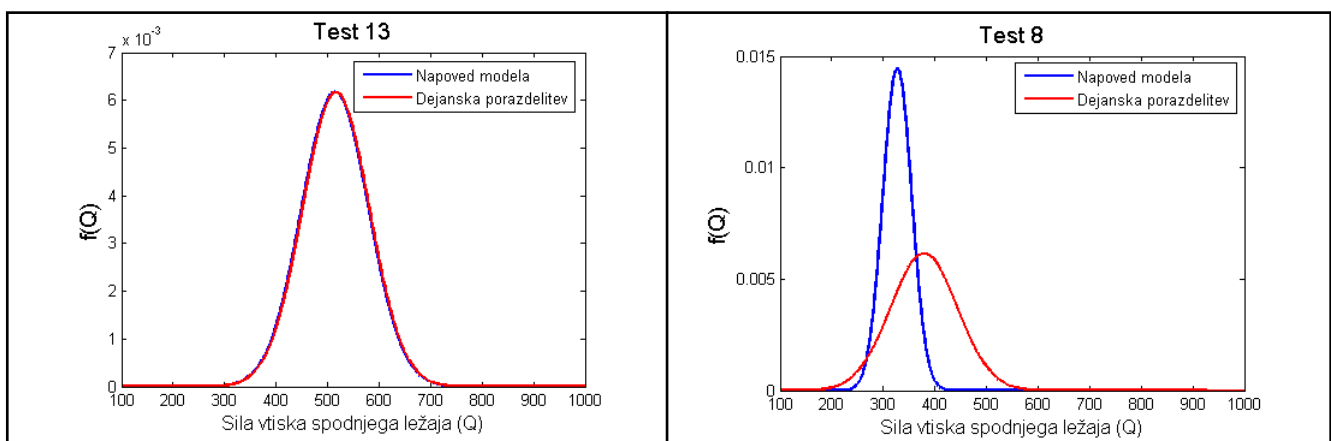
zato je tudi napoved relativno natančna. Vsak izmed proizvodnih testov je sicer bil izveden z različno vhodno kombinacijo, vendar bi za natančnejšo analizo takšne relacije potrebovali dosti več podatkov z raznolikimi kombinacijami manipulativnih spremenljivk. Primerne podatke bi lahko neposredno pridobili z uporabo podatkov normalnega proizvodnega obratovanja, ki bi bili pridobljeni v nekem daljšem obratovalnem obdobju.

### 4.4 Uporaba modela

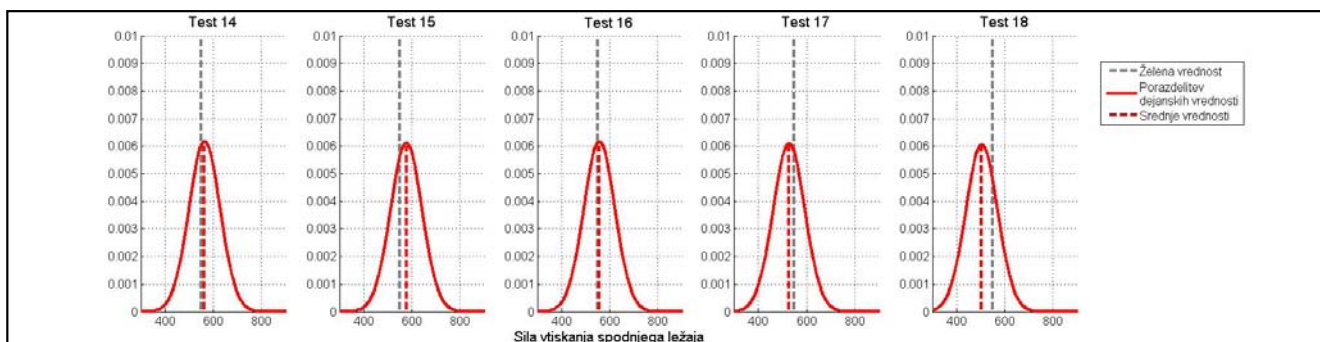
Ko imamo razvit primeren proizvodni model, ga lahko uporabimo za detekcijo odstopanj v procesu ali pa za sprotno prilagajanje proizvodnega procesa glede na želeno vrednost ocene kvalitete izdelkov.

#### 4.4.1 Detekcija odstopanj v procesu

Model proizvodnega procesa uporabimo na način, ki je bil predstavljen na sliki 2. Spremljanje razlike med napovedanimi in izmerjenimi veličinami nam dodatno omogoča tudi lokalizacijo napake. Če prag preseže vrednost  $e_x$  je do napake prišlo na relaciji med manipulativnimi vhodi in spremenljivkami brizganja (npr. sprememba šarže ali kvalitete surovine, napake na orodju, itd.), ter če je prag presegla vrednost  $e_y$ , je vzrok napake potrebno iskati v operaciji vtiska ležajev. Pomembna lastnost sistema je tudi, da njegovo delovanje ni pogojeno z vpeljavo sledljivosti proizvodnje po kosih. Če namesto trenutne vredno-



**Slika 10.** Primerjava dejanske (rdeča) in napovedane (modra) porazdelitvene funkcije  $f(Q)$  za silo vtiska ležajev za proces brez napake (levo) in s simulirano napako (desno)



**Slika 11.** Porazdelitve sile vtiska spodnjega ležaja in zelene vrednosti

sti proizvodnih veličin spremljamo njihovo porazdelitev znotraj posamezne serije, lahko pogrešek modela izračunamo tudi iz razlike med trenutno porazdelitveno funkcijo in napovedjo porazdelitvene funkcije z uporabo Kullback-Leibler razdalje. Primer porazdelitvenih funkcij za silo vtiskanja ležajev za proces brez napake in z simulirano napako, je prikazan na *sliki 10*.

#### 4.4.2 Nastavljanje manipulativnih spremenljivk

Že tekom izvedbe testnih serij pa smo tudi preizkusili pristop nastavljanja manipulativnih spremenljivk. Na podlagi podatkov prvih dvanajstih testov proizvodnje je bil identificiran linearni model. Model smo uporabili za izračun različnih naborov vrednosti manipulativnih spremenljivk ( $\mathbf{U}$ ), pri katerih smo želeli, da bo sila vtiska spodnjega ležaja enaka 550 N. Na podlagi modelov izračunani nabori manipulativnih spremenljivk so bili nato preizkušeni

na proizvodnem procesu na podatkih testov 14 do 18. *Slika 11* prikazuje porazdelitev dejanske sile vtiska spodnjega ležaja pri teh testnih serijah. Vidimo, da je mogoče že s precej enostavnim modelom proizvodnega procesa napovedati potrebne nastavitve manipulativnih spremenljivk.

### ■ 5 Zaključek

Testni primer analize podatkov iz podjetja Kolektor KFH je demonstriral, kako lahko s preprosto analizo podatkov učinkovito izpostavimo ključne proizvodne spremenljivke ter nato realiziramo vodenje in nadzor proizvodnega procesa.

Iz primera vidimo, da proizvodni podatki predstavljajo pomemben vir informacij, ki omogočajo vpeljava dodatnih izboljšav v proizvodni proces. Posledično lahko stremimo k enostavnejšemu prilagajanju proizvodnje novim obratovalnim razmeram ter dolgoročno optimalnejšemu obratovanju proizvodnega procesa.

### Viri

- [1] May, R., Dandy, G., in Maier, H.: Review of Input Variable Selection Methods for Artificial Neural Networks, *Artificial Neural Networks – Methodological Advances and Biomedical Applications, InTech*, 2011.
- [2] Guyon, I. in Elisseeff, A.: An Introduction to Variable and Feature Selection, *J. Mach. Learn. Res.*, 3, str. 1157-1182, 2003.
- [3] Ljung, L.: System Identification: Theory for the User, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 1999
- [4] Zorzut, S., Jovan, V., Gradišar, D., Mušič, G.: Closed-loop control of a polymerisation plant using production performance indicators (PIs), *International journal of computer integrated manufacturing*, 2009.
- [5] Gradišar, D., Glavan, M.: Input variable selection algorithms for HPC, *Proceedings of the International Conference on Industrial Technology*, Atene, Grčija, str. 71-76, 2012.

## Analysis of Production Data for Product Quality Control

**Abstract:** Data gathered in the production process represent a useful source of information. But in production plants these data are still rarely exploited as the production operators often do not recognise their practical value. This article demonstrates how to effectively employ production data in order to identify the production variables with the strongest influence on the quality of the final product. Moreover, it shows how data-based models of the production process can be used for advanced control techniques. The practical use of the data analysis is shown for a case study of the company Kolektor KFH.

**Keywords:** product quality, production data, influential production variables, empirical models

### Zahvala

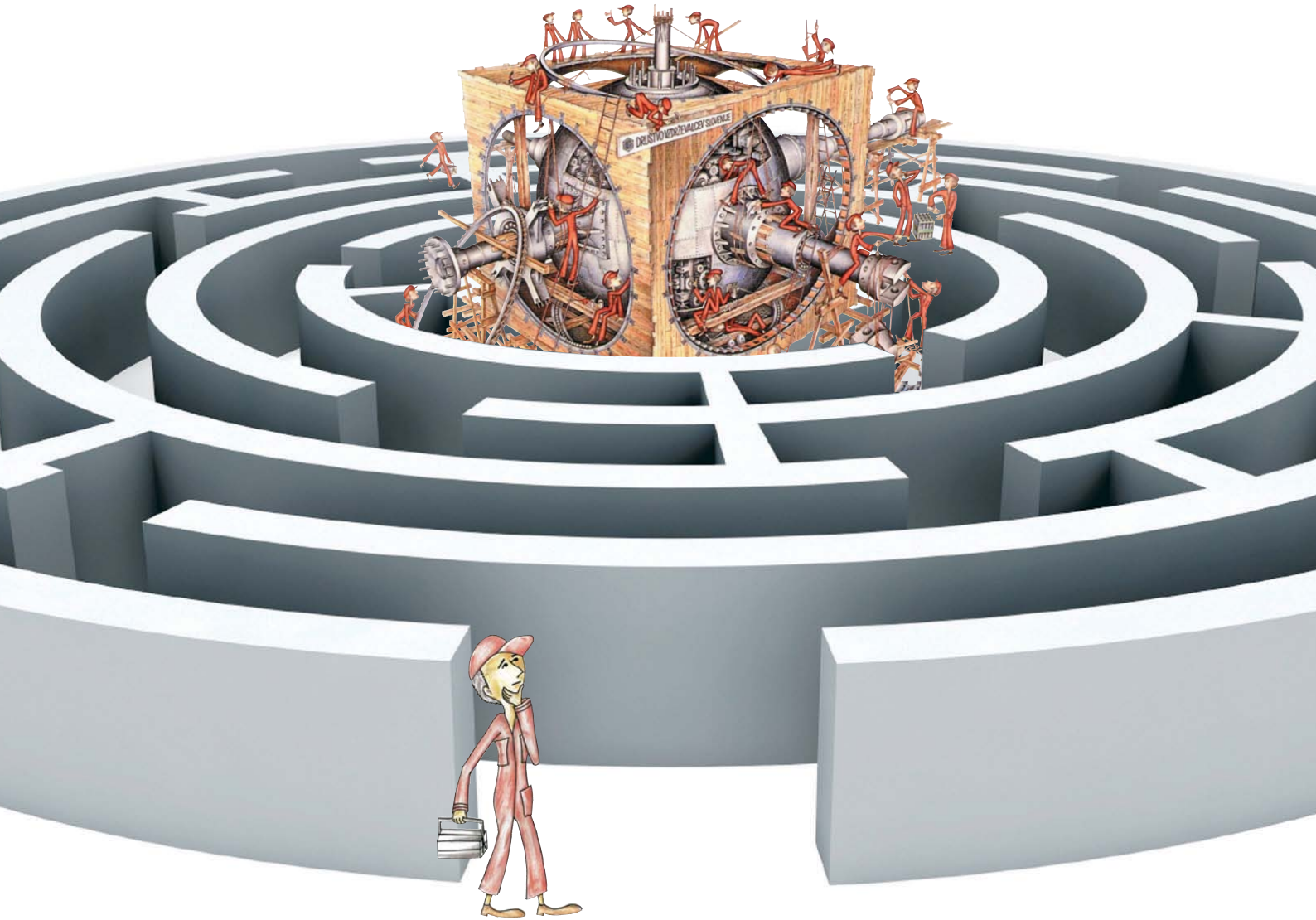
Projekt L2-2338 (B) je bil financiran s strani Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in podjetja Kolektor KFH.



**DRUŠTVO  
VZDRŽEVALCEV  
SLOVENIJE**

VODENJE INDUSTRIJSKIH PROCESOV

# DVS



**NASVIDENJE na**

**23. TEHNIŠKEM POSVETOVANJU  
VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE**

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

# Kako izbrati infrardeči termometer?

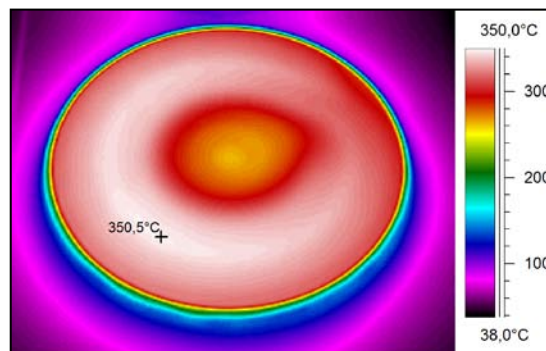
Bojan TEŽAK

**Izvleček:** Ročni infrardeči termometer je najpogosteje uporabljan brezkontaktni merilnik temperature. Na prvi pogled enostavna uporaba pa je na žalost pripeljala tudi do nekritičnega merjenja in posledično nepravilnih rezultatov, ki pri uporabnikih vzbujajo dvom o uporabnosti IR-termometrov za resne meritve. Merilec se mora zato zavedati vsaj nekaj osnovnih fizikalnih omejitev merjenja, ki so sicer že dolgo znane, vendar pri vsakodnevem merjenju pogosto neupoštevane. Razvoj tehnologije je poleg ročnih infrardečih termometrov prinesel tudi široko paleto stacionarnih IR-termometrov za zahtevnejšo uporabo, ki vse bolj zamenjujejo klasične kontaktne termometre. Prispevek opisuje ključne parametre, na katere moramo biti pozorni pri izbiri pravega IR-termometra za našo aplikacijo.

**Ključne besede:** IR-termometer, infrardeče merjenje temperature

## 1 Uvod

Poleg treh velikih zmot [1] o infrardečih termometrih (v nadaljevanju IR-termometri) je zelo razširjena še ena, za merilca prav tako usodna zmeta. To je neupoštevane emisivnosti oziroma sposobnosti sevanja merjene površine. Ob nedavni predstavitvi IR-termometrov pri neki stranki sem že na začetku naletel na odklonilen odnos. Po njihovih izkušnjah so se izkazali za popolnoma neuporabne. Njihova izkušnja je namreč sledeča. Trgovec jim je pred časom prodal najnovejši ročni IR-termometer, ki je, po trgovčevem mnenju, tako dodelan, da lahko vsakdo hitro, enostavno in zanesljivo meri temperaturo česarkoli. Vse, kar je potrebno vedeti, je: nameri, sproži in odčitaj. Ponosni vzdrževalec, novi



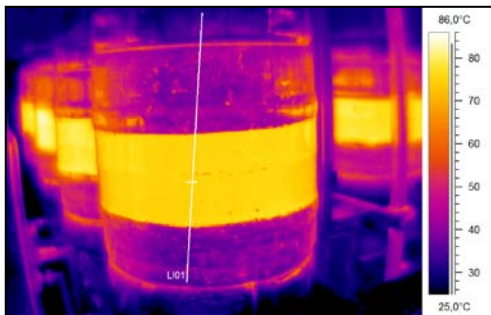
**Slika 1.** Izkušnje nas učijo, da temperature kuhalne plošče ne preverjamo z dlanjo

lastnik IR-termometra, je pridobitev z navdušenjem predstavil sodelavcem. Kako enostaven in hiter je postopek meritve, je demonstriral tako, da je termometer usmeril proti kovinskemu rezervoarju, v katerem je običajno razgreta tekočina. Termometer je pokazal, da je temperatura kotla na sobni temperaturi, torej nevarnosti za dotik ni. S popolnim zaupanjem v zanesljiv rezultat meritve z natanč-

ko si predstavljate njegovo začudenje, ko se mu je dlan zaradi vročine prilepila na kotel. Od takrat naprej leži IR-termometer v predalu, IR-metodo merjenja temperature pa so zavrgli kot nezanesljivo in neuporabno.

## 2 Primera nekritičnega merjenja

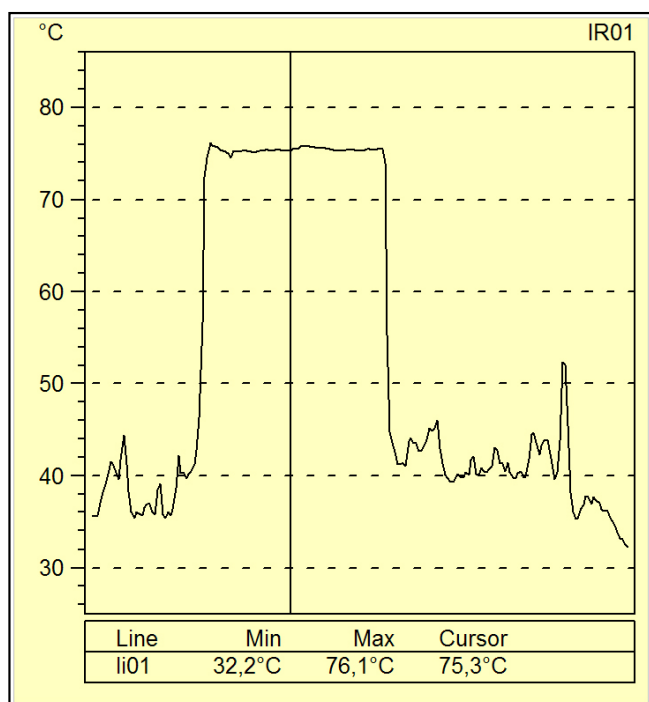
Nikomur ne pade na pamet, da bi z dlanjo preverjal temperaturo električne kuhalne plošče (slika 1). Preverjanje temperature plošče z IR-termometrom je dokaj zanesljivo merjenje tudi za našega nesrečnega merilca. Ker ima plošča visoko emisivnost, bo s svojim novim IR-termometrom izmeril pravo temperaturo. IR-termometri imajo običajno tovarniško prednastavljeno visoko vrednost za emisivnost, ponavadi na 95 %. Pri nekaterih cenejših IR-termometrih te vrednosti uporabnik celo ne more spreminjati.



**Slika 2.** Poln pivski sod na polnilni liniji

Bojan Težak, univ. dipl. inž., Terming termografija, d. o. o., Ljubljana

nim in dragim IR-termometrom, je na kotel, ki je običajno na precej visoki temperaturi, pritisnil svojo dlan. Lah-



**Slika 3.** Temperaturni profil vzdolž linije na sliki 2. Emisivnost je nastavljena na 90 %.

Kaj je bilo torej narobe, da se je merilec opekel? Slika 2 prikazuje toplotno sliko (termogram), posneto z IR-kamero, in pripadajočo fotografijo polnega pivskega sode na polnilni liniji v pivovarni.

Linijski temperaturni profil prikazuje temperaturno porazdelitev vzdolž linije pri nastavljeni emisivnosti 90 %.

Popolnoma nelogično je, da je toplo pivo samo nekje na sredini sode, kot to prikazuje temperaturni linijski profil. Očitno je, da IR-meritvam ne moremo in ne smemo slepo verjeti.

### ■ 3 Emisivnost [2]

IR-termometer in IR-kamera sprejemata elektromagnetno valovanje, ki prihaja iz smeri merjenca. Merjenec oziroma objekt z višjo temperaturo seva več energije glede na objekt, ki ima nižjo temperaturo. IR-termometer, tako kot IR-kamera, sprejeto energijo elektromagnetnega valovanja pretvori v električni signal in vrednost signala primerja s podatki v elektronskem spominu ter z upoštevanjem drugih parametrov in nastavitvev na instrumentu izračuna temperaturo merjenca. Podatki v spominu IR-termometra so

izmerjeni odzivi instrumenta glede na normirani izvor sevanja (slika 4, slika 5). Normirani izvor sevanja je tako imenovano realno črno telo. Za praktično uporabo je realno črno telo povsem zadosten približek teoretičnemu črnemu telesu, ki predstavlja idealni izvor sevanja. Za idealno črno telo velja, da pri vsaki temperaturi seva največ možne energije.

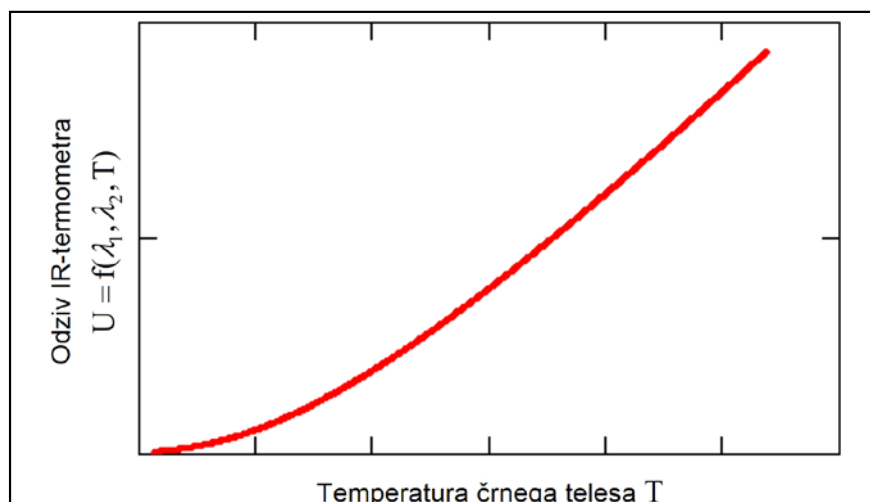
Odziv IR-termometra na sevanje realnega črnega telesa pri določeni temperaturi je integral Planckovega zakona sevanja oziroma Stefan-Boltzmanova enačba v omejenem pasu valovnih dolžin ( $\lambda_1, \lambda_2$ ), (slika 5). Certifikat o kalibraciji za vsak instrument posebej navaja odstopanja temperature glede na referenčno temperaturo realnega črnega telesa.

### 3.1 Kaj mora vedeti merilec?

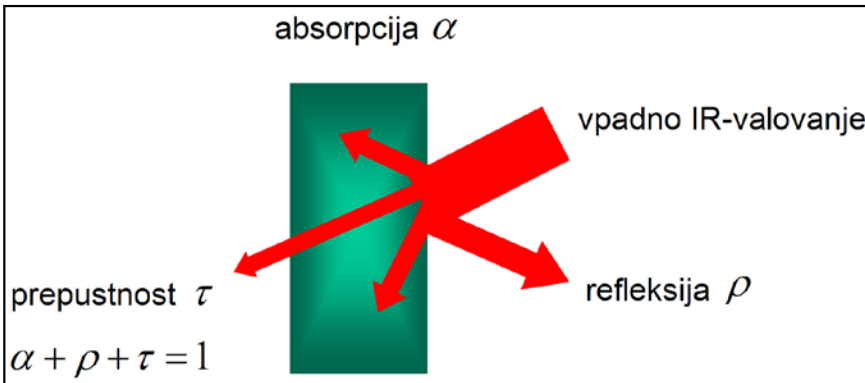
V praksi je malo površin, ki bi jih lahko primerjali z realnim črnim telesom. Tega bi se moral zavedati vsak merilec, ki nekritično uporablja IR-termometer. Slika 6 ponazarja lastnosti realnega objekta. Del elektromagnetnega sevanja, ki pade na objekt, gre skozi objekt, del se absorbira, del pa se odbije.



**Slika 4.** Umerjanje IR-termometra na izvor sevanja, ki je realno črno telo



**Slika 5.** Odziv IR-termometra na referenčni izvor sevanja pri različnih temperaturah



Slika 6. Lastnosti realnega objekta

Po zakonu o ohranitvi energije je:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (1)$$

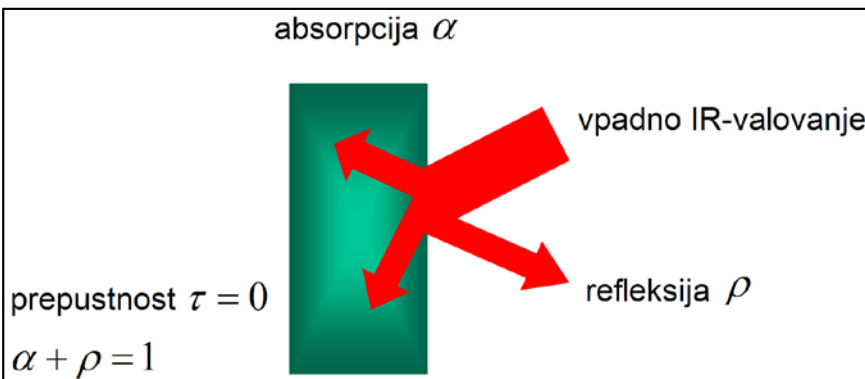
$\alpha$  absorpcija

$\rho$  refleksija

$\tau$  prepustnost

Za neprozorne objekte je  $\tau = 0$  (slika 7).

kot večina ročnih IR-termometrov, deluje v območju valovnih dolžin 8 do  $14 \mu\text{m}$ . Na grafu (slika 8) je prikazano, da je sposobnost sevanja kovinske površine v tem valovnem območju zelo majhna, pod 10 %. Tudi zelo vroča površina je sposobna izsevati samo 10 % energije, ki bi jo izsevalo idealno črno telo na isti temperaturi. Naš merilec se je



Slika 7. Lastnosti neprozornega objekta

Ostaneta samo absorpcija in refleksija:

$$\alpha + \rho = 1 \quad (2)$$

Po Kirchohovem zakonu, ki pravi, da je dober absorber tudi dober sevalec, sledi, da je  $\alpha = \varepsilon$ . V zgornji enačbi lahko namesto  $\alpha$  zapišemo  $\varepsilon$  in dobimo:

$$\varepsilon + \rho = 1 \quad (3)$$

Ta enostavni zapis je najpomembnejša enačba, ki jo mora imeti vsak merilec stalno pred očmi. Z drugimi besedami: visokorefleksne površine imajo zelo nizko emisivnost in obratno.

opekel zato, ker je nekritično verjel termometru, ki je zaradi visoke refleksije kotla v resnici izmeril temperaturo okolice in ne temperature kotla.

Površino, katere emisivnost je odvisna od valovne dolžine, imenujemo selektivni sevalec ali tudi nesivo telo. Kovinske površine so tipičen primer selektivnih sevalcev. K sliki 7 je potrebno dodati še nekaj zelo pomembnega. Vsi naštetih faktorji, absorpcija (emisivnost), refleksija in transmisija, so valovno odvisni. Za točno meritev moramo poznati njihove vrednosti pri valovni dolžini, pri kateri meri IR-termometer.

Vrnimo se k našemu nesrečnemu merilcu. Njegov instrument, tako

V tabelah, ki jih dobite v navodilih za uporabo instrumenta ali jih najdete

na svetovnem spletu, so navedene tipične vrednosti za emisivnosti določenih materialov. Potrebno je biti pozoren, za katero valovno območje velja navedena vrednost. Emisivnost ni lastnost materiala, ampak njegove površine. Odvisna je od površinske strukture (obdelava, gladkost) in temperature. V splošnem emisivnost kovinskih površin s temperaturo narašča, nekovinskih pa pada.

#### 4 Kako IR-termometer določi temperaturo merjenca?

Z integriranjem Planckovega zakona sevanja po vseh valovnih dolžinah dobimo Stefan-Boltzmannov zakon, ki pravi, da je celotna energija, ki jo oddaja telo, proporcionalna četrti potenci absolutne temperature merjenca. Temu primeren je tudi odziv detektorja na vpadno sevanje [3]:

$$U \approx \varepsilon T_{obj}^4 \quad (4)$$

$U$  detektorjev odziv

$\varepsilon$  faktor emisivnosti

$T_{obj}$  temperatura objekta

V realnih razmerah moramo za neprozorne objekte upoštevati, da je emisivnost merjene površine manjša od 1, kar pomeni, da je deloma refleksijska. Termometer zato sprejema tudi sevanje, ki izvira iz nekega drugega reflektira. Zaradi poenostavitve pravimo, da je ta motilni izvor na temperaturi okolice oziroma ambienta  $T_{amb}$ . Tudi termometer ima svojo temperaturo  $T_{ter}$ , ki jo je potrebno upoštevati in ni nujno enaka  $T_{amb}$ .

$$U = C(\varepsilon T_{obj}^4 + (1 - \varepsilon)T_{amb}^4 - T_{ter}^4) \quad (5)$$

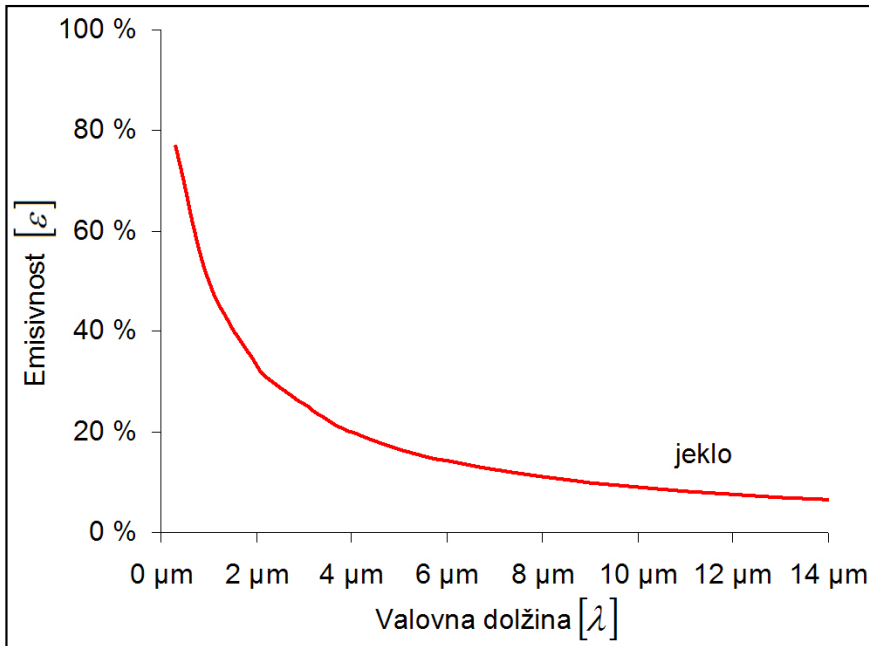
$C$  specifična konstanta termometra

$(1 - \varepsilon)$  faktor refleksije  $\rho$

$T_{amb}$  temperatura reflektiranega izvora

$T_{ter}$  temperatura termometra

Ker IR-termometri ne merijo v celotnem spektru valovnih dolžin,



Slika 8. Emisivnost jekla v odvisnosti od valovne dolžine

integral Planckovega zakona ali Stefan-Boltzmanova enačba ne vsebuje več potence 4, ampak, odvisno od izbranega valovnega območja, neko drugo vrednost  $n$ .

$$U \approx \varepsilon T_{obj}^n \quad (6)$$

$n$  potenca, ki je odvisna od valovnega območja integriranja Planckove enačbe  $n = f(\lambda_1, \lambda_2)$ . V širokem območju med 1 in 14  $\mu\text{m}$  znaša  $n$  med 2 in 17, v kratkovalovnem območju med 1 in 2,3  $\mu\text{m}$  pa med 15 in 17.

Dejanski odziv termometra je tako:

$$U = C(\varepsilon T_{obj}^n + (1 - \varepsilon) T_{amb}^n - T_{ter}^n) \quad (7)$$

in izmerjena temperatura objekta je proporcionalna:

$$T_{obj} = \sqrt[n]{\frac{U - CT_{amb}^n + C\varepsilon T_{amb}^n + CT_{ter}^n}{C\varepsilon}} \quad (8)$$

Vrednosti za  $U$  so zapisane v spominu IR-termometra in so določene pri umerjanju termometra na referenčno črno telo.

Kot bomo videli v nadaljevanju, imata faktor emisivnosti  $\varepsilon$  in potenca  $n$  pomembno vlogo pri izbiri IR-termometra.

## ■ 5 Zaključek

Na prvi pogled enostavno merjenje z IR-termometrom postane nočna mora takoj, ko se srečamo z merjenjem temperature visokorefleksnih površin. Podatki o emisivnostih, navedeni v raznih tabelah, so zgolj orientacijske narave. Emisivnost merjene površine moramo zato določiti sami. Če je to mogoče, poskusimo povečati emisivnost z visokoemisivnimi nalepkami ali z barvanjem, sicer je meritev praktično nemogoča. Pri merjenju visokih temperatur nalepke ali barvanje ne pridejo v poštev. V tem primeru izberemo IR-termometer, ki meri pri krajših valovnih dolžinah, da tako naredimo manjšo napako. To pa je že tema, o kateri bo govor v nadaljevanju.

## Viri

- [1] Težak, B.: Meritev temperature z infrardečim termometrom, Vzdrževalec avgust 2007, št. 118, str.: 16 – 18. [http://www.termining.si/\\_lanki.html](http://www.termining.si/_lanki.html)
- [2] Težak, B., Lovrec, D.: Uporaba IR-termografije v fluidni tehniki, Zbornik prispevkov Strokovne konference Fluidna tehnika 2005, str.: 231–253.
- [3] Optris GmbH: Application article AA-Metal-E2011-09-A.

## How to choose an infrared thermometer?

**Abstract:** Handheld infrared thermometer is one of the most frequently used non-contacts thermometer. At first glance easy to use unfortunately also led to uncritical measurement and consequently incorrect results which agitate user's doubt on the usefulness of IR thermometers for serious measurements. Measurer should therefore be aware of at least some fundamental physical limits of measurement, which are already long been known but for everyday measurement often disregarded. Development of technology in addition to handheld infrared thermometers also brought a wide range of stationary infrared thermometers for demanding users, who increasingly replace conventional contact thermometers. This paper describes the key parameters on which we must pay attention when choosing the right IR thermometer for our application.

**Keywords:** infrared thermometer, infrared temperature measurement.

# Izkušnje pri uvajanju avtomatizacije v procesno industrijo

Vladimir VREČKO

## ■ Uvod

Računalniško podprta avtomatizacija tehnoloških procesov v procesni industriji je danes že samoumevna potreba, za katero se zdi, da je ni potrebno posebej upravičevati in da njeno uvajanje že povsem obvladujemo. Toda proces njenega uvajanja je kompleksen in vključuje tako multidisciplinarni pristop kot tudi upoštevanje tako tehničnih kot socialnih vidikov. Prav tako je potrebno razumeti ekonomsko ozadje takšnih projektov, ki morajo biti, tako kot vsi drugi investicijski projekti, ekonomsko upravičeni. Za razumevanje in obvladovanje različnih vidikov uvajanja računalniško podprte avtomatizacije, ki so zelo pomembni za njen končni uspeh, je včasih koristno poznati pretekle izkušnje pri izvajanju takšnih projektov. Na ta način si lahko prihranimo marsikatero neprijetno izkušnjo tudi pri sedanjih in prihodnjih projektih. Zato bomo skušali predstaviti izkušnje, ki smo jih v več kot dvajsetih letih izvajanja tovrstnih projektov zbrali v Cinkarni Celje, enem od največjih slovenskih kemičnih podjetij.

## ■ 1 Izhodišča

Cinkarna Celje je eno največjih slovenskih kemijskih podjetij z dolgo tradicijo, saj je bila ustanovljena že leta 1873. Danes je njen najpomembnejši proizvod beli pigment titanov dioksid, ki predstavlja kar 70 odstotkov vrednosti prometa, in to večinoma na svetovnih trgih. In prav tehnološki proces proizvodnje tega izdelka je bil zaradi svojega pomena in kompleksnosti prvi

Vladimir Vrečko, univ. dipl. inž.,  
Cinkarna Celje, d. d., Celje

cilj uvajanja računalniško podprte avtomatizacije v podjetju, s katero smo pričeli že leta 1988.

### 1.1 Značilnosti proizvodnega procesa

Proizvodnja titanovega dioksida (slika 1) je zelo zahtevna, saj jo sestavlja kar 30 tehnoloških postopkov, od katerih je vsak drugačen in skupaj sestavljajo skoraj celotno paleto znanih tehnoloških postopkov. Pri tem se vzdolž proizvodnje izmenjujejo kontinuirni in šaržni postopki. Za mnoge od njih je značilen tudi zahteven medij (agresiven in abraziven hkrati). Zadrževalni čas proizvoda v procesu je 16 dni, proizvodnja pa teče neprekinjeno 24 ur na dan vse dni v letu.

### 1.2 Stanje pred pričetkom uvajanja avtomatizacije

Ko smo pričeli s projekti avtomatizacije, je bilo vodenje procesa ročno, merilna oprema in regulatorji pa večinoma pnevmatski. Podjetje je

imelo malo kadrov, ki so se ukvarjali večinoma z vzdrževanjem delovanja opreme, njihova izobrazbena struktura ni bila visoka. Hkrati se večina zaposlenih ni prav zavedala pomena računalniško podprtega vodenja za obvladovanje procesa. Tehnologi pa niso prav razumeli, kaj se od njih pričakuje, ko smo pričeli s pripravo specifikacij procesa.

### 1.3 Razlogi za odločitev o uvajanju avtomatizacije

Za uvajanje računalniško podprte avtomatizacije smo se odločili, da bi povečali proizvodnjo, zanesljivost delovanja in prilagodljivost procesov, varnost, delovno storilnost in donosnost, izboljšali kvaliteto izdelkov, skladnost s standardi in procese odločanja ter zmanjšali stroške proizvodnje.

### 1.4 Izbira načina uvajanja avtomatizacije

Že na začetku smo se soočili z dilemo, ali kupiti celovit sistem tujega



Slika 1. Cinkarna Celje s proizvodno halo za titanov dioksid



proizvajalca za vso proizvodnjo ali pa se uvajanja lotiti postopoma, z domačim znanjem in opremo.

Ker takrat ni bilo ustreznega osnovnega nivoja instrumentacije in izvajalnih elementov (ventilov, loput, motorjev), ni bilo potrebne zavesti in znanja pri tehnologih, predvsem pa ni bilo dovolj znanja o izvajanju in vodenju projektov avtomatizacije, se nam je prva možnost zdela preveč tvegana. Zato smo se povezali z odsekom E2 na IJS in se odločili za postopnost s prenosom njihovih izkušenj v prakso in vzpostavitev pogojev za avtomatizacijo v procesu ter postopno izvedbo manjših projektov.

Sodelovanje z izkušenim domačim partnerjem in postopnost sta nam omogočila postopno pridobivanje celovitega pogleda na proces, zasnovo vodenja, zasnovo informacijskega sistema in življenjski cikel sistema za vodenje, postopno formalizacijo zahtev za vodenje, za dokumentacijo in preizkuse funkcionalnosti, ozaveščanje netehničnih vidikov uvajanja avtomatizacije, spoznavanje pomena dobrega vodenja projektov z vključevanjem tehnokonomike, uvajanje interdisciplinarnega in timskega dela ter vzpostavitev internih standardov za uporabljeno opremo.

## ■ 2 Časovni potek uvajanja avtomatizacije

### 2.1 Izvedba z domačim sistemom

Po formiranju lastne ekipe in vzpostavitvi sodelovanja z IJS smo v letu 1988 izdelali idejni projekt za uvajanje avtomatizacije v proizvodni proces titanovega dioksida. Prve procese smo računalniško podprli z domačo opremo in rešitvami. Že leta 1992 pa se je zaradi obvladljivosti pojavila potreba po mednarodno uveljavljeni rešitvi sistema za vodenje. Zaradi skladnosti konceptov smo se odločili za kombinacijo Siemensovih krmilnikov in SCADA programske opreme Factory Link. Po nekaj letih pa smo se vse bolj zavedali nekaterih pomanjkljivosti te zasnove. Tako je bilo posamezne

dele težko povezati v celovit sistem, težko je bilo obvladovati nove verzije na dveh nivojih, preglednost podatkov med posameznimi nivoji je bila slaba, oteženo je bilo uvajanje kompleksnejših funkcij vodenja, pristop k načrtovanju ni bil enoten, poleg tega je bilo obvladovanje sprememb dokaj zapleteno. Zato smo se leta 2000 odločili za prehod na celovit sistem vodenja DCS (decentralizirani računalniški sistem).

### 2.2 Izvedba z novitim DCS-sistemom

Pri izbiri sistema smo upoštevali naslednje vidike:

- sistemski vidik – zajema zasnovo sistema, omrežne povezave, obvladovanje načrtovanja in sprememb, povezanost, zanesljivost, modularnost, nadgradljivost ter razmerje med ceno in lastnostmi;
- tehnološki vidik – zajema prilagodljivost sistema, njegovo uporabniško prijaznost ter uporabo in izmenjavo podatkov med deli sistema;
- organizacijski vidik – zajema možnost uporabe obstoječega znanja in rezervnih delov, sposobnost vzdrževanja, uporabo že izvedenih aplikacij, kakovost podpore predstavnika dobavitelja in razpoložljivost izvajalcev aplikacij v slovenskem prostoru;
- vidik univerzalnosti – ker smo tehnološko opremo za posodobitev kupovali pri vrsti različnih dobaviteljev iz vse Evrope, je bilo za nas pomembno, da je izbrani sistem v evropskem prostoru dovolj uveljavljen, da dobavitelji opreme lahko zagotovijo kompatibilnost svojih rešitev z njim.

Po skrbni analizi prednosti in slabosti ter naših zahtev smo se odločili za sistem SIMATIC PCS7 firme SIEMENS.

### 3 1.3 Naše izkušnje pri uvajanju sistema za vodenje

Naj najprej navedem nekaj napačnih pogledov na vlogo sistema za vodenje, ki smo jih morali pred in med uvajanjem spreminjati. Prvi je bilo mišljenje, da bi podjetje ohra-

nilo svojo konkurenčnost tudi brez uvajanja računalniško podprtega vodenja. Danes je jasno, da brez fleksibilnosti in obvladljivosti, ki ju sistem zagotavlja, to ne bi bilo mogoče. Drugi napačen pogled je bil, da so strošek za vodenje dojemali, ne da bi upoštevali, da bi tudi za klasično opremo za vodenje morali investirati. Veljalo je tudi, da je delež za investicijo v sistem velik, čeprav se je izkazalo, da je v celotni investiciji za tehnološko posodobitev ta delež med tremi in petimi odstotki. Veljalo je tudi, da je investicija v sistem končana, ko sistem vgradimo in poženemo, niso pa upoštevali stroškov življenjskega cikla. Izkazalo se je tudi, da je za čim večjo izkoriščenost sistema za vodenje bistveno, da projekta ne zaključimo po zagonu sistema, ampak nadaljujemo z optimizacijo in izboljševanjem aplikativne programske opreme. Napačno je bilo tudi prepričanje, da uvajanje sistema zmanjšuje število delovnih mest, saj se je spremenila samo struktura delovnih mest. Ukinjala so se enostavna dela, pojavile pa so se potrebe po visoko usposobljenem kadru za obvladovanje sistema in procesov.

Pomembno je opozoriti tudi na nekatere naše druge izkušnje, ki so ključne za uspeh projektov. Najpomembnejše je, da morajo sistem za vodenje sprejeti tako vodilni kot tudi tehnologi in operaterji. Pri uvajanju moramo zato upoštevati izkušnje, pripombe in ideje čim večjega števila zaposlenih. Z uvajanjem sistema postane delo vzdrževalcev strokovno mnogo zahtevnejše. Potreba po večji strokovni usposobljenosti operaterjev in vzdrževalcev lahko pri njih povzroča stres in pospešeno menjavo generacij. Ker se operaterji sčasoma povsem privadijo novemu načinu dela, postopoma pozabijo na postopke za obvladovanje procesa brez sistema, kar je lahko kritično v primeru izpada ali okvare sistema. Odgovorni se morajo zavedati, da je za uspešno delovanje sistema potrebno spremeniti in prilagoditi tudi organizacijo procesa in del.

Vse te probleme je koristno poznati in jih sistematično in pravočasno obvladovati.

## 4 1. Projekt uvajanja avtomatizacije sočasno s tehnološko posodobitvijo procesa

Tehnološka posodobitev celotnega proizvodnega procesa titanovega dioksida je bil velik, zahteven in časovno omejen projekt. Ker proizvodnje ni mogoče ustaviti, je bilo potrebno vse procese postopoma posodabljanje med delovanjem. Za uspešnost takšnega pristopa je bilo ključno, da smo tudi za izvedbo projektov za vodenje imeli na voljo več izvajalcev s po več ekipami, da smo vključili tudi veliko drugih strokovnjakov in da smo uporabili vsa svoja znanja in izkušnje.

Zaradi preteklih izkušenj smo za dobavitelje tehnološke opreme, ki je bila skoraj vsa opremljena z lokalnimi krmilniki, pripravili osnovne zahteve, in sicer, da morajo:

- pri izvedbi upoštevati naše interne standarde za izbiro in izvedbo merilno-regulacijske, elektroopreme in opreme za krmiljenje,
- investitorju predati razvojne verzije vseh programov lokalnih krmilnikov na osnovi sporazuma o končnem uporabniku,
- sodelovati pri pripravi funkcionalnih specifikacij za vodenje s slovenskim izvajalcem programske aplikacije,
- zagotoviti povezljivost svoje opreme s sistemom za vodenje in sodelovati pri skupnem testiranju in zagonu.

Zahteve, ki smo jih znali zaradi izkušenj pravočasno pripraviti, so nam omogočile, da smo ohranili obvladljiv nabor dobaviteljev in tipov opreme, kar omogoča boljše in bolj ekonomično obvladovanje vzdrževanja sistema. Hkrati smo z zahtevo po sodelovanju dobaviteljev v vseh fazah projekta dosegli, da smo odstopanja od specifikacij reševali sproti in optimalno.

### ■ 5 Pomen tehnoeekonomske analize

Priprava in pomen tehnoeekonomske analize je nekaj, čemur bi se inženirji najraje izognili. Toda zavedati se moramo, da je uvajanje sistema za vodenje investicija kot vsaka dru-

ga in moramo znati njeno upravičenost tudi ekonomsko ovrednotiti in utemeljiti. V nasprotju s prepričanjem mnogih je možno ovrednotiti tudi pričakovane koristi uvajanja sistemov za vodenje. Poznane so že metode, ki za to vrednotenje uporabljajo kombinacijo znanih metod za vrednotenje klasičnih projektov in mehkejših ocen za posredne učinke. Pri tem so te mehkejše ocene zaradi velikega števila že izvedenih projektov in podatkov danes že dokaj natančne.

Tehnoekonomska analiza ni nujna le za utemeljevanje upravičenosti začetne investicije, ampak še bolj za predstavitev stroškov v celotnem življenjskem ciklu sistema. Če teh ne predstavimo vodstvu že na začetku, bomo imeli kasneje težave z njihovim utemeljevanjem. Pri odločitvah o uvajanju sistema za vodenje pogosto upoštevajo le investicijske stroške, toda stroški za obvladovanje sistema v letih po vgradnji so v mnogih primerih celo večji od investicijskih. Zato je tako pomembno, da jih znamo pravilno oceniti in predstaviti.

### ■ 6 Obvladovanje življenjskega cikla sistemov

Pri obvladovanju življenjskega cikla sistemov za vodenje smo uporabniki razpeli med cikel, ki ga narekujejo ponudniki IT-opreme (tipično 5 let), cikel sistemov za vodenje, ki je vse krajši in se že približuje ciklu IT-opreme, in življenjski cikel tehnološke opreme, ki je več deset let. Ker uporabniki želimo vgrajeni in optimizirani sistem čim dlje izkoriščati in naš cilj ni imeti najsodobnejšo opremo, ampak zanesljivo in dobro delujoč sistem, so ti naši interesi v nasprotju z interesi ponudnikov opreme in sistemov za vodenje. Zavedati se namreč moramo, da vsaka posodobitev ne pomeni le menjave računalniške strojne opreme, operacijskih sistemov in programske opreme sistema za vodenje, ampak tudi stroške prilagoditve aplikacij in ponovnega testiranja pravilnosti njihovega delovanja.

Žal smo zaradi problemov z dobavljivostjo rezervnih delov uporabniki prisiljeni slediti vsiljenemu življenjskemu ciklu ponudnikov. Ker

je to problem širših razsežnosti, ga poskušajo uporabniki reševati z organiziranim nastopom in vplivom na proizvajalce in z iskanjem alternativnih poti za podaljševanje življenjskega cikla (npr. uporaba virtualnih sistemov).

### ■ 7 Varnostna zasnova in njen pomen

Dolgo je veljalo, da sistemi za vodenje niso izpostavljeni zlonamernim računalniškimi napadom, saj so bili fizično ločeni od ostalega informacijskega omrežja podjetij in s tem medmrežja. Ker pa so danes ti sistemi močno vpeti v celovit informacijski sistem podjetij zaradi uvajanja in povezovanja proizvodnih in poslovnih sistemov, je njihova izpostavljenost vse večja. Poleg tega smo bili v zadnjem času priča zelo sofisticiranim napadom prav na sisteme za vodenje, ki so bili najverjetneje delo obveščevalnih služb, a so nakazali ranljivosti industrijskih sistemov in poti za napad nanje. Očitno je, da standardni varnostni ukrepi, kot so bili uporaba požarnega zidu in usmerjevalnikov, ne zadoščajo več. Nujno je zato upoštevati priporočila za zasnovo varovanja v globino (in depth defence) in ustrezno prilagoditi zgradbo sistemov za vodenje v podjetjih. Samo tehnični ukrepi pa ne bodo dovolj. Pripraviti je potrebno tudi pravila obnašanja vseh zaposlenih, ki bi lahko vplivali na povečanje varnostnih tveganj.

### Viri

- [1] Vrečko, V.: Konceptualni okviri za posodobitev avtomatizacije in informatizacije proizvodnje titanovega dioksida, magistrsko delo, Ljubljana: [V. Vrečko], 2002. IV, 109 str., ilustr. [COBISS. SI-ID 2603860].
- [2] Gunasekaran, A., et. al.: A model for investment justification in information technology projects. *Int. J. Information Management*, 21, str. 349–364. 2001.
- [3] Kahraman, C., E. Tolga in Z. Uluhan: Justification of manufacturing technologies using fuzzy benefit/cost ratio analysis. *Int. J. Production Economics*, 66, str. 45–52, 2000.

# VERFLON

## PREDELAVA FLUORIRANIH POLIMEROV

- Predelava PTFE
- Izdelava elementov za transport agresivnih medijev
- Kroglasti ventili zaščiteni s PTFE, FEP, PFA
- Loputasti ventili zaščiteni s PTFE, FEP, PFA
- Gumiranje procesne opreme s trdo ali mehko gumo



**CINKARNA**

Metalurško-kemična industrija Celje, d.d.  
Kidričeva 26, 3001 Celje, t 03 427 66 41, 03 427 66 45, 03 427 66 46, f 03 427 66 39

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

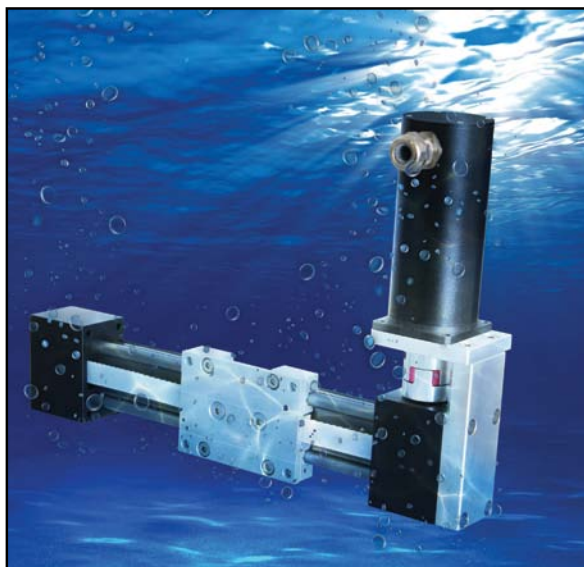
## Linearni pogoni za ekstremne razmere

Podjetje *IGUS GmbH*, Köln, je na letošnjem sejmu v Hannoveru predstavilo novo serijo linearnih enot s pogonskim motorjem »ready to instal«, ki jih je mogoče uporabiti pod vodo ali v vakuumu. Projektanti so razvili razširjen program linearnih enot DryLin, opremljenih z motorji za skoraj vsako območje uporabe, kjer mazanje ni potrebno ali možno. Posebej razviti kompleti motornih enot olajšajo priključitev motorjev na linearne enote.

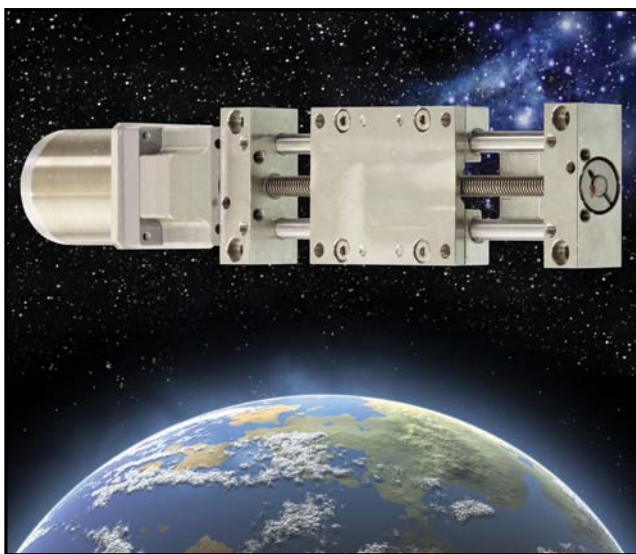
### Primerno za uporabo do 10 m pod vodo!

Linearna enota DryLin ZLW z zobatim jermenom hoda poljubne dolžine je primerna za majhne obremenitve. Posebna izvedba za uporabo

pod vodo s PU-zobatim jermenom (ZLW-1040-UW) se lahko zdaj v kombinaciji z novim 2-faznim hibridnim podvodnim koračnim motorjem (NEMA 23) uporablja do 10 m globine. Motor ustreza zaščitnemu razredu IP 68. S posebnim lakiranjem je dolgoročno zaščiten pred korozijo. Njegova tesnost je zagotovljena do 1 bara, dovoljeno temperaturno območje znaša od  $-30$  do  $+80$  °C. Linearno enoto je mogoče uporabiti, razen zunaj in pod vodo, tudi tam, kjer jo je treba



**Slika 1.** Posebna izvedba za uporabo pod vodo, ki ne potrebuje mazanja, uporabna do 10 m globine, v povezavi z novim 2-faznim hibridnim podvodnim koračnim motorjem IP 68.



**Slika 2.** Tudi v proizvodnji polprevodnikov ali merilni tehnologiji, celo v vakuumu – lahko v vsakem trenutku dosežete pravi položaj z linearno enoto iz nerjavnega jekla SLW-ESX-1040 z novim vakuumskim koračnim motorjem z nerjavnim ohišjem NEMA 23.

pogosto očistiti z vodo (npr. v živilski industriji). Za posebne potrebe je na voljo tudi izvedba iz nerjavnega jekla.

### Pozicioniranje v vakuumu

V proizvodnji polprevodnikov ali merilni tehnologiji se komponente za avtomatizacijo pogosto uporabljajo v vakuumu. Za pravilno delovanje pri takih delovnih pogojih, brez onesnaževanja vakuuma,

morajo linearne enote delovati brez uporabe maziv, z nizko stopnjo obrabe in ne smejo korodirati. Primerna je kombinacija linearne enote iz nerjavne ga jekla (na primer SLW-ESX-1040) in novega motorja NEMA 23, primerne za vakuum. Koračni motor je odporen proti radiaciji do 10 J/kg, njegov okrov je iz nerjavnega jekla, dovoljena površinska temperatura motorja je od  $-20$  do  $+80$  °C.

Viri literature: tehnična dokumentacija podjetja Igus

Vir: HENNLICH, d. o. o., Podnart 33, 4244 Podnart, tel.: (0)4 532 06 05, faks: (0)4 532 06 20, internet: [www.hennlich.si](http://www.hennlich.si), e-mail: [drobnic@hennlich.si](mailto:drobnic@hennlich.si), g. Stojan Drobnič

**VENTIL**  
REVUIA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704  
telefaks: + (0) 1 4771-761  
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>  
e-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)



## Skodelični ležaji ALWAYSSE

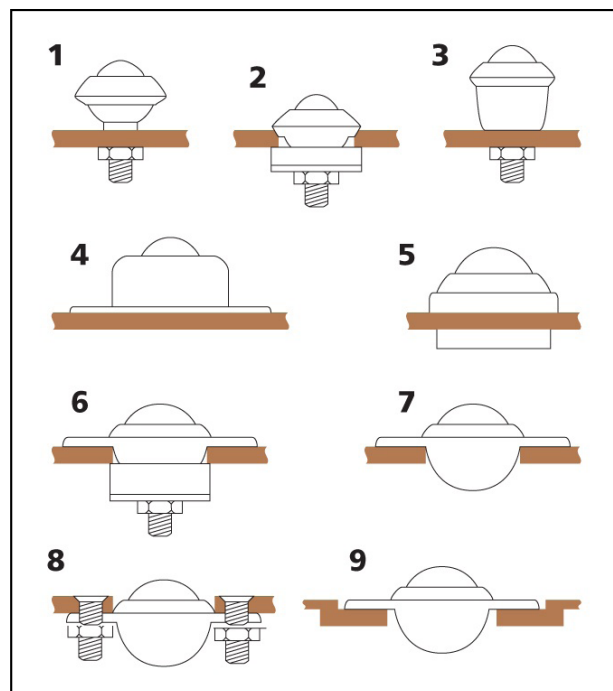
Skodelični ležaji Alwaysse omogočajo večsmerno gibanje. Uporabljajo se v različnih industrijah kot del transportnih poti. Omogočajo premikanje različnih vrst tovorov, od lahkih do težjih v vseh smereh. Lahko se uporabljajo kot alternativa klasičnim kolesčkom in tudi v kombinaciji s transportnimi valji.

Alwaysse (all ways – vse smeri) je izumitelj in vodilni svetovni proizvajalec skodeličnih ležajev s sedežem in proizvodnjo v Birminghamu, Anglija.

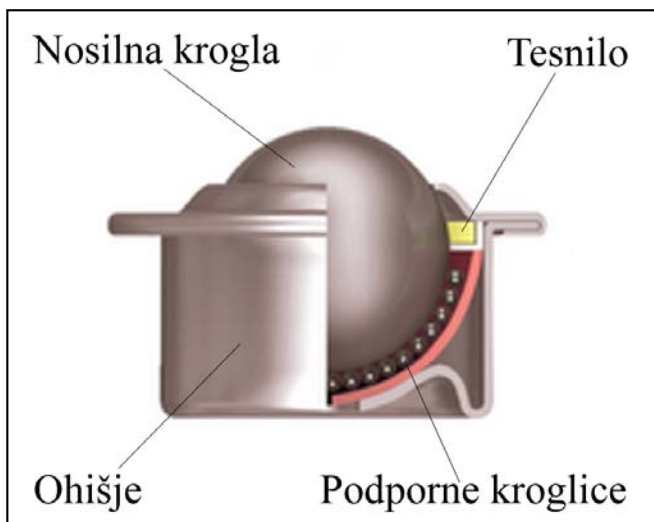
Skodelični ležaj je sestavljen iz glavne nosilne krogle, ki sloni na podpornih kroglicah, prosto posta-

Skodelični ležaji se pritrdijo na različne načine, nekaj primerov je prikazanih na spodnji sliki. Uporabiti jih je mogoče tudi obrnjene na glavo.

Pri dinamičnih obremenitvah so na voljo vzmeteni skodelični ležaji, kar omogoča absorpcijo dinamične energije in enakomernjšo porazdelitev obremenitve. Tipični primer uporabe so stiskalnice, kjer se ležaj v trenutku stiskanja



Slika 2. Pritrditev skodeličnega ležaja



Slika 1. Sestava skodeličnega ležaja

vljenih v skodelični okrov sferične oblike. Okrov ima običajno vgrajeno tesnilo, ki čisti glavno kroglo in preprečuje vdor umazanije. Večina modelov ima na spodnjem delu okrova tudi izstopne odprtine za umazanje.

Z uporabo skodeličnih ležajev se pri premiku tovorov na dotičnih površinah s podlago namesto drsnega trenja pojavi kotalno trenje, ki je občutno manjše (koeficient trenja manjši kot 0,01). To omogoča lahkotno in poljubno premikanje tudi zelo težkih tovorov.

s plastično kroglo. Premeri glavne krogle se gibljejo od 4,8 mm do 90 mm, kar dovoljuje obremenitve do 4000 kg na ležaj.

Zaradi svojih lastnosti se vgrajujejo v tla letaliških tovornih terminalov, kar omogoča ročno premikanje večtonskih aviopalet. Uporabni so tudi za vgradnjo v delovne mize, tekoče trakove, kot nadomestilo linearnih vodil, v mizah za avtooptiko, transportne poti steklenih površin, v pripravah za menjavanje orodij, krožnih mizah, stiskalnicah in drugod.

odmakne, nato pa ga vzmet vrne na prvotni položaj, kjer ponovno omogoča drsenje obdelovanca.

Vir: Tuli d. o. o., Ljubljana, Pot čez gmajno 7, 1000 Ljubljana, tel.: 01 257 24 84, faks: 01 256 25 55, e-pošta: jure.plesko@tuli.si, <http://www.tuli.si>, Jure Pleško

Skupno je na voljo preko 140 različnih tipov skodeličnih ležajev v različnih kombinacijah materialov, od kompletno nerjavječih do takih



Slika 3. Delovna miza

## Modularni senzorski sistem SMT-8M-A za valje

Modularni senzorski sistem SMT-8M-A za valje je v celoti zanesljiv v povezavi s Festovimi pogoni, enostaven in varen za vgradnjo, senzorski sistem

preklaplja z napajalno napetostjo.

· Zanesljivo delovanje pri nizkih in visokih temperaturah

izhodni signali med 5 in 30 V.

Ekonomska učinkovitost je dosežena s tem, da ni potreben čas za ponovno naročilo posebnih variant in ne



in pogon sta popolnoma usklajena. Standardna energetska veriga in robot zagotavljata najboljšo kakovost linije, kar omogoča bistveno večjo razpoložljivost in fleksibilnost sistema.

Prednosti modularnega senzorskega sistema za valje:

· Enostavna montaža

Dodatna LED daje signal za mesto vgradnje tipala na mestu zanesljivega preklopa, kar omogoča veliko zanesljivost namestitve sensorja in takojšnje delovanje. To preprečuje tudi izgubo stalne preklopne točke tako zaradi pogojev vgradnje pogona kot zaradi vibracij ali udarcev.

· Enoročna montaža – enostavna vgradnja

Posebno oblikovano držalo za kabel avtomatično drži senzor med vlaganjem v utor na cilindru, kar omogoča enostavno in enoročno vgradnjo.

· Kakovost kabla

Kable odlikuje visoka kakovost, še posebno v standardni konfiguraciji energijska veriga - robot, tudi pri večjih razdaljah niso potrebni dodatni ojačevalniki.

· Modularnost

Vsak senzor SMT-8M-A je modularen kot EX2 (3GD) in ga je mogoče prosto konfigurirati kot 3GD-senzor.

· Variantnost z izbiro izhodnih priključkov

Za senzorske SMT-8M-A je značilna široka paleta izhodnih priključkov (pozitivni oziroma negativni preklopni izhod je v istem okrovu), ki se

Kot prvi elektronski senzorski splošno primerni za nizke temperature tudi do  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  in so tako odporni proti zmrzali. Delujejo tudi pri visokih temperaturah do  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Njihovo delovanje je zanesljivo v celotnem temperaturnem območju.

· Območje delovne napetosti

Za neposredno integracijo izhodnih signalov tudi v TTL-krmilna vezja so

drage zaloge, še posebno zaradi možnosti preklapljanja med standardnimi funkcijami PS/NS NO/NC. Z IP65, IP68 in IP69k jih je mogoče uporabiti tudi v težkih delovnih okoljih.

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](mailto:info_si@festo.com), <http://www.festo.com>, g. Bogdan Opaškar

### Tehnične značilnice

SMT-8M-A	Modularni sistem za senzorske na valjih
Izhodni priključki	3-žični PNP N/O, 3-žični NPN N/O, 3-žični PNP N/C, 2-žični N/O, 3-žični PNP/NPN N/O, 3-žični PNP N/O / N/C
Delovna napetost	24 VDC
Kvaliteta vodnika	energetska veriga + robot
Dolžina vodnika	0,1 m ... 30 m (0,1 ... 5,0 m v 0,1 m odsekih, 5,0 ... 30 m v 0,5 m odsekih)
Povezovalna tehnologija	vrtljiva matica M8, hitra vtičnica M8, odprti priključek M12
EU certifikacija	II 3GD skladno z direktivo EU 94/9/EC
Plašč vodnika	PUR
Lastnosti vodnika (energijska veriga + robot)	visoka odpornost proti olju, dobre upogibne lastnosti, primeren za energijske verige
SM brezkontaktno	kratkotrajna zaščita vezja, zaščita proti protismerni polariteti, zaščita proti preobremenitvi
Razredi zaščite	IP 65, IP68, IP69k
Ponovljivost	$\pm 0,01\text{ mm}$
Certifikacija	UL, C-tick
Standardni pribor	držalo za označevalno nalepko in spojka za pritrditev kabla v utor



# INTRONIKA

Mednarodni strokovni sejem  
za industrijsko in profesionalno  
elektroniko

International Trade Fair  
for industrial and professional  
electronic

30.1. - 01.02. 2013

Slovenija, [www.intronika.si](http://www.intronika.si)



## 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)

## Vijačni kompresorji z vbrizgavanjem olja

Podjetje Atlas Copco predstavlja novo paleto vijačnih kompresorjev GA z vbrizgavanjem olja moči med 30 do 90 kW. Nova paleta izdelkov GA ima poleg do 10 % večje zmogljivosti še daljšo življenjsko dobo in večjo zanesljivost.

S tremi ponudbami palete kompresorjev GA moči od 30+ do 90 (VSD) je podjetje Atlas Copco sposobno ustreči specifičnim zahtevam kupcev. Vgrajeni VSD-motor (Variable Speed Drive – motor variabilne hitrosti) kompresorja GA 37-90 VSD prinaša v povprečju 35 % prihranka

°C. Podjetje Atlas Copco je v vseh kompresorjih predstavilo različico motorjev IE3/NEMA, ki je najbolj učinkovita v povezavi z izjemno učinkovitimi vijačnimi elementi vseh izdelkov.

Kompresor GA 37–90 VSD je opremljen z namenskim VSD-motorjem, ki učinkovitost kompresorja prilagaja dejanskim zahtevam. Na ta način dosegajo kompresorji v povprečju 35-odstotni prihranek energije, stroški v celotni življenjski dobi pa se zmanjšajo do 22 %. Ostale prednosti VSD-tehnologije vključujejo: izostanek časa mirovanja oziroma izgub zaradi izpihovanja, vgrajene komande kompresorja in zagon pod sistemskim tlakom. VSD-

Krmilnik Elektronikon®, ki ga je razvilo podjetje Atlas Copco, skrbi za zanesljiv in nenehen nadzor delovanja kompresorjev in njihove učinkovitosti. Napreden lokalni krmilnik Elektronikon® in enostavno dosegljivi sestavni deli omogočajo enostavno servisiranje, manjši obseg vzdrževanja in s tem daljši čas obratovanja kompresorja.

Novi kompresorji GA predstavljajo tudi zračni sistem na delovnem mestu (Workplace Air System), saj jih je zaradi nizkega nivoja hrupa mogoče popolnoma vgraditi na katerokoli mesto v tovarni, tudi v bližino mesta uporabe.

Koen Lauwers, podpredsednik mar-



### Oljni vijačni kompresorji Atlas Copco

energije, pri čemer se izogiba praznemu teku kompresorja. Različica kompresorja največje učinkovitosti, ki deluje s stalno hitrostjo GA 30+–75+ in ima vgrajen motor IE3/NEMA, nudi najboljšo učinkovitost v industriji in najboljši dovod zraka v razredu (FAD). Odlično dobavo komprimiranega zraka (FAD) zagotavljajo tudi kompresorji GA 37–90, ki zaključujejo ponudbo.

Z osredotočenjem na izboljšanje ključnih sestavnih delov kompresorja so inženirji podjetja Atlas Copco dosegli znatno povečanje zmogljivosti. Tako imenovani "cool canopy" (hladni vrhnji del) in princip enojnega cevovoda kompresorjev GA vplivata tako na zmogljivost kot tudi na uporabnost. Zahvaljujoč izboljšani razporeditvi sestavnih delov v vrhnjem delu so temperature na izhodu elementa znižane za 10

-tehnologija ne zmanjša le porabe energije, temveč nudi tudi najboljše območje delovanja za industrijsko uporabo.

V kompresorski tehniki uravnoteženje ne pomeni le proizvodnje energijsko učinkovitih izdelkov, temveč vključuje tudi proizvodne postopke in produktivnost proizvodnje pri uporabnikih.

Okoljsko uravnoteženost je mogoče doseči z uporabo ustreznih sestavnih delov. Vgrajeni sušilniki kompresorjev GA uporabljajo R410A, okolju prijazno hladilo, ki ne prispeva k tanjšanju ozonskega plašča. Ta vrsta hladilnega sredstva vpliva na zmanjšanje porabe energije sušilnika za 50 %. Kot dodatna možnost so na voljo sušilniki za vgradnjo v vseh območjih moči (kW).

ketinga oddelka Industrial Air podjetja Atlas Copco izjavlja: "Stranke podjetja Atlas Copco pričakujejo zelo zanesljive kompresorje, kar izdelki GA 30+ do 90 vsekakor so." Veliko število manjših izboljšav sistema obdelave olja je privedlo do 50 % manjše porabe olja in do zmanjšanja obsega vzdrževanja. Zahvaljujoč integrirani obdelavi kondenzata proizvodov GA, ki ustreza podjetjem s pridobljenim certifikatom ISO 14001, je mogoče kondenz kompresorja varno odvesti v kanalizacijski sistem.

Zgornji del kompresorja GA ni le hladen, temveč, zahvaljujoč nadtlaku, vsega tudi manj prevodnega prahu. Ta lastnost zagotavlja tudi daljšo življenjsko dobo električnih delov proizvoda.

Kkompresorji GA 30+ do 90 so zelo učinkoviti. Z izboljšanjem ključnih



sestavnih delov kompresorja so postali realnost pomembni mejniki zmogljivosti, trajnosti in zanesljivosti. Ti novi vijačni kompresorji z vbrizgavanjem olja z najboljšim FAD v industriji, nizkimi energijskimi zahtevami in nizkimi temperaturami izhodnih

elementov hladnega, vzdrževanju prijaznega zgornjega dela, so ponovno okrepili položaj podjetja Atlas Copco kot vodilnega na tržišču.

Za več informacij obiščite spletno stran [www.atlascopco.com](http://www.atlascopco.com) in [\[atlascopco.com/drivenbyefficiency\]\(http://atlascopco.com/drivenbyefficiency\).](http://www.</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

Vir: Atlas Copco, d. o. o., Peske 7, 1236 Trzin, tel.: +386 (0)1 56 00 710, fax: +386 (0)1 56 00 724 e-mail: [jurij.praznik@si.atlascopco.com](mailto:jurij.praznik@si.atlascopco.com) g. Jurij Praznik

Podjetje Atlas Copco je industrijska skupina, ki ima na področju kompresorjev, turbokompresorjev, sistemov za pripravo stisnjenega zraka, gradbene in rudarske opreme, električnih orodij in montažnih sistemov vodilni položaj v svetu.

Industrial Air je oddelek znotraj

poslovnega sistema kompresorske tehnike podjetja Atlas Copco. Oddelek razvija, proizvaja in trži kompresorje z vbrizgavanjem olja oziroma brezoljne kompresorje, vakuumske črpalke, plinske generatorje, rešitve na področju pridobivanja in priprave stisnjenega zraka in krmiljenja ter nadzora

kompresorjev različnih blagovnih znamk. Glavno vodilo oddelka pri nadaljnjih izboljšavah je zadovoljstvo strank in dviganje produktivnosti pri pridobivanju stisnjenega zraka. Sedež oddelka in njegov glavni proizvodni center je v mestu Antwerpen v Belgiji.

## HYDAC-ov AutoFilt® RF4 – filter s povratnim izpiranjem

Filter AutoFilt® RF4 je prava izbira za odstranjevanje trdnih delcev iz vode in emulzij. Robustna zasnova, okrov iz aluminija ali nerjavnega je-



kla in filtrski elementi finosti od 25 do 3000 µm zagotavljajo zanesljivo filtriranje in zaščito komponent v vašem sistemu.

Filter AutoFilt® RF4 zazna zamašene filtrske elemente in samodejno sproži postopek izpiranja z delovnim medijem, med izpiranjem pa se tok medija ne prekine.

Poleg finosti in vrste filtrirnega materiala je mogoče AutoFilt® RF4 popolnoma prilagoditi zahtevam procesa z izbiro različnih materialov za okrov in različnih vrst pogonov. Mogoča sta pnevmatični ali električni pogon, pa tudi ročni pogon izpiranja. Ventil za izpiranje je koaksialni ali kroglični.

Filter AutoFilt® RF4 se uporablja:

- na obdelovalnih strojih, kjer se s filtriranjem hladilno-mazalnih tekočin poveča tako življenjska

doba strojev in orodij kot same tekočine,

- v elektrarnah za filtriranje hladilne vode in vode za ležaje,
- v kemični industriji, kjer se s filtriranjem sestavin poveča kakovost izdelkov,
- pri čistilnih napravah, kjer se privarčuje pitna voda pri procesih čiščenja,
- pri pripravi pitne vode, kjer se AutoFilt® RF4 uporablja za filtriranje pred UV-obdelavo vode, reverzibilno osmozo, membransko filtracijo,
- v papirni industriji za zaščito vseh vrst šob pri izdelavi papirja.

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

nadaljevanje s strani 354

**Conference for Wind Power Divers – CWD 13** – Konferenca o vetrni energiji

19.–20. 3. 2013

**Aachen, ZRN**

Organizatorja:  
– RWTH Aachen

– VDMA – Fachverband Antriebstechnik

Informacije:

- CWD 2013, RWTH Aachen, 52056 Aachen, Helga Hirsch
- telefon: + 0241-80-276-11
- faks: + 0241-80-225-75
- e-pošta: [h.hirsch@cwd.rwth-aachen.de](mailto:h.hirsch@cwd.rwth-aachen.de)
- internet: [www.cwd.rwth-aachen.de](http://www.cwd.rwth-aachen.de)

**SENSOR + TEST 2013** – Mednarodni sejem senzorike, merilne tehnike in preskušanja

14.–16. 5. 2013

**Nürnberg, ZRN**

Organizator:  
Messezentrum Nürnberg

Informacije:  
– [www.sensor-test.de](http://www.sensor-test.de)

## Plinska vzmet Bansbach

Novost: klik sistem – samodejna blokada batnice (v stisnjem stanju), brez dodatnega sistema za sprostitvev



Z novim klik sistemom se batnica plinske vzmeti v stisnjem položaju samodejno blokira in ostane v tem položaju. Dodatni zaporni mehanizmi niso potrebni. Z rahlim pritiskom na batnico se blokada odpre in batnica se pomakne v skrajni razpeti položaj.

S tem sistemom se odprejo številne nove možnosti racionalne uporabe. Poleg enostavne vgraditve in oskrbe odpadejo tudi vsi dodatni mehanizmi sprostitve in varovanja položaja batnice v stisnjem stanju.

Lastnosti:

– blokada batnice v stisnjem po-

- ložaju,
- sprostitvev brez dodatnega mehanizma,
- sila batnice pri sprostitvi: 10 do 700 N,
- pot batnice: 10 do 300 mm,
- pot sproščanja: 8 mm,
- izvedba z ventilom ni mogoča,
- v stanju blokade na batnico ne smejo delovati vlečne sile.

Vir: INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, faks: +386(0)2 665 20 81, e-mail: ik@inoteh.si, internet: www.inoteh.si, www.bansbach.de/com/news/neu-click-system.html

## Merilne svetlobne zaveses v robustnem ohišju

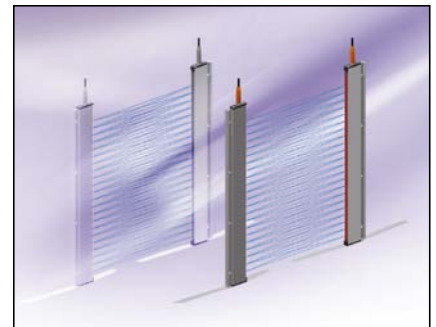
Omron predstavlja dve novi seriji svetlobnih zaves: zaznavno svetlobno zaveso F3ET2 in merilno svetlobno zaveso F3EM2.

Zaznavna svetlobna zavesa F3ET2 omogoča nadzor prehoda zaznavnega območja, medtem ko je merilna svetlobna zavesa F3EM2 izvedena tako, da omogoča enostavno merjenje višine, dolžine in profila. Opremljena je z analognim izhodom ali s serijsko komunikacijo. Model s serijsko komunikacijo lahko pošilja stanje vsakega žarka ali skupka žarkov, kar omogoča hitro in enostavno merjenje profila.

Vse funkcije, kot so Light-on/Dark-on, inverzija signala, prenosna hitrost, se nastavijo zelo enostavno s pomočjo vgrajenih DIP-stikal. Za to ni potreben zunanji krmilnik oz. vmesnik za povezavo z računalnikom.

Obe družini zavesnih senzorjev sta vgrajeni v robusten aluminijast okrov, kar omogoča vgradnjo v zahtevno industrijsko okolje. Na voljo sta modela s 5-milimetrskim in 18-milimetrskim razmikom žarkov in višino od 150 mm do 2100 mm. Sinhronizacija je izvedena optično, zato ni potrebe po dodatnem ožičenju.

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, e-pošta: info@miel.si





### KOMPONENTE ZA FLUIDNO TEHNIKO

- hidravlični filtri
- mobilni filtrirni agregati
- obvodni filtrirni agregati
- agregati za odstranjevanje vode
- hidravlični akumulatorji
- hladilniki olje/zrak, olje/voda
- senzorika, tlak, temp., pretok, nivo...
- krmilni bloki in ventili
- objemke in pritrditve
- krogelni ventili
- črpalke
- oljni servis



**HYDAC d.o.o.**  
 Zagrebška c. 20  
 2000 Maribor  
 Tel.: 02 460 15 20  
 ali info@hydac.si

## Nova serija merilnih senzorjev ZX



**Slika 1.** Senzorji ZX1

Novi seriji merilnih senzorjev ZX1 in ZX2 odlikujejo enostavna nastavitve s pomočjo ene tipke, kompaktne mere, velika natančnost in stabilno delovanje neodvisno od barve in površine

območja, ki je od 20 mm pa vse do 1000 mm, odvisno od modela, in sposobnost stabilnega merjenja na težavnih površinah, kot so črna guma ali pa zrcalna podlaga. Senzorji imajo zelo kratek odzivni čas (60  $\mu$ s). Zaradi vseh teh lastnosti so primerni za uporabo v zelo hitrih proizvodnih linijah.

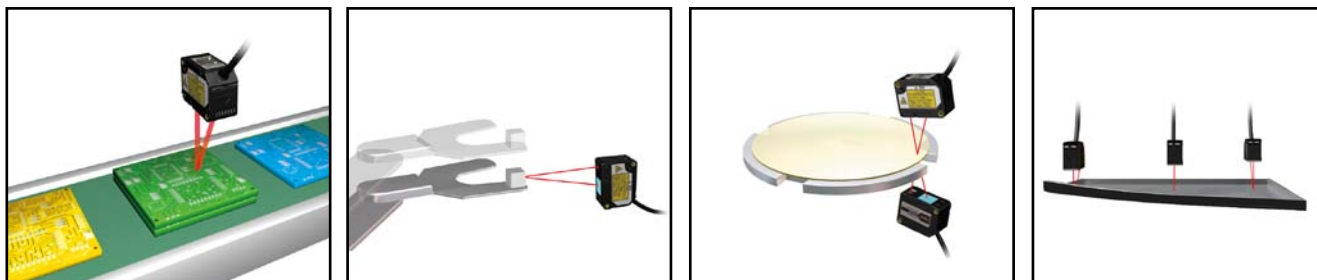
Kljub vsem dobrim lastnostim so ti senzorji še vedno enostavni za uporabo – vse, kar je potrebno za nastavitev, je enkratni pritisk na tipko. Pri tem se senzor ustrezno nastavi glede na tip merjenca. Zaradi kompaktnih mer se senzor vgradi tudi na mesta, kjer je zelo malo prostora – glava senzorja ZX2 je malo večja od škatlice vžigalic. Poleg tega pa imajo zaščitni razred IP67, zato so primerni za vgradnjo v zelo zahtevnih industrijskih okoljih.



**Slika 2.** Senzorji ZX2

kaz izmerjene vrednosti – razdalje do merjenca. Modeli ZX2 pa imajo glede na potrebe uporabnika možnost prikaza skalirane vrednosti.

Modeli ZX2 imajo možnost skaliranja vrednosti na analognem izhodu, na napetostnem in tokovnem (slika 2). Poleg tega imajo še več naprednih funkcij, kot na primer iskanje povprečne vrednosti, maksimuma,



**Slika 3.** Primeri uporabe merilnih senzorjev serij ZX

merjenja. Ti senzorji omogočajo cenovno ugodne rešitve v različnih primerih uporabe – od meritev napak na pnevmatikah do preverjanja ustreznosti nameščenih podložk pri navojnem vretenu linearne pogona.

Vsestranskost nove serije senzorjev potrjuje širok razpon merilnega

Senzorji ZX1 so kompaktne izvedbe, kar pomeni, da imajo združeno senzorsko glavo in ojačevalnik, kar omogoča hitro in poenostavljeno montažo (slika 1). Senzorska glava pri senzorjih ZX2 pa je zaradi ločenega ojačevalnika bolj kompaktna. Oba modela imata digitalni prikazovalnik, kar omogoča enoznačen pri-

minimuma, vrednosti od vrha do vrha. Z dvema senzorjema ZX2 se lahko meri tudi debelina merjencev.

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)

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

**Dodatne informacije:**

Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin  
tel.: 01/5800 884 | faks: 01/5800 803  
e-pošta: [info@forum-irt.si](mailto:info@forum-irt.si) | [www.forum-irt.si](http://www.forum-irt.si)

**5. industrijski forum 2013**  
Inovacije, razvoj,  
tehnologije

Forum znanja in izkušenj

PORTOROŽ, 10. IN 11.  
JUNIJ 2013

Dogodek je namenjen predstavitvi dosežkov in novosti iz industrije, inovacij in inovativnih rešitev iz industrije in za industrijo, primerov prenosa znanja in izkušenj iz industrije v industrijo, uporabe novih zamisli, zasnov, metod tehnologij in orodij v industrijskem okolju, resničnega stanja v industriji ter njenih zahtev in potreb, uspešnih aplikativnih projektov raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter primerov prenosa uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.

## Parker AC30V – energijsko varčnejši frekvenčni pretvorniki

Parker je pred kratkim predstavil nov frekvenčni pretvornik – model AC30V. Zasnovan je tako, da uporabniku zagotavlja visoko stopnjo nadzora nad črpalko in ventilatorji ter v podobnih primerih uporabe.

Njegova prilagodljiva in modularna konstrukcija omogoča široko paleto komunikacij in I/O-modulov, ki se lahko dodajajo po potrebi.

Z vgrajenim sistemom za spremljanje porabe energije je AC30V idealen za doseganje optimalne funkcionalnosti in s tem večje učinkovitosti. Tehnične specifikacije:

- delovna temperatura v območju med 0 °C in +50 °C

- izhodna frekvenca 0,5–500 Hz

- obremenitev:

- konstantni navor (150 % za 60 s, 180 % za 3 s)

- spremenljivi navor (110 % za 60 s, 180 % konstantnega navora FLC za 3 s)

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



# 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](mailto:brane.cencic@domel.si)

I: [www.domel.com](http://www.domel.com)

VRHUNSKA TEHNOLOGIJA,  
ZAGOTOVILO UČINKOVITOSTI



**STÄUBLI**  
[www.staubli.com](http://www.staubli.com)

## Robusten ročni bralnik za zahtevne pogoje

S stopnjo zaščite IP 65 in zanesljivim delovanjem tudi po petdesetih padcih z višine dveh metrov ročni bralnik SICK IDM160 prepriča uporabnika z maksimalno robustnostjo. Lastnosti, ki prispevajo k uporabniku prijazni uporabi, so med drugim visoka zanesljivost branja ter trojna povratna informacija ob uspešnem prebranju črtna koda.

Ročni bralniki iz serije IDM160 predstavljajo sofisticirano rešitev za delovanje v industrijskih okoljih. Omogočajo razpoznavanje črtnih in zloženih kod z različno ločljivostjo tudi na daljše razdalje (do 800 mm). Industrijsko združljiv z robustno oblikovanim okrovom zagotavlja izredno razpoložljivost tudi pri povečanih mehanskih obremenitvah, ki se lahko pojavijo v notranjih logističnih procesih. Dodatno je poskrbljeno za povezovalno opremo za integracijo na industrijska vozila. Prijaznost do uporabnika je visoka. Veliko lastnosti zagotavlja, da uporabniki radi izberejo ta ročni

bralnik, ki omogoča enostavno poravnavo tudi pri daljših razdaljah, hitro branje s takojšnjo trojno opombo ob uspešnem prebranju z vibriranjem, zvočnim signalom in LED-osvetlitvijo, dolgo delovanje brez dodatnega polnjenja kot tudi zamenjavo akumulatorja brez orodja. Ročni bralnik se postavi na polnilno postajo s pomočjo dodatnih magnetov, kar pripomore k stabilnosti tudi ob močnih vibracijah iz okolice.

Mobilna povezava s kablom ali brez ponuja vsakemu uporabniku primerno mobilnost in svobodo gibanja, saj obstajajo ročni bralniki, ne le kot različica s kablom ali povezavo Bluetooth, ampak v skladu z IEEE 802.11 b/g tudi kot WLAN. Posebno prednost predstavlja roaming funkcija modela WLAN: operater se lahko prosto



giblje, med prehajanjem iz enega omrežja WLAN v drugo ne opazi nobenih sprememb, ker je stalno povezan kot z mobilnim telefonom.

V seriji ročnih bralnikov IDM140-2 je sedaj na voljo tudi model WLAN v skladu z IEEE 802.11 b/g. SICK tako ponuja še eno »roaming« rešitev za svobodo gibanja v mobilnih bralnikih črtna koda.

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, http://www.sick.si

## Miniaturni linearni pogon LAT3



SMC je predstavil nov miniaturni merilno-pozicionirni pogon, imenovan tudi motor »Card«. Izveden je kot linearni sinhronski motor, ki ga SMC dobavlja v kompletu s krmilnikom in kablom.

Trenutno je pogon LAT3, ki združuje

funkcije linearne-ge vodila, linearne-ge motorja in merilne letve, na voljo le v eni velikosti v več izvedbah dolžin ter resolucij. Izbirati je mogoče med tremi dolžinami hoda 10, 20 in 30 mm ter dvema resolucijama merilnega senzorja, in sicer med standardno 30 µm in višjo resolucijo 1,25 µm.

Pogon lahko deluje pri nadzoru sile ob potiskanju oziroma vtiskovanju ali pozicioniranju. Kadar je pogon LAT3 uporabljen kot pozicionirni pogon, se ta parametrizira

z nastavitvijo zelenega časa hoda, čemur krmilnik prilagodi pospešek, pojemek in hitrost. Čas hoda je odvisen od nastavitve omenjenih parametrov. Za spremljanje izvedenega hoda je na voljo številni izhod inkrementalnega dajalnika pozicije z zeleno resolucijo.

Tehnične karakteristike:

- višina vodila (motorja): 9 mm
- največja sila: 6 N
- pozicijska ponovljivost: 5 µm
- točnost meritev: 10 µm
- maks. frekvenca ciklov na min.: 500

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, internet: www.smc.si

# S kogeneracijo na UNP do velikih prihrankov

Gašper RAVNAK

Soproizvodnja energije je učinkovita rešitev za vsa podjetja, organizacije in ustanove, ki ob večji količini električne energije porabljajo tudi veliko toplotne energije. S kogeneracijo na utekočinjen naftni plin (UNP) se lahko poraba goriva zmanjša tudi med 10 in 25 odstotki, s čimer se bistveno znižajo celotni stroški energije.

## Zakaj je kogeneracija učinkovita?

S kogeneracijo, v kateri se v istem procesu hkrati proizvajata električna in toplotna energija, dosegamo bistveno višje izkoristke v primerjavi z ločeno proizvodnjo elektrike. Proizvedeno toplotno energijo koristno porabljamo, električno energijo pa lahko prodamo v omrežje ali porabimo za lastne potrebe. Kogeneracija na UNP ima izredno visok celotni izkoristek, tudi več kot 90 odstotkov, saj se preostala toplota koristno uporabi. Poraba goriva se zmanjša za približno 10 do 25 odstotkov glede na konvencionalno oskrbo z električno energijo in ločeno pridobivanje toplote. Vse to se neposredno odraža tudi na zmanjšanju emisij v ozračje, ki se pri uporabi čistejših goriv, kot je UNP, še dodatno znižajo.

## Za katere objekte je kogeneracija na UNP primerna?

Kogeneracija EC Power se je izkazala kot odlična rešitev za objekte, ki

Gašper Ravnak, univ. dipl. inž.,  
Butan Plin, d. d., Ljubljana

imajo poleg velike potrebe po električni energiji tudi stalno potrebo po toploti za ogrevanje prostorov in sanitarne vode. Tako so za kogeneracijo primerni objekti, ki so zaradi svojih tehnoloških procesov večji porabniki vroče vode, kot so na primer mlekarne, vrtnarije, pekarnice in sirarne, pa tudi hoteli, šole, domovi za starejše občane ter industrija in malo gospodarstvo.

## Številni primeri potrjujejo prednosti kogeneracij na UNP

Gostinsko podjetje Trojane, eno izmed priljubljenih postajališč in sinonim za najboljše krofe da-

leč okrog, je precej velik porabnik energije. Z željo, da bi znižali vedno višje stroške energije, so se po posvetu z družbo Butan plin odločili za investicijo v kogeneracijo EC Power, ki deluje na UNP. Prej so električno energijo kupovali iz omrežja, ogrevali s kurilnim oljem, kuhali pa na UNP. S kogeneracijo so postali bolj samostojni pri dobavi energije in stroške zmanjšali za približno 15 odstotkov, kar prikazuje tudi tabela.

S kogeneracijo sedaj sami pokrivajo 75 odstotkov potreb po toplotni in 50 odstotkov potreb po električni energiji.



GP Trojane bo s kogeneracijo na UNP prihranilo predvidoma 20.000 evrov na leto

**Tabela 1.** Izračun predvidenih prihrankov v Gostinskem podjetju Trojane

<b>Pred investicijo:</b>			
Poraba ELKO pred prenovno energetske oskrbe	Strošek ob trenutni ceni		- 41.130 €
Poraba propana pred prenovno energetske oskrbe	Strošek ob trenutni ceni		- 45.956 €
	<b>Stroški skupaj</b>		<b>- 87.086 €</b>
<b>Po investiciji:</b>			
<b>Stanje po menjavi energenta</b>			
Ogrevanje + kogeneracija	Energent	<i>Propan</i>	
	Strošek ob trenutni ceni		- 57.242 €
Kuhinja	Obstoječi energent	<i>Propan</i>	
	Strošek ob trenutni ceni		- 41.871 €
Delovanje kogeneracije	Prihranek pri strošku elektrike		10.169 €
	Prihodek od obratoval. podpore		23.678 €
	Strošek vzdrževanja (ocena)		- 1.500 €
	<b>Stroški skupaj</b>		<b>- 66.766 €</b>
	Letni prihranek		20.320 €

### Kdaj se povrne investicija?

Investicija v kogeneracijo na UNP se v večini primerov povrne v zelo kratkem času, odvisna pa je od predvidene moči soproizvodne naprave. Izračuni kažejo, da se investicija v povprečju povrne v treh do petih letih. Pri povračilni dobi investicije lahko upoštevamo tudi pridobitev spodbudne podpore s strani države za kogeneracijske sisteme, ki zagotavlja, da 10 let za vsako kWh električne energije, ki jo proizvedete, prejmete finančno spodbudo v obliki obratovalne podpore, če elektriko porabite sami ali jo prodate na trgu električne energije.

*Več informacij o kogeneraciji na UNP lahko najdete na [www.butanplin.si](http://www.butanplin.si).*



## DOBRA ENERGIJA JE NAJBOLJŠA STRATEGIJA.

Uspešnost poslovanja je vedno bolj odvisna od energetske učinkovitosti.

Bolj spretno je podjetje pri zagotavljanju zanesljivega, okolju prijaznega in stroškovno ugodnega vira, bolj konkurenčno je lahko na trgu.

Soproizvodnja elektrike in toplote zagotavlja izjemne izkoristke in je zato za podjetja, ustanove in organizacije stroškovno izredno ugodna. S soproizvodnjo pokrivajo potrebe po elektriki in toploti, dosegajo velike prihranke pri stroških, na ta način pa tudi pomembno znižajo vplive na okolje.

Pokličite nas, strokovnjaki družbe Butan plin vam bodo predstavili vse prednosti, zaradi katerih lahko soproizvodnja elektrike in toplote bistveno izboljša uspešnost vašega poslovanja. Seznanili vas bodo z različnimi tehničnimi rešitvami in možnostjo pridobitve finančnih vzpodbud.

**ODLOČITE SE ZA UČINKOVITOST. IZBERITE SOPROIZVODNJO.**

**do 90%**  
IZKORISTEK

**do 50%**  
MANJ STROŠKOV

**do 50%**  
MANJ EMISIJ



A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## Nove knjige

- [1] Anonim: **Komponenten, Systeme und Fertigungstechnik für die Windindustrie** – Delovna skupnost industrije dobaviteljev opreme za vetrno energijo (*Arbeitsgemeinschaft Windenergie – Zulieferindustrie*) ob podpori strokovnih združenj VDMA za pogonsko tehniko (*Fachverband Antriebstechnik*) ter fluidno tehniko in močnostne sisteme (*Fachverband Fluidtechnik und Power Systems*) je letos v aprilu izdala brošuro Komponente, sistemi in izdelovalna tehnika za vetrno industrijo. Nemška vetrna industrija je že leta nazaj uspešna na svetovnih trgih. Ob uveljavljeni vetrni energiji se je že v letu 2010 pomembno povečal tako imenovani »offshore segment«, ki je samo v Nemčiji presegel proizvodnjo v vrednosti preko 5 milijard evrov. Svetovna proizvodnja pa je v letu 2011 predvidoma že presegla 40 milijard evrov. Brošura podaja nazoren pregled zmožnosti branže, predstavlja vodilna podjetja in mednarodni interes za nemške izdelke z obravnavanega področja – *Zal.*: VDMA
- [2] Ebertshäuser, H., Helduser, S.: **Fluidtechnik von A bis Z** – Uveljavljeni tehniški leksikon je že postal enciklopedija fluidne tehnike, ki predstavlja zanesljivo referenco za praktike iz industrije enako kot enkratni kompandij za visokošolsko izobraževanje za obravnavano področje. Številne slike in risbe ter natančne opredelitve posameznih gesel omogočajo jasna medsebojna primerjanja in razumevanje posameznih pojmov. K temu dodatno pripomore izčrpen register angleških poimenovanj posameznih pojmov. – *Zal.*: Vereinigte Fachverlage GmbH, Vertrieb, Postfach 10 04 65, 55135 Mainz, BRD; tel.: +06131/992-0, e-pošta: *vertrieb@vfmz.de*; ISBN: 978-3-7830-0286-7; obseg: 446 strani, 735 slik; cena: 24,90EUR.
- [3] **FM – das Magazin für Fluidmanager** – Pričela je izhajati nova revija s področja fluidne tehnike, namenjena predvsem menedžerjem. Objavljala bo temeljne, informativne in občasno tudi provokativne prispevke izpod peresa samozavestnih članov uredništva in uveljavljenih avtorjev iz znanosti, šolstva, gospodarstva in industrijskih združenj. Obravnavali bodo aktualne smeri razvoja posameznih področij fluidne tehnike, vprašanja vodenja sodelavcev in industrijskih podjetij ter razvoja strategije njihovega umeščanja v širše družbene skupnosti, vključno z njihovimi medsebojnimi komunikacijami. Revija kaže na velike potenciale fluidne tehnike in podjetij, ki se z njo ukvarjajo, v prihodnosti. Informacije in naročilo na spletnih naslovih: *www.fm-fluidmanager.de* in *info@fm-fluidmanager.de* (tel.: + 02242 90166 0)

### 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 črpalke,
- primerna za črpanje tudi specialnih medijev olje-voda, voda-glikol, sintetični ester, obdelovalne emulzije, izocianat, polioli, ter seveda za mineralna, transmisijska ali biorazgradljiva olja,
- nizka stopnja glasnosti,
- visoka odzivna sposobnost in volumski izkoristek,
- velika izbira regulacije črpalke.

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 letalih in napravah za simulacijo vožnje.

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



Orbitalni hidromotorji, z zavoro ali z dodatnimi blok ventili



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



**M+S HYDRAULIC**



A. Stušek, uredništvo revije Ventil

## Priporočilo E VDMA 24580 za snovanje hidravličnih naprav

Nemško strokovno združenje za fluidno tehniko v okviru VDMA je pripravilo osnutek priporočila E VDMA 24580 (*Entwurf des Einheitsblatt E VDMA 24580*). Namenjeno je snovalcem hidravličnih naprav in hidravlično gnanih stacionarnih strojev za njihovo funkcionalno, energijsko varčno in gospodarno snovanje.

Energijska zahtevnost stacionarnega stroja ni odvisna samo od vrste stroja (stružnica, stroj za brizganje plastičnih mas itd.), ampak tudi od zahtev njenega izdelovalca ter nači-

na in vrste pogona. Samo če je stroj optimalno prilagojen namenu (delovni cikel, natančnost, stopnja avtomatizacije itd.), lahko zanj izbran koncept pogona ustrezno deluje. Hidravlična naprava stroja in za pogon potrebna energija sta posledično odvisni od nalog in zahtev, ki jih v stroju morata izpolnjevati. V priporočilu VDMA navedene možnosti povečanja energijske učinkovitosti se pričnejo z uporabo ocenjevalnih matrik in simulacijske programske opreme za uporabnostno usmerjeno optimizacijo zasnovane hidravlične naprave. Upoštevati je potrebno številne dodatne prijeme,

kot so npr. postopki zmanjševanja izgub v cevovodih, upoštevanje možnosti uporabe decentraliziranih virov napajanja in ustrezno dimenzioniranje cevovodov glede na dejanske hidravlične tokove.

Dodatne informacije o priporočilu (E VDMA 2458) dobite na naslovu: Fachverband Fluidtechnik in VDMA, Jörn Dürer, Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt, BRD; tel.: + 069-6603-1652, faks: + 069-6603-2652; e-pošta: [joern.duerer@vdma.org](mailto:joern.duerer@vdma.org), internet: [www.vdma.org](http://www.vdma.org)

Po O + P 56(2012)6, str. 30

# TULI

## HepcoMotion®



**ALWAYSE**  
ENGINEERING  
[alwayse.co.uk](http://alwayse.co.uk)

LEŽAJI, SKODELIČNI LEŽAJI, LINEARNA TEHNIKA...

TULI, d.o.o., Ljubljana  
Pot čez Gmajno 7, 1000 Ljubljana  
T: +386 1 25 72 484, F: +386 1 25 62 555

[www.tuli.si](http://www.tuli.si)  
[info@tuli.si](mailto:info@tuli.si)

**Elektronika za začetnike**

Ce ne veste kaj je to:  
 • LED  
 • tranzistor  
 • kondenzator  
 • rezistor

Ce ne znate:  
 • smisl uporabiti  
 • izbrati  
 • napajati ves...

Cena: 7,00 EUR  
 z DDV

www.svet-el.si

## Hidravlične valje konfekcionirati, uvažati in dokumentirati

Vsakodnevno konstruiranje in projektiranje je enostavno, če je izbira sestavin lahka in hitra, če so vsi potrebni podatki takoj na voljo in je nakup z ustrezno dokumentacijo za hidravlične valje s potrebno dodatno opremo kompletiran. Pri firmi **AHP Merkle**, specialistu za hidravlične valje, so na voljo vsi podatki s kataloškimimi izmenami, 3D-modelom individualno konfekcioniranega valja, vključno s funkcijo prostega vrtenja, in celo s standardnimi PDF-podatki. Obsežno orodje za snovanje in konstruiranje je pripravljeno v CD-varianti kot računalniški program za online instalacijo na internetu v 14 jezikih. Integrirani asistent podpira konstrukterja pri izbiri in konfekcioniranju ustreznega valja in zagotavlja potrebne podatke za lastni CAD-sistem. Posebno enostavno je ravnanje s programom, saj se uporabnik pri izbiri in dimenzioniranju vseskozi giblje le znotraj enega okna.

Dodatne informacije dobite na spletni strani [www.ahp.de](http://www.ahp.de).

Po O + P 56(2012)6 – str. 6  
 A. Stušek

**IRT 3000**  
 inovacijerazvojtehnologije  
[www.irt3000.si](http://www.irt3000.si)

**VENTIL**  
 REVUE ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

telefon: + (0) 1 4771-704  
 telefaks: + (0) 1 4771-761  
<http://www.fs.uni-lj.si/ventil/>  
 e-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)

## Oglaševalci

AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana	426
BUTAN PLIN, d. d., Ljubljana	423
CINKARNA, d. d., Celje	411
DAX, d. o. o., Trbovlje	345, 427
DOMEL, d. d., Železniki	420
DVS, Ljubljana	403
FESTO, d. o. o., Trzin	345, 428
HELLA SATURNUS, d. o. o., Ljubljana	372
HYDAC, d. o. o., Maribor	345, 481
ICM, d. o. o., Celje	373, 415
IMI INTERNATIONAL, d. o. o., (P.E.) NORGRN, Lesce	345
JAKŠA, d. o. o., Ljubljana	415
POCLAIN HYDRAULICS – KLADIVAR, d. d., Žiri	345, 346
LOTRIČ, d. o. o., Selca	345, 357
MAPRO, d. o. o., Žiri	345
MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje	345
MOTOMAN ROBOTEC, d. o. o., Ribnica	348
OLMA, d. d., Ljubljana	345, 366
OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o. Trzin	345, 386
PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto	345
PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana	424
PROFIDTP, d. o. o., Škofljica	361, 364
SICK, d. o. o., Ljubljana	345
STROJNISTVO.COM, Ljubljana	457
TEHNOLOŠKI PARK Ljubljana	367
TRC Ljudmila Ličen s. p., Kranj	345
TULI, d. o. o., Ljubljana	425
UL, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana	355, 386, 395



## Scara



## Spider

## ProSix



## Robots Control





**FESTO**

# Končno manj!

PPS dušenje prinaša revolucijo v svet standardnih valjev. Samonastavljivo – čisto – zanesljivo.

PPS - Hitreje vgrajen in takoj uporaben. Pozabite na spremembe v obremenitvi in hitrosti.

PPS uredi vse 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