

# VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 29 / 2023 / 1 / Februar

Inženirka leta  
2022

Fakulteta za strojništvo  
z novo raziskovalno  
opremo

Prehajanje hidravlične  
tekočine skozi filter

Podjetja  
predstavljajo



**industrijska**

**olja in maziva**

**OLMA**  
[www.olma.si](http://www.olma.si)

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za strojništvo



**FESTO**

**POCLAIN**  
Hydraulics

**Parker**

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

**OMEGA**  
AIR

**MIEL** OMRON  
[www.miel.si](http://www.miel.si)

**ppt commerce**

**OPL**

**SEAL & TRADE d.o.o.**

# SISTEMSKE REŠITVE ZA INDUSTRIJSKE STROJE

*Celoviti hidravlični transmisijski pogoni:  
predelava odpada, lesna industrija, premogovništvo,  
ladijski vitli, elektrarne, tekoči trakovi ...*

## OD PROJEKTIRANJA DO ZAGONA

Motorji za  
industrijske aplikacije



Črpalka za HPD



Pogonski  
sklopi



Črpalke



Ventili



**Poclain Hydraulics d.o.o.**  
Industrijska ulica 2, 4226  
Žiri, Slovenija  
+386 (0)4 51 59 100

[www.poclain-hydraulics.com](http://www.poclain-hydraulics.com)



# IZOBRAŽEVANJE, IZOBRAŽEVANJE IN ŠE ENKRAT IZOBRAŽEVANJE



Smo v času, ko se osnovnošolci in srednješolci odločajo in izbirajo smeri za nadaljevanje šolanja. To je, vsaj tako zagotavljajo številni pedagoški in psihološki strokovnjaki, najpomembnejša odločitev v življenju vsakega mladega človeka. Pa ne vem, če je to povsem res. V današnjem času imajo mladi veliko možnosti za prešolanje, preusmeritev in zamenjavo smeri študija v času študija in številne možnosti za drugi študij po zaključku prvega študija. Vse to jim je na voljo, če prva odločitev za študij ni bila ustrezna. Iz tega sledi, da ena napačna odločitev prav gotovo ni življenjsko usodna, ampak je lahko za dijaka ali študenta bogata življenjska izkušnja.

Kljub vsemu pa je treba mladim pojasniti njihovo odgovornost in pomembnost odločitev pri izbiri šolanja na višji stopnji in pri izbiri poklica.

V našem šolskem sistemu, predvsem na osnovnošolski stopnji, pogrešam predvsem različna testiranja, ankete in razgovore z mladimi, ki bi pokazali sposobnosti in splošne značilnosti mladega posameznika in njegove talente za opravljanje poklicnih aktivnosti, ko odrastejo. Prav ti rezultati bi morali učitelje in učence, predvsem pa starše, prepričati, kateri poklic je za posameznega šolajočega se učenca najprimernejši. Kot primer: v Švici začnejo s takšnim testiranjem učencev že po četrtem letu osnovnošolskega izobraževanja in to počnejo vsako leto z različnimi testi do zaključka osnovnega šolanja, ko se učenec najpogosteje odloči za poklic, kot so pokazali rezultati.

Pri nas pa pravijo strokovnjaki, da se osemdeset odstotkov mladih odloča na osnovi svojih čustev in le dvajset odstotkov na osnovi argumentov. Kaj pa so čustva? Kako mladi razvijejo ta čustva? Ali to pomeni, da so naši strokovnjaki nestrokovni in da na mlade ne morejo vplivati z argumenti?

Drugo, kar pogrešam v osnovnošolskem izobraževanju, je učenje fizičnih (delovnih) veščin in ročnih spretnosti, ki jih ljudje nujno potrebujejo pri številnih poklicih in tudi v vsakdanjem življenju. Če bi pri nas osnovnošolci imeli v programu več praktičnega pouka, bi prav gotovo marsikateri odkril svoj talent in bi sam spoznal, da mu je to delo všeč.

Tretja pomanjkljivost našega šolskega sistema na vseh nivojih pa je manko popolnoma neodvisnega nadzora izvajanja del. To je nadzor pri izvajanju učnih vsebin v predavalnicah in učilnicah in pri absorbiranju znanj slušateljev. Takšen neodvisen nadzor bi v mnogih primerih dvignil kvaliteto poučevanja in bi moral biti v pomoč izvajalcem šolskih programov in njihovi strokovni in pedagoški rasti, ne pa šikaniranje.

Vsi, ki delamo izdelke iz nežive narave za trg, smo podvrženi najrazličnejšim nadzorom glede procesov izdelave in kakovosti izdelkov. Še več: za kakovost izdelka in njegovo delovanje moramo zagotoviti garancijo in če ta ni na predpisanem nivoju, moramo nositi materialno odgovornost. Izobraževanje pa poteka brez neodvisnega nadzora.

V Sloveniji na terciarni stopnji študira več kot osemdeset odstotkov mladih. To je največ od vseh razvitih držav v svetu. V zahodnoevropskih državah je to okoli petdeset odstotkov, v Švici pa le okoli dvajset. Takšna situacija sama po sebi ni slaba. Takoj pa se postavi vprašanje, ali je kakovost študija pri takšnem odstotku šolajočih se mladine zadosti visoka. Mislim, da ne.

Posledično imamo največ formalno izobraženega prebivalstva z diplomo terciarnega izobraževanja. V Sloveniji imamo največ doktorjev znanosti. Kje se to odraža? Ali mogoče v industriji? Dvomim. Ali mogoče v javnem sektorju? Še bolj dvomim.

Dodatno vprašanje pri tem je, ali prevelika lahkotnost dostopa do terciarnega izobraževanja pomeni, da zmanjka mladih, ki bi ostajali na nižji stopnji izobrazbe in opravljali poklice, ki so ravno tako izjemno zahtevni in v vsaki družbi potrebni. Ti poklici pomenijo manj zahtev po teoretičnem izobraževanju in več znanj, kot so različne praktične veščine in spretnosti.

Zakaj imamo pogosto težave pri razpisih za vpis dijakov v terciarno izobraževanje? Ali ni to zelo preprosta stvar? Treba je prilagajati število vpisnih mest za smeri študija, kar nam sporoča trg delovne sile.

Ker pri nas primanjkuje praktično vseh poklicev, pri katerih so potrebne delovne veščine in spretnosti, so se številna podjetja odločila, da sama organizirajo za svoje zaposlene izobraževalni sistem za poklice za lastne potrebe. To je velika zaušnica našemu šolskemu sistemu.

Strokovnjaki in svetovalci za mlade pri izbiri šolanja bi morali mladim prikazati tudi možnosti zaposlitve po zaključku študija. Na primer: če nekdo zaključi študij strojništva ali neko drugo smer tehnike, ima na izbiro mnogo več služb, delovnih mest in možnosti opravljanja mnogo več poklicev kot pa, če zaključi študij novinarstva ali neko drugo družboslovno smer.

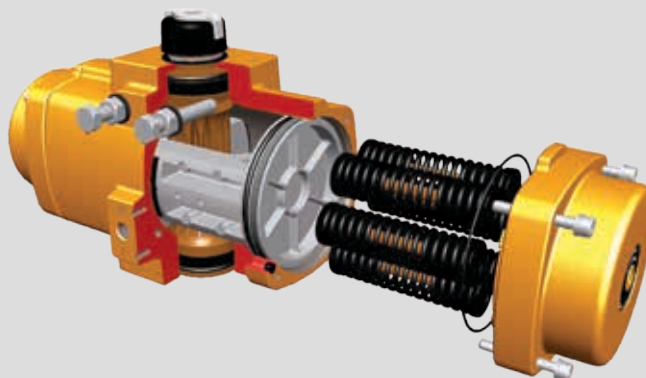
Janez Tušek



  
**EMERSON**<sup>™</sup>  
 Process Management



**EL Matic**<sup>™</sup>



**Field**



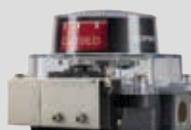
**BETTIS**<sup>™</sup>



 **BIFFI**



**FISHER**



Dantorque

**HYTORK**

**Shafer**

**ppt commerce**

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA  
 PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

PPT commerce, d.o.o.  
 Celovška cesta 334, 1210 Ljubljana – Šentvid  
 tel. 01/ 514 23 54, fax 01/ 514 23 55, gsm 041 639 008  
 e-mail: info@ppt-commerce.si  
[www.ppt-commerce.si](http://www.ppt-commerce.si)

## DOGODKI • POROČILA • VESTI

Inženirka leta 2022 .....	6
Strateška konferenca Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani .....	12

## PREDSTAVITEV

### Tanja Potočnik Mesarić

Fakulteta za strojništvo z novo raziskovalno opremo še več možnosti vrhunskih raziskav in sodelovanja z industrijo - 1. del .....	14
---	----

## NOVICE • ZANIMIVOSTI

### Janez Škrlec

Smernice tehnološkega razvoja in izzivi za novodobno industrijo .....	26
---	----

### Mitja Koželj

S pomočjo podjetja ATR.SIS zaživel eden izmed najzmogljivejših superračunalnikov na svetu .....	28
---	----

## HIDRAVLIČNE TEKOČINE

### Darko Lovrec

Fizikalno ozadje pretakanja hidravlične tekočine skozi filter .....	30
---	----

## AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Varna uporaba in korozijska odpornost (ELESA+GANter) .....	38
Zaščitni elementi Eles+Ganter (ELESA+GANter) .....	39
Priključni kabli NEBA za širok spekter uporabe (FESTO) .....	40
Kompaktni linearni sistemi THOMSON LINEAR (INOTEH) .....	41
PIAB: Izbrana prijemala Joulín se zdaj prodajajo pod blagovno znamko Kenos® (INOTEH) .....	42
OMRON mobilni roboti s selektivno avtonomijo (MIEL Elektronika) .....	43
Sodelujoči robot Omron TM16 (MIEL Elektronika) .....	44

## NOVOSTI NA TRGU

Učinkovito vpenjanje z varčevanjem prostora (ELESA+GANter) .....	45
Nova mehasta sklopka iz nerjavečega jekla EWR s prerezanim priključnim delom (ENEMAC) .....	46
Nova generacija polnilnih postaj BasicEVO 11 kW za električna vozila (FBS Elektronik) .....	47
Sesalne gume MX vakuumskih prijemal proizvajalca PIAB (INOTEH) .....	48
Nova miniaturna navojna vretena (INOTEH) .....	50
Electrak® XD - nova evolucija električnih aktuatorjev (INOTEH) .....	51
Parkerjeva nova serija batnih aksialnih motorjev V16 (PARKER HANNIFIN) .....	52

## PODJETJA PREDSTAVLJAJO

E-verige autoglide 5 igus za hitro priključitev (HENNLICH) .....	54
Avtomatsko dodajanje in urejanje izdelkov z Omron AnyFeeder (MIEL Elektronika) .....	56
Energetska učinkovitost prostega hlajenja v industriji (Freecooling) (OMEGA AIR) .....	60
End-of-Arm-Tooling podjetja Stäubli (STÄUBLI) .....	64

## PROGRAMSKA OPREMA • SPLETNE STRANI .....

# INŽENIRKA LETA 2022: VSE SMO ZMAGOVALKE IN TO PRIZNANJE JE PRIZNANJE VSEM INŽENIRKAM

Na slavnostni razglasitvi v Linhartovi dvorani Cankarjevega doma je Inženirka leta 2022 postala Rosana Kolar, diplomirana inženirka strojništva in letalska mehaničarka v podjetju Adria Tehnika. Letošnje nominiranke je na jubilejnem petem izboru Inženirka leta nagovorila tudi predsednica Republike Slovenije Nataša Pirc Musar.



*Inženirka leta 2022, Rosana Kolar*

Izbor Inženirke leta postavlja v ospredje osebo, ki je s svojim delom in osebnostjo zgled in navdih mlajšim generacijam deklet, da se bodo lažje odločala za perspektivne inženirske poklice. V letošnji generaciji slovenskih inženirk je komisija »predsednico razreda« prepoznala v Rosani Kolar. Opazni so njena skromnost in spoštljiv odnos do dela – njeno zavedanje, da je za varno in udobno popotovanje nad tlemi ključen prav vsak zaposleni. Da bo letalska mehaničarka, je vedela že pri rosnih 11 letih. V njeni vztrajnosti, samozavesti in trdni prepričanosti v svoje poslanstvo je komisija prepoznala svojevrstno pionirko dela v letalstvu.

Ob prejemu kipca se je Rosana Kolar zahvalila za izjemno priznanje: »Počutim se počaščeno, da danes stojim na odru skupaj z devetimi izjemnimi

inženirkami. To priznanje je priznanje nam vsem. Vse nominiranke smo zmagovalke. Zahvaljujem se moji družini, ki je prepoznala mojo drugačnost in me ves čas podpirala, ter podjetju Adria Tehnika in mojim fantom v hangarju, ki so mi ves čas nesebično predajali svoje dragoceno znanje in izkušnje.«

## Ekonomska moč in kapital sledita tistim, ki obvladujejo tehnologije

Nominiranke za Inženirko leta je nagovorila predsednica Republike Slovenije Nataša Pirc Musar: »Skrb za talente je naša skupna odgovornost, da bomo Slovenke in Slovenci lahko enakopravno in samozavestno sedeli za mizo s tehnološko razvitejšimi državami in odlično razumeli jezik tehnologije, od ka-



Nominiranke za inženirko leta 2022

tere smo vitalno odvisni. Ekonomska moč in kapital ter z njima možnost vplivanja in odločanja namreč nezadržno sledita tistim, ki obvladujejo tehnologije.« Inženirke je podprla tudi z besedami: »Samo strast in ljubezen do poklica, ki ga opravljaš, prinese kakovost in vrhunske rezultate. Zato poklicev res ne smemo deliti na moške in ženske, temveč spodbujati čisto vsakega, da dela tisto, kar ima rad, kjer najde veselje in izživi svoje sanje.«

Ministrica, pristojna za digitalno preobrazbo, Emiliya Stojmenova Duh je prisotne nagovorila kot ena od njih, kot nominiranka prve generacije izbora Inženirke leta: »Radovednost, sočutje, vztrajnost – vse to so danosti, ki jih imamo inženirke in inženirji. A pot do uspeha ni preprosta. Prirojene danosti običajno ne zadoščajo. Potrebujemo nekaj več. Vedno sem imela podporo zvestega spremljevalca, strica iz ozadja, ki me nikoli ne zapusti. Ta stric iz ozadja je znanje. Imamo ga vse inženirke in inženirji. To je naša moč, ki nam je nihče in nikoli ne more vzeti. Naj inženirska iskrica živi in nas navdušuje tudi v prihodnje.«

### Inženirka leta kmalu tudi na Hrvaškem in v Srbiji

V uvodnem pozdravu je Medeja Lončar, direktorica Siemens Slovenija, predsednica uprave Siemens Hrvaška in direktorica Siemens Srbija, pobudnica izbora Inženirka leta izpostavila svojo vizijo: »Zakaj ne bi bilo nekoč v bližnji prihodnosti poklicno razmerje med inženirkami in inženirji 50 : 50? Takšno,

kot je v naravi, po strukturi rojstev? Med inženirji na svetu je danes le 16,5 % žensk. V Sloveniji se na študije STEM vpiše na dva dijaka ena dijakinja. Ko otroci dobijo nalogo narisati človeka, ki opravlja inženirski poklic, skoraj po pravilu narišejo moškega.« A v prihodnost gleda optimistično: »Deklice, ki so jim Inženirke leta vzor, nam dokazujejo, da se premikamo v pravo smer. Hkrati vemo, da družbena pot do cilja ni niti premočrna niti kratka.«

Zaključila je, da so morda potrebna širša regionalna ali nacionalna prizadevanja za privabljanje več žensk k inženirstvu, kar je eden od uvidov raziskave združenja inženirk. V tem delu Evrope pobuda že postaja realnost, saj bodo po zgledu Slovenije Inženirko leta kmalu prvič razglasili tudi na Hrvaškem in v Srbiji.

### Inženirke orjete ledino tam, kjer prej ni bilo sadu

Zbrane je nagovoril še Miha Bobič, predsednik projekta Inženirke in inženirji bomo!, pod katerega okriljem poteka izbor Inženirka leta. Po njegovih besedah ni in ne bo meja za izjemne slovenske inženirke inovatorje: »Inženirke delate na zelo različnih področjih in mnoga med njimi so izjemna. Tako s pogumom in zaupanjem v inženirstvo dajete zgled mladim, ki se še odločajo, kam bi se usmerili. Predvsem pa orjete ledino tam, kjer prej ni bilo sadu. Naš skupni pogum se kaže tudi v vedno večji podpori industrije in izobraževalnih ustanov našemu projektu Inženirke in inženirji bomo!. Rezultati so tu, vedno

več in vedno boljši dijaki in dijakinje se vpisujejo na STEM-fakultete.«

Inženirko leta 2022 je razglasila njena predhodnica, lanska inženirka leta Nataša Kovačević, vodja projektov na oddelku za raziskave v Kolektor Mobility. V svojem nagovoru je med drugim izpostavila pomembnost heterogenosti ekip in uravnoteženosti spolov za njihovo dobro delovanje, pametno rast, okrepitev virov znanja in boljšo konkurenčnost gospodarstva. Letošnje nominiranke je spomnila: »Vse ste navdih mlajšim generacijam in lahko ste ponosne nase. Pomembno je, da mladim predstavimo vlogo in prispevek inženirsk in inženirjev k razvoju družbe.«

## Deset letošnjih nominirank za Inženirko leta 2022

Med letošnje nominiranke za Inženirko leta 2022 so uvrščene Tajda Bogovič, razvijalka programske opreme v podjetju MESI, razvoj medicinskih naprav, d. o. o.; Neža Guzelj, projektna in produktna vodja v razvoju v podjetju MAHLE Electric Drives Slovenija, d. o. o.; Ana Kavčič, samostojna informatičarka v podjetju KRKA, d. d., Novo mesto; Rosana Kolar, letalska mehaničarka v podjetju Adria Tehnika, vzdrževanje letal, d. o. o.; Viki Petrovič, višja tehnična svetovalka v podjetju Loftware; Tajda Pirnat, specialistka za skladnost produktov z direktivami in regulativami v podjetju Danfoss Trata, d. o. o.; Bar-

bara Pogačar, preskusna inženirka v SIQ Ljubljana; Špela Poklukar, specialistka strojnega učenja v podjetju Endava, digitalne rešitve, d. o. o.; Jerneja Sedlar, projektna inženirka v službi za razvoj in investicije v Holdingu Slovenskih elektrarn; Lara Topol, vodilna inštruktorica osebja proizvodnje in inženirka izmene v Nuklearni elektrarni Krško.

## Metodologija izbora inženirke leta 2022

Na odločitev, katera od letošnjih 10 nominirank predstavlja največji zgled in navdih mladim, so s svojimi glasovi enakovredno vplivale štiri žirije: vseh pet generacij nominirank za priznanje Inženirka leta, predstavniki medijev, dijakinje in učitelji iz konzorcija gimnazij in šolskih centrov Inženirke in inženirji bomo! ter predstavniki organizatorja in partnerjev izbora Inženirka leta. Skupaj kar 119 članic in članov žirije.

Izbor poteka v soorganizaciji revije IRT3000 in družbe Mediade in v sodelovanju s partnerji. Natečaj je del projekta *Inženirke in inženirji bomo!*, ki mlade z dogodki na gimnazijah in šolskih centrih že več kot desetletje (od leta 2012) navdušuje za inženirstvo, tehniko, naravoslovje in inovativnost.

Več o izboru: <http://inzenirka-leta.si/>

Revija IRT3000  
Foto: Andrej Križ



# SPLAČA SE BITI NAROČNIK



**ZA SAMO 50€ DOBITE:**

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 števil)
- strokovne vsebine na več kot 140 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature
- vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak



**ZA SAMO 20€ DOBITE:**

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (4 številke)
- strokovne vsebine na več kot 200 straneh
- vsakih 14 dni e-novice IRT3000 na osebni elektronski naslov
- možnost ugodnejšega nakupa strokovne literature
- vsak novi naročnik prejme majico in ovratni trak

**DIGITALNA NAROČNINA**



Na voljo tudi naročnina na digitalno različico revije za uporabo v **BRSKALNIKU** in **NA MOBILNIH NAPRAVAH**

**BUTIK IRT3000**



Naša ekskluzivna spletna trgovina kakovostnih izdelkov s prepoznavnim dizajnom vaše priljubljene revije za inovacije, razvoj in tehnologije.

**NAROČITE SE!**

 051 322 442
 [info@irt3000.si](mailto:info@irt3000.si)
 [www.irt3000.si/narocilo-revije](http://www.irt3000.si/narocilo-revije)

WWW.IRT3000.COM





# DIR23 HEKATON



FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO  
28. – 30. marec 2023

Dogodek DIR23 poteka v obliki robotskega hekatona, na katerem lahko sodelujejo vsi študenti Univerze v Ljubljani. Izziv, ki smo ga pripravili v sodelovanju s podjetjem Iskraemeco, je aktualen problem iz industrije, povezan z manipulacijo in pakiranjem izdelkov. Študentje bodo na dogodku pridobili potrebne veščine za hitro in uspešno integracijo robotskih tehnologij. Dogodek se ponaša z nagradnim skladom za najboljše tri ekipe. Prijave ekip so odprte do **17. marca**. DIR23 je odlična priložnost za študente, da pokažejo svoje talente in se naučijo novih robotskih spretnosti, ter navežejo stike s strokovnjaki iz industrije.

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



YASKAWA

ABB



RLS

BECKHOFF



MIEL



HALDER



tipteh



Naložbo sonancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega sklada za regionalni razvoj



## HIDRAVLIČNE TEKOČINE V PRAKSI – VČERAJ, DANES IN JUTRI

Strokovno predavanje v organizaciji SDFT in ALUMNI FS MB

Vseživljenjsko izobraževanje ne sme biti zgolj »oguljena fraza«, temveč mora postati stalnica našega vsakdana. Seznanjanje z novimi informacijami zato ne sme potekati samo v okviru rednih izobraževalnih programov in se ob zaključku formalnega izobraževanja končati, temveč se mora nadaljevati tudi kasneje, vse življenje. Bodisi s strokovnimi dogodki, organiziranimi preko spleta ali v živo, preko predstavitev podjetij, izobraževalnih ustanov ali različnih strokovnih organizacij in društev. Tega se zavedamo tudi člani SDFT – Slovenskega društva za fluidno tehniko.



Utrinek s predavanja (vir: Karl Gotlih)

Zato smo 12. januarja 2023 na Fakulteti za strojništvo v Mariboru v okviru SDFT kot uvodni strokovni dogodek v jubilejno 30. leto obstoja društva organizirali strokovno predavanje z naslovom Hidravlične tekočine v praksi – včeraj, danes in jutri. Predavanje smo pripravili skupaj z Društvom Alumni FS Univerze v Mariboru, ki ne samo združuje, razvija in promovira interdisciplinarno mrežo med UM FS in njenimi diplomanti, temveč tudi med fakulteto, gospodarskimi subjekti in drugimi družbenimi institucijami za doseg obojestranskih profesionalnih in osebnih koristi pri izmenjavi znanja in izkušenj.

Predavatelj dr. Milan Kambič iz podjetja OLMA d. o. o. iz Ljubljane se je dotaknil izredno pomembne pro-

blematike za vsakogar, ki ima opravka s hidravlični pogoni in krmilji. Namen predavanja je bil ne le osvežiti že znane informacije s področja praktične uporabe hidravličnih tekočin, temveč dodati tudi kakšno novo. Tega so se zavedali številni udeleženci iz industrije, študentje, ki se s to tematiko šele spoznavajo, ter številni drugi prisotni, ki jih ta tematika zgolj zanima ali pa se z njo ukvarjajo tudi raziskovalno. Udeleženci strokovnega predavanja pa niso bili samo iz celotne Slovenije, temveč tudi iz Hrvaške, tako da je predavanje imelo mednarodni značaj.

V ospredju predavanja so bili praktični vidiki uporabe hidravličnih tekočin, npr. pomen poznavanja oznak hidravličnih tekočin in možne napake pri za-

menjavi. Dotaknili smo se tudi trendov razvoja hidravličnih tekočin, problematike nadzora in obvladovanja kontaminacije, ocene stanja in parametrov za oceno, vrstam embalaže ter transporta in skladiščenja tekočin, postopka polnjenja in prvega zagona hidravličnih naprav. Problematiko uporabe tekočin pa smo zaključili s pregledom najpogostejših napak pri njihovi uporabi, mešanju hidravličnih tekočin, odstranjevanju odpadnih tekočin in ustrezni zaščiti uporabnika pri uporabi maziv. Tako smo odgovorili na vsa najpomembnejša vprašanja, ki morajo zanimati vsakega uporabnika hidravličnih tekočin.

Ugoden odziv publike, številna strokovna vprašanja, zastavljena predavatelju, ter druženje in izme-

njava mnenj po samem predavanju dokazujejo, da so tovrstna predavanja zelo zaželena, še več: nujno potrebna. To je prepoznala tudi Inženirska zbornica Slovenije in predavanje uvrstila na seznam zunanjih predavanj, pri čemer so pooblaščen in nadzorni inženirji za udeležbo na izobraževanju pridobili kreditne točke iz izbirnih vsebin.

Po mnenju udeležencev je bilo predavanje ne samo lep in dobro organiziran dogodek, temveč predvsem koristen in dobro obiskan strokovni dogodek, kar dokazuje interes javnosti za organizacijo tovrstnih dogodkov.

Darko Lovrec, predsednik SDFT




Univerza v Mariboru  
Fakulteta za Strojništvo  
Laboratorij za Oljno Hidravliko

MARIBOR, 20. in 21. SEPTEMBER 2023

mednarodna konferenca

# Fluidna Tehnika 2023

## Vabilo

**Mednarodne konference "Fluidna Tehnika" so že od leta 1995 dalje osrednji bienalni dogodek s področja tehnologij, kjer sta prisotni hidravlika in pnevmatika.**

**Vabimo vas, da kot avtor prispevka, kot razstavljalec ali kot pokrovitelj mednarodne konference Fluidna Tehnika 2023, predstavite nova spoznanja, nove proizvode, dosežke in storitve.**

**Podrobnejše informacije o konferenci, tematskih področjih, programu, pomembnih datumih, ... najdete na domači spletni strani konference.**

<http://ft.fs.um.si>

KONGRESNI CENTER HABAKUK

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

# VENTIL

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

# VENTIL

# Z NOVIMI NAČINI POVEZOVANJA FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO UNIVERZE V LJUBLJANI ŠE DVIGUJE INOVACIJSKI POTENCIAL IN PRILOŽNOSTI ZA SODELOVANJE Z GOSPODARSTVOM

Inovativnost in povezovanje gospodarstva z znanostjo ob spodbudni politični klimi so nujni pogoji za gospodarsko rast, so se strinjali sogovorniki okrogle mize na *Strateški konferenci Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani*, ki je potekala 26. januarja v Klubu Cankarjevega doma. »Moje izhodišče je premoščanje doline med vrhunskim znanjem, ki ga imamo, in večjo praktično uporabnostjo tega znanja, se pravi prenos znanja v prakso,« je izpostavil minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije prof. dr. Igor Papič. Fakulteta se s svojimi raziskovalnimi platformami in t. i. odprtim laboratorijem Peskovnikom še bolj odpira gospodarstvu in možnostim za sodelovanje.



Na sliki, z leve proti desni: prof. dr. Anton Ramšak, prorektor Univerze v Ljubljani; prof. dr. Igor Papič, minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije; prof. dr. Mihael Sekavčnik, dekan Fakultete za strojništvo UL; prof. dr. Janko Slavič, prodekan za znanstveno raziskovalno dejavnost in mednarodno sodelovanje

Dekan Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani prof. dr. Mihael Sekavčnik, je povedal, da se »fakulteta zaveda, da nas prihodnost ne sme pričakati nepripravljene«, zato je sprejela strategijo 2019–

2025. Ključni izvedbeni stebri transformacije fakultete so prenova študijskega programa, prenova habilitacijskih meril, posodobitev organiziranosti fakultete ter novogradnja.

»Ravno včeraj smo imeli sestanek s predstavniki projekta GREMO, zelene in digitalne transformacije slovenske avtomobilske industrije. To je lep poskus, da ovržemo očitke, ki se vedno znova izpostavljajo, to je, da akademska skupnost in industrija ne sodelujeta dovolj. Tudi Fakulteta za strojništvo podira te tabuje, saj odlično sodeluje z gospodarstvom,« je povedal minister prof. dr. Igor Papič.

Fakulteta je predstavila novosti na področju sodelovanja z gospodarstvom. Prva novost so štiri raziskovalne platforme: Tovarne prihodnosti, Zelena in varna mobilnost, Trajnostna energija ter Zdravje, s katerimi je fakulteta povezala široko znanje svojih vrhunskih raziskovalcev z odmevnimi referencami in tako ponudila partnerjem iz gospodarstva in raziskovalni skupnosti celovite razvojne rešitve in povezovanje v partnerstva za tehnološke preboje.

»Do leta 2030 naj bi 75 % proizvodnih obratov uporabljalo napredne digitalne metode (umetna inteligenca, podatkovna analitika ipd.), tovarne prihodnosti pa bodo morale biti bolj fleksibilne, saj bodo izdelki vedno bolj kompleksni in prilagojeni končnemu uporabniku,« je povzel izzive koordinator raz-



Utrinek z okrogle mize na strateški konferenci Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani

iskovalne platforme Tovarne prihodnosti doc. dr. Rok Vrabič. Na drugi strani se raziskovalna platforma Zelena in varna mobilnost osredotoča na podnebno nevtralnost in se usmerja k trajnosti in pametni mobilnosti, ki jo določajo električni pogonski sklopi, gorilne celice, lahka konstrukcija in posledično nizek okoljski odtis. »Težnja k nizkemu okoljskemu odtisu je ključna tudi za raziskovalno platformo Trajnostna energija, ki pokriva vse od proizvodnje, distribucije, shranjevanja do uporabe energije za končne uporabnike,« je poudaril prof. dr. Andrej Kitanovski, koordinator omenjene platforme.

»Inženirji strojništva smo od nekdaj pomagali izboljševati kvaliteto življenja,« je povedal izr. prof. dr. Matija Jezeršek, koordinator raziskovalne platforme Zdravje. Raziskovalna platforma Zdravje zato naslavlja izzive hitrega, natančnega in učinkovitega zdravljenja z razvojem laserskih sistemov, brezkontaktnega diagnosticiranja, med drugim pa tudi s kavitacijo kot orodjem dezinfekcije, kjer so naši raziskovalci vodilni na svetu.

Druga novost je novonastali odprti laboratorij, imenovan Peskovnik, katerega poslanstvo je postati osrednja skupnost študentskega inženirskega udejstvovanja in inovativnosti na fakulteti z vizijo, da vsak inženir strojništva postane izvrsten na svojem področju. Poleg razmišljanja izven okvirov

je cilj Peskovnika, da se bodoči inženirji strojništva razvijejo v timske igralce, mentorje, družbeno odgovorne osebe, ki se nikoli ne prenehajo učiti. Odprti laboratorij se lahko pohvali z več izvedenimi delavnicami, ki so se jih udeležili študenti različnih fakultet. Med študentskimi projekti so izpostavili visokohitrostni 3D-tiskalnik ter vertikalni letalnik, ki so si ju obiskovalci dogodka lahko tudi ogledali, v teku pa so tudi že novi projekti.

Udeleženci okrogle mize prof. dr. Anton Ramšak, prorektor Univerze v Ljubljani, g. Tibor Šimonka, predsednik Gospodarske zbornice Slovenije, dr. Boštjan Pečnik, član uprave podjetja Gorenje Hissense Europe, ga. Tanja Mohorič, predsednica Strateško inovacijskega partnerstva na področju mobilnosti (SRIP ACS+), polkovnik Robert Šipeč, načelnik Sektorja za opremljanje na Ministrstvu za obrambo, in dekan Fakultete za strojništvo prof. dr. Mihael Sekavčnik so med diskusijo naslavljali številne izzive, s katerimi se bomo kot družba srečevali v prihodnosti. Cilj fakultete pa je »da ostanemo fakulteta, ki razume globalne trende v gospodarskem okolju in s svojim delovanjem naslavljamo rešitve, ki bodo v prihodnosti omogočale družbi boljše življenje,« je konferenco zaključil dekan FS prof. dr. Mihael Sekavčnik.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

# FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO Z NOVO RAZISKOVALNO OPREMO ŠE VEČ MOŽNOSTI VRHUNSKIH RAZISKAV IN SODELOVANJA Z INDUSTRIJO – 1. DEL

Tanja Potočnik Mesarić

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani vsako leto investira v novo raziskovalno opremo v skladu s svojo strategijo razvoja do leta 2025. Ponosni smo, da smo v letu 2022 nabor najmodernejše raziskovalne opreme razširili še za 13 kosov, ki bodo še dodatno dvignili inovacijski potencial fakultete in priložnosti za sodelovanje z gospodarstvom. Fakulteta je v letu 2022 investirala v raziskovalno opremo več kot 1,9 milijona €, od tega je skoraj 745.000 € sofinancirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) v okviru javnega razpisa za sofinanciranje nakupov raziskovalne opreme (Paket 20).

Raziskovalna oprema, ki jo je fakulteta kupila s pomočjo ARRS, obsega ramanski spektrometer z optičnim mikroskopom, modularni sistem za karakterizacijo izotropnih in anizotropnih termičnih lastnosti aplikativnih multifunkcionalnih materialov, nadgradnjo sistema za 3D-tisk s selektivnim laserskim pretaljevanjem kovinskega prahu, etalonski merilnik pretoka plina s pomičnim batom, pozicionirno-analitični sistem za laserske nanoobdelave, visoko natančni 3D mikroEDM (electrical discharge machining) CNC obdelovalni stroj, opremo za raziskave pametnih 3D natisnjenih vibracijsko in temperaturno obremenjenih struktur, hitro tekočo videokamero, laserski sistem z velikim razponom repeticije ultrakratkih bliskov s spremenljivo dolžino za raziskave v optodinamiki, opremo za nadgradnjo naprednega 3D-tiskalnika kovin, FTIR-spektroskopijo s Fourierovo transformacijo, optično-laserski sistem za karakterizacijo hitrostnih razmer v posebnih makro- in minifluidnih sistemih ter BMF micro-Arch S240 10 micron 3D Printer – stereolitografski DLP 3D-tiskalnik z ločljivostjo 10  $\mu\text{m}$  in delovnim območjem 100 x 100 x 75 mm. Zaradi obsežnosti bomo opremo predstavili v več delih v naslednjih izdajah revije Ventil.

**Dr. Tanja Potočnik Mesarić**, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

## Ramanski spektrometer z optičnim mikroskopom z visoko prostorsko in spektralno ločljivostjo

Kot prvega predstavljamo popolnoma avtomatiziran ramanski spektrometer z optičnim mikroskopom z visoko prostorsko in spektralno ločljivostjo,



**Slika 1** : Ramanski spektrometer z optičnim mikroskopom z visoko prostorsko in spektralno ločljivostjo (foto: Laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo)



**Slika 2 :** Modularni sistem za karakterizacijo izotropnih in anizotropnih termičnih lastnosti aplikativnih multifunkcionalnih materialov (foto: IFP, d. o. o.)

ki je namenjen natančni analizi kemijske strukture širokega nabora površin iz organskih in anorganskih materialov. Njegova ključna lastnost in hkrati tudi edinstvena prednost je možnost sklopitve s tribološkim preizkuševališčem in in-situ izvedbo ramanske spektroskopije kontaktnih površin ter tankih mejnih površinskih filmov med tribološkim testom, kar je novost v Sloveniji. Vse te in druge lastnosti so ključne za študije mejnih nanopovršinskih filmov in omogočajo pomemben preskok v kakovosti naših raziskav. S tem ohranjamo in nadgrajujemo vodilno vlogo naših raziskav na področju zelenih tehnologij mazanja, na katerem smo izrazito aktivni in prepoznani v Evropi in širše.

### Modularni sistem za karakterizacijo izotropnih in anizotropnih termičnih lastnosti aplikativnih multifunkcionalnih materialov

Eden od ciljev naših raziskovalcev je sestaviti visoko učinkovito trdninsko toplotno diodo, katere prednost je, da ne potrebuje zunanje aktuacije pri upravljanju toplotnega toka. Za visoko učinkovitost teh naprav je ključnega pomena izbira ustreznih materialov z ustrezno specifično toploto in izrazito temperaturno odvisnostjo toplotne upornosti. Nova raziskovalna oprema, tj. modularni sistem za karakterizacijo izotropnih in anizotropnih termičnih lastnosti aplikativnih multifunkcionalnih materialov, omogoča karakterizacijo materialov in vrednotenje novih materialov in sestavov za uporabo na področjih hlajenja, črpanja toplote ter upravljanja s toploto. Glavna razvojna cilja naših raziskovalcev, za katera bodo prioriteto uporabljali modularni sistem, sta razvoj alternativnih tehnologij hlajenja in črpanja toplote (tj. tehnologije, ki ne temeljijo na parni kompresiji) ter razvoj in implementacija toplotnih kontrolnih elementov v sisteme. Aktivnosti

obeh glavnih ciljev so tako teoretične (numerični modeli, simulacije) kot eksperimentalne narave. S tem bomo utrdili vodilni položaj na področju razvoja kaloričnih tehnologij hlajenja in toplotnih kontrolnih elementov, kar bo omogočalo nadaljnje pridobivanje novih raziskovalnih in industrijskih projektov.

### Nadgradnja obstoječega sistema za 3D-tisk s selektivnim laserskim pretaljevanjem kovinskega prahu

Nadgradnja obstoječega sistema za 3D-tisk s selektivnim laserskim taljenjem kovinskega prahu (LASERTEC 30 SLM) obsega dodatni modul za prah AISi10Mg0,5 z začetno količino prahu ter s programsko opremo za optimizacijo 3D-tiskanja s selektivnim laserskim taljenjem. Poleg varnega in učinkovitega rokovanja s prahom pred procesom, med njim in po njem dodatni modul omogoča tudi preprosto, hitro in varno menjavo materiala prahu za tiskanje z izmenjavo modulov. Nadgradnja obstoječega sistema za 3D-tisk s selektivnim laserskim taljenjem kovinskega prahu podpira širok spekter raziskovalnih ciljev, ki jih pokriva raziskovalno in razvojno delo več laboratorijev Fakultete za strojništvo, in predstavlja osnovo za raziskave in razvoj na področju karakterizacije, modeliranja, optimizacije, napovedovanja in prediktivnega vodenja kompleksnega dinamskega procesa 3D-tiska s selektivnim laserskim taljenjem kovinskega prahu.



**Slika 3 :** Nadgradnja obstoječega sistema za 3D-tisk s selektivnim laserskim pretaljevanjem kovinskega prahu (foto: IFP, d. o. o.)

Za vsa dodatna vprašanja v zvezi z opremo in možnostmi sodelovanja se lahko obrnete na [rr@fs.uni-lj.si](mailto:rr@fs.uni-lj.si).

## NAJVEČJI PROJEKT NA FAKULTETI ZA STROJNIŠTVO UL DOSLEJ

*Mobility GT: Tribološke raziskave površin in kontaktov za zeleno mobilnost* – CoFund projekt Obzorja Evropa prejel Pečat odličnosti, s katerim bo prof. dr. Mitjan Kalin koordiniral projekt 24 podoktorskih raziskav v vrednosti 7,6 milijonov evrov.



Konstruiranje površin in mejnih površinskih filmov je interdisciplinarno področje, zato je potrebno široko in hkrati poglobljeno znanje inženirstva, kemije, fizike in materialov. Ko temu dodamo še zahteve po zelenih in trajnostnih sistemih, raziskave in rešitve presegajo zmogljivosti ene same raziskovalne skupine ali univerze, zato zelena mobilnost, da bi uspela, potrebuje širše povezovanje.

Mobility GT ponuja financiranje 24 triletnih podoktorskih raziskav, od tega 12 na Fakulteti za strojništvo Univerze v Ljubljani ter po 4 na Univerzi v Leedsu (UK), Tehnološki univerzi Luleå (SE) in Univerzi v Coimbri (P). V projektu sodeluje 51 pridruženih partnerjev iz 13 držav, od tega 11 pomembnih slovenskih izvoznikov na področju avtomobilske

industrije, kot so Hidria, Kolektor, IM, Hella, Mahle, Unior itd., pa tudi druga svetovno priznana podjetja, npr.: Volvo, Scania, SKF, Oerlikon, Cummins, Infineum, KissSoft, Hauzer itd., ki bodo omogočili obvezno 3-mesečno usposabljanje podoktorskih raziskovalcev. Mobility GT predstavlja tretjo fazo v razvijajoči se evropski platformi TRIBOS, ki v koordinatorstvu prof. dr. Mitjana Kalina že upravlja evropsko magistrsko mrežo Tribos+ in doktorsko mrežo GreenTRIBOS.

Podoktorski raziskovalci bodo skupaj z mentorji raziskovali na področjih inovativnih medsektorskih raziskav, ki temeljijo na mednarodni mobilnosti in zagotavljajo vrhunsko usposabljanje o tribologiji materialov, površin in mejnih filmov za prihodnost trajnostne zelene mobilnosti. Podoktorskim raziskovalcem je omogočena široka paleta tem in področij dela: od zelenega mazanja in površinske nanotehnologije do mejnih in tribokemijskih filmov, lahkih kompozitov in modeliranja mazanja ter protiobrabnih in nizkostržnih površinskih prevlek. Vse to je osrednjega pomena za evropski zeleni dogovor in potrebo po zmanjšanju skoraj nepredstavljivih 20–25 % celotne svetovne proizvodnje energije, ki se danes porablja za trenje. Program vključuje mednarodno izbirno komisijo za kandidate in projekte na najvišji svetovni ravni, med katerimi je polovica prejemnikov najvišje svetovne nagrade s področja tribologije (*Tribology Gold Award*). Mobility GT bo namenil posebno pozornost enakopravnosti spolov in etiki v raziskavah na podlagi Evropske listine in Kodeksa za zaposlovanje raziskovalcev.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)





## DVE OBLIKOVALSKI NAGRADI ZA Elesa+GANTER

Ergonomija, vrhunska funkcionalnost in izjemna optika. Z novo oblikovalsko serijo iz plemenitega jekla je podjetje Elesa+Ganter ponovno pustilo svoj pečat – in zato prejelo nagradi German Design Award in iF Design Award.



Industrijsko oblikovanje je tudi pri investicijskih materialih že dlje časa eden od pglavitnih znakov kakovosti. Oblikovanje namreč zagotavlja videz izdelka, ki je kar najbolj privlačen za trg, hkrati pa izboljšuje funkcionalnost, ergonomijo in celo znižuje stroške proizvodnje in uporabe. To ne zadeva samo velikih strojev in sistemov, temveč tudi vsak profesionalni izdelek, kot so na primer izvijači, roboti, stikalne omarice – in standardizirani elemen-

ti. Pozitivne učinke oblikovanja dokazuje tudi nova oblikovalska serija Elesa+Ganter, ki smo jo kot vodilno podjetje na tržišču razvili skupaj z oblikovalsko agencijo Corpus-C iz Fürtha. Serija iz plemenitega jekla A4 je sestavljena iz T-ročaja GN 5063, krilatih matic GN 8340 kot tudi krilatih vijakov GN 8350, ki so na voljo z zunanjim oz. notranjim navojem od M5 do M12.

Ti trije standardizirani elementi temeljijo na enakem oblikovalskem jeziku mehkih, a kljub temu jasnih linij, ki so hkrati elegantne in izjemno funkcionalne. Gladki poteki in mehki prehodi olajšajo čiščenje površin, ki so na voljo v matirani ali polirani izvedbi. Poleg tega oblikovanje zagotavlja boljšo ergonomijo dela in s tem tudi lažjo uporabo večjih sil pri upravljanju.

Zadržano in poenoteno oblikovanje se sklada s skoraj vsako oblikovalsko linijo in omogoča formalno usklajeno integracijo različnih vpenjalnih ter upravljalnih funkcij, s tem pa enotno podobo različnih strojev.

Za T-ročaje in družino krilatih matic/vijakov smo v podjetjih Elesa+Ganter in Corpus-C prejeli kar dve ugledni nagradi: German Design Award 2022 in iF Design Award 2022. Žirija nagrade iF Design Awards je izpostavila predvsem »izjemne ergonomske lastnosti«, pa tudi »brezčasno« in »izjemno kakovostno« estetiko.

Več informacij je na voljo na: [elesa-ganter.si](http://elesa-ganter.si).

POSVET

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2023 - ASM '23

06. decembra 2023

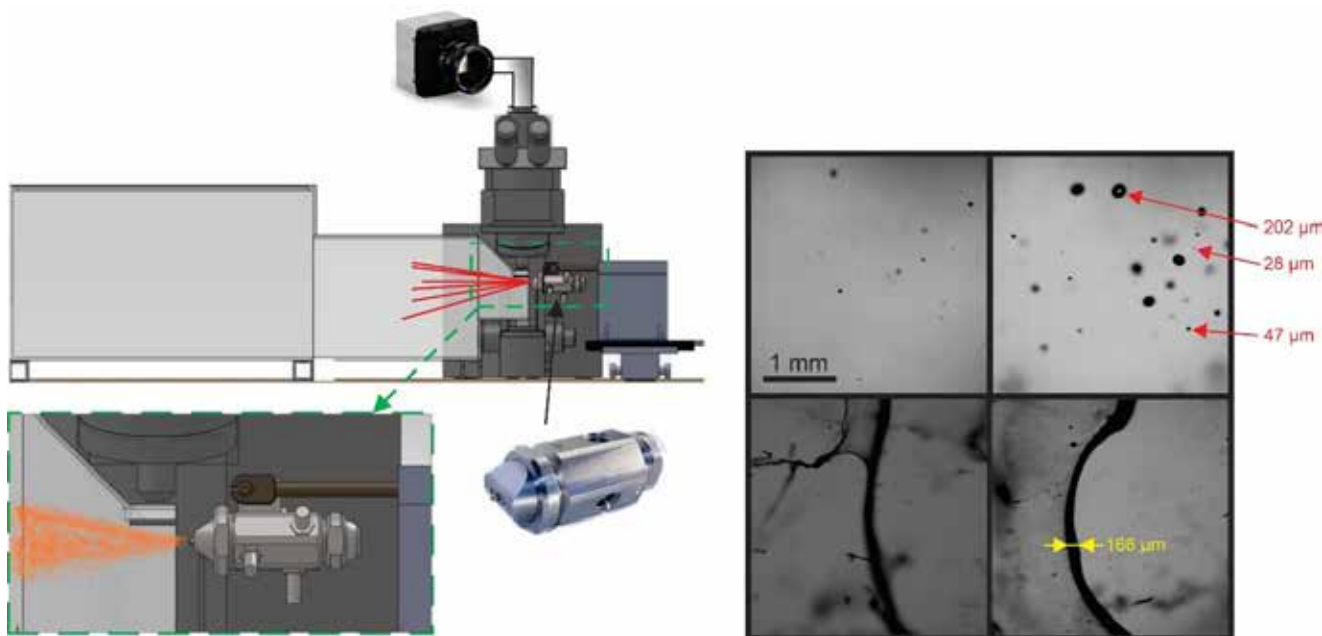
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

aktualne novice o posvetu so na voljo na [www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)

# KARAKTERIZACIJA PROCESA PRŠENJA Z UPORABO INOVATIVNEGA PRISTOPA SKLOPITVE OPTIČNEGA MIKROSKOPA IN HITROTEKOČE KAMERE

Učinkovita atomizacija kapljev in je pri procesu pršenja ključnega pomena v mnogih industrijskih aplikacijah in je nepogrešljiva tudi v farmaciji. Pri proizvodnji trdnih farmacevtskih oblik je optimizacija atomizacije potrebna za doseg želenih rezultatov v fazah granulacije ter pri filmskem oblaganju tablet. Za opazovanje tvorjenja ligamentov in kapljic na mikronski velikostni skali, ki potujejo pri hitrostih do 50 m/s, je navadno zahtevana kompleksna eksperimentalna oprema s pulzirajočo osve-

tlitvijo in dodajanjem sledljivih delcev, kar omejuje neposreden prenos eksperimentalnih rezultatov na dejansko stanje v praksi. V okviru potreb po hitrejši in zanesljivi analizi procesa pršenja je v sodelovanju med Laboratorijem za toplotno tehniko Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani in podjetjem Krka, d. d., Novo mesto nastala raziskava, ki predstavlja uporabo inovativne metode za določanje hitrosti in velikosti kapljic ter hkrati omogoča analizo razpada kapljevinskih ligamentov.



**Slika 1 :** Eksperimentalni sistem za karakterizacijo pršenja (levo) in primer dobljenih rezultatov (desno).

Študija, ki so jo raziskovalci izvedeli z uporabo čiste vode in treh različnih disperzij hidroksipropil metil celuloze (HMPC), dokazuje uporabnost predstavljenih metode v širokem spektru velikosti kapljic (49–413 μm) in njihovih hitrosti (10–46 m/s). Hkrati pa predstavlja možnost analize učinkovitosti razpada ligamentov na podlagi oblike porazdelitve kumulativne volumetrične velikosti kapljic. Zaradi enostavnosti eksperimentalnega sistema in robustnosti uporabljenih algoritmov za strojno obdelavo slik je

predstavljena metoda potencialno primerna za neposredno spremljanje in optimizacijo procesa pršenja v realnem času.

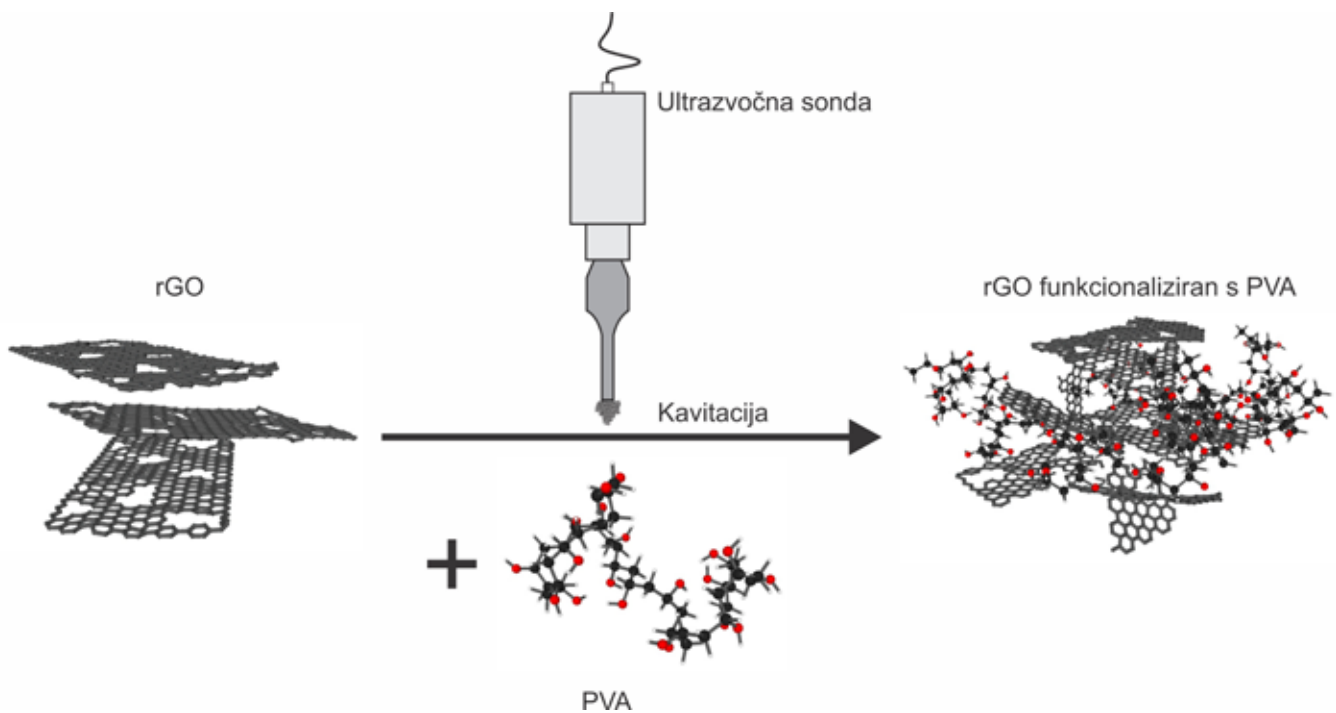
Članek je objavljen v reviji International Journal of Pharmaceutics (IF = 6,51) in je prosto dostopen na povezavi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2022.122412>.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)



# FUNKCIONALIZACIJA REDUCIRANEGA GRAFEN OKSIDA Z ULTRAZVOČNO KAVITACIJO

Prof. dr. Matevž Dular iz Laboratorija za vodne in turbinske stroje (LVTs) je v sodelovanju z raziskovalci s Fakultete za kemijo in kemijsko tehnologijo (Univerze v Ljubljani) in Argonne National Labs (ZDA) raziskal možnost uporabe ultrazvočne kavitacije za funkcionalizacijo *reduciranega grafen oksida*. Rezultate raziskave so objavili v reviji *Ultrasonics Sonochemistry* (IF = 9.336).



**Slika 1:** Grafična predstavitev funkcionalizacije rGO s PVA z uporabo ultrazvočne kavitacije

Grafen, material z izjemnimi toplotnimi, električnimi, optičnimi in mehanskimi lastnostmi, postaja vse bolj zanimiv za uporabo v sodobnih električnih napravah. S prilagajanjem njegovih lastnosti določenemu namenu, tj. z njegovo funkcionalizacijo, je mogoče izdelati visoko zmogljive elektronske sisteme. V študiji so raziskovalci dosegli funkcionalizacijo reduciranega grafenovega oksida (rGO) z ultrazvočno obdelavo v enostopenjskem procesu z uporabo polivinil alkohola (PVA) kot modelne molekule, ki se veže na povr-

šino rGO. Raziskali so vpliv energije sonikacije na učinkovitost funkcionalizacije rGO in pokazali, da obstaja optimum, ki ga na eni strani določa minimalna potrebna amplituda tlačnih valov, na drugi pa minimalna velikost delcev rGO po sonikaciji.

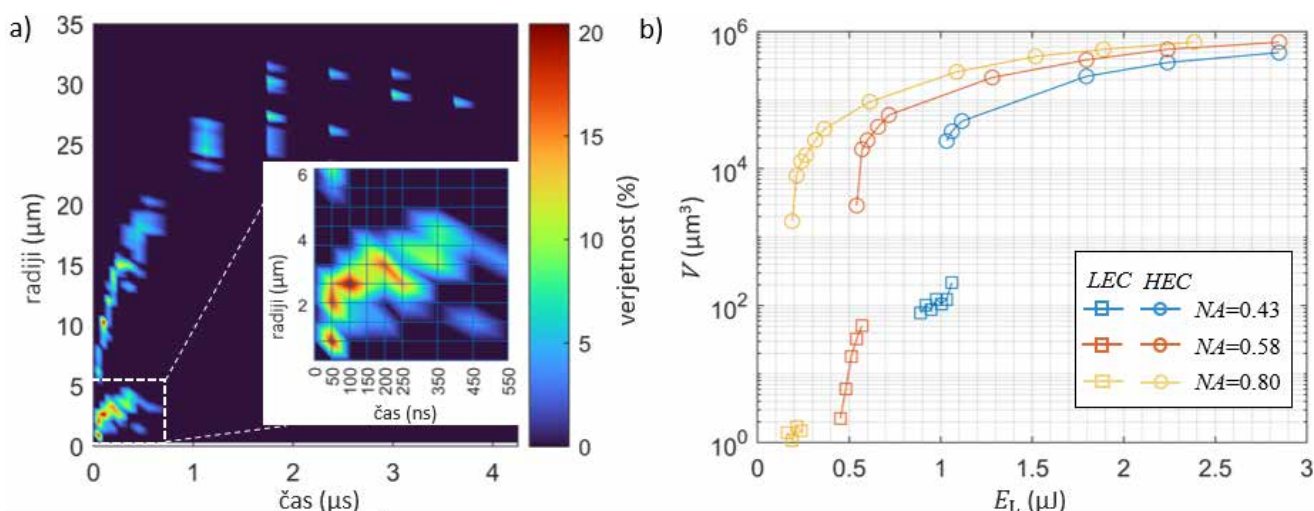
Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106212>.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)



# NUKLEACIJA BLIZU PRAGA IN RAST KAVITACIJSKIH MEHURČKOV, USTVARJENIH S PIKOSEKUNDNIM LASERJEM

Raziskovalci Laboratorija za fotoniko in laserske sisteme (FOLAS) so raziskali nastanjanje kavitacijskih mehurčkov s premerom nekaj mikrometrov povzročenih v vodi s pikosekundnim laserjem in prvič vizualizirali oster prehod v pretvorbi laserske energije v mehansko energijo. Rezultati študije so objavljeni v reviji *Ultrasonics Sonochemistry* (IF: 9,336).



**Slika 1 :** a) Mešani proces nastanka mehurčka in njegova rast pri energiji laserskega pulza in b) največji volumen mehurčka  $V$ , izrisan v odvisnosti od energije laserskega pulza za tri numerične aperture. Na grafu sta označeni dve skupini: dogodki z nizko pretvorbo energije (LEC), pri katerih je zaznan samo mehurček, in dogodki z visoko pretvorbo energije (HEC), pri katerih je mehurček zaznan skupaj z udarnim valom in plazmo.

Laserski pulz zadostne energije v vodi ali mediju na vodni osnovi povzroči nastanek plazme, ki jo na splošno spremlja hiter dvig temperature, čemur sledita izsevanje udarnih valov in kavitacija. S tem se del laserske energije pretvori v mehansko energijo, ki lahko negativno vpliva na območje izven laserskega fokusa.

Dvojni prag v pretvorbi je bil potrjen z merjenjem velikosti plazme, velikosti kavitacijskih mehurčkov in amplitude povzročenih udarnih valov. Identificirana sta bila dva tipa dogodkov z nizko (LEC) in visoko (HEC) pretvorbo energije vzbujevalnega laserja v potencialno energijo kavitacijskega mehurč-

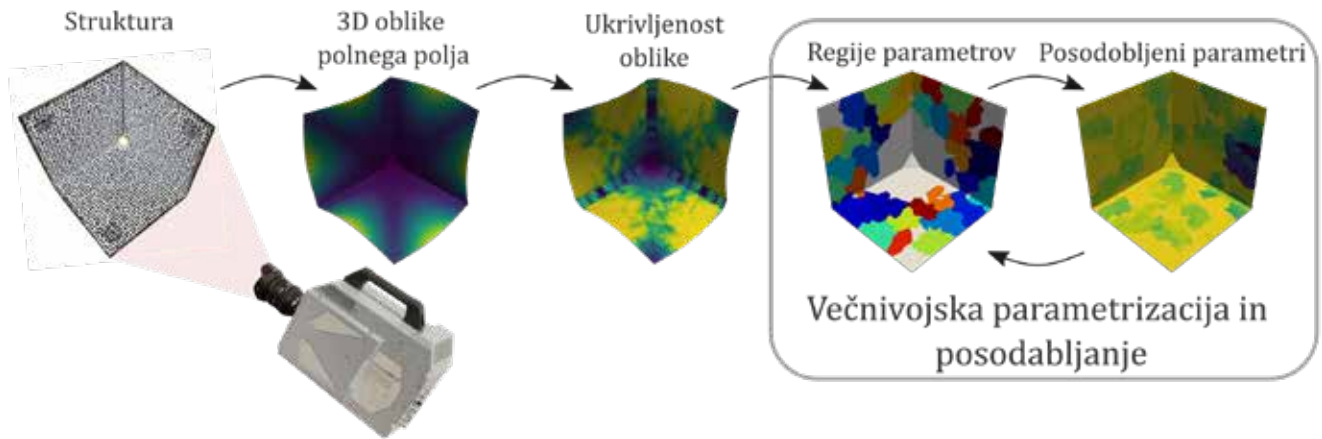
ka. V primeru dogodkov LEC je rezultat zmanjšana mehanska obremenitev medija na vodni osnovi.

Objavljeno delo dopolnjuje znanje in raziskave pojava kavitacije, ki nastane kot posledica laserskega preboja, s preučevanjem dinamike mehurčkov in pretvorbe energije iz laserskega vzbujevalnega vira v mehansko energijo pojava kavitacije. Rezultati so uporabni pri laserskih posegih v biološka tkiva, kjer je zaželeno minimalno vplivanje na okolico.

Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106243>.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

## VEČNIVOJSKA PARAMETRIZACIJA NA PODLAGI UKRIVLJENOSTI IN POSODABLJANJE MODELA Z UPORABO 3D-ODZIVA POLNEGA POLJA



Raziskovalci Laboratorija za dinamiko strojev in konstrukcij (LADISK) na Fakulteti za strojništvo so objavili članek v eni od vodilnih revij s področja mehanike – Mechanical Systems and Signal Processing (4/137, IF = 8,934). Dinamski prostorski odziv celotnega polja strukture so raziskovalci identificirali z uporabo najnovejše metode merjenja s hitro kamero. Odzive so uporabili za identifikacijo materialnih parametrov numeričnega modela merjene strukture. Predstavili so metodo za samodejno izbi-

ro parametrov, ki omogoča natančno identifikacijo lokaliziranih nepravilnosti na strukturi. S predlagano metodo je geometrično zapletena struktura samodejno parametrizirana, kar posplošuje postopek posodabljanja modela.

Povezava do članka: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2022.109927>.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

# RAZVIT IN IZDELAN V SLOVENIJI

# YASKAWA

# GP20

## GLAVNE PREDNOSTI

- Vitka in robustna zasnova
- Uporaba v različnih robotskih aplikacijah
- 20 kg nosilnosti
- Velik polmer dosega: 1.802 mm
- Hiter / visoki pospeški in pojemki
- Enostaven zagon, uporaba in vzdrževanje

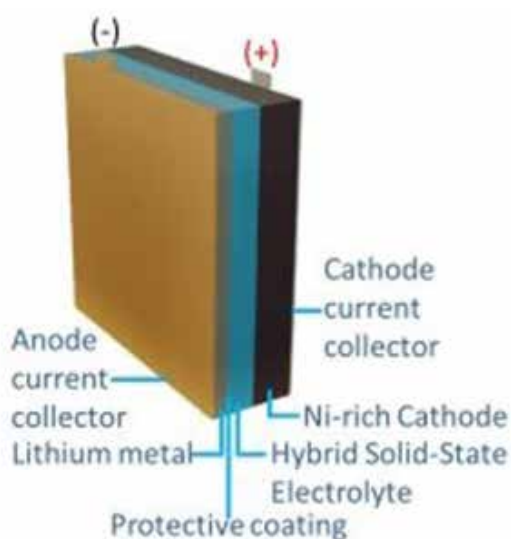
YASKAWA Slovenija d.o.o. [www.yaskawa.si](http://www.yaskawa.si)



Controlled by  
YRC1000

## RAZVOJ NASLEDNJE GENERACIJE BATERIJ S TRDNINSKIM ELEKTROLITOM

Proizvodnja in shranjevanje energije sta med ključnimi procesi moderne dobe. Prehod v ogljično nevtravno gospodarstvo je v veliki meri povezan z baterijskimi tehnologijami, ki jih je tudi Evropska unija (EU) identificirala kot eno izmed ključnih tehnologij. Trenutno na trgu baterij prevladujejo litij-ionske baterije. Vendar pa običajne litij-ionske baterije s tekočinskimi elektroliti dosegajo svoje meje zmogljivosti z ozirom na energijsko gostoto in se ob tem soočajo tudi z varnostnimi težavami. Tem izzivom se je možno izogniti z novimi generacijami baterij, kot so baterije s trdninskim elektrolitom, ki imajo visoko energijsko gostoto in so proizvedene v EU, zato omogočajo vzpostavitev novih evropskih verig vrednosti, ki lahko ključno prispevajo k doseganju ciljev zelenega dogovora.

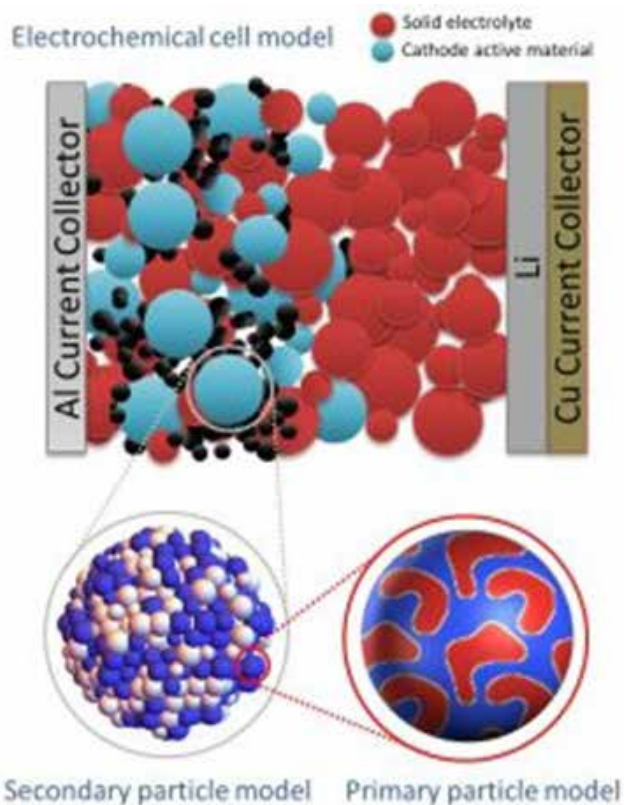


Avtor: Igor Mele

Kot odgovor na zastavljene izzive bo projekt ADVAGEN (ang. Development of ADVANCED next GENERATION Solid-State batteries for Electromobility Applications) financiran s strani Evropskega programa za razvoj in inovacije Obzorje Evropa, razvil novo tehnologijo baterijskih celic z litijevo kovinsko elektrodo in varnim, zanesljivim in visokozmogljivim hibridnim trdninskim elektrolitom na oksidno-sulfidni osnovi. Inovativni hibridni trdninski elektrolit bo integriran z novo litijevo kovinsko anodo in katodo z visoko vsebnostjo niklja s ciljem demonstracije vrhunske energijske gostote in vzdržljivosti baterijske celice, kar bo omogočilo krepitev vodilne vloge EU na področju tehnološkega razvoja in proizvodnje baterij v skladu z načrtom ERTRAC-ove strategije elektrifikacije in akcijskega načrta SET-Plan.

Konzorcij projekta ADVAGEN sestavlja 14 multidisciplinarnih partnerjev iz devetih držav z bogatimi izkušnjami na področju razvoja baterijskih tehnologij in njihove proizvodnje: od avtomobilske indu-

strije (Toyota Motor Europe), proizvajalcev industrijskih materialov (Ceramic Powder Technology, Avesta Battery & Energy Engineering, Schott), proizvajalcev baterij (Avesta Battery & Energy Engineering) do centrov za raziskave in razvoj (Ikerlan, CEA - Commissariat a L'energie Atomique Et Aux Energies Alternatives, IREC - Catalunya, Technische Universität Braunschweig, CIC energiGUNE, Politecnico di Torino, INEGI, FEV Europe, Univerza v Ljubljani) in specializiranih svetovalnih podjetij (Euroquality, Techconcepts), ki skupno tvorijo celotno verigo znanja in vrednosti.



Avtorja: Igor Mele, Tomaž Kutrašnik

Ekipa raziskovalcev Univerze v Ljubljani, Laboratorija za motorje z notranjim zgorevanjem in elektromobilnost (LICeM), pod vodstvom prof. dr. Tomaža Ktrašnika bo v tem štiriletnem projektu vodila Delovni paket 6 - Večskalno modeliranje, ki je namenjen razvoju in optimizaciji vseh sestavnih materialov končne celice s trdninskim elektrolitom. Osredotočili se bodo na inovativne modele oksidno-sulfidnega hibridnega elektrolita in na njegove interakcije s trdninsko katodo na osnovi materiala NMC, bogatega z nikljem, ter na tanko kovinsko anodo, naneseo na bakrene tokovne nosilce. Raziskovalci Univerze v Ljubljani se bodo v okviru delovnega paketa osredotočili na inovativne pristope mezoskopskega modeliranja za analize pojavov na vmesnih plasteh in v katodnem materialu, na modeliranje elementarne elektrokemijske celice in razvoj fizikalno in kemijsko konsistentnega modela nadomestnega vezja.

Vodilna vloga na področju večskalnega modeliranja potrjuje kompetence LICeM-a na tem področju, medtem ko projekt ADVAGEN sinergijsko dopolnjuje razvoj naprednih modelirnih orodij, ki jih LICeM razvija tudi v drugih projektih Obzorja Evrope: PULSELiON (ang. PULsed Laser depoSiTion tEchnology for soLid State battery manufacturing supported by digitalization) in NEXTCELL (ang. Towards the next generation of high performance li-ion battery cells), v projektih, ki jih financira avstrijska raziskovalna agencija: MoSiLiB (ang. Modeling and development of silicon-tin sulfide composite anodes for generation 3b MoSiLiB lithium-ion batteries), in v projektu Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS): Napredni večskalni model NMC katodnih materialov za izboljšane sisteme za shranjevanje energije naslednje generacije.

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)

# AIG'23

13. - 14. april 2023, Hotel Habakuk, Maribor

Za informacije smo  
vam na voljo:

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

tel.: 02 220 7162

[konferenca@aig.si](mailto:konferenca@aig.si)

VABILO NA KONFERENCO:

## Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu

**Organizator:** Društvo avtomatikov Slovenije in Univerza v Mariboru, FER

**Osrednja tema konference:** **Tovarne prihodnosti in zeleni prehod v družbo 5.0**

### Izvedba konference:

Vabljeni predavanja, predstavitve člankov, podelitev nagrad Tehnološke mreže, predstavitve pokroviteljev, borza kadrov in tekmovanje študentskih prispevkov. Teme predavanj bodo osredotočene na avtomatizacijo industrijskih obratov, avtomatizacijo v logistiki in prometu, avtomatizacijo v energetiki, pametna mesta in skupnosti, pametne stavbe in dom, krožno gospodarstvo, trajnostna pridelava hrane, tovarne prihodnosti in mobilnost ter izkušnje in izzivi pri izobraževanju avtomatikov na daljavo.

### Časovni mejniki:

Prijava prispevkov (naslov članka in povzetek):

15. 2. 2023. Podaljšano do 1. 3. 2023

Prijavo pošljite na: [konferenca@aig.si](mailto:konferenca@aig.si)

Prijava razstavljalcev: 15. 3. 2023

Obvestilo o izboru: 15. 3. 2023

Oddaja člankov: 15. 3. 2023

Prijava udeležbe: do začetka konference

### Cenik konference:

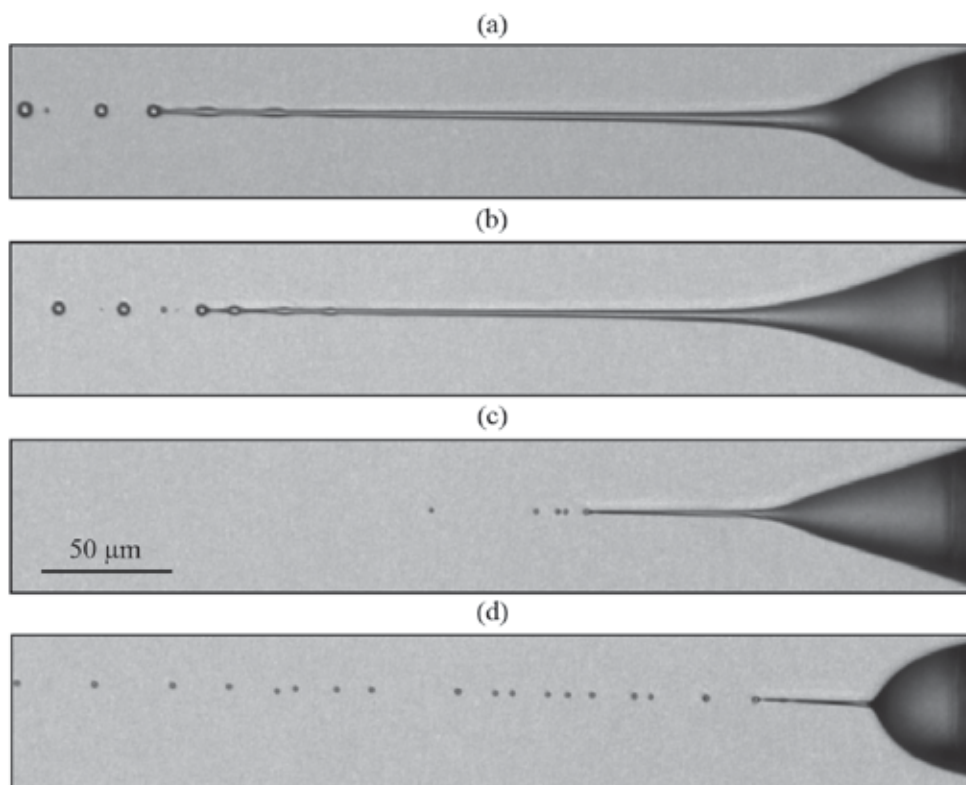
Kotizacija za udeležence: 250 €

Vključuje predavanja, ogled razstave, kosilo in večerjo

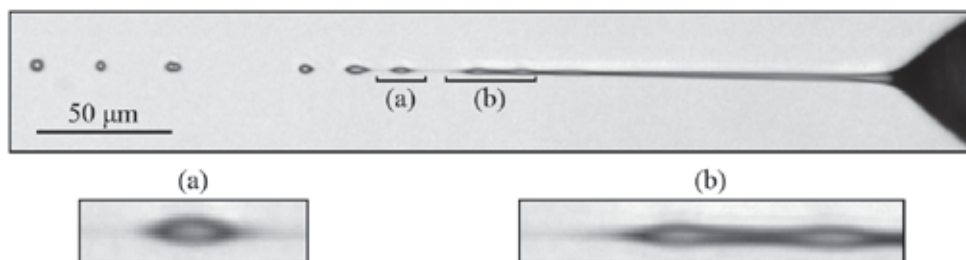


## EKSPERIMENTALNA RAZISKAVA KAPLJEVITIH MIKRO-CURKOV, PROIZVEDENIH S PLINSKO DINAMIČNO VIRTUALNO ŠOBO POD VPLIVOM ELEKTRIČNEGA POLJA

Eksperimentalna študija o medsebojnem vplivu fokusiranja s plinom in električnim poljem na značilnosti mikro curkov je bila nedavno objavljena v reviji *Frontiers in Molecular Biosciences*, IF=6.113. V študiji je bila predlagana pomoč električnega polja za dostavo proteinskih mikrokristalov v rentgenske žarke, ki jih ustvarjajo sinhrotroni ali laserji s prostimi elektroni.



Oblike curkov pri različnih procesnih parametrih



Razpad curka na kapljice

Članek je rezultat sodelovanja med Laboratorijem za dinamiko fluidov in termodinamiko (LFDT), Fakultete za strojništvo in Center for Free-Electron Laser Science (CFEL) iz DESY, Hamburg ter Univerze v Seville. Bor Zupan, ki je prvi avtor tega prispevka, je s tematike, opisane v članku, v začetku 2023 magistriral pod mentorstvom prof. Šarlerja. V okviru znanstvenega obiska v DESY je izvedel meritve in obširne analize z instrumenti, ki jih je razvila Gisel Peña Murillo iz CFEL. Prispevek opisuje nove zanimive oblike curkov, ki zahtevajo nadaljnje eksperimentalne, teoretične in numerične študije. Prispevek nadaljuje vrsto uspešnih rezultatov dolgoročnega znanstvenega sodelovanja skupine prof. Šarlerja s skupino dr. Saše Bajt iz CFEL, DESY.

Povezava na publikacijo: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmolb.2023.1006733/full>

[www.fs.uni-lj.si](http://www.fs.uni-lj.si)



# Celjski sejem

## Mednarodni industrijski sejem

**18.-21. APRIL 2023**

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

- FORMA TOOL - orodjarstvo in strojogradnja
- VARJENJE IN REZANJE
- INDUSTRIJA POLIMEROV - PLAGKEM
- INDUSTRIJSKO VZDRŽEVANJE - TEROTECH
- INDUSTRIJSKA AVTOMATIZACIJA, ROBOTIKA  
IN ELEKTRONIKA

# SMERNICE TEHNOLOŠKEGA RAZVOJA IN IZZIVI ZA NOVODOBNO INDUSTRIJO

Janez Škrlec

Industrijsko konvergenco danes oblikujejo predvsem velika industrijska podjetja, tehnološko konvergenco pa tudi mala in mikropodjetja. Digitalizacija in digitalna transformacija sta v polnem razcvetu. Industrija 4.0 se udejanja, kot je bila načrtovana že pred več kot desetletjem, vendar se v prihodnosti obetajo precejšnje spremembe, ki jih bo prinesla industrija 5.0 in družba 5.0 z uporabo konvergenčnih tehnologij DARQ in NIBIC.

Na obzorju se oblikuje tudi postdigitalna doba, sprememba industrijskih politik ter intenziven razvoj v smeri biodigitalne konvergence in vstopanja bionike v industrijo zdravstva, medicine in v različne industrijske sektorje, tudi na področje avtomatizacije in robotizacije proizvodnih procesov, na primer z uporabo BAS (Bionic Assembly System), z bioničnim oblikovanjem, uporabo bioničnih algoritmov in biodigitalnih dvojčkov (DTB) in drugim.

## Nove razvojne paradigme in oblikovanje novih industrij

Skupina TechVision ponuja nabor strateških storitev, ki segajo od stalnega toka procesov v prihodnost usmerjene inteligence o nastajajočih tehnologijah in novodobnih inovacijah, interaktivnosti s strokovnjaki za tehnologijo in industrijo. Njihove storitve opolnomočijo uporabnike širom po svetu z idejami in strategijami za izkoriščanje prebojnih tehnologij in inovacij za spodbujanje transformacijske rasti še zlasti njihovih organizacij. Pri nas v Sloveniji žal takšnih storitev praktično ne poznamo.

Advanced Manufacturing TechVision Opportunity Engine (TOE) tedensko pokriva globalne inovacije in razvoj v zvezi s proizvodnjo in industrijsko avtomatizacijo. Inovacije so osredotočene na izboljšanje sledljivosti izdelkov, energetske učinkovitosti in zmanjševanje okoljskih odtisov, vključevanje zasnove izdelkov in proizvodnih vidikov za skrajšanje časa do trženja. Področja, ki se osredotočajo na raziskave, so hitra izdelava prototipov (aditivna proizvodnja), lažji izdelki iz novih materialov in bioničnim oblikovanjem (spojitev več materialov, pro-

izvodnja plastike in kovin, proizvodnja kompozitov na osnovi ogljikovih vlaken in drugo), pametna robotika (agilni roboti, humanoidni roboti, potrošniški roboti, rojeva robotika, koboti), spremljanje in nadzor (brežžično krmiljenje), pametna omrežja, vmesniki človek-stroj ter simulacije in modeliranje (programska oprema za načrtovanje in simulacijo). Grozd napredne proizvodnje in avtomatizacije (AMA) zajema tehnologije, ki omogočajo čisto, vitko in prilagodljivo proizvodnjo in industrijsko avtomatizacijo. Tehnologije, kot so 3D- in 4D-tisk, brezžični senzorji in pametna omrežja, informacijska in komunikacijska tehnologija, spajanje več materialov, proizvodnja kompozitov, digitalna proizvodnja, mikro- in nanoprodukcija, laserji, napredna programska oprema in tiskarske tehnike, so zajete kot del te napredne razvojne skupine. Tehnologije danes vplivajo na široko paleto industrij, kot so udarni polprevodniški sektor, avtomobilski in transportna industrija, vesoljska in obrambna industrija, medicinska industrija, zdravstvo, logistika, elektronika, bionika in drugo.

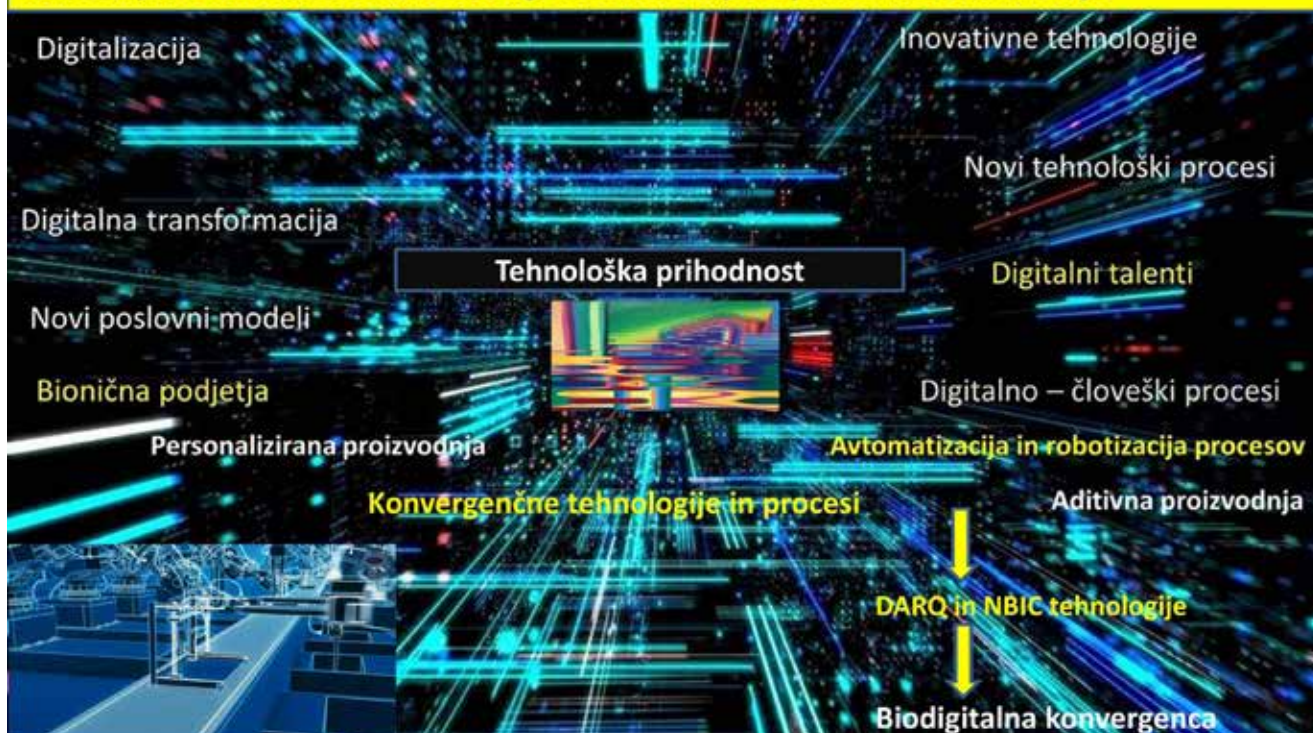
## Kaj bi nam lahko prineslo ambientalno računalništvo v povezavi z biodigitalno konvergenco?

Ambientalno računalništvo je širok izraz, ki opisuje okolje pametnih naprav, podatkov, odločitve in človeško dejavnost, ki omogoča računalniška dejanja ob vsakdanjem življenju, brez potrebe po neposrednih človeških ukazih ali posredovanju. Ambientalno računalništvo pa pomeni tudi vizijo visokotehnološkega razvoja, ki postavlja resna vprašanja o zasebnosti in interoperabilnosti. Ambientalno računalništvo bi mogoče v nekoliko oddaljeni prihodnosti lahko doseglo svoj polni potencial, in sicer na način, da nam nikoli ne bi bilo treba komunicirati z napravami preko tipkovnic in zaslonov. Ambiental-

Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil

# Tehnološka prihodnost

Industrijska in tehnološka konvergenca narekujeta prihodnost industrije



Infografika: Tehnološka prihodnost (vir: Janez Škrlec)

no računalništvo bi namesto tega osvobodilo uporabnika, da svoj čas in mentalno energijo usmeri v druge naloge, pri čemer bi s svojimi napravami komunicirali samo z glasom ali s pogledom oziroma tudi preko možganskih vmesnikov. Ta oblika računalništva se že danes uporablja na posameznih področjih, tudi na področju človeške bionike, kjer bi s to obliko računalništva lahko pomagali ljudem z okvaro različnih vitalnih življenjskih funkcij. Strokovnjaki vidijo prav tu začetek pravih povezav ambientalnega računalništva z biodigitalno konvergenco. Elementi ambientalnega računalništva se že danes pojavljajo s kopičenjem naprav IoT – inter-

neta stvari. Internet stvari je ekosistem pametnih naprav, opremljenih s senzorji, ki zbirajo podatke o okolju. Začetni elementi ambientalnega računalništva so povezani tudi z zasloni na dotik. Vse te tehnologije pa seveda počasi in zanesljivo vstopajo v vse industrijske sektorje. Zanimivo je, da smo nekatere tehnološke trende, ki se danes že udeležujejo, napovedovali v okviru nekoč popularnih tehnoloških dnevov in nanotehnoloških dnevov, ki smo jih vrsto let organizirali v okviru OZS ob podpori inštitutov in fakultet. Danes te trende promoviramo pri nas le še v okviru projekta MIZŠ Stičišče znanosti in gospodarstva.

POSVET

## AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2023 - ASM '23

06. decembra 2023

na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

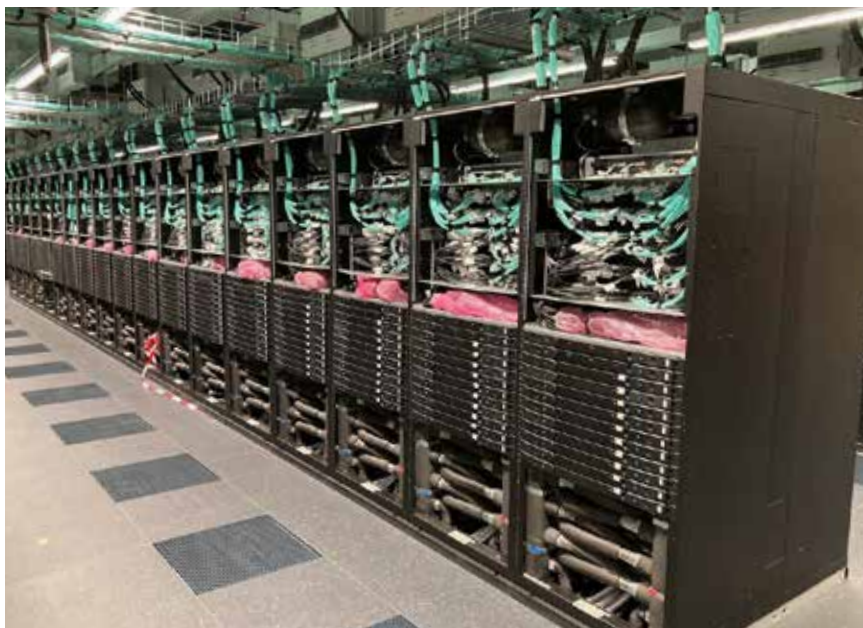
aktualne novice o posvetu so na voljo na [www.posvet-asm.si](http://www.posvet-asm.si)

# S POMOČJO PODJETJA ATR.SIS ZAŽIVEL EDEN IZMED NAJZMOGLJIVEJŠIH SUPERRAČUNALNIKOV NA SVETU

Mitja Koželj

Novi superračunalnik *Leonardo*, ki ga gosti italijanska družba Cineca iz Bologne, je skoraj dokončan. Vgradnja več tisoč komponent s skupno težo okoli 380 ton in vzpostavitev okoli 15.000 povezav med gradniki je zahtevala kar 750 človek dni intenzivnega dela. Gre namreč za enega izmed redkih predstavnikov t. i. »exa-scale« superračunalnikov, ki jih v Evropi gradi Skupno podjetje za evropsko visokozmogljivostno računalništvo (EuroHPC). Bližnji, čeprav okoli petindvajsetkrat zmogljivejši sorodnik slovenske Vege – ta že več kot leto in pol znanstvenikom pomaga pri pomembnih odkritjih in predstavlja največjo slovensko raziskovalno infrastrukturo – bo dokončno nared meseca aprila. Tako kot Vega je tudi Leonarda v celoti sestavilo podjetje ATR.SIS iz Trzina skupaj s svojimi partnerji.

V okviru nastajajočega centra Tecnopolo Bologna, ki bo sčasoma postal eden največjih visokotehnoloških centrov na svetu, stoji pomemben gradnik evropske samostojnosti na področju superračunalniških zmogljivosti. Ko bo do konca dograjen, bo Leonardo eden izmed najzmogljivejših tovrstnih sistemov na svetu, sposoben izračunati več kot dvesto petdeset bilijard operacij na sekundo (250 PFLOP), obenem bo imel kar 100 pentabajtov skupnega diskovnega prostora. Še podatek za poznavalce: njegova FP16 AI zmogljivost bo 10 ExaFLOP. Omenjene številke bi ga uvrstile na tretje mesto globalne superračunalniške lestvice TOP500, če bi bil dokončan v trenutku nastajanja tega prispevka. V fazi, ko nekaj gradnikov še manjka, na omenjeni lestvici zavzema visoko 4. mesto (HPL zmogljivost (High-Performance Linpack) 174.7 PFLOP).



*Vgradnja več tisoč komponent s skupno težo okoli 380 ton ter vzpostavitev okoli 15.000 povezav med gradniki je zahtevala kar 750 človek dni intenzivnega dela*

Tako kot pri projektu postavitve slovenskega superračunalnika Vega, ki je v prostorih Instituta informacijskih znanosti Izum v Mariboru, je ključno vlogo pri

projektu igralo slovensko podjetje ATR.SIS iz Trzina, ki je v okviru projekta skupaj s svojimi partnerji izvedlo vse aktivnosti, povezane s postavitvijo sistem-

Mitja Koželj, ATR.SIS d. o. o.



Superračunalnik Leonardo na lestvici TOP500 ta hip zavzemo visoko 4. mesto

ske infrastrukture, vseh komponent superračunalnika, podpornih in mrežnih sistemov ter zagona infrastrukture.

Superračunalnik Leonardo sestavljajo BullSequana XH2000 strežniška vozlišča francoskega proizvajalca Atos, za katerega je to doslej po obsegu največji tovrstni projekt, kljub temu pa je bil zgrajen v rekordno kratkem času.

Vsako strežniško vozlišče je opremljeno s štirimi NVIDIA Tensor Core GPU-ji (NVIDIA Ampere arhitekture) in enim Intel CPU procesorjem (Ice Lake ali Sapphire Rapids). Skupaj bo v vseh vozliščih 14.000 NVIDIA GPU procesorjev z zmogljivostjo kar 10 ExaFLOP FP16 AI, s čimer se bo veliko število simulacij (Quantum Espresso, SPECFEM3D, MILC ...) lahko izvajalo dobesedno v realnem času. Tako gostoto strojnih virov in energetske učinkovitosti so Atosovi inženirji dosegli z neposrednim tekočinskim hlajenjem. Hladilna tekočina kroži skozi posebne hladilne elemente, nameščene neposredno na matične plošče znotraj strežnikov pa tudi podatkovnih in management stikal ter napajalnikov in na ta način odvede okoli 95 odstotkov vse proizvedene toplote.

Posamezna vozlišča povezuje med seboj visokozmogljivo omrežje NVIDIA Mellanox HDR 200Gb/s InfiniBand s pospeševalniki, ki omogočajo izjemno nizko latenco in visoko podatkovno prepustnost. Ta je ključnega pomena, saj sistemu omogoča vzporedno procesiranje obsežnih simulacij na večjem številu vozlišč. Praktično neomejeno skalabilnost zagotavlja t. i. Dragonfly+ mrežna topologija, ki združuje več kot 800 mrežnih stikal in 25.000 optičnih kablov različnih dolžin, rezultat pa so izjemni rezultati simulacij AI in HPC.

Projekt nastaja v okviru organizacije EuroHPC Joint Undertaking, skupne iniciative Evropske unije, njenih članic in zasebnih partnerskih podjetij s ciljem močno povečati zmogljivost vseevrop-

ske mreže superračunalnikov v prihodnjih letih. Eden od ciljev iniciative je tudi pohitriti razvoj na področju strojne in programske opreme in s tem doseči delno neodvisnost od drugih držav zunaj EU. Nekaj predstavnikov bo ob dokončanju celo vstopilo v klub ekskluzivne družine exascale sistemov, torej takih, ki zmorejo več kot trilijon operacij na sekundo. Vsa omenjena računsko moč bo na voljo evropskim raziskovalnim ustanovam in zasebnim podjetjem, ki delujejo na področjih, kot so umetna inteligenca, personalizirana medicina, razvoj novih zdravil in materialov, bioinženiring, napovedovanje vremena in boj proti podnebnim spremembam.

V vse bolj negotovih globalnih okoliščinah, ki smo jim priča, postaja segment HPC-računalništva (High-performance computing) vse bolj geostrateško vprašanje, saj bo od razvoja na tem področju odvisno, kako se bodo Evropska unija in njene članice spopadale s prihajajočimi izzivi na področju znanosti in tehnologije. V zadnjih letih so velike premike v tej smeri naredile predvsem Združene države Amerike, Kitajska in Japonska, ki so prepoznale, da je segment HPC eden od pomembnih temeljev za ekonomsko uspešnost držav ter uspešnost spopadanja z okoljskimi in socialnimi vprašanji.

V okviru iniciative EuroHPC trenutno že deluje pet superračunalnikov, in sicer v Bolgariji, na Češkem, Finskem, v Luxembourgju in Sloveniji. Okvirno bosta hkrati s superračunalnikom Leonardo zaživela še po eden na Portugalskem in v Španiji, v prihodnje pa bo sledilo še več sistemov. Obeta se tudi mreža kvantnih računalnikov, ki bodo v prvi fazi namenjeni razvojnoraziskovalnim projektom, lokacije zanje pa so že določene. Eden izmed skupno petih bo stal neposredno ob Leonardu v Bologni.

#### Superračunalnik Leonardo v številkah:

- ▶ 136 BullSequana XH2000 tekočinsko hlajenih strežniških omar polne višine,
- ▶ zmogljivost 250 PFLOP HPL Linpack Performance (Rmax),
- ▶ FP16 AI-zmogljivost 10 ExaFLOP,
- ▶ 3.456 strežnikov, opremljenih z Intel Xeon Ice Lake CPU in NVIDIA Ampere GPU procesorji,
- ▶ 1.536 strežnikov, opremljenih z Intel Xeon Sapphire Rapids procesorji,
- ▶ 5 PB Flash diskovnega prostora,
- ▶ 100 PB klasičnega HDD diskovnega prostora.

#### Povezave:

<https://leonardo-supercomputer.cineca.eu/>  
[https://eurohpc-ju.europa.eu/leonardo-inaugurated-europe-welcomes-new-world-leading-supercomputer-2022-11-24\\_en](https://eurohpc-ju.europa.eu/leonardo-inaugurated-europe-welcomes-new-world-leading-supercomputer-2022-11-24_en)

# FIZIKALNO OZADJE PRETAKANJA HIDRAVLICNE TEKOČINE SKOZI FILTER

Darko Lovrec

## Izveček:

Filtriranje oziroma izločanje neželenih trdnih delcev iz medija, ki ga želimo očistiti, pa naj gre za različne pline ali tekočine, je zelo kompleksen proces. To se kaže že pri osnovnih pojmi, vezanih na vrsto, material in obliko filtra ter proces filtriranja. Še posebej je to vidno pri poglobljenem poznavanju fizikalnega ozadja prehajanja tekočine skozi filter, mehanizmov izločanja neželenih delcev ter pri modeliranju in simulaciji tega procesa. Kljub kompleksnosti je poznavanje fizikalnega ozadja nujno pri snovanju ustreznih filtrirnih materialov in celotnega filtra. Slednje je običajno v domeni proizvajalcev filtrirnih materialov in filtrov ter tistih, ki se ukvarjajo z raziskavami, vezanimi na področje filtriranja.

Prispevek podrobneje podaja ozadje procesa prehajanja hidravlične tekočine skozi filter. V uvodu so podane splošne informacije, vezane na načine filtriranja in vrsto filtrov, predvsem tistih, ki so primerni za filtriranje hidravličnih tekočin in jih pozna vsak skrbnik hidravličnih ali mazalnih sistemov. V nadaljevanju so podrobneje predstavljeni fizikalno ozadje prehajanja tekočine skozi filter, različni mehanizmi izločanja neželenih delcev ter pristop k matematičnemu modeliranju in numerični simulaciji kot učinkovitemu orodju za študije, vezane na problematiko filtriranja. Navedeni viri raziskav in študij ter spoznanja omogočajo uporabnikom boljše razumevanje teh procesov, razvijalcem filtrov pa podajajo osnovo za snovanje učinkovitega filtra.

## Ključne besede:

hidravlični filtri, prehajanje tekočine, načini izločanja delcev, fizikalne enačbe, numerična simulacija

## 1 Uvod

Proces filtriranja z načini izločanja neželenih kontaminantov iz tekočine, vplivnimi faktorji ter vrstami filtrov je v strokovni literaturi podan na dva načina. V bolj ali manj poljudni obliki proces filtriranja pojasnjujejo proizvajalci filtrirnih materialov in je bolj namenjena informiranju uporabnikov filtrov (npr. [1] do [5]). Z bolj znanstvenega in fizikalnega vidika pa so mehanizmi izločanja kontaminantov podani v ozkostrokovni literaturi, kjer je problematika filtriranja obravnavana poglobljeno (npr. [6] do [10]). Pri slednji opis procesa filtriranja že temelji na poglobljenem znanju s področja mehanike tekočin.

Skladno s splošno terminologijo je filtriranje postopek izločanja trdnih delcev, mikroorganizmov ali kapljic, posplošeno imenovanih kontaminanti, iz medija, ki ga filtriramo. Pri tem gre lahko za tekočine ali pline, iz katerih izločamo kontaminante pri prehodu skozi ustrezen filtrirni material. Ta je praviloma prepusten samo za določeno fazo medija, pri čemer se kontaminanti ujamejo na zunanji površini filtrirnega materiala ali/in v njegovi notranjosti. Slednje je odvisno tudi od vrste ter od snovnih in

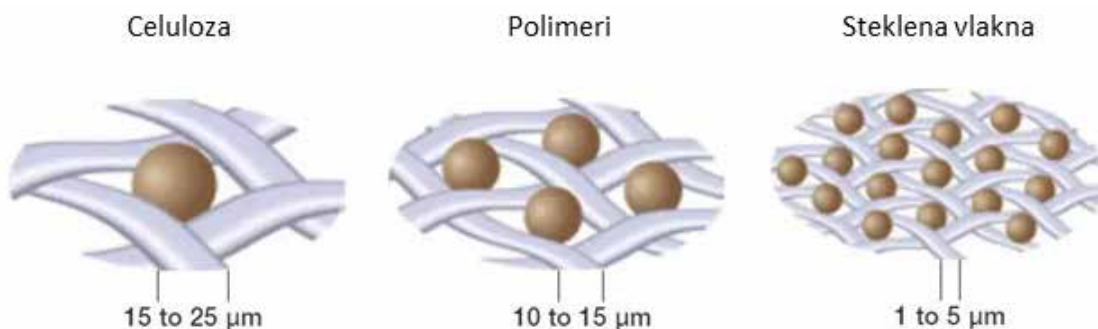
geometrijskih značilnosti filtrirnega materiala, kar načeloma prikazuje *slika 1*.

Steklena vlakna, polimeri in celuloza so najpogostejše uporabljane vrste filtrirnih materialov. Velikost in gostota vlaken določata velikost por in poroznost filtrirnega materiala. Razen tega ima vsaka vrsta materiala še svoje specifičnosti, prednosti in slabosti. Tako je npr. prednost vlaken manjšega premera v večji sposobnosti kopičenja ujetih delcev, v manjšem padcu tlaka preko filtra in v daljši uporabi dobi filtrskega vložka. Pri tem imajo vlakna neorganskega izvora pred vlakni organskega izvora prednost v kemični združljivosti s širšim naborom tekočin, ni pojava nabrekanja vlaken in nimajo omejitve roka uporabnosti.

Pomembni sta tudi oblika in razporejenost vlaken. Vlakna filtrirnega materiala z enako velikimi porami so med seboj povezana z vezivom, ki preprečuje deformacije zaradi sprememb tlaka, pretoka, temperature ali staranja materiala. Pri filtrirnih materialih z različno velikimi porami pa se lahko vlakna ob spremembah tlaka ali pretoka premikajo, kar lahko pripelje do prehodnih poti z manjšim uporom, izločanja že ujetih delcev in tudi do nastanka dodatnih delcev zaradi razpada vlaken.

Pri filtrirnem materialu z enotno velikostjo in obliko por se delci običajno ujamejo na zunanjem delu

**Prof. dr. Darko Lovrec**, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

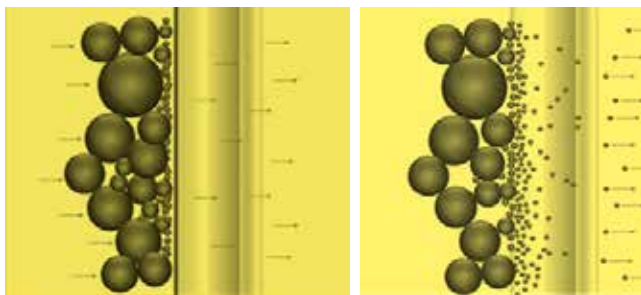


Slika 1 : Ujetje delca med vlakni različnega filtrirnega materiala [1]

filtrirnega materiala. To na nek način omejuje učinkovito uporabo celotne prostornine filtra in povečuje obratovalne stroške, saj je količina ujetih delcev manjša, kot bi lahko bila. S tem se poveča lokalna nepropustnost filtrirnega materiala, posledično pa skrajša uporabna doba filtra. Pore stožčaste ali spremenljive oblike so po izkušnjah proizvajalcev filtrov primernejše za uporabo pri mazalnih in hidravličnih sistemih. Filtrirni material z vedno ožjimi porami zajame večje delce v bolj grobem zunanem (vstopnem) delu, s čimer je omogočeno, da manjše pore v notranjem delu (izstopnem delu v smeri toka tekočine) zajamejo delce kritične velikosti, tiste, ki so velikosti tolerance rež v hidravličnih komponentah.

Prav tako se neželeni delci v filtrirnem materialu ujamejo na različne načine. Na področju hidravlične pogonske tehnike glede na zgradbo in obliko filtrirnega materiala običajno razlikujemo med dvema osnovnima vrstama filtrov: med površinskimi in globinskimi filtri. Razlike v načinu izločanja delcev omenjenih načinov načelno prikazuje *slika 2*.

S poznavanjem osnovnih načinov delovanja filtrov in materialov ter izvedb filtra je razumevanje procesa filtracije dokaj enostavno. S fizikalnega stališča pa je opis filtriranja veliko bolj kompleksen, saj ga moramo za namene razvoja filtrov opisati z ustreznimi enačbami, ki bolj ali manj podrobno podajajo dogajanje. Pri takšnem opisu je možno upoštevati tudi snovne lastnosti in vrsto medija, ki ga filtriramo, vrsto filtrirnega materiala, vpliv obratovalnih razmer, npr. temperaturo medija ali tlak in tudi časovno spreminjanje razmer.



Slika 2 : Učinek filtriranja s površinskim (levo) in z globinskim filtrom [5]

## 2 Prehajanje tekočine skozi filter in izločanje delcev

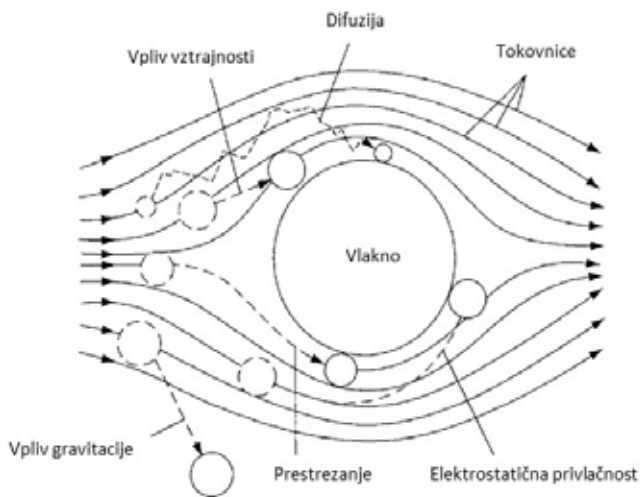
Splošno področje filtriranja je izredno široko in zelo raznovrstno, saj gre za čiščenje različnih tekočin ali pa plinov. Že samo področje filtriranja tekočin je zelo široko, saj zajema tako čiščenje meteoritnih in odpadnih voda ter vseh vrst tekočin, ki jih uporabljamo na področju industrije v raznovrstnih tehnoloških procesih. Vsak način filtriranja ima svoje specifičnosti tako glede medija, ki ga filtriramo, uporabljenega filtrirnega materiala, oblike filtra kot celote ter tudi zahtev, ki jih želimo doseči s filtriranjem. V nadaljevanju bo v ospredju problematika filtriranja tekočih maziv, kamor spadajo tudi hidravlične tekočine.

S fizikalnega gledišča je proces filtriranja dokaj zapleten proces, ki ga je možno teoretično zelo podrobno opisati le z ustreznimi enačbami. V osnovi gre za opis prehajanja tekočine skozi material, ki to prehajanje ovira. Matematični opis prehajanja tekočine skozi filter temelji na zakonih in enačbah s področja mehanike tekočin, npr. Navier-Stokesove enačbe, Darcyjevega zakona in drugih. [6] do [10]

### 2.1 Načini izločanja delcev

Raziskovalci, ki se ukvarjajo s problematiko filtriranja in poznavanjem mehanizma izločanja oz. zadrževanja drobnih delcev v filtrirnem materialu, so v zadnjem obdobju ponovno intenzivirali raziskave. Tako je učinkovito filtriranje postalo še bolj aktualno glede filtriranja škodljivih industrijskih izpustov v okolje in pa v obdobju pandemije, kjer je bilo v ospredju preprečevanje širjenja kapljic in virusov z zaščitnimi maskami. Spoznanja so bila prenesena tudi na področje filtriranja funkcionalnih tekočin in so tako še dopolnila že znana spoznanja. [11] do [15]

Za filtriranje tekočin in tekočih maziv običajno uporabljamo netkane, porozne filtrirne materiale, kar je potrebno upoštevati pri teoretičnem opisu prehajanja tekočine skozi filtrirni material. Večina teorij, ki se ukvarja z opisom mehanizma ujetja neželenih delcev pri prehajanju tekočine skozi filtrirni material,



**Slika 3** : Načini izločanja delcev v filtrirnem materialu [8]

velja praviloma za netkane filtrirne materiale in globinsko filtriranje. Delci se lahko ujamejo na filtrirnem materialu ali v njem zaradi različnih vzrokov oz. mehanizmov: zaradi vpliva gravitacije, vpliva vztrajnosti, prestrežanja delca, vpliva difuzije ali elektrostatične privlačnosti. Podrobnosti opisa posameznih mehanizmov izločanja delcev pri prehajanju skozi filtrirni material je moč najti v literaturi, ki se poglobljeno ukvarja s to problematiko (npr. [8]). Omenjene mehanizme izločanja delcev prikazuje *slika 3*.

Način oziroma mehanizem izločanja delcev je povezan z velikostjo delcev. Elektrostatična privlačnost temelji na električnem ali elektrostatičnem naboju na delcu in/ali vlaknu, ki prisili delec, da se izloči iz toka tekočine in ga pritegne k vlaknu. Difuzija temelji na Brownovem (cik-cak) gibanju zelo majhnih delcev ( $< 0,04 \mu\text{m}$ ). To naključno in verjetnostno gibanje bo povzročilo, da se delec izloči iz toka tekočine in se morda zatakne ob vlakno. Majhni delci (velikosti med  $0,04 \mu\text{m}$  in  $0,4 \mu\text{m}$ ) so lahko že preveliki za difuzijsko izločanje in so še premajhni, da bi imeli zadostno energijo gibanja in vztrajnostni učinek. Delce te velikosti filtrirni material najtežje ujame. Vpliv izločanja zaradi vztrajnosti se pojavi, ko je vztrajnost delcev tako visoka, da ima dovolj energije, da se izloči iz toka tekočine in udari v vlakno. Do prestrežanja pride, ko delec nima dovolj vztrajnosti, da bi se izločil iz toka tekočine, vendar se dovolj približa vlaknu filtrirnega materiala, da lahko naravne sile delec pritegnejo na vlakno. Za matematično obravnavo Lastow in Podgorski [16] definirata mehanizem prestrežanja na ta način: »En delec prestreže drugi delec takrat, ko je razdalja od središča mase delca do površine vlakna enaka ali manjša od polmera delca.« Omenjeni osnovni mehanizmi izločanja delcev se nanašajo na izločanje delcev iz zraka, ki ga filtriramo, ali pa tudi iz tekočine.

Na področju hidravličnih tekočin so značilne velikosti delcev relativno velike. Delci so večji od  $4 \mu\text{m}$

in imajo posledično tudi večjo gibalno količino ter vztrajnost pri gibanju. Zato se bodo verjetno ločili od tokovnic in se ujeli v skladu z vztrajnostnim mehanizmom ali s prestrežanjem v filtrirnem materialu.

## 2.2 Pristop k matematičnemu opisu načina izločanja delcev

Filtriranje je splošno definirano kot proces odstranitve določenih delcev iz premikajoče se tekočine z ujetjem delcev v večplastno strukturo filtrirnega materiala. Filtri, ki jih najpogosteje uporabljamo na področju hidravlične pogonske tehnike (npr. kot povratni filter, obtočni filter ...), so običajno sestavljeni iz več plasti filtrirnega in podpornega materiala. Skladno s strokovnim izrazoslovjem s področja filtriranja gre za netkani filtrirni material. Pri tem gre za preproste oblike z naključno strukturo vlaken, običajno v obliki plasti, ki jih uporabljamo za ločevanje ene ali več faz iz gibajoče se tekočine, ki prehaja skozi filtrirni material. Sem spada večina filtrov. Pojem netkani filtrirni material predstavlja izhodišče za vso nadaljnjo teoretično obravnavo procesa izločanja delcev iz tekočine, ki jo filtriramo.

Obstajata dve glavni smeri teorije o netkanih filtrirnih medijih: t. i. teorija kanalov in teorija celičnega modela. Različica teorije celičnega modela je teorija upornostnega modela. Prvotna teorija je temeljila na filtraciji skozi nevlaknaste materiale, kot je npr. pesek. Pogosto uporabljen model kapilarne cevi predpostavlja, da je medij snop valjastih cevok, ki potekajo od ene površine medija do druge, ki niso nujno pravokotne na površino. Teorijo kanalov je mogoče uporabiti za netkane filtrirne materiale, ki se uporabljajo pri filtraciji tekočin, zlasti če je material kompaktne strukture visoke gostote.

Veliko teorij celičnih modelov in upornostnega modela je bilo razvitih za vlaknaste medije za zračne filtre. Modeli temeljijo na premikanju delca mimo posameznega vlakna in kombinacije vlaken, ki sestavljajo filtrirni material. Pri netkanih filtrirnih materialih so vlakna predpostavljena kot valji. Teorija celičnega modela predpostavlja niz krožnih valjev, pri čemer je vsak valj v celici tekočine, obdani z valjastimi ovoji. Vsak valj s svojo tekočino in ovojem je obravnavan kot celica. Teorija upornostnega modela analizira upor na vsaki ovojnici.

Teorija celičnega modela je primernejša za opis filtracije tekočin. Wakeman in Tarleton [17] razpravljata o delu celičnega modela Happela [18] ter Happela in Brennerja [19] v zvezi s filtracijo tekočine, kjer je medij sklop krogel. Njihov model temelji na predpostavki niza krožnih valjev, pri čemer je vsak valj v celici tekočine, obdani pa so z valjastimi ovoji. Vsak valj s svojo tekočino in ovojem se obravnava kot celica. Teorija upornostnega modela analizira upor na vsaki ovojnici.



Na področju mehanike tekočin (in s tem na področju hidravlike) imamo tri osnovne zakone, s katerimi lahko podrobno opišemo delovanje realnega hidravličnega sistema. V zapisih teh zakonov se pojavlja gostota kot snovna lastnost hidravlične tekočine. Gre za zakon o ohranitvi mase, zakon o ohranitvi energije in zakon o ohranitvi gibalne količine. Pri obravnavi procesa filtriranja sta v ospredju zakon o ohranitvi mase in zakon o ohranitvi gibalne količine (npr. [20], [21]).

*Zakon o ohranitvi mase* se nanaša na opazovani prostor oz. kontrolni volumen, za katerega pravi, da bo neto masni tok skozi opazovani volumen enak masi, shranjeni ali odstranjeni iz tega volumna. V pogojih stacionarnega toka to pomeni, da mora biti masa, ki zapušča kontrolni volumen, enaka masi, ki vstopa v ta volumen. Določanje hitrosti toka za določen masni tok in območje pretoka temelji na enačbi kontinuitete, ki izhaja iz tega zakona.

*Newtonovi zakoni o gibanju* (oz. zakon o ohranitvi gibalne količine) so osnovni za vsako analizo sil, ki se pojavljajo ob različnih pogojih gibanja teles (kontinuum), torej tudi pri toku tekočine. Rezultirajoča sila se izračuna na podlagi pogoja, da je velikost sile enaka velikosti spremembe impulza.

Izhodiščna obravnava zakonov v mehaniki tekočin temelji na Lagrangeevem in Eulerjevem pristopu k obravnavi analize tokovnega polja. Lagrangeev pristop temelji na zamisli sistema masnih delcev, Eulerjev na teoriji polja (npr. [20], [22], [23]).

V literaturi je moč srečati različne pristope k obravnavi posameznega zakona. V primeru potrebe po podrobnejših raziskavah s področja mehanike tekočin je vsekakor potrebno poznati vsa izhodišča, predpostavke, omejitve ..., iz katerih izhaja zapisana oblika zakona ali enačbe. V primerih, ko je bolj v ospredju stroka oz. aplikativna uporabnost določene enačbe, so določeni koraki in s tem izhodišča izpuščeni, izhodišče obravnave pa je že bolj ali manj končna oblika zapisa zakona ali enačbe.

Obravnavo omenjenih zakonov bi npr. lahko pričeli s splošnim zapisom posplošenega mirujočega kontrolnega volumna, veljavnega za masni sistem [20], [21]. Na področju hidravlike skoraj vedno opazujemo dogajanje v mirujočih volumnih, npr. v hidravlični cevi, v komorah hidravličnih komponent, npr. ventilov, črpalk, hidravličnih motorjev, valjev ... in tudi filtrov.

$$\left(\frac{DF}{Dt}\right)_{V_m} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{V_k} f \rho dV + \int_{A_k} f \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

Enačba (1) predstavlja Reynoldsov prenosni teorem posplošenega mirujočega kontrolnega volumna nekega masnega sistema  $V_m$ ; časovni prirastek veličine  $F$  v masnem sistemu je enak časovnemu prirastku

veličine  $F$  v kontrolnem volumnu  $V_k$  in rezultirajočemu pretoku veličine  $F$  preko kontrolne površine  $A_k$ . Ker je kontrolni volumen v našem primeru konstanten, lahko enačbo (1) zapišemo še drugače [21]:

$$\left(\frac{DF}{Dt}\right)_{V_m} = \int_{V_k} \frac{\partial(f \rho)}{\partial t} dV + \int_{A_k} f \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} \quad (2)$$

V enačbah (1) in (2) predstavlja člen  $(DF/Dt)_{V_m}$  snovski odvod časovne spremembe veličine  $F$  masnega sistema, ki daje Lagrangeev značaj tega člena. Pri tem  $F$  oz. natančneje zapisano  $F(\vec{r}, t)$  predstavlja poljubno ekstenzivno veličino, npr. maso, energijo, gibalno količino itn. S spremenljivko  $f$ , za katero velja  $f(\vec{r}, t) dF/dm$ , pa je označena pripadajoča intenzivna veličina v kontrolnem volumnu  $V_k$  v danem trenutku  $t$ . Veličina  $\vec{r}$  splošno predstavlja položaj v prostoru. Podrobnejša obravnava je na voljo v literaturi [20].

Za obravnavo dogajanja pri filtriranju sta izhodiščni enačbi enačba gibanja in kontinuitete. Kot rečeno, je pristopov na podlagi izhodiščnih enačb več, starejšega in novejšega datuma, in so prilagojene ter dopolnjene s posebnostmi obravnavanega problema. V nadaljevanju bo obravnava temeljila na poenostavljeni in skrajšani razlagi avtorja Birda. [24]

Kontinuitetna enačba je poenostavljeno masna bilanca tekočine, ki teče skozi opazovani prostor. Podaja, da je stopnja »nakopičenja« mase v tem elementu enaka razliki med maso na vstopu in maso na izstopu. V vektorski obliki jo lahko to zapišemo kot:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -(\nabla \cdot \rho v) \quad (3)$$

V enačbi (3) predstavlja  $\rho$  gostoto,  $t$  časovno spremenljivko,  $v$  vektor hitrosti,  $\nabla \cdot \rho v$  je vektorski operator, ki označuje divergenco masnega toka  $\rho v$ .

Ob predpostavki, da je tekočina nestisljiva, se enačba (3) poenostavi v gibalno enačbo (4):

$$(\nabla \cdot v) = 0 \quad (4)$$

Podobno kot kontinuitetna enačba podaja gibalna enačba ravnovesno stanje okoli opazovane prostornine tekočine. Enačba navaja, da je velikost spremembe gibalne količine enaka velikosti gibalne količine na vstopu v opazovani sistem, zmanjšana za delež na izstopu, ob upoštevanju vseh drugih sil, ki delujejo na sistem. Vektorsko obliko enačbe podaja enačba (5):

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\nabla p - [\nabla \cdot \tau] + \rho g \quad (5)$$

V primeru upoštevanja konstantne viskoznosti in gostote  $\rho$  enačba (5) preide v obliko znane Navier-Stokesove enačbe (6):

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\nabla p - [\mu \nabla^2 \cdot v] + \rho g \quad (6)$$

Za primer  $[\nabla \cdot \boldsymbol{\tau}] = 0$  lahko enačbo (6) poenostavimo na obliko znane Eulerjeve enačbe:

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\nabla p + \rho g \quad (7)$$

Pri podrobnejšem opisu prehajanja tekočine in delčkov skozi porozni filtrirni material je razen teh osnovnih enačb potrebno upoštevati še poroznostne lastnosti filtrirnega materiala. Te so zajete v t. i. konstanti permeabilnosti, ki je eden od parametrov Darcyjevega zakona. Darcyjev zakon predstavlja osnovno enačbo za opis prehajanja tekočine skozi porozni filtrirni material. Razen lastnosti poroznega materiala je potrebno upoštevati še hitrost prehajanja tekočine in s tem povezano vrsto toka skozi filtrirni material. Slednje podaja znano Reynoldsovo število. Pri netkanih filtrirnih materialih ima struktura materiala zelo majhne pore, zato ni nevarnosti pojava turbulentnega toka in s tem povezanih visokih vrednosti Reynoldsovega števila. Tako je skozi filtrirni material prevladujoč laminarni tok, kar lahko opišemo z znano Hagen-Poiseuillovo enačbo. Iz Hagen-Poiseuillove enačbe, zapisane v hitrostni obliki, lahko izpeljemo Kozeny-Carmanovo enačbo, ki podaja omenjeno konstanto permeabilnosti filtrirnega materiala. Več o navedenih in omejenih enačbah je na voljo v strokovni literaturi s področja mehanike tekočin ali obravnave procesov filtriranja, ki so ozko povezani z mehaniko tekočin npr. [20], [24], [25], [26].

Razen omenjenih enačb je pri opisu prehajanja tekočine skozi filter in izločanja delcev potrebno upoštevati še druge specifičnosti in vplive faktorjev, ki se nanašajo na fizikalno dogajanje pri filtriranju: od snovnih lastnosti delcev, ki jih izločamo, njihove geometrije, snovnih lastnosti, pa vse do vrste in zgradbe filtrirnega materiala (več o teh parametrih je zapisanega npr. v [8]). Prav tako je zelo pomembno uporabiti ustrezen opis in model mehanizma prestrežanja in izločanja delčkov.

Do sedaj predstavljene enačbe predstavljajo izhodišče za opis toka tekočine skozi porozne medije. Razumevanje tega je nujno potrebno, da lahko razvijemo primerne teorije in enačbe za opis izločanja delcev iz tekočine. Je pa tudi glede ustreznega matematičnega opisa prestrežanja in izločanja delcev možno zaslediti več pristopov.

Običajno se nanašajo na izločanje delcev iz toka plina, na primer delcev v zraku. Tako je bila najprej, kot ena prvih, razvita teorija enega vlakna, ki temelji na Daviesovi teoriji [27] in je služila za opis izločanja aerosolnih delcev iz zračnega toka. Veliko bližje izvedbam hidravličnih filtrov, ki so sestavljeni iz več vlaken, je celični model Kuwabare in Happela, ki omogoča opis dogajanja v primeru dveh sosednjih vlaken. Za model Kuwabare tudi menijo, da je bolj reprezentativen za tok in opis dogajanja okoli vlaken v primeru nizkih Reynold-

sovih števil, kakršna so značilna za pretok tekočine skozi filter. [28]

Možni načini izločanja delcev pri prehajanju tekočine skozi filtrirni material so že bili na kratko predstavljeni v poglavju 2.1. Pri tem gre v glavnem za vpliv vztrajnosti delca, prestrežanje delca in vpliv difuzije. Elektrostatična privlačnost in tovrstno izločanje delca za področje običajnih hidravličnih filtrov nista značilna. Številni raziskovalci bodisi ignorirajo vpliv izločanja zaradi vztrajnosti delcev bodisi jo pripisujejo učinkovitosti načina izločanja s prestrežanjem. Za filtracijo drobnih delcev npr. Kowalski [29] meni, da učinek vztrajnosti ni pomemben za normalne hitrosti tekočine v filterih, majhne delce (vključno v razredu velikosti mikrobov) in ga lahko v večini modelov filtrov zanemarimo, saj ga način prestrežanja zadovoljivo upošteva.

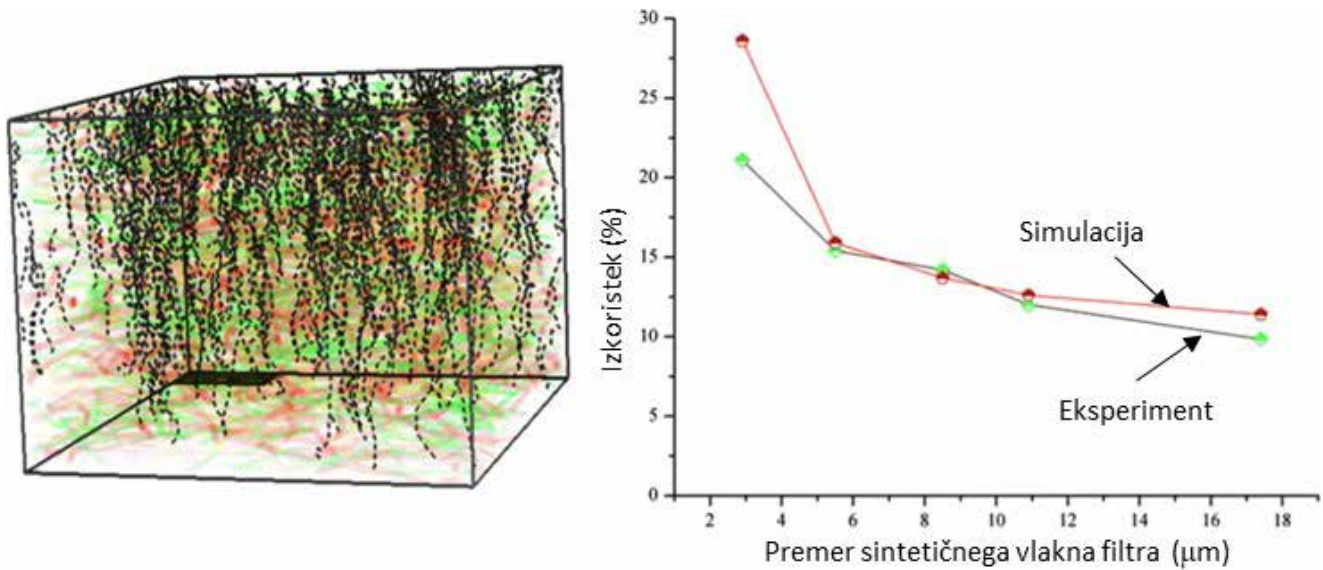
Opisov mehanizmov izločanja delcev iz različnih vrst medija, argumentov za ali proti v določenem primeru je kar veliko in so povzeto ali podrobneje opisani v literaturi, ki se ukvarja s problemom filtracije in opisi procesov. [6] do [10] Glede na vrsto tekočine, ki jo filtriramo, glede na velikost delcev, ki jih želimo izločiti, in glede na njihove snovne lastnosti, glede na uporabljene filtrirne materiale in druge posebnosti filtriranja vidimo, da je ta problematika izredno široka ter specifična in jo je zaradi tega dokaj težko natančno teoretično opisati.

V tem poglavju so zato bila zelo na kratko navedena samo osnovna izhodišča, ki izkazujejo kompleksnost prehajanja tekočine in izločanja delcev. Ker je na klasični matematični način zelo težko oz. skoraj nemogoče dovolj podrobno analizirati dogajanje ob upoštevanju vseh vplivnih faktorjev, razvijalci filtrov zato uporabljajo sodobna orodja za simulacijo fizikalnega dogajanja pri prehajanju tekočine z delci skozi filtrirni material. Ta orodja omogočajo obravnavo široke palete različnih stanj in kombinacij, temeljijo pa na omenjenih enačbah.

### 3 Numerična simulacija procesa filtriranja

S podrobnim pristopom k problematiki filtriranja se ukvarjajo snovalci in raziskovalci filtrirnih materialov, filtrov in procesov filtriranja, ki si pri tem pomagajo z uporabo zmogljivih orodij za simulacijo dogajanja na področju mehanike tekočin. K temu so v veliki meri pripomogle vedno večja računska moč računalnikov, vse večja dostopnost matematičnih programskih orodij in uporabniku prijazna programska oprema. Tako lahko strokovnjaki najdejo bolj prefinjene, napredne, izpopolnjene in dovršene načine za študije procesa filtracije.

Eno takih orodij je zagotovo računalniška dinamika tekočin (CFD), ki se je uveljavilo kot pomemb-

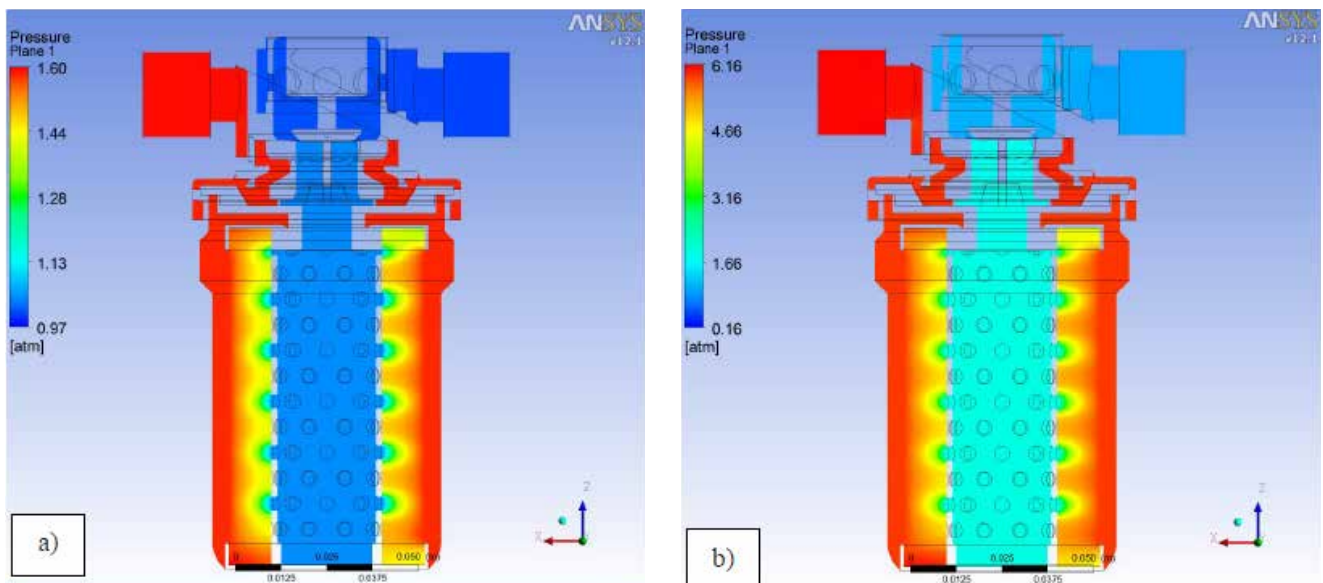


Slika 4 : Učinek filtrirnega materiala - trajektorije in končni položaj ujetega delca [36]

no orodje pri načrtovanju in modeliranju sistemov filtracijskega toka. CFD je programsko orodje, ki omogoča simulacijo dinamike toka tekočine v številnih situacijah, vključno s tokom skozi porozne medije. Omenjena simulacija se izvaja z reševanjem Navier-Stokesovih enačb za ohranitev mase, gibalne količine in energije za tekočino, ki prehaja skozi filter. Enačbe, ki se rešujejo z ustreznimi numeričnimi pristopi v računski dinamiki tekočin, je mogoče približati z diskretno formulacijo. Običajno gre za metodo končnih volumnov, ki je alternativa metodama končnih diferenc in končnih elementov. Zaradi aproksimacij je pogosto potrebno uporabiti empirične metode za opis pojavov, ki za dano stopnjo diskretizacije niso zadovoljivo razrešeni. Tako je npr. možno upoštevati turbulenco tekočine, proces polnjenja filtrirnega materiala z zajetimi delci, učin-

ke poroznega filtrskega materiala, njegovo zgradbo ter različne oblike in snovne lastnosti delcev, ki jih izločamo.

Za uporabo CFD za različne študije s področja filtriranja različnih vrst tekočin in filtrskih materialov je na voljo kar nekaj virov preglednega značaja in vedno večje število objav različnih študij, tako starejšega in predvsem novejšega datuma (npr. [30] do [39]). Tako se študije ukvarjajo z različnimi učinki filtriranja in učinkovitosti filtra, pri čemer so osredotočene na obravnavo različnih vrst filtrirnih materialov (npr. celuloza, sintetična vlakna), z vplivom različnih velikosti vlaken in por ter vplivom različnih tokovnih razmer. Kot primer *slika 4* prikazuje učinek sintetičnega filtrirnega materiala, pot in mesto ujetja delcev v notranjosti filtrirnega materiala ter



Slika 5 : Porazdelitev tlaka v notranjosti filtra pri pretoku 5 l/min (a) in 35 l/min (b) [37]

primerjavo med rezultati simulacije in meritev. [36] Druge študije pa se posvečajo obravnavi filtra kot celovite komponente, pri čemer so v ospredju oblika filtra oz. filtrskega vložka ali pa (tlačne) razmere ob kopičenju delcev v notranjosti filtra, kot to npr. primer prikazuje *slika 5*. [37], [38]

Vsekakor razvoj in uporaba novih numeričnih metod in orodij za modeliranje hidrodinamičnih pojavov pri filtriranju pripomoreta k povečanju učinkovitosti sodobnih filtrov tako glede zadrževanja delcev nečistoč kot količine kopičenja delcev. Zaradi tega je tovrstno orodje nepogrešljiv pripomoček proizvajalcev filtrov pri snovanju učinkovitih sodobnih filtrov.

## 4 Zaključek

Postopek filtriranja in izločanje neželenih delcev je kompleksen proces. Temu primerno sta tudi teoretični opis dogajanja pri pretakanju tekočine skozi filter in način izločanja delcev kompleksna, saj je potrebno upoštevati vrsto tekočine ali plina, vrsto delcev ter njihove dimenzijske in snovne lastnosti, vrsto filtrirnega materiala in vplive obratovalnih razmer ter okolice. Na teoretični način je vse te vplivne faktorje težko zajeti na enostaven način.

Prispevek podaja vpogled v ozadje fizikalnega dogajanja pretakanja tekočine skozi filtrski material. Podana so fizikalna izhodišča, pregled osnovne literature in enačbe s področja mehanike tekočin, ki podrobno opisujejo pretakanje tekočine skozi filter kot tudi različne mehanizme izločanja delcev. Zaradi kompleksnosti teoretičnega opisa izločanja delcev je za vpogled v notranjost filtra in tamkajšnje dogajanje, namene raziskav in za snovanje filtra, smiselno uporabiti numerično simulacijo. Zmogljiva tovrstna programska orodja omogočajo proizvajalcem filtrov zasnovati učinkovitejše filtre, uporabnikom pa mogoče ponudijo dodatne informacije o tem, s čim se pri raziskavah in snovanju filtrov ukvarjajo proizvajalci filtrov.

## Literatura

- [1] Pall: Filtration Fundamentals, Part 1.
- [2] Hydac: Filter Handbook, E 7.011.3/11.16, 22 strani.
- [3] Bensch, L.: Evaluating hydraulic filters when they're under stress, *Power & Motion*, Nov. 1, 2004.
- [4] Filterproducts: Depth vs. Surface Filtration, <https://filterproducts.com/custom-strainer-solutions/design-resources/depth-filtration/>.
- [5] Green Synergy: Depth vs. Membrane Filters, dosegljivo na: <https://www.greensynergy.my/post/depth-vs-membrane-filter>, 2020.
- [6] Sutherland, K. S.: *Filters and Filtration Handbook*, Elsevier Science, ISBN-10: 0080972535, ISBN-13: 978-0080972534, 536 strani, 2014.
- [7] Sparks, T., Chase, G.: *Filters and Filtration Handbook*, Elsevier/Butterworth-Heinemann, 6th Edition, ISBN-10: 0080993966, ISBN-13: 978-0080993966, 444 strani, 2015.
- [8] Hutten, I.: *Handbook of Non-Woven filter media*, Elsevier, ISBN 1856174417, 477 strani, 2007.
- [9] Ripperger, S., Gösele, W., Alt, Ch., Loewe, T.: *Filtration 1 - Fundamentals*, doi.org/10.1002/14356007.b02\_10.pub 3, 2013.
- [10] Wakeman, R. J., Tarleton, E. S.: *Filtration: Equipment Selection, Modelling and Process Simulation*, ISBN 1 85617 345 3, Elsevier, 446 strani, 1999.
- [11] Thomas, D., Charvet, A., et. all: *Aerosol Filtration*, ISTE Press - Elsevier, ISBN 978-1-78548-215-1, 2017.
- [12] Dépée, A., Lemaitre, P. et all: Laboratory study of the collection efficiency of submicron aerosol particles by cloud droplets - Part I; Influence of relative humidity, *Atmospheric Chemistry and Physics* 21(9):6945-6962, doi:10.5194/acp-21-6945-2021, 2021.
- [13] Ding, Y., Wu, J., Wang, J., Wang, J., Ye, J., Liu, F.: Superhydrophilic carbonaceous-silver nanofibrous membrane for complex oil/water separation and removal of heavy metal ions, organic dyes and bacteria, *Journal of membrane science*, Elsevier, Volume 614, doi.org/10.1016/j.memsci.2020.118491, 2020.
- [14] Chien, H. W., Tsai, M. Y., Kuo, C. J., Lin, C. L.: Well-dispersed silver nanoparticles on cellulose filter paper for bacterial removal, *Nanomaterials*, 11(3), 595, doi.org/10.3390/nano11030595, 2021
- [15] Deng, Y., Lu, T., Cui, J., et all: Bio-based electrospun nanofiber as building blocks for a novel eco-friendly air filtration membrane: A review, *Separation and Purification Technology*, Volume 277, Elsevier, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119623>, 2021.
- [16] Lastow, O., Podgorski, A.: *Single Fiber Collection Efficiency (Chapter 3)*, *Advances in Aerosol Filtration*, Editor Spurny, K., Lewis Publishers, strani 24, 1998.
- [17] Wakeman, R. J., Tarleton, E. S.: *Filtration: Equipment Selection, Modeling and Process Simulation*, Elsevier, 1999.
- [18] Happel, J.: Viscous Flow in Multiparticle Systems: Slow Motion of Fluid Relative to Beds of Spherical Particles, *AIChE J.*, Vol. 4, pp. 197-201, 1958.
- [19] Happel, J., Brenner, H.: *Low Reynolds Number Hydrodynamics*, Prentice-Hall, 1965.
- [20] Škerget, L.: *Mehanika tekočin*, Fakulteta za strojništvo Maribor in Fakulteta za strojništvo Ljubljana, ISBN 0196-8904, 337 strani, 1994.
- [21] Lovrec, D.: *Fizikalno ozadje delovanja hidravličnih sistemov*, Univerzitetna založba UM, ISBN 978-961-286-193-3, 208 strani, 2018.
- [22] Kothandaraman, C. P., Rudramoorthy, R.: *Fluid Mechanics and Machinery*, 2nd edition, New Age International Publishers, ISBN (13): 978-81-224-2558-1, 615, 2007.

- [23] Streeter, V., Wylie, B.: Fluid Mechanics, MacGraw-Hill Inc., 9. Edition, 586, 1989.
- [24] Bird, R., Byron, S., Warren, E., Lightfoot, E. N.: Transport Phenomena, J. Wiley & Sons, Inc., 1960.
- [25] Hibbeler, R.: Fluid Mechanics, 2nd Edition, Pearson; 2nd edition, 912 strani, ISBN-10: 013464929X, ISBN-13: 978-0134649290, 2017.
- [26] Gerhart, P. M., Gerhart, A. L., et. all: Munson, Young and Okiishi's Fundamentals of Fluid Mechanics, 9th Edition, Wiley, 800 pages, ISBN-10: 1119597307, ISBN-13: 978-1119597308, 2020
- [27] Davies, C. N.: Air filtration, Academic Press, 1973.
- [28] Kuwabara, S.: The forces experienced by randomly distributed parallel circular cylinders or spheres in viscous flow at small Reynolds numbers, *Phy. Soc. Japan*, No. 4, strani 527-532, 1959.
- [29] Kowalski, W. J., Bahnfleth, W. P., Whittam T. S.: Filtration of airborne microorganisms: Modeling and Predictions, *ASHRAE* 1999, strani 1-23, 1999.
- [30] Chen, C., Lim, L., Stephenson, P.: Application of Computational Fluid Dynamics to Air Induction System Design, *AFS Adv. Filtr. Sep. Technol.*, Vol. 12, strani 65-69, 1998.
- [31] Keir, G., Jegatheesan, V.: A review of computational fluid dynamics applications in pressure-driven membrane filtration. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol* 13, strani 183-201, doi.org/10.1007/s11157-013-9327-x, 2014.
- [32] Qian, F., Huang, N. Lu, J., Han, Y.: CFD-DEM simulation of the filtration performance for fibrous media based on the mimic structure, *Computers & Chemical Engineering*, Elsevier, Volume 71, strani 478-488, doi.org/10.1016/j.compchemeng.2014.09.018, 2014.
- [33] Dzhonova-Atanasova, B. D., Tsibranska, I. H., Paniovska, S. P.: CFD Simulation of Cross-Flow Filtration, *Chemical Engineering* vol. 70, strani 2041 - 2046, doi: 10.3303/CET1870341, 2018.
- [34] Li, H., Sansalone, J.: Multi-scale physical model simulation of particle filtration using computational fluid dynamics, *Journal of Environmental Management*, Elsevier, doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111021, 2020.
- [35] Bai, H., Qian, X., Fan, J. et. all: Theoretical Model of Single Fiber Efficiency and the Effect of Microstructure on Fibrous Filtration Performance: A Review, *Ind. Eng. Chem. Res.* 2021, 60, 1, strani 3-36, https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c04400, 2021.
- [36] Pan, Z., Liang, Y., Tang, M. et all: Simulation of performance of fibrous filter media composed of cellulose and synthetic fibers, *Cellulose*, 26, strani 7051-7065, doi.org/10.1007/s10570-019-02605-8, 2019.
- [37] Konstantinov, S. Y., Tselishev, D. V., Tselishev, V. A., Tuk, D. E.: Numerical Simulation of Hydraulic Screen Filter, *Samara*, 2022, pp. 1-8, doi: 10.1109/DVM55487.2022.9930907, International Conference on Dynamics and Vibroacoustics of Machines (DVM), 2022.
- [38] Korkmaz, Y. S., Kibar, A., Yigit, K. S.: Experimental and Numerical Investigation of Fluid Flow in Hydraulic Filters, *Journal of Applied Mechanics*, Vol. 15, No. 2, pp. 363- 371, ISSN, doi.org/10.47176/jafm. 15.02.32898, 2022.
- [39] Ando, S., Nishikawa, M., Kaneda, M., Suga, K.: Numerical simulation of filtration processes in the flow-induced deformation of fibrous porous media by a three-dimensional two-way fluid-structure interaction scheme, *Chemical Engineering Science* 252, 15 strani, doi.org/10.1016/j.ces.2022.117500 0009-2509, 2022.

## Physical background of hydraulic fluid flow through a filter

### Abstract:

Filtering or removing unwanted solid particles from the medium we want to clean, be it different gases or liquids, is a very complex process. This is already evident in the basic terms related to the type, material and shape of the filter and the filtering process. This is especially evident in the in-depth knowledge of the physical background of the liquid passing through the filter, the mechanisms of the elimination of unwanted particles, and in the modelling and simulation of this process. Despite the complexity, this knowledge is essential when designing suitable filter materials and entire filter. The latter is usually the domain of manufacturers of filter materials and filters and those engaged in research related to the field of filtration.

The contribution gives in more detail the background of the process of hydraulic fluid passing through the filter. In the introduction, general information related to filtering methods and types of filters, especially those suitable for filtering hydraulic fluids and known to every operator of hydraulic or lubrication systems, is given. In the following, the physical background of the passage of liquid through the filter, various mechanisms of the elimination of unwanted particles, and the approach to mathematical modelling and numerical simulation as an effective tool for studies related to the issue of filtering are presented in more detail. The cited sources of research and studies and insights enable users to better understand these processes, and provide filter developers with a basis for designing an effective filter.

### Keywords:

hydraulic filters, fluid passing, particle elimination methods, physical equations, numerical simulation

## VARNA UPORABA IN KOROZIJSKA ODPORNOST

Pri Eles+Ganter je v programu vedno več standardiziranih elementov iz plemenitega jekla A4 – zdaj so na voljo tudi zaporni vijaki, magnetni čepi, pa tudi povsem na novo zasnovana kontrolna okenca za olje za hidravliko.



Na prvi pogled so zaporni vijaki, ki jih pri Eles+Ganter ponujamo pod oznako GN 742.5, povsem običajen tehnološki dosežek – če ne bi bili narejeni iz plemenitega jekla A4. Čepi, ki so na voljo za navoje od M14 do M33 oz.  $G\frac{1}{4}$  do G1, so namenjeni za izrazito korozivna okolja, kot je npr. uporaba na črpalnih ploščadih ali povsod tam, kjer poteka intenzivno delo s soljo ali slanico. Vijaki imajo vdolženo tesnilo iz fluor kavčuka, ki je varno pred izgubo in preobremenitvijo, na čelni strani so ikone, ki jasno kažejo, ali gre za polnilno ali izpustno odprtino, s čimer se močno zmanjša pogostost napačne uporabe in človeške napake.

Konstruktivsko je magnetni čep GN 738.5 videti podoben, le da tu integrirani paličasti magnet, ki sega v tekočino, zanesljivo pobira in izloča železne delce, ki sicer lahko poškodujejo izpostavljene dele, npr. gonila.

Za to področje uporabe smo pri Eles+Ganter sočasno dodali v ponudbo kontrolna okenca za olje GN 7440, ki predstavljajo vrhunsko dopolnitev

različic iz aluminija, medenine ali umetnih mas, ki so v naši ponudbi že dlje časa. V primerjavi s temi tipi ima GN 7440 poleg odpornosti na korozijo, ki jo zagotavlja plemenito jeklo A4, še posebno novost: Steklena inšpekcijsko okence se s posebnim termičnim procesom neposredno vstavi v ohišje iz plemenitega jekla. Med hlajenjem se steklo hermetično in s tem tesnilno skrči, hkrati pa je nastala napetost v materialu tako visoka, da je mehansko skorajda neuničljiv. Tako inšpekcijsko okence za olje prenese tudi visoke tlake. Preskusi razpočnosti so pokazali, da odvisno od temperature deli odpovejo šele pri tlakih nad 400 bar. Tesnilo FPM omogoča uporabo pri temperaturah do 180 °C, tesnilo iz bakra pa celo do 300 °C.

Zareze, integrirane v kemično odporno steklo, omogočajo zanesljivo odčitavanje trenutne ravni tekočine. Nenazadnje pa GN 7440 izboljšuje obratovalno varnost, saj okence ne počí spontano, temveč se pri preobremenitvah kažejo jasno prepoznavne strukture majhnih razpok, kar omogoča pravočasno zamenjavo kontrolnega okenca. Vrhunska kontrolna okenca so v ponudbi Eles+Ganter na voljo v velikostih od M16 do M42 oz.  $G\frac{3}{8}$  do  $G\frac{1}{4}$ , drugi premeri navoja pa so na voljo po naročilu. To seveda velja tudi za zaporne čepi GN 742.5 in GN 738.5.

Zaporni čepi GN 738.5 so povsem podobnega videza. Imajo pa vstavljen trajni magnet, ki veže delce železa, ki plavajo v tekočini. S tem gonila in podobne sisteme ščiti pred poškodbami.

### Vir:

ELESA+GANter Austria GmbH, Franz Schubert-Straße 7, AT-2345 Brunn am Gebirge, Tel.: +43 2236 379 900 23, Fax: +43 2236 379 900 20, e-mail: j.plesnik@elesa-ganter.at, GSM: 386 41 362 859, internet: [www.elesa-ganter.si](http://www.elesa-ganter.si)

## ZAŠČITNI ELEMENTI ELESA+GANTER

Naši zaščitni izdelki so preprosti in intuitivni izdelki, ki pokrivajo širok spekter najrazličnejših uporab. Tako se konci cevi zaščitijo pred udarci, prahom in vlago. Po potrebi preprečujejo izstopanje tekočin ali vdiranje tujkov.

Zaščitni pokrovčki in zaporni vijaki so izdelani iz kakovostnega polietilena (PE).

Končni pokrovčki NIL iz črnega in sivega termoplasta (polietilen, PE) v svileni matirani izvedbi pokrivajo ostre robove pravokotnih, kvadratnih ali okroglih cevi. Posebna notranja rebra omogočajo preprosto in varno montažo in demontažo tudi pri različnih debelinah sten cevi.

Novi zaščitni pokrovčki za cevi NCT so idealni za zaščito pred trki. Na voljo so v premerih od 4 do 114 mm.

Zaščitni pokrovčki NCD za matice in vijake z navojem od M4 do M30, črni ali kromirani, v mat izvedbi so kot nalašč za vse profilne sisteme.

Zaporni vijaki TX iz rdečega polietilena (PE) so opremljeni s ploskim tesnilom iz gume NBR (izvedba TX-G), da z večjo prekrivnostjo kar najbolj zmanjšajo izgube. Ti zaporni vijaki so kot nalašč za pakiranje in transport naprav, ki vsebujejo olje, saj preprečujejo iztekanje tekočin, npr. pri motorjih, gonilih in razdelilnih enotah.

Serijska TNX je narejena iz rumenega polietilena in opremljena s tesnilnim obročem iz gume NBR. Posebna oblika je zasnovana za montažo z izvijačem. Na voljo so v številnih metričnih navojih in navojih GAS – od M8 do M52 oziroma od G1/8 do G2.



### Vir:

ELESA+GANTER Austria GmbH, Franz Schubert-Straße 7, AT-2345 Brunn am Gebirge, Tel.: +43 2236 379 900 23, Fax: +43 2236 379 900 20, e-mail: j.plesnik@elesa-ganter.at, GSM: 386 41 362 859, internet: www.elesa-ganter.si

## OGLAŠEVALCI

- |  |       |  |        |
|--|-------|--|--------|
| ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje.....         | 25    | Novo mesto.....                                | 1      |
| ▶ FESTO, d. o. o., Trzin.....              | 1, 68 | ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri.....      | 1, 2   |
| ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj.....           | 54    | ▶ PODKRIŽNIK, d. o. o., Ljubno ob Savinji..... | 67     |
| ▶ HPE, d. o. o., Ljubljana.....            | 1     | ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana.....       | 1, 4   |
| ▶ ICM, d. o. o., Vojnik.....               | 16    | ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica.....           | 8, 49  |
| ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija..... | 46    | ▶ SEAL & TRADE, d. o. o., Maribor.....         | 1      |
| ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi..... | 51    | ▶ Slovensko društvo za fluidno tehniko.....    | 11     |
| ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana.....          | 50    | ▶ STÄUBLI Systems, s.r.o., Pardubice, CZ.....  | 63     |
| ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje..... | 1, 59 | ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana.....              | 18     |
| ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....           | 1     | ▶ UL, Fakulteta za strojništvo.....            | 17     |
| ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana.....      | 1, 62 | ▶ UL, Fakulteta za elektrotehniko.....         | 9      |
| ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin..... | 1, 66 | ▶ UM, FERİ.....                                | 23, 55 |
| ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.),    |       | ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica.....              | 21     |

## PRIKLJUČNI KABLI NEBA ZA ŠIROK SPEKTER UPORABE

Novi priključni kabli NEBA M8x1 in M12x1 so A-kodirani (EN 61076-2-104/101) in idealni za povezavo naprav s krmilniki ali IO-terminali. Ker so zasnovani za širok spekter uporabe v težkih okoljih, lahko kabli NEBA pokrivajo skoraj vse aplikacije: od statičnih, energetskih verig z majhnimi radiji in robotiko. Kabli NEBA so odlični glede na vloženi denar.

S kabli NEBA so bili izvedeni različni zahtevni testi pri najzahtevnejših pogojih:

- ▶ 50.000 upogibnih ciklov (polmer 5 mm),
- ▶ 300.000 torzijskih ciklov ( $\pm 270^\circ/0,1$  m),
- ▶ 5.000.000 ciklov energetske verige (polmer 28 mm).

Poleg tega je bilo preverjeno tudi njihovo delovanje pri tresljajih in udarcih, da se zagotovi, da izpolnjujejo najvišje standarde. Priključni kabli ne vsebujejo svinca v skladu z RoHS-2.

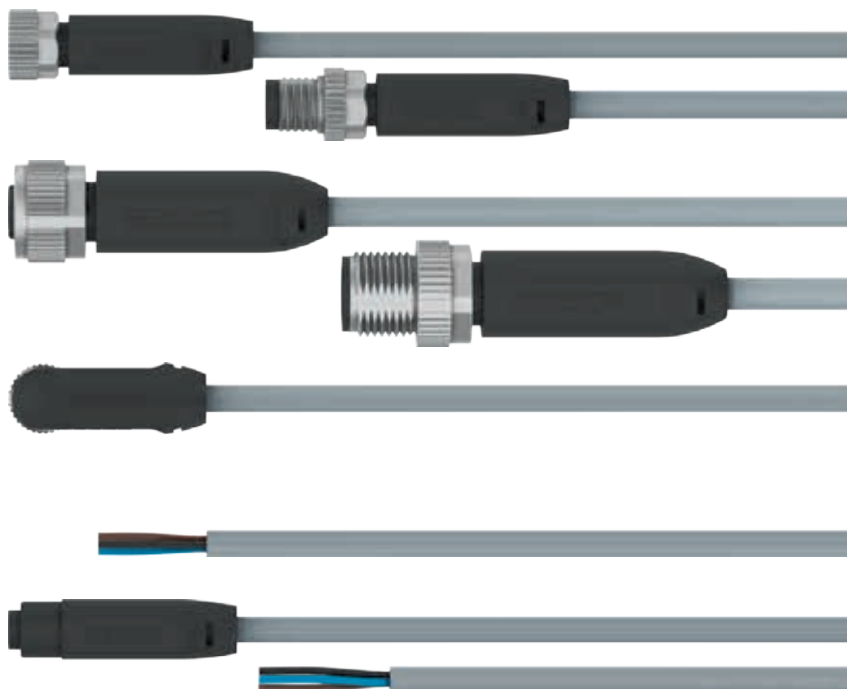
### Individualno konfigurirani - in varni

Poleg številnih različnih fiksnih kombinacij lahko kable NEBA konfigurirate povsem po svojih zahtevah - in jih brez težav uporabljate tudi s Festo elektromagnetnimi ventili. Kabli NEBA izpolnjujejo vse varnostne zahteve po IEC 61010-1 in IEC 61010-2-202 in so na seznamu UL.

### Enostavna in stabilna priključitev

Čeprav je kable NEBA enostavno priključiti ročno, jih je mogoče še bolj zanesljivo pritrditi z navadnim standardnim orodjem, ker so priključni deli lahko vijaki zaklepni, vzdolžno narebrčeni in s šestrobim vijaknim delom.

Z novim zaskočnim zaklepom M8 se kabli NEBA zelo hitro priključijo. Tudi ti izpolnjujejo enake standarde glede testiranja vibracij in udarcev. Privijanje je stvar preteklosti - zdaj je za priključitev dovolj en klik!



Videz priključnih kablov NEBA

### Poudarki:

- ▶ primerni za vse aplikacije,
- ▶ UL certificirani,
- ▶ testirani v skladu z IEC 61010-1 in IEC 61010-2-202 za ventile Festo,
- ▶ zaščita IP65, IP68, IP69k,
- ▶ izjemno zanesljivo prileganje zaradi vzdolžnega narebrčenja in šestrobega dela,
- ▶ ne vsebujejo svinca - skladni z RoHS-2,
- ▶ odporni proti obrabi,
- ▶ imajo nizko adhezijo,
- ▶ kabelski plašč je odporen na olje, hladilna sredstva, maziva, hidrolizo, mikrobe, ultravijolično svetlobo in ozon,
- ▶ ne vsebujejo estrov fosforjeve kisline, halogenov, CFC, kadmija, PIWS.

### Vir:


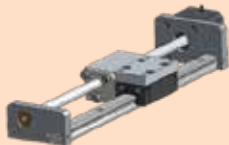

FESTO, d. o. o., Blatnica 8, 1236 Trzin, tel.: 01 530 21 00, faks: 01 530 21 25, e-mail: info\_si@festo.com, <http://www.festo.com>, g. Bogdan Opaškar



# KOMPAKTNI LINEARNI SISTEMI THOMSON LINEAR

Kompaktni linearni sistemi proizvajalca THOMSON LINEAR so primerni za zahtevne pogoje delovanja in za prostorsko zahtevne aplikacije.

**Preglednica 1 :** Standardne pogonske enote

	Vertikalna izvedba +(CLSV)	Horizontalna izvedba (CLSH)	Izvedba z okroglimi vodili (CLSR)
			
Vključene komponente	Thomson vreteno in motor (MLS), profilno vodilo z vozičkom, standardna matica	Thomson vreteno in motor (MLS), Thomson matica z minimalno zračnostjo, profilno vodilo	Thomson vreteno in motor (MLS), dve okrogli vodili z ležajem, Thomson matica z minimalno zračnostjo
Prednosti sistema	Konstrukcija je ožja, potrebuje manj prostora za vgradnjo. Vreteno je postavljeno nad profilno tirnico.	Višina linearne enote je manjša, vreteno in profilna tirnica, po kateri drsi matica z vodilom, sta postavljeni vzporedno.	Dvojno vodilo, ki je vzporedno z navojnim vretenom, je stroškovno učinkovita rešitev za prevzemanje večjih torzijskih obremenitev.
Maks. hod	800 mm	800 mm	500 mm
Maks. nosilnost	2000 N	2000 N	500 N

Pri načrtovanju pogonov uporabnik glede na zahteve konstrukcije izbere obremenitev in dolžine gibov ter pogonsko enoto standardne izvedbe, prikazane v *Preglednici 1*.

Če standardna konfiguracija ne ustreza zahtevam uporabnikove aplikacije, lahko skupaj z inženirji proizvajalca oblikuje enote, ki so prilagojene njegovim posebnim zahtevam.

Konfigurirati je mogoče kompakten linearni sistem ali kombinacijo le-teh iz najrazličnejših komponent

proizvajalca THOMSON LINEAR ([www.thomsonlinear.com](http://www.thomsonlinear.com)).

Več informacij o aktuatorjih proizvajalca THOMSON LINEAR dobite pri podjetju INOTEH.

**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: [gp@inoteh.si](mailto:gp@inoteh.si), internet: [www.inoteh.si](http://www.inoteh.si)

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

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

## PIAB: IZBRANA PRIJEMALA JOULIN SE ZDAJ PRODAJAJO POD BLAGOVNO ZNAMKO KENOS®

V maju je PIAB prevzel podjetje Joulin, ki je vodilno na področju vakuumskih prijemal. PIAB je v svoj portfelj Kenos® vključil tri serije Joulinovih prijemal. Rešitve za zahtevne industrijske aplikacije pa se še naprej tržijo pod blagovno znamko Joulin, katerega strokovnjaki nadalje podpirajo te industrije pri definiranju najboljšega sistema za vsakega posameznega uporabnika.

V blagovno znamko Kenos® so tako vključena prijemala MiniGrip, FlexiGrip in Safe&Light, ki odlično dopolnjujejo portfelj PIAB.

### Kenos® MiniGrip (KMG)

Kenos® MiniGrip (KMG) je prijemalo, ki je primerno za prehrabno in avtomobilsko industrijo. To je prijemalo s peno, ki jo je mogoče prilagoditi prostorsko omejenim aplikacijam na koncu orodja (EOAT). Njegova penasta površina ponuja prijemanje različnih predmetov brez dodatnega prilagajanja. V primeru neenakomernih višin slojev lahko KMG opremimo s kompenzatorji nivoja, ne da bi bilo treba zamenjati montažno napravo.



Slika 1 : Prijemalo KMG

### Kenos® FlexiGrip (KFG)

Prijemalo Kenos® FlexiGrip (KFG) je primerno za prehrabno, avtomobilsko industrijo in gradbeni-



Slika 2 : Prijemalo KFG

štvo. Gre za prijemalo s peno, ki se lahko uporablja kot posamezno prijemalo na industrijskih in tudi na kolaborativnih robotih. S svojo penasto površino omogoča prijemanje različnih izdelkov brez dodatnega prilagajanja. Njegova modularna zasnova zagotavlja prilagodljivost za hitro in enostavno nastavitev v primeru sprememb izdelka ter preprosto integracijo v obstoječo opremo. Prijemalo ima integrirane ejektorje za ustvarjanje vakuumu.

### Kenos® Safe&Light (KSL)

Kenos® Safe&Light (KSL) je prijemalo, ki je primerno za uporabo v aplikacijah pri pakiranju, skladiščenju, proizvodnji na koncu linije. Zahvaljujoč posebni zasnovi strukture iz karbonskih vlaken in pene za prijemanje je prijemalo izredno lahko, kar omogoča največji izkoristek nosilnosti robota. Je robustna in preprosta rešitev za široko paleto namenov, zlasti za paletiranje v robustnih in prašnih okoljih.



Slika 3 : Prijemalo KSL

Več informacij o vakuumskih prijemalih PIAB dobite pri podjetju INOTEH.

#### 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: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si

# POHITRITEV LOGISTIČNIH OPERACIJ Z OMRON

## MOBILNIMI ROBOTI S SELEKTIVNO AVTONOMIJO

Današnja podjetja se soočajo s spreminjajočo se proizvodnjo in pomanjkanjem delovne sile, kar vodi v iskanje različnih načinov, kako povečati fleksibilnost in učinkovitost logističnih operacij.



Slika 1 : Določitev poti z gibanjem v AGV-načinu in AMR-načinu

OMRON avtonomni mobilni roboti (AMR) imajo vgrajeno novo funkcionalnost z izborom selektivne avtonomije, ki simulira vedenje AGV-robotov brez uporabe magnetnih trakov ali fizičnih vodil.

V določenih aplikacijah v proizvodnji se lahko mobilni roboti gibljejo hitreje. Z uporabo selektivne avtonomije se OMRON mobilni roboti gibljejo v AGV-načinu in v AMR-načinu, s tem pa skrajšujejo ciklični čas logističnih operacij za do 15 %.

V programskem okolju FLOW iQ se uporabniki odločajo, kje želijo,

da se robot giblje v AGV-načinu in kje v AMR-načinu (slika 1). Tako ima robot načrtovano pot s selektivnim in avtonomnim vodenjem, med katerima pa avtomatsko preklaplja glede na območje proizvodnje ali pa glede na zaznane ovire. S tem so omogočene večja funkcionalnost, prilagodljivost in višja raven nadzora gibanja mobilnega robota.

### Ključne prednosti:

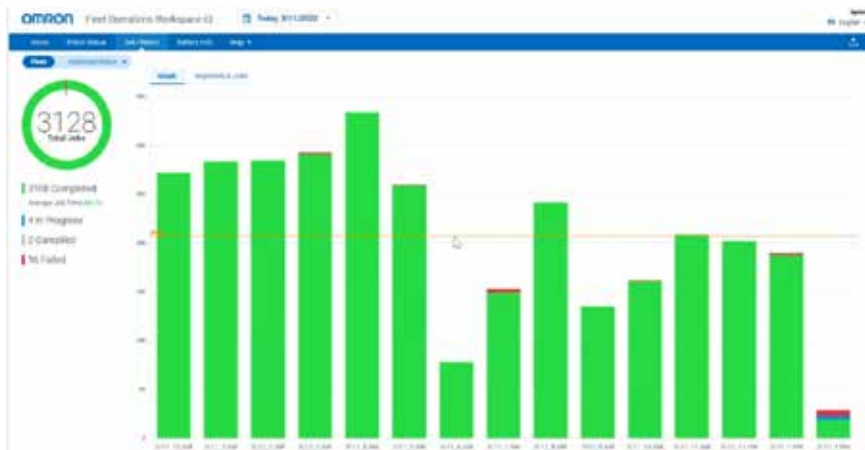
- ▶ izboljššan ciklični čas do 15 %,
- ▶ manj zastojev,
- ▶ manj naprav za nadzor prometa,

- ▶ bolj dosledno in varno gibanje robotov.

Flow iQ omogoča tudi analizo delovanja posameznih robotov kot tudi celotne flote, kjer si uporabniki lahko pogledajo stanje robota, zgodovino opravil, porabo in status baterije ter preverijo in urejajo tlorise proizvodnje (facility map) (slika 2).

### Ključne prednosti flow iQ:

- ▶ hiter vpogled v stanje in delovanje robotov (polnjenje, čakanje, stanje napake),
- ▶ vizualizacija uspešnosti delovanja flote s prikazano statistiko,
- ▶ pregled kakovosti WiFi-signalov na tlorisu proizvodnje za določitev šibkih območij signala,
- ▶ prilagoditev prometa z lokalizacijo in umestitvijo v aktualnem tlorisu proizvodnje za izboljšanje cikličnih časov.



Slika 2 : Pregled izvedenih, zgrešenih, odpovedanih opravil in opravil v teku

### Vir:

MIEL Elektronika, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: [www.miel.si](http://www.miel.si), e-pošta: [info@miel.si](mailto:info@miel.si), [info@miel.si](mailto:info@miel.si)

## SODELUJOČI ROBOT OMRON TM16

Novi model robota OMRON TM16 z nosilnostjo 16 kg pomeni več moči in vsestranskosti v naboru sodelujočih oziroma kolaborativnih robotov.



**Slika 1:** Sodelujoči roboti OMRON (TM5, TM14, TM12 in TM16) z nosilnostjo od 6 kg do 16 kg in dosegom med 700 in 1300 mm



**Slika 2:** OMRON16 v mobilni izvedbi

S tem modelom se družina sodelujočih robotov širi na prenašanje večjih bremen, vse do mase 16 kg (slika 1). Družina sodelujočih robotov OMRON TM5, TM14, TM12 in TM16 omogoča izvajanje različnih ponavljajočih se operacij tako pri montaži, stregi in vzdrževanju samostojno ali pa dela varno skupaj z ljudmi.

Namestitev na platformo mobilnega robota omogoča avtomatiziran prevoz izdelkov in izvajanje zahtevnejših postopkov pobiranja ali odlaganja izdelkov (slika 2).

Ključne značilnosti:

- ▶ maksimalna nosilnost 16 kg za manipulacijo težjih izdelkov in materialov;
- ▶ z uporabo vgrajene kamere lahko robot izvaja kompleksnejše Pick & Place aplikacije in tudi procese vizualne kontrole;
- ▶ vgrajena sta komunikacijska vmesnika Ethernet/IP in Profinet za lažjo povezljivost z ostalimi napravami.

Vir:

MIEL Elektronika, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: [www.miel.si](http://www.miel.si), e-pošta: [info@miel.si](mailto:info@miel.si), [info@miel.si](mailto:info@miel.si)

**Preglednica:** Nekaj tehničnih podatkov za OMRON TM16 in TM16X

Ime produkta		TM16		TM16X	
Napajalna napetost		AC	DC	AC	DC
Teža (kg)		32,2 kg		31,9 kg	
Teža kontrolerja (kg)		41,1 kg			
Doseg roke (mm)		900 mm			
Montaža		Tla, stena, strop			
Povprečna hitrost (m/s)		1,1 m/s			
Omejitve gibanja	Sklep 1	±270°		±360°	
	Sklep 2,4,5	±180°		±360°	
	Sklep 3	±155°			
	Sklep 6	±270°		±360°	
Hitrosti sklepov	Sklep 1, 2	120°/s			
	Sklep 3, 4, 5, 6	180°/s			
Ponovljivost (mm)		±0.1 mm			
Stopnja zaščite		IP54 (robotska roka), IP32 (kontroler), IP40 (daljinec)			
Cleanroom certifikat		ISO Class 5			

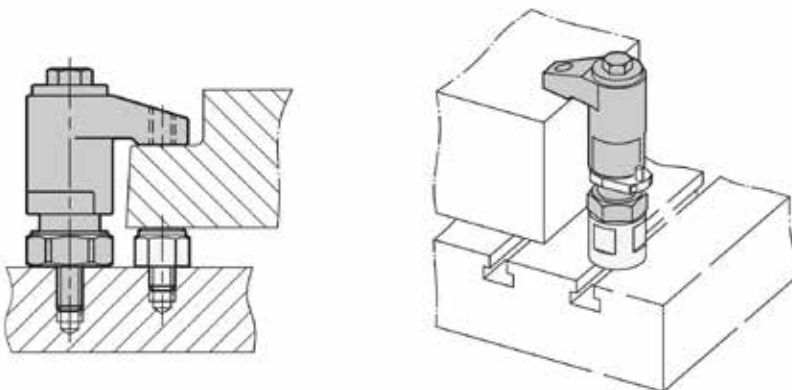
## UČINKOVITO VPENJANJE Z VARČEVANJEM PROSTORA

Pri konstrukciji orodij in priprav se praviloma srečujemo s hitrim menjavanjem obdelovancev v zelo omejenih prostorskih razmerah. Zato smo pri Elesa+Ganter z vpenjalnikom z vlekem navzdol razvili nov, kompakten in predvsem univerzalen vpenjalni element. S stranskim odmikanjem vpenjalne ročice lahko obdelovance hitro, varno in sočasno pravilno pritrdite v pravi položaj, pri tem pa varčujete s prostorom.



pomakne navzdol in vpne obdelovanec. Ko vpenjalnik popustite, pa je obdelovance mogoče tudi pri zelo omejenih prostorskih razmerah enostavno odstraniti z vrha, ko vpenjalno roko odmaknete v stran.

Da bi zagotovili ponovljivost položaja vpenjalne točke, smo pri Elesa+Ganter kot specialisti za standardizirane dele izdelali pozicijski obroč GN 9192.2 kot dodatno opremo za vpenjalnik z vlekem navzdol. Z omejitvenim zatičem se območje vrtenja vpenjalnega elementa omeji na do 110° v levo in v desno, tako da se pri ponavljajočih se postopkih vpenjanja vpenjalna roka vedno znova vrne na isti vpenjalni položaj. Pozicijski obroč se pritrdi s pritisknimi vijaki na vodilo vpenjalnika z vlekem navzdol in tako zmanjša hod vpenjalnega elementa za lastno višino.



Novi vpenjalnik z vlekem navzdol GN 9192 iz kaljenega jekla se s T-utori pritrdi na obdelovalno mizo ali pritrdilno ploščo. Vpenjalno ročico lahko nato ročno

zavrtite za 360° in poljubno postavite nad vstavljeni obdelovanec. Nato se z vrtenjem in zategovanjem vpenjalnega vijaka oz. vpenjalne ročice vpenjalna roka

Poleg tega je za vpenjalnik kot dodatna oprema na voljo tudi višinski cilinder GN 9192.3. Ta pride prav, ko je treba povečati vpenjalno višino standardiziranega dela. Poleg tega se višinski cilinder lahko uporablja tudi v kombinaciji s pozicijskimi in vpenjalnimi elementi, da se naležne točke postavijo z večjim razmikom glede na referenčno površino.

### Vir:

ELESA+GANTER Austria GmbH,  
Franz Schubert-Straße 7, AT-2345  
Brunn am Gebirge, Tel.: +43 2236  
379 900 23, Fax: +43 2236 379  
900 20, e-mail: j.plesnik@elesa-  
ganter.at, GSM: 386 41 362 859,  
internet: www.elesa-ganter.si

## NOVA MEHASTA SKLOPKA IZ NERJAVEČEGA JEKLA EWR S PREREZANIM PRIKLJUČNIM DELOM

Različica mehaste sklopke s prerezanim priključnim delom EWR iz nerjavečega jekla je novost v ponudbi specialista za sklopke, podjetja *Enemac* iz Kleinwallstadta. Izdelane so iz nerjavečega jekla A4 ali A2 in so primerne za uporabo v zahtevnih okoljih, v sterilnih ali celo kislih aplikacijah in v živilskem in medicinskem sektorju.



Sklopke so še posebej primerne za uporabo v težko dostopnih sistemih, kjer je prostor zelo omejen in so pogonske in izhodne enote toge ali jih ni mogoče premikati v aksialni smeri.

Pri tipu EWR je mogoče obe spodnji polovici vpenjalnih delov odstraniti in sklopko namestiti radialno na konce gredi. Nato se odstranjene polovice vpenjalnih delov namestijo na nasprotno stran gredi in privijačijo z vijaki iz nerjavečega jekla.

Demontažo sklopke je prav tako možno izvesti z malo truda in pri tem niso potrebni dodatni pripomočki, kot so snemalna ali druga orodja. Higiensko oblikovana kovinska mehasta sklopka je na voljo v 7 velikostih za nazivne momente od 10 Nm do 1.200 Nm in za premere gredi od 7 do 85 mm.

### Vir:

ENEMAC GmbH, Daimler Ring 42, 63839 Kleinwallstadt, Tel.: 06022/7107-0, web; [www.enemac.de](http://www.enemac.de), e-mail: [info@enemac.de](mailto:info@enemac.de)

časopis  
**industrija**

**Vaša sigurna pot  
do tržišča v Srbiji**

**Promovišite svoj posao i predstavite  
Vašu kompaniju.**  
Najnovije vesti, intervjui, reportaže  
sa sajmova u Srbiji i regionu,  
predstavljanje kompanija, sve na  
jednom mestu.

**[www.industrija.rs](http://www.industrija.rs)**  
[www.facebook.com/casopis.industrija](http://www.facebook.com/casopis.industrija)

---

Pokličite nas:  
**ČASOPIS INDUSTRIJA**  
Lazara Kujundžića 88,  
11030 Beograd, Srbija

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

## NOVA GENERACIJA POLNILNIH POSTAJ BASIC EVO 11 kW ZA ELEKTRIČNA VOZILA

Podjetje FBS elektronik, ki je poznano kot vodilni proizvajalec industrijske senzorike v Sloveniji, je v svoj prodajni program vključilo izmenično AC polnilno enoto Basic EVO z močjo do 11 kW proizvajalca Walther-Werke iz Nemčije (*slika*).

Polnilna postaja Basic EVO 11 kW predstavlja trend razvoja v prihodnosti na področju stenskih polnilnih postaj za električna osebna vozila kakor tudi za transportna vozila v večjih podjetjih. Ker je v uporabi vedno več električnih vozil, ki zmanjšujejo emisijo CO<sub>2</sub> in ostalih zdravju škodljivih izpušnih plinov in tako zagotavljajo boljši zrak, so potrebe po kakovostnih polnilnih enotah vedno večje. Slabost polnjenja na 230-voltni vtičnici je čas polnjenja, ki je pri večji kapaciteti baterij tudi več kot 10 ur. Z novo polnilno postajo se časi bistveno skrajšajo, enota pa ima še številne druge prednosti, kot je polnjenje z AC polnilno postajo ne škoduje življenjski dobi baterije e-vozila.

### Prednosti polnilne postaje BasicEVO so:

- ▶ kompaktna stenska izvedba,
- ▶ robustno ohišje,
- ▶ že vgrajen polnilni kabel dolžine 5 m, »tip 2«,
- ▶ enostavno rokovanje P & P (Prikluči in polni),
- ▶ nastavitev moči do 11 kW,
- ▶ varno polnjenje ponoči,
- ▶ za priklop na eno- (230 V) ali trifazni (380 V) tok 16 A,
- ▶ IP54 zaščita pred škropljenjem vode.

Poleg tega ima polnilna postaja tudi samodejno zaznavanje preostalega enosmernega toka. Vanjo je vgrajen DC-krmilnik odvečnega toka. S tem je polnjenje bolj varno in hitrejšo kot preko običajne hišne vtičnice. Polnjenje avtomobila čez noč je varno. Sistem Plug'n Play omogoča polnjenje do 11 kW brez nastavitvev. Polnjenje preko pol-



Polnjenje na polnilni postaji BasicEVO v garaži

nilne postaje BasicEVO se lahko omeji glede na porabo drugih električnih naprav na priključku na manjše moči: 7,2 kW, 3,7 kW ali 2,1 kW. Za uporabo znotraj ali zunaj zgradb basicEVO zagotavlja visoke standarde varnosti za uporabnika in njegovo e-vozilo.

Uvrstitev polnilne postaje BasicEVO v prodajni program je prispevek podjetja FBS k boljšemu zdravju ljudi, čistejšemu zraku v

Sloveniji in ohranitvi življenjske dobe baterije vašega e-avtomobila!

### Vir:

FBS Elektronik, d. o. o., Prešernova cesta 8, 3320 Velenje, tel.: +386 03 898 3702, mob: +386 64 157 204, fax.: +386 3 8983 718, e-mail: peter.meh@fbselektronik.com, internet: <http://www.fbselektronik.com>

## SESALNE GUME MX VAKUUMSKIH PRIJEMAL PROIZVAJALCA PIAB

Nove sesalne gume MX25 za vakuumska prijemala premera 25 mm so najmanjše v uspešni družini MX. Kot pri ostalih velikostih nove sesalne gume enostavno prijemajo predmete najrazličnejših materialov in geometrijskih oblik. Zaradi svoje velikosti so idealne za natančno prijemanje majhnih predmetov, na primer v e-trgovini in logističnih aplikacijah ter pri sortiranju in recikliranju odpadkov.

### Majhna velikost, velika prilagodljivost, velika učinkovitost

Pri rokovanju s predmeti večjih dimenzij je mogoče na orodje namestiti več sesalnih gum MX25 in tako povečati dvižno površino in prijemno silo ter razporediti obremenitev za varnejši in zanesljivejši oprijem, zlasti pri aplikacijah, kjer je bistvena hitrost.

Sesalne gume MX so bile od samega začetka mišljene kot večnamenske. Prilagodljivost je z dodajanjem dodatnega meha (do tri mehe) iz asortimana piGRIP® še večja. Dodatni meh poveča višino sesalne gume in omogoča pobiranje predmetov različnih višin in dimenzij. Ta prilagodljivost je natanko tisto, kar je potrebno za izpolnjevanje vedno bolj individualnih zahtev v logistiki.

Velikosti priseskov MX35-65 je zdaj mogoče konfigurirati tudi s spodaj nameščenimi filtrirnimi diski. Povečana površina filtra lahko dodatno podpira ali pomaga skrajšati čas vzdrževanja, še posebno v prašnem okolju.

### Lastnosti sesalnih gum MX:

- ▶ trajnejše in energetsko učinkovito delovanje zaradi nizkega vakuuma;
- ▶ izjemna sposobnost tesnjenja omogoča rokovanje z različnimi predmeti, različnih geometrijskih oblik in površine;
- ▶ nizka stopnja gubanja embalaže zaradi majhnega vakuuma;
- ▶ varen in stabilen oprijem za uporabo pri velikih



Sesalne gume MX

hitrostih tudi pri majhnem vakuumu;

- ▶ podaljšana življenjska doba, zahvaljujoč elastičnemu in obrabno odpornemu materialu DURAFLEX®.

Sesalne gume MX proizvajalca PIAB se lahko uporabljajo v številnih aplikacijah. Zaradi njihove prilagodljivosti se čas preurejanja in zaustavljanja močno skrajša. Prijemalne gume so kljub manjšemu vakuumu učinkovite, to pa pomeni prihranek energije.

Več informacij o vakuumskih prijemalih PIAB dobite pri podjetju INOTEH.

### 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: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si





## NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov

Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza

Podelitev priznanja TARAS

## FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

Dogodek je namenjen vsem, ki delujejo v industrijskem okolju ali za industrijo. Na forumu predstavljamo dosežke in novosti, inovativne rešitve, primere prenosa znanja in izkušenj ter njihove uporabe v industrijskem okolju, pri čemer je pozornost usmerjena tako na nove zamisli, zasnove in metode, kot tudi na tehnologije in orodja. Forum je tudi prostor, kjer osvetlimo resnično stanje v industriji, njene zahteve in potrebe. Posebna pozornost je namenjena uspešnim aplikativnim projektom raziskovalnih organizacij, inštitutov in univerz, izvedenih v industrijskem okolju, ter prenosu uporabnega znanja iz znanstveno-raziskovalnega okolja v industrijo.



**Priznanje TARAS** za najuspešnejše sodelovanje znanstvenoraziskovalnega okolja in gospodarstva na področju inoviranja, razvoja in tehnologij.



Portorož, 12. in 13. junij 2023

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

Glavni pokrovitelji



Razvojna partnerja



Vsebinski partner



Nacionalna pokrovitelja



Pokrovitelji



METTLER TOLEDO



YASKAWA

## NOVA MINIATURNA NAVOJNA VRETENA

### Zagotovitev natančnega gibanja pri majhnih konstrukcijah

Nova Thomsonova miniaturna navojna vretena konstruktorjem omogočajo, da zasnujejo dimenzijsko majhne konstrukcije, ki jih nekoč ni bilo mogoče. Nastavljive, prilagodljive in vitke kompo-

nente pomagajo zmanjšati velikost in maso aplikacij, ne da bi to vplivalo na natančnost, življenjsko dobo ali delovanje.

#### Značilnice miniaturnih navojnih vreten:

- ▶ premer 2-4 mm,
- ▶ oblika, zasnovana proti po-

vratnemu udarcu,

- ▶ integrirana spojka za hitro montažo,
- ▶ končna obdelava po želji naročnika, posebni premazi, edinstven dizajn matice in končne konfiguracije.

#### Miniaturna navojna vretena se najpogosteje uporabljajo za:

- ▶ ročne medicinske pripomočke,
- ▶ minimalne pomike v x- ali y-smeri,
- ▶ mikroprijemala.

Več informacij o aktuatorjih proizvajalca THOMSON LINEAR dobite pri podjetju INOTEH.

#### 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: gp@inotech.si, internet: www.inotech.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

## ELECTRAK® XD – NOVA EVOLUCIJA ELEKTRIČNIH AKTUATORJEV

Electrak® XD združuje pametni nadzor z upravljanjem obremenitev do 25 kN in največjim delovnim ciklom do 100 %.



Aktuator Electrak XD proizvajalca Thomson Linear, ki ga zastopa INOTEH, je začetek naslednje evolucije električnih linearnih aktuatorjev. Je dovolj močan, da nadomesti hidravlične cilindre, hkrati pa pametnejši, manjši in učinkovitejši od konkurenčnih tehnologij. Poleg svoje izjemne moči ima serija XD obsežno zaščito tudi pred najtežjimi delovnimi pogoji in izboljššan nadzor ter diagnostiko preko vgrajenih krmilnikov.

*Zasnovan za zamenjavo hidravlike* – Prehod na hidravliko je enostaven s funkcijami, kot so interna zavora bremena, opsijsko blaženje udarne obremenitve, stalni nadzor in diagnostika ter zmanjšana skupna masa, velikost in manjša poraba energije.

*Izjemna odpornost* – Linearni aktuator serije XD ima vrhunsko zaščito tudi za uporabo v najtežjih delovnih pogojih s faktorji zaščite IP69K (statično), IP67 (statično) in IP66 (dinamično).

*Izboljššan nadzor* – Povečuje inteligenco aplikacije z vgrajenimi kontrolami, kot so nizkopenjsko preklapljanje, nastavljiva končna stikala, povratne informacije o položaju, sinhronizacija, BUS-sistemi in drugo.

Več informacij o aktuatorjih proizvajalca THOMSON LINEAR dobite pri podjetju INOTEH.

### 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: gp@inoteh.si, internet: www.inoteh.si, www.thomsonlinear.com



### Vitka proizvodnja.

item. Your ideas are worth it.®

Sistem item Lean Production združuje preprosto rokovanje in visoko stabilnost konstrukcije. S profilnim sistemom D30 nastajajo rešitve, ki jih lahko preprosto prilagajamo na licu mesta.

**INOTEH**  
www.inoteh.si A BIBUS GROUP COMPANY  
Inoteh d.o.o. K železnici 7 2345 Bistrica ob Dravi

## PARKERJEVA NOVA SERIJA BATNIH AKSIALNIH MOTORJEV V16

Parker Hannifin, ki je vodilni svetovni proizvajalec na področju tehnologij gibanja in krmiljenja, predstavlja nov aksialni motor s spremenljivim pretokom. Novi motor V16 je nadaljevanje v razvoju dobro znane serije motorjev V12 in V14. Njegove edinstvene hitrostne zmogljivosti in visoki nivoji delovnega tlaka rezultirajo v povečani produktivnosti in varnosti v aplikacijah v gradbeništvu, pomorstvu, naftni industriji in kmetijstvu.



V16-270 – motor za stroje visokih zmogljivosti

Novi motor je na voljo v dveh velikostih: V16-220 in V16-270. Zasnovan je za delo v odprtem in zaprtem tokokrogu s poudarkom na visoko zmogljivih strojih. Zahvaljujoč inovativnemu sistemu diferencialnega krmiljenja batov skupaj s 3-smernim ventilom in z najboljšim razmerjem max/min iztislone v kategoriji (5,5 : 1) V16 omogoča mirno in natančno kontrolo v vseh režimih delovanja.

Patentirana zasnova sferičnih batov in laminirani batni obročki zagotavljajo do 30 % večje hitrosti na gredi kot pri konkurenci. V kombinaciji z visokim tlakom, do 550 barov, V16 nudi izboljšane zmogljivosti in dolgo življenjsko dobo. Zasnova sferičnih batov omogoča tudi visoko volumetrično učinkovitost – do 99 %. Zmožnost dela v praznem hodu in ničnem pretoku omogoča znatne prihranke goriva. S tem je novi V16 verjetno najučinkovitejši variabilni batni motor na trgu.

Z manjšo porabo energije lahko občutno zmanjšamo obratovalne stroške in omogočamo doseganje ciljev proizvajalcev originalne opreme glede zmanjšanja emisij in skladnosti s prihodnjimi okoljskimi predpisi.

V16 je na voljo v različnih ISO in SAE s prilagodljivimi možnostmi priključkov, vključno s standardnimi aksialnimi in radialnimi priključki. Možen je tudi nadzor z dodatkom novega senzorja položaja in vtičnega senzorja hitrosti.

Več o motorju V16 lahko najdete na <https://discover.parker.com/V16>.

### Vir:

Vir: Parker Hannifin Sales CEE s. r. o., Češka republika – Podružnica Novo mesto, tel.: +386 (0)7 337 66 50, e-mail: [parker.slovenia@parker.com](mailto:parker.slovenia@parker.com), internetna stran: [www.parker.com](http://www.parker.com), Dušan Kastrevc

07.-09.3.2023

IA3M HINTRAONIKA ROBOTICS

GR, Ljubljana, Slovenija

© Ventil 29(2023)1. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.  
 © Ventil 29(2023)1. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Internet: <http://www.revija-ventil.si>  
 E-mail: [ventil@fs.uni-lj.si](mailto:ventil@fs.uni-lj.si)

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

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

Volume Letnik 29  
 Year Letnica 2023  
 Number Številka 1

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: izr. prof. dr. Miroslav Halilovič  
 Tehnični urednik: Roman Putrih

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ Erih ARKO, YASKAWA, Ribnica
- ▶ prof. dr. Maja ATANASIJEVIČ-KUNC, FE Ljubljana
- ▶ prof. dr. Ivan BAJSIČ, Univerza v Novem mestu, Fakulteta za strojništvo
- ▶ mag. Aleš BIZJAK, POCLAIN HYDRAULICS, Žiri
- ▶ doc. dr. Andrej BOMBAČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Alexander CZINKI, Fachhochschule Aschaffenburg, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Janez DIACI, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože DUHOVNIK, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ dr. Robert IVANČIČ, INTECH-LES, Rakek
- ▶ dr. Milan KAMBIČ, OLMA, Ljubljana
- ▶ prof. dr. Mitjan KALIN, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Roman KAMNIK, FE Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Damjan KLOBČAR, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Darko LOVREC, FS Maribor
- ▶ doc. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
- ▶ Bogdan OPAŠKAR, FESTO, Ljubljana
- ▶ dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Jože RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ mag. Anton STUŠEK, Uredništvo revije Ventil
- ▶ prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljskava
- ▶ doc. dr. Marko ŠIMIC, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez TUŠEK, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hironao YAMADA, Gifu University, Japonska

Oblikovanje naslovnice in oglasov: Narobe Studio, d. o. o., Ljubljana  
 Lektoriranje: Marjeta Humar, prof., Andrea Potočnik  
 Prelom in priprava za tisk: Grafex agencija | tiskarna  
 Tisk: Tiskarna Present, Ljubljana  
 Marketing in distribucija: Roman Putrih

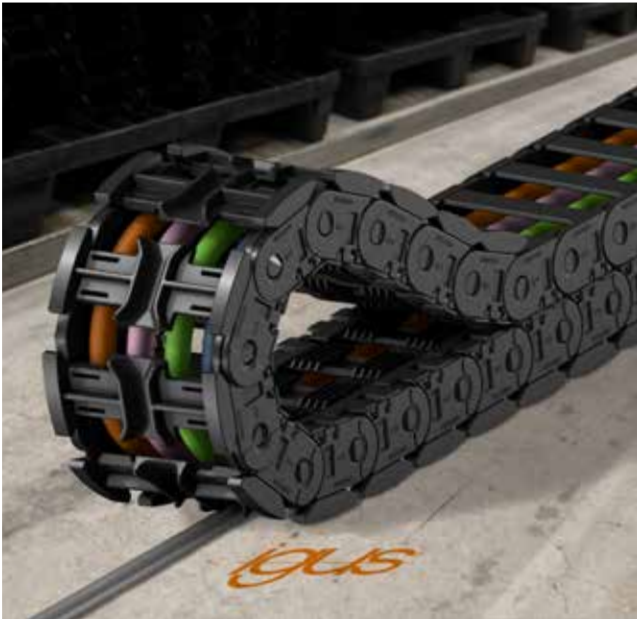
Naslov izdajatelja in uredništva: UL, Fakulteta za strojništvo – Uredništvo revije Ventil  
 Aškerčeva 6, POB 394, 1000 Ljubljana  
 Telefon: +(0)1 4771-704  
 Faks: +(0)1 4771-772 in +(0)1 2518-567

Naklada: 1.000 izvodov  
 Cena: 5,00 EUR – letna naročnina 30,00 EUR

Revija sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).  
 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 5-odstotni davek na dodano vrednost.

# E-VERIGE AUTOGLIDE 5 IGUS ZA HITRO PRIKLJUČITEV

Revolucionarni sistem E-verig autoglide 5 za prenos energije in podatkov, ki ga izdeluje podjetje igus, ne potrebuje vodilnega korita, je hitro nameščen in ima dolgo življenjsko dobo brez vzdrževanja.



E-veriga autoglide 5

## E-verige autoglide 5 igus

V podjetju igus so razvili nov sistem energijskih verig, ki je posebej zasnovan za uporabo pri horizontalnih gibih v logistiki in na žerjavih (slika). E-veriga za dovod energije in podatkov je hitro nameščena, saj ne potrebuje vodilnega korita. Namesto tega leži na jeklenici, ki usmerja e-verigo čez posebej prireje-

ne prečke z utorom. E-veriga autoglide 5 omogoča varen prenos energije in informacij pri dolgih hodih z majhnimi stroški.

Številni uporabniki za prenos energije v tesnih in zaprtih prostorih, npr. skladiščnih enotah, uporabljajo sistem drsnih vodov. Njihova glavna pomanjkljivost je, da so dragi za vzdrževanje, uporabljajo se lahko le za prenos energije. Da se izognete napakam pri stiku, jih je potrebno redno čistiti.

Autoqlide 5 lahko varno vodi kable v vodoravni smeri pri hitrostih do 4 m/s in razdalji gibanja do 80 metrov tudi brez vodilnega korita. Privlačen je predvsem zaradi nizke cene - 88 odstotkov krajši čas namestitve v primerjavi s sistemom s koriti in delovanje brez vzdrževanja. »Novi sistem autoglide 5 ponuja pravo alternativo drsnim vodom za oskrbo z energijo, prav tako pa omogoča tudi varno vodenje podatkovnih kablov in cevi za ostale medije,« je pojasnil Christian Strauch, vodja oddelka za sisteme logistike pri podjetju igus.

## Varno vodenje energije tudi brez korita

Za namestitev sistema autoglide 5 je potrebna le priložena jeklenica, ki se položi na celotno dolžino hoda. Pritrjena je na obeh skrajnih koncih hoda. Opcijsko se lahko namesto jeklenice uporabi tudi plastična vrv ali profil. E-veriga po jeklenici/vrvi potuje varno, saj so igusovi strokovnjaki za ta namen zasnovali prav poseben koncept vodenja. Spodnja



## KAPALNIK OLJA TIP MET.B

- » elektromagnetni zaporni ventil
- » protiprašni pokrov
- » 2-10 kapalnih ventilov
- » možnost izbire napajanja
- » ločeno doziranje
- » na voljo tudi Ex izvedba



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

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 041 386 004

stran členov e-verige ima na sredini povezovalne prečke poseben utor, tako da lahko energijska veriga varno počiva na jeklenici/vrvi. Proti obrabi odporno in natančno vodeno drsenje zgornjega dela verige po spodnjem delu verige pa so inženirji zaupali že preizkušeni elementom. Ti elementi so sestavljeni iz glavnika podobnih brizganih prečk in so bili v preteklosti že dobro preizkušeni pri številnih aplikacijah e-verig. Torej ti trije elementi: jeklenica, posebej prirejene prečke z utorom in prečke z vodilnimi glavniki omogočajo uporabniku odpravo vodilnih korit in varno ter zanesljivo vodenje e-verig brez korit.

### Dolga življenjska doba, brez vzdrževanja

S sistemom autoglide 5 je podjetje igus razvilo trpežen sistem za oskrbo z energijo iz visoko zmogljivih polimerov, ki ne potrebuje vzdrževanja in pogoste

menjave. igus trenutno preizkuša življenjsko dobo nove energijske verige v lastnem testnem laboratoriju. Sistem autoglide 5 je že prepričal s svojim tihim delovanjem. Pri hitrosti 2 m/s je bila izmerjena vrednost 63 dB(A).

### Nakup energijske verige

Pri igusu je mogoče naročiti že sestavljen sistem iz energijske verige, priključnih členov in predelnih sten. Po želji lahko sistem vsebuje tudi že vstavljene kable s konektorji ali brez.

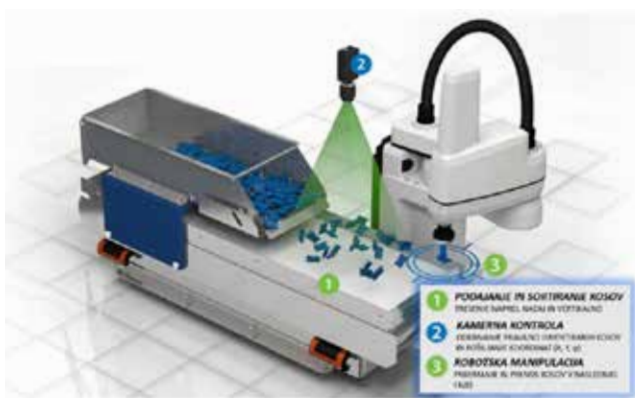
Podjetje igus za vse svoje e-verige in fleksibilne kable kot tudi že sestavljene sklope daje garancijo do 36 mesecev.

Matic Butja, HENNLICH, d. o. o.  
butja@hennlich.si



# AVTOMATSKO DODAJANJE IN UREJANJE IZDELKOV Z OMRON ANYFEEDER

V sodobnih industrijskih procesih se stremi k naprednejšim tehnologijam, ki bi zmanjšale proizvodne stroške in skrajšale proizvode procese. Pri izdelavi manjših izdelkov ali polizdelkov nastajajo težave pri urejanju velikih količin razsutega materiala. Ena izmed rešitev je uporaba vibracijskih podajalnikov, ki so masivni, hrupni in velikih dimenzij, pri zamenjavi izdelkov za urejanje pa je potrebno veliko časa.



Slika 1: Omron AnyFeeder rešitev

V primerjavi s klasičnimi urejevalnimi in dodajalnimi sistemi ima sistem za avtomatizirano urejanje Omron AnyFeeder številne prednosti. Je modularno grajen, prilagodljiv spremembam izdelkov za urejanje, njegova integracija v proizvodni sistem je hitra in zanesljiva. Hkrati pa je tudi manj hrupen.

Omron AnyFeeder je univerzalni sistem za dodajanje, urejanje, ločevanje izdelkov na proizvodnih linijah. Sistem sestavljajo vibracijski podajalnik, zmogljiv sistem strojnega vida, večosni oz. SCARA robot ter hitra komunikacijska povezava med posameznimi segmenti in eksternimi napravami (slika 1).

Omron AnyFeeder rešitev predstavlja celotni paket učinkovitega in prilagodljivega sortiranja majhnih kosov. Njegova prilagodljivost pri podajanju majhnih sestavnih delov različnih velikosti, oblik in materialov omogoča hitro spremembo izdelovalnih linij, kar znatno nižja stroške proizvodnje.

Gre za sistem, ki je nepogrešljiv v skoraj vsakem proizvodnem procesu, kjer se zahteva optimalno urejanje, montaža, prelaganje proizvodov ali njihovih sestavnih delov.

Omron AnyFeeder se uporablja povsod, kjer je večja količina majhnih kosov, saj s svojim edinstvenim načinom delovanja omogoča natančno, hitro in prilagodljivo razvrščanje na proizvodnih linijah, še posebej v obratih, kjer se sistemi stalno spreminjajo. Primerni so tako v industriji kozmetike, zobozdravstveni in medicinski industriji kakor tudi za avtomobilsko in elektroindustrijo.

## Podajalni stresalnik

Podajalni stresalniki so prilagojeni za uporabo v povezavi z industrijskim robotom in sistemom strojnega vida za hitro in zanesljivo urejanje in dodajanje razsutih kosov. V primerjavi s klasičnimi vibracijskimi podajalniki je AnyFeeder kompaktno zasnovan za enostavno integracijo na proizvodno linijo in večjo fleksibilnost pri menjavi kosov (slika 2).

AnyFeeder je vibracijski podajalnik in stresalnik, ki omogoča fleksibilno podajanje in sortiranje kosov poljubnih oblik, ki jih s pomočjo različnih kombinacij tresenja hitro in učinkovito segmentira.

Na voljo je več modelov, ki se med sabo ločijo po velikosti zalogovnika in stresalne površine. Večji



Slika 2: Sestavni deli podajalnega stresalnika AnyFeeder



modeli SX240 in SX340 imajo dodatno vgrajene pnevmatične priključke, ki omogočajo funkcionalnost zadrževalnika (*slika 2*) za precizno podajanje kosov iz zalogovnika na sortirno površino.

Podajalnik komunicira z enostavnimi ukazi na povezavi RS232. Protokol krmilja je standardiziran in dobro opisan, kar omogoča integracijo tudi v robotske sisteme drugih proizvajalcev.

Na učinkovitost razvrščanja kosov vplivajo predvsem njihova velikost, oblika in masa, ki posledično zahtevajo namenske nastavitve parametrov tresenja.

Na stresalniku lahko nastavljamo jakost in čas tresenja posameznih ukazov, kot so:

- ▶ smer tresenja naprej, nazaj, vertikalno,
- ▶ obračanje naprej in nazaj,
- ▶ podajanje kosov iz zalogovnika in
- ▶ čiščenje zalogovnika ter sortirne površine.

Na sortirno površino se dodaja ustrezna količina kosov, da se lahko hitro razvrščajo z dovolj velikim medsebojnim razmikom, saj ta omogoča robotskemu prijemalu zanesljivo prijemanje. Omron AnyFeeder se lahko krmili s PLC-jem preko komunikacije RS232. V programsko kodo je potrebno implementirati niz ukazov, s katerimi se določi zaporedje tresenja in obračanja, ki zagotovi optimalno razvrščanje kosov.

AnyFeeder se lahko vključi v Omron razvojno okolje ACE, v katerem so tudi ostali Omron industrijski roboti in kamere. Programska oprema bazira na IPC-aplikaciji, v kateri se lahko programirajo roboti, z dodatkom ACE vision paketa pa se upravlja z algoritmi strojnega vida. IPC ima na voljo PoE-porte, na katere se poveže Omron GigE kamera, nato se kreira algoritem prepoznavanja pravilne orientacije kosov. S tem lahko IPC-aplikacija v kombinaciji z razvojnim okoljem ACE pokriva celotno področje programiranja vseh segmentov Omron AnyFeeder rešitve.

## Strojni vid

Sistem strojnega vida se določi glede na značilne lastnosti urejanih kosov. Potrebno je upoštevati njihovo velikost, barvo in obliko kot tudi osvetlitev okolice. Ti dejavniki so bistveni pri izboru ločljivosti in tipa senzorja (barvni ali monokromatski) ter izboru osvetlitve.

V tej aplikaciji je standardna konfiguracija strojnega vida samostojna pametna kamera, nameščena pravokotno nad sortirno površino, integrirana osvetlitev ozadja pod sortirno površino in C-mount objektiv, ki se določi glede na oddaljenost med kamero in sortirno površino. V prvi fazi je potrebno nastaviti odprtost zaslone in fokus glede na jakost



Slika 3 : Omron kamere

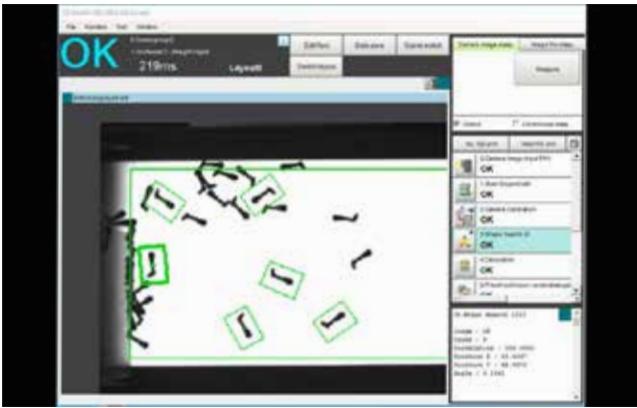
osvetlitve ozadja (integrirano pod stresalno površino AnyFeederja).

Primer aplikacije predstavlja Omron pametna kamera serije FHV7, ki deluje kot samostojna naprava, povezana na PLC preko izbrane komunikacije Ethernet/IP ali ProfiNET. Programsko okolje, kjer se kreira ustrezen algoritem strojnega vida, je t. i. Remote operation tool FZ-PanDA, v katerem je na voljo širok nabor naprednih algoritmov, ki omogočajo: merjenje, iskanje oblik in robov, defektov, obdelavo slik, kalibracije, OCR, logične operacije, preračunavanje, kompenzacije, shranjevanje slik, povezavo podatkov na fieldbus in drugo (*slika 4*).

V prvem delu algoritma je na vidnem polju potrebno izmeriti širino sortirne površine. Ta je osvetljena od zadaj in ustvari izrazito razliko kontrastov, ki jasno prikaže zunanje robove.

Izmerjena širina se uvozi v kalibracijski algoritem, določi se dejanska širina v milimetrih in generirajo kalibracijski parametri, ki pretvorijo izmerjene vrednosti v realne. V algoritmu je potrebno določiti še skupno točko koordinatnega izhodišča kamere in robota ter orientacijo koordinatnega sistema (desnosučni ali levosučni).

V naslednji fazi uporabimo napredni algoritem, t. i. Shape search III, v katerem označimo objekt s slike, ki ga želimo odkrivati. V nadaljevanju funkcija registrira model na podlagi pridobljenih podatkov kontur in primerja, kateri model je najbolj podoben izvirnemu. Korelacijski faktor nakazuje stopnjo podobnosti. Nastavimo ga na vrednost, ki zagotovi, da algoritem ne odkriva kosov, ki se prekrivajo.



Slika 4 : Algoritem strojnega vida z Omron FHV7 pametno kamero za prepoznavanje



Slika 5 : Sortiranje vijakov s prilagojeno površino

Za vsak ustrezen model, ki dosegata zahteve, algoritem odkrije in poda informacije, kot so:

- ▶ ocena uspešnosti kontrole (OK/NG),
- ▶ število odkritih kosov,
- ▶ korelacijski faktor in
- ▶ koordinate kosa (X, Y,  $\phi$ ).

V nadaljevanju uporabimo algoritem, t. i. Gravity Area, s katerim štejemo količino temnih pikslov na začetku in koncu sortirne površine. Dobljene vrednosti predstavljajo dejansko količino kosov na površini, ki jih pošiljamo na PLK preko Fieldbus komunikacije. V programski kodi uporabimo podatke za način tresenja naprej in nazaj, s tem pa zagotovimo, da se kosi ne kopičijo samo na eni strani, ampak se enakomerno razporedijo po celotni površini.

V praksi so primeri, ko gladka sortirna površina ne ustreza pravilni postavitvi oz. orientaciji kosov (slika 5). Takšen primer je sortiranje vijakov, kjer se zahteva orientacija vijaka z glavo navzgor. V teh

primerih se uporabi prilagojena sortirna površina z utori, ki s pomočjo tresenja učinkovito vstavi vijake v utore.

### PLK - Omron NJ

Krmilnik vzpostavlja komunikacijo med vsemi napravami in celotno rešitev avtomatizira. Omron PLK serije NJ omogoča uporabo kartice za serijsko komunikacijo, ki podpira t. i. protocol macro. Ta omogoča, da implementiramo sintakse ukazov AnyFeederja v makroje, s tem poenostavimo prenos ukazov na AnyFeeder.

Na začetku programskega cikla prožimo inšpekcijo na kameri, ki zažene algoritem strojnega vida. Slednji primerja naučeni model z zajeto sliko. Ko najde pravilno orientirane kose, pošlje povratne informacije na PLK. Če so kosi na stresalni površini, pridobimo število temnih pikslov na začetnem in končnem polju sortirne površine. Nato se v programski kodi



Slika 6 : Omron industrijski roboti

vrednosti primerjajo s spodnjo in zgornjo nastavljenno limito, ki sekvenčno prožijo smer tresenja kosov naprej-nazaj. Če so vrednosti obeh polj pod spodnjo limito, se začne izvajati podajanje kosov iz zalogovnika vse do dosežene zgornje limite.

Pri pravilno orientiranih kosih kamera pošlje njihove koordinate (X, Y, φ), PLK pa jih direktno posreduje robotu, ki opravi pobiranje kosa. Ko želimo v AnyFeederju uporabiti nov tip kosov, se v programu izvede ukaz za praznjenje zalogovnika in sortirne površine. Temu ukazu je potrebno ustrezno nastaviti čas tresenja, da zagotovimo popolno praznjenje kosov skozi zadnjo loputo. Prav tako je potrebo pri prehodu na nov tip kosov upoštevati program tresenja, ki je prilagojen glede na njihove fizične lastnosti, zato je primerno uporabiti recepture, ki vsebujejo prilagojene parametre za vsak tip.

## Roboti

V Omron portfelju industrijskih robotov so v aplikaciji AnyFeeder rešitve primerni SCARA i4L,

6-osni Viper in kolaborativni TM-roboti. Za hitre manipulacije kot pri aplikacijah »pick and place« je primernejši SCARA i4L robot, ki dosega čase delovnih ciklov do 0,48 s, ključna prednost tega robota pa je integriran robotski krmilnik (serije NJ). Če je potrebnih več gibov robota (primer aplikacije sestavljanja ali pakiranja), je primernejši 6-osni robot Viper.

Prednost Omron robotskega IPC-sistema je skupna platforma ACE (Automation Control Environment), v kateri lahko upravljamo celotni portfelj Omron industrijskih robotov, AnyFeederjev in sistemov strojnega vida v enem okolju. S tem deluje komunikacija med napravami bolj učinkovito in prenos podatkov se poenostavi.

## Vir:

MIEL Elektronika, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: [www.miel.si](http://www.miel.si), e-pošta: [info@miel.si](mailto:info@miel.si), [info@miel.si](mailto:info@miel.si)

# MIEL®

## Vse za avtomatizacijo proizvodnje

# OMRON

Za višjo produktivnost. ✓

### Sistemi za avtomatizacijo

- Industrijski računalniki
- Krmilniki za avtomatizacijo strojev
- Programirljivi logični krmilniki (PLC)
- Distribuirane I/O enote
- Vmesniki človek-stroj (HMI)
- Sysmac Studio

### Pogonska tehnika

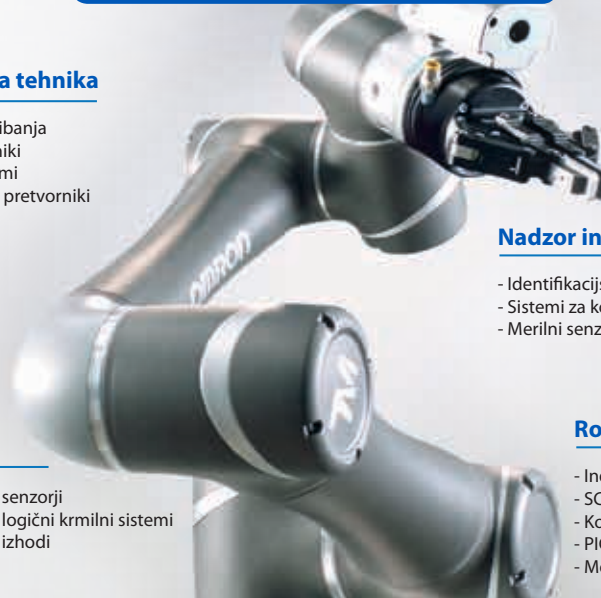
- Krmilniki gibanja
- CNC krmilniki
- Servo sistemi
- Frekvenčni pretvorniki

### Stikalne komponente

- Elektromehanski releji
- Polprevodniški releji
- Niskonapetostni preklopniki
- Stikala in tipke
- Terminalni bloki

### Varnostna tehnika

- Naprave za zaustavljanje in nadzor v sili
- Varnostna stikala
- Varnostna vrata
- Varnostne preproge - serija UMA
- Varnostni senzorji
- Varnostni logični krmilni sistemi
- Varnostni izhodi



### Komponente za nadzor delovanja

- Senzorji in regulatorji temperature
- Napajalniki
- Brezprekinitveno napajanje (UPS)
- Časovniki
- Števci
- Programirljivi releji
- Digitalni prikazovalniki
- Naprave za spremljanje energije

### Nadzor in preverjanje kakovosti

- Identifikacijski sistemi
- Sistemi za kontrolo kvalitete
- Merilni senzorji
- Verifikacijski sistemi
- Vision sistemi in industrijske kamere

### Senzorika

- Fotoelektrični senzorji
- Senzorji barve in označb
- Senzorji s svetlobnimi vodniki
- Senzorji za površine
- Optični senzorji in ojačevalniki
- Induktivni senzorji
- Mehanski senzorji in mejna stikala
- Senzorji za procesne veličine

### Robotika

- Industrijski roboti
- SCARA roboti
- Kolaborativni roboti
- PICK & PLACE roboti
- Mobilni roboti



# ENERGETSKA UČINKOVITOST PROSTEGA HLAJENJA V INDUSTRIJI (FREECOOLING)

V industriji se večinoma uporabljajo klasični hladilniki procesne vode, da zadostijo temperaturnim zahtevam v procesu proizvodnje. V mnogih primerih ob inštalaciji prvotnega hladilnega sistema energetska učinkovitost ni bila pomembna. Z višanjem stroškov energije in spoznavanjem pomembnosti ogljičnega odtisa pa postaja energetska učinkovitost vedno pomembnejša.

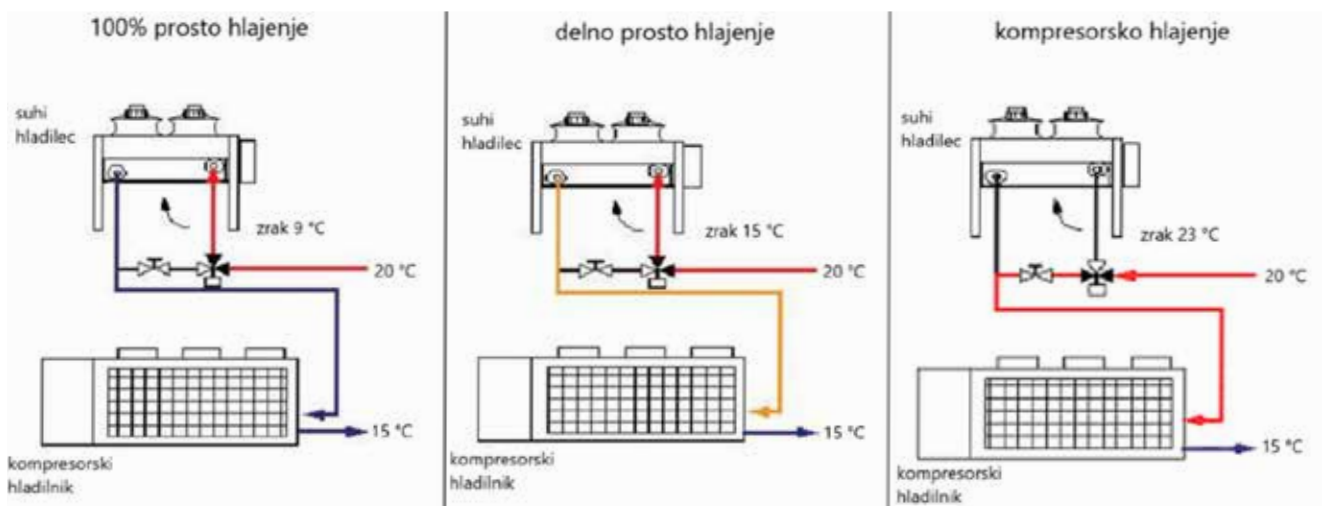
Z obnovitvijo ali nadgradnjo hladilnega sistema s prostim hlajenjem lahko dosežemo znatne prihranke. Višina teh prihrankov pa je odvisna predvsem od temperaturnega režima v procesu hlajenja, torej od temperature hladilne tekočine na vstopu in izstopu iz proizvodnje ter okoljske temperature.

## Delovanja prostega hlajenja

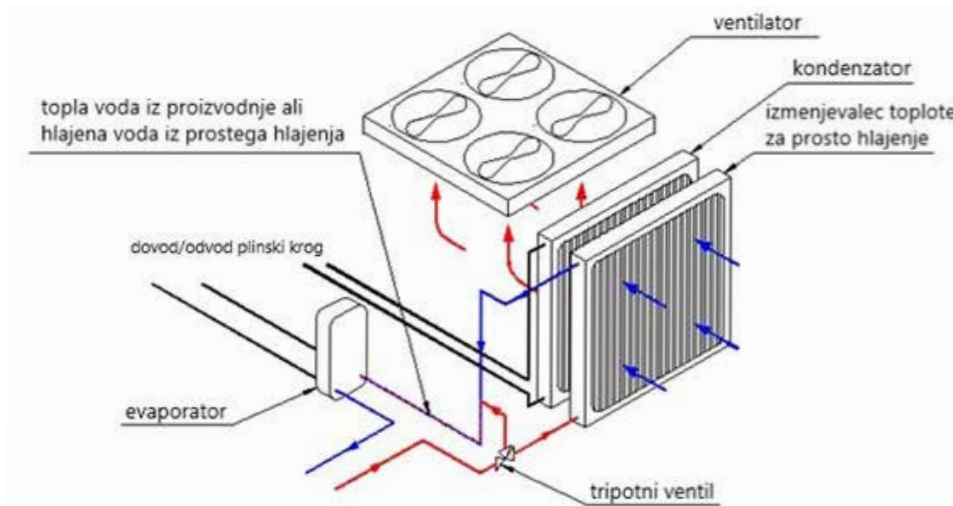
Prosto hlajenje je hlajenje s pomočjo zunanjega zraka brez uporabe kompresorjev. Tak primer je hranjenje kvarljive hrane pozimi zunaj na prostem. Tako lahko izkoristimo naravne pogoje za hranjenje hrane brez uporabe gospodinjskega hladilnika. Za zniževanje temperature hladilnega sredstva je tako mogoče uporabiti hladen zunanji zrak. Pri hlajenju s prostim hlajenjem se namesto kompresorjev uporabijo ventilatorji, ki so bistveno manjši porabniki energije. Ob dovolj nizki temperaturi okolja lahko hladilnik s pomočjo delovanja ventilatorjev, ki pomikajo svež zrak skozi izmenjevalnik toplote, zniža temperaturo hladilnega sredstva (voda, glikol),



*Slika 1 : Industrijski hladilnik vode z vgrajenim prostim hlajenjem*



*Slika 2 : Shema delovanja prostega hlajenja (hladilnik in suhi hladilec)*



Slika 3 : Shema prostega hlajenja, vgrajenega v hladilnik

kompresorje pa po potrebi ugasne ali pa z njimi le delno dodatno hladi hladilno sredstvo, da se doseže želena temperatura (slika 2).

### Izvedbe prostega hlajenja

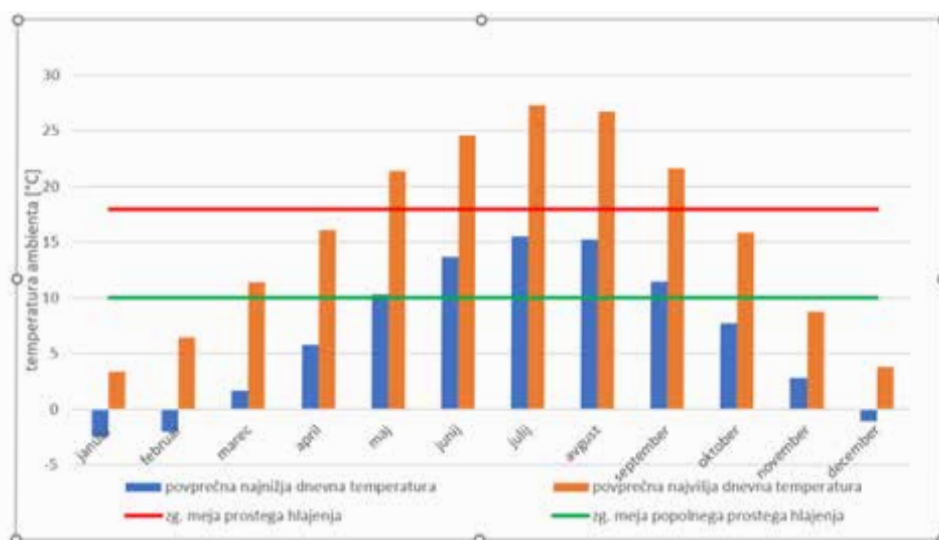
Obstajata dve osnovni možnosti namestitve prostega hlajenja: lahko je vgrajeno v hladilnik vode ali pa deluje kot samostojna enota – suhi hladilec (dry cooler) – poleg obstoječega hladilnika s kompresorji.

### Uporaba prostega hlajenja

Poraba električne energije in optimalnost uporabe prostega hlajenja sta odvisni od temperaturnih pogojev (temperature zunanega zraka, temperature vode iz proizvodnje in v proizvodnjo). Idealno bi bilo, da bi bila temperatura okolja ves čas vsaj 5 °C nižja od zelene temperature hladilnega sredstva na

izhodu iz hladilnika. Takrat je možno celotno hlajenje opraviti s pomočjo prostega hlajenja. Vendar lahko tudi v primeru, ko je temperatura zraka nekoliko višja, vsaj delno ohladimo hladilno sredstvo, preden nadaljnje hlajenje prevzamejo kompresorji. V tem primeru še vedno lahko dosežemo delni prihranek energije v primerjavi s sistemom, ki prostega hlajenja sploh ne uporablja.

Preden se odločimo za uporabo prostega hlajenja, je dobro narediti analizo izkoristka glede na zelene temperature hladilnega sredstva in naravne pogoje na lokaciji (temperatura okolja, postavitve hladilnika, zračnost lokacije), ki jo opravimo v podjetju OMEGA AIR d. o. o Ljubljana. Grobo aproksimacijo temperatur lahko dobimo iz podatkov najbližje meteorološke postaje. Na podlagi teh podatkov kasneje naredimo presojo izkoristka prostega hlajenja. Glede na letno število ur različnih temperatur na določeni lokaciji lahko ocenimo delovanje pro-



Slika 4 : Graf delovanja prostega hlajenja skozi leto

stega hlajenja in s tem tudi letni prihranek električne energije.

### Prednosti prostega hlajenja

Ker ventilatorji za svoje delovanje porabijo mnogo manj energije kot kompresorji, predstavlja uporaba prostega hlajenja prihranek energije in s tem nižje stroške obratovanja. Obremenitev ventilatorjev tudi ni ves čas maksimalna. Spreminja se namreč glede na potrebo, kar še dodatno zmanjša porabo električne energije. Ker lahko sistem prostega hlajenja deluje v povezavi s hladilnikom tudi tako, da delno ohladi vodo, preden ta vstopi v hladilnik, lahko na ta način dodatno zmanjšamo obremenitev hladilnika. Z uporabo prostega hlajenja se zmanjša tudi obratovalni čas kompresorjev na hladilni enoti, kar pomeni zmanjšanje stroškov vzdrževanja in podaljšanje življenjske dobe hladilnika. Zmanjša se tudi število zagonov kompresorjev na letni ravni, kar ugodno vpliva na življenjsko dobo kompresorjev.

šanje življenjske dobe hladilnika. Zmanjša se tudi število zagonov kompresorjev na letni ravni, kar ugodno vpliva na življenjsko dobo kompresorjev.

### Sklep

Na podlagi obeh opcij prostega hlajenja so bile prikazane prednosti oziroma prihranki električne energije za specifični primer. Generalno velja ocena, da se ob normalni rabi razlika med investicijo v hladilnik s prostim hlajenjem in brez prostega hlajenja povrne prej kot v dveh letih. Vsekakor pa ima vsak uporabnik svoje lastne potrebe po hlajenju in specifične pogoje obratovanja. V podjetju OMEGA AIR d. o. o. Ljubljana strokovno pomagajo porabnikom pri pravilni izbiri hlajenja.

[www.omega-air.si](http://www.omega-air.si)



**OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana**  
 Cesta Dolomitskega odreda 10  
 SI-1000 Ljubljana, Slovenija  
[www.omega-air.si](http://www.omega-air.si)  
 T +386 (0)1 200 68 00  
[info@omega-air.si](mailto:info@omega-air.si)



**RAZPON TLAKOV**

1000 mbar  
 16 bar, 50 bar  
 100 bar, 250 bar  
 420 bar

**MEDIJI**

stisnjen zrak  
 vakuum  
 N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CNG,  
 dihalni zrak  
 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He



## ZA VSE ROBOTE

# End-of-Arm-Tooling rešitve, prilagojene za vaše potrebe

**Stäubli ima v ponudbi nov program End-of-Arm-Tooling**, vključno s svetovanjem za izbiro ustrezne rešitve. Skupaj z našim partnerjem FIPA lahko sedaj ponudimo širok portfelj rešitev EoAT. Stäubli tako omogoča prijemanje s kleščami ali vakuumskimi seski in rezanje za vse robote od enega dobavitelja – vključno z ročnimi ali avtomatskimi sistemi za menjavo robotskih orodij in prijema.



Vedno na voljo prilagojena rešitev za vaše zahteve



Prilagodljivi in vzdržljivi sistemi za trajno produktivnost



Širok tehnološki portfelj EoAT od enega dobavitelja



Prisotni povsod po svetu z najvišjo kakovostjo svetovanja in servisiranja



# END-OF-ARM-TOOLING

## PODJETJA STÄUBLI

Stäubli predstavlja nov program End-of-Arm-Tooling: Podjetje, specializirano za področje mehatronike, ponuja uporabnikom širok tehnološki portfelj pri enem dobavitelju skupaj s svetovanjem za posamezne rešitve na področju robotiziranega rokovanja z materiali v sodelovanju s podjetjem FIPA GmbH. Mednarodna prisotnost podjetja Stäubli omogoča globalno poenotenje konceptov End-of-Arm-Tooling.



Partnerstvo Stäubli - FIPA

Avtomatizirano rokovanje z materiali je v vzponu po vsem svetu. Mreženje podatkov v prihodnost usmerjenih proizvodnih konceptov v okviru industrije 4.0 si je komaj mogoče zamisliti brez takšne avtomatizacije. Stäubli sedaj predstavlja nov nabor rešitev za to področje.

### Tesno sodelovanje s podjetjem FIPA GmbH

Na področju End-of-Arm-Tooling je podjetje Stäubli sklenilo partnersko sodelovanje s podjetjem FIPA GmbH. FIPA je mednarodno podjetje, specializirano za razvoj in proizvodnjo inovativnih visokokakovostnih proizvodov na področju vakuumskih in drugih komponent ter celotnih sistemov za rokovanje z materiali.

Stäublijev modularni koncept proizvodov se odlično ujema s prilagodljivim sistemom proizvodov in

korporativno filozofijo podjetja FIPA. Z znanjem in izkušnjami obeh želita partnerja razviti rešitve za proizvodne koncepte prihodnosti.

Martin Bergmüller, projektni vodja za EoAT pri podjetju Stäubli, je prepričan, da je FIPA idealen partner: »S sodelovanjem Stäublija in FIPA smo ustvarili močno partnerstvo, ki ga zaznamujejo visoki standardi kakovosti in osredotočenosti na rešitve. Sodelovanje združuje kompetence obeh podjetij v globalno ponudbo s širokim aplikativnim znanjem in odlično tehnično strokovnostjo.«

### Rokovanje, vakuumsko prijemanje in menjave orodij od enega dobavitelja

»Podjetje Stäubli je poznano po svojem strokovnem znanju na področju avtomatizirane menjave orodij





Primer EoAT rešitve podjetij Stäubli - FIPA

in prijemal in sedaj širi svojo ponudbo tudi na področje komponent in sistemov za rokovanje z materiali,« razlaga Norbert Ermer, vodja poslovne enote za menjavo orodij na robotih pri podjetju Stäubli iz Bayreutha. »Podjetje Stäubli sedaj ponuja vse funkcije in tehnologije za to področje. Poleg tega pa svoje kupce celovito podpiramo vse do končne rešitve za prijemanje in premikanje materialov.«

Sistemske razvojniki in uporabniki imajo od tega veliko koristi, saj se dobavljene komponente idealno ujemajo med seboj. V podjetju Stäubli so tako prepričani, da takšen pristop zmanjša težave z vmesniki in odpravi zamudno koordinacijo.

### Rešitve za vse aplikacije in robote

Avtomatizacija procesov rokovanja z materiali zahteva strokovno znanje in natančno planiranje. Stäubli se zanaša na svoje dolgoletne izkušnje pri razvoju individualnih rešitev ter hkrati ponuja celovito podporo: kot uveljavljen dobavitelj sistemov za avtomatsko menjavo orodij na robotih in od sedaj naprej tudi rešitev za rokovanje z materiali ima podjetje Stäubli portfelj izdelkov in strokovno znanje, ki mu omogočata ponuditi rešitve tudi za posebej kompleksne procese rokovanja.

Podjetje Stäubli tako ponuja celovit paket od analize okvirnih pogojev in zahtev aplikacije, priprave koncepta in snovanja sistema v CAD, pa vse do dobave vseh komponent. Rešitve so na zahtevo dobavljive tudi v popolnoma sestavljeni obliki.

»Stäubli je po vsem svetu poznan po strokovnem svetovanju in rešitvah,« pravi Norbert Ermer. »Takšna intenzivna usmerjenost h kupcem velja tudi za naš EoAT team.«

### Fleksibilnost in kakovost zagotavljata dolgoročno produktivnost

Bolj kot so vzdržljive rešitve na področju EoAT, dlje časa ostanejo produktivne in ustvarjajo prihodke. Zaradi splošnega pomanjkanja virov je takšen koncept zelo dobrodošel, saj dolgoročna uporaba rešitev pri naša tako ekološke kot tudi ekonomske prednosti.

Nihče natančno ne ve, kakšne robotske aplikacije bodo potrebne v prihodnosti. Zato je Stäubli usmerjen v prihodnost z visoko stopnjo prilagodljivosti, ki je neločljivo povezana z rešitvami: sistemi bi morali biti vedno prilagodljivi novim razmeram s predelavo ali nadgradnjo. Tako lahko vzdržljivim izdelkom zagotovimo zares dolgo življenjsko dobo.

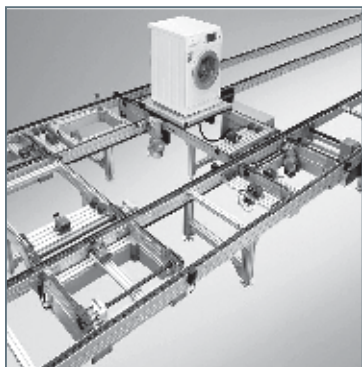
### Globalna prisotnost za globalne koncepte End-of-Arm-Tooling

Podjetje Stäubli je s svojimi podružnicami zastopano po vsem svetu. »To nam omogoča, da smo povsod prisotni s svojim strokovnim znanjem in proizvodi,« pravi Norbert Ermer. »Smo idealen partner za mednarodna podjetja, ki želijo uporabiti vseobsegajoče koncepte End-of-Arm-Tooling ali vzpostaviti globalno poenotene standarde.«

Lokalna prisotnost podjetja Stäubli na vseh trgih predstavlja pomemben dejavnik. Kajti kljub standardizaciji, ki sega čez meje, je potrebno upoštevati direktive in standarde, ki veljajo v posameznih državah.

#### Vir:

Stäubli, <mailto:connectors.si@staubli.com>, [www.staubli.com](http://www.staubli.com)

**Rexroth****ORGATEX®****LEANPRODUCTS®****BOSCH****OPL**  
automationOPL avtomatizacija, d.o.o.  
Dobrave 2  
SI-1236 Trzin, SlovenijaTel. +386 (0) 1 560 22 40  
Tel. +386 (0) 1 560 22 41  
Mobil. +386 (0) 41 667 999  
E-mail: info@opl.si  
www.opl.si

## ZANIMIVOSTI NA SPLETNIH STRANEH

- [1] [Sodobna fluidnotehnična sensorika - www.turck.com](http://www.turck.com) - Modularni mehanski koncept z možnostjo prostega oblikovanja družine fluidnotehničnih zaznaval ima veliko variantnih izvedb in možnosti kombiniranja ter kratke dobavne roke. Izvedbe imajo enak zunanji videz in način uporabe. Fleksibilne možnosti montaže, inteligentne systemske integracije in strogo s pomočjo »Smartphone - Haptik« omogočajo njihov hitri zagon. Njihove razpoložljivosti omogočajo vhodno-izhodna (I/O) vezja ob sočasni procesni diagnostiki in možnosti uporabe računalniške IIOT. Kapacitivni dotični zasloni in uporabljeni materiali zagotavljajo veliko odpornost na zunanje vplive. Več v prispevku : Evers, Th.: Generation Plus - Fluidsensorik mit Mehrwert - O+P Fluidtechnik 66(2022)05 - str. 22 / [www.oup-fluidtechnik.de](http://www.oup-fluidtechnik.de)
- [2] [Sodobna hidravlika izboljšuje ekološko bilanco - www.boschrexroth.de](http://www.boschrexroth.de) - Znani izdelovalec strojev za pakiranje zagotavlja ustrezne sile in njihovo dinamiko z dogradnjo avtarkičnih hidravličnih osi »Achse Cytro Force« firme Bosch Rexroth. Z njimi ne dosega samo povečanja njihove zmogljivosti, ampak tudi boljšo energijsko učinkovitost. Več v prispevku: Anonim: Moderne Hydraulik verbessert Ökobilanz - O+P Fluidtechnik 66(2022)04 - str. 15 / [www.oup.fluidtechnik.de](http://www.oup.fluidtechnik.de)
- [3] [Učinkovitost ravnanja s prenosniki - menjalniki - www.hydac.com](http://www.hydac.com) - Zahteve in pričakovanja glede kompaktnosti, zmogljivosti in prilagodljivosti okolju prenosnikov ali menjalnikov pri mobilnih strojih so veliki. Temu morajo ustrezati izvedbe prenosnikov in njihovih sestavin. Uveljavljena nemška firma Hydac to zelo resno upošteva. Kot specialist za hidravlične ventile je razvila tri produkcijske vrste neposredno krmiljenih proporcionalnih tlačnih ventilov. Njihove značilnosti so manjši magneti ob sočasnem povečanju njihove zmogljivosti. Za ekstremno visoke prostorninske tokove ali sklopke s povečanim krmilnim tlakom Hydac ponuja predkrmiljene proporcionalne tlačne ventile, ki omogočajo povečanje učinkovitosti pogonskih sistemov. Več v prispevku: Anonim: Effizient beim Schalten - O+P Fluidtechnik 66(2022)04 - str. 37 / [www.oup-fluidtechnik.de](http://www.oup-fluidtechnik.de)
- [4] [Varnostna oprema gibkih cevovodov - www.vth-verband.de](http://www.vth-verband.de) - Otepanje iz priključne armature izvlečene gibke cevi ali iztekaajoči curek visokotlačnega fluida predstavljajo nevarno tveganje pri uporabi visokotlačnih gibkih cevovodov. Izbira pravilne zaščitne opreme takšnih cevovodov je zato nujna tudi zaradi delovnoparnih razlogov. Ustrezni trgovski dobavitelji so zato za industrijska podjetja in druge uporabnike visokotlačnih gibkih cevovodov nadvse pomembni. Več v prispevku Anonim: Risiken vermindern: Sicherheitsequipment für Schlauchleitungen - O+P Fluidtechnik 66(2022)04 - str. 20 / [www.oup-fluidtechnik.de](http://www.oup-fluidtechnik.de)
- [5] [Zagotavljanje kakovosti - www.voss-fluid.de](http://www.voss-fluid.de) - Za mnoge izdelovalce pomeni izdelek konec poti. Pri nemškem podjetju Voss Fluid iz Wipperfürth v Severnonemški Westfaliji pa se vse šele zares prične. Saj ob zahtevnih poskusih med celotnim procesom proizvodnje in številnih internih in eksternih certifikacijah podjetje razmišlja še več korakov naprej. Po načelu steklene krogle že zdaj upošteva prihodnje zahteve glede kakovosti - zanesljivosti in varnosti. Več v prispevku: Schenkelberg, M.: Heute schon sehen, was Morgen gefordert ist. - O+P Fluidtechnik 66(2022)05 - str. 16 / [www.oup-fluidtechnik.de](http://www.oup-fluidtechnik.de)



# Gradimo znanje za prihodnost.

P A M E T N E POGONSKE REŠITVE

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



**FESTO**

# Preprosto: del rešitve

Festo ★ osnovni program

**Prednosti na prvi pogled:**

- Več kot 35.000 izdelkov v ponudbi
- Hitra dostava
- Privlačne cene

**Osnovni program za avtomatizacijo**

Festo osnovni program je naš izbor najpomembnejših izdelkov in funkcij, ki rešujejo večino vaših nalog v avtomatizaciji.

Poenostavite svojo nabavo -  
Samo poiščite modro zvezdo!



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