

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 27 / 2021 / 1 / Februar

Intervju – Iztok
Podkrižnik

Analiza delcev
v hidravličnih filtrih

Konstruiranje
polimernih zobnikov

Priložnosti pouka
na daljavo



**industrijska
olja in maziva**

OLMA
www.olma.si

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za strojništvo*



FESTO

POCLAIN
Hydraulics

ppt commerce

Parker



MIEL **OMRON**
www.miel.si

OPL

la&co
Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.

Rexroth
Bosch Group
Zasposlovanje

PODKRIŽNIK
group

ŠIROK IZBOR VENTILOV

ZA HIDRAVLICNE POGONE VOZIL IN NJIHOVA HIDRAVLICNA ORODJA



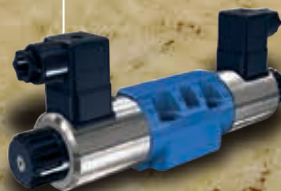
Izmenjevalni
ventil



Ventil za hidravlično
zaporo koles



4/3 Potni
ventil



6/2 Potni
ventil



ZASNOVANI IN PROIZVEDENI V SLOVENIJI



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

www.poclain-hydraulics.com



RAZPISI ZA TERCIARNO IZOBRAŽEVANJE



Konec januarja je Vlada Republike Slovenije zavrnila soglasje k objavi razpisa za vpis na visokošolske zavode za prihodnje študijsko leto. Svojo odločitev je argumentirala, da je treba za odločitev presoditi potrebe po kadrih v gospodarstvu, v javnem sektorju in v državi nasploh.

Reakcije deležnikov v visokem šolstvu in glavnih medijskih hišah so bile strahovite. Prav neverjetno je, koliko prahu je dvignila ta novica. Čeprav smo v medijih brali in poslušali predvsem kritike na to odločitev, je to z našega vidika zelo spodbudno, potrebno in koristno. Končno, bi lahko zapisali, se je v naši državi javno izpostavila problematika visokega šolstva.

Če je kaj strateško pomembnega za vsako državo, in še posebno za našo, so to mladi in njihova izobrazba. Le izobraženi in v svojem poklicu srečni ter uspešni ljudje bodo koristili celotni družbi. Toda – kdaj je človek srečen? Verjetno ne bo nihče zadovoljen in uspešen, če konča še tako zaželen študij, a zanj po diplomi ne bo službe.

V naši reviji smo že pred desetletjem zapisali, da je pri nas v splošnem razpisanih preveč prostih študijskih mest in da je predvsem preveč prostih mest za študij na družboslovnih smereh in tudi na nekaterih drugih, da pa jih je premalo predvsem na tehniki in na širšem zdravstvenem področju.

Takrat so nas nekateri naši glavni mediji napadli, da tehniki želimo narediti to deželo tehnokratov in vajencev. Takrat smo zapisali, da je v majhni državi, kot je Slovenija, možno zelo natančno ugotoviti, koliko zdravnikov, medicinskih sester, osnovnošolskih in srednješolskih učiteljev, sodnikov, revirnih gozdarjev in številnih drugih izobraženih ljudi bomo potrebovali čez pet ali deset let. Zapisali smo tudi, da pa ni mogoče načrtovati, koliko bo potrebnih inženirjev, ekonomistov, kemikov in drugih. Kot primer naj navedem, da je bilo za študijsko leto 2010/11 na slovenskih pravnih fakultetah razpisanih 1200 prostih mest. Danes pa ugotavljamo, da imamo preveč pravnikov. Kdo se tu dela norca iz davkoplačevalcev in predvsem iz mladih?

Če bi pred desetletjem naše vlade, pristojni ministri in izobraževalne ustanove to upoštevali, danes

ne bi primanjkovalo zdravnikov, medicinskih sester, inženirjev in podobno, ne bi imeli brezposelnih pravnikov in družboslovcev in vlada ne bi imela pomislekov za odobritev objave razpisa za naslednje študijsko leto.

Prav neverjetno je, koliko kritike v sredstvih obveščanja je pri tej odločitvi doživela vlada. In prav neverjetno, da rektorja dveh največjih javnih univerz nista znala ali nista želela pojasniti zakaj takšen razpis. Ali ni naloga univerz in visokošolskih zavodov, da oni načrtujejo število vpisnih mest za posamezen študij, in to predvsem na osnovi potreb po prostih delovnih mestih v državi. Večina odločevalcev za razpis prostih mest v terciarnem izobraževanju govori o želji dijakov in njihovih talentov. Prepričan pa sem, da je 80 odstotkov dijakov talentiranih za več poklicev in da se ta večina odloča na osnovi težavnosti, načina, kraja študija in tudi glede na vrsto dela, ki ga bodo opravljali kasneje. Ne nazadnje se mladi pri odločanju za študij pogovarjajo tudi o višini plače in drugih ugodnostih, ki ga zahteva ali prinaša izbran poklic.

Zastrašujoče so nekatere izjave profesorjev na javnih univerzah. Naj tu omenim najbolj nebulozno izjavo antropologinje Vesne V. Godine v časopisu Večer, »da nihče niti približno ne ve, kakšne bodo kadrovske potrebe slovenskega gospodarstva in družbe leta 2027.« Problem je, da ta oseba predava mladim študentom celo na obeh največjih slovenskih univerzah. Kako ta gospa predstavlja svojo snov, če ne ve, kaj in kje jo bodo potrebovali, kako predava načrtovanje in planiranje, ki morata biti v zasebnem življenju in na vsaki poklicni poti?

V začetku februarja je vlada na to temo organizirala posvet z rektorji naših univerz in z drugimi vodji samostojnih visokošolskih zavodov ter z gospodarstvom. Prav predstavniki gospodarstva so na tem posvetu izpostavili koristnost takšnega posveta in željo, da bi se o tem večkrat pogovarjali. In prav v tem vidim koristnost vladnega ukrepa, da je začasno zadržala objavo razpisa. Šele takrat, ko bo gospodarstvo imelo ključno vlogo pri načrtovanju števila razpisnih mest, bomo lahko govorili o optimalnem razpisu za terciarno izobraževanje.

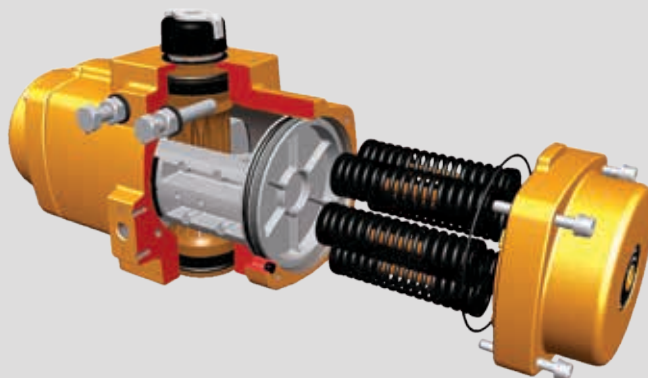
Mnogi se s tem ne strinjajo. Toda – ali ni gospodarstvo najpomembnejši dejavnik v vsaki družbi? Mnogi prisegajo na zdravstvo, kulturo, kmetijstvo in podobno. Zavedam se, da je vse zelo pomembno. Toda, če je gospodarstvo slabo, ni sredstev ne za zdravstvo, ne za kulturo, ne za drugo.

V sodobni družbi bi morale gospodarstvo poleg vseh do sedaj poznanih poklicev, ki jih potrebuje, štipendirati tudi sociologe, psihologe, psihoterapevte, kulturnike in podobno. Vendar bi o tem moralo odločati samo gospodarstvo, in ne politika.

Janez Tušek



EL Matic™



BETTIS™



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

INTERVJU

Iztok Podkrižnik, direktor in lastnik podjetja PODKRIŽNIK group	6
---	---

DOGODKI • POROČILA • VESTI

INŽENIRKA LETA 2020

Vsi so me pošiljali na pot prava ali medicine	12
---	----

INDUSTRIJA 5.0

Prehod v industrijo 5.0	16
-------------------------------	----

NOVICE • ZANIMIVOSTI

FILTRACIJA V HIDRAVLIKI

Matej Kunavar, Nejc Novak, Franc Majdič

Analiza realnih in testnih delcev v hidravličnih filtrih – 1. del	24
---	----

POLIMERNI ZOBNIKI

Jože Tavčar, Borut Černe, Jože Duhovnik, Damijan Zorko

Večkriterijski pristop pri konstruiranju polimernih zobnikov	34
--	----

IZOBRAŽEVANJE

Vesna Trančar

Priložnosti pouka na daljavo. Jih bomo znali izkoristiti v prihodnje?	46
---	----

LETALSTVO

Aleksander Čičerov

Sestrelitev civilnega letala med letom – humanitarno pravo	52
--	----

AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Enota za pripravo zraka serije MS-basic (FESTO)	56
---	----

Ocena primernosti naprav za avtomatsko identifikacijo in zajemanje podatkov (LEOSS)	57
---	----

Laserski senzor E3AS-HL CMOS z novo tehnologijo (MIEL Elektronika)	58
--	----

NOVOSTI NA TRGU

Linearni »in-line« aktuatorji easyE-i-line (INOTEH)	59
---	----

Energetska veriga UNIFLEX ADVANCED 1775 (INOTEH)	60
--	----

Magnetni linearni enkoder, integriran v krogelno vodilo (La & Co.)	61
--	----

PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Kabli za gibljive aplikacije chainflex® (HENNLICH)	62
--	----

Avtomatizirani krogelni ventil za prvo vgradnjo (GIA-S)	64
---	----

PROGRAMSKA OPREMA • SPLETNE STRANI

Zanimivosti na spletnih straneh	66
---------------------------------------	----

IZTOK PODKRIŽNIK,

DIREKTOR IN LASTNIK PODJETJA PODKRIŽNIK GROUP

Janez Tušek

Tokrat v našem intervjuju gostimo podjetnika in inovatorja, ki je z delom in sposobnostmi uspel na klasičnem strojniškem področju. S svojim delovanjem nam je lahko zgled, kako uspeti in kako v najboljši možni meri »služiti« državi in delovati v prid celotne družbe.



Iztok Podkrižnik

Ventil: Prosim, na kratko predstavite vaše podjetje, njegovo zgodovino, dejavnost, število zaposlenih, vaše trge, kupce in podobno.

Iztok Podkrižnik: Podjetje Podkrižnik je leta 1987 ustanovil Iztok Podkrižnik. Na začetku je razvijalo in proizvajalo unikatno lovsko orožje za končne kupce. V letih 1990–1992 se je preusmerilo v proizvodnjo visokokakovostnih ozobljenih proizvodov, za kar smo razvili tudi lasten strojni park. Podjetje je vsa nadaljnja leta organsko raslo, nadgrajevalo strojni park in leta 2007 ojačalo razvojni oddelek in tako smo kupcem že ponujali razvoj pogonskih sistemov. Od takrat naprej podjetje predstavlja razvojnega oz. systemskega partnerja za različne industrije na področju pogonske tehnike. Raziskujemo, razvijamo in proizvajamo pogonske in mehatronske sisteme na področjih stavbne avtomatizacije, bele tehnike, e-mobilnosti, robotike, varnostnih siste-

mov, avtomobilne industrije idr. Podjetje je locirano v Nazarjah, kjer je trenutno 200 zaposlenih.

Ventil: Dejavnost vašega podjetja bi lahko uvrstili na področje mehatronike. Izraz mehatronika se je pojavil pred dobrima dvema desetletjema. Prosim vas, pojasnite, kaj vi razumete pod tem izrazom.

Iztok Podkrižnik: Naši produkti so vsekakor mehatronski za zelo raznolika področja, kot so robotika, električna mobilnost, mobilnost, varnostni sistemi, avtomobilska industrija ipd. Mehatroniko v podjetju razumemo kot termin, ki definira sistem, ki je sestavljen iz inteligentnega mehanskega in elektronskega sklopa. V našem podjetju je večina sistemov tovrstnih že več let, kajti večina sistemov, sploh v današnjem času, že skoraj »mora« delovati mehatronsko, ker le tako lahko dosegamo optimalne karakteristike produktov na področju funkcionalnosti, varnostni in okolja.

Ventil: Živimo v kriznih časih, v epidemiji, gospodarski krizi in delno v recesiji. Kako vaše podjetje preživlja ta čas, kako se oteplate epidemije in kaj je vaš nasvet, kako naj podjetniki delujejo v takšnih časih?

Iztok Podkrižnik: Podjetje Podkrižnik deluje na področju večjih in različnih industrij, kar daje stabilnost poslovanja. Tako v krizi leta 2008/09 kot tudi sedaj v časih epidemije poslovanje podjetja raste. Usmerjeni smo v prihodnost in veliko vlagamo v projekte, ki nam zagotavljajo pozitivno poslovanje in rast v prihodnosti. Seveda pa smo zaradi epidemije sprejeli posebne ukrepe, ki omejujejo možnost širjenja virusa, poleg tega imamo zelo omejene službene poti, vendar številna digitalna orodja ne nadomestijo odnosa med dobaviteljem in kupcem v celoti, kar otežuje določene procese pri osvajanju novih projektov. Vseeno pa ocenjujemo, da smo se z epidemijo spopadli na ustrezen način, kar kažejo tudi osvojeni novi projekti, ki nam kljub težki zdravstveni situaciji v svetu zagotavljajo rast tudi v naslednjih letih.



Proizvodnja

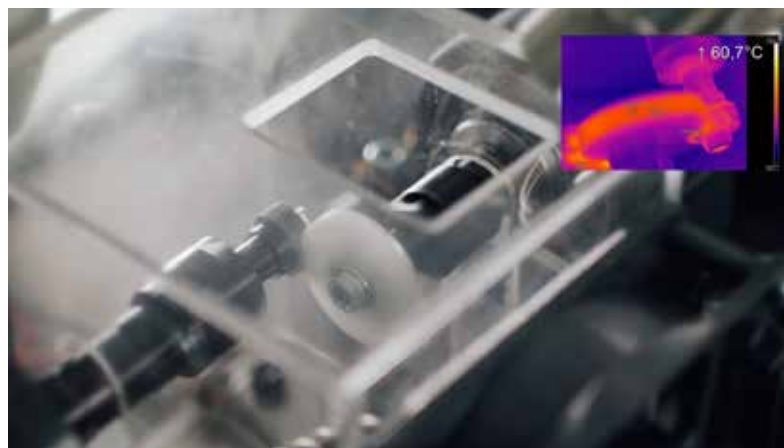
Naš nasvet: Nobena industrija in nobeno podjetje nima enakih posledic pri tovrstni krizi in zato je vsako podjetje ukrepati na sebi najbolj primeren način. Vsekakor pa je naš nasvet, da ljudje ostanejo pozitivni, gledajo v prihodnost in vztrajajo na svoji poti dolgoročne vizije in strategije. Močna in prodorna podjetja bodo krizo preživela in to jim daje dodatno dolgoročno moč na trgu.

Ventil: Vse razvite države v svetu, Evropska skupnost in tudi Slovenija namenja kar nekaj denarja za raziskave in razvoj oziroma za sofinanciranje raziskovalnih projektov. Ali se vaše podjetje prijavlja na javne razpise za raziskovalne projekte, kako je na tem področju uspešno in kaj vi menite o takšnem načinu sofinanciranja raziskovalno-razvojnega dela?

Iztok Podkrižnik: Naše podjetje se že dlje časa ukvarja s področjem raziskav in razvoja in poskuša optimalno združevati obe področji, ki sta zelo pomembni, še posebno, če želimo z rešitvami in končnimi produkti dosegati konkurenčno prednost na trgu. Zato se podjetje prijavlja tudi na razpise na nacionalnem in mednarodnem nivoju. Za hitrejši napredek je sofinanciranje za »high end« ideje in produkte zelo pomembno tako za podjetje kot za državo. Ker delujemo tudi na področjih, ki v širši javnosti niso splošno znana ali poznana, bi včasih pri razpisih pričakovali podporo tovrstnih področij, ki so za končne produkte ključnega pomena, kot na primer električni pogonski sistem je ključni za kvalitetno e-kolo, vendar to ni vedno pravilno razumljeno glede na pogoje razpisa in nekatere druge deležnike.

Ventil: V Sloveniji je poznano, da je sodelovanje med univerzitetno sfero in industrijo zelo skromno. Kakšno je vaše sodelovanje z univerzitetnimi in drugimi raziskovalnimi institucijami?

Iztok Podkrižnik: Naše podjetje se lahko pohvali, da dobro sodeluje s fakultetami in inštituti v Sloveniji in tudi v tujini. Če jih nekaj naštejemo, so to: Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Univerza Mariboru in Univerza v Novem mestu; Institut Jožef Stefan v Ljubljani; Fakulteta za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec; Fakulteta za strojništvo, Univerza v Münchnu (TUM), in drugi. Sodelujemo na področju raziskovalnih kot tudi razvojnih industrijskih projektov. Prav tako se kot konzorcijski partnerji skupaj prijavljamo na različne razpise s področij, na



Preizkuševališče



Merjenje ozobja

katerih delujemo. Na koncu lahko rečemo, da je za naše podjetje sodelovanje s fakultetami in inštituti zelo pomembno, ker iz izkušenj vidimo, da je lahko sodelovanje zelo plodno in da se vedno nadgrajuje znanje, ko skupaj soustvarjamo nove produkte in zgodbe, ki so pomembne za regionalni, nacionalni in navsezadnje za svetovni nivo.

Ventil: V razvitem svetu so znani primeri, da uspešna podjetja del raziskav prenesejo na univerzo, kamor podjetje za določen čas vključi enega ali celo več svojih raziskovalcev, ki skupaj z raziskovalci z univerze ali fakultete raziskujejo probleme za podjetje. Ali bi po vašem mnenju takšna oblika sodelovanja pri nas lahko zaživila?

Iztok Podkrižnik: Vsekakor se nam zdijo mehanizmi, ki pripomorejo k pridobitvi kar največ znanja in učinka, zelo pomembni. Mislimo, da bi bilo vsekakor najbolj smiselno, da se to naredi deljeno, in sicer, da so raziskovalci del časa na fakulteti, del časa pa v podjetju, ker je ponavadi potrebna tudi laboratorij-

ska oprema ali na fakulteti ali v podjetju, s tem pa bi tudi raziskovalci pridobili dodano vrednost, ker bi popolnoma razumeli obe strani in imeli na voljo vso potrebno laboratorijsko opremo za raziskave. Morda bi bilo smiselno, da bi se na fakulteti pripravilo nekaj potencialnih predlogov in bi nato skupaj našli najboljšo rešitev.

Ventil: Koliko inženirjev s tehničnega področja je zaposlenih v vašem podjetju in koliko ste jih zaposlili v zadnjem letu. Kakšen profil inženirja potrebujete, kakšnega si želite in kakšnega dobite na trgu?

Iztok Podkrižnik: V našem podjetju je zaposlenih okoli štirideset inženirjev za področja razvoja, tehnologije, razvojne tehnologije, avtomatiziranih sestavnih linij in končne kontrole, kakovosti in proizvodnje. V zadnjih letih zaposlujeemo od pet do deset novih inženirjev na leto, vendar smo zaradi ponudbe na trgu nemalokrat omejeni, ker jih ne dobimo toliko in tako kvalitetne, kot bi želeli. Nemudoma bi morali uvesti za vsa ta področja dualni sistem izobraževanja, ki bi omogočil srednješolcem in študentom lažjo in hitrejšo pot do prepotrebnih uporabnih znanj, ki jih gospodarstvo nujno potrebuje, če hočemo kot država v prihodnje ostati globalno konkurenčni. Od osamosvojitve dalje smo v Sloveniji pridobili ogromno znanja na papirju (diplom itd.), opažam pa, da se to ne odraža v dodani vrednosti na zaposlenega v primerjavi z najbolj razvitimi evropskimi državami, kar nam da vedeti, da se moramo tega področja lotiti in ustvariti pogoje, da bomo v prihodnosti iz izobraževalnega sistema pridobili kadre, ki bodo usposobljeni in imeli dovolj uporabnih znanj, da se bodo lažje vključevali v procese v podjetjih in hitreje ustvarjali večjo dodano vrednost, ki lahko vpliva na vsa področja v državi v pozitivnem smislu. Predvsem so za nas pomembna področja, s katerih vseskozi iščemo nove inženirje: razvoj, konstruiranje, tehnologija, CNC-programiranje, programiranje avtomatiziranih linij, merilni sistemi, proizvodnja, projektno vodenje.

Ventil: Samo slovenski trg je za vsako uspešno podjetje premajhen. To še posebno velja za podjetja, ki proizvajajo tehnični proizvod. Kje so vaši trgi in kupci? Kako osvajate trge v tujini?

Iztok Podkrižnik: Kot ste že omenili, je slovenski trg za marsikatero podjetje že postal premajhen. Naše podjetje posredno in neposredno več kot devetdeset odstotkov produktov izvozi v tujino. Naši kupci so locirani po celem svetu, glavnina pa v Evropi (Nemčija, Švica, Belgija, Francija, Avstrija, Madžarska, Slovaška ...). Trge v tujini osvajamo z različnimi strategijami, ena izmed pomembnih strategij je kakovosten izdelek, kar pomeni, da se bodo kupci vračali, ker zaupajo v podjetje in kakovost njegovih produktov. Seveda pa si vseskozi prizadevamo pridobiti nove kupce z direktno prodajo, s sejamskimi predstavitvami in v zadnjem času zaradi covid-19 tudi s spletnimi predstavitvami.



Pogonski sistem za električna kolesa



Sestavna linija

Ventil: V današnjem času brez inovacij, patentov in izboljšav dolgoročno ne more praktično preživeti nobeno podjetje, ki izdeluje za trg končne uporabne izdelke. Kako vi vodite to področje, kako motivirate zaposlene in koliko inovacij se v vašem podjetju porodi v enem letu?

Iztok Podkrižnik: Strinjamo se, da so ideje, invencije in inovacije zelo pomembne v današnjem svetu, predvsem če želimo dvigniti dodano vrednost na zaposlenega in ohraniti konkurenčno prednost. V našem podjetju imamo vzpostavljen sistem, ki spodbuja inoviranje s stimulativnim nagrajevanjem vseh zaposlenih. Inoviranje je pomembno tako pri novih izdelkih kot pri optimizaciji že obstoječih izdelkov. Vsako leto imamo več deset predlogov za izboljšave, prijavimo tudi kakšen nacionalni in mednarodni patent.

Ventil: Danes je poznano, da se mladi težko odločajo za poklice na tehničnem področju. Kaj bi vi svetovali mladim, kako naj izberejo poklic in kaj je tisto »lepo« v tehniki, da bi mlade prepričali za tehnične poklice?

Iztok Podkrižnik: Mislimo, da se v zadnjem desetletju trend počasi premika navzgor, čeprav ne dovolj hitro glede na potrebe. V tehniki je zelo veliko »lepih« stvari, kajti vsak inženir lahko soustvarja zgodbe, ki ljudem in skupnostim izboljšujejo kvaliteto življenja in pustijo sled, ki jo je mogoče videti. Pomembno je, da se na dogodkih, kjer se predstavljajo poklici, izpostavijo prave stvari in da se bodočim inženirjem predstavi širša zgodba tehnike in poklica in izpostavi

njegova pomembnost. S tem nekako pridemo tudi do dejstva, da je potrebno dvigniti prepoznavnost in spoštovanje podjetij in poklica inženirjev.

Ventil: Vsi, ki delamo na tehničnem področju in smo izpostavljeni tržnim zakonitostim, čutimo, da v Sloveniji niti politično niti družbeno okolje ni naklonjeno podjetništvu. Kaj se po vašem mnenju da narediti na tem področju, da bi bili uspešni podjetniki vsaj toliko spoštovani kot uspešni športniki ali uspešni kulturniki?

Iztok Podkrižnik: Točnega odgovora na to vprašanje žal nimam, ker je vse potrebno organsko graditi. Nič se ne postavi samo čez noč. Premalo se vsi skupaj zavedamo, da sta gospodarstvo in s tem povezano ustvarjanje nove vrednosti edino, kar nam vsem skupaj zagotavlja preživetje tudi na vseh drugih področjih. Mogoče bi morala tudi država oziroma pristojne službe na tem področju bolj stremeti, da se nekateri pomembni dosežki podjetij bolj javno izpostavijo na širšem medijskem nivoju, in sicer tako, da bo širša javnost razumela, za kaj gre. Tak način bi morda lahko bil zanimiv začetek, na tem področju pa nas vsekakor čaka še veliko dela.

Gospod Izток Podkrižnik, iskrena hvala za odgovore in za porabljeni čas. V imenu revije Ventil vam čestitam za vse vaše uspehe, še naprej vam želim uspešno delo in veliko inovativnosti.

Prof. dr. Janez Tušek
Uredništvo revije Ventil, UL FS

Gradimo znanje za prihodnost



www.podkriznik.si

P A M E T N E

POGONSKE
REŠITVE

PODKRIŽNIK D.O.O. | Loke 33 | SI-3333 Ljubno ob Savinji | Slovenija
Tel.: +386 3 839 15 30 | E-mail: info@podkriznik.si



PODKRIŽNIK
group

POSJET ASM '20

16. decembra 2020 je potekal že sedemnajsti tradicionalni strokovni posvet na temo Avtomatizacija strege in montaže 2020 – ASM '20. Tokrat je bil zaradi okoliščin covid-19 izveden spletno in je bil zelo dobro obiskan. Posvet, ki je najpomembnejši dogodek v Sloveniji s področja strege in montaže, je organiziral Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko (LASIM) Fakultete za strojništvo, Univerza v Ljubljani, soorganizatorji dogodka pa so bili Zavod KC STV, SRIP ToP, Gospodarska zbornica Slovenije, RS, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, ter EU, Evropski sklad za regionalni razvoj.



Glede na razmere v gospodarstvu in družbi na sploh je bil posvet zelo dobro obiskan, saj se ga je udeležilo preko 135 udeležencev iz kar 57 podjetij, iz devetih raziskovalnih in izobraževalnih institucij ter iz enega medija. Dober in raznovrsten obisk kaže na izredno zanimanje za ta dogodek in predvsem na pomembnost področja avtomatizacije strege in montaže v gospodarstvu. Za posvet ASM danes že kar velja, da je dogodek, na katerem enostavno moraš biti prisoten, če deluješ na področju strege in montaže.

Na posvetu so je predstavilo več podjetij s svojimi dosežki, tehnološkimi rešitvami in novostmi. Mnoge rešitve, ki so bile prikazane, so plod lastnega razvoja podjetij in inovativnosti njihovih inženirjev in bodo prav gotovo marsikomu pripomogle pri rešitvi njegovih problemov in dilem, s katerimi se srečuje v vsakodnevni praksi. Predavatelji so bili iz sledečih organizacij: UL FS, LASIM, Združenje kovinske industrije, GZS, Zbornica elektronske in elektroindustrije GZS, Zavod KC STV, KIBERNOVA, s. p., Adria Dom, d. o. o., Fanuc Adria, d. o. o., YASKAWA Slovenija, d. o. o., YASKAWA Ristro, d. o. o., DAX, d. o. o., TECOS ter ABB, d. o. o.

Organizator je skupaj z avtorji iz različnih podjetij pripravil izredno zanimivo srečanje, ki ga je podprlo več ustanov, podjetij in medijev. Posvet ASM '20 je bil enkratna priložnost za predstavitev novosti in naprednih pristopov, prav tako pa je ponudil možnost za srečanje strokovnjakov s področja avtomatizacije ter danes vse pomembnejše digitalizacije in za medsebojno izmenjavo mnenj ter izkušenj.

Vsem udeležencem se za obisk in sodelovanje na ASM '20 najlepše zahvalujemo in vse zainteresirane vabimo, da se nam kot soorganizatorji ali udeleženci pridružijo na naslednjem posvetu ASM, ki ga načrtujemo v začetku decembra 2021.

Več podatkov o posvetu ASM '20 je dostopnih na spletni strani www.posvet-asm.si.

Dr. Mihael Debevec,
UL, FS



VSI SO ME POŠILJALI NA POT PRAVA ALI MEDICINE, SAJ STA TO ŠTUDIJA ZA PRIDNA DEKLETA

Miran Varga

Jasna Hengovič, inženirka leta 2020, poudarja premagovanje predsodkov in vzpostavitve zdravega ravnovesja med poklicnim ter zasebnim življenjem.



Jasna Hengovič v delovnem okolju

M. Varga: Čestitke za prestižni naziv inženirka leta. Kako gledate nanj?

Jasna Hengovič: Če sem popolnoma iskrena, še vedno ne morem verjeti. Ob taki konkurenci, kot je bila letos med nominirankami, nikakor nisem pričakovala, da bo ta čast doletela prav mene. Sem pa ob tem izredno počaščena in ponosna. Naziv doživljam tudi kot izziv in upam, da bom lahko izpolnila svoje poslanstvo ter postala vzor in navdih mladim dekletom in tudi fantom, da se odločijo za poklice na področjih znanosti, tehnologije, inženirstva in matematike.

M. Varga: Geslo izbora inženirka leta pravi »Od nevidnosti k navdihu«. Kako se sedaj spopadate z močno povečano pozornostjo?

Jasna Hengovič: Sicer se ob misli na javni nastop vedno zmrzam, nimam namreč veliko izkušenj z javnim nastopanjem in govorništvom. Kljub temu pa se želim potruditi in postati zgled mladim ter mogoče tudi s tem, da premagam svoj strah, pokazati, da je z entuziazmom in trdim delom mogoče doseči marsikaj.

M. Varga: Izbor spremlja misel, da je inženirka leta predvsem predsednica razreda, vendar so pomembne prav vse kandidatke in nominirane. Kakšne ambasadorke boste?

Jasna Hengovič: Letošnje nominirane smo zelo raznovrstne, prihajamo z različnih področij in opravljamo raznolike poklice, a še vedno smo vse inženirke. Prav vsaka od nas je izredno uspešna na svojem področju. Menim, da smo res lahko dober vzor vsem, ki vstopajo na področje inženirstva, kot tudi vsem, ki so že aktivni, in da lahko uspešno predstavljamo tudi širino področja STEM in pokažemo vsem, kaj in kje vse lahko inženirji prispevajo za napredek družbe. Poleg tega smo, seveda, predvsem ženske tiste, ki znamo in zmoremo združevati vse elemente zasebnega, družabnega in poslovnega življenja ter smo uspešne in srečne v tem, kar počnemo. Menim, da je to zelo pomembno sporočilo.

M. Varga: Kaj bi bilo po vašem mnenju treba še narediti, da bi se več deklet in punc odločalo za naravoslovne oziroma tehnične poklice?

Jasna Hengovič: Pomanjkanje inženirk vzornic se vse pogosteje navaja kot razlog, zakaj mlade ženske ne napredujejo v inženirstvu. Menim, da bi morali vsa mlada dekleta spodbujati k razmišljanju, da je inženirstvo poklic in delo, ki ga zmorejo. Vzorniki smo pri tem ključni. Vsi potrebujemo zaveznike, da dosežemo enakost, a hkrati raznolikost in vključenost, ki jo iščemo v življenju. Industrija je del tega. Pri ženskah v inženirstvu ni nič drugače. Prav glede tega vidim projekt »Inženirka leta« kot zelo dober korak v pravo smer.

M. Varga: *Kakšno je vaše sporočilo mladim, vsem, ki kolebajo med družboslovno in naravoslovno potjo?*

Jasna Hengovič: Pomembno je, da v življenju počnemo tisto, kar nas veseli, saj le na ta način lahko v delu res uživamo in se izrazimo. Če mlade veseli družboslovje, naj se vsekakor podajo na to pot, če pa jih veseli naravoslovje, potem pa naj se predvsem znebijo predsodkov in se brez zadržkov odločijo za naravoslovne študije. Vsem, ki v mladih letih še ne vedo, kaj jih resnično veseli, predlagam, da poskusijo s kakšnim naravoslovnim študijem. Menim, da jim z zadostno mero zanesenjaštva in truda lahko uspe in se nam pridružijo pri sooblikovanju prihodnosti. Zelo koristno je tudi, da se že kot mladi preskusimo z delom v raznovrstnih okoljih. Če še ne vemo, kaj nas veseli, bomo tako vsekakor ugotovili, kaj nas ne veseli.

M. Varga: *Od kod izvira vaš navdih za inženirski poklic?*

Jasna Hengovič: Svoj navdih za inženirski poklic sem v resnici odkrila šele med študijem matematike, res pa je, da so mi že v osnovni šoli res dobro šli naravoslovni predmeti. Zaradi domače in šolske vzgoje – ker sem bila pridna učenka – so me vsi pošiljali na pot prava ali medicine, saj sta to študija za pridna dekleta. Po končani gimnaziji pa sem po naključju pristala na Fakulteti za matematiko in fiziko, kjer sem se spet spomnila, kako zelo me to področje veseli. Takrat sem znova našla svoj navdih, in sicer v veselju do matematike, fizike in programiranja, ki ga še dandanes z veseljem negujem. Vesela sem, da mi delo v podjetju Cosylab vse to v veliki meri tudi omogoča.

M. Varga: *Kaj v vaših očeh naredi dobrega inženirja?*

Jasna Hengovič: Za to, da je nekdo dober inženir, sta potrebni nekaj znanja in določena mera logičnega razmišljanja. Menim pa, da je tisto glavno, kar pripomore k oblikovanju dobrega inženirja, sposobnost ekipnega dela, saj sam le težko dosežeš kaj večjega. Pomembno je, da se znamo sporazumevati s svojimi kolegi, saj le tako lahko drug drugega razumemo, si pomagamo, se dopolnujemo in skupaj postajamo boljši.

M. Varga: *Kako ste se znašli v trenutnem delovnem okolju?*

Jasna Hengovič: Delovno okolje v Cosylabu je izredno pozitivno. Potrebovala pa sem nekaj mesecev, da sem spoznala, da lahko svoje mnenje brez zadržkov izrazim in da se mnenje vsakogar ceni in upošteva. V Cosylabu so vsi zaposleni strokovnjaki na svojih področjih, tako da je v podjetju res veliko znanja. Slednje se s tedenskimi predavanji prenaša med zaposlenimi, tako da se vsakodnevno pri delu lahko naučim kaj novega, kar me res izredno veseli. Ne nazadnje pa že dejstvu, da Cosylab sode-

luje pri najpomembnejših znanstvenih projektih na svetu in da s svojim delom pomaga zdraviti raka, delujeta navdihujoče. Če pa k temu prištejemo še vse »spremljajoče dejavnosti«, kot so ponedeljkove palačinke, jutranje sadje, neomejene količine kave in čaja, rekreacijske dejavnosti ter druženje okoli miz za namizni tenis in nogomet, se je tudi prijetneje soočati z delovnimi izzivi. Podjetje že od vsega začetka goji štiri temeljne vrednote: delaj zavzeto, bodi skromen, uživaj življenje in razmišljaj drzno. Moram priznati, da sem se s temi vrednotami hitro poosebila.

M. Varga: *Je programiranje vaša strast ali poslanstvo? Morebiti kaj tretjega?*

Jasna Hengovič: Prej bi dejala, da je programiranje predvsem nekaj, kar me veseli, saj imam ob delu zelo podoben občutek, kot sem ga imela v otroštvu, ko sem gradila predmete iz kock Lego. Je čudovito, ker lahko tako še vedno občutim otroško zvedavost in ustvarjalnost. Svoje poslanstvo vidim bolj kot to, da znanje, ki ga z vsakim dnem bogatim, prenašam na vrstnike in mlajše kolege.

M. Varga: *Kateri programski jezik (ali več njih) je vam najljubši in zakaj?*

Jasna Hengovič: Največ izkušenj imam v programskem jeziku Java, na drugem mestu pa je C#. Izmed njiju mi je ljubši C#; predvsem zato, ker ima malo jasneje zarisana pravila, po katerih deluje. Med glavnimi lastnostmi dobro napisanega programa sta namreč njegova berljivost in razumljivost. To pomeni, da je zelo pomembno, kako hitro bo nekdo, ki sicer pozna programski jezik, vendar ne specifičnega programa, iz kode znal razbrati, kaj program počne in čemu je namenjen. V Javi je takih pravil manj in lahko vsak programer malodane izumi svoj slog, ki je na koncu za sodelavce ali celo zanj, npr. leto dni pozneje, težko razumljiv.

M. Varga: *Pretekla leta ste opravili obilo dela na IT-projektih v javnem sektorju. Kako ocenjujete IKT-kondicijo Slovenije – kje smo dobri, kaj bi lahko izboljšali?*

Jasna Hengovič: V Sloveniji je pri uvajanju novih tehnologij in naprednih metod dela, predvsem v javnem sektorju, še veliko izzivov. Pozitivno je, da se tega vse bolj zavedamo in da se v te procese aktivno vključuje tudi industrija, ki tako postaja partner javnemu sektorju. Tudi v Cosylabu smo aktivni v okviru ZIT GZS in sekcije ScienceTech, kjer predvsem spodbujamo deležnike k večjemu sodelovanju na največjih svetovnih projektih. Preiti pa bo treba od strategij in akcijskih načrtov k izvedbi. Saj veste, spremembe niso toliko izziv zaradi uvajanja nečesa novega, temveč bolj zaradi odmikanja od ustaljenih in privzetih navad – pri čemer pa je pri nas še veliko možnosti za rast in razvoj.



V prostem času, v naravi s hišnim ljubljencem

M. Varga: *Trenutno ste zaposleni v podjetju, ki zase pravi, da potiska tehnologije do skrajnih meja. Delate na področju t. i. protonske terapije. Kako bi protonsko terapijo razložili laiku – za kaj pravzaprav gre?*

Jasna Hengovič: Res je, Cosylab je vidno visokotehnološko podjetje. Dejavno je na številnih področjih, na katerih širi meje mogočega, pa naj bo to pri ustvarjanju energije prihodnosti s fuzijo, pri komuniciranju z vesoljskimi sistemi ali pri povezovanju in natančnem upravljanju najzahtevnejših naprav, med katere sodijo tudi jedrski pospeševalniki. Širjenje Cosylabove dejavnosti s področja znanstvenih naprav na medicinsko področje je lepo vidno na pospešenem razvoju rešitev za protonsko terapijo raka. Protonska terapija je v svetu že uveljavljena najsodobnejša oblika radioterapije, ki je eden izmed treh temeljnih načinov zdravljenja onkoloških bolnikov. Mednje sodita še kemoterapija in kirurško zdravljenje. Pri klasični radioterapiji za obsevanje uporabljajo fotone (žarke X) in elektrone, ki jih tvorijo linearni pospeševalniki. Naprednejša oblika radioterapije pa za obsevanje uporablja protone ali, včasih, težke ione, ki nastajajo v kompleksnejših pospeševalnikih delcev. V nasprotju z rentgenskimi žarki, ki se navadno uporabljajo pri klasičnem obsevanju, protoni oziroma ioni vstopajo v telo z nižjo energijo in na mestu tumorja sprostijo večino svoje energije, zato okoliško zdravo tkivo in tkivo za tumorjem ne prejme izstopnega odmerka sevanja. To je fenomen (Braggov vrh), ki je značilen za jedrne delce, kot so protoni in ioni, saj ti s potovanjem skozi tkivo izgubljajo svojo energijo in s tem tudi hitrost, v trenutku, ko nimajo

več dovolj energije, da bi nadaljevali svojo pot, pa na enem mestu sprostijo vso preostalo energijo v obliki sevanja ter tako povzročijo največ škode na tumorju, manj pa na zdravem tkivu.

M. Varga: *In vaša rešitev kar se da natančno cilja na te točke?*

Jasna Hengovič: Sevanje protonskega žarka je mogoče natančneje nadzorovati in zdravniki lahko predpišejo primernejše odmerke sevanja z manjšim vplivom na okoliško tkivo in na vitalne organe v bližini tumorja kot pri klasični radioterapiji. Zaradi omenjenih prednosti je protonska terapija še posebej uporabna pri tistih vrstah raka, ki se pojavljajo v bližini občutljivih tkiv ali organov ter pri otrocih in mladostnikih. Najpogosteje se s protonsko terapijo (PT) zdravijo tumorji lobanjskih baz, nosnih in obnosnih votlin, centralnega živčnega sistema, oči ter vsi drugi tumorji, pri katerih s terapijo PT zmanjšamo verjetnost hujših okvar organov in tkiv v primerjavi s terapijo z žarki X.

Onkološki bolniki imajo po obsevanju s protoni manj nezaželenih posledic zdravljenja, kar skrajšuje čas rehabilitacije in omogoča hitrejšo vrnitev v delovno aktivno življenje ter boljšo kakovost življenja. Druga prednost protonskega žarka je njegova biološka učinkovitost (RBE), ki je za približno 10 odstotkov višja od RBE fotonskega ali elektronskega žarka. Tudi zaradi tega tehnologija PT zvišuje verjetnost uničenja tradicionalno radioodpornih vrst tumorjev. Z uporabo težkih ionov (C, He, O, Xe) pa se RBE lahko še bistveno poveča. Poudariti je tudi treba, da protonska terapija ne izpodriva prevladujoče fotonske terapije za zdravljenje raka, temveč jo dopolnjuje, da je zdravljenje čim bolj učinkovito.

M. Varga: *Kako je videti vaše delo?*

Jasna Hengovič: Moje delo je sestavljeno iz več segmentov. Približno tretjino svojega časa programiram, tretjino časa se ukvarjam s projektnim vodenjem, planiranjem in dogovarjanjem, petino časa pa trenutno namenjam mentoriranju. Preostanek usmerjam v dogovarjanje s strankami, usklajevanje z drugimi projektnimi skupinami, s katerimi integriramo rešitve, ter sodelujem pri dogovorih o novih arhitekturah sistemov. Delo je zelo razgibano, pri čemer vsak izmed segmentov vključuje tudi sprotno področno izobraževanje, zagotavljam vam, da mi pri delu ni nikoli dolgčas. Posebno skrb namenjam mentoriranju ter prenosu kompetenc na sodelavce in vzgajanju novih vrhunskih inženirjev. Poleg strokovnega mentoriranja gojimo tudi dobro ekipno vzdušje, ki se je posebej v letu 2020 marsikje v gospodarstvu pokazalo kot velik izziv.

M. Varga: Kaj se zgodi, če pri svojem delu naredite napako? Jo kdo opazi, popravi?

Jasna Hengovič: Pri razvoju programske opreme v medicinske namene je največji izziv pridobitev medicinskega certifikata. Ne moreš najprej razviti programa in pozneje učinkovito opraviti test, atest ali kakšen preizkus, ne da bi se na to pripravil že na začetku. Evropski in mednarodni standardni so zelo strogi in zahtevajo, da se še posebej programska oprema v krmilnih sistemih razvija po natančno določenem postopku, ki omogoča sledenje vsem korakom. Če torej že od začetka ne razvijaš »po pravilih«, certifikata zelo verjetno ne boš mogel pridobiti, tudi naknadno ne. Po naših izkušnjah je za isto rešitev, ki jo želimo certificirati, treba vložiti štirikrat več dela, kot če bi razvijali produkt, ki ga ni treba certificirati. Seveda je tak program varnejši in zanesljivejši. Ob morebitni napaki, ki je pri programski opremi pač nikoli ni mogoče povsem izključiti, je mogoča sledljivost razvojnega procesa, da napake odkrijemo in popravimo ter ne vpelemo še dodatnih napak, kar se sicer pri razvoju

programske opreme rado dogaja. Če pri svojem delu naredim napako, jo tako sistemsko hitro odkrijemo. Imamo pa tudi pravilo, da vsak popravlja svoje napake, ker se le tako lahko iz napake tudi nekaj nauči.

M. Varga: Kako gledate na nadaljevanje svoje kariere, kakšni so vaši načrti?

Jasna Hengovič: V nadaljevanju kariere želim v prvi vrsti ohraniti veselje do dela, da bi še naprej z zanosom prihajala na delo in bila del tako izredne ekipe, kot je Cosylabova. Želim tudi izpopolnjevati svoje znanje ter ga prenašati na mlajše. V prihodnosti bi rada prevzela vodenje kakega še večjega projekta.

M. Varga: Kaj bi počeli v življenju, če ne bi bili inženirka?

Jasna Hengovič: Če ne bi bila inženirka, resnično ne vem, kaj bi bila.

Miran Varga. IRT3000



SPLAČA SE BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

- celoletno naročnino na revijo IRT3000 (10 številke)
- 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

Revija v
hrvaškem
jeziku

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



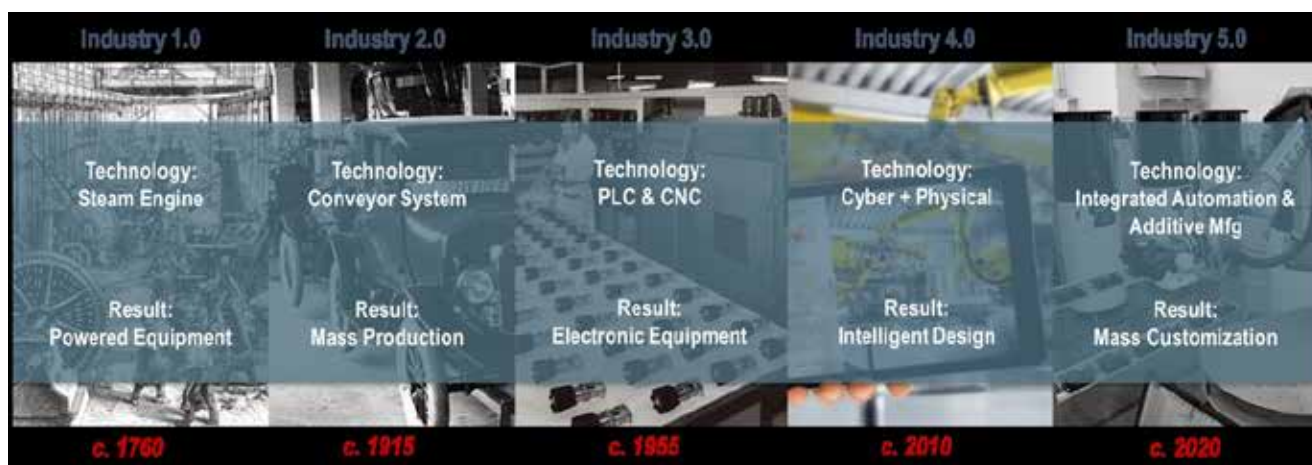
www.irt3000.si/narocilo-revije

WWW.IRT3000.COM

PREHOD V INDUSTRIJO 5.0 BO POSTOPEN, OHRANILE NAJ BI SE VSE DOBRE STVARI INDUSTRIJE 4.0

Janez Škrlec

Trenutno smo še vedno nekje sredi industrije 4.0, ki je prinesla ogromen napredek pri proizvodnih procesih, digitalizaciji, integraciji interneta stvari (IoT), uporabi ume-
tne inteligence (AI), računalništva v oblaku, uporabi kiber fizikalnih sistemov (CPS) in drugem. Osnovno načelo četrte industrijske revolucije je, da proizvajalci z veriženjem strojev, intelligentnih naprav in sistemov dosega jo dobre proizvodne rezultate.



Industrijske revolucije, ki jih omogoča tehnološki napredek. (Vir: CPO Innovation)

Že vrsto let je cilj industrije ustvariti pametne, avtomatizirane proizvodne tokove, ki poudarja-
jo digitalno komunikacijo in zbiranje podatkov za nenehno optimizacijo proizvodnje. Obstaja pa se-
veda prepričanje, da je možen še bistveno boljši sistem, ki poudarja sodelovalno robotiko in ceni
človeško znanje, in to naj bi bila prav prihajajoča industrija 5.0. Industrija 4.0 je bila doslej osredo-
točena predvsem na avtomatizacijo, robotizacijo, standardizacijo, zagotavljanje skladnosti kakovo-
sti, pretoka in zbiranja podatkov. Industrija 5.0 bi se še vedno osredotočala na te cilje, vendar naj bi
namenila največ pozornosti visoko usposobljenim ljudem in sodelovalnim robotom (cobots), ustvar-
janju individualiziranih izdelkov – torej usmeritev v smeri personalizirane proizvodnje.

Industrija 5.0 bo namenjena podpiranju in ne nadomeščanju ljudi

Industrijo 5.0 strategji imenujejo tudi industrija
pete generacije (IR 5.0). V industriji gre predvsem
za iskanje optimalnega ravnovesja učinkovitosti in
produktivnosti in sistematičnega preprečevanja
industrijskih odpadkov. Ta industrija vključuje pre-
oblikovanje sodobne proizvodnje, pa tudi številne
druge procese, komercialne in nekomercialne, ki
človeku in stroju omogočajo skupno delo. Prihaja-
joča industrija naj bi premostila vrzel med roboti in
visoko usposobljeno delovno silo, da bi lahko pro-
izvedli in ponudili kar najbolj prilagojene izdelke,
storitve po želji in zahtevi strank. Dansko podjetje
Universal Robots je bilo že pred leti prvi ponudnik
industrijskih sodelovalnih robotov (kobotov), ki so
varno in učinkovito sodelovali z ljudmi. Industrijski
roboti namreč tradicionalno delujejo ločeno od de-
lavcev za varnostnimi kletkami. Universal Robots

Janez Škrlec, inž. meh., Zgornja Polskava



Sodelujoči roboti (koboti) KUKA, potencialni kandidati za industrijo 5.0

je že pred leti podjetju Linatex (dobavitelju tehnične plastike in gume za industrijsko uporabo) omogočil, da so bili roboti nameščeni skupaj s človeškimi delavci, in to bi bil lahko celo nekakšen začetek ideje o zdajšnjem konceptu industrije 5.0. KUKA, eden vodilnih svetovnih dobaviteljev inteligentnih rešitev za avtomatizacijo, danes ugotavlja, da različni poslovni sektorji, od avtomobilske industrije do lesno-gradbenih podjetij, že uporabljajo načela in izdelke, ki jih koncipira industrija 5.0. Podjetje Rogers Corporation, proizvajalec posebnih materialov, ki se uporabljajo v elektronskih izdelkih, prav tako prepoznava poseben pomen industrije 5.0 in poroča o zmožnosti dramatičnega izboljšanja učinkovitosti z vključevanjem kobotov v svoje proizvodne procese. Industrija 5.0 se namreč zaveda, da morata biti človek in stroj medsebojno povezana, da se bosta v prihodnosti spoprijela s proizvodno zapletenostjo pri povečevanju prilagoditev z optimiziranim robotiziranim proizvodnim procesom, je prepričan Marc Beulque, podpredsednik globalnih operacij pri Rogersu.

Odperte inovacije ključno orodje pri uvajanju tehnologij industrije 5.0

Evropski ekonomsko-socialni odbor (EESO) je izpostavil, da je širjenje robotske avtomatizacije neizogibno ob upoštevanju, da Evropa razvojno težko sledi ZDA in Kitajski, predvsem pri napredovanju tehnologij, kot je umetna inteligenca (AI). Posvetovalno telo Evropske unije je celo pozvalo k pospešitvi razvoja umetne inteligence in robotike ter odprtih inovacij v regiji. Čeprav napredka industrije 5.0 ni mogoče ustaviti, še vedno obstajajo bistvena vprašanja in posledice, ki jih morajo rešiti proizvajalci in oblikovalci politik. Prekomerna av-

tomatizacija postaja pomembno strateško vprašanje, tudi za inovatorje, še agresivni pristopi Elona Muska k avtomatizaciji so se zdaj bistveno zmanjšali. Industrija 5.0 bo vsekakor koncept sodelujoče robotike, inteligentne avtomatizacije in množične personalizacije, koncept povečanja produktivnosti in novega odnosa med človekom in strojem. Ob oblikovanju industrije 5.0 pa se postavlja vprašanje združljivosti japonskega koncepta »družbe 5.0« (society 5.0). Njihov koncept se osredotoča na človeka in uravnava gospodarski napredek z reševanjem socialnih problemov s sistemom, ki močno vključuje kibernetični prostor in fizični prostor, ter predstavlja družbo, usmerjeno v prihodnost, brez stagnacije informacij. Koncept »družba 5.0« naj bi uporabljal tehnologijo za doseganje gospodarskega napredka in reševanje težav ljudi. Ta koncept namreč zajema prepričanje, da ljudje lahko omejijo svoje naloge, da lahko uživajo boljše življenje z izkoriščanjem najnovejših tehnoloških orodij z vključitvijo novosti, ki jih prinaša že četrta industrijska revolucija (npr. IoT, veliki podatki, umetna inteligenca, robotski sistemi) in ekonomija delitve v vsako panogo in vidik družbenega življenja. Industrija 5.0 je torej konceptualno drugačna in poudarja personalizirano proizvodnjo, sodelovanje človeka in robotov v skupnih proizvodnih procesih, uporabo tehnologij DARQ, industrijskega interneta stvari (IIoT), kiber fizičnih proizvodnih procesov (CPPS), razširjene resničnosti (AR in AR), razširjenega sistema digitalnih dvojčkov, bioničnih eksoskeletnih tehnologij in BAS, poseben pristop oblikovanja občutljive vrednosti – VSD (Value Sensitive Design), nadalje uporabo vmesniških tehnologij človek-stroj (HMI) in celo uporabo virtualnih asistentov za umetno inteligenco z glasovnim nadzorom in drugo. Uporabljali se bodo sofisticirana programska oprema za proizvodni sistem (MES – Manufacturing Execution System), izdelovalna programska oprema (IMCO-CIMAG MES) in drugo. V industriji 5.0 bo kombinacija človeške in robotske delovne sile povzročila novo izvršilno vlogo vodje robotskih sistemov (CRO), ki bo v industrijski proizvodnji odgovoren za upravljanje dejavnosti v zvezi z robotiko in inteligentnimi operativnimi sistemi (RIOS). Industrija 5.0 torej spreminja industrijsko paradigmo, saj zmanjšuje poudarek samo na tehnologijah, ampak prepoznava resnični potencial za napredek v sodelovanju med ljudmi in stroji in v celoviti usmerjenosti v personalizirano proizvodnjo po želji in zahtevah kupcev. Po mnenju industrijskih strategov naj bi imela industrija 5.0 največji potencial za optimizacijo in integracijo dobavnih verig in njihovo izboljšanje za še učinkovitejša strateška partnerstva. Kar zadeva tehnologije in prihajajočo industrijo 5.0, poti nazaj več ni. Tako kot prejšnje štiri industrijske revolucije bo tudi peta preoblikovala industrijsko paradigmo in prinesla v proizvodnjo neizogibne spremembe.

CHRISTOPHE COULONGEAT BO VODIL DIVIZIJO STÄUBLI ROBOTICS

Stäubli Robotics, vodilno svetovno podjetje na področju robotike, začne novo leto z novim managerjem divizije na ravni skupine.

Christophe Coulongeate prevzema vodenje divizije od Geralda Vogta, ki je s 1. januarjem 2021 postal novi izvršni direktor skupine Stäubli.

Z nastopom nove funkcije bo Christophe Coulongeate postal tudi član izvršnega komiteja skupine Stäubli. Christophe Coulongeate se je skupini Stäubli pridružil leta 2018 kot namestnik direktorja divizije robotov. Pred prihodom v Stäubli si je v Franciji, Avstriji, Združenih arabskih emiratih in Švici nabral regionalne in globalne poslovne izkušnje v pakirni industriji in avtomatizaciji. S tem neprekinjenim nasledstvom v upravljanju Stäubli Robotics nadaljuje svojo globalno strategijo rasti.

»Christophe Coulongeate je dinamičen in v prihodnost usmerjen manager. Njegove mednarodne izkušnje v industriji bodo v korist našim strankam. Prepričan sem, da bo še naprej razvijal in nadgrajeval globalno poslovanje robotike skupine Stäubli, ki ga bo dvignil na višjo raven,« je povedal Gerald Vogt, novi izvršni direktor skupine Stäubli in nekdanji direktor divizije robotike.



Christophe Coulongeate

Christophe Coulongeate je diplomiral na univerzi v Poitiersu, BSc iz mednarodnega poslovnega upravljanja iz ESFII, povezano z izobrazbo za poslovodenje, je pridobil na IMD, MIT Sloan School of Management na Columbia Business School.

www.staubli.com



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



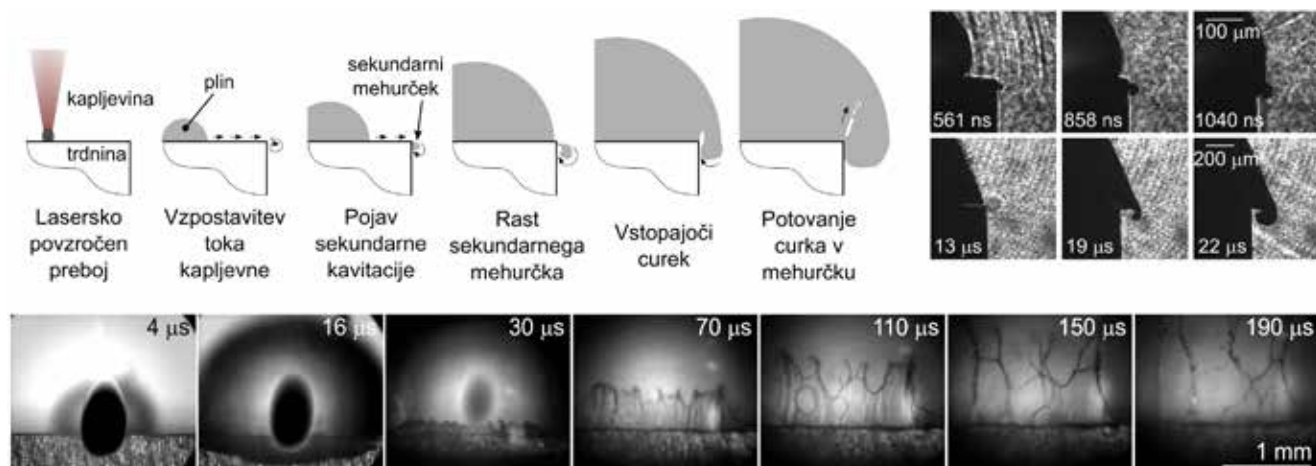




Jakša d.o.o., Šlandrova 8, 1231 Ljubljana
T (0)1 53 73 066, F (0)1 53 73 067, E info@jaksa.si

VPOGLED V DINAMIKO KAPLJEVINE ZNOTRAJ LASERSKO POVZROČENEGA KAVITACIJSKEGA MEHURČKA

Stena kavitacijskega mehurčka predstavlja sferično mejo med kapljevino in plinom. Posledično opazovanje dinamike tekočine znotraj mehurčka s konvencionalnimi metodami ni mogoče. Matej Senegačnik in izr. prof. dr. Peter Gregorčič iz laboratorija LASTEH sta v sodelovanju z Univerzo v Kyotu razvila nov pristop, ki z uporabo razpršene osvetlitve omogoča opazovanje dinamike *znotraj* mehurčka z visoko časovno (250 ns) in prostorsko (~1 μm) ločljivostjo. Dosežene rezultate, ki so pomembni za nadaljnje izboljšave procesov proizvodnje nanodelcev z lasersko ablacijo v kapljevinah, sta objavila v reviji *Ultrasonics Sonochemistry*.



Razvoj sekundarne kavitacije in vstop curka zunanje kapljevine v kavitacijski mehurček

V okviru bilateralnega sodelovanja med Fakulteto za strojništvo Univerze v Ljubljani in Univerzo v Kyotu (Japonska) smo razvili nov pristop za preučevanje nastanka nanomateriala med procesom laserske ablacije v kapljevinah. Z uporabo razpršene osvetlitve in ultrahitre kamere smo opazovali dinamiko kapljevine *znotraj* kavitacijskega mehurčka, ko se ta širi čez oster pravokoten rob. Kavitacijske mehurčke smo povzročili z obsevanjem tankih kovinskih vzorcev z nanosekundnimi laserskimi bliski v različnih kapljevinah (vodi, etanolu in polietilen glikolu).

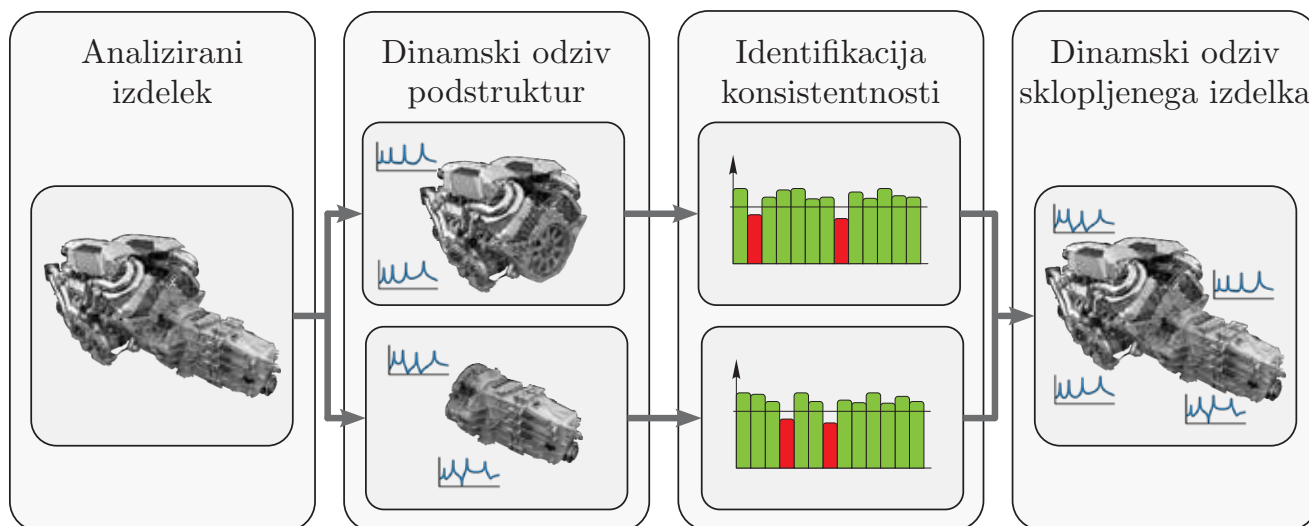
Pokazali smo, da se za ostrim robom zaradi toka kapljevine, ki ga povzroči hitra rast mehurčka, ustvari območje nizkega tlaka, kar lahko povzroči nastanek sekundarne kavitacije. Rezultati dodatno razkrivajo, da lahko v mehurček – ob njegovem prehodu čez rob vzorca – prodre curek zunanje kapljevine s hitrostjo do 40 m/s. Nastanek in obliko curka določajo razdalja med mestom optičnega preboja in robom vzorca, energija bliska in lastnosti okoliške kapljevine. Predstavljeni rezultati so prvi eksperi-

mentalni prikaz dinamike curka kapljevine znotraj kavitacijskega mehurčka, ki ga povzroči tok vstopajoče kapljevine, in pomembno prispevajo k razumevanju mehanizmov proizvodnje nanodelcev z lasersko ablacijo v kapljevinah. Poleg tega so pomembni tudi za splošno razumevanje dinamike mehurčka, ki je delno omejen s trdnino.

Razvit eksperimentalni pristop je interdisciplinarno uporaben, saj imajo kavitacijski mehurčki pomembno vlogo v zelo raznolikih aplikacijah na področjih proizvodnje nanodelcev, spektroskopije lasersko povzročenega preboja v kapljevinah, izboljšane prenosa toplote z mehurčkastim vrenjem, hlajenja, mikrofluidike in laserskih medicinskih posegov.

Objavljeni članek je prosto dostopen na:
<http://www.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105460>,
 eksperimentalni podatki pa so dostopni na:
<http://doi.org/10.17632/w8mpz3v3w2.1>.

IDENTIFIKACIJA NEKONSISTENTNIH MERITEV V FREKVENČNEM PODSTRUKTURIRANJU



Slika 1 : Dinamsko podstrukturiranje omogoča združevanje dinamskih lastnosti manjših podstruktur za identifikacijo dinamskih značilnosti večjih sestavljenih in kompleksnejših struktur.

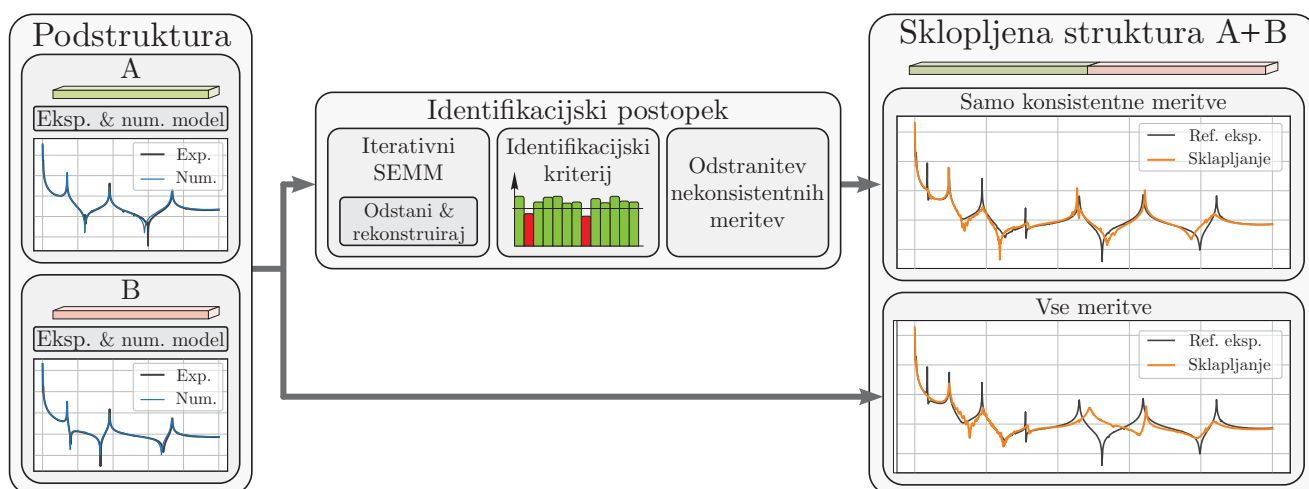
Kratek povzetek za nestrokovno javnost

Raziskovalci Fakultete za strojništvo so predstavili novo metodo za identifikacijo konsistentnosti izmerjenih dinamskih lastnosti struktur. Ustajene metode temeljijo na primerjavi eksperimentalnih meritev z rezultati numeričnih modelov, ki pa nujno ne odražajo realnega stanja strukture. Kot prvi so razvili metodo, ki omogoča, da se z uporabo metode dinamskega podstrukturiranja v frekvenčni domeni oceni konsistentnost posamezne meritve glede na preostale meritve v eksperimentalnem

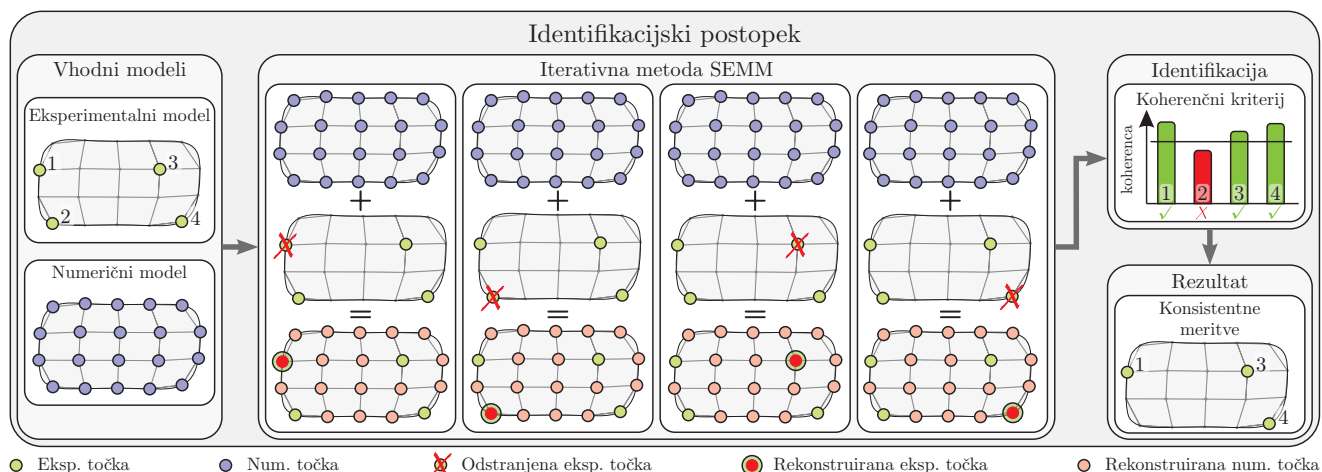
modelu. Predstavljena metoda je bila objavljena v eni od vodilnih znanstvenih revij na področju mehanskih sistemov in procesiranja signalov Mechanical Systems and Signal Processing (IF = 6.471).

Kratek povzetek za strokovno javnost

Zagotavljanje konsistentnega eksperimentalnega odzivnega modela je ključnega pomena za natančno dinamsko analizo struktur. To pa je še posebej pomembno na področju dinamskega podstrukturiranja,



Slika 2 : Dinamsko podstrukturiranje je občutljivo na napake v eksperimentalnih modelih, zato je potrebno te napake identificirati ter meritve z napakami odstraniti. Razvita metoda identificira nekonsistentne meritve neodvisno od numeričnega modela.



Slika 3 : Shematski prikaz principa delovanja razvite metode

kjer za odziv sklopljene strukture v dinamskem smislu združimo odzivne matrike posameznih podstruktur. Kakovost eksperimentalnih modelov se navadno preverja preko primerjave z numeričnimi modeli, ki pa pogosto ne odražajo realnega stanja. Razvita metoda omogoča identifikacijo kvalitete posamezne meritve na osnovi primerjave z ostalimi meritvami v odzivnem modelu strukture. Metoda je v celoti razvita v frekvenčni domeni in temelji na oceni primernosti posamezne meritve glede na preostali eksperimentalni model. Ocena primernosti je izvedena s primerjavo realne meritve in njene rekonstrukcije, ki predstavlja projekcijo dinamskih lastnosti celotnega preostale-

ga eksperimentalnega modela. Rekonstrukcija je izvedena z metodo sklapljanja ekvivalentnih modelov, ki temelji na metodi dinamičnega sklapljanja v frekvenčni domeni. Na praktičnem primeru sklapljanja je mogoče z uporabo omenjene metode opaziti znatno izboljšanje natančnosti rezultatov. To dokazuje, da ima metoda velik potencial za povečanje robustnosti eksperimentalnega sklapljanja v frekvenčni domeni.

Povezava do prispevka: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107562>

www.fs.uni-lj.si

MotoMINI
majhen samo po velikosti

red dot award 2019
winner

YASKAWA

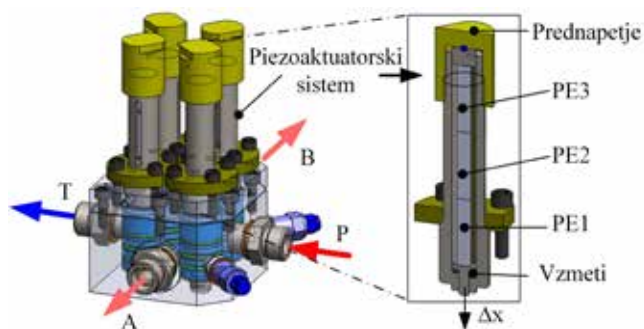
YASKAWA Slovenija • www.yaskawa.si

ENERGIJSKO UČINKOVITI PIEZOELEKTRIČNI AKTUATORJI ZA UPORABO V HIDRAVLIČNIH PREKLOPNIH VENTILIH

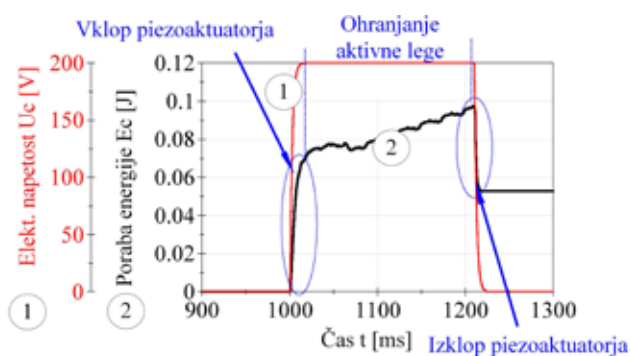
V laboratoriju LASIM Fakultete za strojništvo UL smo na področju razvoja piezoelektričnih aktuatorjev, namenjenih za uporabo v hidravličnih in pnevmatičnih ventilih, aktivni že več kot 20 let. Preboj na tem področju smo dosegli že davnega leta 1996 z razvojem hidravličnega piezoventila, ko je prof. dr. Niko Herakovič dokazal smotrno uporabo piezoaktuatorjev za izboljšanje karakteristik servoventilov.



Hidravlični digitalni piezoventil, vključen v pogon



Zgradba hidravličnega piezoventila



Poraba električne energije pri vklopu piezoventila in ohranjanju odprte lege

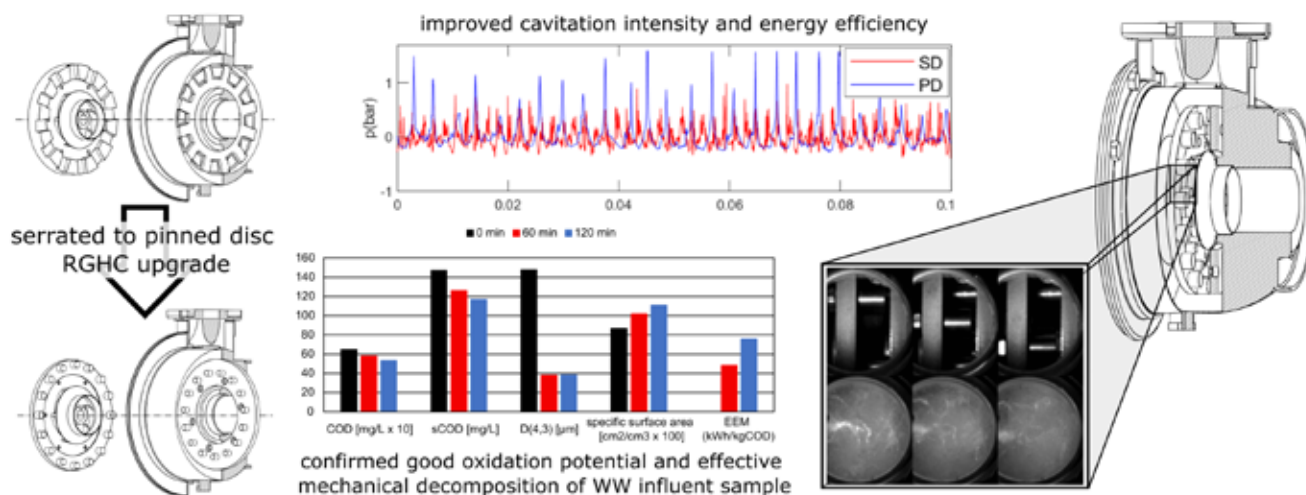
Povečanje energijske učinkovitosti proizvodnih strojev in sistemov (ne le hidravlična učinkovitost, temveč tudi poraba električne energije, potrebne za krmiljenje ventilov) pripomore k bolj »zeleni, čisti« proizvodnji, kar je že v preteklosti predstavljalo strateško usmeritev. Zato smo v LASIM-u nadaljevali raziskave v smeri naprednih piezoaktuatorjev, ki bi bili uporabni tako za mikropozicioniranje kot tudi za aktuatorje v pnevmatičnih in hidravličnih ventilih in bi porabili manj električne energije kot proporcionalni elektromagneti ali celi momentni motorji servoventilov. Enega od možnih načinov za povečanje energijske učinkovitosti hidravličnih in pnevmatičnih komponent in sistemov predstavlja pravilna uporaba piezoelektričnih aktuatorjev v kombinaciji z ustrezno konstrukcijsko zasnovo aktuatorskega sistema, ohišja in krmilnega bata ventila.

Z nastopom digitalne hidravlike in s tem digitalnih ventilov, ki predstavljajo alternativo proporcionalnim in celo servoventilom, se je zanimanje za visokodinamične in energijsko učinkovite preklopne ventile močno povečalo. Z razvojem novega prototipa hidravličnega digitalnega ventila, za katerega smo razvili energijsko učinkovit in visokodinamični piezoaktuatorski sistem, smo naredili korak naprej v svetovnem merilu. Rezultati raziskav kažejo, da z uporabo piezoaktuatorjev, preklopni ventili porabijo zelo malo energije (energija preklopa do 0,07 J), še večja razlika v primerjavi z elektromagneti pa se kaže v porabljeni energiji za ohranjanje aktivne/odprte lege. Z uporabo piezoaktuatorjev je možno zmanjšati električno energijo, potrebno za krmiljenje digitalnih hidravličnih ventilov do 6-krat v primerjavi s konvencionalnimi preklopnimi ventili, krmiljenimi z elektromagneti. Razvoj takšnih visokodinamičnih in energijsko učinkovitih preklopnih piezoventilov za uporabo v digitalni hidravliki bo zagotovo pripomogel, da bo digitalna hidravlika postala še bolj zanimiva na področju hidravličnih sistemov, uporabljenih v izdelovalnih tehnologijah. V nekaterih primerih digitalni ventili že uspešno zamenjujejo proporcionalno in servohidravliko.

Omenjeno raziskovalno delo je bilo predstavljeno v ugledni znanstveni reviji Journal of Cleaner Production (IF = 7.246). Članek je dostopen na povezavi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620347922?via%3Dihub>

www.fs.uni-lj.si

RAZVILI NOV PILOTNI ROTACIJSKI GENERATOR HIDRODINAMIČNE KAVITACIJE ZA ČIŠČENJE ODPADNIH VODA



V Laboratoriju za vodne in turbinske stroje UL, FS so razvili nov pilotni rotacijski generator hidrodinamične kavitacije za čiščenje odpadnih voda. Uporaba kavitacije za potrebe čiščenja sodi med t. i. zelene oksidacijske metode, pri katerih se v onesnaženo vodo ne dodaja nobenih kemijskih sredstev. Z novo razvitim kavitatorjem so raziskovalci na odpadni vodi iz čistilne naprave potrdili dober oksidacijski potencial metode, pri čemer so v zgolj 30 ciklih znižali COD (kemična potreba po kisiku), TOC (skupni organski ogljik) in BOD (biološka potreba po kisiku) za 25 %

in zaradi mehanskih učinkov zmanjšali povprečno velikost delcev s 148 na 38 μm. Pri optimalnih pogojih obratovanja so 3-krat povečali učinkovitost obstoječe tehnologije in za 65 % znižali rabo električne energije. S tem so tehnologijo za en korak približali uporabi v realnih procesih na čistilnih napravah.

Članek je dostopen na <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417720317351>.

www.fs.uni-lj.si



Arduino Programirajmo z lahkoto

<https://svet-el.si>

ANALIZA REALNIH IN TESTNIH DELCEV V HIDRAVLIČNIH FILTRIHI –

1. DEL

Matej Kunavar, Nejc Novak, Franc Majdič

Izvleček:

V prvem delu prispevka predstavljamo razloge za pojav delcev znotraj hidravličnega olja. Gre predvsem za štiri vrste možnih notranjih obrab, dvo- in trotelesno abrazijo, erozijo in kavitacijo. Novonastali delci potujejo s hidravlično kapljevino in posledično vplivajo na povečanja obrabe. Filtracija je zato nujno potrebna. V standardiziranih testih se uporablja standardni testni prah, ki pa je zelo abraziven za hidravlične komponente. Cilj pričujočega prispevka je bil pokazati razliko med standardnim testnim prahom in dejanskimi delci znotraj hidravlične kapljevine v industrijskem obratu. Z namenom analize realnih in testnih delcev, smo razvili postopek pridobivanja realnih delcev iz odsluženih hidravličnih filtrov. Te so nam donirali v podjetju Acroni Jesenice. Filtre smo razrezali na manjše kose, jih vstavili v laboratorijske steklene epruvete in jih sprali s čistilnim alkoholom. Ta je odstranil delce, ki so se usedli na dno epruvete. Delce smo osušili in pripravili za pregled na optičnem in elektronskem mikroskopu.

Ključne besede:

hidravlika, hidravlične kapljevine, filtracija, čistoča, delci, obraba, mikroskopiranje

1 Uvod

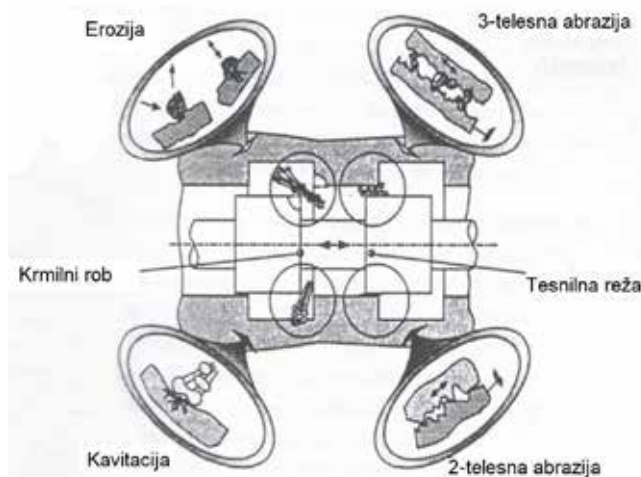
Čistoča hidravlične kapljevine je ključna za dobro delovanje sistemov pogonsko-krmilne hidravlike in njihove želene uporabne dobe. Pri pravilno vzdrževanih hidravličnih sistemih večino umazanije predstavljajo delci, ki nastanejo pri obrabi površin hidravličnih komponent. Namen hidravličnega filtra je zagotoviti potreben nivo čistoče kapljevine. Filter testiramo po standardu s testnim prahom, ki ponazarja delce nečistoč. Poznavanje realnih delcev je zaenkrat izkustveno, saj se raziskave ukvarjajo z vplivom delcev, ne pa z delci samimi. Skladno s standardom se pri določanju zahtevane čistosti kapljevine osredotočamo zgolj na število in velikost delcev, medtem ko so oblika in mehanske lastnosti delcev skoraj popolnoma zanemarni. Obraba je kompleksen proces, saj deluje veliko delcev in dogodkov, ki so različno verjetni. Nepoznavanje delcev problematizira tudi sam način testiranja filtrov, med katerim pri testiranju po standardu ISO uporabljamo srednje velik testni prah, sestavljen iz t. i. puščavskega peska, ki je izrazito bolj abraziven od realnih delcev v industrijski hidravliki.

2 Delci v hidravlični kapljevini

Pojav trdih delcev v hidravličnih kapljevinah je nezaželen, a neizogiben. Nečistoče imajo dva izvora: zunanega in notranjega. Pri slednjem, ki je praviloma večinski, se delci generirajo znotraj sistema zaradi obrabe drsnih površin.

V splošnem poznamo 4 vrste osnovnih mehanizmov obrab v hidravličnih sistemih (slika 1):

1. erozija,
2. kavitacija,
3. dvotelesna abrazija in
4. trotelesna abrazija.



Slika 1 : Mehanizmi obrabe v hidravličnih sistemih na primeru potnega ventila [1]

Matej Kunavar, dipl. inž., Kolektor ETRA, d. o. o., Ljubljana – Črnuče; **Nejc Novak**, mag. inž., **doc. dr. Franc Majdič**, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

V hidravliki so najpogostejši štirje mehanizmi obrabe (*slika 1*), in sicer: dve vrsti erozije na elementih hidravličnih komponent in dve vrsti abrazije. Ena vrsta erozije je lahko posledica trkov trdih delcev ob površine, druga pa pojav kavitacije ob tlačnih padcih v kapljevini. Abrazija je lahko 2-telesna (brez vmesnih delcev med elementoma z relativno hitrostjo) ali 3-telesna (z vmesnimi trdimi delci med elementoma z relativno hitrostjo).

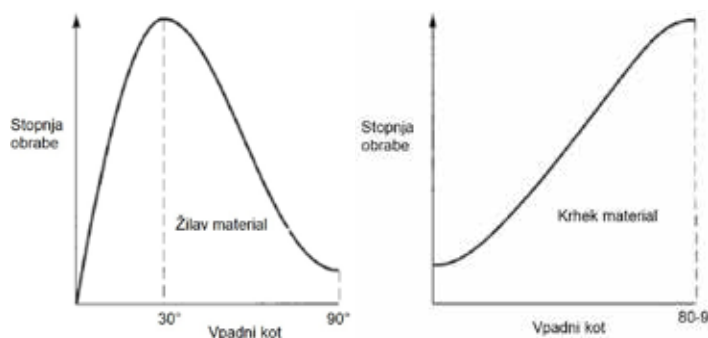
Erozija kot posledica trka trdih delcev

Takšna erozija je posledica pretokov hidravlične kapljevine, ki pogosto teče z visokimi hitrostmi skozi zožitve znotraj komponent. Hitrosti pretoka dosega tudi do nekaj sto m/s. Kapljevina vsebuje različne trde delce, ki odnašajo material z omočenih drsnih površin znotraj hidravličnih komponent. Material se z erodirane površine odtrga zaradi visoke kinetične energije hitro plavajočih delcev. Na stopnjo erozije vpliva več faktorjev [2]:

- ▶ mikrostruktura erodiranega materiala,
- ▶ mikrostruktura delcev,
- ▶ hitrost delcev,
- ▶ kot trka delcev in
- ▶ število delcev v kapljevini.

V poimenovanju mikrostruktura materiala in delcev je vsebovana tudi njihova trdota. Hitrost delcev je najpomembnejši faktor, ki vpliva na stopnjo erozije, saj je neposredno povezana s kinetično energijo delcev. Hitrejši delci lahko tako povzročijo večje napetosti in deformacije v materialu in pospešujejo obrabo. Pomemben vpliv imata tudi mikrostruktura erodiranega materiala in število delcev na volumen kapljevine. Iranski znanstveniki so testirali vpliv obeh faktorjev [2]. Ugotovili so, da stopnja erozije narašča z naraščanjem števila delcev samo do neke koncentracije, potem pa začne upadati zaradi medsebojnih trkov delcev [3]. Na univerzi v Ohio so z eksperimenti dokazali, da se bolj žilav material zaradi trkov najprej površinsko utruje, nato pa se začne luščiti [2].

Velik vpliv na stopnjo erozije ima tudi kot trka delcev. Vpliv je za žilave materiale drugačen kot za krh-



Slika 2 : Vpliv vpadnega kota na stopnjo obrabe materiala [2, 4]

ke (*slika 2*). Pri žilavih materialih imajo koti trka od 0° do 20° majhen vpliv na erozijo, koti trkov med 20° in 30° pa povzročajo največjo stopnjo erozije zaradi apliciranih strižnih napetosti. Kotom od 30° do 90° se stopnja erozijske obrabe zmanjšuje.

Drugače velja za krhke materiale, kjer je največja obraba pri kotu 90° in se trd material ne more več deformirati, zato pride do porušitve. Vpliv vpadnih kotov na stopnjo obrabe prikazujeta diagrama na *sliki 2* [2, 4].

Erozija kot posledica kavitacije

Kavitacijo predstavljajo implozije mehurčkov hidravlične kapljevine. Implozija nastane na območjih, kjer tlak v kapljevini hitro pade in povzroči nastanek mehurčkov, nato pa se hipoma poveča čez kritično mejo in povzroči, da mehurčki implodirajo. Za nastanek kavitacije so nujno potrebni prosti in zaostali plini v kapljevini, saj kapljevine brez zaostalih plinov prenašajo tudi negativne tlake, vse do tlakov uparjanja [5].

Hitrosti kapljevine, ki se tvorijo pri kolapsu mehurčkov, se gibljejo med 100 m/s in 500 m/s. Udar traja med 1 μ s in 1 ms. Implodiranje več mehurčkov hkrati povzroči lokalno povišanje tlaka za nekaj sto barov in valovanje z nekaj tisoč Hz. Mesta, kjer je kavitacija, razvijejo tudi tresenje z velikimi reakcijskimi silami [5]. Posledice udarov kavitacijskih mehurčkov na površini ventilske plošče aksialne batne hidra-

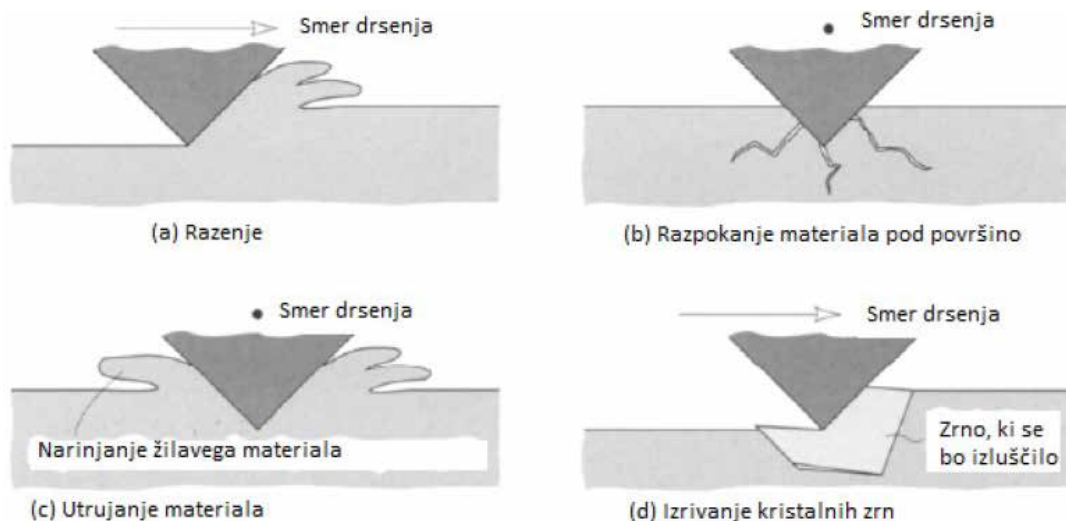


Slika 3 : Posledica kavitacijske obrabe na ventilski plošči hidravlične črpalke [6]

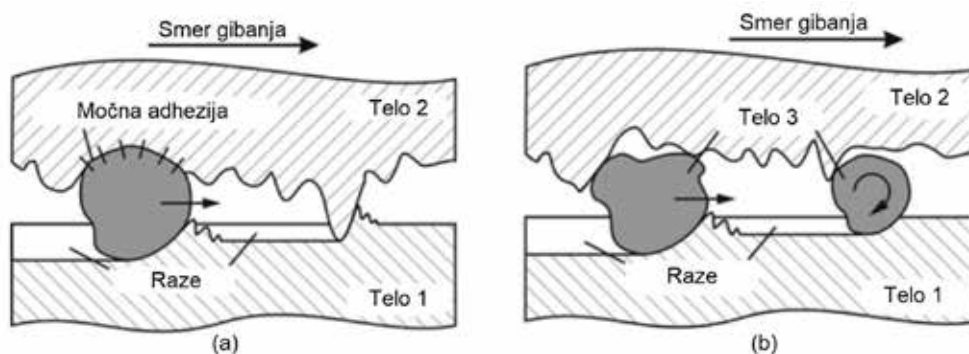
vlične črpalke prikazuje *slika 3*.

Abrazija

Poznamo več mehanizmov abrazijske obrabe. Rezanje ostrega delca v mehko površino materiala prikazuje *slika 4 (a)*. Pri obremenitvi krhkih materialov z ostrimi robovi se v globini materiala začnejo pojavljati razpoke, kar prikazuje *slika 4 (b)*. Pospešeno utrujanje materiala zaradi ponavljajoče se plastične



Slika 4 : Mehanizmi abrazijske obrabe materiala [4]



Slika 5 : Dvotelesna (a) in (b) trotelesna abrazija [4]

deformacije prikazuje *slika 4 (c)*. Ta mehanizem je značilen za žilave materiale. Najredkejši mehanizem je puljenje (izluščenje) zrn, na *sliki 4 (d)*, ki je posledica krhkih vezi med zrni materiala [4].

Abrazivno obrabo določa način, kako robovi prečkajo površino. Poznamo dva temeljna načina, in sicer dvotelesno abrazijo (*slika 5 (a)*) in tritelesno abrazijo (*slika 5 (b)*).

Eksperimenti so pokazali, da je stopnja obrabe pri trotelesni abraziji približno 10-krat manjša kot pri dvotelesni abraziji. Pri trotelesni abraziji mehanizem obrabe spominja na erozivno obrabo, saj gre tudi tu za naključne trke, odboje in rotacije delcev. Na drsni površini elementov hidravličnih komponent se pojavljajo tako dvo- kot trotelesna abrazija in tudi erozija [4].

Testni prah

Za testiranje hidravličnih filtrov poznamo več vrst testnega prahu. Standard ISO 12103-1 predstavlja štiri različne razrede, ki se med seboj razlikujejo po velikosti vsebovanih delcev [7]. Razvrstitev velikostnih razredov delcev po standardu ISO 12103-1 prikazuje *preglednica 1*.

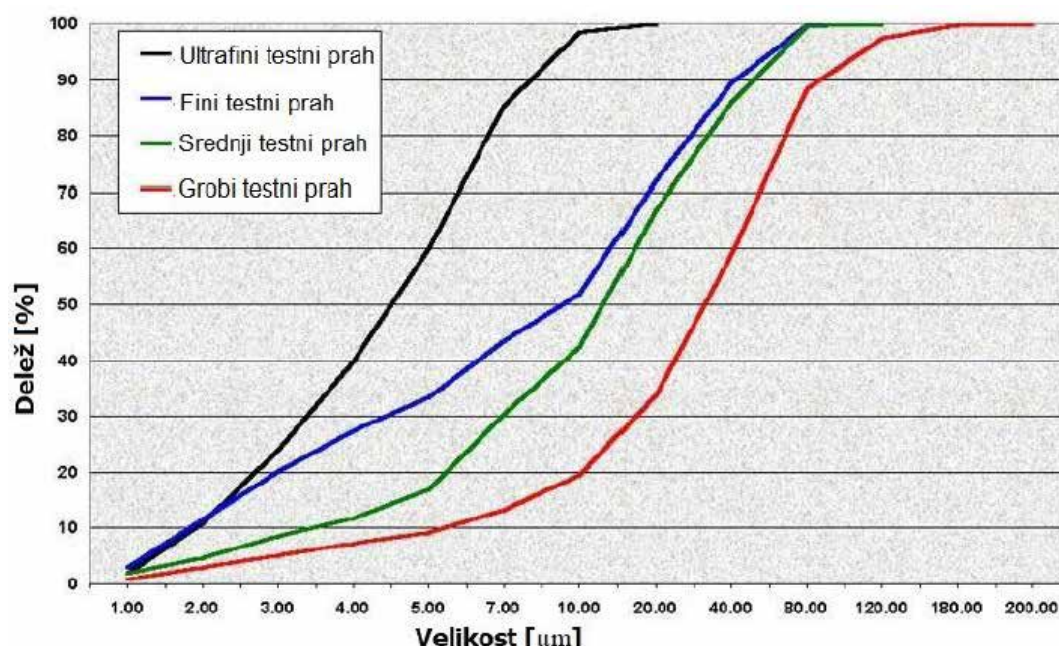
Preglednica 1 : Razredi velikosti testnega prahu po standardu ISO 12103-1, prirejeno po [8]

ISO 12103-1-A1	Ultrafini testni prah
ISO 12103-1-A2	Fini testni prah
ISO 12103-1-A3	Srednji testni prah (MTD)
ISO 12103-1-A4	Grobi testni prah

Slika 6 prikazuje diagram porazdelitve delcev različnih velikosti za posamezen velikostni razred testnega prahu [9].

Testni prah velja za zelo abrazivnega, zato se uporablja tudi za testiranje komponent, ki so izpostavljene majhnim delcem [7, 8]. Za nas je najbolj zanimiv testni prah, ki ga opisuje standard ISO 12103-1-A3, oziroma srednji testni prah MTD (ang *medium test dust*). Uporablja se namreč za večprehodno testiranje hidravličnih filtrov. Vpliv testnega prahu na hidravlične sestavine je v veliki meri odvisen od njihove velikosti in kemične sestave (*preglednica 2*) [7, 8].

Najpomembnejšo vlogo pri vplivu delcev na obrabo hidravličnih komponent med testom in v realnem



Slika 6 : Delež velikosti delcev za posamezen velikostni razred delcev [9]

Preglednica 2 : Kemična sestava delcev srednjega testnega prahu (ISO 12103-1-A3) [9]

Kemična zgradba delca	Delež glede na ostale delce [%]
SiO ₂	od 69 do 77
Al ₂ O ₃	od 8 do 14
CaO	od 2,5 do 5,5
K ₂ O	od 2 do 5
Na ₂ O	od 1 do 4
Fe ₂ O ₃	od 4 do 7
MgO	od 1 do 2
TiO ₂	od 0 do 1

okolju imajo materialne lastnosti delcev in hidravličnih sestavin. Pri testiranju hidravličnih sestavin so, upoštevajoč preglednico 2 in način izdelave večine hidravličnih komponent, najpogostejši materiali silicijev dioksid (SiO₂), aluminijev oksid (Al₂O₃) in navadno konstrukcijsko jeklo S235. Primerjavo materialnih lastnosti vseh treh materialov prikazuje preglednica 3.

Preglednica 3 : Primerjava najpogostejših materialov delcev, ki se pojavijo v hidravličnih sistemih. Prirejeno po [10, 11, 12].

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S235
Modul elastičnosti [GPa]	od 66,3 do 74,8	od 215 do 413	od 200 do 215
Natezna trdnost [MPa]	od 45 do 155	od 69 do 665	od 340 do 510
Strižni modul [GPa]	od 27,9 do 32,3	od 88 do 165	od 57 do 80
Poissonov količnik [/]	od 0,15 do 0,19	od 0,21 do 0,33	0,29

Analiza delcev SEM in EDS

Z analizo SEM (ang. *Scanning Electron Microscopy*) proučujemo površino, lahko pa tudi elementarno sestavo nekega vzorca. Rezultati analize so slike površine vzorca, ki dosegajo zelo visoko resolucijo. Gre za mikroskopiranje z elektronskim mikroskopom [13].

Mikroskopiranje deluje tako, da s pomočjo elektronske pištole generiramo elektrone, ki so najpogostejše termoioničnega izvora – iz katode, zgrajene iz volframovega filameta. Elektrone pospešujemo s pomočjo aplicirane napetosti. Nato elektronske leče konvergirajo tokove elektronov v snope oziroma žarke, ki padejo na majhno območje na površju vzorca. Določanje lokacije trka snopa elektrona je zelo natančno. Površino vzorca nato skeniramo z elektronskim mikroskopom v obliki pravokotnega rasterja. Z nastavljanjem velikosti skenirane površine prilagodimo povečavo, ki je pri elektronskih mikroskopih lahko od 10 do 3.000.000-kratna [13].

Ko pridejo elektroni v kontakt s skenirano površino, reagirajo z atomi proučevanega materiala. Elektro-

nu, ki trči v proučevano površino, rečemo primarni elektron, tistemu, ki zapusti to površino, pa sekundarni elektron. Primarni elektroni interirajo z materialom do globine približno 5 μm . Volumen, v katerem se zgodi interakcija, je v obliki kapljice in se zato imenuje interakcijski volumen. Globina in velikost interakcijskega volumna sta odvisna od energije elektrona, atomskega števila vzorca in gostote materiala vzorca. Izmenjava energije med snopom elektronov in vzorcem rezultira v emisiji elektronov in elektromagnetne radiacije (ang *x-ray*). Tako lahko povratni signali nosijo informacijo tudi o materialni kompoziciji vzorca. Detektorji pridobivajo razpršene odbite elektrone in sekundarne elektrone, jih ojačajo ter nato z njihovo pomočjo določajo obliko in zgradbo analizirane površine [13].

EDS (ang. *Energy-dispersive spectroscopy*) se naša na informacijo o kemijski sestavi vzorca. Temelji na predpostavki, da ima vsak atom s svojo edinstveno atomsko strukturo unikaten nabor vrhov v spektru elektromagnetnih emisij. Pomembna faktorja pri tej metodi sta debelina materiala, ki jo mora signal prepotovati in je lahko potencialna ovira na njegovi poti, ter verjetnost, da se bo signal vrnil na detektor in se ne bo izgubil v okolico.

Priprava preparatov, ki jih proučujemo po tej metodi, zahteva veliko pozornosti, sicer lahko dobimo nezadovoljive rezultate. Ni potrebno, da so vzorci veliki, saj lahko že z manjšim kakovostnim vzorcem dobimo želene rezultate. Posebno pozornost moramo nameniti električno neprevodnim materialom, saj med analizo akumulirajo električni naboj in oddajo zelo malo povratnega signala, zato moramo zagotoviti prevodnost vzorca vsaj na njegovi površini in pa njegovo ozemljenost. Posledično so kovinski in ostali vzorci prevodnih materialov časovno manj potratni za pripravo. Električno prevodnost vzorca dosežemo z raznimi dodajnimi materiali oziroma plašči. Trenutno so v uporabi materiali, kot so zlato, paladij, platina, iridij, volfram, krom, osmij, najpogostejše pa ogljik. Oplaščenje s težkimi kovinami lahko poveča razmerje med signalom in šumom za atome z nizkim atomskim številom.

3 Razvoj metodologije pridobivanja delcev

Z namenom raziskave smo testirali hidravlični filter, ki je bil prej na proizvodni liniji železarne SIJ Acroni, d. o. o. Primer vgradnje dveh filtrov proizvodne linije, ki obratujeta v podobnih razmerah in v istem podjetju kot testirani filter, prikazuje *slika 7*.

Proučevanemu vložku (filtrskemu elementu) (na *sliki 8*) smo na spletu poiskali kataloški list in mu določili interno oznako, prikazano v *preglednici 4*.



Slika 7 : Filtri postrojenja za valjanje pločevine v SIJ Acroni, d. o. o.

Preglednica 4 : Testirani hidravlični filter z interno oznako

Interna oznaka filtra	Kataloška oznaka filtra
1.1	R928017668



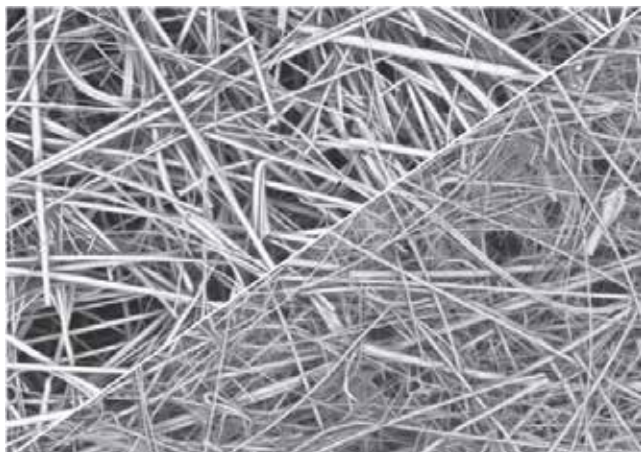
Slika 8 : Filter (vložek oz. element) z interno oznako 1.1

Filter 1.1

Proizvajalec filtra je podjetje Rexroth. Gre za filter tipa 10 z nabavno oznako 10.1300LA H6XL A00 6 M SO3000. Filtrirni material omenjenega filtra so nepletene steklena vlakna, ki tvorijo šest plasti in dva med seboj različna efektivna sloja. Oba sloja pod elektronskim mikroskopom prikazuje *slika 9*. Material dosega nazivno prepustnost do 6 μm . Največji dopustni tlačni padec na filtrirnem elementu je 30 bar. Najvišja dopustna temperatura obratovanja je 100 °C. Filtrirni element ima tudi obtočni vod s

Preglednica 5 : Beta vrednosti za nekatere velikosti delcev filtra 1.1 [15]

Velikost delca [μm]	β vrednost
4,8	≥ 75
5,5	≥ 200
7,5	≥ 1000



Slika 9 : Vlakna obeh različnih učinkovitih slojev filtra 1.1 [14]

tlačnim (prelivnim) ventilom, ki se odpre pri $\Delta p = 3$ bar. Filter zagotavlja čistočo hidravličnega olja med 15/12/10 in 19/14/11. Beta vrednost filtra za nekatere velikosti delcev prikazuje *preglednica 5*. Beta vrednosti so določene pri tlačnem padcu 2,2 bar [14].

V nadaljevanju smo se lotili jemanja vzorcev delcev iz filtra. Zanima nas realna slika delcev iz rabljenih industrijskih filtrov v primerjavi z delci standardiziranega testnega prahu za laboratorijsko testiranje hidravličnih filtrov. Ker postopek za jemanje industrijskih vzorcev še ni standardiziran, smo ga razvili sami. Pri jemanju vzorca delcev je potrebno

eliminirati prisotnost olja in drugih neželenih snovi v vzorcu delcev. Metoda pridobivanja delcev ima naslednje korake:

1. izrezovanje vzorcev filtrskega elementa,
2. izpiranje vzorcev,
3. sušenje izpranega materiala,
4. priprava preparatov za mikroskopiranje z optičnim mikroskopom,
5. priprava preparatov za mikroskopiranje z elektronskim mikroskopom in
6. mikroskopiranje vzorcev.

Izrezovanje vzorcev filtra

Pri izrazu »filter« gre seveda samo za filtrske elemente (vložke), ki prevzemajo delce nečistoč. Vzorec filtra je velik približno 10 x 10 mm. Vzorce smo izrezali s tapetniškim nožem in škarjami. Vzorec mora vsebovati vse plasti navadno večplastnega filtra, da lahko opazujemo delce vseh velikosti. Izrezkov filtra se je treba čim manj dotikati, da jih ne kontaminiramo. *Slika 10* in *slika 11* prikazujeta izrezovanje vzorca filtra. Vzorce smo sproti shranjevali v hermetično zaprte epruvete in jih označevali.

Izpiranje vzorcev

Vzorce v epruvetah (premera 10 mm in višine 120 mm) smo zalili s 96-odstotnim etilnim denaturiranim alkoholom (*slika 12*) in jih nato pretresli. Pri zalivanju vzorcev z alkoholom je priročna uporaba injekcije. Hidravlično olje se raztopi v alkoholu, ki se nato obarva v rjav odtenek, kar je razvidno na *sliki 13*. Ker na koncu ne želimo, da so delci prekriti z oljem, je potrebno tako kontaminiran alkohol v epruveti delno zamenjati in postopek večkrat ponoviti. Postopek ponavljamo toliko časa, dokler nam po pretresanju v epruveti ne ostane transparenten brezbarven alkohol.



Slika 10 : Izrezovanje dela filtra



Slika 11 : Rezanje na manjše kose



Slika 12 : Vzorci filtra v epruveti, zaliti z alkoholom



Slika 13 : Zmes alkohola in olja, ki se obarva rjavo

Mešanico olja in alkohola iz epruvete odstranimo takrat, ko se vsi delci posedejo na njeno dno, kar je trajalo približno 20 minut. Tekočino nato s pipeto počasi odstranjujemo iz epruvete (slika 14). Pri odstranjevanju smo se držali načela, da morajo biti vzorci filtrov na koncu še vedno pod gladino in da ustje pipete nikoli ni pod nivojem zgornjega roba filtra.

Če epruveto držimo z golo roko za dno, ustvarimo konvekcijske tokove in tako delce zopet dvignemo. Če se nam slednje zaradi katerega koli vzroka zgodi, je potrebno zopet počakati, da se delci posedejo

nazaj na dno. Če so se delci v večini že posedli, se včasih ne vidi najboljše. To lahko na hitro preizkusimo tudi tako, da magnet prislonimo ob epruveto v višini gladine alkohola in nato takoj odstranimo, da magnetno polje z dna ne dvigne še ostalih delcev. Nato damo epruveto pod luč. Če se delci še niso dovolj posedli, bi morali na mestu, kjer smo prislonili magnet, videti skupke črnih delcev oziroma kakršne koli sivine, ki lebdijo ob steni epruvete.

Sušenje izpranega materiala

Ko se po pretresanju vzorcev v alkoholu ta ne obarva več, zopet počakamo, da se delci usedejo. Najprej s pomočjo pincete odstranimo koščke filtra, ki jih pri ustju epruvete s pomočjo injekcije še malo speremo. Zopet počakamo, da se delci posedejo, nato pa odstranimo čim več alkohola, vendar ne toliko, da bi se med pipetiranjem začeli delci dvi-



Slika 14 : Odstranjevanje alkohola iz epruvete (pipetiranje)



Slika 15 : Ostanek alkohola z delci pred sušenjem



Slika 16 : Sušenje delcev v odprti epruveti na podstavku



Slika 17 : Posušen vzorec delcev

govati. Ko smo odstranili alkohol (*slika 15*), pustimo epruveto na stojalu odprto in počakamo, da se vsebina posuši (*slika 16*). Posušeni delci morajo imeti suh in nemasten videz. Na *sliki 17* vidimo že posušene delce v epruveti. Lahko se zgodi, da se delci, čeprav so očiščeni, sprimejo na dnu epruvete. To ne predstavlja težav, saj se te sprijete skupke brez težav razbije s čistim dolgim trdim predmetom. Priporočljive so laboratorijske steklene palčke.

4 Zaključne misli k prvemu delu

Prvi del prispevka predstavlja razloge za pojav delcev znotraj hidravlične kapljevine. To so štiri možne vrste obrab, dvo- in trotelesna abrazija ter erozija in kavitacija. Novo nastali delci potujejo s hidravlično kapljevino skozi komponente ter tokovodnike in še povečujejo obrabo. Filtracija je zato nujno potrebna.

V standardiziranih testih naj bi se uporabljal testni prah, ki pa je za hidravlične komponente zelo abraziven.

Namen tega prispevka (in nadaljevalnega) je prikazati razliko med standardnim testnim prahom in dejanskimi delci, ki so v hidravlični tekočini industrijskega postrojenja.

Razvili smo metodo vzorčenja delcev iz zamašene hidravličnega filtra iz železarne SIJ Acroni Jesenice. Filtrirni material razrežemo na manjše kose, ga namestimo v epruveto ter spiramo s čistilnim alkoholom. Ko na dnu epruvete ostanejo čisti delci, jih osušimo in pripravimo za opazovanje na optičnem ter na elektronskem mikroskopu.

Nadaljevanje prispevka bo objavljeno v naslednji številki revije Ventil. V drugem delu bomo prikazali postopek analize iz industrijskega filtra pridoblje-

nih vzorcev delcev. Prikazali bomo njihove oblike ter material in jih primerjali s standardnim testnim prahom.

Literatura

- [1] F. Majdič. 2. predavanje – teoretične osnove – FT_30176, dostopno na: <https://visfs.uni-lj.si/main.asp> (23. 4. 2020).
- [2] P. Shewman, G. Sundararajan. The erosion of metals. Ann. Rev. Mater. Sci. 13 (1983), str. 301-318.
- [3] A. Jafari et al. Experimental comparison of abrasive and erosive wear characteristic of four wear-resistant steels: Wear. Author's accepted manuscript. Dostopno na: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.09.010> (25. 4. 2020).
- [4] G. Stachowiak, A. Batchelor. Abrasive, Erosive and Cavitation wear: Engineering Tribology. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 2005, str. 501-552.
- [5] F. Majdič. Kavitacija in erozija v povezavi z abrazijo – obraba znotraj sestavin pogonsko-krmilne hidravlike: 2. izpit tribologija. Ljubljana, december 04-marec 05.
- [6] Reparation pompe et moteur hydraulique. Dostopno na: http://hydro.tg.free.fr/reparation_pompe/cavitation/cavitation.jpg, ogled: 15. 6. 2020.
- [7] N. Čegovnik, F. Majdič. Preizkušanje hidravličnih filtrov – večprehodni test po standardu ISO 16889:2008. Ventil 5, letnik 24 (2018), str. 382-389.
- [8] SIST ISO 12103-1:1997. Road vehicles-Test dust for filter evaluation- Part 1: Arizona test dust.
- [9] R. A. Fletcher, D. S. Bright. Shape factors of ISO 12103-A3 (medium test dust). Surface and microanalysis science division. November 2000, str. 49-56.
- [10] Silica-Silicon dioxide (SiO₂). Dostopno na:

- <https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=1114>, ogled: 27. 6. 2020.
- [11] Alumina-aluminium oxide – Al₂O₃ – refractory ceramic oxide. Dostopno na: <https://www.azom.com/properties.aspx?ArticleID=52>, ogled: 27. 6. 2020.
- [12] EN 10025 Grade S235JRG2C as-rolled condition (+AR). Dostopno na: <https://matmatch.com/materials/minfm33146-din-17100-en-10025>, ogled: 28. 6. 2020.
- [13] K. Vos, N. Vandenbergh, J. Elsen. Surface textural analysis of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environmental interpretation. Earth-science reviews, volume 128, str. 93–104.
- [14] Filter elements for installation in hydac filter housings: type 9. and 10. filter elements. Rexroth bosch group: The drive and control company. RE 51457 (2013).
- [15] Filterelemente: typ 10., zum einbau in hydac filtergehäuse. Rexroth bosch group: The drive and control company. RE 51531 (2019).

Analysis of real and test particles in hydraulic filters – 1st part

Abstract:

In the first part of the paper, the reasons for the appearance of particles inside the hydraulic liquid are presented. These are the four possible types of wear, two-body abrasive wear, three-body abrasive wear, erosion and cavitation. The newly formed particles migrate through the hydraulic fluid and further increase the wear. Filtration is therefore essential.

Test powder is expected to be used in standardized tests, but it is very abrasive to hydraulic components.

The aim of the present work was to show the difference between the standardized test powder and the actual particles present in the hydraulic fluid of an industrial plant.

We have developed a method to sample particles from a clogged hydraulic filter of SIJ iron plant Acroni Jesenice. Cut the filter material into smaller pieces, place it in a test tube, and rinse it with cleaning alcohol. If clean particles remain at the bottom of the tube, dry them and prepare them for observation on an optical and electron microscope.

The continuation of the article will appear in the next issue of Ventil magazine. In the second part, we will present the process of analyzing particle samples obtained from an industrial filter. We will show their shapes and material and compare them with standard test powder.

Keywords:

hydraulics, hydraulic fluids, filtration, cleanliness, particles, wear, microscopy

Zahvala

Vodji vzdrževanja hidravlike v SIJ ACRONI Metodu Smoleju, dipl. inž. str., se avtorji zahvaljujemo za darovane testirane rabljene filtre.

Vodji katedre in laboratorija TINT prof. dr. Mitjanu Kalinu in dr. Muhammadu Shahidu Arshadu se zahvaljujemo za pomoč pri mikroskopiranju delcev.

LABORATORIJ ZA FLUIDNO TEHNIKO

Smo laboratorij z dolgoletno tradicijo na področju fluidne tehnike. Ukvarjamo se z oljno in tudi ekološko prijazno vodno pogonsko-krmilno hidravliko, pri tem pa uporabljamo sofisticirano in sodobno merilno in programsko opremo.

Obrnite se na nas, če potrebujete:

- razvoj in optimiranje hidravličnih komponent in naprav,
- izdelavo hidravličnih naprav,
- izboljšave in popravila hidravličnih strojev in naprav,
- izdelavo sodobnega krmilja za hidravlične stroje,
- industrijsko izobraževanje na področju fluidne tehnike,
- ekološke hidravlične naprave na pitno vodo,
- nudimo visokotlačne trajnostne teste,
- nudimo testiranje hidravličnih filtrov ter izdelavo sodobne filtrirne naprave, ...



Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo
Laboratorij za fluidno tehniko
Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana
T: 01/4771115, 01/4771411
E: lft@fs.uni-lj.si
<http://lab.fs.uni-lj.si/lft/>

INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2021

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov

Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza

Podelitev priznanja TARAS

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

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



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

Portorož, 21. in 22. junij 2021

www.forum-irt.si

Dogodek poteka pod častnim pokroviteljstvom predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja.

Glavna pokrovitelj



Razvojni partner



Nacionalni pokrovitelj



Pokrovitelji

METTLER TOLEDO



SILABS

voestalpine

ONE STEP AHEAD.

INDUSTRIJSKI
FORUM **IRT**
forum-irt.si

Dodatne informacije: Industrijski forum IRT, Motnica 7 A, 1236 Trzin | tel.: 01 5800 884 | faks: 01 5800 803
e-naslov: info@forum-irt.si | www.forum-irt.si | Organizator dogodka: PROFIDTP, d. o. o., Gradišče VI 4, 1291 Škofjica
Organizacijski vodja dogodka: Darko Svetak, darko.svetak@forum-irt.si

VEČKRITERIJSKI PRISTOP PRI KONSTRUIRANJU POLIMERNIH ZOBNIKOV

Jože Tavčar, Borut Černe, Jože Duhovnik, Damijan Zorko

Izvleček:

Zanesljivo dimenzioniranje polimernih zobnikov do danes ostaja odprt izziv zaradi specifičnih lastnosti polimernih materialov in zapletenih razmerij med različnimi geometrijskimi in obratovalnimi parametri. Za vrednotenje polimernih zobnikov so na voljo nacionalni standardi (BS 6168: 1987, JIS B 1759: 2013) in smernice nemškega inženirskega združenja VDI 2736: 2014, ki pa imajo več omejitev. V večini primerov konstrukterji polimernih zobnikov nimajo popolne slike vseh interakcij med konstrukcijskimi parametri, zato je poleg preračuna potrebno večje število testnih prototipov za doseganje optimalne zasnove in velikosti zobnikov. V prispevku so sistematično analizirani konstrukcijski kriteriji pri valjastih polimernih zobnikih: trdnost v korenu zob, bočna trdnost, temperatura, obraba, deformacija, kakovost zobnikov, kakovost vgradnje, volumen zobnikov in stroški izdelave. Občutljivost in medsebojna povezanost posameznih kriterijev sta za večjo nazornost predstavljeni v diagramih. Članek se zaključi s pregledom oblik poškodb pri različnih pogojih obratovanja in s sistematičnim pregledom, kako izboljšati posamezne kriterije pri zasnovi konstrukcije polimernih zobnikov. V nadaljevanju (v naslednji številki) bosta predstavljena algoritem računalniškega programa za večkriterijsko optimiranje polimernih zobnikov in primer uporabe. Glavni prispevki raziskave so celosten pristop h konstruiranju polimernih valjastih zobnikov in smernice, kako vplivamo na konstrukcijske parametre.

Ključne besede:

polimerni zobniki, oblike poškodb, obraba, temperaturna obremenitev, obratovalni pogoji, večkriterijski preračun

1 Uvod

Polimerni zobniki dobro blažijo tresljaje, lahko obratujejo brez mazanja in so zaradi načina izdelave v velikih serijah s tehnologijo injekcijskega brizganja v večgnezdem orodju praviloma cenejši. Šibka lastnost polimernih zobnikov je njihova občutljivost na višje temperature, pa tudi nove oblike poškodb, ki so odvisne od stopnje obremenitve in številnih drugih parametrov pri obratovanju zobnikov [1–3]. Mehanske lastnosti polimernih zobnikov je mogoče izboljšati z uporabo ojačitev, kot so steklena ali karbonska vlakna. Za zanesljivo delovanje je najbolj pomembno nadzorovati temperaturo zobnikov. Trajnost zobniškega para je mogoče povečati z izbiro tribološko združljivega para polimernih materialov [4]. Za izračun nosilnosti kovinskih zobnikov so na voljo veljavni standardi, kot sta DIN 3990: 1987 [5] in ISO 6336: 2006 [6]. Za polimerne zobnike tako natančno določeni standardi niso na voljo. Najpogosteje uporabljena metoda za dimenzioniranje polimernih zobnikov je bila več let nemška smernica VDI

2545 [7], ki je bila izdana leta 1981 in umaknjena leta 1996. Leta 2014 je bila objavljena nova smernica za konstruiranje plastičnih zobnikov VDI 2736 [8]. Nova smernica vsebuje poenostavljeno različico trdnostnega izračuna kovinskih zobnikov po standardu DIN 3990: 1987 [5] in je dopolnjena z modelom izračuna temperature in obrabe zobnikov. Vendar ima smernica še vedno na voljo le zelo malo podatkov o polimernih materialih. Zato se konstrukterji soočajo s pomanjkanjem podatkov o polimernih materialih in jasnih navodil za preračun nosilnosti.

Polimerni zobniki odpovejo zaradi različnih oblik poškodb. Glavne oblike vključujejo obrabo, utrujanje materiala in poškodbe, ki jih povzroča povišana temperatura [2], [9]. Vrste poškodb se razlikujejo glede na obratovalne pogoje, ki določajo obremenitve, geometrijo zobnikov, parjenje materialov in izbrani način mazanja. Na primer: zobniška dvojica iz polimernih materialov bo pri sorazmerno visoki obremenitvi odpovedala zaradi prekomerne temperature obremenitve, pri manjši obremenitvi zaradi obrabe, v primeru mazanja pa gre pričakovati lom zob zaradi utrujanja materiala [2]. Zaradi velikega nihanja mehanskih lastnosti, triboloških pogojev in toplotne prevodnosti je obnašanje pri odpovedi polimernih zobnikov zelo raznoliko. Bravo et al. so predstavili pregled različnih oblik poškodb. S testiranjem polimernih zobnikov pod različnimi obremenitvami je bilo potrjeno, da je oblika poškodbe

Dr. Jože Tavčar, univ. dipl. inž., Univerza v Lundu, Švedska, **dr. Borut Černe**, mag. inž., **prof. dr. Jože Duhovnik**, univ. dipl. inž., **dr. Damijan Zorko**, mag. inž., vsi Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

močno odvisna od obremenitve [10]. Natančnost napovedi loma kot posledice utrujanja je omejena zaradi pomanjkanja podatkov o materialih, kar omejuje nadaljnjo uporabo polimernih zobnikov v težkih pogojih [10]. Pogosto se zgodi, da pride do kombinacije več oblik poškodb – npr. material se stopi in zob se zlomi ali pa se zob obrabi in zlomi zaradi zmanjšane debeline. Različni avtorji so z različnimi metodami raziskovali vrste poškodb in pogoje, v katerih se te pojavijo: taljenje materiala in deformacija zob [2], [11], [12], lom zaradi utrujanja zobnega korena [13], [14], obraba [15], bočne obremenitve na aktivnem delu zoba [16]. Testiranje zobnikov na ustreznem preizkuševališču za izvedbo testov dobe trajanja omogoča napoved, kakšna vrsta poškodbe se lahko pričakuje v aplikaciji. Glede na pričakovano vrsto poškodbe zasnujemo geometrijo zobniške dvojice. O polimernih zobnikih je bilo izvedenih veliko raziskav, vendar je vsaka študija osredotočena na določeno tehnično vprašanje in njihovih rezultatov ne moremo posplošiti oziroma uporabiti za različne industrijske namene in pogoje obratovanja. Trenutno nemška smernica VDI 2736: 2014 [8] za polimerne zobnike ponuja najbolj temeljit pristop – upošteva različne načine odpovedi in predlaga modele za izračun. Pomanjkljivost omenjene smernice je, da poleg pomanjkanja razpoložljivih podatkov o polimernih materialih uporabniku ne daje celostne slike in ne upošteva vseh kriterijev za načrtovanje in povezav med oblikami poškodb. Cilj izvedene raziskave je bil izdelati celovit pristop za konstruiranje in preračun polimernih zobnikov. Predlagani postopek optimizacije temelji na algoritmu z več kriteriji, ki hkrati upošteva vse ključne kriterije za načrtovanje. Predstavljeni večkriterijski pristop upošteva napetosti v korenu zoba, bočne obremenitve, temperaturo venca zobnika/boka, obrabo, deformacije zob, stroške in prostornino zobniške dvojice (enostopenjski prenosnik). Glavna prispevka raziskav sta večkriterijski model in sistematičen pregled medsebojnih povezav med različnimi kriteriji. Predstavljena so konstrukcijska pravila za izboljšanje zasnove zobnikov glede na posamezne kriterije.

2 Občutljivost konstrukcijskih parametrov na kriterije sprejemljivosti polimernih zobnikov

Polimerni zobniki imajo zaradi specifičnosti in raznolikosti materialov več omejitev, ki jih je potrebno preveriti med načrtovanjem: korenska trdnost, bočna trdnost, temperatura pri obratovanju, obraba, deformacija, kakovost zobnikov in končna kakovost vgradnje zobniške dvojice. Zasnova polimernih zobnikov mora upoštevati vse prej navedene kriterije. Najbolj kritični kriteriji in oblika poškodb so določeni z nivojem obremenitve, uporabljenim parom materialov in pogoji delovanja (hitrost vrtenja, temperatura okolja, mazanje). Zasnova polimernih zobnikov je zahteven iterativen postopek,

ki mora upoštevati in uravnotežiti več kriterijev [2]. Konstrukter mora razumeti in poznati osnovne pristope, kako izboljšati posamezne kriterije polimerne zobniške dvojice [17]. Za bolj nazorno predstavitev je bil raziskan vpliv konstrukcijskih parametrov in analizirana njihova občutljivost z računalniškim programom OptiTooth, ki so ga razvili avtorji tega prispevka in je predstavljen v več diagramih spodaj (slike 2, 5, 6 in 8). V naslednjih odsekih so povzeti računski modeli za posamezne kriterije v skladu z VDI 2736: 2014 [8].

2.1 Korenska napetost in bočni tlak (σ_F , σ_H)

Večji modul ali širina zobnika linearno vplivata na zmanjšanje napetosti v korenu zoba (enačba 1). Takšni ukrepi povečajo tudi velikost pogona (zobnikov), kar večkrat ni sprejemljivo. Alternativna rešitev je mogoča z uporabo zmogljivejšega ali ojačanega polimernega materiala, ki omogoča višjo raven dovoljenih obremenitev [14]. Napetost v korenu zoba lahko zmanjšamo s spreminjanjem oblike zoba – na primer s pozitivnim premikom profila ali z uporabo večjega vpadnega kota profila. Korenska napetost je odvisna tudi od zaokrožitve v korenu, ki je pri izdelavi z odrezavanjem pogojena z radijem zaokrožitve rezalnega roba vrha zobnice. Pri izdelavi z injekcijskim brizganjem imamo pri oblikovanju korenske zaokrožitve nekoliko več svobode in jo lahko ustrezno prilagodimo. Algoritem za večkriterijsko optimizacijo neposredno ne upošteva različnih tehnik, uporabljenih za izboljšanje zmogljivosti polimernih zobnikov, kot so: asimetrični zobni profil [18], spremenljiva širina zobnika [19], [20] ali hladilni vložki [21]. Da povečamo robustnost izvedene zobniške dvojice, lahko z določanjem mejnih vrednosti vsakega od navedenih kriterijev dosežemo različne izboljšave.

Slika 2a prikazuje vpliv normalnega modula zoba na napetosti v korenu. V primeru konstantne medosne razdalje se z zmanjšanjem normalnega modula (število zob se povečuje) napetost v korenu znatno poveča. Obratno vpliva povečanje modula na zmanjšanje korenske napetosti. Napetost v korenu sicer ni edini parameter, ki definira zmogljivost polimerne zobniške dvojice. Povečan modul sočasno negativno vpliva na temperaturo zobnika, zlasti na manjši zobnik v paru. Večje število zob (manjši modul) izboljša izkoristek prenosa in zato zmanjša telesno temperaturo zobnika (slika 2b). Takšno obnašanje predvideva tudi model za izračun telesne temperature zobnikov po smernici VDI 2736, hkrati je bilo to potrjeno tudi na meritvah temperature testnih zobnikov [14]. Iz navedenega sledi, da lahko v primeru, ko visoka temperatura kritično vpliva na poškodbo zobnika, povečanje velikosti modula stanje še poslabša. Velikost napetosti in temperatura zobnega korena sta bili izračunani v skladu s smernico VDI 2736. Nihanje korenske napetosti na sliki 2a je posledica različnih premikov profila ($x_{p,2}$) kot mehanizma za prilagajanje določeni medosni razdalji.

Napetost v korenu zoba:

$$\sigma_F = K_F \cdot Y_{Fa} \cdot Y_{Sa} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{F_t}{b \cdot m_n} \quad (1)$$

K_F	faktor dinamičnih obremenitev v korenu zoba
Y_{Fa}	faktor oblike zoba
Y_{Sa}	faktor koncentracije napetosti
Y_ε	faktor vpliva prekrivanja
Y_β	faktor vpliva kota poševnosti
F_t	nazivna tangencialna sila
b	širina zobnika
m_n	normalni modul

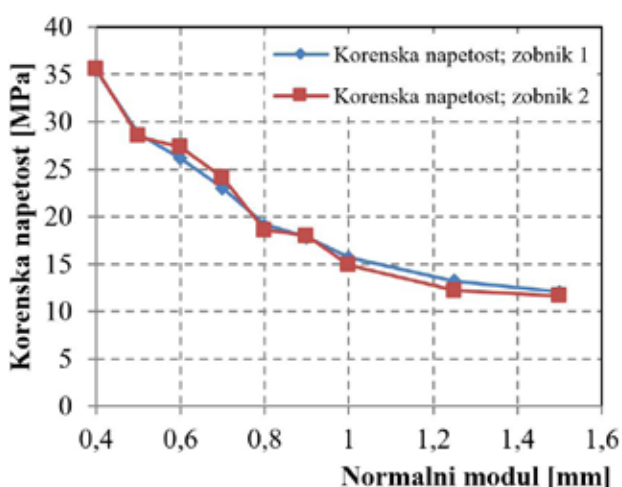


Slika 1 : Lom v korenu zoba zaradi utrujenosti materiala (PPS z ogljikovimi vlakni)

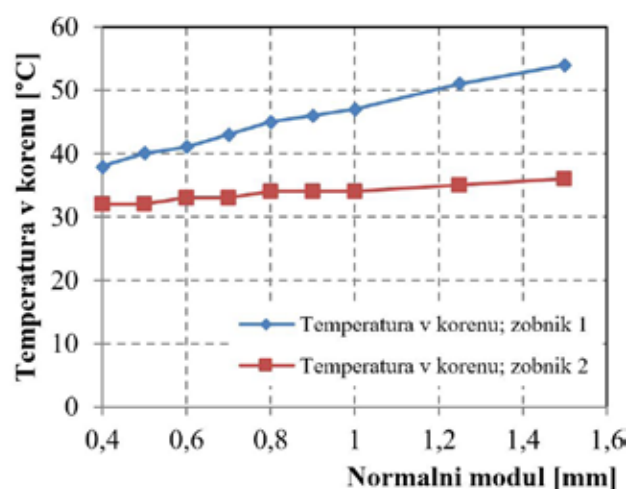
Tlak na boku zob pri tribološko kompatibilnih materialih ni kritičen [2]. V skladu z VDI 2736 bočnega tlaka ni potrebno preverjati v primeru majhnega števila obremenitvenih ciklov (<1000) ali pri suhem teku brez mazanja. Bočni tlak lahko zmanjšamo s skrbnim izborom geometrije zobnika (stopnja prekritja in ukrivljenost kontaktnih bokov zob) [13] in z dodajanjem ustreznih korekcij profila [22]. Povečanje širine in premera zobnika zmanjšuje bočni tlak s potenco 0,5, zato je njun vpliv zmanjšan glede na doseženi volumen zobniške dvojice. Enačba 2 predstavlja model VDI 2736 [8] za izračun tlaka na bok zoba.

Za celovitejše razumevanje problematike večkriterijske optimizacije moramo razumeti fizikalno ozadje posamičnega mehanizma okvare. Na osnovi primerne števila preizkusov (izbranih zobniških dvojic), pregleda poškodb različnih izvedb v industrijski praksi in pregleda literature ugotavljamo, da različne stopnje obremenitve in različni pogoji pri obratovanju ustvarjajo različne oblike poškodb [2]. Za boljše razumevanje naj navedemo nekaj značilnih primerov poškodb: (1) nenadne pulzne obremenitve lahko povzročijo trenutni lom v korenu zob (slika 1); (2) kratkotrajna preobremenitev ustvarja trenutne visoke temperature, še posebej, če je hitrost vrtenja (in posledično drsenja v kontaktu) visoka, kar povzroči deformacijo zob (slika 4) ali celo taljenje polimernega zobnika; (3) mazani polimerni zobniki v paru z jeklenim pastorkom obratujejo dlje, na koncu je oblika poškodbe največkrat jamičenje (pitting) ali lom zob v korenu zaradi utrujanja [16] [23] in (4) obraba zob v primeru nemazanih zobniških dvojic [15].

Model napovedovanja odpovedi je bil na primeru zobniške dvojice, z jeklenim pogonskim zobnikom



a)



b)

Slika 2 : (2a) Napetost v korenu zob. Povečevanje širine in modula linearno vpliva na zmanjšanje napetosti. (2b) Temperatura zobnika v odvisnosti od normalnega modula. Parametri zobniškega para: medosna razdalja $a = 50$ mm, širina zobnika $b = 10$ mm, obremenilni moment $T_d = 0.5$ Nm, hitrost vrtenja $n = 2400$ 1/min, prestavno razmerje $i = 4$, koeficient trenja $\mu = 0.18$ (POM/ PA66 par materialov). Podatki so izračunani v OptiTooth.

in gnanim zobnikom iz polioksimetilena (POM), analiziran z metodo končnih elementov (MKE) in potrjen s testi na preizkuševališču [24]. Zaradi krajšega zapisa bomo v nadaljevanju zobniške dvojice označevali po principu pogonski / gnani (npr. jeklo / POM), kjer bo najprej naveden material pogonskega zobnika, nato pa material gnanega. Rezultati testov so povzeti na *sliki 3*. Ugotavljamo, da za vsak par materialov zobniške dvojice lahko določimo mejno vrednost števila obremenilnih ciklov, kjer se prelomi kritični kriterij trajnostnega loma v korenu zoba (korenska trdnost) v kritični kriterij jamičenja na boku zoba (bočni površinski tlak). Poškodbe zaradi utrujanja na bokih zob, na primer jamičenje ali obraba, se lahko pojavijo v pogojih zmernih obremenitev, medtem ko se poškodba utrujanja zaradi korenske obremenitve zob pojavi pri večjih obremenitvah, kot je opaženo pri POM [24] in PEEK [25]. V primeru zmanjšanja obremenitve se oblika poškodbe spremeni iz trenutnega loma zaradi preobremenitve v korenu v lom zaradi utrujanja v korenu. Dodatno zmanjšanje stopnje obremenitve podaljša dobo trajanja in oblika poškodbe se spremeni v obrabo ali utrujanje na boku zoba (jamičenje) (*slika 3*). Utrujenje boka zob je v večini primerov mogoče doseči le z oljnim mazanjem, sicer prej nastopi odpoved zaradi povečane obrabe na boku zoba [16].

Podobne rezultate so dosegli Lu et al. [23] na paru materiala jeklo / PEEK. Meritve obrabe in mikrotopografija površine zoba so pokazale, da mikrojame v bližini kotalne točke vodijo do končnega loma zob pri zmernih obremenitvenih pogojih [23]. Material zobnika določa tudi načine odpovedi, Sarita et al. [26] so opazili jamičenje v bližini kotalne točke pri suhih razmerah, ko so bili preizkušani zobniški pari jeklo / PA66 izpostavljeni majhni obremenitvi. Ojačitev polimernih materialov s steklenimi vlakni znatno poveča največjo dopustno obremenitev v primeru dobe trajanja dolge nekaj milijono-

nov obremenitvenih ciklov [14]. Polimerni materiali brez ojačitev so v primerjavi z ojačanimi v primeru dolgotrajnega delovanja več deset milijonov ciklov (pri nižjih obremenitvah) manj občutljivi na oblike poškodb z utrujanjem [14]. Zaradi navedenih ugotovitev je potrebno zobnike, izdelane iz ojačanih polimerov, posebej skrbno preizkusiti pri različnih pogojih obratovanja.

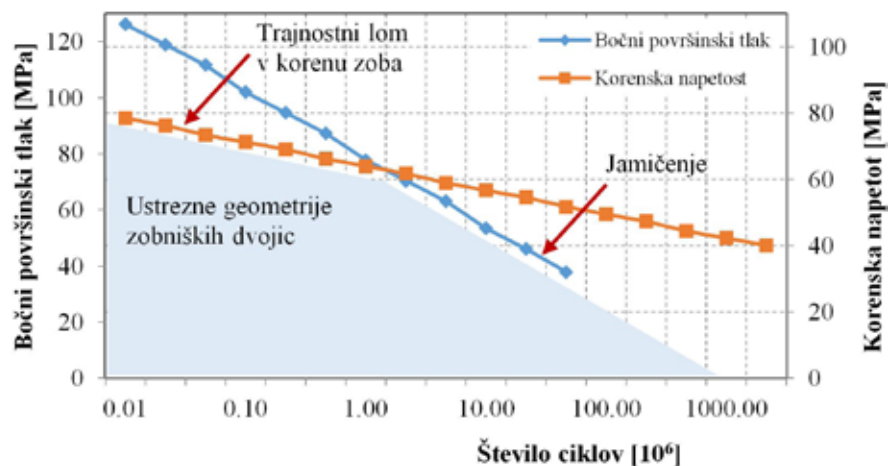
2.2 Temperatura zobnikov

Temperatura pri obratovanju zobniške dvojice vpliva na dobo trajanja polimernih zobnikov, saj že sorazmerno majhne spremembe v temperaturi lahko pomembno vplivajo na mehanske lastnosti polimerov. Temperaturo zobnika med obratovanjem je mogoče zmanjšati z nižjim koeficientom trenja, boljšo toplotno prevodnostjo materialov ali z zmanjšanjem moči, ki se prenaša preko zobniške dvojice (enačba 3). Zmanjšanje trenja dosežemo s primernim izborom materialov zobniške dvojice in mazanjem [26], zmanjšanje moči pa z nižanjem momenta ali kotne hitrosti [27]. Če je postavljena zahteva, da mora zobniška dvojica obratovati brez mazanja, je možna uporaba materiala z notranjim mazivom. Koeficient trenja ni lastnost posameznega materiala, temveč para materialov, zato je potrebno tega skrbno izbrati [14], [28]. Večanje polimernega zobnika izboljša odvajanje toplote in tako zmanjša temperaturo zobnika, zato je navadno kritičen manjši zobnik v paru. V več aplikacijah korenska temperatura zobnika in kontaktna temperatura določata obliko poškodbe. Zato je natančno modeliranje temperaturnega stanja zobniške dvojice ključnega pomena [3]. Černe et al. [22] so upoštevali vpliv geometrijske kakovosti zobnikov na generacijo toplote. Dobra zasnova profila boka zoba lahko dodatno zniža temperaturo zobnika [15]. Več raziskovalcev je dokazalo tudi možnost implementacije modelov po meto-

Bočni tlak na zobniku:

$$\sigma_H = (Z_{HX}) \cdot \sqrt{\frac{F_t \cdot K_H \cdot (i + 1)}{(b \cdot d_l \cdot i)}} \quad (2)$$

Z_{HX} skupina faktorjev
 K_H faktor za bočno obremenitev
 i prestavno razmerje



Slika 3 : Korelacija med obliko poškodbe korenskega in bočnega utrujanja glede na raven obremenitve in število obremenitev za POM-zobnike. Podatki so povzeti po Luju [24].

di končnih elementov (MKE) za modeliranje telesne in bočne obratovalne temperature polimernih zobnikov v suhem teku [2, 29] in mazalnih pogojih [29]. Deformacija zob, kot je prikazano na *sliki 4*, ali celo taljenje zobnikov sta tipični obliki poškodbe, ki ju pospeši oz. povzroči termična preobremenitev zobnikov.

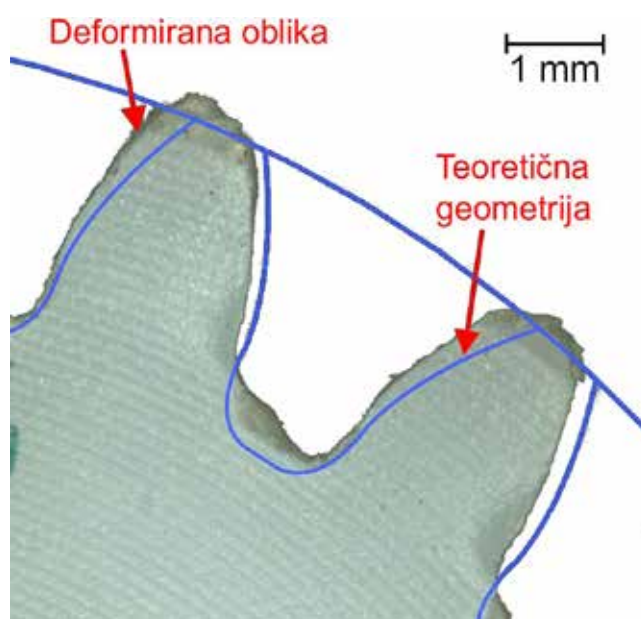
Pogonski pastorek je v primeru redukcije hitrosti ($i > 1$) obremenjen bistveno bolj kot gnani zobnik. Korenska temperatura zobnika je višja v primeru majhne medosne razdalje (*slika 5a*), prav tako pa je število obremenitvenih ciklov za faktor prestavnega razmerja večje na pogonskem (malem zobniku) kot na gnanem (velikem). V industrijski praksi je zato pri reduktorjih pogosto uporabljena rešitev, da je za pastorek uporabljen bolj kakovosten material (npr. jeklo, aluminij itd.), ki ima večjo dopustno obremenitev (korensko in bočno) in dobro prevaja toplotni tok iz aktivnega boka zoba ter tako posredno znižuje temperaturo na gnanem zobniku.

Na *sliki 5a* je prikazano, kako se temperatura zobnikov zmanjšuje s povečevanjem medosne razdalje. Večji zobniki omogočajo odvajanje toplote pri nižji temperaturi zaradi večje površine. Pogonski zobnik mora imeti znatno višjo temperaturo, da omogoča enak pretok toplote kot večji zobnik 2. Večji zobnik ima tudi manjšo napetost v korenu zoba (*slika 5b*). Model za izračun kontaktne temperature po VDI 2736 ni realen [36], [39], saj je izračunana temperatura pogosto nad talilno temperaturo polimernih materialov. Kontaktno temperaturo je tudi težko izmeriti, zato je iz predstavljenih primerov večkriterijske optimizacije izključena.

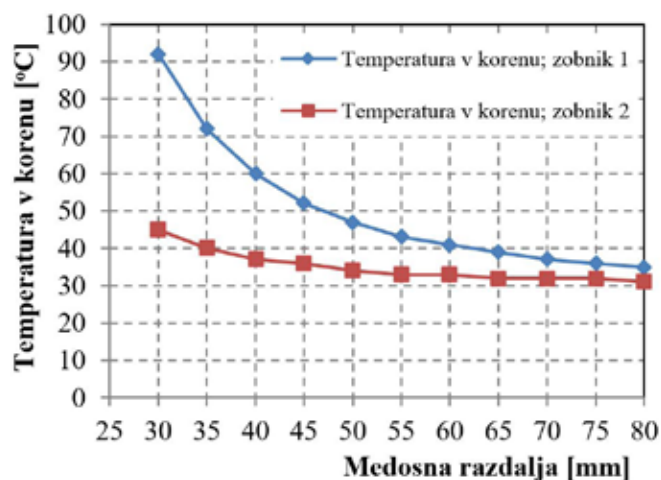
Temperatura zobnikov:

$$\vartheta_{\text{bulk}} = \vartheta_o + P \cdot \mu \cdot H_v \cdot \frac{k_f}{b \cdot z \cdot (v \cdot m_n)^{0.75}} \quad (3)$$

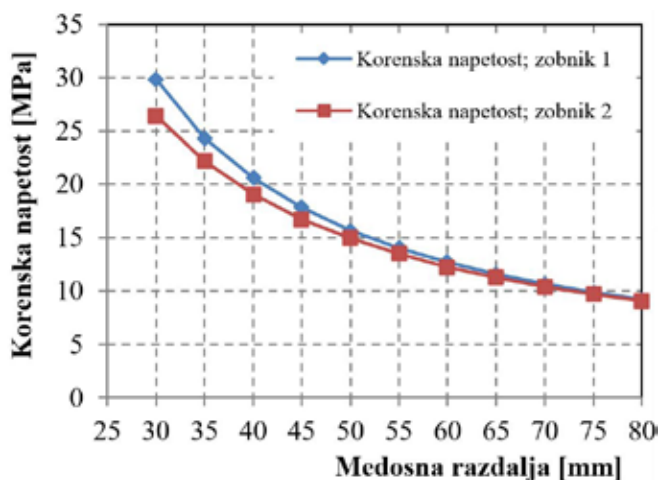
ϑ_o	temperatura okolice
P	moč
μ	koeficient trenja
H_v	stopnja izgub
k_f	koeficient prenosa toplote
z	število zob
v	tangencialna hitrost



Slika 4 : Deformacija zob zaradi temperaturne preobremenitve



a)



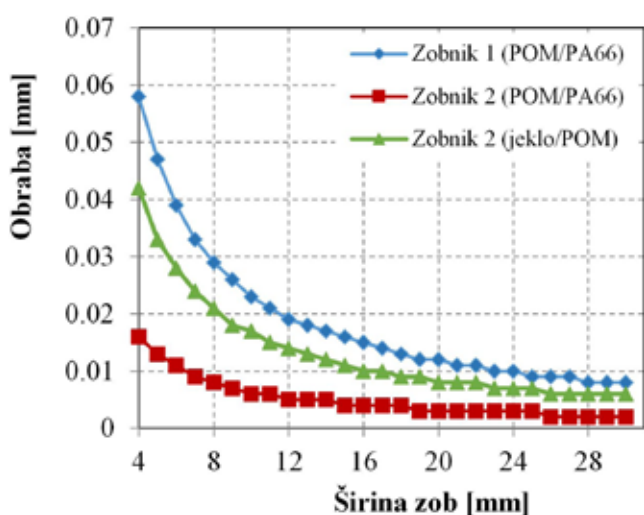
b)

Slika 5 : (5a) Temperatura zobnika in (5b) Napetost v korenu zoba glede na medosno razdaljo med zobniki. Parametri para zobnikov: modul $m = 1,0$ mm, širina zobnika $b = 10$ mm, nivo obremenitve $T_d = 0,5$ Nm, hitrost $n = 2400$ 1/min, temperatura okolice $\vartheta_o = 30$ °C, koeficient trenja $\mu = 0,18$ (POM/PA66), prestavno razmerje $i = 4$. Preračun je bil izveden v OptiTooth

2.3 Obraba zobnikov

Povečana stopnja obrabe je značilna za zobniško dvojico, sestavljeno iz kovinskega in polimernega zobnika, kjer sta trdoti kontaktnih površin zelo različni. Pravilna obdelava kovinskih zobnikov in ustrezna oblika vrha zoba bistveno zmanjšata stopnjo obrabe [15]. V primeru povečane obrabe se poškoduje geometrija zobnega profila. V prvi fazi se zaradi nepravilnega ubiranja povečajo vibracije, raven hrupa in temperatura, kasneje se zaradi povečane obrabe presek zob znatno zmanjša, kar vodi do loma zoba [15].

Znani so trije mehanizmi obrabe, ko je polimer v stiku s kovino: adhezivna, abrazivna in termična obraba [30]. Pričakovalo bi se, da manjša hrapavost bokov zob jeklenih zobnikov zmanjša obrabo.



Slika 6 : Obraba glede na širino zobnika za POM / PA66 in za zobniški par materiala jeklo / POM. Parametri zobniškega para: $z_1 = 20$, $z_2 = 80$, $m = 1$ mm, $N_L = 10^7$; $T_d = 0,5$ Nm. Preračun izveden v OptiTooth.

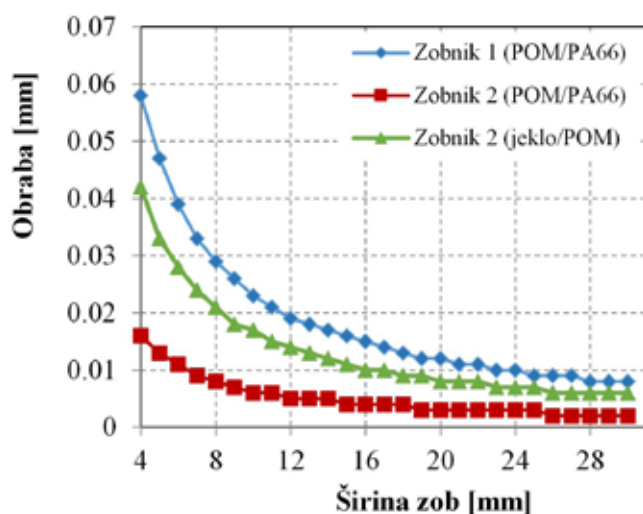


Slika 7 : Izrazita obraba zobnika iz PEEK-a, ki je bil testiran v paru z jeklenim zobnikom.

Študije so pokazale, da je obraba izredno gladkih površin primerljiva z obrabo sorazmerno hrapavih površin [31]. Kadar je površina pregroba, to pospeši obrabo polimera, saj hrapava površina trde kovine abrazivno obrablja polimer [31]. Obraba polimerov je odvisna od tega, kako globoko prodirajo vrhovi hrapave kovinske površine, od strižnega kota in drsne dolžine. V praksi se stopnja obrabe spreminja, saj se doline postopoma napolnijo z odstranjenim polimernim materialom, ki tvori prenosni sloj, kar zmanjša prodiranje kovinske površine, zato se posledično upočasni odnašanje materiala [31].

Ugotovitev več raziskovalcev je, da tribološki testi, kot je test »pin-on-disk«, ne dajejo dobre napovedi za obrabo zobnikov in da so testi z zobniškimi pari najboljša možnost za opredelitev koeficienta obrabe [32–34]. Cathelin [33] je predlagal izboljšave tehnik merjenja trdnosti, utrujanja in obrabe. Namesto testiranja po metodi »pin-on-disk« se dobijo primerljivejši rezultati za določitev koeficienta obrabe in koeficienta trenja s preskušanjem z dvema valjema [33]. Moder [35] je predstavil napredno napravo za izvajanje testa valj na valj z napredno tehnologijo nadzora za suho in mazano obratovanje.

Obraba v primeru tribološko združljivega para polimernih materialov, kot je POM / PA66, ni kritična oblika poškodbe [11]. Pogonski zobnik ima v primeru večjih obremenitev znatno višjo stopnjo obrabe v primerjavi z gnanim zobnikom (slika 6). Zato je za pogonski zobnik priporočljiva uporaba odpornejšega materiala; pogosto uporabljena rešitev je uporaba kovinskega zobnika, ki omogoča bolj kompaktno zasnovo pogona [15]. Vendar kovinski zobnik na splošno poveča stopnjo obrabe polimernega zobnika v paru, kar pomeni, da je potrebno obrabo polimernega zobnika preveriti (slika 6).



Slika 8 : Napredovanje obrabe po modelu VDI 2736 na pogonu z gnanim POM-zobnikom v odvisnosti od števila obremenitvenih ciklov (par jeklo / POM, $z_1 = 20$, $z_2 = 80$, $m = 1$ mm, $T_d = 0,5$ Nm, $b = 10$ mm, $k_w = 3,4 \cdot 10^{-6}$ mm³/(N·m)).

Obraba:

$$W_m = \frac{T_d \cdot 2 \cdot \pi \cdot N_L \cdot H_V \cdot k_w}{(b \cdot z \cdot l_{FI})} \quad (4)$$

T_d moment obremenitve

N_L število obremenitvenih ciklov

H_V stopnja izgub

k_w koeficient obrabe

b širina zobnika

z število zob

l_{FI} dolžina aktivnega boka

Model obrabe (enačba 4) iz VDI 2736 je linearno povezan z velikostjo obremenitve, s številom obremenitvenih ciklov (N_L) in koeficientom obrabe (k_w). V večini primerov obraba ni kritična do nekaj milijonov obremenitvenih ciklov. Pri številu obremenitvenih ciklov nad 10^6 pa obraba postane pomembna tudi pri majhnem koeficientu obrabe (k_w) (slika 8). Nad 10^6 obremenitvenih ciklov je napredek obrabe pogosto bolj kritičen kot lom zaradi korenske obremenitve, zlasti pri kombinacijah kovina / polimer pri suhem teku, kot je prikazano na sliki 7. Različni obratovalni pogoji določajo način okvare v paru materiala jeklo / PEEK. Pri suhem teku ali mazanju z mastjo je obraba prevladujoča oblika poškodbe [15]. Zobnik iz PEEK-materiala se zlomi v korenu zaradi zmanjšane debeline zob in ne zaradi utrujanja ali povišane temperature. Če zobniška dvojica iz materialov jeklo / PEEK obratuje v olju, se vzdržljivost izboljša in jamičenje na boku zoba postane značilna oblika poškodbe [25].

2.4 Deformacija zob

Deformacije polimernih zobnikov so v primerjavi s kovinskimi zobniki bistveno večje. Če želimo zmanjšati raven hrupa ali če je zahtevana toleranca napake pri prenosu momenta majhna, moramo izračunati deformacije zob pogonskega in gnanege zobnika [36], [37]. Pri konstruiranju zobnikov iz enakih ali podobnih materialov (podoben elastični modul materialov) se napaka pri prenosu zmanjša s povečanjem stopnje prekritja. Kadar se uporabljajo pomembno različni materiali (večkratna razlika elastičnega modula), je eden od načinov za zmanjšanje velikosti napak pri ubiranju zagotavljanje uravnotežene togosti zob med pogonskim in gnanim zobnikom [38]. Če so izpolnjene ostale konstrukterske zahteve, deformacija zoba ni kritična. Deformacija zoba je večja pri večji obodni sili in manjša pri večji širini zobnika ter pri večjem modulu elastičnosti. Model za izračun deformacije zob po VDI 2736 je predstavljen v enačbi 5. *Tabela 1* primerja deformacije vrhov zob, določene po modelu VDI 2736 in z MKE-analizo. V primeru večjega števila zob ($m = 0,6$ mm) je deformacija zob izračunana z MKE bistveno manjša kot po modelu VDI 2736, saj VDI-model ne upošteva povečanja stopnje prekrivanja. Deformacija je predstavljena kot pomik vrha zoba,

zato je deformacija večjega zoba ($m = 1$ mm) večja, čeprav je kot deformiranega zoba v resnici manjši kot pri $m = 0,6$ mm (*tabela 1*). Razlike med predloženim poenostavljenim izračunom in MKE so od 10 % do 55 %, zato jih je pri natančnejših preračunih potrebno upoštevati oziroma moramo za natančno analizo deformacije zoba uporabiti MKE.

Deformacija zoba:

$$\lambda = \frac{7.5 \cdot F_t}{(b \cdot \cos(\beta))} \cdot \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) \quad (5)$$

F_t tangencialna sila

b širina zobnika

β kot poševnosti

$E_{1,2}$ modul elastičnosti (1. zobnik, 2. zobnik)

Tabela 1: Primerjava deformacije zob za različne stopnje obremenitve med modelom VDI 2736 in analizo MKE (par POM / PA66, širina zobnika $b = 6$ mm, $d_1 = d_2 = 20$ mm)

	modul = 1,0 mm $z_1 = z_2 = 20$		modul = 0,6 mm $z_1 = z_2 = 40$	
Obremenitev [Nm]	deform. VDI 2736 [mm]	deform. FEM [mm]	deform. VDI 2736 [mm]	deform. FEM [mm]
0,4	0,027	0,031	0,031	0,020
0,5	0,039	0,034	0,039	0,025
0,6	0,046	0,040	0,046	0,030

2.5 Stroški in volumen

V večini primerov so podane konstrukcijske zahteve po visokozmogljivih zobnikih z nizkimi stroški in v majhnem prostoru. Značilni parametri, ki določajo zmogljivost zobniške dvojice, kot so korenska napetost, temperatura, obraba in deformacije, se spreminjajo s povečevanjem velikosti zobnikov. Praviloma zagotavljajo večjo zmogljivost pri prenosu moči, obratno sorazmerno pa povečajo stroške izdelave in volumen (porabo materiala) za posamezno konstrukcijsko rešitev. Uporaba visokozmogljivih polimerov z notranjim mazanjem in ojačitvenimi vlakni lahko zmanjša prostornino, posredno pa lahko znatno vpliva na višje stroške zobniških dvojic. K višji zmogljivosti zobnikov lahko pomembno prispevata tudi večja kakovost zobnikov in kakovost namestitve [22]. Zato se v primeru zahtevanih večjih natančnosti geometrije polimernih zobnikov namesto tehnologije brizganja praviloma uporablja tehnologija rezkanja. Za kompaktno izvedbo z manjšimi dimenzijami je za pogonski zobnik pogosto uporabljen kovinski material.

Predstavljeni model za izračun stroškov izdelave zobniške dvojice je zmnožek prostornine, gostote

materiala, stroškov materiala zobnika in stroškov izdelave (enačba 6). Konstrukter mora najti ravnovesje med funkcionalnimi zahtevami, značilnostmi materialov, prostornino in stroški. Avtorji predlagajo določitev stroškov izdelave in materialov glede na kontekst uporabe in kompetence dobavitelja zobnikov. Poznavanje stroškov in parametrov, ki vplivajo na stroške, je pomembno že v fazi idejne zasnove, zato je potrebno čim prej preveriti ključne parametre pri načrtovanju. Hkratno upoštevanje tehničnega in stroškovnega vidika pri polimernih zobnikih je glede na vedenje avtorjev izviren pristop v znanstvenih publikacijah.

Stroški zobnikov:

$$C = \sum_{i=1}^2 V_i \cdot \rho_i \cdot (C_{kg i} + C_{p i}) \quad (6)$$

$V_{1,2}$	volumen zobnikov 1,2
$\rho_{1,2}$	gostota materialov zobnikov 1,2
$C_{kg 1, 2}$	strošek materiala na kg
$C_{p 1, 2}$	strošek predelave materiala na kg

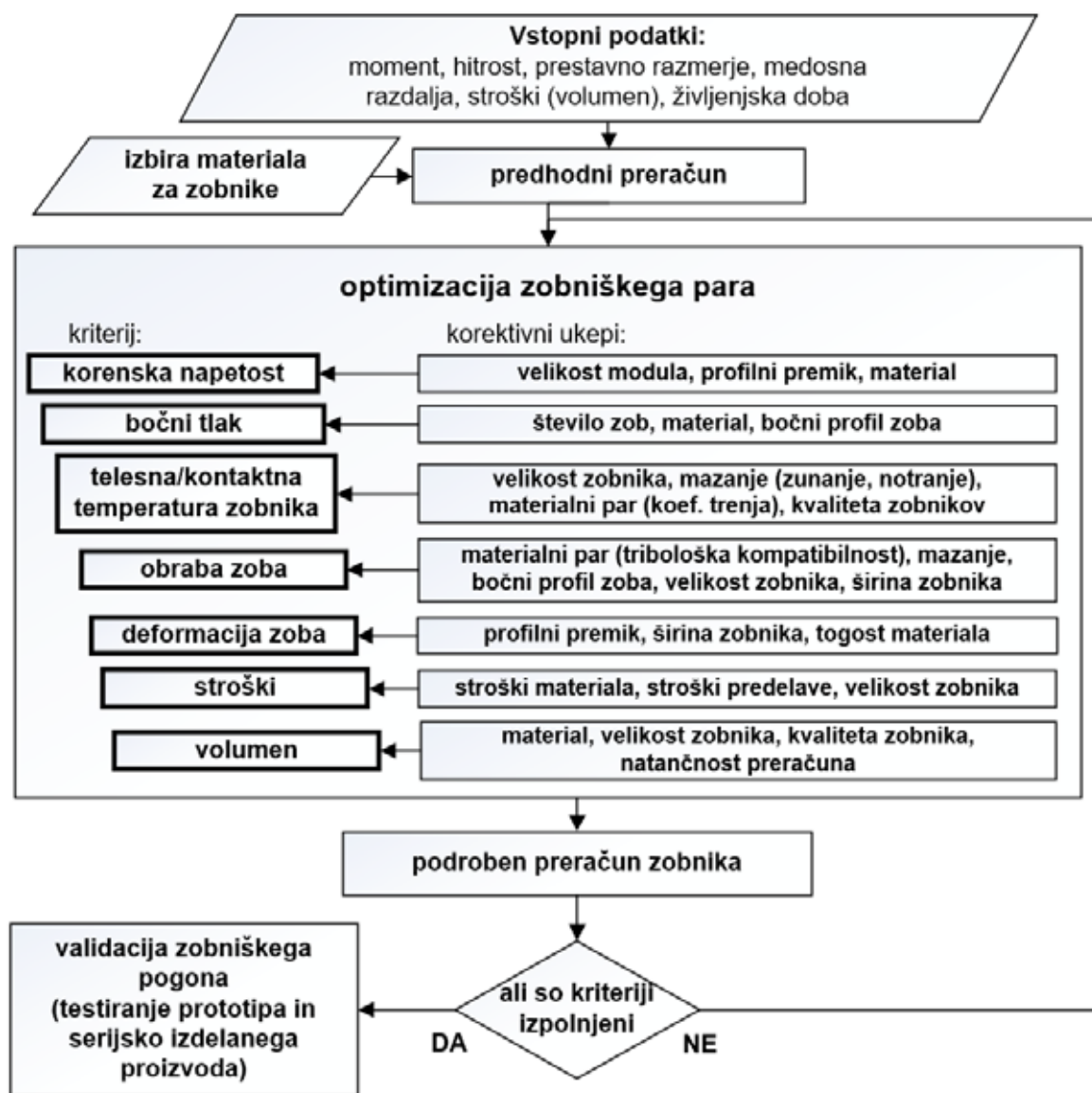
3 Povzetek o oblikah poškodb in kriteriji za optimizacijo

Povzetek o oblikah poškodb polimernih zobnikov in reference na izvedene raziskave so predstavljeni v tabeli 2. Oblike poškodb so določene s stopnjo obremenitve, vrsto mazanja, hitrostjo obratovanja in dvojico materialov v ubiranju. Med različnimi polimernimi materiali obstajajo nekatere razlike, vendar je mogoče določiti splošna pravila za konstruiranje. Temperaturna preobremenitev z deformacijo zobnikov je značilna za pare polimernih zobnikov v primeru suhega teka, visoke stopnje obremenitve in velike vrtilne hitrosti. Delovanje v olju zmanjša trenje, bolje odvaja toploto in tako preprečuje toplotne poškodbe. Doba trajanja se znatno podaljša, jamičenje (pitting) je tipična oblika poškodbe za delovanje v olju. Lom v korenu zoba ali v kotalni točki je pričakovana poškodba pri visoko obremenjenih polimernih zobnikih, ki so mazani z mastjo. Oblika poškodbe z obrabo je značilna za polimerne zobnike ki obratujejo v paru z jeklenim zobnikom, v primeru zmerne obremenitve in suhega teka ali celo pri mazanju z mastjo.

Tabela 2 : Primerjava med obratovalnimi pogoji in oblikami poškodb z referencami na izvedene raziskave

Pogoji obratovanja	Oblika poškodbe, par materiala v ubiranju in reference
Zelo visoka obremenitev Suhi tek, če ni določeno	Taljenje zaradi visoke temperature: jeklo/PA66 [1]; PA66-GF30/PA66-GF30 [39]; jeklo/PA66 [26]; jeklo/PEEK [23] Lom v korenu zoba zaradi preobremenitve: jeklo/POM – oljno mazanje [40],[16]; različni materiali [10]; POM/PA6 [11]; POM/PA6 [12]; POM/POM [41]; POM/PA6 [42]; POM/POM [27] Termična deformacija zob: POM/PA6 [11]; POM/PA6 [12]; jeklo/POM – mazano z oljem [16] Lom zoba v kotalni točki: PA66/PA66 [4]; jeklo/PA66 [26] Obraba zob: PA66/POM, POM/PA66 [4]
Visoka obremenitev Suhi tek, če ni določeno	Plastična deformacija zob: jeklo/PA66 [1]; jeklo/PA66 [26]; POM/PA6 [11] Lom v korenu zoba zaradi preobremenitve: jeklo/ABS, jeklo/HDPE, jeklo/POM [2]; POM/PA6 [11]; POM/PA6 [42]; jeklo/PA66 [26]; PA66-GF*/POM, PPS-CF*/POM [14]; jeklo/POM – mazano z oljem [16], [40]; jeklo/PEEK – mazano z oljem [23]; jeklo/POM – mazano z oljem [24] Obraba zob: jeklo/ABS, jeklo/HDPE, jeklo/POM [2]; POM/POM [43]
Nizka obremenitev Dolgotrajno obratovanje Suhi tek	Lom zoba v korenu zaradi utrujanja: jeklo/PEEK [15]; jeklo/PEEK; jeklo/PA66-GF, jeklo/PA66-CF [1]; PA66-GF/POM [14], PPS-CF/POM [14]; POM/PA6 [11]; POM/PA6 [12] Obraba zob: jeklo/PEEK [15], [44]; jeklo/PA66-GF[1]; jeklo/PA66-CF [1]; POM/POM [9]; različni materiali [10] Razpoke v predelu kotalne točke: jeklo/PA66 [1] Jamičenje v predelu kotalne točke: jeklo/PA66 [26]
Nizka obremenitev Dolgotrajno obratovanje Mazano z oljem	Jamičenje v predelu kotalne točke in na bokih zoba: jeklo/PEEK [23]; jeklo/PEEK [25] Lom zaradi utrujanja v predelu kotalne točke in proti vrhu zoba: jeklo/POM [45] [FII, 2020]; jeklo/POM [24] Poškodbe zaradi obrabe v področju blizu korena zoba: jeklo/PA66 [26]

* GF – steklena vlakna, CF – karbonska vlakna



Slika 9 : Postopek optimizacije zobnikov in kako vplivati na kriterije pri zasnovi konstrukcije zobnikov

Trajnost zobnikov se meri kot zmnožek hitrosti vrtenja in časa delovanja tako, da je rezultat število obremenitvenih ciklov. Na dobo trajanja vplivajo različni pogoji delovanja: geometrija in kakovost zobnikov, stopnja obremenitve, temperatura okolice, mazanje in material. Pomembno je vedeti, kako izbrati material zobnikov, z ojačitvenimi vlakni ali brez njih, in kako vplivati na napetost v korenu zob ali na temperaturo zobnika. Pravila, kako vplivati na konstrukcijske kriterije, so povzeta na *sliki 9*. Konstrukter zobniškega pogona kombinira med različnimi kriteriji in konstrukcijskim parametri ter v iterativnem postopku razvije visoko zmogljivo zasnovo pogona. Optimalno načrtovanje in izračun različnih variant je mogoče podpreti z večkriterijsko funkcijo in računalniškim programom, kot bo predstavljeno v drugem prispevku. Večkriterijski pristop upošteva primerno ravnovesje med vsemi omenjenimi kriteriji glede na delovne pogoje in konstrukcijske omejitve.

4 Zaključki

Glavni prispevek raziskave je celosten pristop pri konstruiranju polimernih zobnikov. Konstrukter mora razumeti in poznati, katere so predvidene oblike poškodb in kako lahko s spremembo konstrukcijskih parametrov vpliva na različne kriterije. Postopki za opredelitev različnih kriterijev so predstavljeni v uvodnem poglavju, povzetek, kako izboljšati vsakega od kriterijev za načrtovanje, je podan na *sliki 9*. Korektivni ukrepi za konstrukcijske spremembe temeljijo na fizikalnem modelu posameznega kriterija. Konstrukcijska pravila ali smernice za zasnovo polimernih zobnikov in zobniških pogonov temeljijo na izkušnjah avtorjev, zbranih med večletnim preizkušanjem polimernih zobnikov, izvajanja aplikativnih projektov in pregleda publikacij [2], [3], [11], [14], [15].

Kriteriji za načrtovanje so predstavljeni skupaj s tipičnimi oblikami poškodb. Oblike poškodb so odvisne od stopnje obremenitve, števila obremenitvenih ciklov, mazanja, hitrosti vrtenja in izbranega materialnega para. Soodvisnosti med različnimi konstrukcijskimi parametri so predstavljene v več diagramih. Prispevek ilustrativnih diagramov je boljše razumevanje, katere so šibke točke zobniškega para, na primer, da ima manjši zobnik v paru bistveno višjo temperaturo, kar posledično vpliva na trdnost in obrabno odpornost polimernega materiala.

Karakterizacija dobe trajanja in poškodbenega mehanizma zobnika se izvede pri vnaprej izbrani geometriji zobnika, določeni temperaturi in hitrosti vrtenja. Če se geometrija in obratovalni pogoji v aplikaciji in izračunu z natančnimi dimenzijami bistveno razlikujejo od pogojev pri preizkušanih zobnikih, sta zanesljivost predvidevanja dobe trajanja in natančnost izračuna nižji. Optimizacija geometrije zobnikov temelji na poznavanju trdnostnih karakteristik materiala, ki morajo upoštevati temperaturne in snovne transformacije. Brez zanesljivih podatkov o materialu ni mogoče natančno optimirati zobnikov, še posebej v primeru uporabe različnih viskozno-možljivih materialov. Zato se je raziskovalna skupina LECAD usmerila v sistematično testiranje različnih kombinacij polimernih materialov in določanje njihovih karakteristik, ki so pomembne za večkriterijski preračun.

Predstavljeno gradivo je izhodišče za večkriterijski model in algoritem za računalniško podprto optimizacijo polimernih zobnikov. Podrobnejša predstavitev bo podana v naslednji številki revije Ventil.

Reference

- [1] S. Senthilvelan, R. Gnanamoorthy, Damage Mechanisms in Injection Molded Unreinforced, Glass and Carbon Reinforced Nylon 66 Spur Gears, Appl. Compos. Mater. 11 (2004) 377–397. <https://doi.org/10.1023/B:ACMA.0000045313.47841.4e>.
- [2] P. K. Singh, Siddhartha, A. K. Singh, An investigation on the thermal and wear behavior of polymer based spur gears, Tribol. Int. 118 (2018) 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.10.007>.
- [3] B. Černe, M. Petkovšek, J. Duhovnik, J. Tavčar, Thermo-mechanical modeling of polymer spur gears with experimental validation using high-speed infrared thermography, Mech. Mach. Theory. 146 (2020) 103734. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.103734>.
- [4] K. Mao, W. Li, C.J. Hooke, D. Walton, Friction and wear behaviour of acetal and nylon gears, Wear. 267 (2009) 639–645. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2008.10.005>.
- [5] DIN 3990: Calculation of load capacity of cylindrical gears, German national standard, (1987).
- [6] ISO 6336: Calculation of load capacity of spur and helical gears, Parts 1-6, International standard, (2006).
- [7] VDI 2545: Zahnräder aus thermoplastischen Kunststoffen, (1981).
- [8] VDI 2736: Blatt 2, Thermoplastische Zahnräder, Stirngetriebe, Tragfähigkeitsberechnung. VDI Richtlinien, (2014).
- [9] M. Jain, S. Patil, S.S. Ghosh, A review on failure characteristics of polymeric gears, AIP Conf. Proc. 2148 (2019) 030057. <https://doi.org/10.1063/1.5123979>.
- [10] A. Bravo, D. Koffi, L. Toubal, F. Erchiqui, Life and damage mode modeling applied to plastic gears, Eng. Fail. Anal. 58 (2015) 113–133. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.08.040>.
- [11] A. Pogačnik, J. Tavčar, An accelerated multilevel test and design procedure for polymer gears, Mater. Des. 1980-2015. 65 (2015) 961–973. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.10.016>.
- [12] B. Trobentar, S. Kulovec, G. Hlebanja, S. Glodež, Experimental failure analysis of S-polymer gears, Eng. Fail. Anal. 111 (2020) 104496. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104496>.
- [13] D. Zorko, S. Kulovec, J. Tavčar, J. Duhovnik, Different teeth profile shapes of polymer gears and comparison of their performance, J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf. 11 (2017) JAMDSM0083–JAMDSM0083. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2017jamdsm0083>.
- [14] J. Tavčar, G. Grkman, J. Duhovnik, Accelerated lifetime testing of reinforced polymer gears, J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf. 12 (2018) JAMDSM0006–JAMDSM0006. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2018jamdsm0006>.
- [15] D. Zorko, S. Kulovec, J. Duhovnik, J. Tavčar, Durability and design parameters of a Steel/PEEK gear pair, Mech. Mach. Theory. 140 (2019) 825–846. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.07.001>.
- [16] C. Hasl, C. Illenberger, P. Oster, T. Tobie, K. Stahl, Potential of oil-lubricated cylindrical plastic gears, J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf. 12 (2018) JAMDSM0016–JAMDSM0016. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2018jamdsm0016>.
- [17] J. Tavčar, J. Kos, D. Zorko, J. Duhovnik, A multi-criteria polymer gears design optimisation procedure, in: Proc. 3rd Int. Conf. High Perform. Plast. Gears 2019, Garching/Munich, Germany, 2019: pp. 1473–1484.
- [18] A. Karthik Pandian, S.S. Gautam, S. Senthilvelan, Experimental and numerical investigation of the bending fatigue performance of symmetric and asymmetric polymer gears, Proc. Inst. Mech. Eng. Part J. Mater. Des. Appl. (2020) 1464420720909486. <https://doi.org/10.1177/1464420720909486>.
- [19] H. Düzcükoğlu, PA 66 spur gear durability improvement with tooth width modification, Mater. Des. 30 (2009) 1060–1067. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.10.005>.

- org/10.1016/j.matdes.2008.06.037.
- [20] H. İmrek, Performance improvement method for Nylon 6 spur gears, *Tribol. Int.* 42 (2009) 503–510. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2008.08.011>.
 - [21] P.K. Singh, Siddhartha, A.K. Singh, An investigation on the effects of the various techniques over the performance and durability of polymer gears, 5th Int. Conf. Mater. Process. Charact. ICMPC 2016. 4 (2017) 1606–1614. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.184>.
 - [22] B. Cerne, D. Zorko, J. Duhovnik, J. Tavcar, R. Zavbi, Flash Temperature Analysis Method for Polymer Gears With Consideration of Deviations in Meshing Kinematics, in: IDETC-CIE2019, Volume 10: 2019 International Power Transmission and Gearing Conference, 2019. <https://doi.org/10.1115/DETC2019-97824>.
 - [23] Z. Lu, H. Liu, C. Zhu, H. Song, G. Yu, Identification of failure modes of a PEEK-steel gear pair under lubrication, *Int. J. Fatigue*. 125 (2019) 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.04.004>.
 - [24] Z. Lu, C. Zhu, H. Song, G. Yu, The effect of injection molding lunker defect on the durability performance of polymer gears, *Int. J. Mech. Sci.* in print (n.d.).
 - [25] C.M. Illenberger, T. Tobie, K. Stahl, Flank load carrying capacity of oil-lubricated high performance plastic gears, *Forsch. Im Ingenieurwesen*. 83 (2019) 545–552. <https://doi.org/10.1007/s10010-019-00332-x>.
 - [26] B. Sarita, S. Senthilvelan, Effects of lubricant on the surface durability of an injection molded polyamide 66 spur gear paired with a steel gear, *Tribol. Int.* 137 (2019) 193–211. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2019.02.050>.
 - [27] D. Miler, M. Hoić, Z. Domitran, D. Žeželj, Prediction of friction coefficient in dry-lubricated polyoxymethylene spur gear pairs, *Mech. Mach. Theory*. 138 (2019) 205–222. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.03.040>.
 - [28] B. Černe, J. Duhovnik, J. Tavčar, Semi-analytical flash temperature model for thermoplastic polymer spur gears with consideration of linear thermo-mechanical material characteristics, *J. Comput. Des. Eng.* (2019). <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2019.03.001>.
 - [29] C. M. C. G. Fernandes, D. M. P. Rocha, R. C. Martins, L. Magalhães, J. H. O. Seabra, Finite element method model to predict bulk and flash temperatures on polymer gears, *Tribol. Int.* 120 (2018) 255–268. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.12.027>.
 - [30] G. W. Stachowiak, A. W. Batchelor, *Engineering tribology*, 4. ed, BH, Butterworth-Heinemann/Elsevier, Amsterdam, 2014.
 - [31] J. Moder, F. Grün, F. Summer, M. Kohlhauser, M. Wohlfahrt, Application of high performance composite polymers with steel counterparts in dry rolling/sliding contacts, *Polym. Test.* 66 (2018) 371–382. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.01.009>.
 - [32] N. A. Wright, S. N. Kukureka, Wear testing and measurement techniques for polymer composite gears, *Wear*. 251 (2001) 1567–1578. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(01\)00793-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(01)00793-1).
 - [33] J. Cathelin, Material data for advanced plastic gear simulation, *Int. Conf. Gears 2019 GarchingMunich Ger. VDI-Berichte*. 2355 (2019) 1379–1390.
 - [34] S. Matkovič, A. Pogačnik, M. Kalin, Comparison between VDI 2736 wear calculation and experimentally obtained results, *Int. Conf. Gears 2019 GarchingMunich Ger. VDI-Berichte*. (n.d.) 1311–1321.
 - [35] J. Moder, F. Grün, M. Stoschka, I. Gódor, A Novel Two-Disc Machine for High Precision Friction Assessment, *Adv. Tribol.* 2017 (2017) 1–16. <https://doi.org/10.1155/2017/8901907>.
 - [36] J. Cathelin, E. Letzelter, M. Guingand, J.-P. de Vaujany, L. Chazeau, Experimental and Numerical Study of a Loaded Cylindrical PA66 Gear, *J. Mech. Des.* 135 (2013). <https://doi.org/10.1115/1.4023634>.
 - [37] B. Banodiya, V. K. Karma, Measurement of transmission error in spur gears, *Int. Res. J. Eng. Technol.* 4 (2017) 2369–2375.
 - [38] P. K. Meuleman, D. Walton, K. D. Dearn, D. J. Weale, I. Driessen, Minimization of transmission errors in highly loaded plastic gear trains, *Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci.* 221 (2007) 1117–1129. <https://doi.org/10.1243/09544062JMES439>.
 - [39] R. Yakut, H. Düzcükoglu, Examining the Abrasion Behaviour of PA 66 Gears in Different Cycles, *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2014 (2014) 721731. <https://doi.org/10.1155/2014/721731>.
 - [40] C. Hasl, P. Oster, T. Tobie, K. Stahl, Bending strength of oil-lubricated cylindrical plastic gears, *Forsch. Im Ingenieurwesen*. 81 (2017) 349–355. <https://doi.org/10.1007/s10010-017-0224-2>.
 - [41] J. Duhovnik, D. Zorko, L. Sedej, The effect of tooth flank geometry on the lifetime of injection moulded polymer gears, in: *Proc. Int. Conf. High Perform. Plast. Gears 2015, Garching*, 2015: pp. 1203–1218.
 - [42] J. Duhovnik, D. Zorko, L. Sedej, The effect of the teeth profile shape on polymer gear pair properties, *Teh. Vjesn. – Tech. Gaz.* 23 (2016). <https://doi.org/10.17559/TV-20151028072528>.
 - [43] K. Mao, P. Langlois, Z. Hu, K. Alharbi, X. Xu, M. Milson, W. Li, C.J. Hooke, D. Chetwynd, The wear and thermal mechanical contact behaviour of machine cut polymer gears, *Wear*. 332–333 (2015) 822–826. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2015.01.084>.
 - [44] M. Kurokawa, Y. Uchiyama, S. Nagai, Performance of plastic gear made of carbon fiber reinforced poly-ether-ether-ketone: Part 2, *Tribol. Int.* 33 (2000) 715–721. [https://doi.org/10.1016/S0301-679X\(00\)00111-0](https://doi.org/10.1016/S0301-679X(00)00111-0).
 - [45] Loading capacity of medium-module POM gear under oil lubrication, *Forsch. Im Ingenieurwesen*. (In print).

Multicriteria approach to polymer gear design

Abstract:

Reliable polymer gear design remains to date an open challenge due to a lack of data regarding the specific properties of polymer materials and due to complex relationships between the gears' geometric parameters and the applied running loads. Several standards (BS 6168: 1987, JIS B 1759: 2013) and guidelines (VDI 2736) are available for designing polymer gears, however, all of them hold certain limitations. In most cases, engineers do not have the full picture regarding the interactions between all design parameters, which often leads to multiple design iterations and prototypes before an ideal design solution can be obtained. In this contribution, a systematic analysis of the main design criteria for cylindrical polymer gears is presented, i.e. the root and flank strength, temperature, wear, deformation, gear quality, installation quality, volume and production costs. The sensitivity and interdependence between different parameters are presented in a number of illustrative diagrams. The article concludes with an overview of the most typical gear failure modes exhibited by different material pairs at various load levels and a systematic and concise guideline how to improve key design criteria in order to achieve a viable solution. In the subsequent journal edition, a further presentation of a custom developed algorithm for a multicriteria optimization of polymer gears will be presented along with a case study implementation.

Keywords:

polymer gears, design, failure modes, optimization

Zahvala

Raziskavo je delno financiral projekt MAPgears (projekt sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija v okviru Evropskega sklada za regionalni razvoj, pogodba št. C3330-18-952014), delno pa Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (pogodba št. 630-33 / 2019-1).

Projekt 'Razvoj centralnega pogona za e-bike' prejemnik ZLATEGA NACIONALNEGA PRIZNANJA ZA INOVACIJE GZS

Raziskovalci laboratorija LeCAD so prispevali k razvoju pogonskega sistema z ohišjem



Storitve LeCADa za industrijo:

- svetovanje in ekspertna podpora pri razvoju izdelkov,
- razvoj izdelkov na ključ,
- podatkovna analitika pri razvoju izdelkov,
- napredne numerične simulacije,
- testiranje polimernih zobnikov,
- aplikacije superračunalništva.



Vodilni partner: Partnerji na projektu:

DOMEL



PODKRIŽNIK

Emsiso

PRILOŽNOSTI POUKA NA DALJAVO. JIH BOMO ZNALI IZKORISTITI V PRIHODNJE?

Vesna Trančar

Izveček:

Ko je covid-19 zaprl vrtce, šole in fakultete in zahteval učenje na daljavo, so bile stvari videti zapletene. Nenadoma so se bili učenci in učitelji primorani prilagoditi novim zmožnostim posredovanja in usvajanja novega znanja. Mnogi so se z učenjem na daljavo srečali prvič. Kljub začetnemu nelagodju koristi učenja na daljavo vsekakor obstajajo.

V prispevku prikazujem najpogostejše oblike učenja na daljavo; ključna načela, na katera moramo biti pozorni, ko se lotevamo izobraževanja na daljavo; primerjam pouk na daljavo s klasičnim, tradicionalnim modelom učenja in izpostavljam prednosti, ki jih ponuja e-učenje.

Ključne besede:

pouk na daljavo, videokonferenca, sinhrono učenje, spletni tečaji, spletne nevarnosti

1 Uvod

Pandemija covida-19 je ostro zaznamovala način življenja in tudi način izobraževanja povsod po svetu. Ker so številne vlade zaradi eksponentnega širjenja virusa covid-19 izobraževalnim institucijam naročile, naj prenehajo s klasičnim poučevanjem, so morale te skoraj čez noč preiti na virtualno poučevanje. Takšen hitri in nujni poseg v izobraževalni sistem postavlja nove pragmatične smernice učiteljem, ravnateljem in državnim uradnikom, ki morajo obvladovati spremembe v izobraževalnem sistemu, hkrati se rojevajo tudi neizbežne posledice, ki jih prinaša ta nenadna sprememba. Ena izmed posledic takega ravnanja se danes kaže v veliki zaskrbljenosti učencev (v nadaljevanju s pojmom učenci mislim tudi na dijake in študente), da bodo dolgotrajno prikrajšani za znanja, ki bi jih sicer pridobili v razmerah klasičnega pouka. Gre za tiste učence, ki prehajajo iz osnovne v srednjo šolo ali iz srednje šole na fakulteto oziroma za tiste, ki že vstopajo na trg dela.

2 Učenje na daljavo

S pojmom učenje na daljavo razumemo kakršnokoli obliko izobraževanja na daljavo, pri kateri učenec fizično ni prisoten pri pouku [1, 2]. Učenje na daljavo je lahko tudi delna oblika kombiniranega učenja, s pomočjo katerega uresničujemo učni načrt [3]. Tuji

viri [1, 2] navajajo, da ima učenje na daljavo v primerjavi s tradicionalnimi učnimi metodami številne prednosti.

Internet kot najpomembnejši oblikovalec pouka na daljavo zabriše mejo med tem, kar je blizu, in tem, kar je daleč. Zaradi tega pouk na daljavo podira sedanjo paradigmo izobraževanja [2]. Medtem ko bodo učitelji še naprej sestavni del življenja vsakega učenca, bo sodobna tehnologija premostila fizični prostor med učitelji in učenci. Učenje na daljavo je že kar nekaj let sestavni del programov številnih izobraževalnih ustanov, ki izkoriščajo prednosti tovrstnega prenosa znanja. V času covida-19 ta način učenja predstavlja rešitev za vse izobraževalne institucije, od osnovnih in srednjih šol pa vse do fakultet [4, 2]. V nadaljevanju si pogledjmo najpogostejše oblike učenja na daljavo:



Slika 1 : Pouk na daljavo

Dr. Vesna Trančar, univ. dipl. inž., ŠC Ptuj

- ▶ Videokonference so pogosto orodje, kjer lahko učenci in učitelji med seboj sodelujejo podobno kot v razredu.
- ▶ Sinhrono učenje je oblika učenja na daljavo, pri kateri se vsi učenci učijo hkrati, pogosto celo na enem mestu, učitelj pa je na drugem mestu oziroma kraju.
- ▶ Asinhrono učenje je manj povezana oblika učenja na daljavo. Učenci namesto spletnega pouka v živo dobijo spletne učne naloge z določenim rokom za oddajo. Učenci se samostojno naučijo potrebno vsebino, če želijo, da bodo nalogo znali pravilno rešiti.
- ▶ Spletni tečaji z odprtim urnikom predstavljajo določeno vrsto asinhrono zaposlitve za učence. Razlika je ta, da učitelj ne določi roka za oddajo naloge. Učenci si sami organizirajo čas in samostojno določijo, kdaj in kako se bodo snov naučili.
- ▶ Spletni tečaji z določenim urnikom se razlikujejo od prejšnje oblike po tem, da od učenca zahtevajo, da ob točno določenem času obišče določeno spletno mesto in se udeleži tečaja.
- ▶ Računalniško podprto izobraževanje na daljavo je oblika poučevanja za določen čas in poteka na računalnikih, pametnih telefonih, tablicah, običajno pa tudi v računalniškem laboratoriju.
- ▶ Hibridno učenje je posebna vrsta kombinirane učenja, pri katerem so učenci prisotni pri uri pouka na enem mestu, nekateri drugi učenci pa so fizično prisotni na drugem mestu.

3 V čem se učenje na daljavo razlikuje od tradicionalnega učenja?

Zagotovo je poučevanje v živo odlično. Stik iz oči v oči med učiteljem in učencem predstavlja visoko stopnjo obojestranskega sporazumevanja. Čeprav tega vedno ni mogoče izvesti, se zdi, da je tovrstna »živa« povezava vseeno veliko lažja. Izobraževanje na daljavo se od tradicionalnega izobraževanja močno razlikuje. Toda, kaj to točno pomeni? Izobraževanje na daljavo omogoča večjo svobodo, tako za učence kot za učitelje, zahteva pa višjo stopnjo samodiscipline in konstruktivnega načrtovanja [2].

Vsekakor svoboda zahteva tudi samodisciplino učenca. Učenec mora znati obvladovati čas in ustrezno načrtovati svoj urnik. To velja predvsem za tiste naloge in zadolžitve, ki mu jih naloži učitelj v sistemih, ki ne zahtevajo učenčeve prisotnosti ob točno določenem času in na točno določenem video predavanju. Enako velja za učitelja. Poučevanje na daljavo od učitelja zahteva visoko stopnjo organiziranosti, napora in delo v t. i. nepredvidenih razmerah. Slednje pomeni, da mora biti učitelj zaradi morebitnih dodatnih pojasnil učencem na razpolago ves čas, tudi izven rednega delovnega časa [2].



Slika 2 : Tradicionalne metode pouka v razredu se bodo v prihodnosti spreminjale in kombinirale s poukom na daljavo [3, 7, 12].

Obdobje covida-19 je dokazalo, da učenje na daljavo ni samo potrebno, temveč je ena izmed boljših alternativ klasičnemu pouku v dani situaciji. Prav zato v nadaljevanju predstavljam najpogostejše prednosti izobraževanja na daljavo.

4 Prednosti učenja na daljavo

Prilagodljivost učencev

Ključna prednost izobraževanja na daljavo je njegova prilagodljivost. Učenci sami izberejo čas, kje in kako se bodo učili. Za tiste, ki želijo »neposreden« stik z učiteljem v živo, so na voljo videokonference [2, 5].

Enostavnost uporabe spletnih orodij

Preprostost uporabe izbranega orodja je vedno ključ do uspeha. Vsak sistem, ki ga sprejmemo za



Slika 3 : Pouk na daljavo omogoča učinkovito izrabo časa [2, 12].

učenje na daljavo, mora biti prijazen do vseh uporabnikov. To pomeni, da sistem omogoča uporabo digitalne table, ustvarjanje in izmenjavo medijev, snemanje zaslona z zvokom, neposredno komunikacijo med učenci in učitelji, združljivost več naprav hkrati in podobno [2].

Učinkovitejša izraba časa

Ker je večina sistemov učenja na daljavo dokaj prilagodljivih, je urnik video predavanj bolj povezan z njegovo vsebino kot pa s samim sistemom. Kljub temu je urnik pomemben dejavnik, ki ga je pri pouku na daljavo treba upoštevati [2].

Brez vožnje v šolo

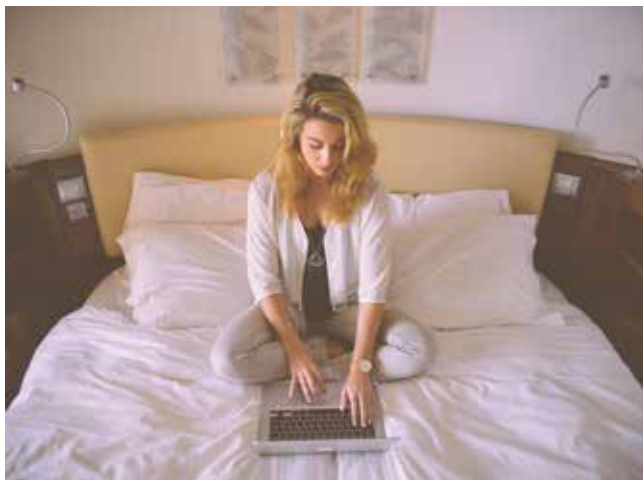
Med omenjeno pandemijo je večina ljudi ostala doma. Starši so delali od doma, učenci so se učili na daljavo. To je koristno ne le iz finančnih razlogov, temveč tudi zaradi prihranka časa. Tako učitelji kot učenci so lahko čas, ki bi ga izgubili z vožnjo v šolo in domov, izkoristili za priprave in učenje [6].

Učenje po individualnem urniku

Ker je večina sistemov učenja na daljavo v tem pogledu dokaj prilagodljivih, imajo učenci večjo svobodo pri oblikovanju lastnega urnika [2, 5, 6].

Manj stresno domače okolje

Čeprav učenci pogrešajo obšolske dejavnosti in medsebojno druženje, so mnogi med njimi pod manjšim stresom. Učijo se lahko tam, kjer se počutijo udobno. Le z enim klikom se povežejo do pouka, sošolcev in učiteljev. V času pouka na daljavo lahko učenci lažje izpolnjujejo potrebe po hobijih in drugih opravilih.



Slika 4 : Domače okolje je za učenje na daljavo lahko tudi manj stresno, če so izpolnjeni materialni in tehnični pogoji [2, 12].

Pridobivanje veščin upravljanja s časom

Učenje na daljavo učence pripravi do tega, da se naučijo upravljati s časom in pravilno organizirati šolska opravila. Ti veščini sta potrebni v vsakdanjem življenju, saj omogočata vzdrževanje ravnovesja med poklicnim in zasebnim življenjem. Učenci, ki so sicer imeli natrpane urnike, imajo pri pouku na daljavo občutno več časa [2, 7].

5 Občutljiva področja pouka na daljavo

Spletne nevarnosti

Pouk na daljavo prinese tudi spletne nevarnosti. Učenci izvajajo dodatne spletne aktivnosti, ki se jih pri tradicionalnem načinu pouka niso lotevali. Omrežno okolje je namreč mesto, kjer se lahko pojavijo številna varnostna tveganja: zlonamerni napadi, vdor hekerjev, prestrezanje informacij, onemogočanje storitev, spreminjanje podatkov in podobno. Omrežna varnost je ena izmed pomembnih varnostnih vprašanj e-učenja [8]. Zato je treba učence pri pouku na daljavo opozarjati na varno rabo interneta in ustrezno uporabo programske opreme.



Slika 5 : Učence je potrebno osveščati o varni, etični in odgovorni uporabi interneta in mobilnih naprav [2, 13].

6 Priprava učencev in učiteljev na pouk na daljavo

V prvi vrsti mora šola zagotoviti, da učenci v času pouka v šoli prejmejo vse potrebno gradivo oz. literaturo.

Učitelje je treba »opolnomočiti« s spletnimi orodji, ki omogočajo delitev dela med učitelji in oddelki, z mehanizmi, s katerimi učitelji ostanejo v stiku za medsebojno podporo, in orodji, ki omogočajo dodatno izobraževanje o tehnologijah učenja.

7 Različni učenci imajo različne potrebe

Zavedanje, da imajo različni učenci različne potrebe, je izrednega pomena pri izvajanju pouka na daljavo. Pandemija covid-19 je zmotila življenje vseh učencev, ne samo z vidika ravni in poteka izobraževanja, ampak tudi glede na nivo, ki so ga v izbranih izobraževalnih programih že dosegli. Izpostaviti gre predvsem tiste, ki končujejo določeno fazo izobraževanja in prehajajo v drugo. S tem mislimo na tiste, ki prehajajo iz osnovne v srednjo šolo ali iz srednjega izobraževalnega procesa v terciarni. Prav slednji se soočajo s posebnimi izzivi, saj utečenega šolskega kurikula in ocenjevanja ne morejo izpeljati na običajen način.

Poleg tega se pristopi k učenju na daljavo ne razlikujejo zgolj med primarnim, sekundarnim in terciarnim izobraževanjem. Izpostavljeni so predvsem programi poklicnega in srednjega strokovnega ter poklicno-tehniškega izobraževanja. Navsezadnje bodo maturanti prav teh izobraževalnih programov imeli ključno vlogo pri oživljanju gospodarstva. Dijaki srednjih poklicnih in srednjih strokovnih šol namreč del svoje izobraževalne poti preživijo v podjetjih na t. i. praktičnem usposabljanju z delom, študenti višjih strokovnih šol pa se praktično izobražujejo pri bodočih delodajalcih. Vsekakor je praktično usposabljanje z delom ena izmed pomembnih sestavin omenjenih izobraževalnih programov, saj dajejo nepogrešljiva praktična znanja, izkušnje in kompetence [2].

8 Težave z informacijsko-komunikacijsko tehnologijo

Pri pouku na daljavo se nekateri učenci kot tudi učitelji srečujejo s številnimi težavami, povezanimi z uporabo računalniške opreme in dostopom do dovolj hitrega interneta (omrežnega ali mobilnega). Na drugi strani se nekateri starši soočajo tudi z omejenimi finančnimi zmožnostmi, kar posledično pomeni, da otrokom ne morejo zagotoviti ustrezne računalniške opreme. Prav v času krize covid-19 pogosto ni mogoče zagotoviti z informacijami podprtega nakupa cenovno ugodnih računalnikov. Težave pri uporabi IKT-opreme pa izhajajo tudi iz tega, da nekateri starši nimajo zadostnega računalniškega znanja, da bi otrokom lahko pomagali pri delu z računalnikom in drugo IKT-opremo.

9 Pomiritev učencev in staršev

Vodstvo šol se mora zavedati, da gre za »težke« čase tako za učence kot tudi za učitelje in starše. Čeprav pristojne institucije na različne načine uvažajo spremembe na področju izobraževanja, bi morale v prvi vrsti delovati pomirjujoče.

Poleg omenjenega je treba poskrbeti tudi za tiste učence, katerih starši ne nudijo zadostne materialne podpore za učenje na daljavo ali pa je domače okolje zaradi motečih razlogov učenju nenaklonjeno. Podobno velja za primere, kadar se srečujemo z učenci s posebnimi potrebami ali z učenci z nizko stopnjo motivacije [7].

10 Učni načrti

Katere učne načrte naj bi učitelji uporabljali za učenje na daljavo med krizo covid-19? Praksa v tujini kaže, da se nekateri držijo predpisanega nacionalnega učnega načrta, drugi dopuščajo učiteljem široko diskrecijsko pravico pri izbiri učne vsebine [7]. Za obogatitev učnega gradiva lahko učitelji uporabljajo kakovostna gradiva, ki jih ponujajo različna spletna mesta.

11 Ključna načela pri učenju na daljavo

Pri poučevanju na daljavo se gradi novo znanje, pridobivajo se specifične kompetence, ki jih ni mogoče usvojiti s klasičnim poukom v razredu.

Učenje na daljavo ima elemente družbene dejavnosti, kar pomeni, da tako učitelji kot naprednejši učenci podpirajo in motivirajo šibkejša učence.

Ključnega pomena so povratne informacije o usvojenem znanju. Učenje na daljavo vključuje povratne informacije o doseženih rezultatih. Podpore nudijo virtualne vaje, forumi, virtualne skupine, on-line podpore, on-line razprave in ocene [9].

Učitelj lahko vključuje v učne aktivnosti vse učence. Učence spodbuja, usmerja, podpira in jih ohranja »aktivne« z najrazličnejšimi spletnimi orodji. Najlažje učitelj to doseže tako, da zastavi jasne poti in cilje, ki jim učenci sledijo [10].

Učitelj pri pouku na daljavo zagotavlja učinkovito pot učenja s tem, da učencem daje občutek za dosežek in napredek [9].

12 Zaključek

Pandemija covid-19 predstavlja velik izziv za vse deležnike izobraževanja. Ker je večino držav v izredno kratkem času dohitelo eksponentno širjenje covid-19, so imele izobraževalne institucije zelo malo časa za pripravo na pouk na daljavo. Učenje na daljavo ima kar nekaj prednosti, hkrati pa ima še veliko neizkoriščenega potenciala. Med prednostmi ne gre prezreti prilagodljivosti časa in prostora za učenje, enostavnosti uporabe digitalnih sredstev, samostojnosti pri določanju urnika, produktivne izkoriščenosti časa, ki ga učenci

izgubijo z vožnjo v šolo in iz nje, manj stresnega učnega okolja in podobno.

Vsekakor bo kriza covida-19 pustila tudi na področju izobraževanja trajno sled. Povsod smo jo doživljali kot »motečo« silo, ki ni vplivala samo na zdravje in gospodarstvo, temveč je spremenila tudi način poučevanja, učenja in komuniciranja z učenci. Navsezadnje se je spremenil način dojemanja pomena izobraževanja in sam odnos družbe do vzgojno-izobraževalnih institucij.

Iluzorno bi bilo pričakovati, da nas v prihodnje ne more več nič presenetiti. In tako, kot trdi Senetovnik (2006), »prvi korak je učenje o socialnih silnicah našega življenja, ki določajo smeri vsakdanjih dogodkov, drugi je učenje o procesu učenja, nato pa še o tem, kako nadgrajevati sposobnosti za učenje pri sebi in drugih« [7], morata učenje in prilagajanje spremembam postati naš vsakdan. Zato lahko v prihodnosti pričakujemo pospešeno preobrazbo tradicionalnega učenja v t. i. odprto učenje. Delovati bo potrebno v smeri optimizacije uporabe razpoložljivih spletnih aplikacij in sistema za upravljanje učenja. Prehrojena pot nam je dala zagon, da ustvarimo kulturo, ki podpira sprejemanje inovativnih praks, hkrati pa dviguje kakovost pouka. Z drugimi besedami: spremeniti je treba, kar je zastarelo, in ohraniti tisto, kar je bilo v času pouka na daljavo izjemno. In prav to, kar je bilo izjemno, mora postati praksa, smernica obvladovanja stresnih situacij in nenadnih sprememb.

Literatura in viri

- [1] Skills for employment (2020): TVET Institutions. Dostopno na <https://www.skillsforemployment.org/KSP/en/Sources/TVETinstitutions/index.htm>.
- [2] View Sonic (2020): What Is Distance Learning? And Why Is It So Important? Dostopno na <https://www.viewsonic.com/library/education/what-is-distance-learning-and-why-is-it-so-important/>.
- [3] Grant, J. (2015): Distance learning in medical education. The Art of Teaching Medical Students. 3rd Edition. New Delhi: Elsevier.
- [4] Mupinga, D. M. (2010): Distance Education in High Schools: Benefits, Challenges, and Suggestions. The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas. Dostopno na <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3200/TCHS.78.3.105-109>.
- [5] Aspillera, M. (2010): What are the potential benefits of online learning? Possible advantages of online learning. Dostopno na <https://www.worldwidelearn.com/education-articles/benefits-of-online-learning.htm>.
- [6] Learn Safe (2020): What Are the Benefits of Distance Learning? Dostopno na <https://learnsafe.com/what-are-the-benefits-of-distance-learning/>.
- [7] Daniel, J. (2020): Education and the COVID-19 pandemic. Prospects. Volume 39, Pages 91-96.
- [8] Kerti, A. [et al.] (2020): E-Learning Security Risks and Countermeasures. International Journal of Emerging Research and Solutions in ICT. Dostopno na <https://ersict.org/index.php>.
- [9] Taylor, D. [et al.] (2020): Transformation to learning from a distance. Mededpublish.org. Dostopno na <https://www.mededpublish.org/manuscripts/2999>.
- [10] Halbert, K., in Chigeza, P. (2014): Navigating E-Learning and Blended Learning for Pre-service Teachers: Redesigning for Engagement, Access and Efficiency. Australian Journal of Teacher Education, 39 (11).
- [11] Senetovnik, S. (2006): Vpeljevanje sprememb v šole – izziv za spodbujevalce sprememb. V Vpeljevanje sprememb v šole – konceptualni vidiki. Zavod RS za šolstvo. Ljubljana.
- [12] <https://pixabay.com/>.
- [13] Varna raba interneta: Dostopno na <https://safe.si/>.

Distance Learning Opportunities. Will we be Able to Use Them in Future?

Abstract:

When the situation with COVID-19 demanded closing nursery schools, primary and secondary schools, high schools, universities and colleges, and therefore demanded distance learning, the situation seemed complicated. Suddenly, students and teachers were forced to adapt to new abilities to impart and acquire new knowledge. Many encountered distance learning for the first time. Despite the initial discomfort, the benefits of distance learning certainly exist.

This paper presents the most common forms of distance learning; key principles that need to be taken into consideration when undertaking distance learning; it compares distance learning with a classic, traditional model of learning and highlights the benefits that e-learning offers.

Keywords:

distance learning, videoconferencing, synchronous learning, online courses, online threats

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
www.facebook.com/casopis.industrija

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

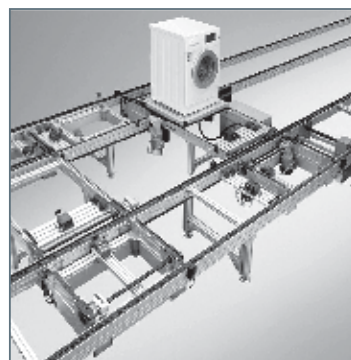
tel/fax. + 381 11 305 88 22
mob. + 381 60 344 84 28
e-mail: office@industrija.rs

Rexroth
ORGATEX®

LEANPRODUCTS®



BOSCH



OPL
automation

OPL avtomatizacija, d.o.o.
Dobrave 2
SI-1236 Trzin, Slovenija

Tel. +386 (0) 1 560 22 40
Tel. +386 (0) 1 560 22 41
Mobil. +386 (0) 41 667 999
E-mail: info@opl.si
www.opl.si

SESTRELITEV CIVILNEGA LETALA MED LETOM – HUMANITARNO PRAVO

Aleksander Čičerov

Izvleček:

Sestrelitvi nizozemskega potniškega letala MH17 (17. julij 2014) in ukrajinskega potniškega letala Airlines Flight 752 (8. januarja 2020) odpirata nova vprašanja glede varne uporabe zračnega prostora nad območji vojaških spopadov. Med temi je tudi vprašanje humanitarnega prava, ki je tesno povezano z enim temeljnih načel Čikaške konvencije o popolni in izključni suverenosti v zračnem prostoru nad ozemljem posamezne države (1. člen Čikaške konvencije).

Ključne besede:

humanitarno pravo, zračna suverenost, območja vojaških spopadov, odgovornost držav

1 Uvod

Prvo vprašanje, ki se postavlja v tej zvezi, je, ali mednarodno javno pravo in mednarodno letalsko pravo sploh naslavljata to temo? Preden odgovorimo na vprašanje, si oglejmo dva primera, ki sta sprožila vprašanje.

1.1 Sestrelitev nizozemskega letala MH17 17. julija 2014

Letalo Boeing MH17 Malaysian Airlines je bilo sestreljeno nad Donbasom na vzhodu Ukrajine 17. julija 2014. Umrlo je vseh 298 potnikov in članov posadke. Letalo je letelo v zračnem prostoru nad območjem, kjer je divjala vojna med Ukrajino in Rusijo. Nobena od sptih strani ni razglasila zapore zračnega prostora nad območjem, kjer so potekali oboroženi spopadi.

1.2 Sestrelitev ukrajinskega potniškega letala na poletu 752 nad Teheranom 8. januarja 2020

V letalu (Boeing 732-800), ki je vzletelo na letališču blizu glavnega mesta Teheran, je bilo 176 potnikov in članov posadke. Iranska stran je priznala sestrelitev, ki jo je zakrivil operater, ki je imel le nekaj sekund časa za odločitev o tem, ali gre za sovražno letalo. Zračni prostor nad Iranom ni bil zaprt.

2 Mednarodno letalsko pravo in mednarodno javno pravo – uporaba zračnega prostora nad območji vojaških spopadov

Sestrelitev civilnega letala med letom nad območji prepira predstavlja danes velik izziv za mednarodno letalsko pravo. Še posebej se to nanaša na pooblastila in odgovornost javnih in zasebnih podjetij, ki upravljajo z zračnim prostorom.¹

Za nadaljnje proučevanje vprašanja zapiranja zračnega prostora nad območji, kjer potekajo sovražnosti, je potrebno izhajati iz Čikaške konvencije (v nadaljevanju ČK).² V preambuli ČK je zapisano: »*Glede na to, da prihodnji razvoj mednarodnega civilnega letalstva lahko v veliki meri prispeva k ustvarjanju in ohranjanju prijateljstva in razumevanja med državami in ljudstvi sveta, vsaka njegova zloraba pa lahko postane nevarna za splošno varnost.*«

Splošna varnost, ki jo omenja preambula, pomeni seveda tudi letalsko varnost tako v miru kot v vojni. Pri tem ČK izhaja iz načela, da države pogodbenice (193) priznavajo vsaki državi popolno in izključno suverenost v zračnem prostoru nad njenim ozemljem (1. čl. ČK). To pomeni, da je država edini kompetenten subjekt, ki ureja svoj zračni prostor. V 28. členu ČK je določeno, da bo vsaka država v obsegu, ki ga oceni za izvedljivega:

- a) zagotovila na svojem ozemlju letališča, radijske in meteorološke službe in druge navigacijske naprave za olajšanje mednarodne zračne plovbe v skladu s standardi in priporočili, ki bodo občasno sprejeti v skladu s to konvencijo;

Mag. Aleksander Čičerov, univ. dipl. inž., Uredništvo revije Ventil, UL, FS

1 Zhang, L. W.: Humanitarian consideration in international air law, C. J. I. C. L. 2016, 5(3), 450–474.

2 Čičerov, A.: Konvencija o mednarodnem civilnem letalstvu, Ljubljana, 2011, izdala Fakulteta za strojništvo UL.



Cessna 550 (vir: www.google.com)

- b) sprejela in vzpostavila ustrezne standardne sisteme v postopku komuniciranja, kode, oznake, signale, osvetlitve in druge operativne postopke in pravila, ki se v skladu s to konvencijo občasno priporočajo ali predpišejo;
- c) sodelovala pri mednarodnih ukrepih za zagotovitev izdajanja zrakoplovnih zemljevidov in letalskih navigacijskih kart v skladu s standardi, ki se občasno priporočijo ali predpišejo v skladu s to konvencijo.

V tem okviru je potrebno povedati, da so službe zračnega nadzora danes lahko zasebne ali javne. Ne glede na njihov status velja, da opravljajo delo v javnem interesu in je za njihovo delo odgovorna država. To potrjujeta tudi dva primera, ki sta bila obravnavana pred sodiščem: trčenje nad Uberlingnom (ZR Nemčija) in nad Cagliarijem (Italija).

1. julija 2002 sta se letalo Tu-154 Baškirske letalske družbe (let 2937) in Boeing 757, tovorno letalo DHL (let 611), srečali na 11.000 m in zaradi napake kontrolorja in zmede glede TCAS (sistem za izogibanje zračnim trčenjem) trčili, pri čemer je umrlo vseh 69 potnikov in članov posadke baškirskega letala ter oba pilota letala DHL. Zračni prostor, v katerem sta se znašli obe letali, je bil sicer nemški, toda nadzor nad zračnim prometom je opravljala švicarska zasebna družba Skyguide. V kontroli je bil Peter Nilsen, ki je opravljal delo hkrati na dveh delovnih postajah. Kontrolor ni pravočasno spredel težav in v določenem trenutku sta se obe letali znašli na isti višini in trčili. Švica je prevzela odgovornost za nesrečo, žrtvam pa je bila izplačana odškodnina.³ Kontrolorja Nilsna je pozneje ubil eden od staršev otrok, ki so izgubili življenje v nesreči.

³ Podrobno o poteku in razčiščevanju okoliščin glej: https://en.wikipedia.org/wiki/2002_%C3%9Cberlingen_mid_air_collision <27. 8. 2020>.

24. februarja 2004 je Cessna 550 v smeri proti Cagliariju zaprosila za vizualni prilet, ne da bi se posadka zavedala, nad kakšnim terenom leti. Posledica je kmalu sledila in Cessna 550 se je zaletela v goro Sette Fratelli, nekaj metrov pod vrhom Mount Bacumala. Letalo je zaradi trka v goro razpadlo in se vžgalo, vseh šest potnikov pa je izgubilo življenje.⁴

Čeprav so kontrolorji tisti, ki jamčijo za letalsko varnost in imajo dolžnost proaktivno odpravljati vse elemente, ki pomenijo tveganje v predloženem načrtu leta in bi tako letenje lahko spravilo pilota in letalo v nevaren položaj, je njihovo ravnanje, ki ne izpolnjuje teh kriterijev, krivdno.

Mednarodno letalsko pravo, ki je zapisano v temeljnem aktu civilnega letalstva, v ČK, določa, da:

- a) *»Vsaka država pogodbenica lahko zaradi vojaških potreb ali javne nevarnosti enotno omeji ali prepove polete zrakoplovov drugih držav nad določenim delom svojega ozemlja. Pri tem ne sme biti razlike med zrakoplovi, ki letijo v rednem mednarodnem zračnem prometu države, za katere ozemlje gre, in zrakoplovi drugih držav pogodbenic, ki opravljajo podobne polete. Prepovedana območja morajo biti primernih razsežnosti in na primernih krajih, da ne bi po nepotrebnem ovirala zračne plovbe. Opis prepovedanih območij in vse kasnejše spremembe na ozemlju posamezne države se v najkrajšem možnem času sporoče drugim državam pogodbenicam in Mednarodni organizaciji civilnega letalstva.*
- b) *Vsaka država pogodbenica si pridržuje pravico v izjemnih okoliščinah, ali v času izrednega stanja, ali v interesu javne varnosti in s takojšnjim učinkom začasno omejiti ali prepovedati letenje nad*

⁴ Podrobno v https://www.skybrary.aero/index.php/C550_vicinity_Cagliari_Sardinia_Italy_2004 <27. 8. 2020>. Glej tudi: Starrantino, C., Finocchiaro, M.: The 2004 Cagliari Accident and Afterwards, The Judicial Aftermath, Hindsight 18 Winter 2013, str. 71-77.

delom ali nad vsem svojim ozemljem. Omejitev ali prepoved mora glede na državno pripadnost brez razlike veljati za vse zrakoplove vseh držav.

- c) *Vsaka država pogodbenica lahko v skladu s predpisi, ki jih izda, od zrakoplova, ki vstopa v območje, na katero se nanašata odstavka a) in b) tega člena, zahteva, da čim prej pristane na letališču, ki ga odredi na svojem ozemlju.»*

Fakultativni jezik 9. člena ČK je skladen s 1. členom ČK, kar pomeni, da ima država pravico določiti, kje nad njenim ozemljem je dovoljeno leteti in kje ne. Kot navaja Laura Zhang Wanlu, ČK do danes še ni naslovila vprašanja zakonitosti odprtega zračnega prostora nad področji konfliktov.⁵ Iz tega lahko sklenemo, da mednarodno letalsko pravo, ubesedeno v ČK, daje državi pogodbenici in nepogodbenici možnost, da zapre svoj zračni prostor v celoti ali delno, če gre za izjemne okoliščine, za izredno stanje ali v javnem interesu.

Na drugi strani pa velja opozoriti, da mednarodno običajno pravo, prav tako pa tudi pogodbeno pravo, ne poznata specifične prepovedi uporabe zračnega prostora nad konfliktnimi območji.

Vprašati pa se vendarle moramo, ali obstaja kakršna koli prepoved ali suspendiranje poletov nad konfliktnimi območji? Najhitreje bomo to ugotovili, če preučimo konvencijske določbe. Odgovor je na dlani: v 4 Ženevskih konvencijah in dopolnilnih protokolih (Ženevska konvencija o izboljšanju usode ranjencev na bojiščih – 1864, Ženevska konvencija o izboljšanju položaja ranjencev in bolnikov v oboroženih silah v vojni, Ženevska konvencija o izboljšanju položaja ranjencev, bolnikov in brodolomcev v oboroženih spopadih na morju, Ženevska konvencija o ravnanju z vojnimi ujetniki in Ženevska konvencija o zaščiti civilnega prebivalstva med vojno) je mogoče najti več kot 600 posebnih določb. Ne gre spregledati tudi resolucij ZN (General Assembly Resolution 2444 (XXIII) in Resolution 2675 (XXV)), ki ponovno poudarjata, da je potrebno storiti prav vse, da se civilno prebivalstvo ubrani pred uničujočimi učinki vojn.

Na letalih, ki preletavajo nevarna območja, so potniki tretjih držav. To pomeni, da ti potniki zaslužijo posebno, višjo zaščito kot civilisti na tleh. Razlog je v tem, da letalski potniki v civilnih letalih v nobenem primeru direktno ne sodelujejo v konfliktu, prav tako pa jim ne moremo pripisati kakršne koli bodoče sovražnosti.⁶

Upravljanje z zračnim prostorom je v prvi vrsti namenjeno varnosti letalskih potnikov. V znamenitem primeru »Krfski kanal« je sodišče izpostavilo načelo »elementarne človečnosti«.

To nas vodi do ugotovitve, da so pravila ČK v odnosu do letenja nad konfliktnimi ozemlji *lex specialis*.

⁵ Glej Zhang, W. L.: nav. delo, str. 3.

⁶ Zhang, W. L.: nav. delo, str. 5.

3 Lex specialis – doktrina

V mednarodnem pravu velja pravilo: *Lex specialis derogat legi generali*. To v praksi pomeni razveljavitev ali odpravo pravnega akta iste ali višje pravne veljave – mlajši specialnejši zakon razveljavi starejšega splošnejšega, če mlajši specialnejši ureja isto stvarino. Ker je ČK s svojimi določbami specialnejša od običajnega mednarodnega prava in humanitarnega prava, prevladajo določbe ČK, ki se nanašajo na varnost potnikov civilnih letal nad konfliktnimi območji.⁷ ČK je torej *lex specialis* v pogledu letalstva, Ženevske konvencije pa so *lex generalis* v odnosu do humanitarnega prava. Z drugimi besedami povedano: mednarodno humanitarno pravo samo po sebi ne pomeni, da njegova načela avtomatsko zapolnijo praznine, ki jih vsebuje mednarodno letalsko pravo. To tudi pomeni, da se določene rešitve prekrivajo ali nasprotujejo druga drugi. Ali je mogoča harmonizacija obeh specialnih pravnih sistemov?

Ne da bi se spuščali v podrobnosti tehnike usklajevanja/harmonizacije, je mogoče na podlagi 89. člena ČK ugotoviti, da v primeru vojne določbe ČK ne omejujejo svobode delovanja katere koli prizadete države pogodbenice, bodisi da je vojskujoča ali nevtralna, isto načelo velja v primeru države pogodbenice, ki objavi izredno stanje v državi in to prijavi Svetu. ČK je pisana za urejanje mednarodnega civilnega letalstva v mirnem času. V vojni je nadzor nad zračnim prostorom izgubljen. Ne samo, da ČK ne ureja izgube nadzora nad zračnim prostorom, ne ureja niti prepovedi ali odprtosti zračnega prostora med vojaškim konfliktom. Kljub temu pa je mogoče trditi, da je ta člen (98. čl.) most med mednarodnim letalskim pravom in mednarodnim humanitarnim pravom. V teoriji se tu srečamo s pojmom »renvoi« – mednarodnim zasebnim pravom, po katerem domače kolizijsko pravilo ne napotuje le na tuje materialno pravo, temveč mora sodišče upoštevati tudi kolizijska pravila odkazanega prava.⁸

Če sprejmemo trditve, da je država v svojem zračnem prostoru absolutna vladarica v vseh primerih, se znajdemo pred paradoksom, da je država s svojim ravnanjem tudi nad zapovedmi mednarodnega prava. Kar pomeni, da se vojaške aktivnosti izvajajo v njenem zračnem prostoru brez vsakih omejitev, torej tudi brez zaprtja njenega zračnega prostora v času sovražnosti.

Kaj pa je cilj mednarodnega letalstva? Povezati geografsko oddaljene države na varen in zanesljiv način! Trenutno je v svetu 93 območij, ki trpijo zaradi oboroženih konfliktov.⁹ Odpirajo pa se še nova kon-

⁷ Glej podrobno Ibler, V.: Riječnik međunarodnog javnog prava, Informator Zagreb 1987, str. 146, in Pravo, CZ, druga razširjena in spremenjena izdaja, 2003, str. 164.

⁸ Glej podrobno Pravo, str. 432.

⁹ Glej podrobno v International Civil Aviation Organisation, Conflict Zone Information Repository <https://www.icao.int/czir/Pages/post.aspx?state=default>, accessed 14

fliktna območja: turško-grški spor v zvezi z iskanjem plinskih nahajališč v vzhodnem Sredozemlju in prevoz vojaške opreme in plačancev v Libijo.¹⁰ Potniška civilna letala še vedno letijo nad nevarnimi območji. Neprimerna uporaba zračnih prostorov tako meče slabo luč na kredibilnost mednarodnega zračnega transporta, hkrati pa škodi letalski industriji. Potrebno je sprejeti opozorilne ukrepe. V Evropi skrbita za zavedanje o konfliktnih conah EASA in EUROCONTROL v obliki Safety Information Bulletin.

May 2016, glej tudi https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_wars_2003%E2%80%93present <28. 8. 2020>.

10 Glej podrobno Dnevnik 28. 8. 2020, str. 6.

4 Sklep

Mednarodno letalsko pravo kljub svoji specialnosti ni dovolj za varnost letalskih potnikov. Čeprav so države suverene v svojem zračnem prostoru, je potrebno urediti vprašanje zapiranja zračnih prostorov tam, kjer potekajo oboroženi konflikti. Države imajo zato možnost in dolžnost, da to store, mednarodnemu civilnemu letalstvu pa omogočijo varen in neoviran mednarodni potniški transport. Humanitarno pravo mora vstopiti v krog pravil Čikaške konvencije, njegova pravila pa morajo države spoštovati brez izjem.

Downing of the Civilian Aircraft in Flight – Humanitarian Law

Abstract:

New and pertinent questions have been emerged by the downing of civilian aircrafts, namely Holland's MH17 (July 17, 2020) and civil aircraft Airlines Flight 752 (January 8, 2020) in terms of safety use of air space over conflict zones. There is a question how closely is the humanitarian law linked with one of the basic principles of the Chicago Convention on complete and exclusive sovereignty over the airspace of a country?

Keywords:

humanitarian law, air sovereignty, zones of armed conflicts, state's responsibility

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
- Nizkonapetostni 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



ENOTA ZA PRIPRAVO ZRAKA SERIJE MS-BASIC

Osnovna komponenta MS-Basic v polimernem ohišju je nadaljevanje serije MS s funkcijami za pripravo komprimiranega zraka, kot so regulacija tlaka, filtriranje zraka ter ročni ali električni vklop (*slika 1*). Odlikujeta jo atraktivna cena in enostavna uporaba. Enota je povsem kompatibilna s serijo MS.



Slika 1 : Enota za pripravo zraka MS-Basic

Enota MS-Basic je učinkovita in lahka. Pretok skozi enoto je do 5800 l/min. Zaradi polimernega ohišja je njena masa za 30 % manjša v primerjavi s kovinsko izvedbo serije MS.

Lonček filtra je na ohišje filter-regulatorja LFR pritrjen z optimiziranim bajonetnim zaklepom, ki zaradi velike zaskočne sile zagotavlja zanesljivo pritrditev. Lonček je prozoren, zato je mogoče enostavno ugotoviti, kdaj ga je potrebno izprazniti.



Slika 2 : Stikalo za vklop – v izvedbi MS4...B in MS6...B



Slika 3 : Vrhunska rešitev MS6-EMEFR...-B + MS6-LF

Enoto odlikuje velika zanesljivost delovanja. Novo razvita ročni ali avtomatični izpust kondenzata zagotavlja, da se izločeni kondenzat ne vrne v tok že očiščenega komprimiranega zraka. Vgrajeni priključek QS6 olajša povezovanje in sproščanje cevi.

V kompletu z MS-Basic se lahko uporabi tudi ventil ON/OFF, ki služi kot mehki vklop (počasen zagon) in kot hitroizpustni ventil (*slika 2*). Novi električni ventil za vklop/izklop je izveden kot mehko vklopni ali hitro izpustni ventil (EDE) ali kot ventil vklop/izklop (EE). Z mehkim vklopom (EDE) je krmiljen prvi del oskrbovanega toka. Ta regulacija pretoka je prilagodljiva.

Kadar pnevmatični sistem zahteva filtriranje zraka z bolj finim filtrom, uporabniki lahko povežejo standardno enoto MS-Basic s filtrom serije MS (*slika 3*). Enostavno in zanesljivo iskanje zahtevane kombinacije omogoča konfigurator izdelkov (Product configurator) na www.festo.com/catalogue/ms-basic. Na tej strani je mogoče najti tudi vse informacije o vzdrževanju in popravilih kakor tudi navodila za uporabo.

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

OCENA PRIMERNOSTI NAPRAV ZA AVTOMATSKO IDENTIFIKACIJO IN ZAJEMANJE PODATKOV

Kupci se pri izbiri in nakupu elektronskih naprav po pričevanjih običajno odločajo na osnovi tehničnih podatkov in cen. Za optimalno izbiro pa pogosto to ne zadostuje. Premalokrat se vprašajo, kje in kako se bo naprava uporabljala, kako bo učinkovita pri dejanski uporabi.



Predmet analize

V ta namen je bila izvedena analiza dveh ročnih terminalov (*slika 1*). Cilj analize je bila dejanska učinkovitost v realnem okolju.

Predmeta analize sta bila dva ročna terminala različnih proizvajalcev. Oba sodita po tehničnih karakteristikah in po ceni v višji razred. Sta izjemno robustna, z vrhunskimi čitalniškimi moduli, primerna za delo v skladiščih in podobnih zahtevnih okoljih. Oba ustrezata vsem tehničnim specifikacijam in v splošnem ustrezata kupčevim željam.

Terminal A (*slika 1*) je oblikovno gledano terminal v obliki opeke, dobro polovico zaseda zaslon na dotik, drugo pa fizična tipkovnica. Dodatek – »pistol grip«.

Terminal B omogoča hkratno odčitavanje črtne kode in spremljanje zaslona. Pri tem ni potrebno premikanje zapestja. Ročaj, podoban »pistol gripu«, je del standardnega modela.

Oba imata tudi opcijo odčitavanja točno določene črtne kode med množico kod. Funkcionalnost je videti tako, da ob pritisku



na prožilec čitalnika ta projicira »merek« in jo odčita šele, ko se ta dotakne zelene črtne kode.

Oba terminala sta bila uporabljena za določitev ustreznosti pri inventuri skladišča. Po tehničnih specifikacijah sta ustrezala oba, dodatne funkcionalnosti, ki smo si jih želeli, so bile pri obeh.

Inventura v skladišču je potekala z različno vodenim blagom, tako kosovno kot s serijskimi številkami. Ker je v referenčnem skladišču blago tudi različnih velikosti – od zelo majhnih artiklov do škatel velikosti ok. 800 x 600 x 600 mm. V test so bili vključeni številni primeri izdelkov, ki se pojavljajo v skladiščih.

Ocena primernosti

Oba terminala sta zadostila zahtevam glede hitrosti in zanesljivosti odčitavanja. Ustrezna je bila tudi hitrost delovanja programske opreme, pri uporabi ni bilo zaznati kakršnih koli zamrznitev, počasnega delovanja, upočasnjenih prehodov.

Test je pokazal, da je delo s terminalom B učinkovitejše. Z njim je bil čas opravljenih inventur istih artiklov za 30 % krajši.

Terminal A zahteva dvoročno delo. Po odčitavanju kode s prsti ene roke ni mogoče doseči ekrana za vpis števila kosov. Za obdelovani artikel je bilo treba vnesti podatke (v kolikor je bilo to potrebno).

Terminal B omogoča enoročno delo (odčitavanja, dodatne vnose, potrjevanja ...). Druga roka je tako prosta za manipulacijo z blagom. Morda se sliši trivialno, vendar se po opravljenem delovniku zazna občutna razlika tako pri opravljenem delu kot pri utrujenosti.

Sklep

Izbor naprav za delo v realnem okolju naj se vedno izvede v dveh korakih. V prvem koraku morajo izdelki izpolnjevati postavljene tehnične in ekonomske kriterije. V drugem koraku pa preverjanje v delovnem okolju. Kar pomeni, da je izdelek preskušan v realnih pogojih celodnevne dela tako glede tempa in količine. Le na tak način je mogoče odkriti podrobnosti, ki v daljšem časovnem obdobju bistveno pripomorejo k učinkovitemu delu. Za zanesljiv preskus torej ni dovolj le nekaj vnosov podatkov. Vodilo naj bo vedno testiranje in še enkrat testiranje v resničnem procesu, kjer se bodo uporabljali terminali.

Vir:

LEOSS, d. o. o., Dunajska cesta 106, 1000 Ljubljana, T: +386 (0) 1 530 90 37, F: +386 (0) 1 530 90 40, GSM: +386 (0) 40 480 006 E: gasper@leoss.si, internet: www.leoss.si, www.leossb2b.eu

LASERSKI SENZOR E3AS-HL CMOS Z NOVO TEHNOLOGIJO

OMRON predstavlja laserski senzor E3AS-HL CMOS z novo tehnologijo, ki bistveno izboljša zmožnost zaznavanja (*slika 1*). Zanesljivo odkrivanje težko zaznavnih objektov pomaga odpraviti potrebo po zamudnem načrtovanju in prilagajanju namestitve ob zagonu opreme.



Slika 1 : Senzorji E3AS-HL



Slika 2 : Zanesljivo zaznavanje neravnih in bleščečih površin

Na kakovost zaznavanja z običajnimi odsevnimi fotoelektričnimi senzorji vplivajo barva objekta, material ali površina, za načrtovanje in prilagoditev namestitve senzorja za vsak objekt pa so potrebne človeške izkušnje in spretnosti. Ta problematika se pogosto pojavlja v avtomobilski in živilski industriji, kjer se zaznavajo različni objekti s kompleksnimi oblikami in sijočimi površinami.

Novi laserski senzor CMOS E3AS-HL lahko zanesljivo zazna objekte, ki jih z odsevnimi fotoelektričnimi senzorji ni mogoče zaznati. Prvi takšen algoritem zaznavanja v industriji doseže hitrost vzorčenja 10.000-krat na sekundo, edinstvena obdelava akumulacije OMRON pa poveča občutljivost z ojačanjem najmanjše količine svetlobe, odbite od objekta. Proizvodna tehnologija prilagodi položaj leče sprejemnika v senzorju na raven mikrometra, kar omogoča zanesljivo zaznavanje katere koli barve objekta, materiala in oblike.

Tehnologija omogoča, da senzor E3AS-HL zanesljivo zazna ukrivljene in nepravilne oblike sijočih avtomobilskih delov ter raznobarnih in odsevnih živil in paketov. Senzor E3AS-HL se lahko uporablja tam, kjer so bili uporabljeni odsevni fotoelektrični senzorji in pomaga bistveno skrajšati čas, potreben za prilagoditev položaja in kota namestitve senzorja ter mejnih vrednosti.

Prednosti so:

- ▶ zanesljivo zaznavanje težko zaznavnih predmetov zmanjšuje čas načrtovanja in zagona naprave (*slika 2*);
- ▶ povečana prilagodljivost zasnove opreme, ki zmanjšuje čas načrtovanja;
- ▶ zaščitna prevleka na zaznavni površini zagotavlja stabilno delovanje tudi v težkih okoljih delovanja;
- ▶ zaslon OLED in enostavno učenje omogočata hitro in učinkovito nastavitve (*slika 3*).



Slika 3 : Zaslon OLED in enostavno učenje

Vir:

MIEL, d. o. o., Efenkova cesta 61, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: www.miel.si, e-pošta: info@miel.si, info@miel.si

ENERGETSKA VERIGA UNIFLEX ADVANCED 1775

Energetske verige UNIFLEX ADVANCED 1775, ki jih proizvaja KABELSCHLEPP, imajo v novi izvedbi večjo višino, večjo širino, kar pomeni več prostora za medije in večje kableske pakete. Razen tega serija UA1775 zaradi posebne konstrukcije navdušuje s tekočim delovanjem in z dolgo življenjsko dobo.



Slika 1 : Energetska veriga UA1775

Uporabljen je poznan, preverjen in priljubljen sistem hitrega odpiranja. Vse to omogoča hitro, enostavno in časovno varčno polaganje kablov. Potrebna sta samo dva giba in izvijač.

Za energetske verige UNIFLEX ADVANCED 1775 je značilno:

- ▶ najmanjši upogibni radij za energetske verige te velikosti,

- ▶ spoji so iz zelo toge plastike za neposredno pritrdjevanje,
- ▶ poseben drsnik za nadzor obrabe je na voljo za vse variante.

Energetska veriga UA1755 se lahko naroči v metrih iz zaloge ali kot predstavljen sistem, primeren za takojšnjo vgradnjo. Ustrezen vodilni kanal se lahko naroči takoj in je izdelan iz aluminija (TKAL) ali nerjavečega jekla (TKSG).

Karakteristike:

- ▶ razdelek 77,5 mm,
- ▶ notranja višina 56 mm,
- ▶ notranja širina 100–250 mm,
- ▶ upogibni radij 90–340 mm.

Več informacij o energetskih verigah KABELSCHLEPP 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



Where challenges meet solutions

powered by **iCMU**









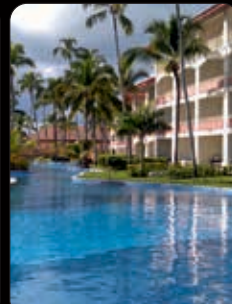


GR, Ljubljana, Slovenia

5.- 7.10.2021

ecowave@icm.si
www.icm.si



CLEANME

Strokovni sejem za industrijsko & komercialno čiščenje

5.-7.10.2021

GR, Ljubljana

powered by **iCMU**

www.icm.si

LINEARNI »IN-LINE« AKTUATORJI EASYE-I-LINE



Slika 1: El. aktuator easyE-i-line

Novi aktuatorji **easyE-i-line** sedaj zmorejo mnogo več (slika 1). Niso samo zelo kompaktna konstrukcije, temveč imajo tudi zelo veliko nosilnost. Z integracijo krmilja ima aktuator številne nove prednosti:

- ▶ 3 velikostni razredi in sile do 10.000 N,
- ▶ zelo kompaktna izvedba ne glede na integrirano krmilje,
- ▶ enostavna vgradnja in brez vzdrževanja,
- ▶ programska oprema za enostavno instalacijo,
- ▶ virtualno nastavljen hod,
- ▶ integrirana nastavljiva napetostna zaščita,
- ▶ integrirana temperaturna zaščita,
- ▶ industrijska platforma MODBUS RTU na RS485,
- ▶ plug & play z iConnect-Box.

Ne glede na to, ali gre za sistem Modbus-RTU, rešitev plug & play ali za sinhrono nastavljanje več aktuatorjev, se na vitki konstrukciji nič ne spremeni. Tudi nosilnost do 10.000 N (easyE-60i) ostaja prav tako nespremenjena.

Značilnosti:

- ▶ hod: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500 in 750 mm,
- ▶ napetost: 12, 24 VDC,
- ▶ material: motor in ohišje iz prašno barvanega ali nerjavečega jekla, batnica iz aluminija ali iz nerjavečega jekla, priključki iz aluminija,
- ▶ IP-razred: IP66 (standardno), IP68, IP69K, ATEX,
- ▶ maks. nosilnost: easyE-35i do 2200N, easyE-50i do 4500N, easyE-60i do 10.000N,
- ▶ temperatura: -5 °C do +70 °C,
- ▶ delovni cikel: 10 % (maks. 2 minuti).

Podjetje INOTEH ima v svojem prodajnem programu že vrsto let linearne »in-line« aktuatorje easyE-line. Proizvajalec BANSBACH sedaj dopolnjuje svoj prodajni program še z »in-line« aktuatorji z integriranim krmiljem easyE-i-line.

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

RAZPIS NAGRAD TEHNOLOŠKE MREŽE
TEHNOLOGIJA VODENJA PROCESOV

Tehnološka mreža Tehnologija vodenja procesov razpisuje nagrade za najboljše diplomska in magistrska dela. Nagrade so namenjene spodbujanju raziskovalnega in strokovnega dela na širših področjih, ki so zanimiva za članice Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov. Podelili bomo dve nagradi, in sicer

- ▶ **nagrado Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov za najboljše magistrsko delo**, ki ga je kandidat/ka uspešno zagovarjal/a v letih 2019 ali 2020, in

- ▶ **nagrado Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov za najboljše visokošolsko strokovno/univerzitetno diplomsko delo**, ki ga je kandidat/ka uspešno zagovarjal/a v letih 2019 ali 2020.

Področja, s katerih pričakujemo prijave, so podrobneje predstavljena na spletni strani razpisa. Prijavitelj je lahko mentor ali podjetje, kjer je kandidat zaposlen ali kjer je opravljal diplomsko oziroma magistrsko delo.

Nagrade in priznanja bodo podeljena v okviru konference *Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu*, ki bo potekala 8. aprila 2021 kot spletni dogodek.

Vlogo z vso dokumentacijo je potrebno oddati do **25. februarja 2021**. Dodatne informacije o razpisu so objavljene na spletni strani www.tvp.si (Novice).

MAGNETNI LINEARNI ENKODER, INTEGRIRAN V KROGELNO VODILO



Slika 1: Linearno vodilo z integriranim enkoderjem

Novi IMScompact je magnetni linearni enkoder sistem, integriran v krogelno vodilo in merilnim senzorjem v vozičku in je sedaj na voljo tudi za velikosti vodil 15.

Ima številne prednosti. Je ultra kompakten, saj je integriran v voziček. Ker je pri vgradnji manj komponent in je potrebnega manj vgradnega prostora, je zato rešitev ekonomična. Zaradi integrirane zgrad-

be je njegova vgradnja enostavna in hitra, hiter je tudi sam zagon. Enota je robustna, ker je odporna na udarce in vibracije. Zaradi brezkontaktnega principa merjenja ne zahteva posebnega vzdrževanja.

Vse te lastnosti pomenijo, da je magnetni linearni enkoder, integriran v krogelno vodilo, idealen za številne primere avtomatizacije.

Tehnične značilnice:

- ▶ velikost 15, 20, 25,
- ▶ merilne dolžine vse do 18 m,
- ▶ ponovitvena natančnost: $\pm 1 \mu\text{m}$,
- ▶ sistemska natančnost: $\pm 20 \mu\text{m/m}$,
- ▶ merilna hitrost: 5 m/s,
- ▶ maks. pospešek: 500 m/s²,
- ▶ zelo dobra EMC-zaščita.

Vir:

La & Co. inženiring, proizvodnja, trgovina, d. o. o., Limbuška cesta 2, 2341 Limbuš, tel.: (02) 429 26 60, e-mail info@la-co.si, www.la-co.si g. Kristijan Pipan



Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.



LA & CO d.o.o.
Limbuška cesta 2
2341 LIMBUŠ

www.la-co.si
info@la-co.si
02 / 42 92 660



25

LET

Že 25 let vam ponujamo vrhunsko tehniko in prave strokovnjake, za vaše zahteve na področju hidravlike, pnevmatike in linearne tehnike.

KABLI CHAINFLEX® ZA VGRADNJO V GIBLJIVE APLIKACIJE

Stojan Drobnič

Kabli chainflex® so primerni za vgradnjo v energijske verige in za robotske sisteme (slika 1). Izpolnjujejo zahteve elektromagnetne združljivosti EMC in standarde ter smernice, kot so UL, CSA, VDE, EAC, CTP, Interbus in Profibus.



Slika 1: Kabli chainflex®, vgrajeni v energijsko verigo

Igusovi kabli chainflex®, ki jih dobavlja podjetje HENNLICH, obsegajo široko paleto krmilnih kablov, servokablov, motornih kablov in kablov za robote, buskablov, podatkovnih kablov in optičnih kablov. Odlikuje jih dolga življenjska doba. Tudi po daljšem časovnem obdobju, po opravljenem velikem številu hodov ali pri velikih hitrostih in pospeševanjih ter zelo ekstremnih pogojih delovanja delujejo brezhibno.

Dolga življenjska doba kablov chainflex® je rezultat večletnega razvoja in skrbnega testiranja kablov v energijskih verigah v najtežjih pogojih delovanja. Zgradba kablov in materiali preprečujejo »spiralnost« in pretrganje vodnikov v kablích v gibljivih aplikacijah, kar preprečuje

pogoste zastoje pri delovanju strojev.

Kabli chainflex® so izdelani po načelu pletenja v snopih. Material, izdelava oklopa in plašča so prav posebej izbrani oziroma izdelani za uporabo v energijskih verigah.

Za zagotovitev potreb uporabnikov je podjetje Igus kot prvo na svetu začelo razvijati celotne sisteme energijskih verig in kablov. Kabli chainflex® in energijske verige so zdaj na voljo iz enega vira in s sistemsko garancijo, odvisno od posamezne uporabe. Kabli so zasnovani tako, da se plašč ali jedro ne poškodujeta niti po milijon ciklih gibanja, zato pri Igusu za-



Slika 2: 36-mesečna garancija

gotavljajo garancijo 36 mesecev ali več kot 10 milijonov hodov.

Lifetime calculation – Google Chrome
 igus.si/ChainflexTools/ServiceLifeCalculator

chainflex® Lifetime calculation

Cable
 Item:

Cable type:
 Series:
 Part. No.:

☒ Used in energy chain

☒ Unsupported ☐ Gliding application ☐ Hanging ☐ Robots

Travel distance: m Cable length in the chain: m

Rate: m/s Working temperature: °C
 Acceleration: m/s² Bending radii: mm

Measuring system: ☒ metric ☐ imperial ☐ I accept the igus® liability disclaimer

Activities

Slika 3: Kalkulator življenjske dobe za kable chainflex®

Stojan Drobnič, HENNLICH,
d. o. o., Kranj



Slika 4 : Sistem CFRIP® za odpiranje kablov

Že več kot 30 let pri Igusu izvajajo teste v največjem testnem laboratoriju za kable in energijske verige. To jim omogoča zanesljive izjave o trajnosti in življenjski dobi njihovih kablov, ki se uporabljajo v gibljivih aplikacijah. Vsi testni rezultati s 64 testnih postaj oz. letno opravljenih 2 milijardah testnih ciklov so zbrani v spletnem kalkulatorju življenjske dobe.

Za vsako serijo kablov chainflex® se lahko s spletnim kalkulatorjem življenjske dobe izračuna pričakovana življenjska doba izbranega kabla za dane pogoje delovanja (slika 3). Za veljavnost garancije morajo kable delovati v skladu s pogoji uporabe, do-

ločenimi za posamezne serije. Parametri so: temperatura, vrste gibanja, kot so nepodprto, drsno, viseče ali torzijsko gibanje, vpliv medijev in polmeri upogibanja.

Poleg tega, da so kable zanesljivi, so tudi prijazni za uporabnike. Dobavljamo konfekcionirane ali nekonfekcionirane kable. Če želite nekonfekcionirane kable, je Igus razvil enostaven in hiter način odpiranja kablov s sistemom CFRIP®. Z nekaj gibi lahko plašč ročno odprete kot zadrgo do želene dolžine s preprostim potegom notranjega traku CFRIP®. Nato lahko zunanji ali notranji plašč odstranite. To vam prihrani ne le čas, temveč tudi dodatna orodja.

Vzmeti po meri

vseh dimenzij, oblik in materialov

- izdelava po vzorcu ali risbi
- hitra in natančna izdelava

HENNLICH

Pokličite nas:
04 532 06 06

www.hennlich.si

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2021 - ASM '21

08. decembra 2021
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

aktualne novice o posvetu so na voljo na www.posvet-asm.si

OGLAŠEVALCI

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ AX Elektronika, d. o. o., Ljubljana 447, 474 ▶ FESTO, d. o. o., Trzin 397, 480 ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj 427 ▶ ICM, d. o. o., Vojnik 459, 475, 479 ▶ INDMEDIA, d. o. o., Beograd, Srbija 477 ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana 475 ▶ La & Co., d. o. o., Limbuš 397, 464 ▶ MIEL Elektronika, d. o. o., Velenje 397, 457 ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana 459 ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana 397, 469 ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin ... 397, 476 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ PARKER HANNIFIN (podružnica v N. M.), Novo mesto 397 ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri 397, 398 ▶ PODKRIŽNIK, d. o. o., Ljubno ob Savinji .. 397, 443 ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana 397, 400 ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica 406, 417 ▶ SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIJO, Ljubljana 463 ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana 460 ▶ UL, Fakulteta za strojništvo 407, 416, 419 ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica 416 |
|---|---|

AVTOMATIZIRANI KROGELNI VENTIL ZA PRVO VGRADNJO

Podjetje GIA - S Industrijska oprema, d. o. o., iz Grosuplja med drugim sodeluje z izdelovalcem kakovostnih konvekcijskih peči za pekarnice in picerije. Strokovnjaki podjetja Fines, ki je njihov poslovni partner, že vrsto let razvijajo in izdelujejo zanesljive, atraktivne in cenovno ugodne naprave za peko kakovostnih pekarskih izdelkov.



Peči podjetja FINES

Peči so pogosto prvi izbor velikih mednarodnih trgovinskih verig znotraj in zunaj EU. Letna kapaciteta je trenutno več kot 2000 kosov peči različnih tipov in tehničnih karakteristik. Občasno izdelajo tudi namenske peči po meri in zahtevah naročnikov.

Kakovostne peči je mogoče izdelati le na osnovi znanja in ustreznih kakovostnih vgradnih komponent. Pogoji delovanja peči so zahtevni. Vgrajene komponente morajo delovati zanesljivo pri visokih

temperaturah peke, velikih temperaturnih spremembah - ogrevanje, ohlajanje - odporne morajo biti na kondenzacijo pare ter kemično in kislinsko pri pranju in dezinfekciji peči.

Poseben izziv predstavljajo izpustni odtočni ventili, saj so izpostavljeni tako visokim temperaturam kot tudi umazaniji, vplivom čistil in ostankov pečenja, ki ob avtomatiziranem čiščenju zapustijo peč skozi reguliran odtočni cevovod. Ker gre za funkcionalno pomemben del, mora ta delovati 100-odstotno, in to več let pri zahtevni industrijski uporabi peči.

Optimalna izbira za prvo vgradnjo pri pečeh FINES so bili krogelni ventili podjetja De Pala iz Italije (slika 1). Motorne krogelne ventile tega proizvajalca v dimenzijah od 1/2" pa vse do 4" odlikuje enostavna montaža pogona »na klik«, in sicer brez orodja, ki s svojo inovativno konstrukcijo hkrati prikazuje tudi pozicijo stanja ventila (odprto/zaprt). Vsi sestavni deli ventilov in pogonov so izdelani v lastni tovarni ali po njihovih standardih. V gonilih pogonov uporabljajo jeklene zobnike s temperiranimi zobmi. Notranji motorji in mikro stikala dobavljajo najboljši evropski proizvajalci. Elektromotorni pogoni so dobavljivi v različnih izvedbah priključne napetosti (230 VAC, 24 VAC, 24 VDC, 12VDC ...) in s številno dodatno opremo (končna stikala, hitrost giba in kot rotacije posameznega giba). Montažo ventilov in servomotorjev opravijo usposobljeni inženirji z interno razvito opremo, ki je rezultat dolgoletnih izkušenj in znanja. To je jamstvo za nedvomno zanesljivost celotnega spektra izdelkov.

Ker peči delujejo v zahtevnih okoljih, za njihovo zanesljivo delovanje vgrajujejo le najboljše komponente.



Slika 1 : Krogelni odtočni ventil

Vir:

GIA-S Industrijska oprema d.o.o., Industrijska cesta 1K, 1290 Grosuplje
Tel.: +386 1 7865 300, E-mail: info@gia.si, www.giaflex.com; FINES d.o.o. - Bakery ovens, Industrijska cesta 5, 1290 Grosuplje, www.fines.si



© Ventil 27(2021)1. Tiskano v Sloveniji. Vse pravice pridržane.
 © Ventil 27(2021)1. Printed in Slovenia. All rights reserved.

Internet: <http://www.revija-ventil.si>
 E-mail: ventil@fs.uni-lj.si

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

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

Volume **Letnik** 27
 Year **Letnica** 2021
 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: mag. Anton Stušek
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 MURRENHOFF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Dragica NOE, FS Ljubljana
- ▶ Bogdan OPAŠKAR, FESTO, Ljubljana
- ▶ dr. Jože PEZDIRNIK, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jožef RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., Razvojno raziskovalna dejavnost, Zg. Poljska
- ▶ 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: Schwarz Print, d. o. o., Ljubljana
Marketing in distribucija: Roman Putrih

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

Naklada: 1.500 izvodov
Cena: 4,00 EUR – letna naročnina 24,00 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.



4. mednarodna konferenca o tribologiji polimerov, PolyTrib 2020, ki je bila načrtovana za 28. in 29. september 2020 na Bledu, je zaradi še vedno neugodne situacije z boleznijo Covid-19 **prestavljena na leto 2022.**

Nov datum bo objavljen kmalu. Zaenkrat ga še ni mogoče napovedati, ker so bili drugi večji dogodki in konference po svetu prav tako prestavljeni in ne želimo priti v navzkrižje z njihovimi novimi termini.

Vse informacije bodo objavljene na: www.tint-polytrib.com, glede morebitnih vprašanj pa smo vam na voljo na polytrib@tint.fs.uni-lj.si.

Zahvaljujemo se za razumevanje in podporo.

Prof. dr. Mitjan Kalin
v imenu organizacijskega odbora PolyTriba 2020

SLOVENSKO DRUŠTVO ZA TRIBOLOGIO

SLOTTRIB

2022

POSVETOVANJE o TRIBOLOGIJ, MAZIVIH in TEHNIČNI DIAGNOSTIKI,

bo potekalo junija 2022 v sklopu foruma IRT

Se vidimo v Portorožu!

ZANIMIVOSTI NA SPLETNIH STRANEH

- [1] Čistoča za varnost in zanesljivost – www.poeppelmann.com – Cevi, gibki cevovodi, sestavine za spajanje in ohišja z odprtini morajo biti na poti od izdelave do mesta uporabe zaščiteni pred onesnaženjem. Ena od pravih rešitev je uporaba zaščitnih kap in zamaškov, izdelanih iz plastičnih mas. Uveljavljeno podjetje Pöppelmann Kapsto izdeluje takšne zaščitne elemente tudi iz 100-odstotno recikliranih plastičnih mas. Temeljni cilji so: zanesljiva zaščita pred onesnaženjem, povečana delovna varnost in zanesljivost naprav ter prijaznost do okolja z recikliranjem. Prispevek: Holthans, A.: Nachhaltige Sicherheit – O + P 64 (2020) 11-12, str. 16.
- [2] Zaščita proti koroziji s cink-nikljevo zlitino – www.galvanohengelo.de – Hidravlične naprave so vedno bolj kompleksne, delovni tlaki višji, pogoji uporabe bolj grobi in število izvršnih aktuatorjev vse večje. Temu sledijo vse strožje zahteve glede protikorozijske zaščite sestavin, kot so ventili, krmilni bloki itd. Ivo Willemsem, vodja podjetja Galvano Hengelo B. V., v prispevku Problemfreier Rostschutz mit Zink-Nickel-Legierung (O + P 64 (2020) 11-12, str. 20) poroča o izkušnjah z različnimi metodami zaščite proti koroziji in zakaj njegovo podjetje daje prednost cink-niklju.

10001100110101010101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010101011100101011001100001001100110100110
10001100110101010101011100101011001100001001100110100110

15.-17.2.2022

GR, Ljubljana , Slovenija

powered by **iCm** www.icm.si

IFM

INTRONIKA

Robotics



FESTO



**Konfigurirajte
in naročite
zdaj!**

**Vi želite pospešiti svoj inženiring.
Vi iščete avtomatizirane procesne ventile.
Mi smo vaš partner pri procesni avtomatizaciji.**

**→ WE ARE THE ENGINEERS
OF PRODUCTIVITY.**

Hitro, enostavno, intuitivno! Ne glede na to, kakšne procesne ventile potrebujete, novi Festo konfigurator sestavi popolno pogonsko enoto KDFP za vašo aplikacijo, jo primerno dimenzionira in namesto vas poskrbi za naročilo. Vključuje tudi sistemski ID za hitro in natančno ponovno naročanje in pravilno konfigurirane CAD podatke. Vstopite v novo dobo konfiguriranja še danes!

→ www.festo.com/kdfp



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