

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 31 / 2025 / 1 / Februar

Fakulteta za
strojništvo z novo
raziskovalno opremo

Implementacija
laboratorijskih
računalniških sistemov

Povezovanje industrijske
opreme v 5G-omrežje

Vzdrževanje težko
vnetljivih hidravličnih
tekočin

**industrijska
olja in maziva**

OLMA77
SINCE 1947

WWW.OLMA.SI

ZAVORNE REŠITVE

Vrhunske zavorne rešitve za traktorje, off-road vozila in prikolice z dvolinijskim sistemom, zasnovane in proizvedene v Sloveniji

VSESTRANSKOST / VARNOST / ENOSTAVNOST UPORABE / ERGONOMIJA



Ventil za delavno zavoro



Ventil za parkirno zavoro



Ventil za polnjenje akumulatorja



Zavorni ventil za dvolinijski zavorni sistem – traktor



NOVO



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

www.poclain-hydraulics.com



MEMENTO MORI



Konec lanskega leta je preminil upokojeni prof. dr. Matija Tuma, strokovnjak s področja energetike. Na žalni seji smo na Fakulteti za strojništvo UL počastili njegove znanstvene in strokovne dosežke ter se ga spomnili kot našega sodelavca in učitelja. V tej številki Ventila objavljamo tudi In memoriam, s čimer mu izkazujemo spoštovanje in simbolično poudarimo njegov prispevek k akademski skupnosti. Konec januarja se je pol kilometra pod zemeljskim površjem zgodila delovna nesreča, ko je mokra glina zasula 14 rudarjev, od katerih trije niso preživeli. Takšna grozljiva tragedija ne zaznamuje le svojcev in znancev, za katere to niso bili le »trije rudarji«, ampak Aleksander, Mitja in Dejan, pač pa tudi širša skupnost, ki ve, da je vsakdanji »srečno« izrečen z razlogom. Tisti, ki poznamo rudarsko skupnost iz družinske tradicije, vemo, da je ta drugačna, posebna. Rudarji si med seboj niso samo sodelavci, ampak kameradi, in to ne le v službi, ampak tudi sicer; kot soplezalci v navezi za varovanje v alpinizmu. Socialne niti v takšni skupnosti so bolj prepletene in trdnjše kot v drugih dejavnostih, zato dan žalovanja, komemoracije in spuščanje zastav na pol droga predstavlja tudi dejanje senzibilnosti in izkazovanje spoštovanja širše skupnosti do vzpostavljenih odnosov solidarnosti na splošno.

Naša civilizacija je razvila vzorce izražanja sožalja, ki so spodobni in družbeno sprejemljivi. Že v antičnih časih so spoštovali načelo dostojanstva »nil nisi bonum« oz. »o pokojnem vse dobro«, kar se je

v krščanstvu ohranilo kot del nauka o odpuščanju. Žal pa ti naučeni vzorci prikrijejo razliko med deklarativnim in iskrenim izražanjem sožalja, kar povzroča selektivnost vrednotenja človeškega življenja glede na trenutni interes. Življenje sužnja v antiki, srednjem veku in v evropskih kolonijah je bilo kljub vsem filozofskim in religioznim naukom malo vredno. Čeprav so bili osnovni vzgibi kasnejših ideologij od protestantizma, humanizma, renesanse, razsvetljenstva do marksizma izboljšati svet v smislu univerzalne pravičnosti, so družbene spremembe ostale na pol poti prav zaradi nezmožnosti uveljavljanja idealiziranih načel kot posledice partikularnih interesov.

Izrekanje sožalja ob hkratnem zanižanju lastne odgovornosti za tragičen dogodek je v naši družbi tako še prepogosto. Takšen primer smo lahko spremljali tudi v filmsko upodobljenih resničnih dogodkih »G. Bates proti pošti«, ko britanska pošta nikoli ni priznala očitne računalniške napake, zaradi katere je hudo oškodovala 3500 svojih uslužbencev, lastnikov poslovalnic. Ko so nekateri zaradi tega storili samomor, je pošta svojcem izrekla deklarativno korektno sožalje, hkrati pa iskala načine, kako prikriti svojo napako in ohraniti svoje »dobro ime«. Če je cinizem pri tem le prehud, se ljudje upravičeno uprejo. In čeprav razumemo, da se nesreče in bolezni dogajajo povsod ter da lahko prizadenejo vsakogar od nas ali naših bližnjih, zamerimo neiskrene odzive. Odnos do žrtev zrušitve nadstreška v Novem Sadu je bil deklarativno korekten, a zapleti glede povsem tehničnega vprašanja iskanja vzroka nesreče so pokazali pravo stopnjo iskrenosti.

Naša selektivnost v vrednotenju življenj se kaže tudi v dojemanju tragedij. Za dogajanje v Nubskih gorah sploh ne bi izvedeli brez Toma Križnarja, tudi novica z začetka februarja iz DR Konga o tem, da so uporiške milice ob pomoči Ruande in asistenci Zahoda zaradi koltana in drugih rud ob zavzetju mesta Goma ubile 3000 ljudi, bi morala biti glede na število žrtev po odmevnosti

primerljiva s terorističnim napadom na dvojčka. Medtem ko Kobariški muzej zgledno osvešča o usodi vojakov v jarkih obeh strani prve svetovne vojne, se tragiki idealističnih upornikov proti okupatorju v drugi svetovni vojni in žrtev maščevanja po njej še vedno v javnosti ocenjujejo glede na lastno prepričanje in interes. Vsak 27. januar se na dan spomina na žrtve holokavsta opominjamo z »Nikoli več«, a zlo se vedno znova vrača v mnogoterih oblikah. Z dovolj deklarativne pietete se očitno na mestu smrti desetstisočev in popolnega opustošenja lahko zgradi tudi luksuzna riviera, za vzpostavitev katere je predlagatelj lahko črpal navdih tudi iz večstoltnih zgodovine odnosa svojega naroda z domorodnimi ljudstvi vedoč, da zgodovino vedno pišejo zmagovalci. Takšne ideje niso le zlovešča napoved prihodnosti, v kateri lahko tudi vrednost naših življenj nenedoma močno upade, pač pa tudi zatona naše zahodne civilizacije, ko interesi ob našem molku enkrat za vselej pokončajo njene osnovne vrednote.

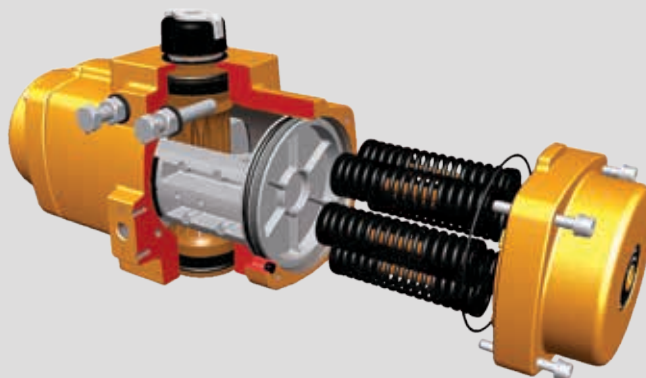
Vrnimo se k uvodoma omenjenim komemoracijam in žalnim sejam. V solidarnih skupnostih so iskrene besede sodelavcev o pokojniku tolažba žalujočim bližnjim, omemba pozitivnih dejanj pa spodbuda skupnosti. V skupnostih, ki jih poganjajo samo interesi in rivalstvo, bi si pa posameznik želel prisostvovati svojemu komemorativnemu dogodku zato, da bi od sodelavcev v maniri »nil nisi bonum« vsaj enkrat slišal govoriti dobro o sebi brez dodanega ampak. V kakšni skupnosti delujemo, pa je odvisno tudi od nas in naših vrednot, ki jih širimo vanjo. Mlajšim članom bodo po našem odhodu ostali spomini nanje, dokler skozi generacije dokončno ne zbledijo, razen če se z njimi ne poistovetijo sami in jih prenesejo naprej v svojevrstni obliki. Le tako bodo naša dejanja še živela v času, ko se nas bodo morda spomnili samo še pravnuki ChatGPTja in DeepSeeka.

Miroslav Halilović

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



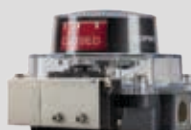
EL Matic™



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

DOGODKI • POROČILA • VESTI

Inženirka leta	6
----------------------	---

IN MEMORIAM

In Memoriam – prof. dr. Matija Tuma	10
---	----

JUBILEJ

Prof. dr. Franc Golobranc – starosta preoblikovanja v Sloveniji – je praznoval 105 let	12
--	----

PREDSTAVITEV

Tanja Potočnik Mesarić

Fakulteta za strojništvo s tehnološkimi nadgradnjami širi meje znanosti (2. del)	14
--	----

NOVICE • ZANIMIVOSTI

16

INDUSTRIJA 5.0

Janez Škrlec

O novi industrijski paradigmi industriji 5.0 tudi v strategiji Evropske komisij	24
---	----

PROIZVODNI PROCESI

Kristian Peklaj, Mitja Cerovšek

Implementing Laboratory Computerized Systems in Pharmaceutical Industry:

Regulatory Compliance	26
-----------------------------	----

5G TEHNOLOGIJE

Miha Pipan, Niko Herakovič

Povezovanje industrijske opreme v 5G-omrežje	34
--	----

HIDRAVLICNE TEKOČINE

Milan Kambič

Vzdrževanje težko vnetljivih hidravličnih tekočin vrste HFC	40
---	----

AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Trajna, vzdržljiva in univerzalna trapezna navojna vretena (ELESA+GANTER)	44
---	----

AC kompaktne linearne osi (INOTEH)	45
--	----

Celovita rešitev za nadzor in upravljanje terenskih vozil in strojev – BODAS Connect (La. & Co.)	46
--	----

Nova serija električnih aktuatorjev SMC LEFSW (SMC)	47
---	----

NOVOSTI NA TRGU

Električni linearni aktuatorji Electrak LL (INOTEH)	51
---	----

Inovativni ventili za vodik (TU-VAL)	51
--	----

PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Avtomatski samočistilni filtri z inovativno funkcionalnostjo (HENNLICH)	52
---	----

Modularni krmilnik strojev serije Omron NX1 (MIEL Elektronika)	54
--	----

Pot do zanesljivega delovanja sistema stisnjenega zraka – 2. del (OMEGA AIR)	56
--	----

INŽENIRKA LETA 2024 REBEKA KROPIVŠEK LESKOVAR: ČE TE VODI RAZISKOVALNI DUH, JE VSE MOGOČE

Prejemnica naziva inženirka leta 2024 je Rebeka Kropivšek Leskovar, magistrica informacijskih in komunikacijskih tehnologij ter razvojna inženirka v skupini Interblock. Na slavnostni razglasitvi inženirka leta 2024 je zbrane v Cankarjevem domu nagovoril minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije dr. Igor Papič. Dogodka, s katerim se je zaokrožil že sedmi izbor, sta se udeležila tudi minister za vzgojo in izobraževanje dr. Vinko Logaj ter ministrica za digitalno preobrazbo mag. Ksenija Klampfer.

V središče izbora, ki poteka pod častnim pokroviteljstvom predsednice Republike Slovenije dr. Nataše Pirc Musar, organizatorji postavljajo odliko ali potencial izbrane inženirke leta, da je zgled in navdih mlajšim generacijam deklet. To so letos prepoznali v Rebeki Kropivšek Leskovar. »Rebekina zgodba,« so zapisali v utemeljitvi, »pripoveduje, da je v sodobnem visokotehnološkem svetu še vedno

mogoče ostati zvest sebi, odprtemu duhu ter na tem temelju graditi karierno pot. S svojim etičnim odnosom do razvoja tehnologij je pozitiven zgled inženirstva, ki v ospredje postavlja človeka.« Inženirka leta 2024 dela v skupini Interblock v razvoju aplikacij tehnologij strojnega vida, osredotočenih na človeka in z mislijo na to, kakšni bodo njeni vplivi v vsakdanjem življenju.

Kropivšek Leskovar je prejela simbolični kipec od njene predhodnice inženirke leta 2023 Ljupke Vrteve iz podjetja Petrol, ki je ob tem poudarila: »Dragi mladi, še posebej dekleta: sledite svojim sanjam, bodite to, kar ste, in nikoli ne prenehajte raziskovati. Znanja nam nihče ne more vzeti, z njim pa lahko skupaj ustvarjamo boljšo in lepšo prihodnost za vse.«

Inovacije izboljšujejo naša življenja

»Ta vlada je poskrbela za rekordna sredstva za znanost, raziskave in inovacije; v letošnjem letu je skupno na voljo že 674 milijonov evrov. Mlade inženirke in inženirji pa so tisti, ki lahko prispevajo znanje, talent. Svetujem jim, naj se ne omejujejo s konvencionalnostjo, naj vedno iščejo nove poti, nove rešitve in pri tem jih bomo finančno podpirali. Tako bo poskrbljeno za karierni in intelektualni razvoj mladih talentov in hkrati za dobrobit celotne družbe, saj so inovacije tiste, ki izboljšujejo naša življenja,« je poudaril dr. Igor Papič, minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije.

Tehnologije so orodje prihodnosti, ključni pa so talenti – ne glede na spol

Medeja Lončar, direktorica Siemens Slovenija, predsednica uprave Siemens Hrvaška in direktorica Siemens Srbija ter pobudnica izbora inženirka leta, je poudarila, da je tehnologija sicer najmočnejše orodje trajnostne prihodnosti, a sta izredno pomembna tudi interdisciplinarno povezovanje in sodelovanje.



Inženirka leta 2024 Rebeka Kropivšek Leskovar



Deseterica nominirank sedme generacije Inženirke leta

»Da bi resnično premaknili meje, namreč potrebujemo ne le tehnološke, temveč tudi človeške in družbene preboje.« Pri tem pa ne sme biti pomemben spol, ampak talent.

Navdih novi generaciji inovatorjev in inovatork

Zdravka Zalar, direktorica Smartis in nova predsednica projekta Inženirke in inženirji bomo!, v sklopu katerega poteka iniciativa inženirka leta, je izpostavila pomen tehničnih znanj za vse mlade: »S ponosom izpostavljamo dosežke tako inženirk kot tudi inženirjev ter spodbujamo mlade, da se odločijo za izobraževanje na tehničnem področju. V času, ko umetna inteligenca postaja vse pomembnejša, je še bolj ključno, da mladi prepoznajo priložnosti in prednosti tehničnih znanj ter kompetenc. Želimo navdihniti novo generacijo inovatorjev in inovatork, ki bodo sooblikovali prihodnost z rešitvami, temelječimi na znanju, ustvarjalnosti in tehnologiji.«

Metodologija izbora: inženirka leta po izboru štirih komisij

Na odločitev, katera od letošnjih desetih nominirank predstavlja največji zgled in je navdih mladim dekletom, so s svojimi glasovi enakovredno vplivale štiri komisije: sedem generacij vseh dosedanjih nominirank za priznanje inženirka leta, predstavniki medijev, dijakinje in učitelji iz konzorcija gimnazij ter šolskih centrov *Inženirke in inženirji bomo!* ter predstavniki organizatorja in partnerjev izbora inženirka leta.

Deset nominirank za inženirko leta 2024

Izmed 41 prijav za inženirko leta 2024 so se v letošnji izbor nominirank uvrstile (po abecednem vrstnem redu imen): Brina Škoda, vodja oddelka za uporabniško izkušnjo v podjetju Lofware, Emina Mešić, inženirka proizvodne odličnosti in vodja zagona novih linij v podjetju Henkel Maribor, Jasna Krmelj, iOS razvijalka in tehnična direktorica v podjetju Gentler Stories, Jerneja Šušel, raziskovalka v podjetju SIJ Metal Ravne; Karmen Košutar, višja samostojna strokovna sodelavka v DRI upravljanje investicij, v funkciji sekretarke na projektu Drugi tir Divača-Koper, Katja Škof Žavcer, vodja oddelka za zagotavljanje kakovosti v podjetju Comtrade Gaming, Manca Kok Bevc, vodja kakovosti v podjetju Incom, Rebeka Kropivšek Leskovar, razvojna inženirka v skupini Interblock, Staša Velcl, samostojna tehnologinja v proizvodnji učinkovin v podjetju Krka, in Urša Skerbiš Štok, zaposlena na oddelku razvoja električnih sistemov v podjetju Pipistrel Vertical Solutions.

Izbor je potekal v soorganizaciji revije IRT3000 in družbe Mediade ter sodelujočih partnerjev. Je del projekta *Inženirke in inženirji bomo!*, ki mlade z dogodki na gimnazijah in v šolskih centrih od leta 2012 navdušuje za inženirstvo, tehniko, naravoslovje in inovativnost.

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

Revija IRT3000
Foto: Arhiv inženirka leta

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

PRVI DEMONSTRACIJSKI CENTER PAMETNA TOVARNA SE JE PREDSTAVIL NA DOGODKU UMETNA INTELIGENCA V DOBRO DRUŽBE

V sredo, 5. februarja, je na Institutu Jožef Stefan potekal osrednji dogodek Umetna inteligenca v dobro družbe v organizaciji Ministrstva za digitalno preobrazbo. Raziskovalci in strokovnjaki so predstavili pomembne aktivnosti na področju umetne inteligence v Sloveniji. Svoj projekt *Aplikacija umetne inteligence v laboratorijskem okolju – Prvi Demonstracijski center Pametna tovarna v Sloveniji na Univerzi v Ljubljani* pa je predstavil prof. dr. Niko Herakovič s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani.

Udeležence so nagovorili predsednik Vlade Republike Slovenije dr. Robert Golob, ministrica za digitalno preobrazbo mag. Ksenija Klampfer, minister za visoko šolstvo, znanost in inovacije dr. Igor Papič in direktor Instituta Jožef Stefan prof. dr. Boštjan Zalar, ki so poudarili pomen vlaganja v umetno inteligenco ter njeno odgovorno in etično uporabo za dobrobit družbe.

Projekt *Aplikacija umetne inteligence v laboratorijskem okolju – Prvi Demonstracijski center Pametna tovarna v Sloveniji na Univerzi v Ljubljani* je predstavil prof. dr. Niko Herakovič s Fakultete za strojništvo Univerze v



Dogodek Umetna inteligenca v dobro družbe
(Vir: Vlada Republike Slovenije)



Prvi Demonstracijski center Pametna tovarna (Vir: UL, FS - LASIM)

Ljubljani. Demonstracijski center uporablja umetno inteligenco in digitalne dvojčke za optimizacijo proizvodnih in logističnih procesov ter spodbujanje trajnosti in zelenega prehoda. Digitalni dvojčki omogočajo simulacijo in spremljanje procesov v realnem času, kar zmanjšuje porabo energije, materialne izgube in neproduktivne čase. Z uporabo digitalnih agentov, ki samostojno odločajo in upravljajo procese, je mogoče zagotoviti večjo prilagodljivost in učinkovitost, kar neposredno prispeva k zmanjšanju okoljskega odtisa.

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

Trapezoidna navojna vretena

Ključ do natančnosti in učinkovitosti



Izboljšajte stroje z našimi visoko natančnimi trapeznimi navojnimi vreteni in maticami. Idealni so za najrazličnejše uporabe, saj zagotavljajo enakomerno delovanje tudi pri velikih obremenitvah. Za naša navojna vretena sta značilna majhna obraba in minimalno trenje. To zagotavlja energetske učinkovito delovanje in dolgo življenjsko dobo stroja.

Primeri dodatne opreme



GN 103.1



GN 103.2



GN 103.3

Ključni podatki:

- Visoka natančnost in konstantno delovanje
- Nizka obraba in minimalno trenje
- Vsestranska uporabnost na številnih področjih uporabe



ELESA + GANTER je internacionalno skupno podjetje, ustanovljeno z namenom ponudbe najširše palete standardnih strojnih elementov za industrijo. Izredno zanesljivi izdelki, edinstvenega dizajna predstavljajo kodeks kakovosti ELESA + GANTER.

elesa-ganter.si   



**DESIGNED
FOR ENGINEERING**

IN MEMORIAM

PROF. DR. MATIJA TUMA

V predbožični čas prejšnjega leta se je izgubil zadnji dih upokojenega profesorja, nekdanjega dekan na Fakulteti za strojništvo UL, cenjenega strokovnjaka s področja energetike, filantropa in človeka visokega etosa – prof. dr. Matije Tume.

Prof. dr. Matija Tuma se je rodil 17. 7. 1938 v Ljubljani, kjer je leta 1956 zaključil osnovno izobraževanje in klasično gimnazijo. Vpisal se je na Tehnično visoko šolo Univerze v Ljubljani, kakor se je tedaj imenovala Fakulteta za strojništvo. Njegova študijska leta so zaznamovali skromnost, pomanjkanje literature na eni in šport ter družabno življenje na drugi strani. V tem času je opravljal počitniško prakso v tujini, v tedanji Zvezni Republiki Nemčiji. Bil je eden redkih diplomantov profesorja dr. Zorana Ranta. Diplomiral je leta 1962 z diplomsko nalogo z naslovom: Eksperimentalna analiza regenerativnega gretja zgorevalnega zraka pri kapljevih in trdnih gorivih. Izsledke te analize je tudi objavil v svojem prvem znanstvenem članku v reviji Strojniški vestnik. Po odsluženem vojaškem roku na Reki se je zaposlil v tovarni koles in transportne opreme Rog v Ljubljani, kjer je bil zadolžen za konstruiranje in trženje transportnih naprav. Svoje inovativne rešitve pri transportnih napravah je vestno dokumentiral in jih objavil v drugem članku v reviji Strojniški vestnik.

Leta 1966 je sledil svoji ambiciji razvijati se na področju termodinamike, ki jo je ponotranjil v sodelovanju z mentorjem prof. dr. Zoranom Rantom. Zaposlil se je v koncernu Brown Boveri v Badnu (Švica), kjer je najprej projektiral, nato pa vodil velike projekte na področju termo- in jedrskih elektrarn po celi Evropi. S svojim vrhunskim strokovnim znanjem in izkušnjami, ki si jih je pridobil pri vodenju najzahtevnejših projektov v energetiki, se je odzval na javno objavljeni poziv k sodelovanju strokovnjakov pri gradnji še danes delujoče jedrske elektrarne v Krškem. Kljub nespornim referencam so ga oblasti v tedanji socialistični Jugoslaviji takrat zavrnila.

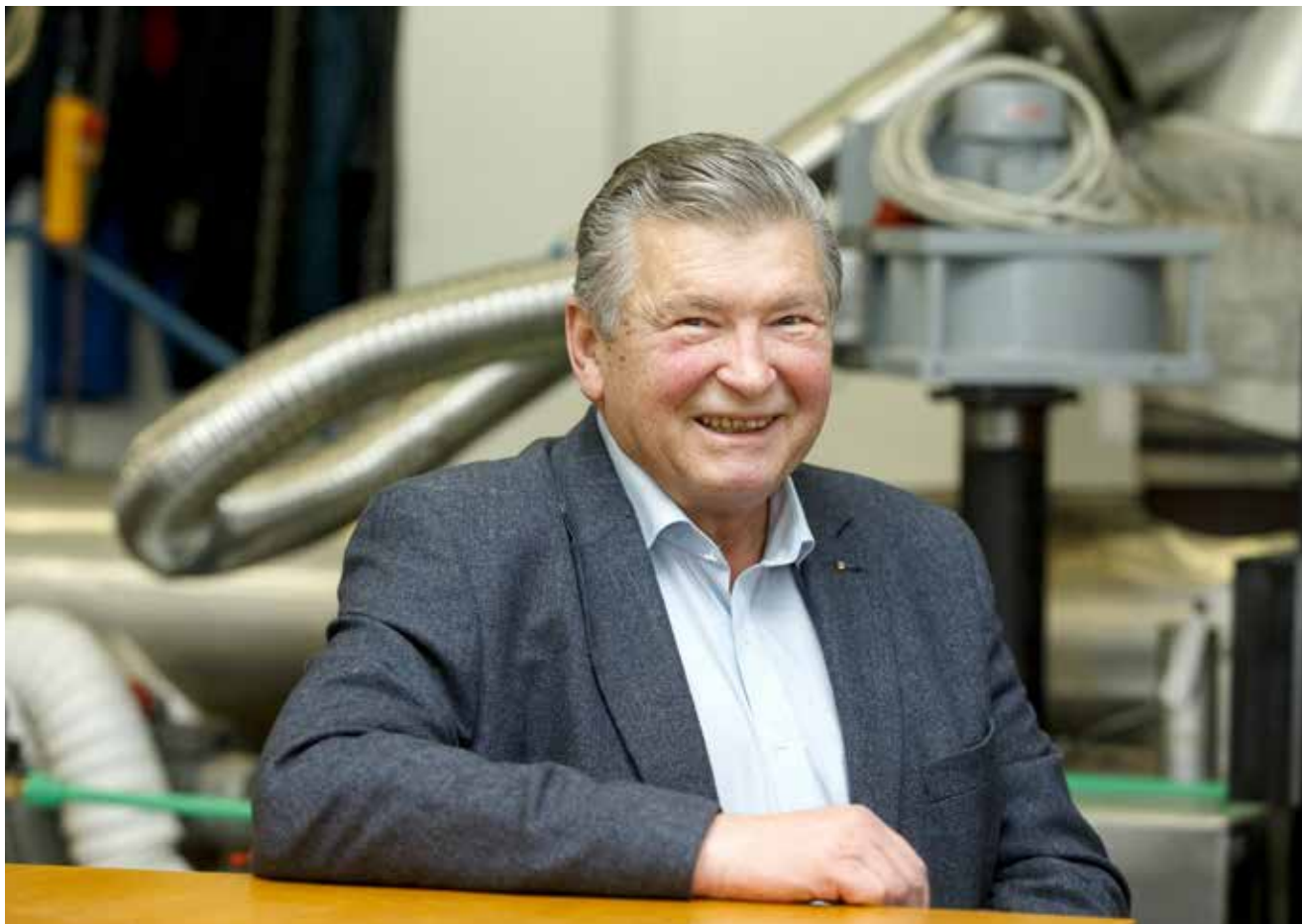
Prof. dr. Matijo Tuma pa takšna razočaranja niso ustavila, predstavil se je profesorju dr. Petru Grasmannu na sloviti univerzi ETH – Zürich, ki ga je leta 1972 povabil na delo asistenta v njegovem laboratoriju. Leta 1977 je pri njem zagovarjal doktorsko nalogo z naslovom: Untersuchung des Stoffaustausches bei pulsierenden Rohrströmungen mit einem elektrolytischen Messverfahren (Raziskava izmenjave snovi pri pulzirajočem toku v cevi z elektrolitskim merilnim postopkom).

V času svojega bivanja v Švici si je ustvaril družino. Bil je občutljiv za vprašanja zdomcev, Slovencev po svetu in zamejskih Slovencev; sodeloval je v Slovenskem društvu Triglav v Zürichu in bil med pobudniki in ustanovitelji rednega pouka slovenskega jezika v Zürichu, ki so ga obiskovali otroci slovenskih izseljencev, pri poučevanju pa je pomagala njegova prva žena. Redno je pisal poljudne članke o Sloveniji in problematiki Slovencev v švicarskih in zamejskih časopisih. Bil je tudi navdušen gornik in s prijatelji v mednarodnem krogu osvojil 19 širitisočakov.

Čeprav se mu je ob strokovnih in znanstvenih referencah, pridobljenih v tujini, nasmihala imenitna kariera, se je odločil za komaj verjeten korak in se leta 1978 vrnil v Ljubljano, v tedanjo socialistično Jugoslavijo. Najprej se je zaposlil v podjetju Lek, po dveh letih pa je nadaljeval strokovno delo v podjetju SOZD IMP, kjer je sodeloval pri prijavi na mednarodni razpis za projekte v Iraku, kasneje pa je enega od njih tudi vodil. V tem času je zaprosil za izvolitev v naziv izrednega profesorja na Fakulteti za strojništvo UL, kar je bilo že tedaj precej nenavadno, saj so le zelo redki visokošolski učitelji prišli na fakulteto iz industrije. Po izvolitvi v naziv je honorarno predaval predmeta Energetski stroji in naprave in Energetski sistemi, saj sta takrat profesorja Boris Černigoj in Leopold André odhajala v pokoj.

Leta 1982 se je na Fakulteti za strojništvo redno zaposlil kot izredni profesor na Katedri za energetsko strojništvo in prevzel vodenje Laboratorija za termoelektrotehniko. Na novo je zastavil razvoj laboratorija tako, da je okrog sebe zbral mlade ambiciozne in sposobne asistente in raziskovalce. Povezal se je z gospodarstvom in v laboratoriju vzpostavil sodobno laboratorijsko opremo in opremil t. i. učilnico Laboratorija za termoelektrotehniko. Lotil se je pisanja visokošolskih učbenikov in tako vzpostavil materialne pogoje za sodoben študij. Pri tem je potrebno poudariti, da je imel ves čas izrazit občutek za uveljavljanje slovenske terminologije.

Leta 1993 je bil izvoljen v naziv redni profesor. Bil je prvi redni član znanstvenega sveta pri združenju VGB (danes VGBE) s sedežem v Essnu (Nemčija), kjer je sooblikoval smernice razvoja na področju energetike z znanstveniki iz zahodne Evrope in bil spoštovan sogovornik. Svojim mlajšim kolegom je nesebično pomagal pri odpiranju vrat na tujih institucijah za opravljanje praks in diplomskih nalog ter pri prijavih za štipendije in mednarodna sodelovanja.



Prof. dr. Matija Tuma

V obdobju 1995–1997 je bil izvoljen za dekana Fakultete za strojništvo. V tem času mu je uspelo pritegniti sponzorje iz industrije, preurediti fakultetno knjižnico in vzpostaviti pregledno poslovanje fakultete.

V letih 1994–1998 je bil član Sveta RS za visoko šolstvo, kjer je bil velik kritik politike ustanavljanja visokošolskih zavodov, ki niso imeli ne kadrov, ne vsebine in ne urejenega financiranja.

Do leta 2004, ko se je upokojil, je pri njem zaključilo študij 8 doktorandov, 18 magistrstov znanosti, 93 univerzitetnih diplomantov, med katerimi sta dva dobila univerzitetni Prešernovi nagradi.

Profesor dr. Matija Tuma je bil tudi po upokojitvi aktiven. Še vedno je rad in s ponosom prihajal na fakulteto, se pogovarjal o smernicah razvoja na njegovem strokovnem področju, se veselil lepih rezultatov Laboratorija. Sčasoma je svojo strast usmeril v rodoslovje, kjer se je poglobil v poreklo in zgodbe svojih prednikov. S tega področja je objavil tri leposlovna dela, eno v samozaložbi, dve pa pri založbi Sanje.

S svojo drugo soprogo dr. Jeleno Vojvodić Tuma sta leta 2015 prepustila v upravljanje Knafljevi zasebni ustanovi na Dunaju lep del svojega premoženja, iz

katerega je bil ustanovljen štipendijski sklad za podeljevanje Tumove štipendije za izobraževanje slovenskih študentov na Dunaju. V letu 2016 sta za to plemenito in narodotvorno dejanje prejela priznanje Pro Universitate labacensi, ki ga na Univerzi v Ljubljani podeljujemo fizičnim in pravnim osebam, ki so s svojimi sredstvi ali delom pomembno prispevale k razvoju materialnih možnosti univerze ali k usposabljanju njenih sodelavcev.

Kljub zdravstvenim tegobam v zadnjem obdobju življenja je bil prof. dr. Matija Tuma vedno optimistično naravnan, pomirjen s svojim življenjem in prijeten sogovornik, ki je ljudi okrog sebe obdaroval s svojim intelektualnim in humanističnim bogastvom. Če za koga, prav za prof. dr. Matijo Tuma velja latinski rek: E fructu arbor cognoscitur – drevo spoznamo po sadežih. Življenje je razdaljal svoji družini, družbi, svojemu narodu, predvsem mladim; sad je obilen in brezčasen. Nadaljeval se bo po njegovih znanstvenih, strokovnih in leposlovnih objavah ter po štipendiji zakoncev Tuma v prihodnje rodove mladih, znanja željnih študentk in študentov in strokovnjakov.

Prof. dr. Mihael Sekavčnik,
dekan Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

PROF. DR. FRANC GOLOGRANC

– STAROSTA PREOBLIKOVANJA V SLOVENIJI – JE PRAZNOVAL 105 LET

Tomaž Pepelnjak

V drugi polovici januarja je praznoval 105. življenjski jubilej najstarejši še živeči diplomant in profesor Fakultete za strojništvo prof. dr. Franc Gologranc.



Slika 1 : Profesor Gologranc na slavnostnem predavanju ob svoji stoletnici februarja 2020 (Vir: arhiv FS)

Profesor dr. Franc Gologranc se je rodil leta 1920 v Slovenskih Konjicah. Dijaška leta je preživel v Mariboru in Celju, po maturi pa se je leta 1938 vpisal na elektrostrojni oddelek takratne Tehniške fakultete v Ljubljani, kjer popoln študij strojništva še ni bil mogoč. Ker se je tistega leta pričela tudi gradnja Zavoda za strojništvo na Aškerčevi cesti, je upal, da bo lahko študij strojništva končal že na novi fakulteti. Izbruh druge svetovne vojne je njegove upe pokopal in s šolanjem je lahko nadaljeval šele leta 1947 ter že februarja leta 1950 diplomiral pri prof. Lobetu kot šestnajsti diplomant Fakultete za strojništvo v Ljubljani.

Po diplomi je zelo hitro dobil dekret za zaposlitev v Železarni na Jesenicah. Zelo kmalu je bil nato premeščen v Centralni konstrukcijski biro Ministrstva

za težko industrijo v Ljubljani, kjer so projektirali opremo za železarne in strojne tovarne. Po ukinitvi biroja leta 1952 je bil kot konstrukter premeščen v Inštitut za mehansko tehnologijo na Oddelku za strojništvo Tehniške fakultete in zelo kmalu izvoljen v naziv asistenta za področje preoblikovanja.

Želja po pridobivanju najnovejšega znanja in izkušenj na zanj novem strokovnem področju ga je kmalu vodila v tujino. V letih 1952–1958 je bil v intervalih dvakrat po eno leto na specializaciji v dveh velikih tovarnah težkih obdelovalnih strojev v ZR Nemčiji in en semester na študiju na TVŠ Aachen. Prof. Gologranc je pogosto spremljal tudi sejme strojne opreme v tujini in se na njih srečeval z nemškimi strokovnjaki s tega področja. Do leta 1960 je bilo njegovo strokovno in pedagoško delo usmerjeno v širše področje mehanske tehnologije in obdelovalnih strojev. Ob uvedbi tristopenjskega študija strojništva s tremi usmeritvami se je po 10 letih praktičnih izkušenj kot konstrukter in kot asistent prijavil na eno od razpisanih mest za učitelja v tehnološki smeri Fakultete za strojništvo v Ljubljani in bil spomladi 1961 habilitiran za docenta za tehniko preoblikovanja in teorijo plastičnega preoblikovanja – takrat novo vpeljani tehnološki disciplini na fakulteti.

V težnji po nenehnem znanstvenem izpopolnjevanju je prof. Gologranc kmalu ugotovil, da na mestu docenta ne bo mogel biti brez doktorskega naziva. Ker v tistih časih v nekdanji Jugoslaviji ni našel mentorja s področja takrat še mlade znanstvene vede preoblikovanja kovin, je navezal stike z znanstveniki v ZRN, še posebej z Univerzo v Stuttgartu. Tam se je s predstojnikom novo ustanovljenega Inštituta za preoblikovalno tehniko prof. dr. Kurtom Langejem uspel dogovoriti za dolgoročno financirano raziskovalno delo, ki pa ga je moral združevati s svojimi pedagoškimi obveznostmi v Ljubljani.

Vztrajnost in raziskovalni duh sta ga gnala, da je od 1967 do 1974 s presledki zaradi obveznosti v Ljubljani na domači ustanovi v Stuttgartu razvil novo metodo določanja krivulje plastičnega teče-

Izr. prof. dr. Tomaž Pepelnjak, univ. dipl. inž.,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



Slika 2 : Profesor dr. Gologranc v domačem okolju

nja materiala. Metodo je predstavil v tuji in domači literaturi in leta 1975 v Stuttgartu tudi uspešno doktoriral.

Prvi preizkusi vrednotenja preoblikovalnosti materiala z novo razvito metodo izbočevanja pločevine so bili zaradi pomanjkanja opreme v prvih razvojnih fazah za današnje pojme precej poenostavljeni, saj so geometrijske spremembe na pločevini merili z merilnimi uricami, te pa v enakomernih časovnih intervalih fotografirali kar s fotoaparatom. Prof. Gologranc je z leti metodo izpopolnil in že leta 1980 v Strojniškem vestniku predstavil celoten avtomatiziran sistem za vrednotenje plastičnih lastnosti pločevine.

Svojo pedagoško in znanstvenoraziskovalno pot je prof. Gologranc po zaključenem doktoratu nadaljeval na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, kjer je bil že 1982. izvoljen v naziv rednega profesorja. Vsa leta delovanja na Fakulteti za strojništvo od leta 1961 naprej se je intenzivno zavzemal za širjenje znanja o različnih postopkih tako masivnega preoblikovanja kot tudi preoblikovanja pločevine. Sredi šestdesetih let pa je uspešno zasnoval Laboratorij za preoblikovanje. V Stuttgartu pridobljeno znanje je uspešno prenesel v slovenski prostor in s šte-

vilnimi znanstvenoraziskovalnimi in industrijskimi projekti dvigal nivo tehnologij preoblikovanja predvsem pločevinskih materialov v slovenski industriji. Poleg tega je nenehno povezoval svoje pedagoško in znanstveno poslanstvo in bil v času delovanja na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani mentor preko 100 diplomantom na dodiplomskem in podiplomskem študiju.

Prof. Gologranc se je tudi zavedal, da ima pri širjenju znanja o postopkih preoblikovanja ključno vlogo tako tuja kot tudi domača znanstvena literatura. Zato je svoja odkritja in znanstvene prispevke objavljal v tujih revijah, pri širjenju svojih znanstvenih dognanj v jugoslovanskem prostoru pa najpogosteje v našem Strojniškem vestniku, v katerem je objavil kar 27 znanstvenih člankov. V njih je prof. Gologranc predstavil svoje široko poznavanje področja obdelav materialov, pri čemer se ni omejil le na področje preoblikovanja.

Svoje glavne raziskave je usmerjal predvsem v področja preoblikovanja pločevine, kjer je prispeval tudi največ v bogato zakladnico tehnološkega znanja. Poleg objav v znanstvenih revijah je širil svoje strokovno znanje z udeležbo na številnih srečanjih slovenske kovinskopredelovalne industrije, kjer se je razpravljalo o sodobnih trendih predelave materialov. Prof. Gologranc je za slovensko stroko napisal tudi učbenike s področja preoblikovanja, prvega Tehnika preoblikovanja že leta 1963, nekaj let kasneje pa še Uvod v preoblikovanje ter Preoblikovanje 1. del in Preoblikovanje 2. del – Masivno preoblikovanje.

Ob koncu pregleda dela prof. dr. Franca Gologranca lahko zapišem, da nam je s svojo vztrajnostjo, energijo, iznajdljivostjo in raziskovalnim duhom še ob svojem visokem jubileju zgled znanstvenika, ki je svoje življenje posvetil razvoju nove znanstvene stroke – preoblikovanja kovin. V čast mi je, da lahko na tem znanstvenem področju nadaljujem njegovo delo.

Spoštovanemu profesorju ob izjemnem življenjskem jubileju v imenu avtorja prispevka in celotnega uredništva revije Ventil iskreno čestitamo, želimo veliko zdravja, zadovoljstva in osebne sreče.

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2025 - ASM '25

04. decembra 2025
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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

FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

S TEHNOLOŠKIMI NADGRADNJAMI

ŠIRI MEJE ZNANOSTI (2. DEL)

Tanja Potočnik Mesarić

Fakulteta za strojništvo UL je svoje raziskovalne kapacitete razširila z najsodobnejšo opremo, ki omogoča še bolj poglobljene raziskave na različnih področjih. Opremo je sofinancirala Agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije. Predstavljamo nekaj ključnih instrumentov, ki pomembno prispevajo k razvoju znanstvenih spoznanj in inovacij.



Slika 1 : Robotizacija procesa laserskega usmerjenega nanašanja (nadgradnja) (Foto: IFP, d. o. o.)

Robotizacija procesa laserskega usmerjenega nanašanja (nadgradnja)

Proces laserskega usmerjenega nanašanja (LUN) je ena od dodatnih tehnologij. Proces LUN omogoča izdelavo lahkih kovinskih izdelkov kompleksnih oblik, ki se uporabljajo v letalski, avtomobilski, medicinski in orodjarski industriji. Robotizacija procesa LUN poleg zagotavljanja večje prilagodljivosti in natančnosti, ki sta potrebni pri izdelavi kompleksnih oblik, omogoča razširitve obstoječih raziskav samega procesa LUN in optimizacije poti nanašanja pri izdelavi izdelkov kompleksnih oblik.

Šestosni robot z dvoosno pozicionirno enoto omogoča večjo prilagodljivost ter raziskave na področju optimizacije poti nanašanja pri izdelavi izdelkov kompleksnih oblik.

Dr. Tanja Potočnik Mesarić, univ. dipl. soc.,
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

Dodajna tehnologija s procesom LUN omogoča izdelavo kompleksnih struktur, ki jih s tradicionalnimi metodami ni mogoče doseči. Robotiziran sistem za LUN je eden redkih te vrste v Sloveniji in predstavlja pomembno pridobitev za raziskave in razvoj naprednih izdelovalnih procesov.

Aktivna računalniško krmiljena temperaturna komora, kompatibilna z univerzalno napravo za preizkušanje materialov

Napredna temperaturna komora omogoča natančno nadzorovane preizkuse materialov pri različnih temperaturnih režimih. Integracija z univerzalno napravo za testiranje omogoča izvajanje mehanskih testov pod realnimi pogoji. Takšen sistem je ključen za raziskave na področju aeronavtike, gradbeništva in avtomobilske industrije, kjer se materiali uporabljajo v ekstremnih okoljskih pogojih.



Slika 2 : Aktivna računalniško krmiljena temperaturna komora, kompatibilna z univerzalno napravo za preizkušanje materialov (Foto: IFP, d. o. o.)

Glavne značilnosti sistema:

- ▶ natančen nadzor temperature z visoko stabilnostjo,
- ▶ kompatibilnost z različnimi merilnimi sistemi za široko uporabo,
- ▶ možnost simulacije ekstremnih okoljskih pogojev, kar omogoča testiranje materialov v različnih aplikacijah.

Komora omogoča raziskovalcem izvajanje testov, ki simulirajo razmere od polarnih temperatur do temperatur ognja. S tem se izboljšuje razvoj novih materialov z večjo odpornostjo na temperaturne obremenitve.

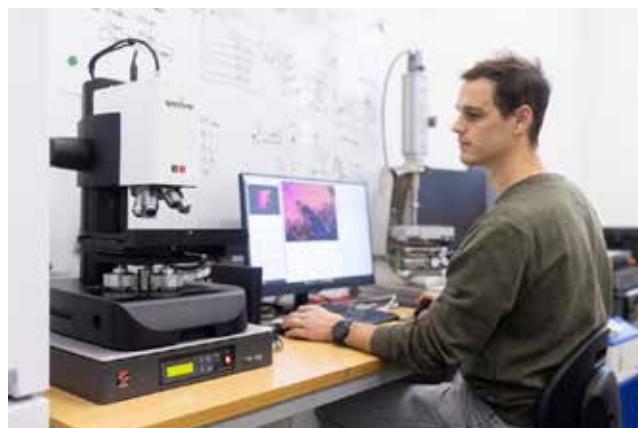
Sklopljen sistem za pripravo in karakterizacijo površin, narejenih po meri z namenom manipulacije večfaznih tokov

Ta sistem omogoča napredno analizo in pripravo površin za nadzor večfaznih tokov. Uporablja se za razvoj novih materialov z izboljšanimi lastnostmi v interakciji s tekočinami in plini. Takšni sistemi se uporabljajo v kemijski in farmacevtski industriji, pa tudi v razvoju naprednih hladilnih sistemov.

Glavne značilnosti:

- ▶ natančno prilagojena površinska obdelava za optimizacijo interakcije s fluidi,
- ▶ integracija z eksperimentalnimi metodami za izboljšano karakterizacijo materialov,
- ▶ možnost raziskav v različnih aplikacijah – od biomedicine do industrijskih procesov.

Sistem je izjemno pomemben pri raziskavah kapi-



Slika 3 : Sklopljen sistem za pripravo in karakterizacijo površin, narejenih po meri z namenom manipulacije večfaznih tokov (Foto: IFP, d. o. o.)

larnih pojavov, površinske napetosti in hidrofobnih premazov, ki lahko izboljšajo učinkovitost energetskih naprav in medicinskih aplikacij.

Najsodobnejša oprema Fakultete za strojništvo UL omogoča raziskovalcem izvedbo eksperimentalnih analiz na najvišji ravni, kar prispeva k razvoju inovativnih in trajnostnih tehnoloških rešitev. Omenjena oprema predstavlja pomemben korak k razvoju naprednih materialov in optimizaciji industrijskih sistemov. Širok spekter industrijskih in raziskovalnih aplikacij, ki jih omogoča ta oprema, Slovenijo postavlja na zemljevid tehnološkega razvoja v svetovnem merilu.

Za dodatne informacije in možnosti sodelovanja se lahko obrnete na rr@fs.uni-lj.si.



Obiščite nas na Mednarodnem industrijskem sejmu med 8. in 11. aprilom 2025!



www.fs.uni-lj.si rr@fs.uni-lj.si

Sledite nam



UNIVERZA
V LJUBLJANI

FS

Fakulteta
za strojništvo

IZOBRAŽEVANJE OSNOVE HIDRAVLIKE HID-1 IN HID-2 V OKVIRU AKTIVNOSTI CENTRA ZA VSEŽIVLJENJSKO UČENJE FAKULTETE ZA STROJNIŠTVO UNIVERZE V MARIBORU

V sklopu Centra za vseživljenjsko učenje Fakultete za strojništvo Univerze v Mariboru je med 9.1. in 26.2.2025 v izvedbi Laboratorija za oljno hidravliko (LaOH) potekalo strokovno izobraževanje Osnove hidravlike HID-1 in HID-2. Program, zasnovan za inženirje in tehnike, ki želijo poglobiti svoje znanje s področja hidravličnih sistemov, je bil odlično sprejet med udeleženci.

Interaktivna predavanja in praktični preizkusi

Izobraževanje je bilo zasnovano tako, da je združevalo teoretična predavanja s praktičnimi vajami, kar je omogočilo boljše razumevanje hidravličnih komponent in njihovih funkcij. Udeleženci so posebej izpostavili interaktivnost predavanj in kakovost vsebine: *»Predavanja so se mi zdela zelo interaktivna, vsebina je bila zelo dobro predstavljena. Zelo dober splošni pregled.«*

Pri praktičnih preizkusih so udeleženci lahko spoznali delovanje različnih hidravličnih komponent z vizualnimi predstavitvami in prerezi sistemov. Nekateri so bili nad tem posebej prijetno presenečeni: *»Presenetila me je količina praktičnih preizkusov in vizualna predstavitev komponent, kot so različni prerezi komponent.«*

Vloga predavatelja in priporočila za prihodnje udeležence

Predavatelja prof. dr. Darko Lovrec in izr. prof. dr. Vito Tič sta s svojim pristopom k poučevanju navdušila udeležence, saj sta uspela snov predstaviti na razumljiv in zanimiv način. Eden od udeležencev je izpostavil: *»Presenetil me je profesor, ki je zelo interaktivno izvajal vaje, za kar sem izjemno vesel.«*

Na podlagi pridobljenega znanja in izkušenj udeleženci izobraževanje zelo priporočajo in poudarjajo, da je bilo intenzivno in izjemno poučno: *»Izobraževanje bi toplo priporočal vsem, saj je zelo intenzivno in pridobiš ogromno novega znanja. Predavanja so bila zelo dobra, na visokem nivoju.«*



Delovanje in funkcija hidravličnih komponent – shematsko in fizično



Udeleženci smo poslušali razlago in hkrati ugotavljali: "Kaj, kam in zakaj"

Nadaljevalni program HID-2

V LaOH FS Maribor je med 20. in 26. februarjem 2025 potekalo tudi nadaljevalno izobraževanje HID-2. Predavateljem in izvajalcem vaj se je pridružil tudi Marijan Sagadin, univ. dipl. inž., eden vodilnih inženirjev s področja hidravlične pogonske in krmilne tehnike v Sloveniji. Njegova bogata strokovna znanja in izkušnje so dodatno obogatili program in omogočile še bolj poglobljeno razumevanje kompleksnih hidravličnih sistemov.

Zaključek

Izobraževanje Osnove hidravlike HID-1 in HID-2 v izvedbi Laboratorija za oljno hidravliko v okviru Centra za vseživljenjsko učenje Fakultete za strojništvo, UM, je ponovno potrdilo na eni strani željo

po znanju in na drugi strani visoko kakovost izvedbe. Kombinacija teoretičnih predavanj, praktičnih preizkusov in interaktivnega pristopa predavateljev je prispevala k visokemu zadovoljstvu udeležencev in pridobivanju koristnih znanj za prakso. Glede na pozitiven odziv bo program tudi v prihodnje predstavljal pomemben del strokovnega izobraževanja na področju hidravlike.

Vsa izobraževanja so za udeležence iz industrije brezplačna do konca septembra 2025. Več informacij o že izvedenih in prihajajočih izobraževanjih na FS UM je na voljo na spletni strani Centra za vseživljenjsko učenje FS UM - <https://cvu.fs.um.si/po-nudba-izobrazevanj>.

Dragan Grgič,
Nevija d.o.o., Maribor

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



Vitka proizvodnja.

item. Your ideas are worth it.®

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

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

PROF. DR. FRANC KOSEL PREJEL NAZIV ZASLUŽNEGA PROFESORJA UNIVERZE V LJUBLJANI

Na slovesnosti ob tednu Univerze v Ljubljani je Univerza v Ljubljani podelila nazive zaslužna profesorica in zaslužni profesor. Ponosni smo, da je naziv prejel tudi naš upokojeni profesor prof. dr. Franc Kosel.



Prof. dr. Franc Kosel (Foto: Bor Slana, STA)

Naziv zaslužni profesor Univerze v Ljubljani je eno najvišjih priznanj, ki ga Univerza podeljuje upokojenim visokošolskim učiteljem za izjemne dosežke na področju znanstvenoraziskovalnega, pedagoškega in mentorskega dela ter za pomemben prispevek k razvoju svoje stroke in družbe.

Prof. dr. Franc Kosel izkazuje izjemen opus na svojem znanstvenoraziskovalnem, pedagoškem in strokovnem področju. Z zavzetim in nesebičnim delovanjem je kot nekdanji dekan Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani in zvest sodelavec Univerze v Ljubljani postavil visoke etične in strokovne standarde ter vtisnil neizbrisen pečat razvoju in krepitvi ugleda Fakultete v mednarodnem merilu ter gospodarstvu in družbi kot celoti.

Iskrene čestitke!

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

PROF. DR. MITJAN KALIN POSTAL REDNI ČLAN EVROPSKE AKADEMIJE ZNANOSTI IN UMETNOSTI



Prof. dr. Mitjan Kalin

Evropska akademija znanosti in umetnosti združuje 1900 eminentnih strokovnjakov iz cele Evrope. Med njimi je tudi 28 dobitnikov Nobelovih nagrad.

Akademija si prizadeva za interdisciplinarno sodelovanje znanstvenikov vseh disciplin. Njen namen je analizirati pomembne družbene izzive in pomagati pri reševanju kompleksnih problemov za blaginjo prihodnosti Evropejcev.

Iskrene čestitke!

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

PRILOŽNOSTI INDUSAC ZA PODJETJA IN RAZISKOVALCE

Institut »Jožef Stefan« je koordinator evropskega projekta INDUSAC (<https://indusac.eu/>), katerega namen je razvoj metodologije za spodbujanje povezovanja študentov in raziskovalcev z gospodarstvom.



INDUSAC



Priložnosti za podjetja:	Priložnosti za študente:
Kako lahko sodelujete? Pripravite izziv za študente & raziskovalce. Kako oddate izziv? Preverite pogoje razpisa in se registrirate na platformi za oddajo izziva. Do kdaj? Najkasneje do marca 2025. Zakaj sodelovati? - Brezplačna rešitev izziva & - izkušnje s potencialnim kadrom.	Kako lahko sodelujete? V mednarodni ekipi treh članov rešite izziv. Kako oddate prijavo? Preverite pogoje razpisa in se registrirate na platformi za oddajo prijave. Do kdaj? Najkasneje do aprila 2025. Zakaj sodelovati? - Do 1000 EUR bruto na rešen izziv & - sodelovanje s potencialnim delodajalcem, - krepitev kompetenc.



[www.indusac.eu](https://indusac.eu)


V okviru INDUSAC-a podjetja pripravijo kratke izzive – probleme, ki jih nato študentje in raziskovalci v mednarodnih ekipah treh članov rešijo v 4–8 tednih.

Podjetja dobijo rešitev izziva in izkušnje s potencialnim kadrom, študentje pa nagrado v višini do 1000 EUR bruto za uspešno rešen izziv, možnost sodelovanja s potencialnim delodajalcem in krepitev kompetenc na realnih gospodarskih izzivih.

Podjetja, če vas zanima sodelovanje s študenti iz cele Evrope, lepo vabljeni k oddaji izzivov do marca 2025. Preverite razpis za podjetja in oddajte izziv: <https://indusac.eu/open-call/>.

Študentje, če vas zanima sodelovanje s podjetji širom Evrope v mednarodni ekipi študentov in bi želeli za rešen izziv prejeti do 1000 EUR bruto, vabljeni k izboru izziva, ki vas zanima, in oddaji prijave za rešitev izziva do aprila 2025 (roki za prijavo: 28. 2. 2025, 31. 3. 2025 in 15. 4. 2025). Preverite razpis za študente in raziskovalce in oddajte prijavo: <https://indusac.eu/open-call-for-students-researchers>.

Od začetka trajanja razpisa za podjetja, ki pripravijo gospodarske izzive, in razpisa za študente in raziskovalce, ki se prijavijo za reševanje teh izzivov, smo zbrali več kot 130 gospodarskih izzivov od več kot 90 podjetij širom Evrope ter podprli več kot 43 mednarodnih ekip, ki so te izzive reševale.

V primeru vprašanja smo vam sodelavci Instituta »Jožef Stefan« z veseljem na voljo na elektronskem naslovu: indusac@ijs.si.

Urška Mrgole, Institut »Jožef Stefan«

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

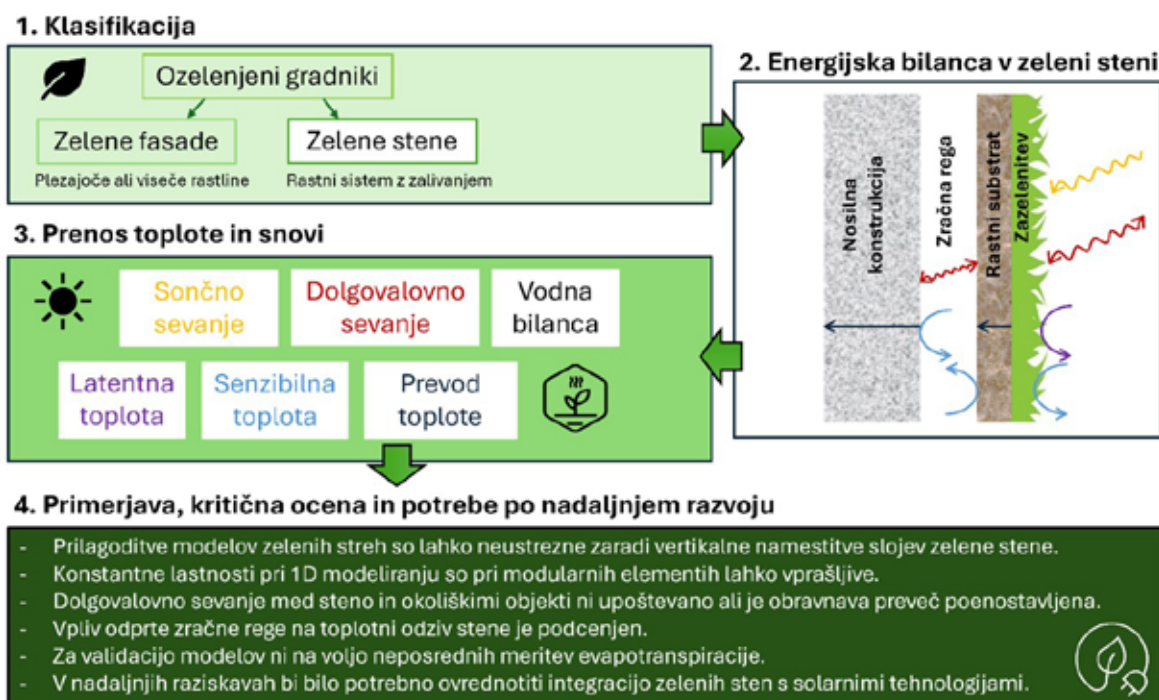
REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

VENTIL

TRAJNOSTNO HLAJENJE MEST: ZNANOST ZA OZELENJENIMI STENAMI

Z nadaljnjim širjenjem urbanih območij se povečujejo izzivi, povezani s povečevanjem toplotnih otokov in slabšanjem bivalnih razmer v mestih. Obetavna rešitev je vertikalna ozelenitev stavb z zelenimi stenami, ki ne le izboljšujejo mestno estetiko, ampak tudi prispevajo k okoljski trajnosti.

Modeliranje toplotnega odziva zelenih sten: pregled literature



Raziskovalci *Laboratorija za okoljske tehnologije v zgradbah (LOTZ)* so izvedli obsežno raziskavo, ki se osredotoča na kompleksne procese prenosa toplote in snovi v zelenih stenah. Raziskava, objavljena v reviji *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (**IF = 16.3**), poudarja ključno vlogo, ki jo imajo zelene stene pri hlajenju urbanih okolij, zmanjševanju rabe energije v stavbah in izboljšanju splošnih bivalnih pogojev na gosto poseljenih območjih.

Zelene stene so za razliko od tradicionalnih stavbnih fasad aktivno integrirane z okolico. Pomagajo ublažiti učinek toplotnih otokov v mestih s hlajenjem zraka s procesi evapotranspiracije in senčenja. Kljub njihovi naraščajoči priljubljenosti pa ostaja toplotni odziv zelenih sten premalo raziskan, še posebej v smislu natančnega modeliranja.

Raziskava predstavlja prvi izčrpen pregled obstoječih modelov in analizo kompleksne interakcije prenosa toplote in snovi znotraj zelenih sten. Čeprav mnogi modeli črpajo znanje iz tehnologije zelenih

streh, pogosto ne obravnavajo posebnosti vertikalnih zelenih struktur, še posebej v gosto poseljenih mestnih okoljih.

Eno izmed pomembnih odkritij raziskave je pomanjkljivost trenutnih modelov pri upoštevanju razlik v lastnostih, kot je vsebnost vlage v različnih moduli zelene stene, kar lahko močno vpliva na toplotni odziv. Poleg tega raziskava izpostavlja podcenjevanje vpliva zračne reže za zeleno steno na njene toplotne lastnosti.

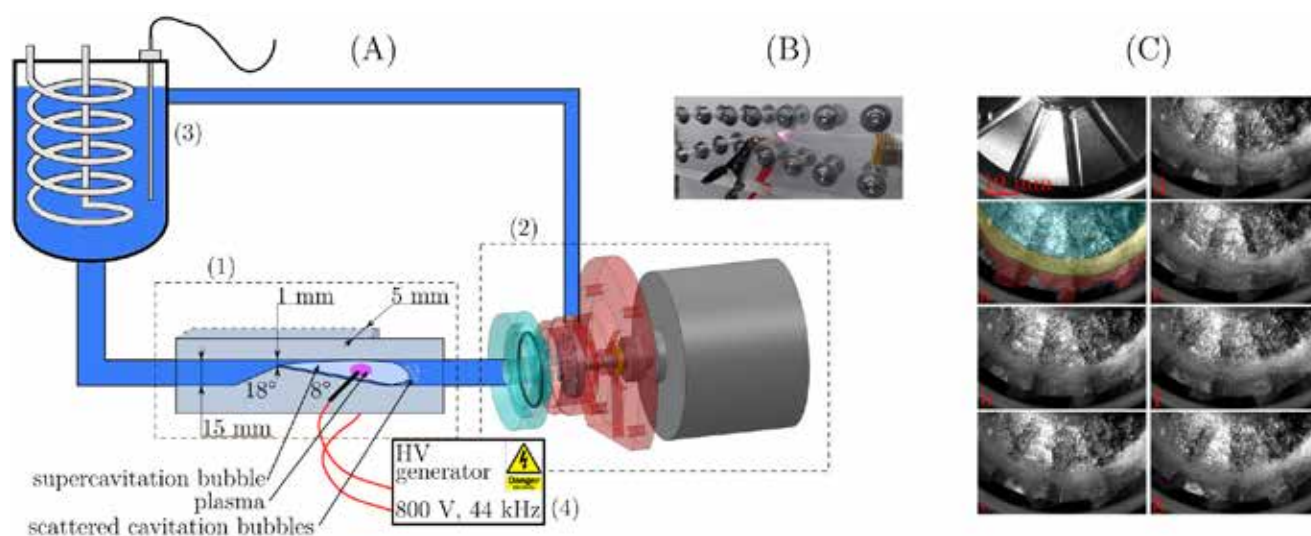
Za obravnavo teh vrzeli skupina poudarja potrebo po nadaljnjem razvoju matematičnih modelov, ki upoštevajo širši spekter okoljskih dejavnikov in bolj kompleksno izbrane robne pogoje. S tem bi lahko izboljšali načrtovanje in implementacijo zelenih sten, ki bi bile ne samo učinkovitejše in trajnostne, ampak tudi bolj predvidljive glede prihrankov energije in nadzora urbanih klimatskih razmer.

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

ODSTRANJEVANJE ZDRAVILNIH UČINKOVIN S KOMBINACIJO SUBATMOSFERSKE PLAZME IN (SUPER)KAVITACIJE

Raziskovalci Laboratorija za vodne in turbinske stroje (LVTs) so skupaj z raziskovalci iz Instituta »Jožef Stefan« (IJS) in Fakultete za farmacijo (FFA) raziskovali učinkovitost razgrajevanja 10 mikroonesnažil s kombinacijo subatmosferske plazme in (super)kavitacije. Za namene raziskave so optimizirali že patentirano napravo (*Slika 1*) in rezultate študije objavili v reviji *Ultrasonics Sonochemistry* (IF = 8.7).



Slika 1: (A) Shematski prikaz naprave, kjer se plazma generira v (super)kavitacijskem oblaku. (B) Slika nastanka plazme v Venturijeви zožitvi. (C) Vizualizacija kavitacije v rotacijskem generatorju hidrodinamske kavitacije.

Obstojnost in toksičnost mikroonesnaževal v pitni in odpadnih vodah zahtevata razvoj učinkovitih in trajnostnih metod obdelave za zaščito vodnih virov. V tej študiji smo sistematično preizkusili učinkovitost in uspešnost nove kombinacije dveh naprednih oksidacijskih procesov – plazme, generirane pri subatmosferskem tlaku v (super)kavitacijskem oblaku, in hidrodinamične kavitacije – za odstranjevanje mešanice valsartana, sulfametoksazola, trimetoprima, naproksena, diklofenaka (DF), tramadola, propifenazona, karbamazepina, 17 β -estradiola (E2) in bisfenola A (BPA) v deionizirani vodi v koncentraciji 100 $\mu\text{g/L}$.

Rezultati so pokazali, da se preiskovane spojine odstranjujejo v različnih stopnjah (29–99 %), kar je najverjetneje najbolj odvisno od njihovih fizikalno-kemijskih lastnosti. Najvišje odstranitve (≥ 89 %) smo dosegli v primeru E2, BPA in DF, kar je zelo spodbudno, saj se lahko škodljivi učinki teh spojin na okolje začnejo pojavljati že pri koncentracijah v območju od sub-ng/L do $\mu\text{g/L}$. Energijska učinkovitost združene naprave pri optimalnih eksperimentalnih pogojih je primerljiva z ostalimi napravami,

opisanimi v literaturi. Naši rezultati kažejo, da ima nova obdelava s plazmo in kavitacijo potencial, ki bi lahko bil dragocen za prihajajoče regulativne zahteve na področju EU.

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
VENTIL

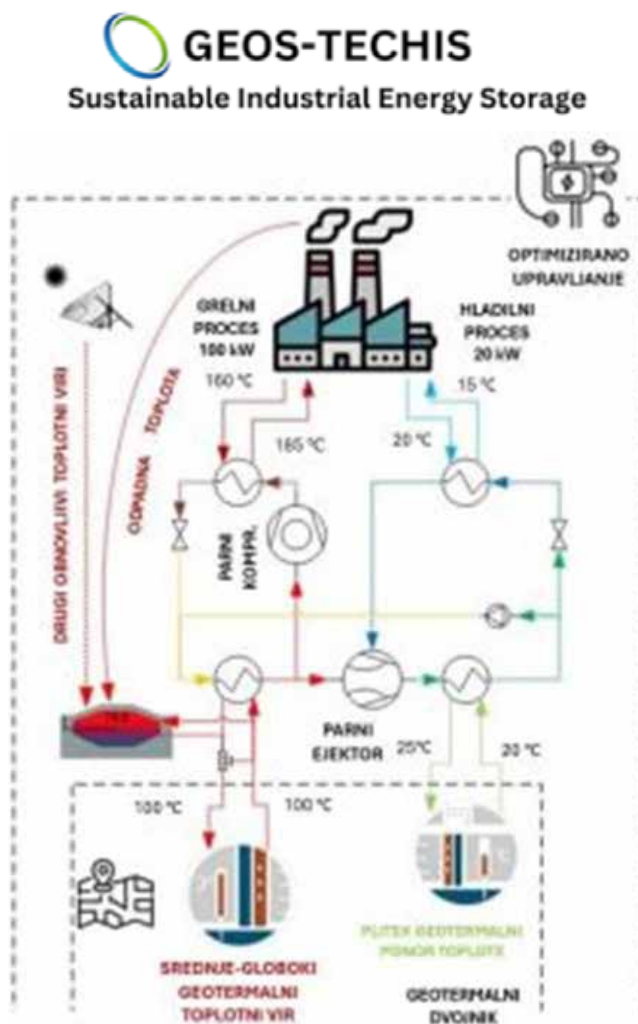
GeoS-TECHIS: INOVATIVNE REŠITVE ZA DEKARBONIZACIJO INDUSTRIJSKIH TERMIČNIH PROCESOV Z UPORABO GEOTERMALNE ENERGIJE

Izr. prof. dr. Uroš Stritih je s svojo raziskovalno skupino iz Laboratorija za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko ter klimatizacijo (LOSK) Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani v sklopu HORIZON-CL5-2024-D3-01 (Sustainable, secure and competitive energy supply) pridobil projekt GeoS-TECHIS, ki bo preko zasnove sistema, ki izkorišča geotermalno energijo, sončno energijo in odpadno industrijsko toploto kot vire toplote, ter preko tehnologij visokotemperaturnih toplotnih črpalk in podzemnega visokotemperaturnega shranjevanja toplote pripomogel k zmanjšanju ogljičnega odtisa industrije za več kot 70 %.

Industrija se sooča z vedno večjimi izzivi pri zagotavljanju energetske učinkovitosti in trajnosti, saj povečana raba obnovljivih virov energije zahteva napredne rešitve za shranjevanje energije, kar predstavlja izziv za stabilnost in odpornost energetske intenzivnih panog. V prizadevanju za zmanjšanje vpliva na okolje je ključna smer razvoja tehnologij, ki omogočajo bolj trajnostno ogrevanje in hlajenje. V ospredju teh prizadevanj so visokotemperaturne toplotne črpalke na paro (HTHP), ki lahko delujejo pri temperaturah nad 150 °C, in ejektorski hladilni sistemi, ki namesto na okolju nevarnih sintetičnih hladilnih sredstvih (hidrofluorolefina) temeljijo na naravnih hladilih.

Projekt GeoS-TECHIS cilja na dekarbonizacijo industrijskih termičnih procesov, ki trenutno predstavljajo približno 20 % svetovne porabe energije in so pretežno odvisni od fosilnih goriv. Projekt bo k zmanjšanju ogljičnega odtisa industrije odločilno prispeval z integracijo visokotemperaturnih toplotnih črpalk v kombinaciji z geotermalnimi viri energije in sistemi za podzemno shranjevanje toplote. S tem bodo industrije lahko izkoristile odpadno toploto ali odvečno toploto iz obnovljivih virov in jo ponovno uporabile v kasnejših fazah ter tako povečale energetske učinkovitost. GeoS-TECHIS prav tako stremi k razvoju novih tekočin za prenos toplote in naprednih rešitev za shranjevanje toplote nad 90 °C, kar je ključnega pomena za uspešno delovanje teh sistemov. S takšno kombinacijo tehnologij bo projekt omogočil industriji, da se premakne proti trajnostni prihodnosti z bistveno manjšim ogljičnim odtisom in učinkovitejšo rabo energije.

Kot eden izmed vključenih partnerjev bo Fakulteta za strojništvo UL vodila del projekta, ki se navezuje na raziskovanje in izbiro najsodobnejših konceptov za podzemno visokotemperaturno shranjevanje toplotne energije (UTES), pri čemer bo veliko pozornost namenila vplivom konstrukcijskih parametrov shranjevalnikov in njihovemu modeliranju v



Koncept projekta GeoS-Techis. Projekt GeoS-TECHIS obsega raziskave in razvoj na področjih, kot sta termodinamika in prenos toplote, vključno z numeričnim in eksperimentalnim delom, pridobivanjem in shranjevanjem geotermalne energije, obnovljivih virov energije, napredno digitalizacijo ter družbeno in okoljsko oceno, vse skupaj z namenom dekarbonizacije industrije, kot je grafično prikazano na sliki 1.

tesnem sodelovanju z industrijo za končno postavitev pilotnega projekta. »V sklopu projekta bomo prav tako oblikovali hibridna orodja za digitalno modeliranje in optimizacijo industrijskih toplotnih procesov, ki bodo podjetjem pomagala pri optimizaciji njihovih energetskega sistemov ter jim omogočila lažji prehod na razogljičenje,« je o projektu povedal izr. prof. dr. Uroš Stritih.

Skupna vrednost triletnega projekta znaša nekaj več kot 3 milijone eurov, medtem ko je raziskovalna skupina izr. prof. dr. Uroša Stritiha prejela financi-

ranje v višini nekaj več kot 203 tisoč evrov. Poleg Fakultete za strojništvo, so partnerji projekta tudi EnginSoft SpA (Italija), Fundacion Instituto Tecnológico de Galicia (Španija), SINTEF energi AS (Norveška), Acondicionamiento Tarrasense Asociacion (Španija), FRAUNHOFER Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. (Nemčija), University of Stuttgart (Nemčija), Kauman (Španija), Aitown S. (Italija), Fortrino (Luksmeburg) in Ceo2 green (Španija).

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

 **Celjski sejem**

Mednarodni industrijski sejem

8.-11. APRIL 2025



**ZA ODLIČEN PRITISK
... IN IDEALNO TEMPERATURO!**

- » Membranski akumulatorji
- » Akumulatorji z mehurjem
- » Hladilniki z motorjem
- » Oljno/zračni hladilniki



www.hennlich.si

HENNICH d.o.o., Ul. Mirka Vadvna 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 041 302 077

O NOVI INDUSTRIJSKI PARADIGMI INDUSTRIJI 5.0 TUDI V STRATEGIJI EVROPSKE KOMISIJE

Janez Škrlec

V novo industrijsko paradigmo 5.0 se je v zadnjih letih (2020–2024) intenzivno vključila tudi Evropska komisija. Glavna prednost industrije 5.0 pred industrijo 4.0 bo predvsem v povečanem sodelovanju med ljudmi in pametnimi sistemi ter napravami. Evropska industrija naj bi bila ključno gonilo gospodarskih in družbenih prehodov in ostala motor evropske blaginje, zato mora biti usmerjena v digitalizacijo in zeleni prehod ter krožno gospodarstvo.



Bionika prihodnosti (www. Freepik)

Ta pristop domnevno zagotavlja realno vizijo industrije in pospešuje učinkovitost in produktivnost kot strateško pomembna cilja ter krepi vlogo in prispevek industrije v družbi. Dobro počutje delavca se izrazito postavlja v središče proizvodnega procesa, ki uporablja nove tehnologije za zagotavljanje večje blaginje, hkrati pa dopolnjuje obstoječi pristop industrije 4.0 tako, da postavlja v ospredje raziskave in inovacije. Industrije imajo lahko dejavno vlogo pri zagotavljanju rešitev za družbene izzive, vključno z ohranjanjem virov, podnebnimi spremembami in socialno stabilnostjo. Pristop industrije prihodnosti po mnenju strategov prinaša koristi tako za industrijo, delavce in družbo. Opolnomoči delavce in obravnava razvijajoče se potrebe po spretnostih in usposabljanju zaposlenih. Povečuje konkurenčnost

industrije in pomaga pritegniti najboljše talente. Industrija 5.0 prispeva k trem prednostnim nalogam Evropske komisije: gospodarstvo, ki dela za ljudi, evropski zeleni dogovor in Evropa, primerna za digitalno dobo. Evropska komisija je doslej pripravila vrsto pomembnih pobud, upoštevajoč pomen digitalizacije, prehoda v krožno gospodarstvo, razvoja umetne inteligence ter pospeševanja raziskav in inovacij (industrijska strategija). Evropski komisiji svetuje ESIR – skupina vrhunskih strokovnjakov, ki usmerja prihodnost v transformativno politiko raziskav in inovacij. Po mnenju številnih strokovnjakov industrija 5.0 predstavlja konkretno vizijo prihodnosti evropske industrije, katere namen je doseči družbene cilje, ki presegajo delovna mesta in rast. Seveda pa bo čas pokazal, ali so načrtane smernice in strategije res tista prava in edina rešitev.

Kaj bo gonilo razvoja in kakšna bo dejanska vloga novih tehnologij? Ali bomo v prihodnosti lahko pokrili potrebe po strokovnih kadrih?

Danes je najhitrejši znanstveni in tehnološki razvoj značilen za področja mikro- in nanosistemov ter materialov v industriji, informacijskih in komunikacijskih sistemov, pa tudi za področja, ki imajo neposreden vpliv na človeka, na okolje, energijo, urbanizacijo in industrijsko infrastrukturo. Povečuje se želja po zamenjavi človeka s stroji in roboti. Prepoznavna se ogromen potencial na področju bionike, povezan z zdravstvom, medicino, industrijo in drugimi področji. Razvoj znanosti in tehnologije bo v prihodnosti brez dvoma tesno povezan s tehnologijami NBIC in DARQ, prav tako pa z omogočljivimi tehnologijami (ang. enabling technologies) in uporabo umetne inteligence in bionske rojeve inteligence. Razvoj avtomatizacije in robotike, digitalne transformacije, biotehnolo-

Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

gije, bionike in kognitivne znanosti ustvarja novo energetsko varnost za države, družbene subjekte in naravno okolje. Tehnologije za proizvodnjo, predelavo in distribucijo energije ustvarjajo skoraj neomejeno perspektivo rekonfiguracije obstoječih oblik življenja in njihove varnosti. Če upoštevamo vse izpostavljene smernice in strategije, se srečamo tudi z vprašanjem, kakšne strokovne kadre bomo potrebovali v prihodnosti in kdo bo te kadre v zadostni meri tudi izobraževal? Če upoštevamo vedno večjo vlogo bionike in biomimetike, povezane z industrijo, zdravstvom, medicino, pridemo do problema, da ciljno bioniko zaenkrat v Sloveniji izobražujejo le na višji in visoki šoli na Ptuju. Tam sicer izobražujejo bioniko v tehniki. Če na primer primerjamo študij bionike v Italiji, tam študenti pridobijo pomembna znanja na področjih nevroprotektike, vsadkov, biomimetike s smerjo oblikovanja robotskih platform, biomedicinske robotike, telerobotike, nosljivih in vsadljivih tehnologij, mikro-/nanotehnologij, naprednih simulacijskih okolij. Na podlagi njihove učne vizije se tam izvajajo uravnotežena predavanja, praktične razvojnoraziskovalne dejavnosti v laboratorijih. Študenti testirajo tudi socialne robote v pametnih okoljih za pomoč pri aktivnem staranju. Sodelujejo pri oblikovanju, razvoju in testiranju nevronske proteze, ki temeljijo na uporabi inženiringa živčnega tkiva in nevronskega vmesnika. Sodelujejo pri razvoju in testiranju

umetnih in bioumetnih organov ter so vključeni v razvoj sistemov, ki posnemajo naravna čutila. Sodelujejo pri analizi možganskih funkcij in razvoju novih metodologij za obdelavo možganskih slik. Študente bionike vključujejo v načrtovanje, razvoj in testiranje bioloških in biomimetičnih robotov, ki so sposobni reproducirati tako človeške kot živalske funkcije. Njihov učni načrt je osredotočen tudi na razvoj modelov humanoidnih in animaloidnih robotov, bionskih humanoidnih robotov, nosljivih robotov, bioničnih organov, platform za diagnostiko, rehabilitacijo, računalniško biomehaniko, na mikro-/nanorobote in biomateriale. Vsako leto v okviru projekta Ministrstva za visoko šolstvo, znanost in inovacije Stičišča znanosti in gospodarstva organiziramo predstavitev inovacij in dosežkov slovenske znanosti in gospodarstva. Zraven tega predstavimo tudi nove inženirske poklice in sodobne izobraževalne programe. V okviru naših predstavitev pa zasledimo problem, da bodo nove tehnologije in tehnološki procesi vedno bolj potrebovali tudi dovolj ustrezno izobraženih strokovnjakov, v naslednjih letih še zlasti inženirjev bionike, ki bodo povezani tako z industrijo kot z zdravstvom, medicino in drugimi področji. Letos v okviru Stičišča znanosti ob poudarku na inovacijah načrtujemo še večji poudarek na vprašanju izobraževanja sodobnih inženirskih poklicev in izobraževalnih programov – tudi bionike.

ŠTUDENSKA TEHNIŠKA KONFERENCA

Na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Ljubljani bo dne 04. 09. 2025 ob 9. uri organizirana Študentska tehniška konferenca »ŠTeKam«, na kateri bodo študentje prve in druge stopnje ter mladi raziskovalci tehnike in drugih študijskih smeri ter dijaki zaključnih letnikov predstavili rezultate svojega raziskovalnega dela.

Gre za že tradicionalno, enajsto študentsko tehniško konferenco. V lanskem letu je bilo predstavljenih in v zborniku izdanih 34 prispevkov, ki so pokrivali od tehničnih (strojništvo, arhitekturo, biotehnično) do ne tehničnih področij (ekonomske, družbene vede), tako slovenskih kot tujih fakultet. Tematike prispevkov so bile zelo raznolike, kar je dalo konferenci poseben pridih, saj so študentje in raziskovalci videli možnosti interdisciplinarnega povezovanja različnih tem in področij med seboj.

Tudi v letu 2025, bodo vsi sprejeti prispevki objavljeni v zborniku, ki bo zaveden v COBISS-u.

Posebej bo nagrajena tudi najboljša predstavitev na konferenci.



Več informacij najdete na spletni strani: <https://www.fs.uni-lj.si/studij/raziskovalna-dejavnost-studentov/studentska-tehniska-konferenca-stekam>.

Organizacijski odbor:

doc.dr. Tomaž Berlec, univ. dipl. inž. str.
Izr.prof.dr. Miha Brojan, univ. dipl. inž. str.
doc.dr. Boštjan Drobnič, univ. dipl. inž. str.

IMPLEMENTING LABORATORY COMPUTERIZED SYSTEMS IN PHARMACEUTICAL INDUSTRY: REGULATORY COMPLIANCE

Kristian Peklaj, Mitja Cerovšek

Abstract:

The implementation of computerized systems in pharmaceutical industry must meet the compliance with regulatory requirements, assure high level of data integrity (DI) and product quality. This study reviews European legislation, the European and U.S. pharmacopoeias, and global guidelines, such as GAMP 5 and ALCOA++, to identify the necessary standards and best practices. Key directives of European and U.S. legalisation emphasize the importance of system validation, quality risk management and secure data handling. The study highlights validation processes categorized by system complexity according to GAMP 5. Additionally, guidelines like ALCOA++ provide a robust framework for achieving DI throughout the data lifecycle. By adhering to these requirements, pharmaceutical manufacturers can ensure regulatory compliance, maintain high-quality standards and safeguard patient safety.

Keywords:

Compliance, computerized system, data integrity, GAMP 5, regulation, pharmacy, validation

1 Introduction

The pharmaceutical industry is a highly regulated environment where the implementation of a computerized system is a rather complex process. Any possible error that occurs in the process of drug manufacturing or drug testing can have a negative impact on patients who consume pharmaceutical products. Inadequate operation of a computerized system in pharmaceutical industry can lead to serious consequences. Therefore, it must be ensured that such a system is properly tested and fully validated before it is released to production. Validation must be approached strategically, with a clear goal of what is expected from the system. An important role in the validation process is played by the personnel responsible for system validation. Validation of the computerized system is usually carried out by experienced expert teams who have been working in a regulated pharmaceutical environment for a long time. It is specific knowledge that is difficult to acquire in formal education.

The research question of this study is: Can we meet compliance with European and U.S. regulatory frameworks, Good Manufacturing Practices (GMP), Good Laboratory Practices (GLP), and DI standards by following GAMP 5 and ALCOA++ guidelines?

This question emerges from the detailed exploration of various regulations and guidelines (EudraLex, European Pharmacopoeia, U.S. Pharmacopoeia, GAMP 5, ALCOA++, etc.), their role in ensuring compliance, and their application in the validation, documentation, and operation of laboratory computerized systems in the pharmaceutical sector. It focuses on understanding how these guidelines and regulations contribute to achieving regulatory compliance, improving DI, and ensuring the proper functioning of systems impacting the quality of results and documentation. Overall, the goal is to provide a clear framework for the validation of laboratory computerized systems, ensuring compliance with regulatory standards and maintaining system integrity throughout its lifecycle.

Kristian Peklaj, mag. inž., Novartis, d. o. o., Ljubljana, dr. Mitja Cerovšek, univ. dipl. inž., Iskra PIO, d. o. o., Šentjernej

© The Authors 2025. CC-BY 4.0

2 Theoretical foundations

The implementation of laboratory computerized systems in pharmaceutical manufacturing must align with strict regulatory standards to en-

sure compliance, data integrity (DI), and product quality. In the European Union, directives such as 2001/83/EC and 2017/1572 mandate GMP adherence, equipment validation, and robust documentation. Complementary GLP directives, like 2004/10/EC, ensure laboratories maintain secure, validated systems with traceable data and proper maintenance records. These directives are consolidated in EudraLex Volume 4, particularly Annex 11, which details requirements for computerized systems. The European Pharmacopoeia and European Directorate for the Quality of Medicines & Health-Care (EDQM) guidelines further provide standards for laboratory equipment validation, categorized by system complexity, ensuring reliability through phases like installation qualification (IQ), Operational qualification (OQ), and performance qualification (PQ). Similarly, in the U.S., the CFR 21 enforces GMP and GLP via sections like Part 11, which governs electronic records, signatures, and audit trails to secure data authenticity. Guidelines such as GAMP 5 and the ALCOA++ principles offer a structured approach for managing system lifecycles and ensuring DI. GAMP 5 emphasizes risk-based validation and traceability, while ALCOA++ highlights essential attributes like data being attributable, legible, contemporaneous, and traceable. Together, these frameworks establish a comprehensive, globally recognized foundation for implementing and managing computerized systems in pharmaceutical environments

3 Methods

The implementation of the laboratory computerized system must be carried out in accordance with the legislation and pharmacopoeias that must be followed in order to produce pharmaceutical products. Using the compilation method, the literature on the requirements of European legislation, the European and American Pharmacopoeia, and relevant guidelines was reviewed. From the obtained information, it was determined whether adherence to the guidelines meets the regulatory requirements.

3.1 Overview of European legislation

For pharmaceutical companies operating in the territory of the European Union, it is first and foremost important that they comply with European legislation. In the chapters below, the content of the directives that directly or indirectly refer to the computerized system discussed in this work is described.

Directive 2001/83/EC establishes the Community code for medicinal products for human use. It mandates that all processes in the pharmaceutical industry be validated and that equipment used in

manufacturing be detailed and validated. Equipment must also be accessible for inspection by authorized personnel. Manufacturers holding a license to produce drug products must adhere to GMP guidelines [1].

The GMP requires compliance with Commission Delegated Regulation (EU) No 1252/2014, which supplements Directive 2001/83/EC for active substances in medicinal products. Manufacturers must adhere to GMP principles, maintain Good Documentation Practice (GDP), and implement a quality risk management system. All production activities must be documented in real-time according to GDP, with proper batch records kept. Additionally, equipment must be properly designed and its use carefully planned [2].

Commission Directive (EU) 2017/1572 updates Directive 2001/83/EC on GMP for medicinal products for human use, replacing the outdated Directive 2003/94/EC. It applies to licensed manufacturers and importers, requiring member states to conduct regular inspections to ensure GMP compliance. The directive mandates proper planning and validation of premises and equipment to ensure product quality and minimize errors. A robust documentation system must be in place to guarantee DI, with data processing systems validated for proper storage and accessibility. Electronic data must be protected from unauthorized access, loss, or damage, with backup copies and an audit trail. Deviations from procedures and product issues must be documented and investigated. Additionally, any significant changes or new processes affecting production must be validated [3].

Directive 2004/9/EC requires EU member states to inspect laboratories for compliance with GLP as outlined in Directive 2004/10/EC. The goal of GLP is to ensure consistency across member states, allowing test results from one laboratory to be accepted by others. Inspections focus on ensuring proper record-keeping for equipment maintenance, calibration, and validation. Raw data from automated systems must be properly documented and archived, with any changes justified and signed by authorized personnel. Computer systems must be secure, accurate, and protected against unauthorized changes. Malfunctions must be investigated and documented. Study results should be complete and consistent with raw data. Access to archived data is restricted to authorized personnel, and all access is logged. Additionally, equipment must be properly calibrated, maintained, and serviced during inspections [4].

Directive 2004/10/EC aims to harmonize regulations related to GLP for non-clinical safety testing of various products. It emphasizes the use of validated computerized systems for data acquisition, storage, and environmental control, requiring these

systems to be properly designed, maintained, and calibrated. All data must be accurately recorded, signed, and dated by the responsible person. Proper documentation of equipment maintenance, calibration, and system validation is also required to ensure compliance with GLP standards [5].

In order to meet the requirements of the directives examined in the previous chapters, the European Commission prepared a collection of rules and regulations governing drug products in the European Union called EudraLex. EudraLex consists of ten parts, with Volume 4 being relevant to this case, as it contains the GMP Guidelines for medicinal products for human and veterinary use. Volume 4 includes several chapters that were studied in more detail:

- ▶ Chapter 3 - Premise and Equipment
- ▶ Chapter 4 - Documentation
- ▶ Annex 11 - Computerised Systems
- ▶ Annex 15 - Qualification and validation [6].

3.2 Overview of the European pharmacopoeia

The European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) is a comprehensive document available online with the appropriate license. While reviewing the introductory pages, it was noted that the general working principles are described in individual regulatory guidelines, which are freely available on the EDQM website [7]. Therefore, during further research between the chapters in the Ph. Eur., no concrete regulations on computerized systems, the validation of computerized systems, or the qualification of laboratory equipment were detected. The research was then continued within the EDQM regulatory guidelines. The first relevant document discovered was entitled "Qualification of equipment - basic document." This document aims to harmonize the requirements of the ISO/IEC 17025 standard for testing and calibration laboratories within the network of official medicine control laboratories (OMCL). It consists of four brief chapters:

- ▶ Selection of instruments and suppliers
- ▶ Installation and release for use
- ▶ Periodic and motivated instrument checks
- ▶ In-use instrument checks [7].

The validation of computerized systems is essential to ensure DI and the proper functioning of systems impacting the quality of results, document control, and data storage. The validation guidelines categorize systems into exempted, simple, and complex systems, with different validation requirements for each. For all systems, manufacturers must maintain an inventory including system identification, purpose, validation status, storage location, and responsible person. Systems must be validated

before use to ensure they meet the user's requirements (URS). The scope of validation depends on system complexity, with more complex systems requiring extensive testing. If a supplier is part of a verified program, OMCL may rely on their tests, reducing the validation scope to PQ. A Qualification Plan (QP) outlines the validation activities, including review of URS, test strategy, and performance criteria. The plan must be approved by relevant stakeholders before execution. If additional testing or revisions are required, the plan can be updated. The validation process includes several stages, such as Installation IQ, OQ, and PQ for complex systems, and culminates in a Qualification Report (QR) that confirms the system's suitability for use. Deviations during validation must be documented and assessed for their impact. Validated systems require periodic inspections to maintain their validated state. They must be protected against intrusions and physical damage (e.g., fire, power outages) and accessible only to authorized personnel with personalized login credentials. Audit Trails (AT) must record system events, such as user logins, data changes, and system activities, and cannot be disabled by users. For systems supporting electronic signatures, a declaration must confirm their equivalence to manual signatures. DI must be ensured, including regular backups, secure storage, and a clear recovery policy in case of system failure. Software versions should be archived, and change control procedures must be documented for system updates or modifications. Major changes, such as replacing hardware, require full re-validation. Finally, user training is mandatory, both for initial system use and for updates or changes, ensuring users are informed about relevant system changes and procedures [8].

3.3 Review of U.S. pharmacopeia

The American non-profit organization U.S. Pharmacopeia (USP) prescribes the use of the Code of Federal Regulations (CFR). The CFR is publicly available online, where the contents of all 50 titles covered by the Code can be accessed. Title 21, which pertains to the field of food and medicine, is relevant to their study. Title 21 includes over 1,400 parts of the code that prescribe requirements to be observed in the field of food and drugs. Several chapters are therefore relevant to this study. Related to GMP, the following addresses can be found:

- ▶ Part 210 - Current good manufacturing practice in manufacturing, processing, packing, or holding of drugs
- ▶ Part 211 - Current good manufacturing practice for finished pharmaceuticals
- ▶ Part 58 - Good laboratory practice for nonclinical laboratory studies
- ▶ Part 11 - Electronic records; electronic signatures [9].

The review of Part 58 and Part 11 regulations focuses on adherence to GLP, excluding clinical laboratory studies. The regulations require that equipment must be clean, calibrated, validated, and well-maintained. Proper procedures for equipment use must be available, and personnel must be trained. Test data must be properly stored, with access limited to authorized personnel. Additionally, equipment used for data generation or environmental control must be appropriately designed and have sufficient capacity to function properly [10]. Part 11 regulates computerized systems, focusing on electronic records and electronic signatures. It is required by the FDA for all regulated processes. The regulations are divided into sections that cover:

Subpart B – Electronic records

- ▶ 11.10 Controls for closed systems (13 requirements)
- ▶ 11.30 Controls for open systems (1 requirement)
- ▶ 11.50 Signature manifestations (5 requirements)
- ▶ 11.70 Signature/record linking (1 requirements) [11].

Subpart C – Electronics signatures

- ▶ 11.100 General requirements (5 requirements)
- ▶ 11.200 Electronic signature components and controls (7 requirements)
- ▶ 11.300 Controls for identification codes/passwords (5 requirements) [12].

It is necessary to include these requirements in the URS document and thus require supplier to comply with 21 CFR Part 11.

3.4 Review of guidelines

In order to optimally integrate the findings from the previous chapter into consideration, the guidelines were also examined. The findings of the study should ensure compliance with regulatory requirements. Several different guidelines were studied. The focus of the study is on the GAMP 5 guidelines, which ensure the regulatory compliance of computerized systems, and the ALCOA++ guidelines, which ensure the achievement of the appropriate level of DI and GDP.

3.4.1 GAMP 5

GAMP 5 guidelines provide best practices for managing computerized systems throughout their lifecycle, which is divided into four phases: concept, project, operation, and retirement. In the concept phase, companies evaluate automation opportunities, assess benefits and drawbacks, and decide whether to proceed with purchasing the system. A Initial Risk Assessment (IRA) is required before moving to the project phase, which includes planning, preparing technical specifications, configuring the system, and creating test documentation. After successful validation, the system is confirmed for regular use. The guidelines emphasize risk reduction, and traceability of activities, particularly for more complex systems. Roles and responsibilities of both the buyer and supplier are also clearly defined throughout the lifecycle [13].

GAMP 5 categorizes computerised systems into 4 categories that differ from each other in configurability and customization (the higher the category, the higher level of configurability and customization the computerised system achieves). GAMP 5 thus describes 4 different categories of computerised systems:

- ▶ Category 1 - Infrastructure Software
- ▶ Category 3 - Standard system components
- ▶ Category 4 - Configurable components
- ▶ Category 5 - Applications and components that are custom made [13].

Individual systems can consist of one or more GAMP 5 categories. Companies usually categorize the system according to the component that achieves the highest level [13]. *Figure 1* shows an example of a computerised system that contains all 4 categories and would thus be categorized as GAMP category 5.

Before using computerized equipment, appropriate verification must be carried out depending on the category. For categories 4 and 5 components, it is crucial to thoroughly evaluate the supplier. The V-model (see *Figure 2*) outlines the steps and val-

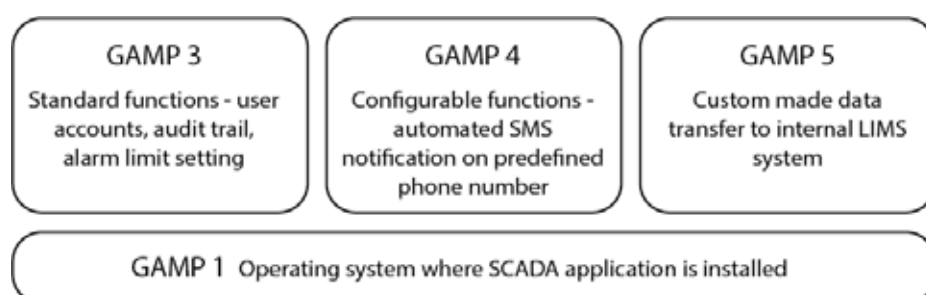


Figure 1: Example of a computerised system categorization into category 5 [13]

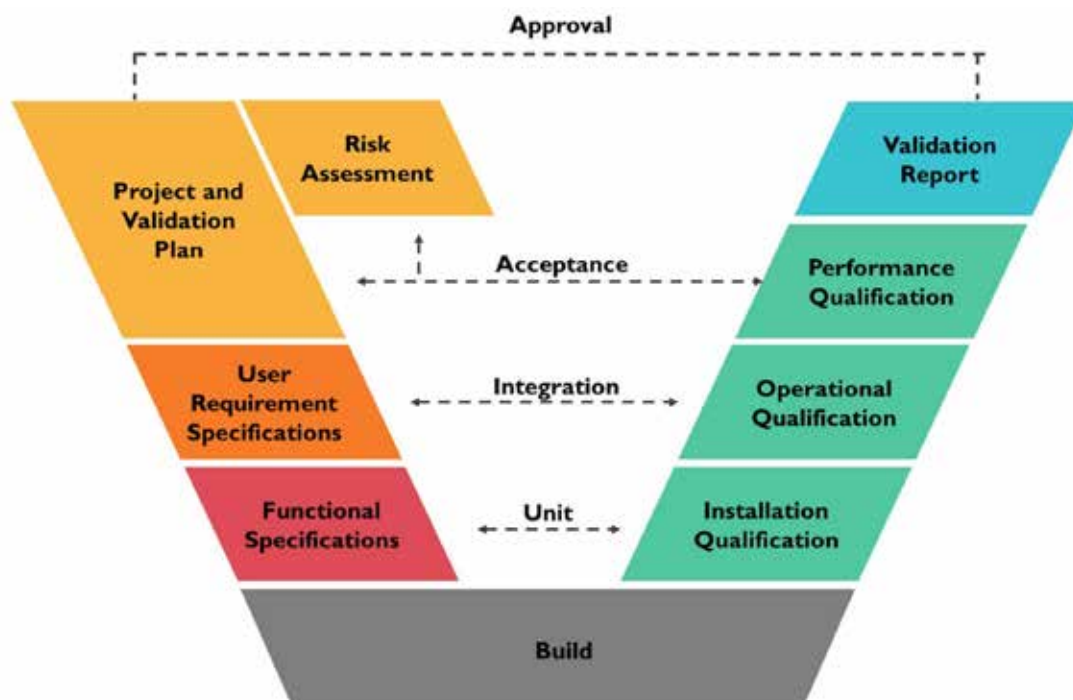


Figure 2 : GAMP 5 V-model [14]

validation results required for a successful validation strategy. It defines the necessary specifications and tests for each phase, ensuring the creation of appropriate documentation. The model also includes the involvement of both the supplier and the customer throughout the process [14].

One of the first authors to mention the validation of computer systems as early as 1979 is Boehm R., who is the author of the work "Guidelines for Verifying and Validating Software Requirements and Design Specifications." In the aforementioned work, he presents the so-called V-model, which can be found in the GAMP 5 guidelines as a basis today [15].

The release of the system into use is approved by the regulated company when the adequacy of the system is confirmed by the successfully implemented and completed planned testing phases. Before handing over the system to the user, the project team must prepare instructions for working with the system, instructions for maintenance and the process of maintaining the validated state of the system. The guidelines also describe in detail the phase of operation and retirement, which are not yet relevant to their topic. A special chapter of the GAMP 5 guidelines is dedicated to suppliers and developers of computerised systems, with useful guidelines and instructions on what expectations regulated companies have of them.

3.4.2 ALCOA++

High level of DI is the basis for manufacturing pharmaceutical companies, as in this way to guarantee

the veracity of data, identity, product safety, efficiency and a high level of quality [16]. The acronym ALCOA was first introduced by the FDA in the 1990s with the aim of directing regulated industries to achieve compliance with the FDA's DI requirements. ALCOA's guidelines cover electronic, written and hybrid data and are critical to the provision of GDP [17]. The acronym consists of the initials of the principles:

- ▶ **A**ttributable
- ▶ **L**egible
- ▶ **C**ontemporaneous
- ▶ **O**riginal
- ▶ **A**ccurate [18].

In 2010, 4 more principles called CCEA were added to the ALCOA guidelines. This is how the abbreviation ALCOA-CCEA was born, which was later renamed to ALCOA+. The abbreviation CCEA is a composite of the initials of principles [17]:

- ▶ **C**omplete
- ▶ **C**onsistent
- ▶ **E**nduring
- ▶ **A**vailable when needed [18].

Not long ago, on September 10, 2023, the European Medicines Agency (EMA) added a tenth principle to the ALCOA+ abbreviation in its guidelines for computerized systems and electronic data in clinical studies. This principle was denoted by an additional '+' in the abbreviation, resulting in ALCOA++ [18]. The tenth principle of the guidelines stands for:

► Traceable

Data must be traceable throughout the data lifecycle. All changes to data, metadata must be traceable, must not obscure the original information and must be explained if necessary. Changes should be documented as part of metadata (e.g. audit trail) [18]. The regulation does not mention compliance with the ALCOA++ principles, but the requirements according to individual principles are still found.

4 Results

The implementation of computerized systems in pharmaceutical manufacturing must align with stringent regulations to ensure compliance, product quality, and DI. A comprehensive review of European legislation, pharmacopoeias, and global guidelines reveals the essential requirements and best practices for achieving regulatory compliance. For pharmaceutical companies operating within the European Union, compliance with Directive 2001/83/EC is paramount. It mandates validated processes and equipment, adherence to GMP, and detailed documentation for inspection. Supplementing this, Commission Regulation (EU) No 1252/2014 and Directive (EU) 2017/1572 require manufacturers to implement quality risk management systems and validate computerized systems to protect electronic data from unauthorized access or damage. Directives 2004/9/EC and 2004/10/EC extend these requirements to laboratories, emphasizing Good Laboratory Practice (GLP) through secure data storage, audit trails, and system validation. EudraLex Volume 4, particularly Annex 11, provides specific guidelines for computerized systems. These include requirements for system validation, DI, regular inspections, and data protection measures such as access controls and backup systems. Deviations and changes in the system must be documented and thoroughly investigated to ensure consistent compliance.

The Ph. Eur., though not directly focused on computerized systems, is complemented by the EDQM's Qualification of Equipment document, which harmonizes ISO/IEC 17025 standards. It defines validation requirements based on system complexity, categorizing systems into exempted, simple, and complex. Validation processes include IQ, OQ, and PQ, supported by documentation like QP, QR. These ensure that systems meet regulatory and operational expectations, with periodic inspections to maintain compliance. USP and CFR 21 provide a detailed framework for computerized system compliance. Part 58 mandates validated, well-maintained systems for GLP adherence, while Part 11 focuses on electronic records and electronic signatures. It requires secure user authentication, comprehensive

audit trails, and validated electronic record-keeping systems to meet DI standards. These regulations ensure data accuracy, traceability, and accessibility, with stringent controls for system updates and modifications. GAMP 5 guidelines offers best practices for managing computerized systems across their lifecycle, emphasizing risk-based validation, clear role definitions, and traceability. Systems are categorized by their level of configurability, with the validation process following the V-model. This structured approach ensures compliance at every phase, from system concept and project development to operation and retirement. On the other hand ALCOA++ provides DI principles essential for regulatory compliance and quality assurance. Initially encompassing Attributable, Legible, Contemporaneous, Original, and Accurate, the guidelines have expanded to include Complete, Consistent, Enduring, Available, and Traceable. These principles emphasize metadata integrity, audit trails, and the importance of maintaining a complete data history. The recent addition of traceability further highlights the need for robust documentation throughout the data lifecycle.

5 Conclusion

Through a review of legislation, pharmacopoeias, and relevant guidelines, we identified the necessary steps and documentation for introducing a computerized system into a pharmaceutical laboratory. Our analysis revealed that European and US regulations, such as Annex 11 in EudraLex and 21 CFR Part 11, mandate comprehensive validation for computerized systems in both GLP and GMP environments.

The implementation of computerized systems in pharmaceutical industry must adhere to a complex network of regulations and guidelines. European legislation, complemented by global guidelines like GAMP 5 and ALCOA++, provides a comprehensive approach to system validation, data protection, and quality assurance. By following guidelines EDQM, GAMP 5 and ALCOA++, manufacturers can ensure DI, maintain regulatory compliance, and safeguard the quality and safety of pharmaceutical products. Proper validation, robust documentation, and periodic system reviews are critical components in achieving these objectives.

Sources

- [1] European Parliament, "Directive 2001/83/EC of the European Parliament and of the Council of 6 November 2001 on the Community code relating to medicinal products for human use," Official Journal, vol. 027, no.

- 01/01/2022, pp. 0067-0128, 2001.
- [2] European commission, "Commission Delegated Regulation (EU) No 1252/2014 of 28 May 2014 supplementing Directive 2001/83/EC of the European Parliament and of the Council with regard to principles and guidelines of good manufacturing practice for active substances for med. prod.," Official Journal, p. 337/1 do 337/7, 2014.
- [3] European Commission, "Commission Directive (EU) 2017/1572 of 15 September 2017 supplementing Directive 2001/83/EC of the European Parliament and of the Council as regards the principles and guidelines of good manufacturing practice for medicinal products for human use," Official Journal, p. 238/44 do 238/50, 2017.
- [4] European Parliament, "Directive 2004/9/EC of the European Parliament and of the Council of 11 February 2004 on the inspection and verification of good laboratory practice (GLP)," Official Journal, vol. L 050, p. 0028 do 0043, 2004.
- [5] European Parliament, "Directive 2004/10/EC of the European Parliament and of the Council of 11 February 2004 on the harmonisation of laws, regulations and administrative provisions relating to the application of the principles of good laboratory practice and the verification o," Official Journal, vol. L50/44, pp. 82 - 98, 2004.
- [6] Evropska komisija, "Volume 4 - Good Manufacturing Practice (GMP) guidelines," EurLex, 2024.
- [7] EDQM - European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare, QUALIFICATION OF EQUIPMENT, Strasbourg: Svet Evrope, 2023.
- [8] EDQM - European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare, VALIDATION OF COMPUTERISED SYSTEMS, Strasbourg: Svet Evrope, 2018.
- [9] National Archives and records administration, "Title 21," Code of federal regulations, 12 Februar 2024. [Online]. Available: <https://www.ecfr.gov/current/title-21>. [Accessed 22 Februar 2024].
- [10] FDA - Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services, 21 CFR Part 58, Rockville: Federal Register, 2011.
- [11] FDA - Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services, 21 CFR Part 11 Subpart B, Rockville: Federal register, 2003.
- [12] FDA - Food and Drug Administration, Department of Health and Human Services, 21 CFR Part 11 Subpart C, Rockville: Federal register, 2003.
- [13] ISPE, GAMP 5: A Risk-Based Approach to Compliant GxP Computerized Systems (Second Edition), Florida: ISPE, 2022.
- [14] F. V. F. M.-M. Francisca Pedro, "Impact of GAMP 5, data integrity and QbD on quality assurance in the pharmaceutical industry: How obvious is it?," Drug Discovery Today, vol. 28, no. 11, 2023.
- [15] J. K.-S. M. P. V. S.-V. C. K. Andreas Hoffmann, "Computer system validation: An overview of official requirements and standards," Pharmaceutica Acta Helvetiae, vol. 72, no. 6, pp. 317-325, 1998.
- [16] J. Wechsler, "Data Integrity Key to GMP Compliance," Pharmaceutical Technology, vol. 38, no. 8, p. 2, 2014.
- [17] M. Durivage, Data Integrity for the FDA Regulated Industry, Lambertville: Quality Systems Compliance LLC, 2019.
- [18] European Medicines Agency, Guideline on computerised systems and electronic data in clinical trials, Amsterdam: European Medicines Agency, 2023, pp. 12-13.

Regulativna skladnost ob implementaciji laboratorijskih računalniških sistemov v farmacevtski industriji

Povzetek:

Implementacija računalniških sistemov v farmacevtski industriji mora zagotavljati skladnost z regulativnimi zahtevami, visok nivo integritete podatkov ter kakovost izdelkov. Študija pregleduje evropsko zakonodajo, evropsko in ameriško farmakopejo ter globalne smernice, kot sta GAMP 5 in ALCOA++, da bi opredelila potrebne standarde in najboljše prakse. Ključne direktive evropske in ameriške zakonodaje poudarjajo pomen validacije sistemov, upravljanja tveganj kakovosti in varnega ravnanja s podatki. Študija izpostavlja procese validacije, razvrščene glede na kompleksnost sistema v skladu z GAMP 5. Poleg tega smernice, kot so ALCOA++, zagotavljajo trden okvir za doseganje integritete podatkov skozi njihov celotni življenjski cikel. S študijo želimo ugotoviti, ali lahko ob upoštevanju smernic farmacevtski proizvajalci zagotovijo regulatorno skladnost, vzdržujejo visoke standarde kakovosti in zagotavljajo varnost pacientov.

Ključne besede:

skladnost, računalniški sistem, integriteta podatkov, GAMP 5, regulativa, farmacija, validacija

INDUSTRIJSKI FORUM **IRT** 2025

NEPOGREŠLJIV VIR INFORMACIJ ZA STROKO

Predstavitev strokovnih prispevkov

Strokovna razstava | Aktualna okrogla miza

Podelitev priznanja TARAS

FORUM ZNANJA IN IZKUŠENJ

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



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



Portorož, 9. in 10. junij 2025

www.forum-irt.si

POVEZOVANJE INDUSTRIJSKE OPREME V 5G-OMREŽJE

Miha Pipan, Niko Herakovič

Izvleček:

Implementacija 5G-tehnologije omogoča povezljivost med obstoječimi in novimi napravami v proizvodnih sistemih ter prispeva k premagovanju ključnih tehnoloških izzivov pri IT-povezovanju proizvodnih procesov. V industrijskih okoljih 5G prinaša večjo fleksibilnost in agilnost sistemov, omogoča oddaljeno spremljanje delovanja naprav, optimizacijo logističnih procesov ter uvajanje pametnega vzdrževanja. V sklopu raziskav uporabe in implementacije 5G-omrežij za industrijske aplikacije smo v laboratoriju LASIM razvili idejni protokol oz. korake za povezovanje industrijskih naprav v 5G-omrežje. Namen tega protokola je podjetjem in posameznikom, ki nimajo izkušenj na področju 5G- in sorodnih LTE-tehnologij, omogočiti enostavno preizkušanje in izvedbo delnih implementacij te napredne tehnologije.

Ključne besede:

5G, industrijska oprema, povezovanje, komunikacijski protokoli

1 Uvod

Da bi celovito razumeli potencial komunikacijske 5G-tehnologije, smo v laboratoriju LASIM izvedli vrsto testov, katerih namen je bil ugotoviti postopek vzpostavljanja povezljivosti preko 5G-omrežja in razvoj univerzalnega protokola oziroma korakov za povezovanje industrijske opreme preko tega omrežja. Idejno rešitev smo oblikovali v sodelovanju s Telekomom Slovenije, ki nam je omogočil uporabo bazne opreme in nudil strokovno svetovanje pri vzpostavitvi povezave. Pri razvoju protokola smo uporabili različno industrijsko in razvojno opremo (ki jo imamo nameščeno v demo centru pametna tovarna), vključno z industrijskimi roboti, kolaborativnimi roboti, pametnimi skladišči, pametnimi ročnimi montažnimi postajami in drugo napredno opremo, kjer vsaka od teh naprav uporablja različne komunikacijske protokole. Po uspešni vzpostavitvi povezave opreme preko različnih komunikacijskih protokolov in vmesnikov smo razvili idejni protokol, ki vključuje pet ključnih korakov za povezovanje industrijske opreme v 5G-omrežje. Ti koraki so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju in služijo kot smernice za podjetja in posameznike, ki želijo implementirati 5G-tehnologijo v svojih industrijskih okoljih.

2 Potencial 5G-tehnologije v industriji

Procesi serijske proizvodnje so temeljnega pomena za učinkovito izdelavo različnih podsistemov in končnih izdelkov ter ponujajo velik potencial za nadaljnjo optimizacijo z uporabo 5G-tehnologije. Sodobni proizvodni sistemi in procesi se morajo nenehno prilagajati in optimizirati, da bi dosegli največjo produktivnost. Napredek 5G-tehnologije obljublja hiter in zanesljiv prenos podatkov, kar lahko bistveno poveča operativno učinkovitost [1]. Izboljšanje agilnosti sistemov ostaja ključnega pomena za doseganje teh ciljev. Čeprav 5G-tehnologija ponuja velik potencial zaradi svoje hitrosti, stabilnosti in nizke zakasnitve, njena trenutna uporaba na proizvodnih področjih še vedno ni dokončno razvita. Kljub temu stalni napredek različnih tehnologij na področju proizvodnih sistemov utira pot hitrejšim odzivom na dinamične zahteve trga in omogoča boljšo prilagodljivost proizvodnih procesov [2].

Pametno in predikativno vzdrževanje, kot je spremljanje zmogljivosti in stanja strojev v realnem času, v kombinaciji s 5G-tehnologijo omogočimo tudi kompleksnim mobilnim napravam in procesom. Čeprav celoten potencial 5G podprtega pametnega vzdrževanja še ni popolnoma izkoriščen, bodo nadaljnji napredki na tem področju pomagali preprečiti nepričakovane okvare in zmanjšati izpade opreme. Ker so obstoječa 4G- in celo 5G-omrežja še vedno prilagojena mobilnim uporabnikom, ki potrebujejo višje hitrosti prenosa kot nalaganja, bo potrebno uvajanje tehnologij za razrez oz. »ang. slicing« 5G-omrežij, da se zagotovijo enakovredna hitrost prenosa in nalaganja ter hitri odzivni časi [3].

Doc. dr. Miha Pipan, univ. dipl. inž., **prof. dr. Niko Herakovič**, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

Za zunanje in notranje logistične procese predstavlja integracija tehnologij, kot so avtomatsko vodena vozila (AGV) in avtonomni mobilni roboti (AMR), priložnost za izkoriščanje obstoječe povezovalne infrastrukture ter pripravo na prihodnje izboljšave s 5G-tehnologijo. Z razširitvijo in zrelostjo 5G-tehnologije lahko pričakujemo izboljšanje učinkovitosti tovarnega prometa. Numerični testi, izvedeni za nadzor AGV-jev ali AMR-jev v realnem času z uporabo zasebnih 5G-omrežij, so pokazali, da so potrebne nadaljnje študije o stroškovni učinkovitosti uvedbe 5G-tehnologije. Poleg tega je potrebno primerjati to tehnologijo z Wi-Fi, da se omogoči celovita ocena [4].

Skladiščne operacije, zlasti tiste, ki temeljijo na sledenju izdelkom v realnem času, bodo z razvojem 5G-tehnologije pridobile pomembne koristi. Čeprav se široka uvedba rešitev za nadzor zalog, ki temeljijo na 5G, še vedno razvija, obstoječi razvoj nakazuje velik potencial za izboljšave. Pregled literature opisuje različne perspektivne aplikacije 5G-tehnologije v notranji in zunanji logistiki, ki ponujajo številne priložnosti za izboljšanje materialnih in informacijskih tokov ter povečanje učinkovitosti, inteligentnosti in trajnosti logističnih ter dobavnih verig. Kljub temu industrijska uporaba 5G-tehnologije v logističnem sektorju ostaja omejena [5].

Vodenje delavcev v realnem času in sledenje mobilnim delovnim procesom je trenutno omejeno zaradi težav z industrijskim Wi-Fi in LTE-omrežjem,

vendar stalen napredek v rešitvah povezljivosti s 5G-tehnologijo obeta povečanje učinkovitosti in natančnosti proizvodnih procesov [6].

Stabilnost in hitrost povezljivosti, ki ju zagotavlja 5G-tehnologija, postajata vse pomembnejši za poslovne operacije. Čeprav izzivi pri doseganju celovite pokritosti in zanesljivosti ostajajo, se pričakuje, da bodo stalna prizadevanja za razširitev in izboljšanje 5G-infrastrukture prispevala k povečanju konkurenčnosti in agilnosti na trgu. Trenutno je večina raziskovalnih prizadevanj v začetnih fazah, zato so za doseganje naprednih ciljev potrebne nadaljnje raziskave in predvsem razvoj 5G omrežne bazne opreme. Možne prihodnje raziskovalne usmeritve vključujejo: (1) razvoj operativnih mehanizmov digitalnega dvojčka v proizvodnji, (2) metode za upravljanje in analizo masovnih podatkov ter (3) integrirano uporabo robnega in oblachnega računalništva v proizvodnji, podprto s 5G-tehnologijo [7].

3 Uporabljena oprema za postavitve protokola

Z namenom postavitve protokola za vzpostavitev povezave s 5G-omrežjem smo uporabili 5G-omrežje, vgrajeno v demo center pametna tovarna (DCPT). DCPT vključuje več proizvodnih sistemov, v katerih so nameščeni lokalni krmilniki oziroma vozlišča za nadzor proizvodnje (vozlišče 1–8, robot 1,

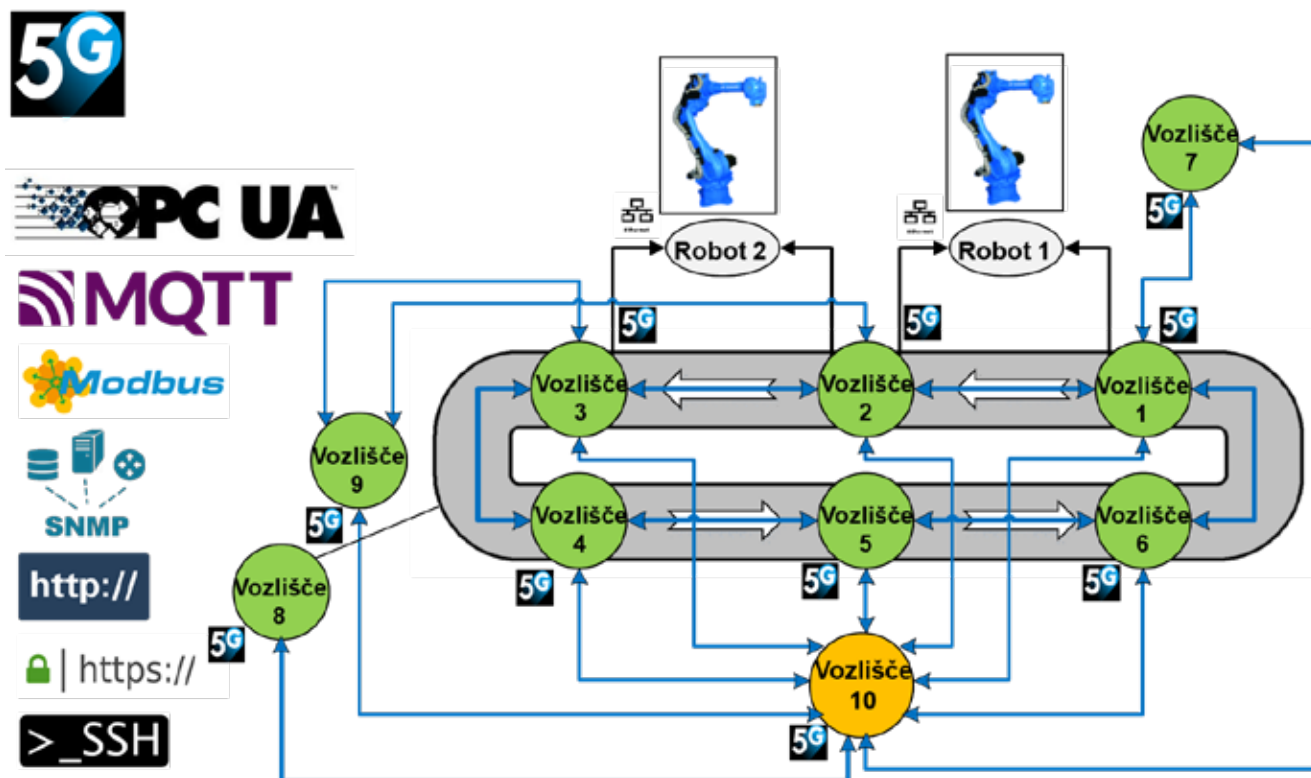


Figure 1: Prikaz IT-povezljivosti naprav (vozlišča) in uporabljeni komunikacijski protokoli v demo centru pametna tovarna

robot 2 in kolaborativni robot). Ta vozlišča so povezana z digitalnim dvojčkom preko različnih omrežij (LAN, WiFi, 5G), kar omogoča komunikacijo med lokalnim in globalnim digitalnim dvojčkom (vozlišče 0). Po vzpostavitvi lokalnega 5G-omrežja se posameznim podsistemom (vozliščem) omogoči komunikacija preko omrežij LAN, Wi-Fi ali 5G (slika 1). Vsako proizvodno vozlišče deluje kot IIoT-naprava, opremljena z lokalnimi digitalnimi agenti za komunikacijo, zbiranje podatkov, sprejemanje odločitev in nadzor nad proizvodnimi viri.

Za namen testiranja združljivosti različnih proizvodnih podsistemov DCPT z vidika industrijskih in raziskovalnih potreb in postavitev protokola vzpostavitve povezljivosti smo izbrali podsisteme, ki uporabljajo različne komunikacijske protokole in trenutno komunicirajo preko omrežja LAN. 5G-omrežje nam služi kot testna platforma, kjer smo preverili ključne lastnosti in potrdili korake razvitega protokola in tudi druge lastnosti 5G-omrežja, kot so hitrost nalaganja in prenosa podatkov, zakasnitev, stabilnost signala ter druge parametre, ki vplivajo na učinkovitost delovanja [8]. Omrežje deluje v nesamostojnem načinu (NSA), kar pomeni, da uporablja 4G-omrežje za povezovanje naprav, medtem ko 5G-omrežje zagotavlja prenos podatkov. V demo centru je nameščena naslednja oprema bazne postaje (nastavljena na kanal N78, tj. v frekvenčnem pasu 3,5 GHz):

- ▶ radijski sistem ERICSSON RAN 6507,
- ▶ omrežna celica ERICSSON 5G,
- ▶ omrežna celica ERICSSON 4G.

Za izvedbo povezovanja industrijskih in raziskovalnih sistemov s 5G omrežjem smo najprej analizirali komunikacijske protokole in vrata, ki jih uporablja vsaka posamezna naprava. Pregled izbranih naprav, njihovih komunikacijskih protokolov in povezav je prikazan v *tabeli 1*.

Način, kako doseči povezljivost posameznih podsistemov preko 5G-omrežja, se je določil glede na to, preko katerega vmesnika ima naprava omogočeno komunikacijo (LAN- ali USB-povezavo). Za povezovanje smo testirali možnost uporabe treh 5G-mode-

mov, na koncu pa uporabili dva tipa 5G-modemov, pri čemer so bili vsi modemi konfigurirani tako, da so imeli vsi statične IP-naslove v 5G-omrežju, ki so med seboj dosegljivi. Uporabljena sta bila naslednja dva modela 5G-modemov:

- ▶ SIMCOM SIM8200EA-M2 5G USB-modul: uporabljen zgolj v testni fazi in ne kasneje,
- ▶ Teltonika Networks TRB500: povezuje se neposredno prek LAN-vrat industrijskih podsistemov,
- ▶ QUECTEL RMU500-EK: omogoča povezavo prek USB-vmesnika.

V primerih, ko je izbrani proizvodni podsistem omogočal samo LAN-povezavo, smo uporabili modem TRB500, in sicer za industrijska robota HP6 in HP20 ter za kolaborativni robot Panda. Oba modema podpirata nesamostojni način delovanja (5G NSA), ki je trenutno implementiran v DCPT. V primerih, ko je podsistem podpiral USB-povezavo, smo uporabili modem RMU500-EK, saj ta ne zahteva dodatnih nastavitev, kot so »ang. port forwarding« ali odpravljanje komunikacijskih napak.

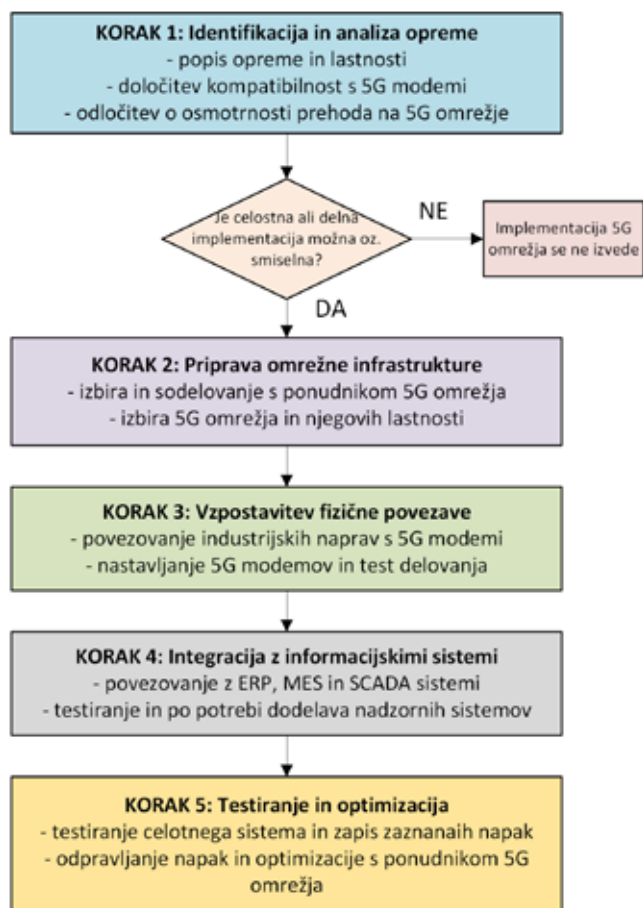
Po potrditvi delovanja vseh naprav/vozlišč smo izvedli 5 zagonov celotnega proizvodnega sistema in potrdili njegovo delovanje. Glede na ugotovitve načina povezovanja vseh sistemov smo tako lahko postavili idejni protokol za vzpostavitev povezave industrijske opreme preko 5G-omrežja.

4 Koraki oz. protokol za vzpostavitev povezljivosti preko 5G-omrežja

Na osnovi našega dela in težav v sklopu povezovanja opreme v 5G-omrežje smo tako razvili idejni protokol, ki vključuje pet ključnih korakov za učinkovito povezovanje industrijske opreme v 5G-omrežje. Ti koraki so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju in služijo kot smernice za podjetja in posameznike, ki želijo implementirati 5G-tehnologijo v svojih industrijskih okoljih. Med posameznimi koraki implementacije postane tudi jasno, ali je implementacija možna ali ne (Slika 2).

Tabela 1: Izbrani sistemi in njihov način komunikacije

Ime	Povezljivost	Komunikacijski protokoli
Industrijski robot HP20 [9]	LAN	http (80), AUI (3501), SNMP (161 and 162), ssh (22)
Industrijski robot HP6 [9]	LAN	http (80), AUI (3501), SNMP (161 and 162), ssh (22)
Kolaborativni robot Panda [10]	LAN	Modbus (502), https (8080)
Pametno skladišče	LAN / USB	OPC UA (4840), MQTT (1883)
Pametno ročno montažno mesto	LAN / USB	OPC UA (4840), https (8080)
Digitalni dvojček	LAN / USB	OPC UA (4840), Modbus (502), https (8080), ssh (20)
Ostali proizvodni moduli	LAN / USB	OPC UA (4840), https (8080)



Slika 2 : Koraki idejnega protokola implementacije 5G-opreme v industrijsko okolje

Predlagani koraki za vzpostavitev povezljivosti med industrijsko opremo preko 5G-omrežja so naslednji:

KORAK 1: Identifikacija in analiza opreme

Prvi korak vključuje popis in analizo industrijske opreme, ki jo želimo povezati v 5G-omrežje. To vključuje industrijske robote, pametne naprave, montažne postaje, kamere, obdelovane stroje in drugo poljubno opremo, ki omogoča komunikacijo preko LAN, USB, RS232 ali sorodnih žičnih vmesnikov. Za vsako industrijsko napravo je potrebno določiti komunikacijske protokole, ki jih uporablja (npr. OPC UA, MQTT, Modbus, FTP). Posebno pozornost je treba nameniti združljivosti naprav s 5G-modemi. Naprave, ki uporabljajo samo LAN-vmesnik, zahtevajo drugačen pristop kot tiste, ki omogočajo USB, RS232 ali drugo povezavo. Možne težave v tem koraku vključujejo nezdržljivost protokolov, manjkajoče gonilnike in zastarelo strojno opremo. V tem koraku tudi določimo možnost in smiselnost prehoda povezljivosti naprav na 5G-omrežje.

KORAK 2: Priprava omrežne infrastrukture

Sledi vzpostavitev sodelovanja s ponudnikom 5G-omrežja, ki je ključna za dobavo in pravilno nastavitve omrežja (podjetja in posamezniki sami zaradi

zakonskih omejitev ne morejo postaviti svojega 5G-omrežja, če nimajo dovoljenja od agencije AKOS za uporabo frekvenc). Pomembno je izbrati ustrezen frekvenčni pas, ki ga podpira operater in dovoljuje Agencija za komunikacijska omrežja in storitve (AKOS). Na primer: v Sloveniji se frekvenca 3,5 GHz pogosto uporablja za industrijske aplikacije. Dodatno je potrebno zagotoviti ustrezno konfiguracijo APN (Access Point Name), ki omogoča napravam dostop do želenih storitev. Nastavitve omrežja morajo biti prilagojene specifičnim potrebam aplikacij, kot so razmerje med hitrostjo pritočnih in odtočnih podatkov, odzivnost, zakasnitev in stabilnost povezave. To vključuje tudi prilagoditve QoS (kakovost storitve), da se zagotovi prednost kritičnim aplikacijam. Operater mora omogočiti dodatne funkcionalnosti, kot so razrez omrežja za ločevanje različnih vrst prometa, kar je ključno za zagotovitev ustreznih zmogljivosti za različne aplikacije v istem omrežju. Možne težave v tem koraku vključujejo neustrezne nastavitve frekvence, omejeno razpoložljivost pasovne širine ali zakasnitve, ki niso skladne z zahtevami industrijskega okolja.

KORAK 3: Vzpostavitev fizične povezave

Sledi fizična povezava naprav z izbranimi 5G-modemi in vzpostavitev povezave s 5G-omrežjem. Za naprave z LAN-vmesnikom priporočamo uporabo modemov, kot je Teltonika TRB500, medtem ko USB-vmesnik omogoča uporabo modemov, kot je Quectel RMU500-EK. V modemu je potrebno namestiti SIM-kartice in jih aktivirati, pravilno nastaviti ter celoten modem ustrezno konfigurirati. Na primer: TRB500 zahteva nastavitve »ang. bridged-mode« za neposredno povezavo, medtem ko RMU500-EK omogoča avtomatsko konfiguracijo po namestitvi gonilnikov. Preizkus povezave se lahko izvede s preprostim orodjem, kot je ping za preverjanje odzivnosti naprave v omrežju.

KORAK 4: Integracija z informacijskimi sistemi

Ko so naprave povezane, je treba vzpostaviti komunikacijo z ERP, MES ali drugimi informacijskimi sistemi. To vključuje sinhronizacijo podatkov in prilagoditev protokolov za zagotavljanje brezhibne komunikacije. Priporočljivo je uporabljanje standardizirane protokole, kot so OPC UA za komunikacijo v realnem času ali MQTT za lahkotno in zanesljivo komunikacijo pri IoT-napravah. Možne težave vključujejo zakasnitve pri sinhronizaciji in konflikt med različnimi komunikacijskimi standardi, ki jih je treba rešiti s prilagoditvami na nivoju konfiguracije.

KORAK 5: Testiranje in optimizacija

V tem koraku izvedemo meritve ključnih parametrov, kot so hitrost prenosa podatkov, zakasnitve in stabilnost signala. To omogoča prepoznavanje ozkih grl in optimizacijo nastavitve. Pomembno je izvajati stresne teste, ki simulirajo realne proizvodne pogoje, da preverimo, ali sistem deluje zanesljivo tudi pod obremenitvijo. Na podlagi rezultatov se lahko priladi

godijo QoS-parametri, kot so prioritete nastavitve za določene naprave ali procesne zahteve.

Ti koraki predstavljajo celovit protokol za uspešno implementacijo 5G-tehnologije v industrijskih procesih z osredotočenostjo na zanesljivost, interoperabilnost in doseganje zelenih karakteristik omrežja.

5 Zaključek

V okviru raziskovalnega dela smo razvili idejni protokol za vzpostavitev povezlivosti industrijske opreme z uporabo 5G-omrežja, ki je prilagojen potrebam industrije, vendar hkrati dovolj univerzalen, da je uporaben tudi za posameznike in manjša podjetja. Protokol obsega jasno opredeljene korake, ki omogočajo prehod na 5G-tehnologijo na način, ki minimizira tehnične in operativne izzive ter zagotavlja prilagodljivost za različna industrijska okolja. Na podlagi pridobljenih rezultatov in povratnih informacij iz praktične uporabe je jasno, da ima razviti protokol potencial za dodatne izboljšave. V prihodnje bo razvoj usmerjen v njegovo nadgradnjo na podlagi novih raziskav ter specifičnih povratnih informacij iz industrije z namenom zagotoviti še večjo učinkovitost in uporabnost. Nadaljnje raziskave bodo vključile optimizacijo za različne scenarije uporabe, integracijo z naprednimi digitalnimi tehnologijami in prilagoditve za prihodnje standarde 5G ter naslednjih generacij komunikacijskih omrežij. S tem pristopom želimo omogočiti dolgoročno implementacijo, ki bo podpirala razvoj pametne proizvodnje in širše uporabe naprednih komunikacijskih tehnologij.

Viri

- [1] Lagorio A. et al., 5G in Logistics 4.0: potential applications and challenges, *Procedia* Computer Science 217, 2023.
- [2] Chettri L., Bera R.: A Comprehensive Survey on Internet of Things (IoT) Toward 5G Wireless Systems, *IEEE Internet of Things Journal* January 2020, pg.: 16-32.
- [3] Tsourdinis T., Chatzistefanidis I., Makris N. et al.: Service-aware real-time slicing for virtualized beyond 5G networks, *Computer Networks* no. 247, 2024.
- [4] Boshoffa M., Schusterb D., Christa L.: Evaluation of 5G Edge and Cloud Computing for Data Processing in Visual Referencing of Mobile Robot Manipulators, *Procedia CIRP* 120 (2023), 774-779.
- [5] Lagorio A., Ciminia C., Pintoa R., Cavalieria S.: 5G in Logistics 4.0: potential applications and challenges, *Procedia Computer Science* 217 (2023), 650-659
- [6] Huang M., Liu A., Xiong N. N., Vasilakos D. A. V.: Towards intelligent and trustworthy task assignments for 5G-enabled industrial communication systems, *Digital Communications and Networks*, 2023.
- [7] Chenga, J., Chena W., Taoa, F., Linb C.: Industrial IoT in 5G environment towards smart manufacturing, *Journal of Industrial Information Integration*, Volume 10, June 2018, pg. 10-19.
- [8] Gustavo P. Cainelli, Lisa Underberg: Performance testing of a 5G campus network in real-world propagation conditions from the application's point of view, *IFAC-PapersOnLine*, Volume 56, Issue 2, 2023.
- [9] NX100 Maintenance Manual (https://info.ammc.com/hubfs/Partner/Documents/Yaskawa_Motoman_Robots/NX100_Maintenance_Manual_2520150133-1CD.pdf).
- [10] Franka Emika robot's instruction handbook (<https://www.generationrobots.com/media/franka-emika-robot-handbook.pdf>).

Zahvala za sofinanciranje

Delo je bilo finančno podprto v okviru Javne agencije za raziskovalno in inovacijsko dejavnost RS - ARIS, Raziskovalni program P2-0248 - Inovativni proizvodni sistemi in procesi, raziskovalni projekt J2-4470 - Raziskave zanesljivosti in učinkovitosti robnega računalništva v pametni tovarni z uporabo 5G-tehnologije. Delo je financirala Evropska unija, projekt 101087348 - Krepitev zmogljivosti za odličnost slovenskih in hrvaških inovacijskih ekosistemov za podporo digitalnemu in zelenemu prehodu pomorskih regij ter projekt 101058693 - Trajnostni prehod v agilno in zeleno podjetje.

Acknowledgments

The work was financially supported in the framework of the Slovenian Research and Innovation Agency -ARIS, Research Programme P2-0248 - Innovative manufacturing systems and processes, research project J2-4470 - Research on the reliability and efficiency of edge computing in a smart factory using 5G technologies. The work was funded by the European Union, project 101087348 - Strengthening the capacity for excellence of Slovenian and Croatian innovation ecosystems to support the digital and green transitions of maritime regions and project 101058693 - Sustainable Transition to the Agile and Green Enterprise.

Connecting Industrial Equipment to a 5G Network

Abstract:

The introduction of 5G technology has started a transformative leap in connectivity, enabling seamless integration between existing and new devices in industrial environments. This connectivity solves some technological challenges of linking IT systems with manufacturing processes and offers greater flexibility, agility and efficiency. In industrial applications, 5G facilitates the remote monitoring of equipment, the optimization of logistical processes and the implementation of predictive maintenance, making it a cornerstone of smart manufacturing. In our research work, conducted at the LASIM laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering at the University of Ljubljana, we have developed a conceptual protocol for connecting industrial plants to 5G networks. The protocol is tailored to the needs of industry, but can also be used by individuals and small businesses with no prior experience of 5G or related LTE technologies. It outlines a step-by-step approach that enables efficient testing and partial implementation of 5G solutions in various industrial environments.

The protocol has been built and validated through testing with various industrial systems, including robotic arms, collaborative robots, smart warehouses and digital twins. These systems use a variety of communication protocols and require a flexible solution to ensure compatibility and reliability. The protocol developed comprises five key steps: Identification and analysis of devices, preparation of network infrastructure, establishment of physical connections, integration with information systems, and system testing and optimization. Results show that this protocol can effectively facilitate the integration of industrial devices into 5G networks and ensure stable and efficient operation under real-world conditions. However, the wider adoption and application of the protocol depends on continuous refinement and adaptation to new industrial requirements and feedback.

Future research will focus on improving the robustness and scalability of the protocol for different use cases, incorporating advanced digital technologies such as edge computing and AI-powered optimization, and adapting it to upcoming 5G and 6G standards. In this way, we aim to create a comprehensive and future-proof framework that supports the transition to smarter, more connected industrial ecosystems.

Keywords:

5G, industrial equipment, connectivity, communication protocols

RAZVIT IN IZDELAN V SLOVENIJI

YASKAWA

GP20

GLAVNE PREDNOSTI

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

YASKAWA Slovenija d.o.o. www.yaskawa.si



Controlled by
YRC1000

VZDRŽEVANJE TEŽKO VNETLJIVIH HIDRAVLIČNIH TEKOČIN VRSTE HFC

Milan Kambič

Težko vnetljive hidravlične tekočine smo že obravnavali [1], prav tako pa so bile tudi že omenjene v drugih revijah [2]. V tokratnem prispevku se bomo osredotočili predvsem na tekočine na osnovi zmesi voda-glikol, ki so poznane tudi kot tekočine vrste HFC. Najpogostejše jih uporabljamo v livarnah (stroji za tlačno litje) in jeklnah (peči).

Učinkovitost hidravlične tekočine, vključno s težko vnetljivimi tekočinami na osnovi voda-glikol, je odvisna od kemične sestave tekočine in njene čistosti. V prispevku se bomo osredotočili na vzdrževanje tovrstnih tekočin, da bi zagotovili njihovo dolgooročno učinkovitost. Ustrezno vzdrževanje lahko omogoči podaljšanje uporabne dobe in učinkovitosti hidravlične črpalke.

Vpliv sestave tekočin HFC na obrabo in korozijo

Številni primeri uporabe v industriji, kot so izdelava jekla, tlačno litje itd., zahtevajo uporabo hidravličnih tekočin, ki nudijo večjo požarno varnost, kot jo je mogoče doseči z mineralnim oljem. Ena najpogostejših alternativ mineralnemu olju za omenjene uporabe je hidravlična tekočina na osnovi zmesi voda-glikol (tekočina HFC).

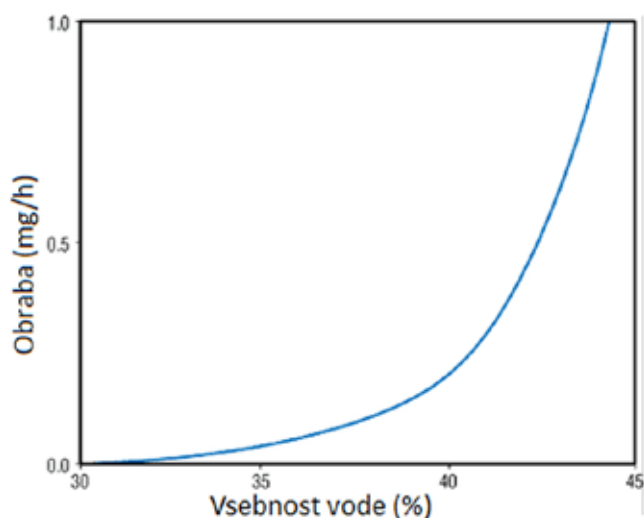
Čprav obstajajo številna priporočila, ki opisujejo postopke analize mineralnega hidravličnega olja, so podobna priporočila, ki opisujejo analizo tekočin HFC, relativno redka [3].

Formulacije hidravličnih tekočin HFC običajno vsebujejo vodo (za protipožarno zaščito), glikol (za zaščito pred zmrzovanjem), polialkilen glikol (PAG) kot zgoščevalec, paket aditivov za zagotavljanje zaščite pred korozijo in obrabo, aditiv proti penjenju, včasih pa tudi barvilo za lažje odkrivanje mest netesnosti.

Učinkovitost hidravlične tekočine je odvisna od posameznega aditiva in njegove koncentracije, uporabljene v formulaciji. Snovi, ki kažejo izrazit vpliv na obrabo hidravlične črpalke, so v skladu s testom ASTM D2882 voda, amini in aditivi proti obrabi.

Test ASTM D2882 se izvaja pri 2000 psi (13,8 MPa) 100 ur pri pretoku 30,6 L/min z Vickersovo krilno črpalko V-104C. Vsebnost vode predstavlja enega najpomembnejših vplivov na stopnjo obrabe hidravlične črpalke. Slika 1 prikazuje, da se stopnje obrabe povečujejo z naraščajočo vsebnostjo vode. Zato je ključnega pomena nadzorovati vsebnost vode v hidravličnih tekočinah HFC, če želimo ohraniti odpornost proti ognju in obrabi.

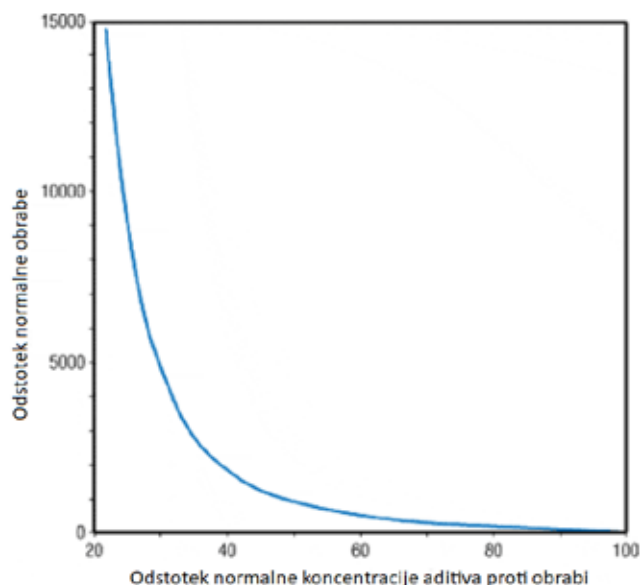
Primarna naloga amina je zagotovitev zaščite pred korozijo. Stopnje obrabe naraščajo z zmanjševanjem koncentracije amina, vendar se zdi, da obstaja tudi optimalna koncentracija amina, nad katero začne stopnja obrabe naraščati. Velikost in kritična koncentracija se razlikujeta glede na uporabljeni amin. Koncentracije aminov, ki so 100 odstotkov nad optimalno ravno, bodo dejansko poslabšale korozijo barvnih kovin v tekoči fazi, koncentracije 75 odstotkov pod optimalno ravno pa bodo poslabšale korozijo železa v parni fazi. Zato je bistveno spremljati koncentracijo inhibitorja korozije in po potrebi izvajati redne popravke [3].



Slika 1 : Vpliv vsebnosti vode na stopnjo obrabe tekočin HFC (vir: [3])

Dr. Milan Kambič, univ. dipl. inž., Olma, d. o. o., Ljubljana

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



Slika 2 : Vpliv koncentracije aditiva proti obrabi na stopnjo obrabe tekočin HFC (vir: [3])

Izbira vrste in količine protiobrabnega aditiva ima velik vpliv na obrabo hidravličnih črpalk. Na srečo je, kot je prikazano na *sliki 2*, mogoče formulirati hidravlično tekočino HFC tako, da bo vpliv na obrabo ob neizogibni izgubi aditiva s časom minimalen. Ne glede na to pa pride do dramatičnega povečanja stopnje obrabe pri kritičnem zmanjšanju koncentracije protiobrabnega aditiva.

Prehod na težko vnetljivo tekočino vrste HFC in njeno vzdrževanje

Edinstvene značilnosti težko vnetljivih tekočin zahtevajo natančno preučitev potrebnih sprememb pred vgradnjo težko vnetljive tekočine ali pri prehodu z ene vrste težko vnetljive tekočine na drugo.

Vse te tekočine imajo večjo specifično težo kot mineralno hidravlično olje. Posledično bomo morda morali povečati sesalni cevovod črpalke, da bomo preprečili kavitacijo. Izogibati se je treba dolgim sesalnim cevem, sita ali filtri na sesalni strani črpalke pa ne smejo biti preveč fini.

Morda bomo morali namestiti dodatne filtrske elemente na povratnih vodih, ker tovrstne tekočine veliko lažje zadržijo kontaminante kot pa mineralna hidravlična olja.

Pred vgradnjo težko vnetljive tekočine je treba celoten sistem temeljito sprati, da odstranimo morebitne ostanke kontaminacije. Pri tem postopku čiščenja lahko uporabimo mobilne filtrirne naprave, opremljene z izjemno finimi vpojnimi globinskimi filtri, tako da je mogoče tekočino za izpiranje ponovno uporabiti, če je treba pred vgradnjo težko vnetljive tekočine očistiti več strojev.

Prepričati se moramo, da so materiali črpalke,

tesnila in cevi združljivi s tekočino HFC in se ne bodo predčasno kvarili po opravljeni zamenjavi medija. Upoštevati moramo, da tekočina HFC ni združljiva s komponentami iz aluminija, cinka ali magnezija.

Po končanem prehodu na tekočino HFC je treba vse filtre redno kontrolirati in servisirati, po možnosti enkrat na teden. Na ohišje filtra je treba namestiti manometre, ki prikazujejo padec tlaka filtra. Ko se ta poveča, to pomeni, da je filter zamašen s kontaminanti. Če se v ta namen uporabljajo merilniki pretoka, pomeni zmanjšan pretok na izstopu iz filtra podobno. Filtrski element moramo zamenjati, preden se pretok preveč zmanjša [4].

Mazanje hidravlične črpalke ni odvisno le od kemične sestave tekočine, ampak tudi od kontaminacije s tekočimi in trdnimi snovmi. V tekočinah HFC so najpogostejši tekoči kontaminanti običajno mineralna olja, ki lahko pridejo v hidravlični sistem iz številnih virov. Ker so mineralna olja netopna v tekočinah HFC, jih je mogoče preprosto posneti iz rezervoarja za tekočino. V praksi pa z odstranjevanjem pogosto odlašamo tako dolgo, da se nekateri aditivi adsorbirajo v mineralno olje in odstranijo iz delovne tekočine, ko to olje posnamemo s površine rezervoarja.

Postopki spremljanja stanja in analize tekočin HFC

Spremljanje stanja tekočine HFC in pravočasno ukrepanje, kadar je to potrebno, zelo vpliva na uporabno dobo tekočine in komponent hidravličnega sistema, posebno črpalk. Priporočljivi postopki so:

► Začetno opazovanje tekočine

Prvi korak vsake analize je preprosto opazovanje vzorca. Oglejte si vzorec v prozorni posodi, kot je prozorna steklenica za vzorec. Vzorec mora biti čist, brez oljnih plasti ali trdnih ostankov. Če opazite trdne ostanke, morate uporabiti magnet, da ugotovite, ali so magnetni. Magnetne trdne snovi so lahko posledica obrabe ali korozije. Nemagnetni ostanki so lahko posledica erozije tesnila ali zunanje kontaminacije.

► Vsebnost vode

Voda v tekočini HFC med normalnim delovanjem delno izhlapi. Izguba vode poveča viskoznost tekočine. Zato je treba dodati vodo, da ohranimo požarno odpornost in zagotovimo pravilno viskoznost in delovanje sistema.

Najpogostejše metode za določanje vsebnosti vode v W/G hidravlični tekočini so lomni količnik, viskoznost in analiza vsebnosti vode po Karlu Fischerju. Lomni količnik je najpogostejše uporabljen in ga zlahka določimo s prenosnim refraktometrom s temperaturno kompenzacijo, ki zagotavlja odčitke v stopinjah Brix. Glavna omejitev določanja vode z lomnim količnikom

je, da na lomni količnik vpliva vsak material, vključno s kontaminanti, ki so lahko v hidravlični tekočini. Zato je priporočljivo to metodo določanja vsebnosti vode primerjati z vsaj eno drugo analitično metodo.

Glede na določeno vsebnost vode je treba vodo po potrebi dodati. V hidravlični sistem dodajamo samo destilirano ali deionizirano vodo.

Vsebnost vode v hidravlični tekočini lahko določimo tudi z merjenjem viskoznosti. Pogosta metoda merjenja viskoznosti je po postopku ASTM D445 za kinematično viskoznost. Nosilnost filma tekočine je odvisna od viskoznosti tekočine. Procesi oksidacije in toplotne razgradnje bodo povzročili zmanjšanje viskoznosti tekočine. Tako je rutinsko merjenje viskoznosti ena najboljših metod za spremljanje stabilnosti tekočine. Vendar je treba take primerjalne meritve opraviti pri enaki skupni vsebnosti vode.

Tretja in najbolj nedvoumna metoda določanja vode je titracija po metodi Karl Fischer (ASTM D1744). Prednost analize po tej metodi je, da je neposredno merilo vsebnosti vode, medtem ko sta viskoznost in lomni količnik posredni meritvi, na kateri močno vpliva bodisi onesnaženje (lomni količnik) bodisi razgradnja tekočine (viskoznost).

► Alkalna rezerva (zaviranje korozije)

Koncentracija amina v hidravlični tekočini HFC je označena kot alkalna rezerva in se običajno podaja kot prostornina v mililitrih 0,1 N klorovodikove kisline (HCl), ki je potrebna za titracijo 100 ml tekočine HFC na pH 5,5. Spremembe v koncentraciji inhibitorja korozije je mogoče spremljati tudi z vrednostjo pH. Priporočljivo je, da je vrednost pH tekočine HFC večja od 8,0 [3].

► Degradacija tekočine

Tekočine HFC lahko oksidirajo, če so izpostavljene visokim delovnim temperaturam, kot so na primer tiste, do katerih pride pri okvari izmenjevalnika toplote. Če sta temperatura in čas zadostna, se lahko proizvedejo kisline z nizko molekulsko maso, kot je mravljinčna kislina. Prisotnost mravljinčne kisline je še posebej škodljiva, saj lahko koncentracije, višje od 0,15 odstotka, povzročijo čezmerno obrabo. Ionska kromatografija je prednostna metoda za odkrivanje kislin v tekočini [3].

► Ferografija

Kakovost in delovanje hidravlične tekočine sta odvisna od čistosti tekočine in kemičnih sprememb. Poleg opisanih kemičnih in fizikalnih analiz je pogosto koristno analizirati morebitne znake obrabe. Ferografija je ena od glavnih metod analize obrabnih delcev. Uporablja se lahko

za določanje koncentracije in porazdelitve obrabnih delcev v hidravlični tekočini.

Zaključek

Zmogljivost težko vnetljive hidravlične tekočine HFC tako kot vseh drugih hidravličnih tekočin je odvisna od čistosti tekočine in kemijske sestave tekočine. Pri spremljanju stanja in vzdrževanju teh tekočin je treba spremljati koncentracijo vode, aditiva proti obrabi in zaviralca korozije, da zagotovimo optimalno učinkovitost tekočine in zaščito proti obrabi. Priporočene analitske metode zajemajo vizualno opazovanje, določanje vsebnosti vode, alkalne rezerve, viskoznosti in vizualno opazovanje kritični in jih je treba redno izvajati (običajno s pomočjo dobavitelja tekočine).

Medtem ko sta analizi z ionsko kromatografijo in ferografijo specializirana postopka in se lahko izvajata le po potrebi, pa so določanje vsebnosti vode, alkalne rezerve, viskoznosti in vizualno opazovanje kritični in jih je treba redno izvajati (običajno s pomočjo dobavitelja tekočine).

Če je hidravlični sistem pravilno vzdrževan in stanje tekočine redno spremljamo, je mogoče doseči odlične hidravlične in mazalne lastnosti z dolgo uporabno dobo tekočin HFC.

Viri

- [1] M. Kambič, „Težko vnetljive hidravlične tekočine,“ IRT3000, pp. 83–84, 2018.
- [2] B. Kus in M. Kambič, „Uporaba in vzdrževanje težko vnetljivih hidravličnih tekočin vrste HFC,“ Ventil, Izv. 12, št. 1, 2006.
- [3] R. J. Bishop in E. G. Totten, „Water-Glycol hydraulic fluid maintenance and analysis,“ [Elektronski]. Available: <https://www.machinerylubrication.com/Read/442/water-glycol-hydraulic-fluids>. [Poskus dostopa 20. 5. 2024].
- [4] „Converting to fire-resistant fluids,“ Noria Corporation, 24. 5. 2024. [Elektronski]. Available: <https://www.machinerylubrication.com/Articles/Print/28971>.

Ali ste vedeli?

- Tekočine HFC so ena od vrst težko vnetljivih hidravličnih tekočin.
- Osnova tekočin HFC je zmes vode in glikola.
- Način vzdrževanja in spremljanja stanja tekočin HFC je različen kot pri mineralnih hidravličnih oljih.
- Določanje vsebnosti vode, alkalne rezerve, viskoznosti in vizualno opazovanje so izjemno pomembni.

INDUSTRIJSKI FORUM

IRTADRIA25



Strokovni dogodek za industrijo

Industrijski forum IRT3000 je dvodnevni strokovni dogodek, ki že več kot 15 let ustvarja prostor za izmenjavo informacij, znanj, idej in pogledov na dosežke industrijske panoge. Revija IRT3000 ga je doslej organizirala v Sloveniji, z naslednjim letom pa se dogodek uveljavlja tudi na širšem področju Zahodnega Balkana.

Industrijski forum IRT povezuje soustvarjalce industrijske panoge: industrijska podjetja z najrazličnejših področij, razvojno-raziskovalne organizacije in predstavnike akademske sfere.

Dogodek bogati razstava visokotehnoških podjetij, ki obiskovalcem foruma predstavljajo svoje najnovejše dosežke, napredne tehnologije, razvojne rešitve in inovacije za večjo konkurenčnost podjetij.

Program

Prvi dan dogodka je namenjen poslovnim vsebinam. Udeležence kot promotorka inženirskega poklica nagovori aktualna inženirka leta.

Drugi forumski dan potekajo strokovna predavanja v več tematskih sklopih, ki se tesno povezujejo z vsebinami, o katerih piše revija IRT3000. Osrednja pozornost je namenjena primerom uspešno rešenih konkretnih izzivov iz prakse.

KAJ?

- Strokovni dogodek – 2 dni!
- predavanja, mreženje in izmenjava izkušenj
- več kot 80 strokovnih predavanj

ZA KOGA?

- za strokovnjake iz proizvodnih podjetij
- za predstavnike razvojnih in raziskovalnih institucij
- za akademike
- za odločevalce iz industrije
- za predstavnike branžnih združenj
- za vodje proizvodnje
- za raziskovalce in razvojnike
- za študente in dijake
- za vse, ki hočete biti v stiku z napredkom v svoji branži

15. in 16. 9. 2025
Zadar • Hotel KOLOVARE



RAZSTAVA



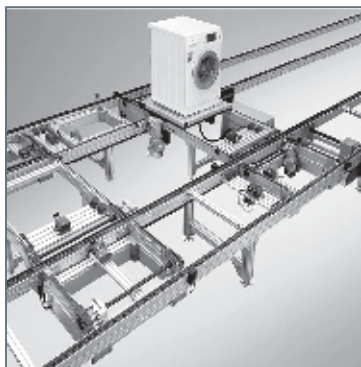
POSLOVNI DEL



STROKOVNA
PREDAVANJA



RAZISKOVALCI

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

TRAJNA, VZDRŽLJIVA IN UNIVERZALNA TRAPEZNA NAVOJNA VRETENA

Trapezna navojna vretena pretvarjajo rotacijo v linearno gibanje, lahko prenašajo velike sile in so nepogrešljiva v številnih rešitvah pogonov.

Za linearno premikanje sestavnih delov pri vpenjanju obdelovancev ali pri nastavitvah položaja pri mehanizmi se skoraj vedno uporabljajo vijajna vretena in matice s trapezoidnim navojem. Trapezni navoji so idealni za hitro pozicioniranje, prenašajo velike sile in momente in so izjemno odporni proti obrabi.

Slednje v celoti velja za standardne modele navojnih vreten GN 103, ki jih podjetje elesa+Ganter ponuja v različnih dimenzijah. Izdelujejo jih s postopkom valjanja, pri katerem se material močno zgosti in doseže zelo dobre površinske lastnosti.

Elesa+Ganter izdeluje vretena iz kaljenega jekla C15 in iz nerjavnega jekla A2 v najpogostejših velikostih od Tr8 x 1,5 do Tr50 x 8 ter z enim ali več navoji. Trapezna navojna vretena je mogoče naročiti v katerikoli dolžini med 500 mm in 1000 mm.

Vsa navojna vretena po specifikaciji bodo takoj odposlana iz zaloge, tudi če naročnik naroči samo po en kos.

Elesa+Ganter poleg standardnih komponent zagotavlja tudi ključno strokovno znanje in podporo pri pravilnem načrtovanju. Tehnične informacije vključujejo pomembne vidike, kot so bočni tlak, lepenje in zračnost pri spremembi smeri, ter kritične uklonske sile in število vrtljajev glede na premer in nepodprto dolžino vretena.

Za pretvorbo rotacijskega v linearno gibanje je poleg vretena s trapezoidnim navojem potrebna tudi ustrezna matica.



Trapezna navojna vretena (GN 103) in matice (GN 103.1) (Vir: elesa+Ganter)

Standardne matice elesa+Ganter GN 103.1 so bronaste in imajo zelo dobre drsne lastnosti, so robustne in vzdržljive in se montirajo sredinsko z radialno pomično montažno prirobnico.

Enaka konfiguracija je na voljo tudi v plastični različici iz poliamida (PA) ali poliacetala (POM).

Podjetje ima v prodajnem programu tudi šestrobe matice iz jekla ali nerjavnega jekla kakor tudi cilindrične matice iz jekla, nerjavnega jekla, bronu in POM. Te so idealne za specifične zahteve, saj jih je mogoče enostavno prilagoditi in integrirati v aplikacije po meri naročnika.

Vir:

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

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

AC KOMPAKTNE LINEARNE OSI

Linearni pogoni za avtomatizacijo obdelovalnih procesov z največjo zmogljivostjo v minimalnem prostoru

Kompaktne osi so ključne komponente v sodobni tehnologiji avtomatizacije obdelovalnih procesov. Združujejo natančno linearno gibanje z močnimi, integriranimi pogoni – in vse to v zelo omejenem prostoru. To omogoča enostavno integracijo v obstoječe sisteme in njihovo brezskrbno združevanje, kar povečuje stroškovno učinkovitost in zmogljivost sistemov za avtomatizacijo procesov. Velika hitrost in pospeški pomenijo, da ni treba sklepati kompromisov pri zmogljivosti, tudi v omejenih vgradnih prostorih. Prednost uporabe kompaktnih osi serije AC je dvig učinkovitosti v proizvodnji na novo raven.

Kompaktna linearna os ZIMMER GROUP in njene karakteristike:

- ▶ fleksibilno krmiljenje – IO-Link za enostaven zagon in implementacijo preprostih aplikacij ali CANopen za interakcijo z drugimi strojnimi elementi v realnem času;
- ▶ standardno krogelno vreteno z BLDC-motorjem – za hitro in močno gibanje z visoko natančnostjo;
- ▶ standardna funkcija Safe-Torque-OFF – maksimalna varnost, zahvaljujoč hitremu in zanesljivemu izklopu navora;
- ▶ visoka nosilnost in dolga življenjska doba – zahvaljujoč linearnemu vodilu z dvojnim tirnim vozičkom in enodelnim drsnikom, rezkanim iz trdnega materiala;
- ▶ prilagojeni profili gibanja – prosto nastavljivi parametri omogočajo gibanje, ki je popolnoma prilagojeno vaši aplikaciji;
- ▶ majhna zahteva po prostoru – kompaktna zasnova brez interferenčnih kontur z minimalno velikostjo vgradnje;
- ▶ absolutna natančnost – visoka natančnost pozicioniranja in ponovljivosti brez potrebe po referenčnih premikih, zahvaljujoč integriranemu sistemu za merjenje absolutnega položaja;
- ▶ minimalna potreba po vzdrževanju – intervali mazanja do 5 milijonov ciklov in življenjsko dobo do 100 milijonov ciklov;
- ▶ nizki obratovalni stroški – izklop motorja pri mirovanju, s kombinacijo vpenjalnih elementov možen tudi pri vertikalnih aplikacijah.



Kompaktna linearna os ZIMMER GROUP

testnih sistemih, na primer za hitro in natančno premikanje in merjenje komponent.

Več informacij o izdelkih ZIMMER GROUP dobite pri podjetju INOTEH d. o. o.

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, e-mail: gp@inoteh.si, internet: www.inoteh.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

Področja uporabe kompaktnih linearnih osi ZIMMER GROUP

Naše kompaktne osi so sestavni del avtomatiziranih procesov v številnih industrijah. Idealne so za aplikacije, kjer so potrebna hitra, natančna in natančno ponovljiva gibanja – in to milijonkrat. Pospešujejo avtomatizacijo v panogah, kot so montaža, proizvodnja elektronike in embalažna industrija. Uporabljajo se tudi v avtomatiziranih

REVILJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO
VENTIL

CELOVITA REŠITEV ZA NADZOR IN UPRAVLJANJE TERENSKIH VOZIL IN STROJEV – BODAS CONNECT

Terenska vozila in stroji se vedno bolj digitalizirajo in pri tem pomenijo številne rešitve v oblaku, ki omogočajo elektronski nadzor hidravličnih in električnih pogonov, mnogotere prednosti za uporabnike. Pri razvoju teh rešitev je podjetje Bosch Rexroth vodilno in kot močan industrijski partner in ponudnik rešitev izkorišča poglobljeno lastno znanje o aplikacijah ter širok nabor programske in strojne opreme BODAS, da uporabnikom zagotovi edinstveno integrirano IoT-rešitev – BODAS Connect All-in-one Connectivity.



Povezovanje BODAS Connect All-in-one Connectivity in obdelava podatkov

Razen funkcij za upravljanje podatkov pri vodenju voznega parka in nadzoru stanja vozil BODAS Connect All-in-one Connectivity nudi tudi številne možnosti za brezžično povezavo z omrežji krmilnikov terenskih vozil. Med te interakcije spadajo programiranje, parametrizacija in diagnostika krmilnikov Rexroth. Programska oprema BODAS je bila razvita z ozirom na hidravlične komponente, kar omogoča idealen nadzor le-teh.

Programska oprema vključuje širok nabor že pripravljenih standardnih programskih modulov za različne funkcije, te module je mogoče fleksibilno vključiti v uporabnikove aplikacije. Kadar standar-

dne funkcije ne zadoščajo, podjetje nudi inženirski pristop pri prilagoditvah specifičnim zahtevam uporabnikov.

Platforma BODAS poleg programske opreme vključuje tudi strojno opremo, kot so:

- ▶ krmilniki, ki temeljijo na avtomobilski tehnologiji in so razširljivi in kompatibilni z drugimi krmilniki,
- ▶ senzorji, ki zagotavljajo najvišjo natančnost celo življenjsko dobo stroja,
- ▶ vmesniki človek-stroj, kot so zasloni, krmilne palice in pedala,
- ▶ telematske nadzorne enote, ki omogočajo vključitev v Boschovo (ali katerokoli drugo) IoT-omrežje,
- ▶ senzorji in kamere za podporo uporabniku pri nadzoru okolice med delovanjem stroja.



Strojna oprema BODAS

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. Matevž Lešnik

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

NOVA SERIJA ELEKTRIČNIH AKTUATORJEV

SMC LEFSW

SMC predstavlja inovativno serijo električnih aktuatorjev LEFSW, ki so idealna rešitev za avtomatizacijo v zahtevnih industrijskih okoljih. Aktuatorji združujejo napredno tehnologijo, imajo prilagodljivo zasnovo in izjemno odpornost na zahtevne pogoje delovanja. Ti električni drsni aktuatorji z zaščito IP65, z absolutnim enkoderjem brez baterij in modularno zasnovo omogočajo optimalne rešitve za avtomatizacijo v panogah, kjer so higienski standardi ključnega pomena, kot sta prehrabna in farmacevtska industrija.



Električni aktuator SMC LEFSW

Električni aktuatorji SMC LEFSW

Ključne značilnosti električnih aktuatorjev SMC LEFSW je mogoče strniti v tri značilnice:

- ▶ napredna tehnologija za brezskrbno delovanje,
- ▶ izjemne zmogljivosti in prilagodljivost,
- ▶ široka uporabnost na različnih industrijskih področjih.

Napredna tehnologija za brezskrbno delovanje

Posebnost serije LEFSW je absolutni enkoder brez baterij, ki omogoča obnovitev pozicije aktuatorja po izpadu napajanja. Ta funkcionalnost odpravlja potrebo po vzdrževanju in zamenjavi baterij, kar zmanjšuje stroške ter povečuje zanesljivost in trajnost sistema. Poleg tega LEFSW omogoča natančnost pozicioniranja do $\pm 0,02$ mm, kar je bistvenega pomena v procesih, kjer je natančnost ključna za zagotavljanje kakovosti izdelkov.

Izjemne zmogljivosti in prilagodljivost

Serijski LEFSW vključuje širok razpon tehničnih zmogljivosti, ki omogočajo prilagoditev različnim aplikacijam:

- ▶ **nosilnost:** do 65 kg, kar omogoča prenos težkih bremen;
- ▶ **hod:** do 1200 mm, primeren za dolge premike;
- ▶ **hitrost:** do 800 mm/s za hitro in učinkovito delovanje.

Razen tega je aktuator na voljo v različnih velikostih in omogoča prilagodljivo montažo – horizontalno, vertikalno ali celo stropno.

Združljivost z različnimi komunikacijskimi protokoli, kot so EtherCAT, PROFINET, DeviceNet in drugi, omogoča enostavno integracijo v obstoječe avtomatizacijske sisteme.

Uporaba v različnih industrijskih okoljih

Serijski LEFSW je zasnovana tako, da prenese stroge pogoje, ki so značilni za industrije z visokimi zahtevami po čistoči. Ohišje aktuatorja je zaščiteno s posebnimi obrabno odpornimi tesnilnimi trakovi, ki preprečujejo vdor prahu in vode v notranjost. Zaščita IP65 omogoča redno pranje in čiščenje z vodnimi curki, kar je ključno pri zagotavljanju higiene v okoljih, kjer se obdelujejo ali proizvajajo hrana, pijače in farmacevtski izdelki. Kovinski konektorji in aluminijasto ohišje dodatno izboljšujejo odpornost na korozijo in zagotavljajo dolgo življenjsko dobo naprave tudi v agresivnih delovnih pogojih.

Zaradi odpornosti na pranje kakor tudi zaradi natančnosti in zanesljivosti je serija aktuatorjev LEFSW idealna za različno uporabo:

- ▶ V farmacevtski industriji, kjer zagotavlja natančno rokovanje s sestavinami in izdelki, hkrati pa omogoča enostavno čiščenje, kar preprečuje kontaminacijo.
- ▶ V prehrabni industriji je odlična izbira za avtomatizacijo procesov pri proizvodnji hrane in pijač, kjer je higiena ključnega pomena.
- ▶ V avtomobilski industriji, kjer omogoča prenos težkih obremenitev ob visoki natančnosti in je tako aktuator LEFSW primeren za sestavljanje kompleksnih komponent.
- ▶ V logistiki je aktuator LEFSW uporaben za učinkovito premikanje in razporejanje tovora v avtomatiziranih skladiščih.

Zaključek

SMC-jeva serija LEFSW predstavlja popolno rešitev za industrije, ki zahtevajo zanesljivost, prilago-

dljivost in visoke higienske standarde. Odpornost na pranje, zmanjšana potreba po vzdrževanju in napredna tehnologija omogočajo dolgotrajno in brezskrbno uporabo. Serija LEFSW ni le tehnološki dosežek, temveč tudi ključni partner v avtomatizaciji procesov, ki jih poganjata natančnost in kakovost.

Za več informacij o seriji LEFSW in možnostih njene uporabe obiščite SMC-jevo uradno stran, kjer

so na voljo podrobne specifikacije in možnosti konfiguracije.

Vir:

SMC Industrijska Avtomatika d. o. o., Mirnska cesta 7, 8210 Trebnje, tel.: +386 7 388 5425, spletna stran: www.smc.si, e-pošta: sales.si@smc.com, g. Marko Omerzu

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

OGLAŠEVALCI

- | | |
|---|--|
| ▶ CELJSKI SEJEM, d. d., Celje.....23, 49 | ▶ OLMA, d. o. o., Ljubljana.....1 |
| ▶ DAX, d. o. o., Trbovlje 59 | ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana.....1, 57 |
| ▶ ELESAGANTER GmbH, Brunn am Gebirge, Austria.....9 | ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o, Trzin 1, 44 |
| ▶ FESTO, d. o. o., Trzin.....1, 60 | ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o, Žiri..... 1, 2 |
| ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj.....23 | ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana.....1, 4 |
| ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi.....17 | ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... 33, 43, 49 |
| ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana50 | ▶ SEAL & TRADE, d. o. o., Maribor.....1, 15 |
| ▶ La & Co., d. o. o., Limbuš.....1, 48 | ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana 21 |
| ▶ MIEL Elektronika, Velenje.....1 | ▶ UL, Fakulteta za strojništvo 13 |
| | ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica 39 |

la&co

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



Z več kot 30-letnimi izkušnjami na področju hidravlike, pnevmatike in linearne tehnike vam zagotavljamo vrhunske in zanesljive rešitve, prilagojene vašim specifičnim potrebam. Naša tehnologija temelji na inovacijah, energetski učinkovitosti in trajnostnem pristopu, s katerim vam pomagamo optimizirati delovanje sistemov ter zmanjšati vpliv na okolje.

 Celjski sejem

Mednarodni industrijski sejem

8.-11. APRIL 2025



IRT 3000
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE

SPLAČA SE BITI NAROČNIK

IRT 3000
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE



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

IRT 3000
ADRIA
INOVACIJE • RAZVOJ • TEHNOLOGIJE



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

ELEKTRIČNI LINEARNI AKTUATORJI **ELECTRAK LL**

Podjetje Inotech predstavlja električne linearne aktuatorje Electrak LL podjetja THOMSON LINEAR z izboljšanim delovanjem in večjo zmogljivostjo v aplikacijah, ki zahtevajo aktuatorje z dolgo življenjsko dobo.



Električni linearni aktuatorji Electrak LL (Vir: www.thomsonlinear.com)

Thomson Electrak LL je zaradi svoje dolge življenjske dobe idealen za aplikacije, kjer bi bilo v prete-

klosti zaradi omejitev pričakovane življenjske dobe težko ali celo nemogoče uporabiti električne linearne aktuatorje. V okviru širjenja produktne linije ima serija LL zdaj večje hitrosti in več možnosti za elektronski nadzor vključno s komunikacijo CANopen®, SAE J1939 ter analognimi povratnimi informacijami. Prav tako pa je na voljo 48-voltna različica, ki zadostuje potrebam po napajanju v aplikacijah, ki delujejo na baterije.

Nedavno predstavljene dodatne možnosti konfiguracije Electrak LL so namenjene uporabnikom, ki želijo večji nadzor nad položajem, obremenitvijo in hitrostjo svojih aplikacij, kot so pametni železniški pantografi in spojke, AGV-ji, avtomatizirani kmetijski roboti, premične stopnice ter dostopna dvigala za vlake in avtobuse.

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

Vir:

INOTEH, d. o. o., K železnici 7, 2345 Bistrica ob Dravi, tel.: +386(0)2 673 01 34, e-mail: gp@inotech.si, internet: www.inotech.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



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

INOVATIVNI VENTILI ZA VODIK

Podjetje Co-ax, vodilni proizvajalec koaksialnih ventilov, predstavlja visokotlačni ventil KX 1000, ki je zasnovan posebej za zahtevne aplikacije, povezane z vodikom. Ventil združuje robustno zmogljivost, kompakten dizajn in energetske učinkovitost, kar ga naredi nepogrešljivega za tehnične strokovnjake in industrijske uporabnike.

Ključne lastnosti koaksialnega ventila KX 1000:

- ▶ širok razpon tlakov: delovanje v območju od 0 do 1000 bar zagotavlja zanesljivost tudi v najzahtevnejših pogojih;
- ▶ energetska učinkovitost: poraba zgolj 120 cm³ stisnjenega zraka na preklap prispeva k zmanjšanju stroškov energije;
- ▶ dvosmerna pretočnost: pretok v obe smeri (A->B in B->A) omogoča fleksibilnost pri načrtovanju sistemov;
- ▶ kompaktna zasnova: dimenzije 205 mm (dolžina) in premer 114 mm omogočajo enostavno integracijo v različne sisteme;
- ▶ širok temperaturni razpon: zasnovan za delovanje v ekstremnih pogojih od -40 °C do + 85 °C.

Uporaba ventila KX 1000

Ventil KX 1000 je prilagodljiva rešitev, primerna za:

- ▶ polnilne postaje: Zagotavlja varno in učinkovito pretakanje vodika.
- ▶ visokotlačne skladiščne sisteme: nudi optimalno zanesljivost pri shranjevanju vodika;
- ▶ proizvodnjo kompresorjev: zagotavlja natančnost in zmogljivost v industrijskih aplikacijah;
- ▶ transportne sisteme: kompakten dizajn omogoča enostavno montažo na tračnice in v druge transportne rešitve.

Prednosti v primerjavi s konkurenco:

1. dvosmerna pretočnost: povečuje fleksibilnost in zmanjšuje potrebo po dodatnih komponentah;
2. tesnjenje proti povratnemu tlaku: zagotavlja zanesljivo delovanje tudi pri povratnem tlaku do 1000 bar;
3. velik pretok: Kv vrednost 1,9 m³/h omogoča učinkovito pretočnost v vseh aplikacijah;
4. ohišje iz visoko kakovostnega materiala AiSi 316L: zagotavlja popolno tesnjenje in odpor-



Ventil KX 1000

nost proti koroziji;

5. ATE-certifikat za cono 2: ventil je primeren za uporabo v potencialno eksplozivnih atmosferah.

Zakaj izbrati KX 1000?

Pri aplikacijah, povezanih z vodikom, je zanesljivost ključnega pomena. Ventil KX 1000 ne le izpolnjuje te zahteve, ampak jih s svojo inovativno zasnovo presega. Ne glede na to, ali potrebujete rešitev za polnilne postaje, skladiščenje ali transport, je KX 1000 prava izbira za zanesljivost, varnost in energetske učinkovitost.

Za več informacij in tehnične podrobnosti se obrnite na našo ekipo strokovnjakov. Prepričajte se sami o zmogljivosti ventila KX 1000!

Vir:

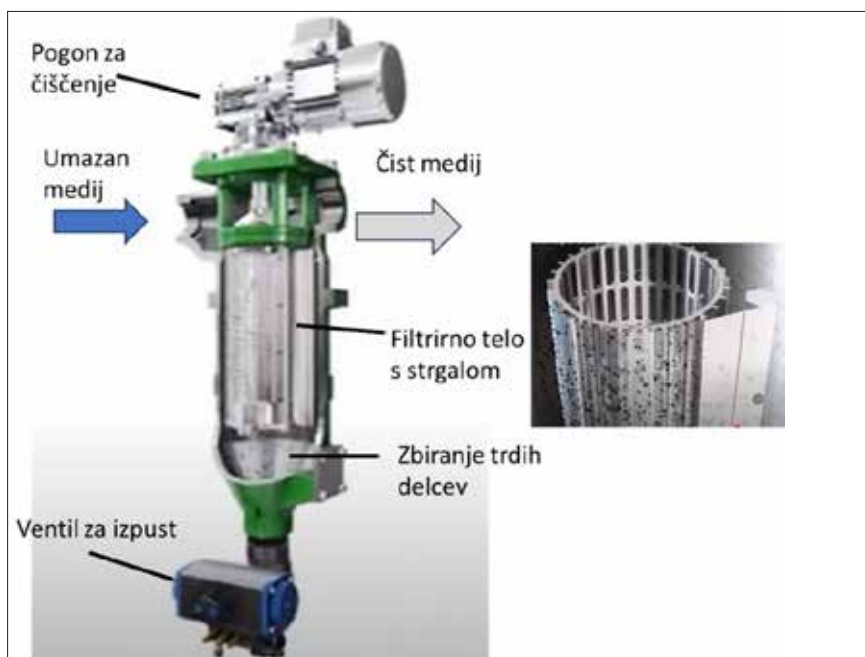
TU-VAL, d. o. o., Breznikova ulica 26, 1230 Domžale, tel: + 386 1 729 37 80, mobi: +386 31 679 965, www.tu-val.si, g. Marko Levstek

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

AVTOMATSKI SAMOČISTILNI FILTRI Z INOVATIVNO FUNKCIONALNOSTJO

Goran Miljević

Filtri z robnimi režami (edge gap filter) so samočistilni filtri, ki za čiščenje medija nimajo običajnih filtrirnih elementov, temveč filtrirno telo z režami, za avtomatično čiščenje pa uporabljajo rob strgala (*Slika 1 in 2*). Zaradi stabilne in robustne zasnove so idealni za neprekinjeno delovanje in jih je mogoče uporabljati na številnih industrijskih področjih.



Slika 1 : Zgradba filtra



Slika 2 : Filtrirni element z režami

Filtri z robnimi režami odlikuje visoka odpornost na diferenčni tlak, delovna temperatura je do 200 °C in pretok do 70 m³/h. So primerni za filtriranje skoraj vseh tekočih medijev in za filtriranje delcev premera med 25 µm do 3000µm.

Zgradba in delovanje

Medij vstopa v filter in se usmeri navzdol ob steni filtrirnega lonca in nato skozi filtrirno telo z reža-

mi (*Slika 1*). Filtracija poteka skozi filtrirno telo od zunaj navznoter, pri čemer se trdne snovi nabirajo na zunanji strani filtrirnega elementa (*Slika 2*).

Čiščenje filtrirnega elementa pri avtomatičnem delovanju poteka tako, da pogon – motor z reduktorjem – vrtilno ploščo (filter z režami) tako, da rob strgala



Slika 3 : Izvedbe avtomatskih samočistilnih filtrov z režami

Goran Miljević, Hennlich, d. o. o., Kranj, miljevic@hennlich.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

odstrani delce, ki so se nabrali na zunanji strani z njegove površine.

Odstranjeni trdni delci padajo navzdol in se zbirajo v spodnjem delu filtra. Iz ohišja filtra jih je mogoče odstraniti:

- ▶ ročno: z odpiranjem in zapiranjem krogelnega ventila,
- ▶ samodejno: z uporabo časovno krmiljenega ventila,
- ▶ samodejno: z uporabo elektronskega krmiljenja z nadzorom diferenčnega tlaka, ki krmili izpustni ventil.

Izguba medija je minimalna.

Vzdrževanje in čiščenje filtra je dokaj enostavno, potrebno je le odviti štiri vijake, da je mogoče odstraniti pokrov z motorjem in dvigniti filtrirni valj s strgalom. Notranjost okrova filtra je enostavno dostopna in jo je mogoče povsem očistiti. Notranjo površino okrova je mogoče spolirati, da se umazanija manj prijemlje površine.

Področja uporabe: čokolada, kakavova masa, marcipan, kvas, barve in laki, emulzijske barve, tiskanje barv, zaščita podvozja, lepila, izdelki iz katrana, topila, olje za menjalnike, repično olje, emulzije, lak za elektroforezo, plastifikator, poliuretan, hladilno mazivo in drugi mediji.

Izvedbe

Avtomatski samočistilni filtri s filtrirnim telesom z režami se izdelujejo v številnih izvedbah glede na namen uporabe in želje naročnikov.

Podjetje Hennlich predstavlja tri tipe avtomatskih filtrov (Slika 3):

- ▶ avtomatski filter tipa AS50,
- ▶ avtomatski filter tipa AS 70/110/175,
- ▶ avtomatski filter tipa AS-FD.

Filtri z robnimi režami MTS in APIC so primerni za skoraj vse tekočine z nizko in visoko viskoznostjo. Opcijsko so na voljo tudi



Avtomatski filter tipa AS50

Uporablja se predvsem v industrijskih aplikacijah, kjer ni potrebno pogosto odpiranje in čiščenje okrova filtra. Največji pretok je do 3,5 m³/h.

Sestavljajo ga:

- ▶ ohišje in glava filtra, cilindrični cevni element z zarezo ali element iz perforirane pločevine,
- ▶ košara za strgalo s strgalom in
- ▶ motor z reduktorjem.

Filtrirni element se odstrani navzdol.



Avtomatski filter tipa AS 70/110/175

Pri modelih AS70/110/175 je ohišje razdeljeno na sredino, filtrirni element pa se odstrani navzdol. Področja uporabe so predvsem industrijske aplikacije, kjer ni potrebno pogosto odpiranje in čiščenje ohišja filtra. Največji pretok je do 35 m³/h.

Zgradba:

- ▶ ohišje in glava filtra,
- ▶ cilindrični cevni element z zarezo ali element iz perforirane pločevine,
- ▶ košara za strgalo s strgalom,
- ▶ motor z reduktorjem.



Avtomatski filter tipa AS-FD

Filter z robnimi režami tipa AS-FD je še posebej primeren za uporabo v živilih, ker je zelo enostaven za čiščenje. Največji pretok je do 70 m³/h.

Filter s pokrovom prirobnice je sestavljen iz naslednjih komponent:

- ▶ enodelno ohišje filtra,
- ▶ enota strgala s strgalom,
- ▶ motorni reduktor s pokrovom,
- ▶ 3-kraki osnovni okvir pri AS70-FD & AS110-FD & AS175-FD in
- ▶ držanje krempljev za AS325-FD.

s preskusom protieksplzijske zaščite (ATEX). Njihova inovativna funkcionalnost omogoča

čiščenje brez prekinitve filtracije in zmanjšuje izgubo medija med odvajanjem trdnih delcev.

MODULARNI KRMILNIK STROJEV SERIJE OMRON NX1

Hitrejša proizvodnja brez ogrožanja kakovosti, sledljivost v realnem času, integrirana varnost na celotni proizvodni liniji, visokohitrostni linijski pregled, brezhibna integracija, redundanca za zmanjšanje izpadov, večjedrni mikroprocesor za nadzor in obdelavo podatkov, varna povezava gostitelja, izboljšana funkcionalnost Etherneta so pomembne prednosti uporabe modularnega krmilnika serije NX1.

Modularni krmilnik Omron NX1

Je član družine poznanih modularnih krmilnikov NX1 do NX7, ki so namenjeni za avtomatizacijo proizvodnih in procesnih sistemov. Krmilniki omogočajo povezavo na do 4096 razširitev NX in do 256 servo-/enkoderskih osi. Odlikujejo jih tudi povezljivost na številne podatkovne baze SQL in funkcionalnost umetne inteligence. Uporaba knjižnic umetne inteligence omogoča konstantno spremljanje vzorcev na vaših signalih. Iz teh vzorcev lahko krmilnik približno napove odpoved priključenih naprav.

Modularni krmilnik strojev serije NX1 zagotavlja logično zaporedje, gibanje in informacijske funkcije. NX1 združuje svet proizvodnje in IT, zmanjšuje inženiring in vzdrževanje ter odpravlja vmesno programsko opremo (slika 1).

Značilnice modularnega krmilnika strojev serije NX1 so:

- ▶ pripravljen je za IoT: strežnik OPC UA je vgrajen kot standardna funkcija, podprte so spremenljive strukture;
- ▶ neposredna povezava baze podatkov: SQL odjemalec za strežnik Microsoft SQL, Oracle, IBM DB2, MySQL, Firebird, PostgreSQL;
- ▶ neposredna povezava v oblaku: komunikacije MQTT(S) so podprte z uporabo knjižnice komunikacij MQTT;
- ▶ neposredna povezava baze podatkov v V2.0 je razširjena s klici shranjenih procedur in varno komunikacijsko funkcionalnostjo;
- ▶ velik pomnilnik za obdelavo podatkov;
- ▶ krmilnik brez baterije;
- ▶ čas cikla: od 1 ms;
- ▶ do 12 osi (8 sinhroniziranih osi gibanja in 4 PTP);
- ▶ en edinstven in sinhroniziran cikel za lokalne in oddaljene V/I, naprave EtherCAT in nadzor gibanja;
- ▶ večopravilni krmilnik;
- ▶ razširjena omrežna povezljivost, 2 x Ethernet vrata + 1 EtherCAT;
- ▶ do 32 lokalnih enot NX, vključno z varnostnimi in IO-Link glavnimi enotami;
- ▶ podpora do 64 EtherCAT vozlišč (400 x NX enot);



Slika 1 : Modularni krmilnik strojev serije NX1

- ▶ topologija EtherCAT Ring je podprta za vzdrževanje komunikacije in nadzora v primeru pretrganega kabla ali okvare.

Kaj omogoča modularni krmilnik strojev serije NX1?

Hitrejšo proizvodnjo brez ogrožanja kakovosti – Krmilnik NX1 lahko uporablja informacije, sprejema varnostne ukrepe in nadzoruje kakovost, hkrati pa izboljšuje učinkovitost proizvodnje z visoko hitrostjo in natančnostjo. To prispeva k nenehnemu izboljševanju produktivnosti.

Sledljivost v realnem času – Krmilnik NX1 omogoča hitro krmiljenje z obdelavo informacij.

Na primer: NX1, ki se uporablja za pakirni stroj z zmogljivostjo obdelave 1.000 izdelkov na minuto, lahko zbira vse podatke o sledljivosti v sinhronizaciji s proizvodnim ciklom, medtem ko izvaja nadzor gibanja (motion control) (slika 2).

Integrirano varnost na celotni proizvodni liniji – Krmilnik NX1 je prvi na svetu (na podlagi preiskave družbe Omron marca 2018), ki integrira dve različni

odprti omrežji: EtherNet/IP™ za razširljiv varnostni nadzor v proizvodnih linijah in EtherCAT® za hiter in zanesljiv redundantni varnostni nadzor v strojih. Poleg tega vključuje varnostno krmiljenje stroja v linijah, ki zahtevajo hitre čase ciklov. Ta integracija vam omogoča standardizacijo strojev in izdelavo fleksibilnih linij.

Visokohitrostni linijski pregled – Čeprav se posebni inšpekcijski stroji z vgrajenim računalnikom pogosto uporabljajo za hitre preglede, zahtevajo posebne vzdrževalne veščine. Zato se sprejemno vzorčenje pogosto izvaja brez povezave, da se preprečijo zaustavitve linij.

NX1 se lahko uporablja v povezavi z visokohitrostno analogno vhodno enoto za zbiranje merilnih podatkov v določenem času cikla 5 μ s. Ta standardni krmilnik odpravlja potrebo po posebnih strojih z osebnim računalnikom in ga lahko vzdržujejo inženirji na kraju samem. Enostavno je mogoče opraviti tudi inline preglede, končno kontrolo vseh izdelkov.

Brezhibno integracijo: proizvodne linije in IT-sisteme – Krmilnik NX1 združuje vhode, logiko, izhode, varnost in robotiko ter ponuja široko paleto aplikacij, ki izkoriščajo informacije za povečanje produktivnosti, ter ukrepe za kakovost in varnost.

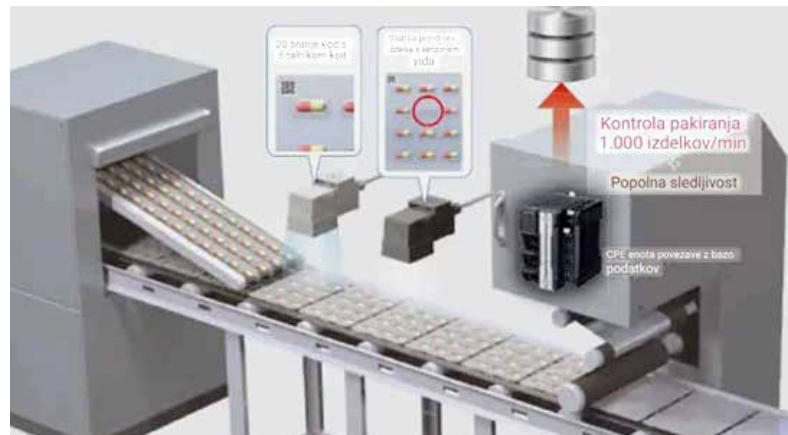
NX1 prinaša napredno upravljanje v miniaturni velikosti – Trije industrijski Ethernet priključki in napajalnik so nameščeni v kompaktni izvedbi širine 66 mm. NX1 zagotavlja ključno funkcionalnost za integracijo nadzora in informacij za napredne proizvodne aplikacije. Novi krmilnik prispeva k prizadevanjem za izboljšanje produktivnosti.

Hitro in natančno krmiljenje – Sinhronizirano krmiljenje V/I in gibanje v času cikla 1 ms, tresenje: 1 μ s, zmogljivost pomnilnika za spremenljivke: 33,5 MB*1.

Redundanco za zmanjšanje izpadov (NX102-[-][00]) – Tudi če je del omrežja EtherCAT odklopljen,



Slika 3 : Redundantni sistem



Slika 2 : Krmiljenje procesa kontrole

redundanca ožičenja zagotavlja neprekinjeno povezljivost. Ta funkcija vam omogoča, da popravite odklop brez zaustavitve strojev in proizvodne linije, kjer en krmilnik zagotavlja nadzor stroja in hkrati varnostni nadzor.

Večjedrni mikroprocesor za nadzor in obdelavo podatkov – Večjedrni mikroprocesor omogoča uporabo informacij, vključno s komunikacijo in sledljivostjo, ne da bi pri tem ogrozili zmogljivost nadzora.

Varno povezavo gostitelja – OPC UA je komunikacijski protokol IEC, ki je naveden kot priporočilo za industrije 4.0 in PackML. NX1 je opremljen s strežniškim vmesnikom OPC UA in zagotavlja varno povezavo z informacijskimi sistemi, kot sta MES in ERP. NX1 omogoča enostavno in varno povezavo z oblakom z uporabo komunikacijske knjižnice MQTT.

Izboljša funkcionalnost Etherneta – Izboljšana je povezljivost z obstoječimi napravami (npr. Modbus/TCP*2, komunikacija FINS in povezava s PLC-jem drugega ponudnika*3) in zmogljivost EtherNet/IP™ (povečana na 12.000 pps*4). Packet Filter izboljša varnost, vizualizacija podrejenih napak EtherCAT® pa olajša odpravljanje težav.

*1. Skupno število bajtov zadržanih in nezadržanih spremenljivk.

*2. Navodila za odjemalce so podprta.

*3. Ukazi SLMP so vključeni v knjižnico Sysmac.

*4. Skupni pps dveh vrat.

Več informacij o izdelku: <https://www.miel.si/nx1>

Kontaktirajte nas za brezplačno svetovanje pri integraciji rešitev z industrijskimi krmilniki v vašem proizvodnem procesu: omron.podpora@miel.si.

Vir:

MIEL d. o. o., Ulica svežih idej 4A, 3320 Velenje, tel.: +386 3 777 70 00, fax: +386 3 777 70 01, internet: www.miel.si, e-pošta: info@miel.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

POT DO ZANESLJIVEGA DELOVANJA SISTEMA STISNJENEGA ZRAKA – 2. DEL

Zanesljivo delovanje sistema stisnjene- ga zraka pomeni, da se zaradi nedobave stisnjene- ga zraka ustrezne kakovosti proi- zvodnja nikoli ne sme ustaviti.

Cevni sistemi in kakovosti zraka

Za povečanje zanesljivosti je treba sprejeti številne ukrepe, kot so: zagotoviti odzivnost, prepoznati težave v sistemu oskrbe stisnjene- ga zraka kakor tudi v proizvodnji. V nadaljevanju pa zagotoviti kakovost zraka, ustrezen tlak in tok zraka pri porabnikih. Tudi znižanje stroškov priprave zraka je del teh ukrepov.

Ukrepi tako vključujejo:

- ▶ analizo stanja in izboljšanje cevne napeljave,
- ▶ zanesljivo odvajanje kondenzata iz cevne nape- ljave,
- ▶ kontrolo toka, tlaka, padcev tlaka v cevovodih,
- ▶ uvedbo uporabe odpadne toplote in zmanjša- nje puščanja.

Analiza stanja in izboljšanje cevne napeljave

Pri rednem vzdrževanju je pogosto nujen izklop do- bave zraka porabnikom. Izklop kompresorja pa je mogoč le v času, ko noben proizvodni oddelek ne potrebuje stisnjene- ga zraka. Možnosti za izklop ce- lotnega sistema so torej zelo omejene.

Dodajanje obvodnih in izolacijskih (by-pass) ven- tilov na glavnih zankah cevovodov za posamezne porabnike je tako edini način za nemoteno proi- zvodnjo, delovanje sistema stisnjene- ga zraka ter za vzdrževanje posameznih strojev in naprav oziroma porabnikov. Tako je vzdrževanje mogoče opraviti brez zaustavitve celotne proizvodnje.



Slika 1 : Odpadanje rje in delcev iz stare črne cevi v sistemu cevovodov

Zamenjava črnih cevi z nerjavnimi je drug korak za izboljšanje delovanja sistema stisnjene- ga zraka. Problemi črnih cevi so rjavenje, odpadanje delcev rje, povečanje hrapavosti cevi, kar ima za posledico večje padce tlaka v ceveh ter probleme pri filtriranju zraka. Posledice tega so neustrezen tlak in tok zraka kakor tudi težave pri filtriranju stisnjene- ga zraka. Cevi in ventili iz nerjavnih materialov tako pomagajo ohranjati sistem v vrhunskem stanju.

Zanesljivo odvajanje kondenzata iz cevne napeljave

Odstranjevanje kondenzata na posameznih odce- pih cevi je nujno za zaščito sistema in naprav, tako se pogosto v cevovode dodasta vzporedno dva od- toka za primer odpovedi enega.

Strokovnjaki za cevovode močno priporočajo vgra- dnjo ciklonskega separatorja kondenzata, saj se z njegovo uporabo močno zmanjšajo obremenitve sušilnikov zraka.



Slika 2 : Ciklonski separa- tor kondenzata



Slika 3 : Tipalo tlačne točke rosišča

Dodajanje merilnikov tlačne točke rosišča (PDP) je še ena velika izboljšava. Ti se lahko vgradijo na vsak posamezen izhod iz sušilnika.

Kontrola toka, tlaka, padcev tlaka v cevovodih

Pomembno je tudi sprotno testiranje kakovosti sti- snjenega zraka. Ko ima proizvodnja težave, je eden od prvih ukrepov pregled kakovosti in zanesljivo- sti dobave stisnjene- ga zraka. Dokumentacija, da je zrak čist in suh, bo pomagala proizvodnji izključiti stisnjeni zrak kot vzrok težav in pospešiti odkriva- nje dejanskega vzroka težav.



Slika 4 : AIRWATT – toploto stiskanja učinkovito uporablja za ogrevanje vode.

Te izboljšave in pravi filtri pomagajo zagotavljati kakovost zraka pri porabnikih.

Stroški in prihranki, povezani z oskrbo stisnjenega zraka

Pregled puščanja stisnjenega zraka je še opravilo, s katerim mogoče dosežemo prihranke. Ko se odkrije puščanje stisnjenega zraka, se dokumentirajo stroški izgubljenega zraka in nato po potrebi odpravijo napake.

Pri nihanjih tlaka in izravnavi tlaka v proizvodnji, pri nihanju porabe stisnjenega zraka bi bilo smiselno razmišljati o kompresorju s pogonom spremenljive hitrostjo (VSD).

V sistemu, ki nima vgrajenega kompresorja VSD, je smiselna namestitev krmilnikov pretoka, ki pomagajo izravnati nihanja tlaka in prihraniti denar ob vzdrževanju nižjega tlaka.

Prihranek denarja je mogoče doseči tudi z uporabo odpadne toplote pri stiskanju zraka. Sistem AIR-WATT za ponovno uporabo toplote iz kompresorja se lahko uporabi za segrevanje vode za gretje stavbe, sanitarne vode, vode za procesno rabo itd.

Sklep

Obstaja veliko načinov in priložnosti za izboljšanje sistema stisnjenega zraka, da proizvaja zanesljiv in kakovosten zrak in je proizvodnja nemotena. Zaradi ugotovitev težav v proizvodnji, ki so posledica napak v sistemu stisnjenega zraka, lahko vzdrževalci pričnejo z optimizacijo cevne sistema, zagotavljanjem ustrezne kakovosti zraka, ki vključuje čistost, ustrezen tlak in tok zraka, preprečuje obremenitve sušilnikov zraka ter pogosto s posameznimi ukrepi, kot sta npr. zmanjšanje puščanja in uporaba odpadne toplote, znatno prispevajo k zniževanju stroškov v proizvodnji. Vse to pa je osnova za razmislek o ukrepih za bolj samostojno delovanje sistema oskrbe s stisnjenim zrakom in večje prihranke.

www.omega-air.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

 OMEGA AIR <i>more than air</i> OMEGA AIR d.o.o. Ljubljana Cesta Dolomitskega odreda 10 SI-1000 Ljubljana, Slovenija www.omega-air.si T +386 (0)1 200 68 00 info@omega-air.si	 N₂	 O₂
RAZPON TLAKOV 1000 mbar 16 bar, 50 bar 100 bar, 250 bar 420 bar	 H₂	 8-Air
MEDIJI stisnjen zrak vakuum N₂, O₂, CNG, dihalni zrak CO₂, H₂, He	 He	 CNG
 Air⁺	 Air	 CO₂

© Avtor(ji) 2025. CC-BY 4.0 / © The Authors 2025. CC-BY 4.0

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 31
 Year Letnica 2025
 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: izr. prof. dr. Miroslav Halilović
 Pomočnik urednika: izr. prof. dr. Franc MAJDIČ
 Tehnični urednik: Roman Putrih

Znanstveno-strokovni svet:

- ▶ Erih ARKO, YASKAWA, Ribnica
- ▶ prof. dr. Ivan BAJŠIČ, 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, penzija
- ▶ prof. dr. Jože DUHOVNIK, (upokojen) FS Ljubljana
- ▶ izr. prof. dr. Miroslav HALILOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Niko HERAKOVIČ, FS Ljubljana
- ▶ dr. Robert IVANČIČ, INTECH-LES, Rakek
- ▶ dr. Milan KAMBIČ, OLMA, Ljubljana
- ▶ doc. dr. Gorazd KARER, FE 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
- ▶ izr. prof. dr. Franc MAJDIČ, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Hubertus MURRENHOF, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ izr. prof. dr. Dragica NOE, (upokojena) FS Ljubljana
- ▶ Bogdan OPAŠKAR, FESTO, Ljubljana
- ▶ dr. Jože PEZDIRNIK, (upokojen) FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Jože RITONJA, FERI Maribor
- ▶ prof. dr. Katarina SCHMITZ, RWTH Aachen, ZR Nemčija
- ▶ prof. dr. Riko ŠAFARIČ, FERI Maribor
- ▶ Janez ŠKRLEC, inž., uredništvo revije Ventil
- ▶ doc. dr. Marko ŠIMIC, FS Ljubljana
- ▶ prof. dr. Željko ŠITUM, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Hrvaška
- ▶ prof. dr. Janez TUŠEK, TKC 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: 800 izvodov
 Cena: 5,00 EUR – letna naročnina 30,00 EUR

Revijo sofinancira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).

REVIJA JE PROSTO DOSTOPNA.  ACCESS

Znanstveni članki v reviji Ventil so recenzirani. 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.

Tiskano v Sloveniji. / Printed in Slovenia.



www.dax.si

EPSON
EXCEED YOUR VISION

**VSE V DOSEGU.
TUDI CENA.**



T3 SCARA

400 mm 3 kg

KONTROLER V BAZI ROBOTA RAZVOJNO OKOLJE RC+7

Digitalizirajte. Sedaj!

#higherproductivity

AX Smartenance – vaš mobilni vodja vzdrževanja

FESTO



Želite narediti svoje aplikacije bolj produktivne.
Iščete učinkovite rešitve.
V digitalno prihodnost vstopamo z vami.

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

Novo: Mobilno upravljanje vzdrževanja s Festo AX Smartenance.

Inteligentno upravljanje vzdrževanja in delo v ekipi omogoča učinkovito upravljanje za vodje proizvodnje in upravljalce strojev. Smartenance je enostaven in stroškovno učinkovit uvod v digitalizacijo.

www.festo.com