

VENTIL

ISSN 1318 - 7279

Letnik 31 / 2025 / 2 / April

Fakulteta za
strojništvo z novo
raziskovalno opremo

Računalniški sistemi
v farmaciji 4.0

Robotsko podprto
pipetiranje z robotskim
sistemom Andrew+

Napotki za izbiro
najboljšega
hidravličnega olja


EMERSON
Process Management

BETTIS™

 **BIFFI**

 **Field**

 **FISHER**
Dantorque

 **HYTORC**
Shafer®



EL Matic™



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

ppt commerce

HIDRAVLIKA IN PROCESNA TEHNIKA
PRODAJA • PROJEKTIRANJE • SERVIS

 **FS**
UNIVERZA
V LJUBLJANI Fakulteta
za strojništvo

FESTO

 **POCLAIN**
Hydraulics

OPL

G/A

MIEL®



SEAL & TRADE d.o.o.

ppt commerce

la&co

Sinergija premikanja. Hidravlika. Pnevmatika. Linearna tehnika.



OMEGA AIR
more than air

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



NAJPREJ JAZ



V zadnjem času napovedane in uvedene ameriške carine so krepko razburkale mednarodno gospodarsko in politično okolje. Podkrepljene so z doktrino »Najprej Amerika« (America First), ki propagira zaščito ameriških državljanov pred domnevno izkoriščevalskimi tujci. Ali se bo globalna produktivnost po svetu zaradi teh ukrepov zmanjšala in bo svet celo zdrsnil v recesijo, se zaradi nepredvidljivosti ameriških odločevalcev še ne ve. Slovenija ima majhno blagovno menjavo z ZDA, zato bo neposredni vpliv carin majhen, a ta se na nas lahko prenese preko težav vodilnih partneric v EU zaradi odprtosti našega gospodarstva.

Carinam podobne dajatve so poznane od samega začetka trgovanja, saj so zgodnji vladarji in mestne države želele tudi imeti nekaj od njega. V starem Egiptu so s carinskimi zapisi nadzorovali trgovino ob Nilu, podobno sta trgovske poti nadzorovala Babilon in stara Kitajska. Iz antičnega Rima je znan dobro razvit carinski sistem na mejah med provincami, saj so potrebovali sredstva za financiranje vojske in uprave. Mlajši bralci se zaradi prostega pretoka blaga v EU redko srečajo s carinami, starejši pa se še spominimo jugoslovanskih carin in s tem povezanega prostočasnega tihotapstva, ki je bilo zaradi bližine razvitega Zahoda za Slovence še posebej zanimivo.

Carine je težko ocenjevati kot absolutno pozitivne ali negativne, saj jih države uporabljajo tudi kot domišljen ukrep, ki služi kot vir državnih prihodkov, predstavlja zaščito domače proizvodnje, uravnava trgovinsko bilanco, omogoča pregled nad vrsto izmenjanega blaga in predstavlja tudi orodje zunanje politike. Južna Koreja je v preteklosti s carinami zaščitila domačo industrijo in jo s postopnim odpravljanjem načrtno pripravila na globalno konkurenco. Takšen ukrep določene države vpliva na gospodarstva z njo sodelujočih držav, a če je razumen in zato pričakovan, ne povzroča pretresov.

Novi ameriški ukrepi pa spominjajo na uvajanje merkantilizma iz 17. stoletja, a na način mitninskega sistema, kjer je graščak v duhu doktrine »Najprej jaz« pobiral dajatev za domnevno zagotavljanje varnosti pri prečkanju mostu. Višina se določa skladno s pravili igre ničelne vsote (kolikor nimaš ti, imam jaz) ne oziraje se na multiplikativne učinke ukrepov. Ni jasno, ali bo trgovinska vojna bolj škodila Kitajski ali samim ZDA, zagotovo pa bo koristila ozkim izbrancem, ki vnaprej vedo, kakšen bo naslednji nenačrtovan ukrep, da lahko zaradi pričakovanja skokovitih sprememb na borzi oplemenitijo svoje premoženje. Doktrina »Najprej jaz« je namreč zelo preprosta; najlepše jo opisuje slovenski rek »vsako prase rije zase«.

Globalizacija je odnesla delovna mesta v industriji iz ZDA na Kitajsko in tretji svet. A odnesli so jih lastniki podjetij sami in četudi so se dobički vrnili v ZDA, delavci v pasu rje od njih niso imeli veliko. Čeprav je posledično povečevanje dohodkovne neenakosti resen sistemski problem organiziranosti same družbe, imajo ljudje raje preproste razlage vzrokov njihovih težav in enostavne rešitve. Degradacija sistema se dogaja tudi v tistih podjetjih in

organizacijah, kjer lastnik ali vodja zmore ocenjevati uspešnost samo po principu dveh Excelovih stolpcev s plusi in minusi ter obravnava delavce, ki živijo od svojega dela in danes zelo dobro razumejo pomen praznovanja prvega maja, kot samo eno celico v stolpcu minusov.

Vedno so obstajali ljudje, ki so si domišljali, da imajo za vse težave enostavne rešitve, a nikoli prej ni bilo zanje lažje narediti samopromocije. Svoje ideje samozavestno delijo na omrežjih, na odru pa jih podkrepijo z motorno žago in družba je navdušena nad drznostjo. Dandanes se družba navdušuje nad življenji posameznikov, ki jih za določen čas zaprejo na kmetijo. Občuduje tehnike kuhanja amaterjev, čeprav imamo v državi izučene kuharje. Obožuje ples zvezd v drugih poklicih, za naše vrhunske plesalce pa sploh ne ve. Ko vsakdo zmore vse, ne potrebujemo izobraževanja. V takšni družbi zna vsakdo voditi podjetje ali državo. Ukinemo ministrstvo za šolstvo in vrsto javnih služb, da prihranimo. Ukinemo sofinanciranje neposlušnim univerzam in institucijam. Zopet prihranimo. Opustimo dejavnosti, na katere se ne razumemo, zapremo določene oddelke in odpustimo ljudi. Vsi mi spet prihranimo, ampak »najprej jaz«. Vrhunska umetnost se nam zdi degenerirana, zato je strošek za pokojnino umetnikom odveč. Tudi zdravil in zdravnikov po mnenju spletne vplivnice ne bomo več potrebovali, saj je za vse naše tegobe krivo meso. Enostavne rešitve.

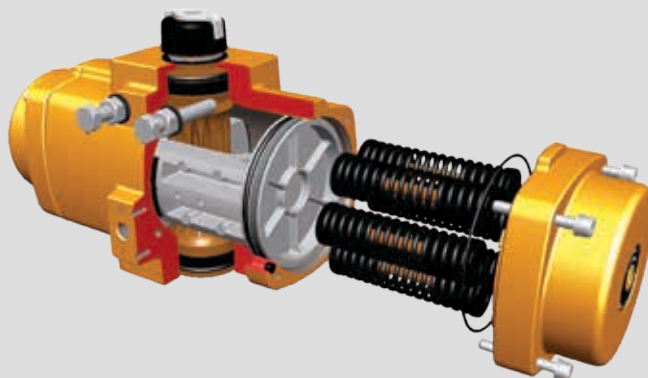
Antiintelektualizem je na pohodu. Dokler še živimo v demokraciji, moramo samo prepričati večino, da se lahko spremeni katerikoli zakon. Tudi Newtonov, če nam to koristi.

Miroslav Halilović

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



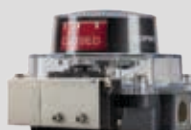
EL Matic™



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

Dominika Rozoničnik

Od meritev do odločitev v meroslovju z umetno inteligenco 66

PREDSTAVITEV

Tanja Potočnik Mesarič

Fakulteta za strojništvo s tehnološkimi nadgradnjami širi meje znanosti (3. del) 74

NOVICE • ZANIMIVOSTI 77, 101

PROIZVODNI PROCESI

Mitja Cerovšek, Kristian Peklaj

Navigating the Modern Challenges of Implementing and Validating Computerized

Systems in Pharma 4.0 84

ROBOTIKA

Aleksandar Stefanov, Roman Kamnik, Janja Dermol-Černe, Aleš Belič

Robotsko podprto pipetiranje z robotskim sistemom Andrew+ 92

HIDRAVLIČNE TEKOČINE

Milan Kambič

Napotki za izbiro najboljšega hidravličnega olja 98

VARILSTVO

Varjenje v navpični legi po postopku MAG 102

ALI STE VEDELI

Blaž Japelj

Uporaba umetne inteligence pri vizualni kontroli površin na proizvodni liniji 106

AKTUALNO IZ INDUSTRIJE

Ročaji ESC-SFT z vgrajenim varnostnim stikalom (ELESA+GANter) 109

Izjemna kakovost in zmogljivost delovanja (GIA-S) 110

Točna pritrditev in zanesljiv nadzor (ELESA+GANter) 117

NOVOSTI NA TRGU

THOMSON LINEAR: Optimiziranje hitrosti in natančnosti aplikacij

v industrijski avtomatizaciji (INOTEH) 111

PODJETJA PREDSTAVLJAJO

Zagotavljamo pravi spoj (HENNLICH) 112

Samooskrba z dušikom (N₂) v paketnih enotah: pot do znatnih prihrankov (OMEGA AIR) 114

OD MERITEV DO ODLOČITEV V MEROSLOVJU Z UMETNO INTELIGENCO

Dominika Rozoničnik

20. marca je v okviru 44. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti potekal dogodek »Od meritev do odločitev v meroslovju z umetno inteligenco« v organizaciji Urada RS za meroslovje in Fakultete za organizacijske vede Kranj.



Slika 1 : Skupinska fotografija vseh uvodnih govornikov (od leve proti desni: direktor Urada RS za meroslovje dr. Samo Kopač, predsednik Državnega sveta RS Marko Lotrič, prodekanica dr. Polona Šprajc in dekan dr. Iztok Podbregar s Fakultete za organizacijske vede Kranj)

V zadnjih letih smo priča hitremu napredku umetne inteligence, ki lahko v realnem času analizira ogromne količine podatkov. Toda brez točnih meritev ti podatki ne prinašajo pravih odgovorov. Napačni podatki v zdravstvu pomenijo napačne diagnoze, v finančah pa napačne investicijske odločitve. Napačne meritve v okolju lahko vodijo do gradnje na nestabilnih terenih.

Mag. Dominika Rozoničnik, Urad RS za meroslovje

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

Kot je v svojem pozdravnem govoru večkrat poudaril predsednik Državnega sveta Republike Slovenije g. Marko Lotrič, »sta meroslovje in umetna inteligenca ključna za prihodnost našega gospodarstva, izobraževanja in družbe, saj bo zagotavljanje natančnosti in pravičnosti v odločitvah, ki jih sprejemamo, oblikovalo našo prihodnost. Zato danes ne razmišljajmo le o merjenju – razmišljajmo o prihodnosti, ki jo lahko ustvarimo s točnimi podatki«.

Meroslovje je namreč prisotno povsod, na vsakem koraku našega življenja in kroji tako naš razvoj in napredek kot tudi našo varnost oziroma usodo.

Slovenija kljub svoji majhnosti slovi kot na znanju stoječa država z izredno velikim številom inovacij in pomembnimi dosežki na področju tehnološkega razvoja in tudi meroslovja. Zato moramo to podobo graditi še naprej in s skupnimi močmi premagovati vse prepreke.



Slika 2 : Pozdravni govor predsednika Državnega sveta Republike Slovenije g. Marka Lotriča na dogodku Od meritev do odločitev v meroslovju z umetno inteligenco v Kongresnem centru Portus v Portorožu



Slika 3 : Okrogla miza

Predsednik Državnega sveta Republike Slovenije g. Marko Lotrič je povedal, »da je meroslovje temelj zaupanja v sodobno tehnologijo.« Pri tem pa je po njegovih besedah pomembno, »da se zagotovi, da so podatki pravilni, zanesljivi in uporabni za sprejemanje odločitev v gospodarstvu, znanosti in družbi. Meritve pogosto razumemo kot nekaj samoumevnega, vendar so osnova za vsako odločitev. Brez točnih in natančnih meritev ni zaupanja. Brez zaupanja ni napredka. Točne meritve so temelj vsega – od medicinskih diagnoz do stabilnosti mostov, od finančnih sistemov do podnebnih modelov. Brez njih je umetna inteligenca slepa. Meroslovje ni zgolj skupek števil in standardov, temveč zagotovilo objektivnosti, nepristranskosti in pravičnosti pri odločanju.«

Dogodek »Od meritev do odločitev v meroslovju z umetno inteligenco« je vse udeležence navdušil z nadvse zanimivimi interaktivnimi predavanji in konkretnimi predstavami zbiranja ter uporabe podatkov s pomočjo umetne inteligence za nadaljnjo analizo, razvoj in vpeljavo v tehnološki proces.

Z uvodnim predavanjem direktorja Urada Republike Slovenije za meroslovje dr. Sama Kopača in samim dogodkom smo začeli tudi praznovanje 150-letnice podpisa Metrske konvencije leta 1875 v Parizu. Ta zgodovinski dogodek je namreč postavil temelje sodobnega mednarodnega sistema merskih enot in močno vplival na razvoj znanosti, industrije in globalne trgovine.

Temu dogodku je 24. aprila 2025 ob 11. uri sledilo še odprtje izjemne razstave plakatov na Gallusovem

nabrežju v Ljubljani. Razstava bo na ogled od 19. aprila do 26. maja 2025.

Osrednja svečana slovesnost pa bo potekala prav na dan podpisa Metrske konvencije leta 1875 v Parizu, in sicer 20. maja 2025 v Hotelu Bernardin v Portorožu.

Dogodek smo zaključili z zelo zanimivim pogovorom na temo izzivi z uvajanjem umetne inteligence – izkušnje podjetja Domel. Vsa predavanja kot tudi zaključni pogovor so vse udeležence dogodka še dodatno prepričali, da morajo biti naše odločitve utemeljene na pravilno izvedenih meritvah s točnimi merili, katerih rezultatom lahko zaupamo.

Težko si je namreč predstavljati svet, v katerem umetna inteligenca pomaga reševati zdravstvene dileme v nekaj sekundah, pametna infrastruktura preprečuje prometne nesreče, energetski sistemi optimizirajo porabo in varčujejo z viri. Vse to je mogoče – če že danes poskrbimo za zanesljive meritve in etično rabo podatkov. Zato mora vsak od nas razmisliti, kako lahko on sam prispeva k razvoju bolj natančnih, zanesljivih in etično odgovornih sistemov!



STROKOVNA EKSKURZIJA Z OGLEDOM HE BREŽICE

26. marca 2025 sta Slovensko društvo za fluidno tehniko (SDFT) in podjetje HAINZL Motion & Drives organizirala strokovno ekskurzijo v Hidroelektrarno Brežice, eno izmed najnovejših hidroenergetskih objektov v Sloveniji.

Ekskurzija je bila namenjena spoznavanju delovanja hidroelektrarne, njene vloge v energetskega sistema in infrastrukturnih ureditvah v prostoru.

HE je pretočno-akumulacijskega tipa z nameščenimi tremi vertikalnimi agregati z nazivnim pretokom $500 \text{ m}^3/\text{s}$, s petimi pretočnimi polji in povprečno letno proizvodnjo 161 GWh.

Vodeni obisk HE Brežice je udeležencem omogočil poglobljeno razumevanje naslednjih vsebin:

Namen in vloga hidroelektrarn v energetskega sistema: Udeleženci so pridobili vpogled v pomen hidroelektrarn za proizvodnjo čiste in obnovljive energije ter njihovo vlogo pri regulaciji energetskega omrežja. Poleg tega so se seznanili s pomembnostjo hidroenergetskih objektov pri protipoplavi zaščiti, možnostih postavitve sončnih elektrarn na pripadajočih akumulacijskih bazenih ter vplivu na lokalno infrastrukturo, vključno z ureditvijo cestnega omrežja.

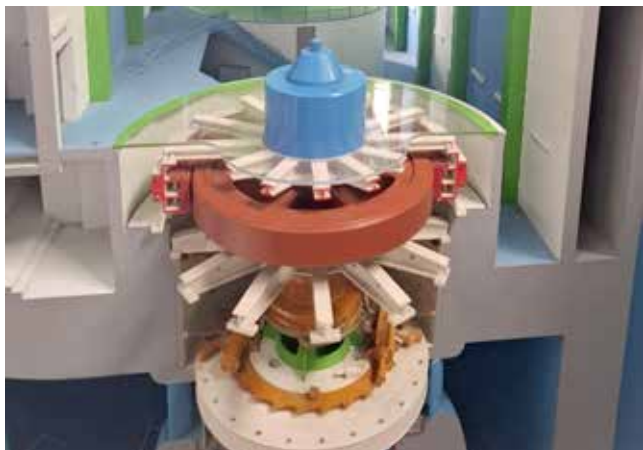


HE Brežice je peta hidroelektrarna v verigi šestih HE na spodnji Savi z nazivno močjo 47,4 MW, uradno odprta septembra leta 2017.

Delovanje turbinskega agregata in hidromehanske opreme: Predstavljen je bil celovit vpogled v sestavne dele hidroelektrarne, predvsem turbinske agregate, ki so ključni za pretvorbo energije vodne

Tabela 1 : Prednosti in slabosti vodne energije

Prednosti	Slabosti
▶ gospodarnost: nizka cena električne energije, proizvedene v hidroelektrarnah; ▶ nizkoogljivenost: med obratovanjem ne povzroča izpustov toplogrednih plinov; ▶ izboljšanje poplavne varnosti;	▶ nestanovitnost: količina proizvedene električne energije je odvisna od vremenskih razmer oziroma količine padavin; ▶ poseg v prostor: hidroelektrarne močno vplivajo na vodno floro in favno ter na naravno okolje.



Model in delovanje dvojno regulirane vertikalne turbine s Kaplanovim gonilnikom



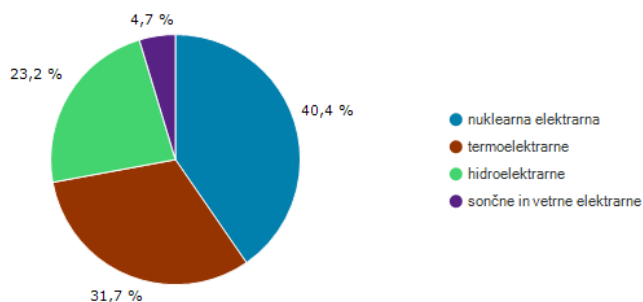
Oljno-hidravlični sistemi za pogon in regulacijo turbin in opreme

ga toka v električno energijo. Posebna pozornost je bila namenjena tudi hidromehanski opremi, ki zagotavlja varno in učinkovito delovanje celotnega sistema.

Udeleženci so se podrobneje seznanili s kompleksnimi oljno-hidravličnimi sistemi, ki omogočajo natančno regulacijo turbin, zapornic, čistilnih naprav in druge opreme. Predstavljeni so bili tudi primeri dobrih praks in izzivi, s katerimi se srečujejo strokovnjaki na tem področju.

Ekskurzija je bila izjemno poučna in koristna za vse udeležence, saj je omogočila neposreden vpogled v delovanje sodobne hidroelektrarne in njene tehnološke rešitve.

Ob tej priložnosti se iskreno zahvaljujemo podjetju *Hidroelektrarne na Spodnji Savi (HESS)* za gostoljubje in strokovno vodenje, ki je bistveno prispevalo k uspešnosti dogodka.



REPUBLIKA SLOVENIJA
STATISTIČNI URAD

Proizvodnja električne energije, Slovenija, februar 2025

Dragan Grgić,
NEVIJA d. o. o., Maribor

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

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

DNEVI INDUSTRIJSKE ROBOTIKE 2025

Dnevi industrijske robotike 2025 so tradicionalno potekali na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani med 1. in 3. aprilom. Letošnja že 21. izvedba dogodka, ki ga organizira Laboratorij za robotiko, je študentom ponovno ponudila priložnost za praktično delo z roboti in soočenje z izzivi iz industrijskega okolja.



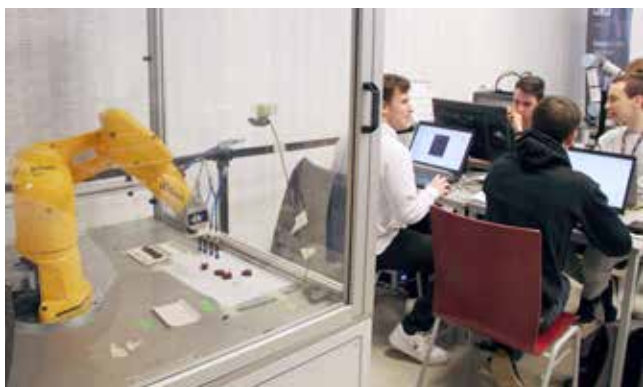
Skupinska slika udeležencev Dnevov industrijske robotike 2025

Dogodek, zasnovan kot robotski hekaton, je privabil študente različnih fakultet Univerze v Ljubljani, ki so se spopadli z aktualnim izzivom iz industrije, pripravljenim v sodelovanju s podjetjema INCOM in FPM Tech, povezanim s prepoznavo in manipulacijo čokoladnih izdelkov Leone. DIR25 je ponovno potrdil svoj pomen kot priložnost za povezovanje študentov, industrije in akademskega okolja, hkrati pa je udeležencem omogočil pridobivanje praktičnih izkušenj in novih veščin na področju robotike.

Dogodek se je začel v torek z uvodnimi nagovorom dekana Fakultete za elektrotehniko prof. dr. Marka Topiča in organizatorjev hekatona. Ga. Jana Damiš je predstavila podjetje INCOM LEONE, spoznali smo se s samim izzivom in opremo, ki je na voljo udeležencem. Posebno pozornost smo posvetili tudi varnosti v robotiki, kjer smo demonstrirali varnostne rešitve podjetja SICK. Letošnji izziv je bil razvoj robotske celice za prepoznavo in manipulacijo čokoladnih izdelkov v obliki slona, leva, medveda in samoroga, pri čemer je bil poudarek na natančnem pobiranju, zlaganju v blistre in zagotavljanju varnosti.

Hekatona se je udeležilo pet ekip s petimi študenti. Večina je prihajala s Fakultete za elektrotehniko, nekaj pa jih je bilo tudi s Fakultete za računalništvo in informatiko. Prvi dan so ekipe posvetile zasnovi rešitev, pri čemer so imele na voljo industrijske robote, ustrezno periferijo in dostop do 3D-tiskalnikov za izdelavo ustreznih povezovalnih delov in prijemal. Ekipa so imele na voljo tudi podporo mentorjev – študentov zadnjih letnikov magistrskega študija robotike. Izziv je zahteval programiranje robotov, uporabo robotskega vida in umetne inteligence za prepoznavo čokoladic, načrtovanje optimalnih strategij pobiranja in zlaganja ter integracijo varnostnih senzorjev. Ključni element reševanja problema je bila uporaba robotskega vida, pri čemer so skoraj vse ekipe razvile modele umetne inteligence za prepoznavo različnih oblik čokoladnih izdelkov – slona, leva, medveda in samoroga. Študentje so se soočili z različnimi pristopi, vse ekipe pa so za detekcijo oblike in položaja čokoladic uporabile kombinacijo barvnih in globinskih slik.

Drugi dan je bil namenjen intenzivnemu razvoju rešitev. Ekipa so se osredotočile na učenje AI-mo-



Zmagovalna ekipa pri delu in testiranju

delov za prepoznavanje čokoladic. Študentje so si razdelili naloge – od programiranja in načrtovanja prijema do integracije uporabniških vmesnikov – a so ob težavah pogosto sodelovali vsi člani ekipe. Mentorji so bili ključni pri odpravljanju tehničnih težav, občasno pa so priskočili na pomoč tudi zaposleni iz Laboratorija za robotiko. Vzdušje je bilo delovno, a sproščeno, kar je potrdila izjava enega od udeležencev: »Z veseljem pridem že ob osmih zjutraj in sem do osmih zvečer tukaj na hekatonu.« Dodaten motiv je prinesla tudi degustacija čokoladic, ki so jih študentje pohvalili z besedami: »Čokolade so (bile) odlične.« Za vmesno sprostitev pa je poskrbel robotski šah, razvit v sodelovanju s podjetjem Tajfun Planina.

Tretji dan so ekipe pred komisijo, sestavljeno iz predstavnikov Laboratorija za robotiko in strokovnjakov iz podjetij INCOM in FPM Tech, predstavile svoje rešitve. Vse so uspešno razvile osnovne sisteme za prepoznavo in manipulacijo čokoladic, pri čemer so nekatere izstopale z inovativnimi pristopi, kot so napredni uporabniški vmesniki in optimizirane strategije zlaganja, pri čemer je samorog zaradi kompleksnega reliefa predstavljal največji izziv.

Zmagovalna ekipa Redundantni Robotiki je prepričala s svojo robustno rešitvijo, ki je vključevala napreden sistem zaznave na kontrastnem in nekontrastnem ozadju ter AI-model za prepoznavo oblike, orientacije in položaja čokoladnih izdelkov z uporabo barvne in globinske kamere. Njihova rešitev je omogočala tudi preverjanje kvalitete in je bila opremljena z intuitivnim grafičnim uporabniškim vmesnikom. Posebej izdelano prijemalo je zagotavljalo zanesljivo manipulacijo z vsemi tipi čokoladic, še posebej zahtevnega samoroga, medtem ko je hiter čas cikla poudaril učinkovitost celotne rešitve.

Drugouvrščena ekipa JILDLM je prepričala s svojim dobro zasnovanim grafičnim vmesnikom in pisnim elaboratom, ki je podrobno opisoval koncept modularnega in rekonfigurabilnega prijemala, prilagodljivega različnim vrstam čokoladnih izdelkov. Njihova rešitev je pokazala visoko stopnjo prilagodljivosti in potencial za nadaljnji razvoj.



Ekipa, ki je zasedla 2. mesto, pri testiranju prijemanja čokoladic z robotom

Tretje mesto je osvojila ekipa B-Stran, ki je prepričala predvsem s hitrim časom cikla in zanesljivo prepoznavo čokoladic. Njihov sistem je kljub enostavnejši izvedbi uspešno izpolnil vse ključne zahteve naloge, kar je bilo posebej opazno pri hitrosti obdelave in natančnosti zaznave. Vse tri ekipe so pokazale odlično tehnično podkovanost in kreativnost pri reševanju kompleksnega robotskega izziva.

Poleg hekatona so v avli fakultete potekale predstavitve sponzorjev, ki so obiskovalcem in študentom predstavili svoje tehnologije in karierne priložnosti. Dogodek je privabil tudi medijsko pozornost, kar je pripomoglo k večji prepoznavnosti.

Dnevi industrijske robotike 2025 so se zaključili z zadovoljstvom vseh sodelujočih. Udeleženci so pohvalili zanimivost problema in praktične izkušnje, ki so jih pridobili, organizatorji pa so izpostavili uspešno povezovanje akademskega znanja z industrijskimi potrebami. »Problem je zanimiv,« je povedal eden od študentov, medtem ko je drug dodal, da namerava izkušnjo izkoristiti za prihodnje projekte. Sponzorji so dogodek označili kot odlično priložnost za odkrivanje talentov.

Posebna zahvala gre generalnim sponzorjem INCOM, FPM Tech ter ostalim podpornikom: ABB, Intelligent Mechatronics, IHS, RLS, Yaskawa, Amiteh, Domel, Fanuc, Iskraemeco, MIEL, LTH Casting, ADD ProS, Rigol, LTK, Elektrospoji, TPV Automotive, Camincam, IC Elektronika. Njihova podpora je omogočila izvedbo hekatona, zagotovila nagrade in opremo ter prispevala k uspehu dogodka. Več informacij o DIR25 je na voljo na spletni strani <https://www.dnevirobotike.si/>.

Janez Podobnik, Sebastjan Šlajpah,
Matjaž Mihelj, Marko Munih,
vsi Univerza v Ljubljani,
Fakulteta za elektrotehniko

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

KONFERENCA AVTOMATIZACIJA V INDUSTRIJI IN GOSPODARSTVU 2025

Konferenca Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu AIG'25, ki je potekala v Mariboru 3. aprila 2025, je ponovno združila strokovnjake, raziskovalce, študente ter predstavnike industrije in gospodarstva. Dogodek je organiziralo Društvo avtomatikov Slovenije v sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru, Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani, Institutom »Jožef Stefan« in Tehnološko mrežo TVP.



Utrinek s Konference AIG'25

Osrednji del konference so predstavljala vabljen predavanja priznanih strokovnjakov s področja avtomatizacije in industrije 4.0. Med njimi so izstopala predavanja o najnovejših trendih v umetni inteligenci, robotiki in digitalizaciji proizvodnih procesov. Predavatelji so delili svoje izkušnje in predstavili primere dobrih praks iz domačega in mednarodnega okolja.

Pomemben del konference je bila tudi okrogla miza na temo: Umetna inteligenca in avtomatizacija kot motorja tehnološkega in zelenega prehoda slovenske industrije. Okrogla miza je obravnavala ključne izzive in priložnosti, ki jih prinaša sočasnost tehnoloških revolucij (industrija 4.0 in 5.0), zelenega prehoda in geostrateških sprememb s poudarkom na vlogi umetne inteligence (UI) v gospodarstvu. Izpostavljena so bila naslednja ključna področja:

- ▶ obvladovanje prehoda in vloga deležnikov,
- ▶ umetna inteligenca in njen vpliv na industrijo,
- ▶ pomen tovarne umetne inteligence,
- ▶ prihodnost in vizija.

Okroglo mizo so povezovali: Rudi Panjtar, Zavod KC STV, Niko Herakovič, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Marko Grobelnik, Institut »Jožef Stefan«, Matjaž Koman, Ekonomska fakulteta, Univerza v Ljubljani, in Aleš Bošnjak, IZUM.

V okviru konference je Tehnološka mreža TVP podelila nagradi za najboljše magistrsko delo ter najboljše diplomsko delo na področju tehnologije vodenja. Nagrado za najboljše diplomsko delo je prejel Rene Rajzman za delo z naslovom Optimizacija podatkov vremenskega modela z uporabo naprednih metod strojnega učenja, ki ga je opravil na Univerzi v Mariboru na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko pod mentorstvom prof. dr. Milana Zormana in zunanjim delovnim mentorstvom dr. Roberta Meolica. Nagrado za najboljše magistrsko delo je prejel Erik Sovdat za delo z naslovom Modeliranje in vodenje kvadrokopterja z uporabo sistema za zajem gibanja OptiTrack, ki ga je opravil na Univerzi v Ljubljani na Fakulteti za elektrotehniko pod mentorstvom doc. dr. Simona Tomažiča.



Okrogla miza

Posebna pozornost je bila namenjena mladim talentom. Strokovna komisija je izmed številnih prispelih študentskih prispevkov izbrala najboljše, ki so bili nagrajeni za svojo inovativnost, raziskovalno odličnost in prispevek k razvoju avtomatizacije. Nagrajeni študenti so svoje delo predstavili na posebni sekciji konference, kjer so prejeli tudi priznanja in simbolične nagrade:

1. mesto: *Uporabniški vmesnik za robotski sistem pobiranja kosov v razsutem stanju iz zabojnika*, avtor Urban Kolman, mentorja: Aleš Hace, Rok Pahič (UM FERi, UM FS);
2. mesto: *Umetna inteligenca za igranje namiznega nogometa*, avtor David Hožič, mentorja: Andrej Zdešar, Matevž Bošnjak (UL FE);
3. mesto: *Robotski sistem za zarezovanje krušnega testa med premikanjem na tekočem traku*, avtorica Maruša Petrovčič, mentorji: Sebastjan Šlajpah, Aleš Turel, Peter Dolenc, Marko Munih, Matjaž Mihelj (UL FE in Gostol Gopan d. o. o.);
3. mesto: *Razvoj pametnega prezračevalnega sistema*, avtor Matic Smogavec, mentorja: Mitja Truntič, Timi Karner (UM FERi).

Na letošnji konferenci je sodelovalo kar 90 strokovnjakov, raziskovalcev in predstavnikov industrije. Iz akademskih institucij je prispevalo svoje znanje 54 udeležencev, med njimi 6 iz Instituta »Jožef Stefan«, 18 s Fakultete za elektrotehniko Univerze v Ljubljani ter 30 s Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Gospodarski sektor je zastopalo 36 udeležencev, ki so s svojim praktičnim vpogledom dodatno obogatili razprave.

V okviru konference smo prisluhnili 13 rednim in 8 študentskim člankom, ki so pokrivali najrazličnej-

še vidike avtomatizacije od umetne inteligence in strojnega učenja do trajnostnih industrijskih praks. Ti prispevki so jasno pokazali, da so raziskave in inovacije ključne za napredek na tem področju. Ta dogodek je ponovno dokazal, kako pomembno je sodelovanje med akademsko sfero in gospodarstvom pri oblikovanju prihodnosti avtomatizacije in industrijskih procesov.

Dogodek so podprli tudi naši cenjeni sponzorji in medijski partnerji – 7 sponzorjev in 5 medijskih organizacij, ki so omogočili širšo prepoznavnost konference in pripomogli k njenemu uspehu. Iskrena hvala vsem za prispevek!

Na začetku konference smo govorili o izzivih in priložnostih, ki jih prinaša avtomatizacija v industriji ter o pomembnosti etičnih vprašanj, prilagajanja delovne sile in zelenega prehoda. Sedaj, ob koncu dogodka, lahko rečemo, da smo naredili pomemben korak k boljšemu razumevanju teh tematik in oblikovanju skupnih rešitev.

Naj bo to srečanje odskočna deska za nova partnerstva, nadaljnje raziskave in implementacijo idej v prakso. Verjamemo, da bomo tudi v prihodnje skupaj soustvarjali prihodnost avtomatizacije.

Za več informacij in podrobnosti o konferenci lahko obiščete uradno spletno stran: www.aig.si.

Hvala vsem za udeležbo in se vidimo na naslednji konferenci AIG!

Nenad Muškinja
predsednik konference AIG'25

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

RAZISKOVALNA OPREMA V PODPORO INOVACIJAM (3. DEL)

Tanja Potočnik Mesarić

Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani je bogatejša za vrhunsko raziskovalno opremo, ki omogoča poglobljene študije na področju materialov, mehanskih sistemov in naprednih proizvodnih tehnologij. Nova oprema, kupljena v okviru Paketa 22 in sofinancirana s strani Agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije, raziskovalcem in industriji omogoča dostop do najnovejših tehnologij ter s tem pomembno prispeva k tehnološkemu napredku in razvoju inovativnih rešitev.



Slika 1 : Visokoresolucijski spektrometer XPS za tribokemijsko karakterizacijo mejnih mazalnih filmov in površin z mikrometrsko natančnim pozicioniranjem in analizo (Foto: arhiv Laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo TINT)

Visokoresolucijski spektrometer XPS za tribokemijsko karakterizacijo mejnih mazalnih filmov in površin z mikrometrsko natančnim pozicioniranjem in analizo

Na Fakulteti za strojništvo UL so pridobili eno najnaprednejših raziskovalnih naprav na področju kemijske analize površin – visokoresolucijski spektrometer XPS. Ta omogoča izjemno natančno tribokemijsko karakterizacijo mikroskopskih delov površinskih filmov z lateralno ločljivostjo pod 5 µm in globinsko analizo z nanometrsko natančnostjo.

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

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

Spektrometer je ključno orodje za raziskave mehanokemije – novo razvijajoče se področje, ki združuje tribokemijo in nanomehaniko in omogoča prebojna znanstvena dognanja na področju zelenih tehnologij mazanja. Gre za razvoj maziv, ki bodo delovala v zahtevnih, novih triboloških pogojih elektromobilnosti in zelenega prehoda, kjer so materiali, kontakti, maziva in obremenitve povsem drugačni kot v konvencionalnih sistemih.

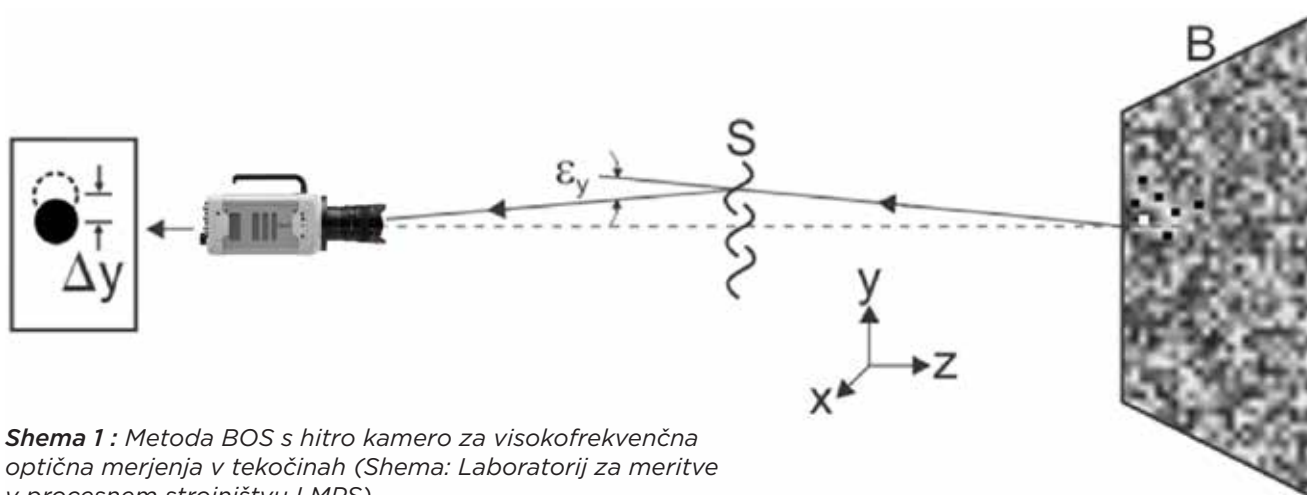
Nova oprema omogoča:

- ▶ *tribokemijsko analizo površin z visoko prostorsko in globinsko ločljivostjo*, kar je ključno za razumevanje delovanja mejnih mazalnih filmov v kontaktih;
- ▶ *razvoj novih ekoloških, zelenih maziv*, ki zagotavljajo zaščito tudi v izjemno zahtevnih kontaktnih razmerah prihodnjih tehnologij;
- ▶ *analizo povsem novih materialnih kombinacij*, kot so polimeri, kompoziti, duroplasti in napredni premazi, ki se uporabljajo v elektromobilnosti;
- ▶ *neposredno vključitev v najnaprednejše svetovne raziskave*, vključno z mednarodnimi projekti Mobility GT, GreenTRIBOS in industrijskimi partnerstvi z vodilnimi slovenskimi podjetji (npr. Kolektor, Hidria, Mahle).

Gre za prvo tovrstno napravo na Univerzi v Ljubljani in eno od dveh v Sloveniji s tako visoko ločljivostjo, kar omogoča neprimerljiv raziskovalni potencial ter ključno podporo tako osnovnim kot aplikativnim raziskavam, zlasti na področju razvoja trajnostnih in visokozmogljivih triboloških rešitev za prihodnost.

Hitra kamera za visokofrekvenčna optična merjenja v tekočinah

Raziskovalna skupina Laboratorija za meritve v procesnem strojništvu (LMPS) je v okviru projekta ARIS J2-3054 razvila nov koncept primarnega merilnega etalona za časovno spreminjajoč tlak, ki



Shema 1 : Metoda BOS s hitro kamero za visokofrekvenčna optična merjenja v tekočinah (Shema: Laboratorij za meritve v procesnem strojništvu LMPS)

temelji na sistemu brezmembranske udarne cevi. Takšen etalon omogoča dinamične kalibracije merilnikov tlaka, ki se uporabljajo v aplikacijah, kot so preizkusni trki, zaščita pred eksplozijami ter dinamično mehansko preizkušanje materialov.

Rezultati raziskave projekta kažejo, da bi se točnost popisa dejanskih hitrostnih, tlačnih in temperaturnih razmer, ustvarjenih z udarnimi valovi, v prihodnje lahko izboljšala z uporabo najnaprednejše vizualizacijske Background-oriented Schlieren (BOS) metode. Metoda BOS temelji na določanju navideznega premika poljubnega vzorca pik, postavljenega v ozadje transparentnega dela udarne cevi, ki ga povzroči izredno hitra sprememba lomnega količnika tekočine zaradi nadzvočnega potovanja udarnega vala. Ključna komponenta metode je visokozmogljiva hitra kamera, ki omogoča zajem do 1,100.000 slik/s z ločljivostjo 1024 x 1024 pikslov in s tem bolj točen popis visokofrekvenčnih pojavov.

Nova raziskovalna oprema bo izboljšala meroslovno sledljivost na področju dinamike tlaka, omogočila vključevanje v mednarodne projekte (npr. Euramet) in uporabo tudi na drugih razvojnoraziskovalnih področjih, kot sta meroslovje pretoka plina in hitrosti zraka v vetrovniku.

Raziskovalna oprema za diagnosticiranje hidravličnih komponent in sistemov

Na Fakulteti za strojništvo UL so pridobili raziskovalno hidravlično opremo, ki omogoča realističen prikaz delovanja sodobnih hidravličnih sistemov in njihovo napredno diagnostiko. Gre za mobilno, visoko prilagodljivo hidravlično preizkusno napravo z vgrajenimi naprednimi krmilnimi komponentami in sodobno merilno diagnostiko.

Naprava vključuje:

- ▶ servo- in proporcionalne hidravlične ventile, linearne pogone z nastavljivo obremenitvijo,

- ▶ napredno merilno in krmilno opremo proizvajalca Festo,
- ▶ možnost vizualizacije sistemov preko tablice, telefona ali računalnika,
- ▶ mobilno konstrukcijo s tihim delovanjem in lovilnim koritom.

Ta oprema je namenjena poglobljenim raziskavam delovanja in obrabe hidravličnih komponent, razvoju diagnostičnih algoritmov za hitrejše odkrivanje okvar ter izobraževanju študentov in industrijskih strokovnjakov. Omogoča preizkuse v realnem času in simulacije kompleksnih napak, s čimer močno pripomore k izboljšanju zanesljivosti in učinkovitosti industrijskih sistemov.

Zaradi svoje modularnosti in tehnične dovršenosti je to prva takšna zvezno delujoča hidravlična raziskovalna platforma v Sloveniji, ki omogoča razvoj in validacijo novih rešitev za napredno tehnično diagnostiko in vzdrževanje, hkrati pa deluje kot most med akademskim znanjem in industrijsko prakso. Oprema bo igrala ključno vlogo pri sodelovanju s slovensko in mednarodno industrijo, ki se srečuje s kompleksnimi izzivi na področju hidravlike – od



Slika 2 : Raziskovalna oprema za diagnosticiranje hidravličnih komponent in sistemov (Foto: IFP, d. o. o.)

avtomobilske in strojne industrije do gozdarstva, papirništva, in energetike.

Visokonatančni 6-osni laserski merilni sistem za umerjanje in diagnostiko obdelovalnih strojev

Fakulteta za strojništvo UL je z nakupom večosnega laserskega sistema Renishaw XM-60 pridobila napredno raziskovalno orodje za natančno umerjanje in diagnostiko obdelovalnih strojev. Sistem omogoča sočasno merjenje vseh šestih prostostnih stopenj gibanja osi stroja z eno samo postavitvijo. V kombinaciji z dodatkom XR20 lahko meri tudi rotacijske osi, kar je nepogrešljivo pri analizi petosnih obdelovalnih centrov.

Ključne prednosti sistema:

- ▶ linearna resolucija 1 nm in kotna do 0,03 urad,
- ▶ možnost volumetričnih meritev in napredne kompenzacije napak,
- ▶ uporabnost v laboratorijskih in industrijskih okoljih,
- ▶ povečanje učinkovitosti meritev – analiza, ki je prej trajala dneve, je zdaj izvedljiva v nekaj urah.

Z uporabo tega sistema je mogoče bistveno izboljšati geometrijsko natančnost strojev, zmanjšati izpade zaradi nepravilnosti in napovedovati vzdrževanje. Oprema predstavlja edinstveno možnost za razvoj



Slika 3 : Visokonatančni 6-osni laserski merilni sistem za umerjanje in diagnostiko obdelovalnih strojev (Foto: arhiv UL Fakultete za strojništvo)

virtualnih dvojčkov obdelovalnih sistemov, kar je ključnega pomena za digitalizacijo proizvodnje. Poleg osnovnih raziskav bo sistem služil tudi kot izobraževalno in validacijsko orodje v sodelovanju z industrijo, zlasti v kontekstu projektov elektrifikacije avtomobilske industrije in zelenega prehoda.

Z zagotavljanjem sodobnih raziskovalnih kapacitet Fakulteta za strojništvo UL omogoča hitrejši razvoj naprednih materialov, izboljšanje proizvodnih procesov in dvig konkurenčnosti slovenskega gospodarstva.

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

POLETNI RAZISKOVALNI TABOR ZA DIJAKE





RAZISKUJ IN POGANJAJ PRIHODNOST



30. JUNIJ - 4. JULIJ 2025

4-BAR FACTORY – SPREJIMATE IZZIV

Električna energija, porabljena za proizvodnjo stisnjenega zraka, po ocenah predstavlja 10 % vse energije v industrijskih obratih. V nekaterih obratih je lahko ta delež še višji. Zato je jasno, da ob delovanju pri nižjem tlaku znatno zmanjšate porabo energije.

Z optimizacijo vaših naprav za delovanje pri nižjem tlaku pripomorete k:

- ▶ znatnemu zmanjšanju porabe,
- ▶ manjšemu puščanju zraka,
- ▶ zmanjšanju porabe električne energije,
- ▶ izboljšani energetske učinkovitosti vašega obrata.

Zmanjšanje ogljičnega odtisa je odgovornost vseh in k doseganju ciljev za zmanjšanje toplogrednih plinov do leta 2030 bi morali prispevati vsi. Ko gre za stisnjen zrak, so lahko z uvedbo pravih sprememb okoljske koristi velike.

V današnjem zahtevnem svetu, kjer potrebe po energiji nenehno naraščajo, SMC razume izzive, s katerimi se soočamo vsi. Vaše podjetje želimo opolnomočiti za razvoj v smeri trajnostne prihodnosti. Z našimi energetske učinkovitimi rešitvami vam lahko pomagamo zmanjšati stroške energije in ustvariti pozitiven učinek.

Z vami želimo deliti naših pet temeljnih stebrov energetske učinkovitosti, ki vam bodo pomagali, da na enostaven način sprejmete dobro energetske politiko za vaše podjetje.



Pet temeljnih stebrov energetske učinkovitosti

Večina industrijskih obratov uporablja sistemski tlak med 6 in 7 bari.

Z znižanjem tlaka na 5 barov lahko obrati zmanjšajo porabo energije do 15 %, znižanje tlaka na 4 bare pa omogoča prihranek do 29 %.

Za vsak bar nižji sistemski tlak je v povprečju po ocenah potrebno 6 do 8 % manj specifične energije.

Inciativa *4-bar factory sprejmite izziv* z znižanjem sistema tlaka, vam prinaša veliko višje pri-

hranke in manjši ogljični odtis podjetja kot le samo odkrivanje in odpravo puščanj na vašem pnevmatskem sistemu.

Zmanjševanje tlaka v industrijskih obratih je potrebno začeti postopoma in v več korakih.

Najprej je potrebno izvesti analizo porabe energije, ki vključuje oceno obstoječega stanja:

- ▶ Kakšne delovne tlake zahtevajo stroji?
- ▶ Katera področja med delovanjem porabijo največ zraka in kdaj?
- ▶ Kakšne so zahteve za opremo v stanju mirovanja?
- ▶ Določitev neučinkovitih področij in strojev, ki bi morali imeti prednost pri energetskih izboljšavah.

Po izvedeni analizi porabe je na vrsti optimizacija tlaka in pretoka zraka na strani porabnikov, ki se izvede, kjerkoli je to le mogoče, brez potrebe po spremembah obstoječih strojev.

V naslednjem koraku se oblikuje standard 4-bar factory za nove in nadgrajene stroje, ki vključuje najbolj učinkovite rešitve za delovanje pri nižjih tlakih, z vgrajenimi rešitvami za nadzor porabe in tlaka ter komponentami z daljšo življenjsko dobo.

V zadnji fazi je na vrsti znižanje sistema tlaka. Z optimizacijo tlaka in pretoka na strani porabnikov smo vzpostavili nove pogoje za delovanje kompresorja in možnost optimizacije sistema tlaka.

Za optimizacijo delovanja kompresorja se obrnite na dobavitelja kompresorja.

SMC je že prevzel vodilno vlogo pri zniževanju tlaka v svojih obratih in se zavezuje, da bo pri tem pomagal tudi drugim. Pridružite se nam in izkoristite prednosti nižje porabe energije, zmanjšanja emisij CO₂ ter obratovalnih stroškov, hkrati pa okrepite svoj korporativni ugled.

Za energetske učinkovite rešitve vas vabimo k ogledu spletne strani ali pa se obrnite na nas.

Vir:

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

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

PODELITEV NAGRAD TEHNOLOŠKE MREŽE TEHNOLOGIJA VODENJA PROCESOV ZA NAJBOLJŠE DIPLOMSKO IN MAGISTRSKO DELO ZA LETO 2025

Tehnološka mreža Tehnologija vodenja procesov je tudi letos, že trinajsto leto zapored, podelila nagradi za najboljše magistrsko in najboljše diplomsko delo na področju tehnologije vodenja.

Grozdek Kompetenčni center za sodobne tehnologije vodenja (KC STV) razpisuje nagrade Tehnološke mreže Tehnologija vodenja procesov (TM TVP) za najboljša diplomska in magistrska dela na področju tehnologije vodenja. Tehnološka mreža Tehnologija vodenja procesov je konzorcij, ki od leta 2003 povezuje javne raziskovalne institucije in podjetja na področju avtomatizacije, informatizacije in kibernizacije sistemov v Sloveniji. Aktivnosti mreže so usmerjene v spodbujanje prenosa znanja in tehnologij v industrijsko prakso ter razvoj produktov in storitev za prodajo na trgu.

S podeljevanjem nagrad Tehnološka mreža TVP vzpodbuja kvalitetno delo in odličnost mladih, ki začenejajo s svojim raziskovalnim in strokovnim delom. Nagrade razpisuje na širših področjih delovanja mreže, in sicer:

- ▶ avtomatizacija strojev in naprav,
- ▶ vodenje kompleksnih sistemov in tehnoloških procesov,
- ▶ inteligentni sistemi in procesi v pametnih tovarnah,
- ▶ diagnostika, prognostika in samovzdrževanje strojev in naprav,
- ▶ avtonomna vozila,
- ▶ podpora logističnim procesom v podjetjih,
- ▶ tehnologije vodenja za pametno upravljanje z energijo, večjo kakovost bivanja in manjše onesnaževanje okolja,
- ▶ sodobne IKT v sistemih vodenja, npr. internet stvari, umetna inteligenca, oblačne tehnologije, velepodatki,
- ▶ tehnologije in znanja za razvoj novih orodij in gradnikov za sisteme vodenja,
- ▶ druga področja, povezana s problematiko vodenja sistemov in procesov.

Podelitev nagrad in predstavitev nagrajenih del je potekala 3. aprila 2025 v okviru konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu AIG'25 v hotelu City v Mariboru.

Nagrado za najboljše *diplomsko delo* (v višini 500



Utrinek s podelitve nagrad

EUR) je prejel *Rene Rajzman* za delo z naslovom *Optimizacija podatkov vremenskega modela z uporabo naprednih metod strojnega učenja*, ki ga je izdelal na Univerzi v Mariboru na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko pod mentorstvom prof. dr. Milana Zormana in zunanjim delovnim somentorstvom dr. Roberta Meolica.

Diplomsko delo obravnava uporabo metod strojnega učenja za izboljšanje vremenskih napovednih podatkov, ki se uporabljajo pri izračunu dinamične termične meje v elektroenergetskih sistemih. Razvili so hibridne modele na osnovi metod KNN, Random Forest in Gradient Boosting s poudarkom na napovedovanju napak vremenskih spremenljivk, kot so temperatura, hitrost in smer vetra ter relativna vlažnost. Na podlagi teh hibridov so sestavili celovit sistem za popraviljanje napak, ki vključuje štiri ločene hibride po enega za vsako vremensko

spremenljivko. Končni sistem je implementiran kot oblačna rešitev, ki omogoča hitro in avtomatizirano korekcijo vremenskih napovedi.

Nagrado za najboljšo *magistrsko delo* (v višini 1000 EUR) je prejel *Erik Sovdat* za delo z naslovom *Modeliranje in vodenje kvadrokopterja z uporabo sistema za zajem gibanja OptiTrack*, ki ga je izdelal na Univerzi v Ljubljani na Fakulteti za elektrotehniko pod mentorstvom doc. dr. Simona Tomažiča.

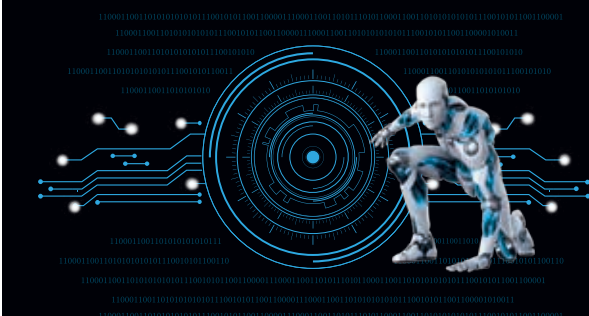
V okviru dela so razvili ustrezen matematični model kvadrokopterja, ki je služil kot osnova za simulacijo različnih strategij vodenja. PID-regulatorje so optimirali z uporabo optimizacije z rojem delcev, kar je rezultiralo v izboljšani stabilnosti in natančnosti vodenja v simulacijskem okolju. Za prehod na eksperimentalno fazo so vzpostavili sistem za zajem

gibanja, ki je omogočil testiranje osnovnih algoritmov vodenja na realni napravi. Medtem ko so bili rezultati simulacij zelo obetavni, so bile zmožljivosti realnega sistema delno omejene zaradi strojne opreme, kar je vplivalo na končno učinkovitost vodenja v praksi.

Zahvaljujemo se vsem članom TM TVP, ki so sodelovali pri promociji razpisa, in mentorjem, ki so se odzvali na razpis s prijavo kandidatov. Vse mentorje in podjetja vabimo, da tudi naslednje leto prijavijo najboljša diplomska in magistrska dela na razpis za nagrade TM TVP.

Gorazd Karer, Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko
(Fotografija: Marjan Golob)

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



iCm
IFAM - INTRONIKA-ROBOTICS
14.-16.10.2025
Novi Sad, Srbija
www.icm.si



JAKŠA
MAGNETNI VENTILI
od 1965

- vrhunska kakovost izdelkov in storitev
- zelo kratki dobavni roki
- strokovno svetovanje pri izbiri
- izdelava po posebnih zahtevah
- širok proizvodni program
- celoten program na internetu

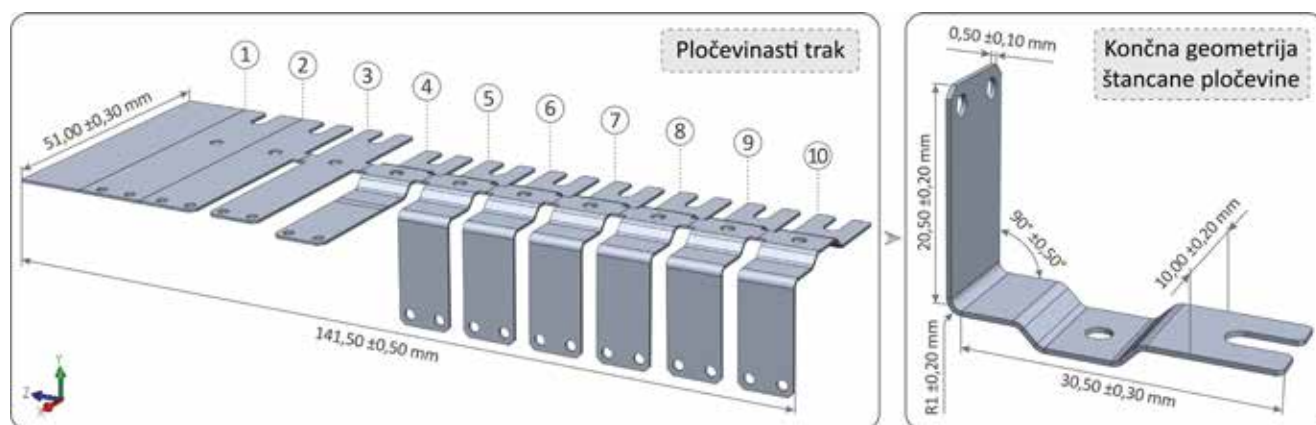
www.jaksa.si

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

SI CERTIFIED ISO 9001
ICNet
CE
UL

REVOLUCIJA V PROIZVODNJI: STROJNO UČENJE PRINAŠA NATANČNEJŠE ŠTANCANJE PLOČEVINE

Raziskovalci Laboratorija za preoblikovanje (LAP) s Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani so svoje najnovejše delo objavili v prestižni reviji *Advanced Engineering Informatics* ($IF = 8,0$) založbe Elsevier.



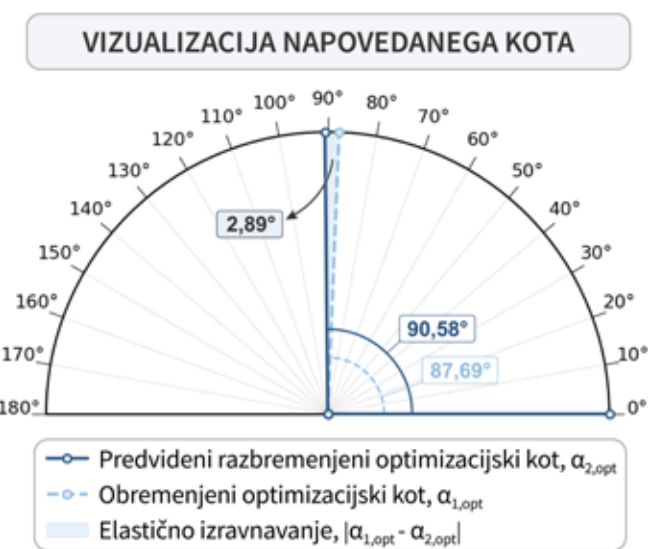
Slika 1: CAD-model postavitve pločevinastega traku in končnega štancanega izdelka

Študija predstavlja napreden model strojnega učenja, ki združuje globoke nevronske mreže in LightGBM za optimizacijo natančnosti napovedi pri štancanju pločevine. Globoke nevronske mreže so računalniški modeli, ki posnemajo delovanje človeških možganov za prepoznavanje vzorcev in odločanje, medtem ko je LightGBM napreden algoritem strojnega učenja, optimiziran za hitro in natančno obdelavo velikih količin podatkov. Ta inovativni pristop izboljšuje natančnost proizvodnje, zmanjšuje napake in ustvarja zanesljivo podlago za aplikacije

digitalnega dvojčka, ki spodbujajo pametnejše in učinkovitejše proizvodne procese. S tem prispeva k zmanjšanju odpadnega materiala, optimizaciji stroškov in zagotavljanju visoke kakovosti izdelkov, kar je ključnega pomena za avtomobilsko in letalsko industrijo, kjer so natančnost, stroge tolerance in zanesljivost ključne zahteve.

Štancanje omogoča množično proizvodnjo zelo natančnih pločevinskih izdelkov, vendar ohranjanje geometrijske natančnosti ostaja izziv. Nanjo vpliva-

Streamlit		Radij upogibne matrice [mm]	STH upogibanje [mm]
Vhodni parametri		1 - +	0,495 - +
Debelina pločevine [mm]	Radij opt. matrice [mm]	Pomik aktuatorja [mm]	
0,5 - +	1 - +	1,05 - +	
Modul elastičnosti [MPa]	Pomik pestiča [mm]	Sila aktuatorja [N]	
210000 - +	4,95 - +	149,139 - +	
Koeficient trdnosti [MPa]	Sila pestiča [N]	Obremenjeni opt. kot [°]	
640,8 - +	357,336 - +	87,69 - +	
Eksponent utrjevanja [J]	Obremenjeni kot upogibanja [°]	STH optimizacija [mm]	
0,22 - +	91,92 - +	0,495 - +	
Meja plastičnosti [MPa]	Razbremenjeni kot upogibanja [°]		
253,51 - +	93,802 - +		
Izračunaj			



Slika 2: Interaktivna aplikacija za vizualizacijo napovedanega kota v procesu štancanja

jo lastnosti materiala, učinki elastičnega izravnava-
nja in variabilnost procesa. Konvencionalni napo-
vedni modeli večinoma temeljijo na simulacijah po
metodi končnih elementov (MKE), ki omogočajo
podroben vpogled v deformacijo materiala in dina-
miko procesa. Pristopi, ki temeljijo na MKE, pa so
računsko intenzivni in za doseganje visoke natanč-
nosti rezultatov zahtevajo veliko časa obdelave,
zato njihovo izvajanje v realnem času ni praktično v
dinamičnih proizvodnih okoljih.

Za preseganje teh omejitev so raziskovalci raz-
vili napreden napovedni model, ki združuje glo-
boke nevronske mreže in LightGBM. Model se uči
na podlagi velike količine podatkov, generiranih z
MKE, in zajema kompleksne nelinearne interakcije
med lastnostmi materiala, procesnimi parametri in
geometrijo končnega izdelka. Ta pristop bistveno
izboljša natančnost napovedovanja in doseže visok
koeficient determinacije R^2 z vrednostjo 0,951, kar
zagotavlja ožje tolerance mer štančnega izdelka.
Razviti napovedni model omogoča odločanje na

podlagi podatkov v realnem času ter predstavlja
ključen korak k popolnoma digitaliziranim in pril-
agodljivim proizvodnim procesom.

*»Z integracijo napovedne analitike v realnem času z
naprednimi modeli strojnega učenja naša raziskava
prinaša novo rešitev, ki nadgrajuje tehnologijo di-
gitalnih dvojčkov in bistveno izboljšuje natančnost
sodobnih procesov štančanja,«* sta povedala izr.
prof. dr. Tomaž Pepelnjak in Ema Stefanovska, av-
torja publikacije.

Uporaba naprednega napovednega modela v siste-
mih za spremljanje in nadzor v realnem času omo-
goča proizvajalcem optimizacijo proizvodnje in
izboljšanje kakovosti izdelkov. Raziskava predsta-
vlja pomemben prispevek k pametni proizvodnji,
saj omogoča razvoj digitalnih dvojčkov, izboljšanje
avtomatizacije in povečanje učinkovitosti v okviru
industrije 4.0.

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

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 štu-
dentje prve in druge stopnje ter mladi raziskovalci
tehnike in drugih študijskih smeri ter dijaki zaključ-
nih letnikov predstavili rezultate svojega raziskoval-
nega 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 (ekonomsko, družbene vede),
tako slovenskih kot tujih fakultet. Tematike prispev-
kov so bile zelo raznolike, kar je dalo konferenci po-
seben pridih, saj so študentje in raziskovalci videli
možnosti interdisciplinarnega povezovanja različ-

nih tem in področij med seboj.

Tudi v letu 2025, bodo vsi sprejeti prispevki obja-
vljeni 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>.

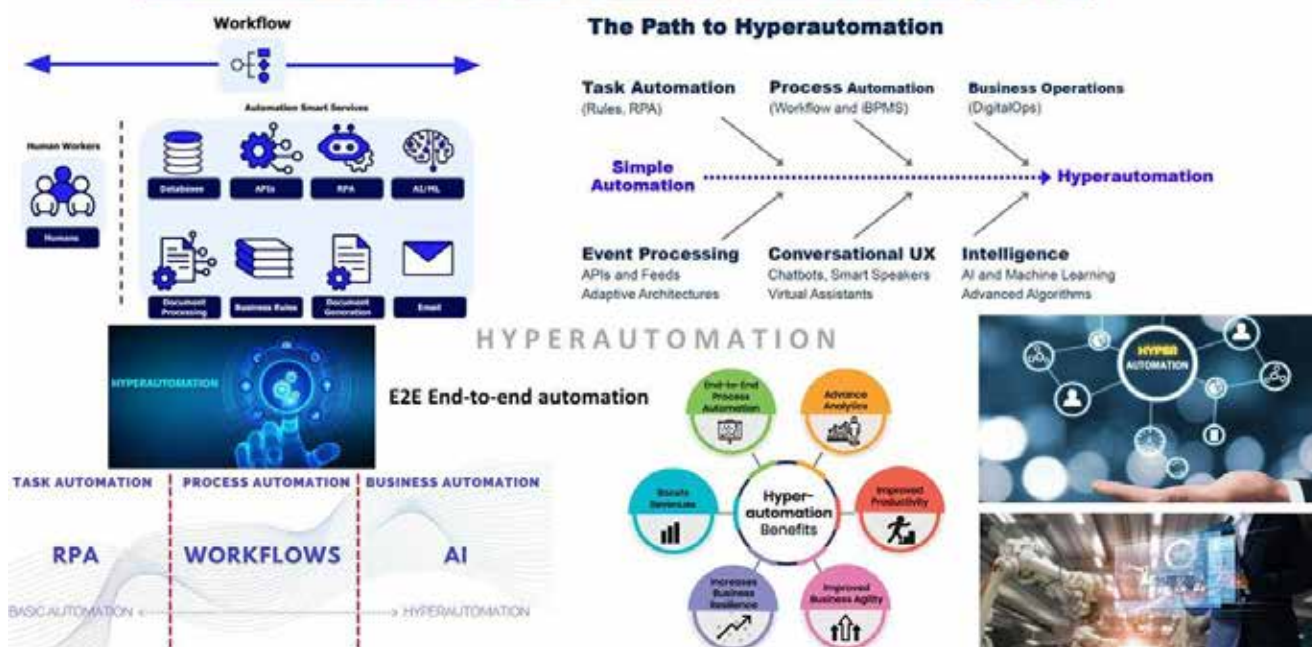
Organizacijski odbor:

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.

HIPERAVTOMATIZACIJA KOT AVTOMATIZACIJA OD KONCA DO KONCA

Janez Škrlec

Živimo v času velikih sprememb in izjemnega tehnološkega razvoja, ki zahteva tudi spremenjene pristope reševanja kompleksnih vprašanj. Med te sodi avtomatizacija od konca do konca (E2E – End-To-End Automation), imenovana hiperavtomatizacija. Ta je ključ do digitalne preobrazbe, ki obogati obstoječo strategijo avtomatizacije z umetno inteligenco (UI) in novimi tehnološkimi rešitvami.



Janez Škrlec, inž., Uredništvo revije Ventil

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

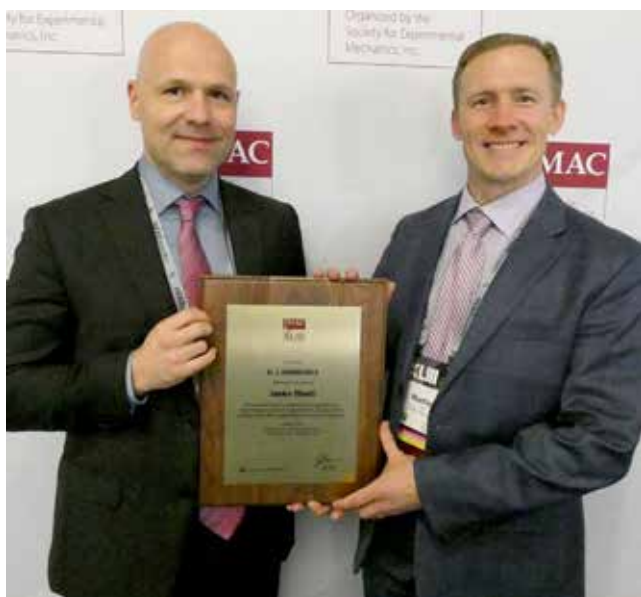
Hiperavtomatizacija koristi organizacijam z avtomatiziranim odkrivanjem procesov, inteligentnim strukturiranjem in obdelavo dokumentov ter napredkom pri analizi podatkovnih baz in poročil. Vključuje uporabo naprednih tehnologij za usmerjanje in uvajanje botov in za ustvarjanje delovnih

tokov. Hiperavtomatizacija je koncept avtomatizacije vsega v organizaciji, kar je mogoče avtomatizirati. Organizacije, ki sprejmejo hiperavtomatizacijo, želijo racionalizirati procese v svojem poslovanju z uporabo umetne inteligence (AI), robotske avtomatizacije procesov (RPA) in drugih tehnologij, ki delujejo brez človeškega posredovanja. Hiperavtomatizacija je nastajajoči novodobni pristop k avtomatizaciji, vendar jo je podjetje Gartner, ki deluje že v več kot devetdesetih državah sveta, opredelilo kot enega izmed 10 najboljših strateških tehnoloških trendov doslej. Sprejemanje in pospeševanje hiperavtomatizacije na trgu spodbuja prednosti digitalne transformacije in avtomatizacije. Hiperavtomatizacija preoblikuje podjetja

z racionalizacijo poslovnih procesov, odpravo ponavljajočih se nalog in avtomatizacijo ročnih procesov, kar ima seveda številne ključne prednosti. Organizacijam omogoča dosledno, natančno in hitro dokončanje nalog. To pa zmanjša tudi stroške in na splošno izboljša uporabniško izkušnjo. Hiperavtomatizacija lahko zaposlenim zagotovi višjo kakovost podatkov, tako da lahko učinkoviteje upravljajo poslovne procese (BPM), da strankam zagotovijo boljše informacije za sprejemanje najboljših odločitev. Hiperavtomatizacija se nanaša na uporabo bistveno več orodij za avtomatizacijo procesov, ki omogočajo inteligentno avtomatizacijo, vključno s strojnim učenjem in robotsko avtomatizacijo procesov in drugim.

PROF. DR. JANKO SLAVIČ PREJEL NAGRADO AMERIŠKEGA DRUŠTVA ZA EKSPERIMENTALNO MEHANIKO

Na XLIII. znanstveni konferenci IMAC (Orlando, ZDA, 10.–13. februar 2025) je prof. dr. Janko Slavič prejel nagrado D. J. DeMichele Društva za eksperimentalno mehaniko (SEM) za raziskave na področju meritev s hitro kamero, ki so omogočile zaznavanje nihanj nizkih amplitud in visokih frekvence, ter za znanstveni prispevek k strukturni dinamiki na področju optičnega toka v frekvenčni domeni.



Prof. dr. Janko Slavič in Matt Allen, direktor konference IMAC (lasten arhiv)

Dr. Slavič je trenutno tudi predsednik tehničnega oddelka SEM za računalniški vid in lasersko vibrometrijo.

SEM je strokovno društvo za eksperimentalno mehaniko, ki so ga leta 1943 ustanovili inženirji in znanstveniki, ki so se ukvarjali z validacijo novih konstrukcij in novih materialov. Nagrado D. J. DeMichele so ustanovili leta 1990 v čast Dominicku J. DeMicheleju (1916–2000) in jo podeljujejo posameznikom za »zgledno delo in podporo pri spodbujanju znanstvenih in izobraževalnih vidikov modalne analize«. Ta nagrada se podeljuje vsako leto na mednarodni konferenci o modalni analizi.

Iskrene čestitke!

www.fs.uni-lj.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

NAVIGATING THE MODERN CHALLENGES OF IMPLEMENTING AND VALIDATING COMPUTERIZED SYSTEMS IN PHARMA 4.0

Mitja Cerovšek, Kristian Peklaj

Abstract:

The validation of computerized systems in the pharmaceutical industry is increasingly complex due to the rapid advancement of digital technologies. Ensuring compliance with Good Manufacturing Practices (GMP), Good Laboratory Practices (GLP), and data integrity (DI) standards requires structured documentation and adherence to regulatory guidelines, such as GAMP 5. This study explores the leveraging method to optimize validation efforts, reduce redundant testing, and streamline compliance. It also examines the impact of modern technologies, including artificial intelligence (AI), machine learning (ML), blockchain, and cloud computing, on validation processes. The findings highlight both the challenges and opportunities these technologies present in enhancing efficiency, automation, and data security within Pharma 4.0. Ultimately, the research underscores the need for structured, traceable documentation and risk-based approaches to ensure regulatory compliance in an evolving digital landscape.

Keywords:

Computerized system validation, pharmaceutical industry, GAMP 5, data integrity, regulatory compliance, AI, machine learning, blockchain, cloud computing, Pharma 4.0.

1 Introduction

Computerised systems are considered complex equipment for a reason, as systems have become really powerful in recent years and offer endless possibilities for use, analysis, data collection, and reporting of results. These endless possibilities of use also mean endless possible errors to occur. Due to the difficulty and complexity of today's computerized systems, their validation is a tough challenge. This study explores whether the validation process for modern computerized systems in the pharmaceutical industry can be enhanced to ensure compliance with GMP, GLP and DI standards while addressing the challenges posed by modern technologies. The purpose of this research is to present the validation documentation required for establishing a new laboratory computerized system in accordance with the GAMP 5 guidelines. The research focuses on the leveraging method,

which allows utilizing existing, verified data (e.g., supplier documentation, system specifications) to streamline the validation process, especially for components that have been previously qualified. The study emphasizes the importance of supplier assessment to ensure that the supplier meets the necessary requirements for DI and quality management. It also explores various documents necessary for validation, such as User Requirements Specifications (URS), risk assessments, system specifications, and Qualification Plan (QP). Additionally, the research highlights the significance of structured, traceable documentation, such as the Traceability Matrix (TM), to ensure proper alignment of requirements, specifications, and testing. We considered the potential impact of modern technologies, such as AI, on computerized system validation and regulatory compliance, ensuring alignment with evolving industry standards.

2 Theoretical foundations

The most important requirements that are mandated by the regulation and must be considered in every project involving the implementation of a new computerized system have been extracted.

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

© The Authors 2025. CC-BY 4.0

Taking into account good practices from the GAMP 5 and ALCOA++ guidelines, possible simplifications and improvements of the validation process were presented to the reader. Due to the complexity of these systems, the leveraging method is applied, using the supplier's technical specifications and test documentation.

Industry 4.0, which enables real-time process monitoring, digital technologies such as ML and Process Analytical Technologies (PAT) is increasing systems complexity, thereby heightening the risks of ensuring proper data integrity. The GAMP 5 and ISA-95 guidelines mitigate the potential risks of modern technologies by standardizing data management [1].

The implementation of the 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. Directive 2004/10/EC ensures the harmonization of GLP regulations for non-clinical safety testing, emphasizing the need for validated computerized systems for data handling and system maintenance. EudraLex Volume 4, which includes GMP guidelines, outlines requirements for computerized systems, equipment, documentation, and qualification to maintain compliance [2]. The European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) does not provide specific regulations on computerized systems or their validation but directs researchers to EDQM regulatory guidelines. These guidelines include the "Qualification of Equipment - Basic Document," which outlines requirements for testing and calibration laboratories, and details the validation process for computerized systems based on their complexity. Validation includes stages such as Installation Qualification (IQ), Operational Qualification (OQ), and Performance Qualification (PQ), with ongoing inspections, security measures, and user training, ensuring the systems meet requirements, are protected from risks, and maintain data integrity [3].

At the same time, innovative approaches in the guidelines were explored that could optimize the complex validation of computerized systems. To validate modern systems such as cloud computing, ML, AI, and blockchain, it is essential to thoroughly understand these technologies, their unique characteristics, and the regulatory challenges they present in the context of pharmaceutical compliance.

In conclusion, the study provides a comprehensive overview of the essential documentation and

processes required for the successful validation of computerized systems in the pharmaceutical industry. It underscores the importance of structured documentation, clear communication between stakeholders, and adherence to regulatory guidelines to ensure the system's functionality, compliance, and DI.

3 Methods

We conducted an analysis of journals focusing on modern technologies, such as cloud computing, machine learning, artificial intelligence, blockchain, and their validation within the pharmaceutical industry. The objective was to identify and highlight potential challenges associated with the implementation and validation of computerized systems in this highly regulated sector. The review emphasized issues related to data integrity, regulatory compliance, and the dynamic nature of these technologies, which often require innovative validation approaches. By exposing these challenges, the analysis provides insights into the complexities of adopting advanced digital systems while ensuring they meet stringent industry standards and regulatory expectations.

This study highlights the validation documentation necessary for the establishment of a new computerized system in the pharmaceutical industry. Through an analysis of the GAMP 5 guidelines, the study identified the frequent use of the leveraging method, which allows the reuse of already verified information or systems to streamline the validation process. For instance, if an identical system, such as a balance, has already been qualified, the results from the previous system can be applied to the new installation, reducing the need for additional testing. In cases where the leveraging method is used, certain tests, like OQ, can be skipped, and only IQ and PQ tests may be performed. The study found the leveraging method particularly useful when relying on test documentation provided by system suppliers. By leveraging the manufacturer's test documentation, system specifications, and configuration specifications, the validation process is more efficient. However, all supplier qualification documentation must be pre-approved by the customer. One critical component of qualification documentation is the TM, which clearly links the URS to the test specifications. It is recommended that the TM is prepared by the author of the test documentation to ensure accuracy and clarity.

GAMP 5 outlines best practices for managing computerized systems through four key phases: concept, project, operation, and retirement. At implementation of a new computerised system we focus on first two phases. In the concept phase, companies evaluate automation opportunities and decide on system implementation strategy. The project

phase covers planning, defining technical specifications, configuring the system, and preparing test documentation, leading to validation and approval for use. It emphasizes that validation documentation must be structured and logically connected. The validation process for computerized systems requires a variety of documents—such as the IRA, Functional Risk Assessment (FRA), URS, QP, IQ, OQ, PQ, and qualification Report (QR), which must be interrelated throughout the project. Consistent document structure and thoughtful naming conventions are essential for traceability and efficient management of changes or updates. This organizational approach helps ensure proper oversight and facilitates faster access to necessary documentation. GAMP guidelines elaborates on several key documents involved in computerized system validation:

1. User Requirements Specification: URS document outlines the requirements set by the user for the equipment, covering general, functional, design, safety, automation, DI, and regulatory requirements. These requirements must be clear, testable, and relevant to ensuring the system's functionality and compliance with regulatory standards [4].
2. Supplier Assessment: Prior to purchasing equipment, the supplier's ability to meet the specified requirements is evaluated. Different levels of supplier assessments are performed based on the criticality of the system, ranging from baseline assessments to audits at the supplier's location [4].
3. Initial Risk Assessment: The IRA is conducted before qualification activities to assess the risks associated with the system, including its impact on patient health, product quality, and DI. The

IRA helps determine the appropriate GAMP 5 category and the necessary qualification approach.

4. System Specifications: Once a system is selected, the manufacturer provides detailed system specifications, including Configuration Specification (CS), Functional Specification (FS), Hardware Design Specification (HDS), and Software Design Specification (SDS). These documents describe in detail the structure and functionalities of the selected system.
5. Functional Risk Assessment: Because IRA does not fully assess certain risks, a more detailed FRA is performed. This assessment focuses on critical requirements related to DI, quality and patient health, using methods like Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) to mitigate potential risks [4].
6. Qualification Plan: The QP outlines the strategic plan for validating the system, including the necessary activities for each phase of the implementation process. It provides a roadmap for ensuring that all validation steps are completed in accordance with regulatory guidelines. Figure 1, shows the architecture of the documentation for the project phase leading up to the start of using the computerized system. The QP document can be prepared by either the supplier or the customer.
7. Installation Qualification: IQ tests verify that the system is installed and functioning correctly. This includes testing system components, access rights, and integration with other systems [5]. Automated testing methods can be used as long as they ensure DI [4].
8. Operational Qualification: OQ tests ensure that the system's key functions are operating as expected. Calibration tests and operation func-

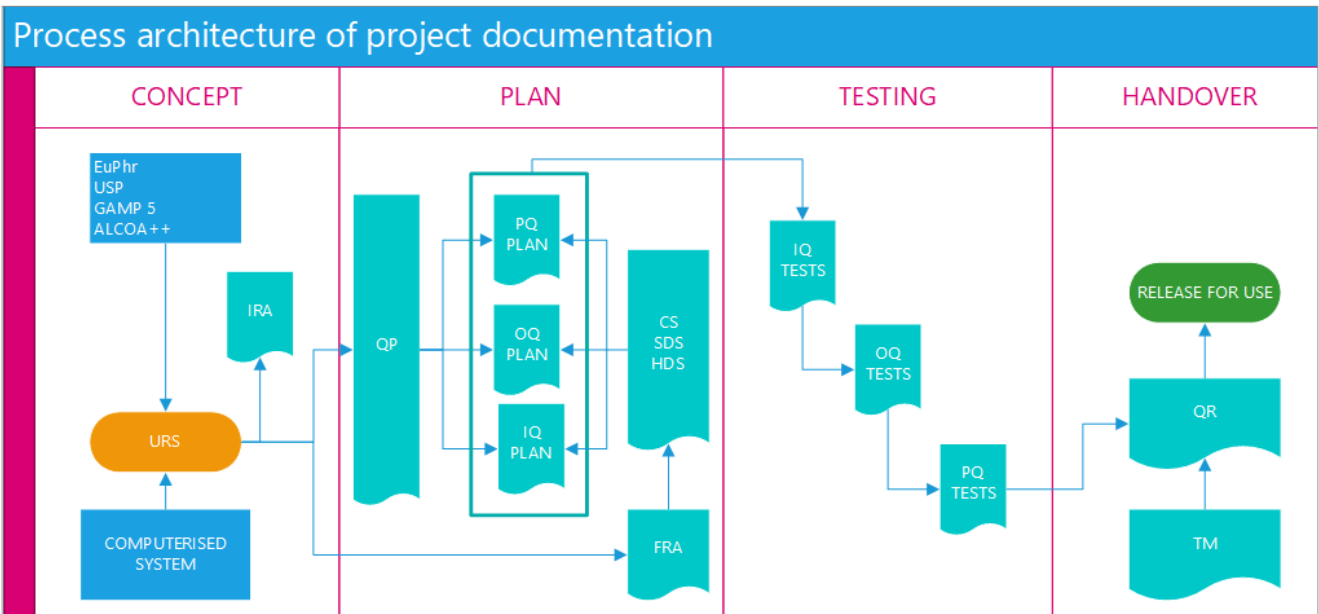


Figure 1 : Process architecture of project documentation

tionality tests are performed to confirm the system's readiness for operational use [3].

9. Performance Qualification: PQ confirms that the system meets the user's requirements in its intended environment. It involves testing the system under real-life conditions, and any deviations must be documented and addressed [5]. With PQ testing we confirm that the system is suitable for performance of the desired process.
10. Traceability Matrix: The TM ensures the traceability of all requirements through the validation process. It links each requirement in the URS to the corresponding system specification and test case, providing a comprehensive overview of coverage [4].
11. Qualification Report: The QR summarizes the results of the validation process, including any deviations found during testing. Once all deviations are resolved, the system is deemed qualified and ready for use [5].

4 Results

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. Following GAMP 5 guidelines, we explored potential simplifications of the validation process while ensuring compliance with regulatory standards. 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. While neither regulatory framework differentiates laboratory and production systems in terms of validation requirements, the criticality of URS and FRA varies. GMP systems demand heightened scrutiny due to their potential direct impact on patient health, requiring more extensive testing and procedural adjustments to ensure system security.

Although necessary, the validation process is complex and time-consuming. Leveraging best practices outlined in GAMP 5 can streamline efforts. Innovations such as merging IQ and OQ phases into a single IOQ phase, incorporating random testing for broader coverage, and applying leveraging methods to minimize requalification testing are proposed to optimize the process. Additionally, AI offers opportunities to simplify workflows, enhance efficiency, and improve test coverage.

During our research, we observed that modern technologies, including AI, ML, and advanced analytics, not only present challenges for validation but also hold immense potential to assist in the process. These technologies can automate key validation aspects, such as documentation, test execution, and real-time system monitoring. AI and ML

can enhance test coverage by identifying critical areas requiring validation, ensuring a more comprehensive approach. Automated tools further address complexity by reducing manual effort, minimizing errors, and providing actionable insights. This dual role of modern technologies, both a challenge and a solution—underscores their transformative potential in achieving efficient and compliant validation processes. The GAMP 5 guidelines often direct the simplification of processes using the leveraging method. Of course, when using this approach, the risks to which the pharmaceutical company could be exposed must be assessed. Through the study, the usefulness of the tactic is recognized, especially in transferring the responsibility of creating project documents and test specifications, which can be transferred to the supplier, instead of writing them internally. Combining IQ and OQ documents into IOQ is part of the leveraging method [4]. In practice, we already use the leveraging method when validating identical systems or identical families of systems. Thus, upon implementation, full validation is performed only for the first system (e.g. IQ, OQ, PQ), and for all subsequent ones, only IQ and a small part of PQ are performed. The method of leveraging can go even further. We could also use a supplier evaluation that was already made by another company, if of course that company was willing to share this information with us and we have a similar approach for evaluating suppliers. When using the leveraging method, we are concerned about the confidentiality of the information of the pharmaceutical industry. It is this secrecy that largely prevents cooperation between these companies and the sharing of good practices.

In the case of Slovenian pharmaceutical companies, from the point of view of the method of leveraging, the cooperation of Novartis and Sandoz could be very welcome, because until recently, these two companies had the same quality assurance system. At the same time, the companies are not competitive in terms of the portfolio of products they produce [6].

4.1 Modern challenges

The GAMP 5 guidelines have recently been revised because of the emergence of new technologies, such as AI, ML, chaining of data blocks (Blockchain), open source software, cloud computing [4]. The latter clearly indicates an increase in the use of the aforementioned technologies and their inclusion in the concept of Pharma 4.0. The purpose of Pharma 4.0, like Industry 4.0, is to improve efficiency and ensure a higher level of quality through the use of digital technologies and automation.

Digital maturity and DI design enable an effective digitization strategy and are supported by well-managed automated and information systems. GAMP 5 guidelines aim to ensure that GxP com-

puterised systems are fit for their intended use and that GxP electronic records and data are properly managed throughout the data lifecycle to ensure DI [4]. In the future the use of blockchain technology could improve efficiency, transparency and data security in the pharmaceutical industry [7]. Its inherent immutability ensures that once data is recorded, it cannot be altered or deleted, thereby safeguarding against unauthorized modifications and preserving data integrity. This feature is particularly beneficial in clinical trials and regulatory submissions, where tamper-proof records are essential [8].

With the help of AI and ML, the processes currently carried out by operators in the laboratory could be simplified and even improved [9]. Modern technologies can enhance the detection and prediction of malfunctions or trends before they occur. AI, for example, could operate continuously and compare data over time, unlike human operators who perform tasks less frequently. This would save operator time and improve efficiency. However, the challenge lies in developing complex algorithms and validating the system to ensure consistent performance throughout its lifecycle. AI and ML systems evolve over time, which may conflict with regulatory requirements for controlled changes and revalidation. A potential solution is allowing the system to learn, but having a system administrator implement changes through a controlled protocol, followed by partial validation. Over time, this process would help the system evolve, but each update requires a team for implementation and validation.

Zestful testing of the software is the main part of the computer system validation [10]. The new version of GAMP 5 describes and recommends the use of random testing as a new testing technique, which should lead to a higher level of testing scope, greater detection of possible malfunctions and, consequently, a higher level of system reliability. From a practical point of view, with computerised systems, all processes are very clearly defined in the instructions for the use of computerised system, which the company prescribes and which, as a regulatory requirement, must be adhered to without deviations. If the operator does not act in accordance with the work instructions, he breaks the rules and thus performs the analysis inconsistently with the procedure, which means that the result of analysis is not adequate. We describe this because the scenario of using the instrument is already very clear and defined in advance. Moreover, the analysis flow process is validated and should not be performed differently than defined in the work instructions. This process is fully tested as part of the PQ phase, so the usefulness of random testing is questionable. We also consider whether the time we will spend on random testing is justified, given that the entire analysis process is very rigid and regulated. We can see the sense in using automated random

testing. However, when we automate something, it becomes prescribed and is no longer random. Random testing is thus only applicable in combination with AI and ML, which could lead to truly random situations.

Cloud validation plays a transformative role in pharmaceutical manufacturing, balancing compliance challenges with strategic benefits. While cloud technologies offer scalability, cost-efficiency, and real-time collaboration, they introduce unique validation complexities, particularly in regulated environments. Frameworks such as FDA's 21 CFR Part 11 and EMA's Annex 11 demand rigorous system validation, audit trails, and quality assurance, which are complicated by shared responsibilities, data sovereignty, and vendor dependencies inherent to cloud systems. A risk-based validation approach ensures that critical components impacting product quality and patient safety receive priority, leveraging modern techniques like automated testing and continuous validation. Beyond compliance, cloud validation enhances operational agility, fosters innovation, and supports global standardization, empowering pharmaceutical companies to adapt to diverse regulatory environments and remain competitive in an evolving digital healthcare landscape [11].

Maintaining DI is essential in pharmaceutical manufacturing to ensure product quality, safety, and regulatory compliance. The transition to Industry 4.0, with its focus on automation, smart manufacturing, and advanced analytics, has added complexity to DI management. Adherence to principles like ALCOA++ ensures compliance and minimizes regulatory risks, while robust validation protocols, regular audits, and a shift to electronic systems mitigate challenges posed by complex computerized systems. Industry 4.0 technologies, such as ML, multivariate data analysis, and cloud-based platforms, enhance efficiency but require strong cybersecurity measures. Future strategies include adopting blockchain for secure and transparent data management, improving traceability with independent logins, and leveraging advanced electronic systems. Ensuring DI not only supports regulatory compliance but also drives innovation and efficiency in an increasingly automated pharmaceutical landscape [1].

Technical Debt (TD) in automated production systems arises when interdisciplinary engineering decisions prioritize short-term benefits at the expense of long-term risks. Validation processes under frameworks like GAMP 5 are critical for ensuring safety and compliance, but they also present challenges associated with validation-related TD. Using a systematic meta-analysis approach, the study analysed engineering documents to identify and classify TD. 25 new sub-types were identified including Documentation TD, Risk Assessment TD,

and Manufacturing TD, which are common areas in pharma industry. Practical use cases and expert validation highlight the importance of addressing TD to enhance operational efficiency, ensure compliance, and improve lifecycle management [12].

To meet diverse internal and global requirements, pharmaceutical companies today must address the following eight key challenge areas in the validation of computerized systems: (1) Standards, (2) Interpretation, (3) Organization and Governance, (4) Efficiency Across Sites and Departments, (5) Execution, (6) Tools, (7) Training and (8) Personnel [13]. Validation must be based on risk identification. Such an approach, however, requires a thorough understanding of the system's functions, its position in manufacturing, and the potential repercussions of system failures or data integrity breaches. Companies can improve validation efficiency without sacrificing quality or compliance by concentrating on system criticality [14].

5 Conclusion

A previous study [15] found that the implementation of computerized systems in the pharmaceutical industry must ensure compliance with regulatory requirements, a high level of data integrity, and product quality. The present study confirms these results and adds new findings and recommendations. In conclusion, validating computerized systems in the pharmaceutical industry demands structured documentation, adherence to regulatory guidelines, and clear communication to ensure functionality, compliance, and data integrity. Regulatory frameworks such as GAMP 5, Annex 11, and 21 CFR Part 11 provide the foundation for comprehensive validation processes in both GLP and GMP environments. The process is complex, requiring robust validation documentation like TM and QP to ensure traceability and change management. Key elements, such as leveraging methods and risk assessments (e.g., IRA and FRA), help streamline validation efforts by reusing validated data and focusing on system criticality, especially for systems impacting patient health. Modern technologies, offer substantial potential to automate and enhance key validation tasks, from qualification documentation to test execution, improving efficiency, and accuracy. The use of leveraging methods can further optimize validation by reducing testing efforts for similar systems, provided risks are carefully assessed and confidentiality concerns are addressed. However, confidentiality of pharmaceutical documentation remains a significant obstacle, particularly when sharing good practices between companies. The pharmaceutical industry's reliance on secrecy limits opportunities for cooperation, which could be alleviated by companies like Novartis and Sandoz, given their similar quality assurance systems. Ultimately, while validation remains a com-

plex and time-consuming task, strategies like leveraging, simplification, and the integration of modern technologies hold the key to achieving efficient, compliant, and innovative validation processes in the pharmaceutical industry.

The ongoing evolution of pharmaceutical manufacturing is heavily influenced by advanced technologies, such as AI, ML, blockchain, and cloud computing, as outlined in the revised GAMP 5 guidelines. These innovations support greater efficiency, quality, and automation, while also introducing challenges in validation, regulatory compliance, and data integrity management. The integration of these technologies within the Pharma 4.0 framework requires robust systems to manage GxP computerized systems and electronic records effectively. Maintaining DI is critical for ensuring product safety and regulatory compliance in the face of complex systems and the transition to Industry 4.0. Moreover, addressing TD in automated systems is vital for long-term operational efficiency and compliance. By prioritizing critical components and leveraging modern validation techniques like automated testing and continuous validation, pharmaceutical companies can navigate regulatory complexities, foster innovation, and drive sustainable growth in a rapidly evolving digital pharmaceutical landscape.

Sources

- [1] H. S. J. R. J. C. M. T. R. S. C. F. S. & G. S. Alosert, "Data integrity within the biopharmaceutical sector in the era of industry 4.0," *Biotechnology Journal*, vol. 17, no. e2100609, p. 8, 2022.
- [2] E. commission, "Volume 4 - Good manufacturing Practice (GMP) Guidelines," *EudraLex*, 2004.
- [3] EDQM - European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare, *VALIDATION OF COMPUTERISED SYSTEMS*, Strasbourg: Svet Evrope, 2018.
- [4] ISPE, *GAMP 5: A Risk-Based Approach to Compliant GxP Computerized Systems (Second Edition)*, Florida: ISPE, 2022.
- [5] EDQM - European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare, *VALIDATION OF COMPUTERISED SYSTEMS, ANNEX 2 - VALIDATION OF COMPLEX COMPUTERISED SYSTEMS*, Strasbourg: Svet evrope, 2018.
- [6] MMC RTV Slovenija, "Sandoz (in z njim Lek) se bo ločil od Novartisa," *MMC RTV Slovenija - gospodarstvo*, 25 Avgust 2022. [Online]. Available: <https://www.rtvsl.si/gospodarstvo/sandoz-in-z-njim-lek-se-bo-locil-od-novartisa/638265>. [Accessed 31.12.2022 December 2022].
- [7] Y. L. Xuanping Wu, "Blockchain recall management in pharmaceutical industry," *Proce-*

- dia CIRP, vol. 83, pp. 590-595, 2019.
- [8] Qualifyze, "Qualifyze," 28 Avgust 2023. [Online]. Available: <https://www.qualifyze.com/resources/blog/the-role-of-blockchain-technology-in-pharma>. [Accessed 21 January 2025].
- [9] S. B. K. V. L. G. Ruchika S. Patil, "Artificial intelligence in pharmaceutical regulatory affairs," Drug Discovery Today, vol. 28, no. 9, 2023.
- [10] C. Sharvani et al., "Implementation of Good Computer System Validation Practices In Pharmaceutical Industry- A Review," International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences, vol. 12, no. no. 3, p. 1729-1739, 2021.
- [11] P. Ullagaddi, "Cloud Validation in Pharma: Compliance," International Journal of Business Marketing and Management, vol. 9, no. 5, pp. 11-17, 2024.
- [12] B. V.-H. E.-M. N. Quang Huan Dong, "Including validation of process control systems' engineering into the," Forschung im Ingenieurwesen, vol. 88, no. 26, p. 14, 2024.
- [13] S. V. Jadhav, S. S. Waghchaure, S. Z. Chemate, "Computer System Validation in Pharmaceutical Industry," International Journal of Creative Research Thoughts, vol. 9, no. 6, p. 101-109, 2021.
- [14] A. N. Choudharya, "A Review of Pharmaceutical Validation and its Implications," Journal of Medical Pharmaceutical and Allied Sciences, vol. 10, no. 6, p. 3951-3961, 2021.
- [15] K. Peklaj, M. Cerovšek, "Implementing Laboratory Computerized Systems in Pharmaceutical Industry: Regulatory Compliance," Ventil, vol. 31, no. 1, p. 26-32, 2025.

Sodobni izzivi implementacije in validacije računalniških sistemov v farmaciji 4.0

Povzetek:

Validacija računalniških sistemov v farmacevtski industriji je zapleten in zahteven proces predvsem zaradi naraščajoče kompleksnosti sistemov in strogih regulativnih zahtev. Zagotavljanje skladnosti z dobrimi proizvodnimi praksami (GMP), dobrimi laboratorijskimi praksami (GLP) in zahtevanimi visokimi standardi zagotavljanja integritete podatkov (DI) zahteva strukturiran in učinkovit pristop. Ta študija preučuje strategije za optimizacijo validacijskih procesov z metodo uporabe obstoječih preverjenih podatkov v skladu s smernicami GAMP 5. Poseben poudarek je namenjen ključni dokumentaciji, potrebni za implementacijo sodobnega računalniškega sistema. Poleg tega študija pri oblikovanju prihodnosti implementacije in validacije računalniških sistemov raziskuje vlogo nastajajočih modernih tehnologij, kot so umetna inteligenca (AI), strojno učenje (ML), veriženje blokov (blockchain) in računalništvo v oblaku. Čeprav te tehnologije prinašajo nove izzive, hkrati ponujajo pomembne priložnosti za izboljšanje učinkovitosti delovnih procesov, avtomatizacijo testiranja in povišano stopnjo regulatorne skladnosti. Ugotovitve poudarjajo prednosti strukturiranih validacijskih pristopov, ocenjevanja dobaviteljev in učinkovitega upravljanja dokumentacije pri poenostavljanju validacijskih postopkov brez ogrožanja zagotavljanja kakovosti. Študija izpostavlja potrebo po uravnoteženem pristopu, ki združuje inovacije in regulatorno skladnost, s čimer podpira preobrazbo farmacevtske industrije v dobi farmacije 4.0.

Ključne besede:

Validacija računalniških sistemov, farmacevtska industrija, GAMP 5, metoda izkoriščanja, regulativna skladnost, integriteta podatkov, umetna inteligenca, strojno učenje, veriženje blokov, računalništvo v oblaku, farmacija 4.0

POSVET

AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2025 - ASM '25

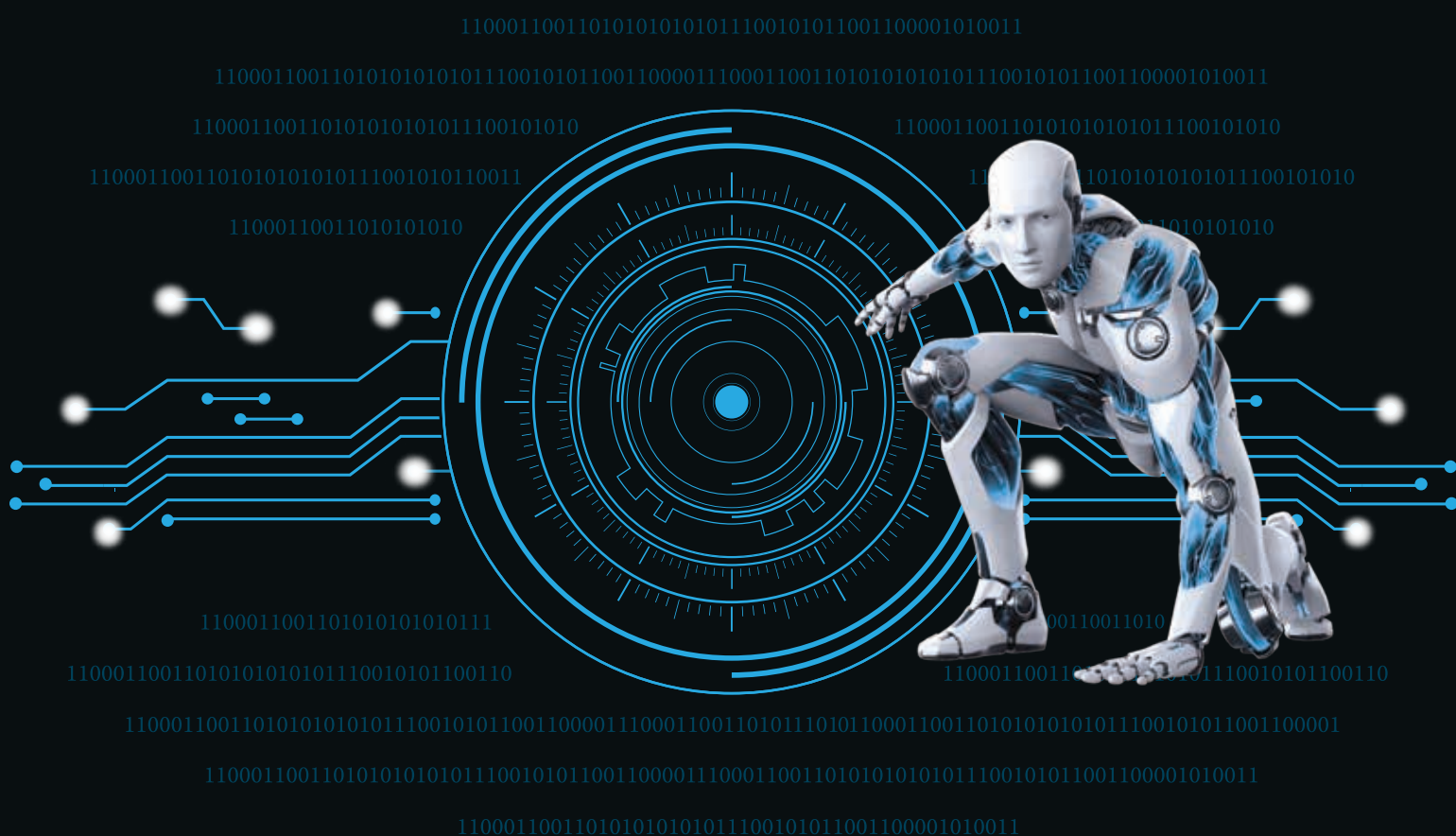
04. decembra 2025
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani

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

IFAM-INTRONIKA-ROBOTICS

17.-19. 2. 2026

Ljubljana



ROBOTSKO PODPRTO PIPETIRANJE Z ROBOTSIM SISTEMOM ANDREW+

Aleksandar Stefanov, Roman Kamnik, Janja Dermol-Černe, Aleš Belič

Izvleček:

V tem strokovnem članku je opisan razvoj aplikacije za avtomatizacijo postopka pipetiranja v farmacevtskih laboratorijih. Poudarek je na avtonomni prilagoditvi Onelab protokolov za programiranje robota Andrew+. Aplikacija vključuje uporabniku prijazen vmesnik za spreminjanje, izvajanje in spremljanje protokolov in poseben razdelek za izdelavo laboratorijskih poročil, združljivih z interno podatkovno zbirko. Temeljito testiranje v laboratorijskem okolju je pokazalo obetavne rezultate in sposobnost aplikacije, da razbremeni operaterje ponavljajočih se opravil, povezanih z robotom. Uspešno izvajanje te tehnologije pomeni pomemben napredek pri optimizaciji farmacevtskih laboratorijskih procesov, saj zagotavlja večjo učinkovitost in sprošča dragocene človeške vire za bolj kompleksne naloge.

Ključne besede:

Farmacevtska avtomatizacija, robotsko pipetiranje, farmacevtska robotizacija

1 Uvod

Postopki v farmacevtskih laboratorijih, kot so filtracija beljakovin, gensko sekvenciranje in obdelava vzorcev, vključujejo manipulacijo s številnimi tekočimi vzorci [1]. Ti postopki zahtevajo izjemno natančnost in točnost. Takšne zahteve lahko dosežemo z integracijo naprednih tehnologij, kot so robotski sistemi.

Ključni del vseh omenjenih postopkov je pipetiranje. Ročno upravljana pipeta je osnovno orodje za ravnanje s tekočino, vendar je njena učinkovitost odvisna od upravljavca, saj zahteva ročno nastavitve za vsako prilagoditev volumna tekočine in ročno pipetiranje vsakega vzorca posebej v posodice, kar je tudi časovno zamudno. Upravljanje velikega števila bioloških vzorcev s temi ročnimi napravami postane nepraktično in zamudno [2].

Izhajajoč iz tega je bilo sčasoma razvitih veliko avtonomnih pipetnih sistemov, kot so: robotski sistem Andrew+ [3], Tecan Fluent [4], Hamilton Microlab STAR Line [5] itd. Čeprav takšni robotski mehanizmi v farmacevtskih laboratorijih zelo optimizirajo procese, je njihova odvisnost od ročnega programiranja, ki ga izvaja operater, za različne naloge še vedno pomemben vidik. Operaterji morajo robot

programirati pred vsako nalogo, kar je lahko za laboratorijske raziskovalce naporno.

Glede na ta izziv je cilj naše raziskave razbremeniti in poenostaviti delovni proces operaterjev, kar jim omogoča, da se učinkoviteje osredotočijo na svoje znanstveno delo.

V raziskavi smo razvili programsko ogrodje, ki odpravlja potrebo po ročnem programiranju operaterja za vsako robotsko nalogo. Operater preprosto vnese želene parametre, nato pa naše orodje avtomatično izvede programiranje in konfiguracijo robota ter aktivno spremlja izvajanje poskusa. Po končanem poskusu orodje ustvari izčrpno poročilo, ki se nemoteno poveže z laboratorijsko podatkovno bazo za učinkovito upravljanje in analizo podatkov. Predlagano programsko orodje smo uspešno integrirali in testirali v laboratoriju podjetja Novartis.

2 Metodologije

V naši raziskavi je bil uporabljen robotski mehanizem Andrew+ [3]. Programiranje robota je bilo omogočeno s posebnimi protokoli, podprtimi v okolju Onelab [6]. Poleg tega smo izkoristili zmogljivosti tehnologije API (Application Programming Interface) in uporabili programski jezik Python za celovito optimizacijo celotnega postopka.

Strojna oprema – robot Andrew+

Pipetirni robot Andrew+ predstavlja eno izmed naj-sodobnejših rešitev na področju laboratorijske avtomatizacije.

Aleksandar Stefanov, prof. dr. Roman Kamnik, univ. dipl. inž., oba Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, **Janja Dermol-Černe, Aleš Belič,** oba Novartis, d. o. o., Mengeš

© The Authors 2025. CC-BY 4.0

Struktura in zgradba robota Andrew+

Robot Andrew+ ima mehansko strukturo z dvema rokama, pri čemer je ena roka kot fiksno stojalo za pipete, druga pa je premična. Premična roka ima štiri prostostne stopnje, sestavljena je iz treh rotacijskih in enega translacijskega sklepa. Robotski sistem vsebuje RGB-kamero, ki je nameščena v roki, in optični senzor, vgrajen v bazo robota. Na premični roki je nameščeno še dvoprstno prijemalo z magnetom. Komunikacija z računalnikom je omogočena preko ethernet povezave. Podrobna struktura s sestavnimi deli je prikazana na *sliki 1*.

Programiranje robota Andrew+

Programiranje robota v programski opremi Onelab omogočajo protokoli. Onelab zagotavlja vsestransko programsko okolje, ki uporabnikom omogoča ustvarjanje protokolov (programskih korakov) neposredno v programski opremi s preprosto grafično metodo »povleci in spusti« (ang. drag-and-drop). Protokoli se lahko oblikujejo tudi preko datotek CSV ali XML. Čeprav je programiranje v grafičnem okolju uporabniku prijazno za hiter začetek, lahko postane zamudno ob pogostem ustvarjanju novih protokolov. Nasprotno pa programiranje v tekstovni obliki preko datotek CSV in XML zahteva naprednejše razumevanje struktur protokolov v teh formatih. V



Slika 1: Predstavitev strojne opreme (struktura robotskega mehanizma)



Slika 2: Konfiguracija krmiljenja in programiranja robota

našem kontekstu je bilo znanje izvajanja protokolov preko CSV in XML ključno, saj se celotno programsko okolje nanaša na te formate za nemoteno delovanje. Pri tem je pomembna funkcija dinamični protokol. Ta v okolju Onelab omogoča enostavno določanje zelenega števila vzorcev za obdelavo (pipetiranje). Z avtonomnim posodabljanjem vseh korakov sistem inteligentno prilagodi protokol, ohranja osnovne značilnosti in omogoča spremembo števila vzorcev, iz katerih pipetiramo. Vendar je ta funkcionalnost v programu Onelab omejena na izbiro števila vhodnih vzorcev, brez možnosti določitve števila in količine izhodnih vzorcev pri vsakem koraku, kar je ključno za našo raziskavo. Zato smo poiskali in izvedli lastno rešitev za vključitev možnosti, kot je predstavljeno v naslednjem poglavju. Končna konfiguracija programiranja in krmiljenja robota je prikazana na *sliki 2*.

Tehnologija REST API in povezljivost s programskim okoljem Onelab

HTTP RESTful API-ji uporabljajo protokol HTTP in sledijo načelom REST (Representational State Transfer), poudarjajo način brez stanja (ang. stateless) in interakcijo na podlagi virov s standardnimi metodami HTTP (GET, POST, PUT, DELETE). Za izmenjavo podatkov se običajno uporabljata formata JSON ali XML.

V naši študiji uporabljeni vmesnik API je Onelab API, strukturiran kot HTTP RESTful API v obliki JSON, ki ponuja raznolike funkcionalnosti, vključno s spremljanjem priključenih naprav, izvajanjem in spremljanjem poskusov ter pridobivanjem informacij o vzorcih in metapodatkih [7].

V naši aplikaciji je ključni vmesnik Onelab API, ki omogoča komunikacijo med našo programsko opremo, zasnovano za avtonomno spreminjanje protokola, in robotskim sistemom. API uporabljamo za pridobivanje metapodatkov o laboratoriju, protokolih, izvirni različici protokola za spreminjanje ter nalaganje, nameščanje in izvajanje izboljšanih protokolov. Prav tako ima API pomembno vlogo pri spremljanju poskusov in pridobivanju ključnih podatkov (vzorca ID, laboratorijske opreme ID, količina vzorca itd.) za pripravo poročil, ki ustrezajo interni podatkovni zbirki družbe Novartis.

Zahteve za programsko aplikacijo

Zahteve, ki so jih opredelili raziskovalci, odgovorni za načrtovanje, in operaterji, odgovorni za njihovo izvajanje, so bile:

- ▶ nastavev poljubnega števila vhodnih in izhodnih vzorcev in nastavev poljubnega volumna;
- ▶ samostojna rekonfiguracija in programiranje gibanja robota;
- ▶ nadzor in spremljanje stanja trenutnega ekspe-

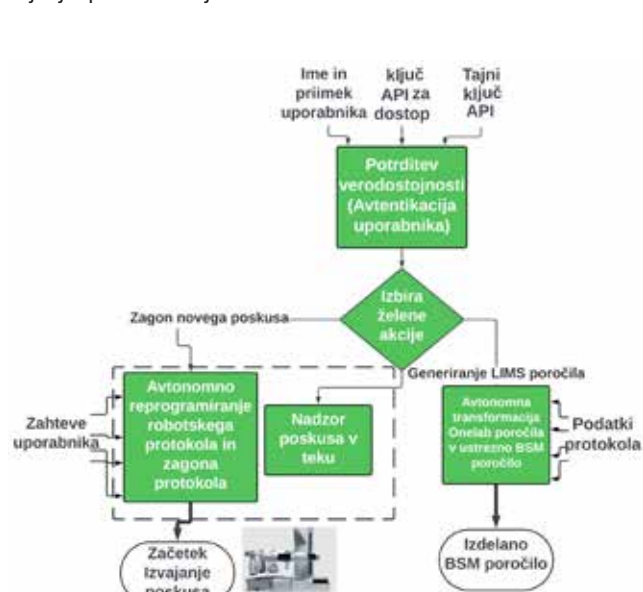
rimenta in robota in

- pridobitev poročila o eksperimentu in njegova transformacija v obliko, ustrezno za Novartisovo podatkovno zbirko.

Za izvajanje zahtevanih pogojev naše aplikacije smo uporabili vmesnik API. Razlog za to je, da programska oprema Onelab ne omogoča konfiguracije več spremenljivk (število vhodnih vzorcev, število izhodnih vzorcev, volumni, predloga poročila itd.). Ker smo želeli večjo avtonomijo pri konfiguraciji parametrov, je bila edina možnost integracija aplikacije preko vmesnika API.

Programska oprema

Aplikacijo sestavljajo štirje glavni segmenti, od katerih vsak opravlja različne funkcije: avtentikacija uporabnika, avtonomno reprogramiranje, namestitve in zagon protokola, nadzor tekočega poskusa ter ustvarjanje poročil LIMS (Laboratory information management system). V naslednjih podpoglavjih podrobneje obravnavamo vsakega od teh štirih glavnih segmentov. Diagram poteka celotne aplikacije je predstavljen na *sliki 3*.



Slika 3 : Glavni diagram poteka aplikacije

Avtentikacija uporabnika

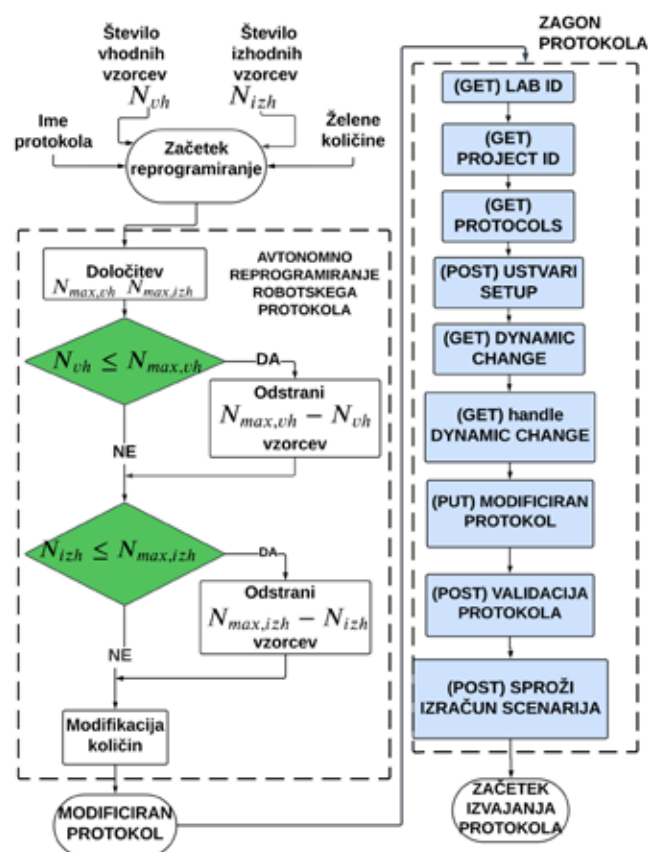
Postopek avtentikacije je ključni začetni korak v delovnem procesu aplikacije. Služi kot obvezno varovalo, ki preprečuje nepooblaščen dostop do aplikacije. Postopek avtentikacije zahteva vnos posebnih poverilnic uporabnika, vključno z njegovim imenom, priimkom, ključem za dostop do ključa API in tajnega ključa API. Ti ključi, ki so edinstveni in zasebni za vsakega uporabnika v Onelab laboratoriju, imajo ključno vlogo pri varovanju in preverjanju pristnosti zahtevkov za API ter zagotavljajo zanesljiv in varen mehanizem za preverjanje pristnosti uporabnikov.

Avtonomno reprogramiranje, namestitve in zagon protokola

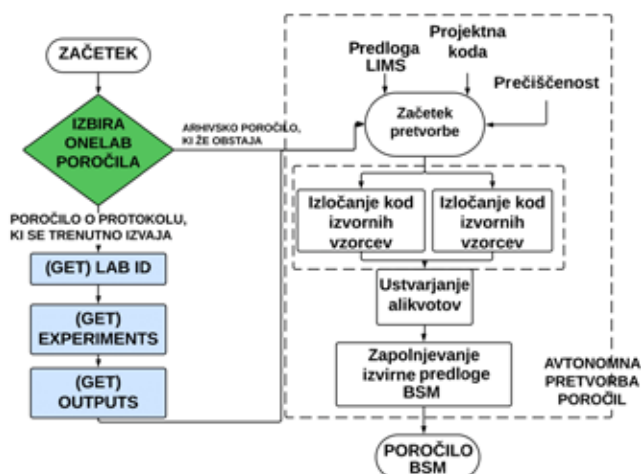
Ta faza temelji na manipulaciji protokolov, zapisanih v obliki CSV in njihovem prenosu na robot s pomočjo vmesnika API. Sestavljena je iz dveh glavnih stopenj: modifikacije in zagona poskusa. V fazi spreminjanja, ko uporabnik vnese svoje pogoje za poskus, programska oprema identificira dele protokola, ki jih je treba spremeniti, in na podlagi vnesenih pogojev prilagodi obstoječi protokol. Ko je spremenjeni protokol pripravljen, se izvede veriga ukazov API s ciljem, da se nastavitev robota potrdi, namesti in izvede spremenjeni protokol. Podrobnejši potek programskih korakov je predstavljen na *sliki 4*.

Avtonomno generiranje poročil LIMS

V tem segmentu aplikacije se izvede pretvorba poročila iz Onelab formata v poročilo LIMS. Onelab poročilo za tekoči poskus je mogoče pridobiti preko vmesnika API ali pa ga lahko uvozi uporabnik. Nato algoritem izvede vrsto ukazov za mani-



Slika 4 : Diagram poteka avtonomnega reprogramiranja, namestitve in zagona protokola. Zeleni in prozorni bloki spreminjajo protokola. Modri bloki v diagramu predstavljajo ukaze API, ki se izmenjujejo med razvito aplikacijo in strežnikom Onelab, med zagonom. Spremenljivka N_{vh} predstavlja število vhodnih vzorcev, $N_{vh,max}$ največje število vhodnih vzorcev v poskusu, N_{izh} število izhodnih vzorcev in $N_{izh,max}$ največje število izhodnih vzorcev.



Slika 5 : Diagram poteka avtonomne pretvorbe iz Onelab poročila v poročilo LIMS. Zeleni in prozorni bloki izvedejo pretvorbo. Modri bloki v diagramu predstavljajo ukaze API, ki se izmenjujejo med našo aplikacijo in strežnikom Onelab pred začetkom pretvorbe.

pulacijo podatkov, ki podatke poskusa prilagodijo ustrezni obliki LIMS. Podroben potek programa je prikazan na *sliki 5*.

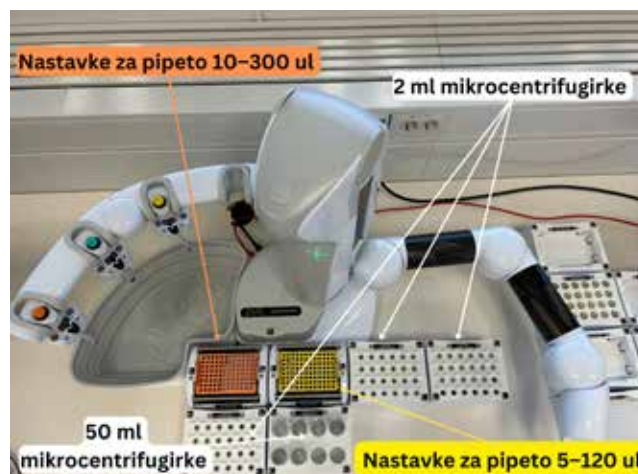
Testiranje

Testiranje in ovrednotenje našega programskega okolja sta potekala v Novartisovem laboratoriju, kjer smo izvedli obsežno testiranje dveh posebnih protokolov: pipetiranje iz 50 ml centrifugirk v 2 ml mikrocentrifugirke in pipetiranje iz 15 ml centrifugirk v 2 ml mikrocentrifugirke.

V obeh primerih smo poskuse konfigurirali tako, da so pri maksimalnem scenariju vključevali pipetiranje iz petih vzorcev, pri čemer iz vsakega od petih vzorcev v 12 različnih mikrocentrifugirk. Posledično so končni rezultati vsakega poskusa v maksimalnih pogojih obsegali pet skupin, od katerih je vsaka vsebovala 12 vzorcev, pridobljenih iz ustreznih izvornih vzorcev (ang. parent samples).

Nato je bila programska oprema temeljito preizkušena v štirih različnih scenarijih:

- ▶ spreminjanje samo števila vhodnih vzorcev ob ohranjanju konstantnega števila izhodnih vzorcev;
- ▶ spreminjanje samo števila izhodnih vzorcev ob ohranjanju konstantnega števila vhodnih vzorcev;
- ▶ spreminjanje tako števila vhodnih kot tudi izhodnih vzorcev in
- ▶ število vhodnih in izhodnih vzorcev ostane nespremenjeno. Ti testni scenariji so bili ključni za oceno robustnosti in prilagodljivosti razvitega programskega ogrodja v različnih eksperimentalnih pogojih. Testno okolje je prikazano na *sliki 6*.



Slika 6 : Med testiranjem uporabljena oprema

3 Rezultati

Rezultat raziskave je v celoti razvita programska aplikacija, ki jo je mogoče upravljati in spremljati preko našega grafičnega vmesnika. Grafični vmesnik je prikazan na *slikah 7* in *8*.

4 Razprava

Na podlagi testov, ki smo jih izvedli z operaterji v laboratoriju, je aplikacija pokazala obetavne rezultate, ki lahko operaterja zelo razbremenijo ponavljajočega se dela pri oblikovanju protokola za programiranje robotov. Pomemben vidik je tudi združljivost poročila LIMS z interno podatkovno bazo družbe Novartis. Pred našo aplikacijo so morali operaterji po vsakem poskusu ali ročno vnesti vse izhodne rezultate v sistem ali pa ročno spreminjati tabelo. Z uporabo naše aplikacije pa operaterji



Slika 7 : Grafični vmesnik aplikacije. Slika zgoraj – avtentikacija uporabnika, slika spodaj – generiranje poročila LIMS.



Slika 8 : Grafični vmesnik aplikacije. Slika zgoraj – reprogramiranje in zagon poskusa na robotu, slika spodaj – spremljanje stanja poskusa v teku.

dobijo v celoti generirano poročilo, ki ga lahko neposredno vstavijo v podatkovno zbirko. Aplikacija je bila razvita v tesnem sodelovanju z operaterji, da bi bila njena uporaba čim bolj preprosta. Grafični uporabniški vmesnik je preprost in intuitiven za uporabo, operaterju pa ni treba podrobno poznati posebnosti programov Onelab in Andrew+.

5 Zaključek

Razvita aplikacija je praktična rešitev za avtomatizacijo postopka pipetiranja v farmacevtskih laboratorijih. Aplikacija ne le poenostavlja spreminjanje protokolov in programiranje robotov, temveč tudi ustvarja poročila LIMS, ki so združljiva z notranjimi podatkovnimi zbirkami. Uspešno laboratorijsko testiranje poudarja njeno učinkovitost in zagotavlja

obetavno pot za zmanjšanje bremena ponavljajočih se opravil za operaterje in povečanje splošne operativne učinkovitosti.

Literatura

- [1] Kong F. in ostali: Automatic liquid handling for life science: a critical review of the current state of the art, J Lab Autom., 2012.
- [2] L. P. Bheemavarapu in ostali: Intelligent Pipetting System Towards Automatic Liquid Handling Applications, IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA).
- [3] Andrew+ The Pipetting Robot, Andrew Alliance. Dostopno na: <https://www.andrewalliance.com/pipetting-robot/> (Dostopano: 25. 11. 2024).
- [4] Tecan Fluent, Tecan. Dostopno na: <https://lifesciences.tecan.com/fluent-laboratory-automation-workstation> (Dostopano: 25. 11. 2024).
- [5] Hamilton Microlab Star liquid handling system, Hamilton STAR. Dostopno na: <https://www.hamiltoncompany.com/automated-liquid-handling/platforms/microlab-star> (Dostopano: 25. 11. 2024).
- [6] Design and Execute Laboratory Protocols: OneLab, Andrew Alliance. Dostopno na: <https://www.andrewalliance.com/laboratory-software/> (Dostopano: 25. 11. 2024).
- [7] Onelab API documentation. Onelab, Andrew Alliance. Dostopno na: <https://hub.andrewalliance.com/enterprise/docs/onelab-api-1.19.0.pdf> (Dostopano: 25. 11. 2024).

Robotic pipetting with the Andrew+ robotic system

Abstract:

This technical paper details the development of an application aimed at automating the pipetting process in pharmaceutical laboratories. The focus is on autonomous adapting of Onelab protocols for programming the Andrew+ robot. The application incorporates a user-friendly interface for protocol modification, execution and monitoring, as well as a dedicated section for generating laboratory reports compatible with the internal database. Thorough testing within the laboratory setting demonstrated promising results, showcasing the application's ability to alleviate operators from repetitive tasks associated with the robot. The successful implementation of this technology marks a significant advancement in streamlining pharmaceutical laboratory processes, offering enhanced efficiency and freeing up valuable human resources for more complex tasks.

Keywords:

Pharmaceutical automation, robotic pipetting, pharmaceutical robotization



Vabljeni na premiero

tehnološke evolucije v obrambni industriji

Obiščite SIDEC 2025, prvi mednarodni sejem in konferenco obrambnih tehnologij nove generacije v regiji. Spoznajte ključne domače in mednarodne strokovnjake ter predstavnike oboroženih in varnostnih sil, s poudarkom na inovacijah na področju naprednih obrambnih rešitev.

Na dogodku boste imeli priložnost srečati:

- visoke častnike partnerskih in tujih vojsk, odgovorne za procese opremljanja na odločevalski ravni,
- domače in tuje vojaške atašeje,
- domače in tuje ekonomske svetovalce,
- civilne strokovnjake s področja raziskav in razvoja.

OSREDOTOČILI SE BOMO NA ŠTIRI GLAVNA PODROČJA:



KIBERNETSKA
VARNOST



TEHNOLOGIJE
PRIHODNOSTI
(R&R)



ENERGETSKA
UČINKOVITOST
& ODPORNOST



UMETNA
INTELIGENCA

NAPOTKI ZA IZBIRO NAJBOLJŠEGA HIDRAVLIČNEGA OLJA

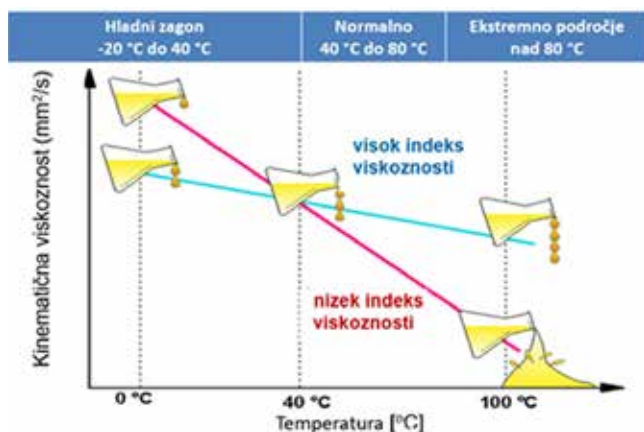
Milan Kambič

Hidravličnim oljem smo doslej v rubriki Mala šola mazanja namenili že precej pozornosti [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]. Tokrat se bomo seznanili z nekaterimi dejavniki, ki vplivajo na izbiro hidravličnega olja za določen namen.

Industrijske organizacije vseh vrst nenehno iščejo najbolj zmogljiva hidravlična olja, da bi zagotovile največjo učinkovitost strojev in zmanjšale skupne stroške. Eden od načinov za zagotovitev tega je izbira kakovostnega maziva z dolgo uporabno dobo in zmožnostjo zaščite opreme pred onesnženjem in popolno odpovedjo sistema. Oksidacijski test stabilnosti turbinskega olja (TOST) se pogosto uporablja tudi za oceno uporabne dobe hidravličnih olj. Čeprav ga mnoge industrije še vedno zelo cenijo, samo zanašanje na TOST ne bo dalo celotne slike. Pogoji testiranja se bistveno razlikujejo od dejanskih pogojev v hidravličnem sistemu. Pri izbiri hidravličnega olja, ki ustreza vašim potrebam glede uporabne dobe in zmogljivosti, je treba upoštevati tudi druge teste in lastnosti [8].

Rezultati testa TOST niso enaki uporabni dobi hidravličnega olja

Neskladje med rezultati testa TOST (ASTM D943) in dejanske uporabne dobe hidravličnega olja je ne-



Slika 1: Odvisnost viskoznosti od temperature [9]

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

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

posredna posledica metode testiranja. Pri tem testu je olje izpostavljeno intenzivnim in pogosto nerealnim pogojem, vključno z ekstremnimi temperaturami, resno kontaminacijo s kisikom in zelo povečano količino vode. Ker se dejanski pogoji uporabe olja običajno razlikujejo, je težko realno oceniti uporabno dobo olja, ko ga pravilno uporabljamo. Ker se na test TOST ni mogoče povsem zanesti, je treba rezultate analizirati in uporabiti v povezavi z drugimi ključnimi kazalniki delovanja, kot so odpornost proti obrabi, viskoznost, oksidacijska stabilnost in vsebnost cinka, da bolj zanesljivo ocenimo realno uporabno dobo hidravličnih olj [8].

Ključni kazalniki zmogljivosti hidravličnega olja

1. Viskoznost

Tako previsoka kot prenizka viskoznost lahko sistemu povzroči resno škodo. Pomembno je najti ravnovesje, ki je najboljše za potrebe določenega stroja in okoljske zahteve za ta stroj. Olje z visokim indeksom viskoznosti bo bolje ohranjalo svojo viskoznost v širšem razponu temperatur v primerjavi z oljem z nižjim indeksom viskoznosti. To je še posebej pomembno pri hidravličnem olju, ki bo moralo delovati na prostem in bo izpostavljeno vremenskim vplivom.

Da bo imelo olje primerno viskoznost, potrebuje tako visok indeks viskoznosti kot visok modul elastičnosti, da se upre zmanjšanju volumna pod tlakom. Vsaka sprememba teh dveh lastnosti lahko resno vpliva na učinkovitost prenosa moči v hidravličnem sistemu. Medtem ko je modul elastičnosti lastnost baznega olja in ga ni mogoče izboljšati z aditivi, je indeks viskoznosti mogoče izboljšati z aditivi, znanimi kot izboljševalci indeksa viskoznosti (slika 1).

Viskoznost je tudi pomemben kazalnik resnejših težav, ki se morda pojavljajo v sistemu, npr.: sprememba viskoznosti je običajno kazalnik oksidacije. Ko se olje razgradi, se povprečna molekulska masa poveča, kar povzroči povečanje viskoznosti [8], [9].

2. Odpornost proti obrabi

Odpornost proti obrabi je sposobnost hidravličnega olja, da zmanjša stopnjo obrabe v tornih mejnih stikih, kar neposredno vpliva na uporabno dobo in stanje stroja. Olje tvori zaščitni film na kovinskih površinah, da prepreči neposreden stik kovine s kovino, kar lahko povzroči resne obrabe mehanizma, kot so abrazija, adhezija, utrujanje in korozija.

Ker ima večina strojev omejeno uporabno dobo in se do neke mere obrabi, je blaga obraba običajno neizogibna in jo je treba obravnavati kot pričakovano stanje. Za blago obrabo so značilni majhni delci, visoki manj kot pet mikrometrov. Te delce lahko preprosto zaznamo in nadzorujemo [1], [9]. Močna obraba pa je pomembna težava, čeprav jo je mogoče nadzorovati. Z izbiro hidravličnega olja, ki najbolje ščiti stroje v specifičnem okolju obrata, bodo obrati povečali svoje prihranke, saj jim ni treba opravljati dela in trošiti denarja za odpravljanje težav. To je eden od razlogov, zakaj je izbira ustreznega hidravličnega olja tako pomembna [8].

3. Oksidacijska stabilnost

Oksidacijska stabilnost je sposobnost hidravličnega olja, da se upre toplotno povzročeni razgradnji, ki jo povzroči kemična reakcija s kisikom in jo pogosto spremljajo neprijeten vonj, povečanje viskoznosti in temnjenje olja. Napravo za določanje oksidacijske stabilnosti prikazuje slika 2. Na hitrost oksidacije vplivajo pogoji, kot so visoke temperature, voda, kisline in drugi katalizatorji, npr. baker. Oksidacija močno skrajša uporabno dobo olja in pusti trdovratne, netopne stranske produkte, kot so obloge, usedline in lak. Obloge, ki se tvorijo na občutljivih površinah stroja, ovirajo pretok tekočine in mehanske premike. Oksidacija je najbolj prevladujoča reakcija hidravličnih olj v uporabi. Ne samo, da povzroča obloge, usedline in lak, ampak lahko tudi osiromaši aditive, razgradi bazna olja, poveča kislinsko število (AN) in povzroči rjo [8].

Vsako hidravlično olje je formulirano s sestavinami za nadzor oksidacije, znanimi kot antioksidanti. Ti naj bi bili žrtvena zaščitna plast za oksidacijo namesto olja, kar vzdrževalcem omogoča čas, da sprejmejo proaktivne, preventivne ukrepe, preden lahko pride do resnične škode. Medtem ko antioksidanti učinkovito zmanjšajo rezultate oksidacije in ohranjajo olje dlje časa v boljšem stanju, pa poslabšanja stanja v celoti ne morejo preprečiti. Pomembno je nenehno preizkušati stopnjo oksidacije hidravličnega olja, da izmerimo in spremljamo delovanje ter ugotovimo, kdaj je potrebna menjava olja.

4. Vsebnost cinka

Cink je že desetletja ključni dodatek v hidravličnih oljih zaradi svojih antioksidacijskih lastnosti in se



Slika 2 : Naprava RapidOxy 100 za določanje oksidacijske stabilnosti

uporablja predvsem kot sredstvo proti obrabi ali antioksidant. Pri uporabi olja pride do kemične reakcije med cinkovimi oksidi in organskimi kislinami, katere rezultat je učinkovita spojina, znana kot ZDDP ali cinkov dialkilditiofosfat. ZDDP preprečuje škodljive kisle stranske produkte, ki bi korodirali dele opreme ali spremenili mazalne sposobnosti baznega olja. Kljub tej prednosti ima lahko uporaba dodatkov na osnovi cinka v nekaterih primerih resne posledice, zato se tedaj zahteva alternativa brez cinka, na prime: aditivi na osnovi cinka so agresivni na nekatere kovine, ki jih uporabljamo na različnih strojih, in pogosto napadajo površine kovin, npr. barvne kovine.

Ne samo, da so ti dodatki agresivni za nekatere kovine, ampak imajo tudi resen vpliv na okolje. Ker niso biološko razgradljivi, so raziskave pokazale, da so škodljivi za posamezne vodne organizme in celotne ekosisteme [8].

Zaključek

Čeprav so rezultati testa oksidacijske stabilnosti TOST lahko izhodišče pri primerjavi hidravličnih olj, ne bi smeli biti edino, kar upoštevamo pri izbiri primernega hidravličnega olja. Z ocenjevanjem več vidikov olja, kot so njegova odpornost proti obrabi, viskoznost, oksidacijska stabilnost in vsebnost aditivov, lahko postavimo bolj realno oceno o tem, kako bo hidravlično olje delovalo in kako dolgo uporabno dobo lahko pričakujemo od njega.

Viri

- [1] M. Kambič, „Kontaminacija maziv in hidravličnih tekočin,“ IRT 3000, izv. 69, pp. 116–118, 2017.
- [2] M. Kambič, „Nove smernice na področju hidravličnih olj,“ IRT3000, izv. 125, pp. 170–172,

2022.

- [3] M. Kambič, „Menjava olja v hidravličnem sistemu,“ IRT 3000, izv. 95–96, pp. 182–183, 2019.
- [4] M. Kambič in D. Lovrec, „Hidravlične tekočine prihodnosti,“ v Fluidna tehnika 2011, Maribor, 2011.
- [5] M. Kambič, „Izpiranje hidravličnih sistemov,“ IRT3000, izv. 142, pp. 72–74, 2023.
- [6] M. Kambič, „Ali je novo hidravlično olje čisto,“ IRT3000, izv. 130, pp. 78–80, 2023.
- [7] M. Kambič, „Hidravlična olja s cinkom ali brez prednosti in slabosti,“ IRT 3000, izv. 79–80, pp. 294–295, 2018.
- [8] „Beyond TOST: Tips for choosing the best hydraulic oil,“ Chevron Lubricants, [Elektronski]. Available: <https://www.machinerylubrication.com/Articles/Print/32228>. [Poskus dostopa 8. 10. 2024.]
- [9] M. Kambič, Mala šola mazanja, Škofljica: Profidtp, 2022.

Ali ste vedeli?

- ▶ Več kot 75 % vseh okvar hidravličnih sistemov je posledica onesnaženja.
- ▶ 89 % strokovnjakov za mazanje pri izbiri maziva upošteva indeks viskoznosti (vir: Machinerylubrication.com).
- ▶ Pogoji testiranja pri oksidacijskem testu stabilnosti turbinskega olja (TOST) se bistveno razlikujejo od dejanskih pogojev v hidravličnem sistemu.
- ▶ Z upoštevanjem odpornosti proti obrabi, viskoznosti, oksidacijske stabilnosti in vsebnosti aditivov lahko ocenimo, kako se bo olje obnašalo pri uporabi.

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

FIZIKI S KVANTNO SIMULACIJO ODKRILI POJAV, POVEZAN S KONCEM VESOLJA

Dr. Jaka Vodeb z Instituta »Jožef Stefan« je skupaj s kolegi iz Velike Britanije in Nemčije s kvantno simulacijo pridobil dragocen vpogled v znan fizikalni pojav, to je razpad lažnega vakuumu. Če so pionirske raziskave pred 50 leti predlagale, da je vesolje morda ujeto v lažnem vakuumu, so raziskave s kvantno simulacijo podale nov uvid v mehanizem prehoda v bolj stabilno stanje pravega vakuumu. S temi ugotovitvami bi vesolje popolnoma spremenilo svojo strukturo, svet, kot ga poznamo, pa bi se sesul kot hišica iz kart. Vendar: šele čez milijarde in milijarde let.

Fiziki so se dolgo spraševali, ali se lahko zgodi proces razpada lažnega vakuumu, in če se lahko, koliko časa bi to trajalo. Raziskave na novih napravah in strojni opremi so jim omogočile nova spoznanja. Kvantni računalnik oz. t. i. kvantni žarilnik je znanstvenikom iz Slovenije, Velike Britanije in Nemčije omogočil opazovanje zapletenega »plesu« mehurčkov, ki vključuje njihovo nastajanje, rast in interakcijo v realnem času. To naj bi bil eden prvih primerov, ko so znanstveniki lahko neposredno simulirali in opazovali dinamiko lažnega vakuumskega razpada v tako velikem merilu.

V raziskavi, ki so jo opravili Univerza v Leedsu, Forschungszentrum Jülich, kjer je svoje podoktorsko usposabljanje opravljal dr. Jaka Vodeb z Instituta »Jožef Stefan«, in Avstrijski inštitut za znanost in tehnologijo (ISTA), so poskušali razumeti ključno uganko lažnega vakuumskega razpada in mehanizem, ki je v ozadju. Eksperiment je vključeval postavitev 5564 kubitov - osnovnih gradnikov kvantnega računalništva - v posebne konfiguracije, ki predstavljajo lažni vakuum. S skrbnim nadzorom sistema so raziskovalci lahko sprožili prehod iz lažnega v pravi vakuum, kar odraža nastanek mehurčkov, kot ga opisuje teorija razpada lažnega vakuumu.

Za razumevanje lažnega vakuumu obstaja analogija s plastenko vode: najprej napolnite plastenko z destilirano vodo in jo za nekaj ur postavite v zamrzovalnik. Voda v plastenki, v kateri ni prahu ali kemikalij, ki bi sprožile kristalizacijo v led, lahko ostane tekoča pod običajno točko zmrzovanja. To je metastabilno stanje. Ko plastenko vzamete iz zamrzovalnika in jo potresete, bo prekomerno ohlajena voda takoj zamrznila v led in tako prešla v stabilno stanje.

Čeprav bi ta proces lahko sprožil pomembno spremembo v strukturi vesolja, se strokovnjaki strinjajo, da je napovedovanje časovnega poteka težavno, vendar se bo verjetno zgodil v astronomsko dolgem obdobju, ki lahko traja več milijonov in celo milijard let. Kar danes posebej razveseljuje, je dejstvo, da imajo raziskovalci nova orodja, kvantne računalnike, ki lahko učinkovito služijo kot namizni »laboratorij« za razumevanje temeljnih dinamičnih procesov v vesolju. Prepričani so, da ima raziskava poleg pomena za kozmologijo tudi praktične posledice za razvoj kvantnega računalništva. Ali kot razlaga dr. Jaka Vodeb: »Ta odkritja ne le premikajo meje znanstvenega znanja, temveč tudi utirajo pot prihodnjim tehnologijam, ki bi lahko korenito spremenile področja, kot so kriptografija, znanost o materialih in energetsko učinkovito računalništvo.«

Članek v reviji Nature Physics je bil deležen izrednega zanimanja, raziskave pa se že nadaljujejo.

Polona Strnad, Dr. Jaka Vodeb
oba Institut »Jožef Stefan«

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

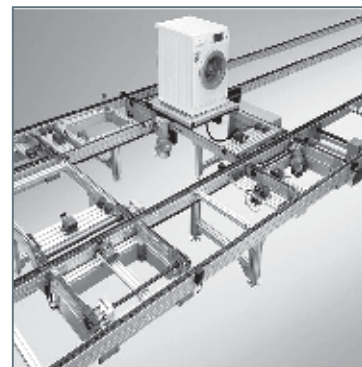
Rexroth

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



VARJENJE V NAVPIČNI LEGI PO POSTOPKU MAG

Varjenje vertikalnih zvarnih spojev (ZS) je nekoliko bolj zahtevno od tistih v vodoravni legi. Če varimo tanjše materiale, je dopustno varjenje od zgoraj navzdol, podobno velja tudi za varjenje korenkega vara pri debelejših sočelnih ZS.

Če varimo debelejšše materiale, npr. prekrvni ali kotni ZS, pa je nujno varjenje od spodaj navzgor. Zaradi počasnejšega varjenja je potrebno varilni tok občutno zmanjšati v primerjavi s tistim, ki bi ga uporabili za enak ZS, če bi ga varili v vodoravni legi. Nečistoče na varjencih nam lahko povzročijo večje težave, saj vsaka kratka izguba kontakta lahko zmoti proces in povzroči napako v zvaru.

Tehnike varjenja v navpični legi

Varjenje vertikalnih zvarnih spojev se lahko izvaja v tehniki več varkov ali s prepletanjem. Nekateri sicer tehniko s prepletanjem odsvetujejo, saj se na ta način v material zaradi počasnejšega varjenja vnese več toplote, kar povzroči rast kri-

stalnih zrn in posledično šibkejši zvarni spoj. Vseeno pa je ta tehnika zelo razširjena za varjenje vertikalnih T oziroma prekrvnih ZS.

Najbolj razširjeni metodi varjenja

Pri prvi metodi najprej izdelamo korenski varek, nato pa s tehniko prepletanja drugi varek. Ko varimo drugi varek, se na vsaki strani nekoliko zadržimo, čez sredino pa potujemo dokaj hitro, da preprečimo konveksnost zvara. Vedno si želimo konkavno ali ravno teme vara, ker to pozitivno vpliva na potek silnic, saj ni ostrih prehodov.



Varjenje vertikalne navzgor – kotni zvarni spoj

Pri drugi metodi pa izdelamo celotni zvar v enem prehodu. Pri tej tehniki gorilnik pomikamo v obliki smrekice. Na ta način zagotovimo prevaritev korena, ki je ključnega pomena za dober zvarni spoj. Pri tej tehniki se prav tako dalj časa zadržujemo na straneh zvara in sredino samo preletimo. Če bi prehajali z enega na drug rob, bi najverjetneje kot rezultat dobili neprevarjen koren.

Varilni procesi, ki se uporabljajo za vertikalo

Za varjenje vertikalnih zvarnih spojev se najpogosteje uporablja klasično kratkostično varjenje, pri sodobnejših varilnih aparatih so za te namene na voljo tudi posebni programi. Ti pa v večini bazirajo na pulznem načinu varjenja in delujejo tako, da preklaplja med visokim in nizkim varilnim tokom in na ta način zagotovijo ustrezen prevar in preprečijo posedanje taline. Pri aparatih najvišjega kakovostnega razreda je mogoče nastavljati jakosti visokega in nizkega toka ter časovno razmerje med njima. Na ta način si parametre lahko prikojimo glede na vrsto dela, ki ga opravljamo.

Podjetje Fronius ima za varjenje navpičnih ZS poseben program PMC MIX, ki pa preklaplja med višjim pulznim in nižjim kratkostičnim tokom. Na ta način je proces zelo stabilen, saj s pulznim tokom dobimo ustrezen uvar, kratkostični nižji tok pa ohladi in prepreči posedanje taline. Ti programi močno olajšajo delo varilca in pohitijo varjenje od spodaj navzgor, ki sicer velja za zelo zamudno. Za izdelavo prvega vara pomikamo gorilnik navzgor z enakomerno hitrostjo, med tem ko obkrožimo pulzira. Dodatno gibanje levo-desno ni potrebno, nagib gorilnika pa naj bo enak kot pri klasičnem varjenju – okrog 90°. Za drugi prehod pa bi lahko uporabili kratkostični način varjenja. Obstajajo tudi programi, ki so neke vrste izboljšava klasičnih postopkov. Njihova prednost pa je bolj stabilno gorenje obloka, kar močno pripomore k zmanjšanju količine obrizgov in močno skrajša postopke, ki bi bili potrebni za čiščenje varjencev. Obenem pa se z obrizki izgublja dodatni material, ki predstavlja del stroškov. Dober primer takšnega varilnega programa je LSC podjetja Fronius, ki ima več podprogramov za optimiziranje posameznih področij varjenja

Preiskava zvarnega spoja

Glede na zunanji videz zvara je težko sklepati o njegovi kvaliteti, zato je priporočljivo izdelati vzorčni kos, ki ga kasneje prerežemo in pregledamo. Globino in potek uvara najlažje preverimo z enostavnim makroobrusom.

Izvedba preizkusa

Vzorec, ki smo ga zavarili, prežagamo prečno glede na zvar na mestu, ki ga želimo pregledati. V našem



Varjenje vertikale navzdol



Varjenje vertikale navzgor – prekrivni zvarni spoj

primeru smo to naredili s pomočjo tračne žage.

Prerezano površino nato pobrusimo do čim manjše hrapavosti, saj na ta način kasneje lepše vidimo mejo med varom in osnovnim materialom.

Ko je površina dovolj gladka, jo lahko jedkamo, to pa lahko najenostavneje in najhitreje naredimo z različnimi kislinami. Če vzorec pregledujete zgolj zato, da preverite globino uvara, to lahko izvedete s kislino za jedkanje nerjavnih jekel. Kisline pustimo nekaj sekund na površini, nato jo splaknemo.



Preiskava zvarnega spoja MIG MAG



iWave

Popolna svoboda, da sprostite svoj varilni potencial.

INGVAR

Brnčičeva 5d,
1231 Ljubljana Črnuče
Tel: 01 23 61 420
Email: info@ingvar.si



Vzorec, varjen navzgor



Vzorec, varjen navzdol

Na površini se zelo hitro prikažejo meje med zvarom in osnovnim materialom, tako da na dokaj enostaven in hiter način dobimo rezultat našega dela. S pomočjo tega lahko sklepamo, kakšne izboljšave tehnike ali parametrov bi bile potrebne.

Z makroobrusov, ki smo jih izdelali na ta način, se jasno vidi, da je globina uvara pri varjenju navzgor precej večja kot v primeru varjenja navzdol. Pri vzorcu, ki je bil varjen navzdol, je sicer zunanji videz vara lep in gladek, vendar sta prevarjena samo robova varjencev, koren pa je ostal neprevarjen, zato je nosilnost takšnega zvarnega spoja vprašljiva. Torej je pomembno vedeti, da nosilnost zvara ni nujno povezana z estetiko. Če bi želeli iz makroobrusa sklepati o lastnostih in vrsti mikrostruktur, bi morala biti površina pred jedkanjem zrcalno gladka, uporabiti pa bi bilo treba ustrezna jedkalna sredstva.

Vir:

Ingvar, d. o. o., Brnčičeva 5d, 1231 Ljubljana Črnuče, Slovenija,
Tel: (01) 23 61 420 e-mail: info@ingvar.si, g. Lovro Korbar

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

PREDSTAVLJAMO IN NAPOVEDUJEMO

INDUSTRIJSKI FORUM

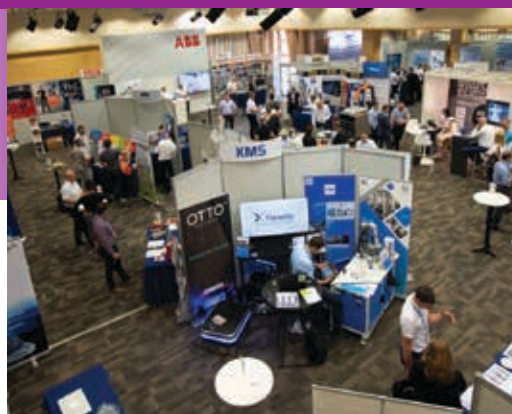
IRTADRIA25

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 visokotehnoloških podjetij, ki obiskovalcem foruma predstavljajo svoje najnovejše dosežke, napredne tehnologije, razvojne rešitve in inovacije za večjo konkurenčnost podjetij.



RAZSTAVA



POSLOVNI DEL

STROKOVNA
PREDAVANJA

RAZISKOVALCI

15. in 16. 9. 2025

Zadar, Hrvaška • Hotel KOLOVARE

Prihodnost je tukaj.

Industrijski forum IRT | Motnica 7 A, 1236 Trzin, Slovenija
telefon: +386 1 5800 884 | gsm: +386 51 322 442 | info@forum-irt.si

WWW.FORUM-IRT.SI



SPLAČA SE BITI NAROČNIK



ZA SAMO 50€ DOBITE:

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



ZA SAMO 20€ DOBITE:

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

Revija v
hrvaškem
jeziku

DIGITALNA NAROČNINA



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

BUTIK IRT3000



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

NAROČITE SE!



051 322 442



info@irt3000.si



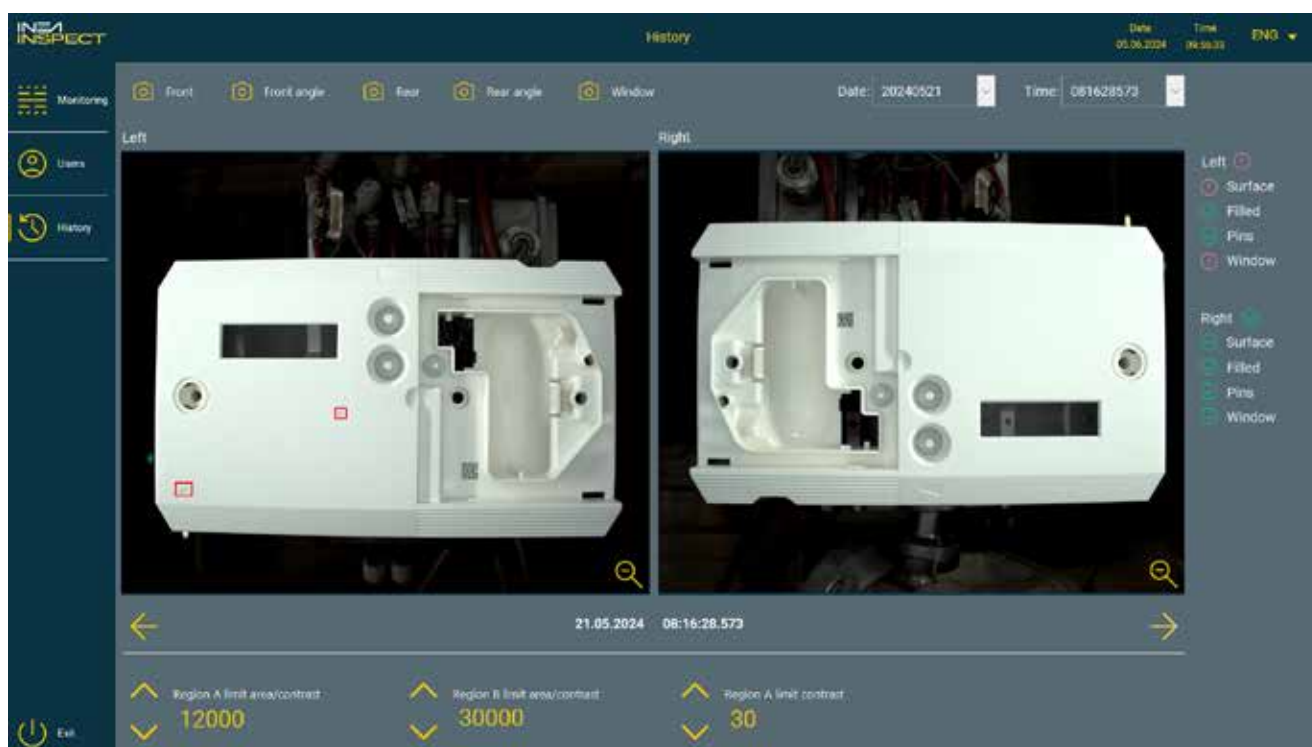
www.irt3000.si/narocilo-revije

WWW.IRT3000.COM

UPORABA UMETNE INTELIGENCE PRI VIZUALNI KONTROLI POVRŠIN NA PROIZVODNI LINIJI

Blaž Japelj

Vizualna kontrola izdelkov predstavlja velik izziv, saj je lahko določanje mejnih vrednosti sprejemljivosti pogosto analitično neizvedljivo ali preveč subjektivno. Za pregledovanje so še posebej zahtevne nehomogene, razgibane površine in vzorci na lesu, teksturnih ter drugih podobnih površinah, kjer tradicionalni strojni vid ni sposoben zaznati potencialnih anomalij. Iz tega razloga kontrola vizualne sprejemljivosti izdelkov pogosto poteka ročno, kar vpliva na dosledno raven kakovosti izdelkov, količino izmeta, število reklamacij in samo produktivnost zaposlenih.



Slika 1 : Pregled zgodovine slik v programu InSPECT

Pri matematično težko opisljivih lastnostih izdelkov se je za izredno učinkovito izkazala umetna inteligenca (AI), saj ponuja realne rešitve pri vprašanjih, ki so bila do sedaj zelo težko ali praktično neobvladljiva s stališča avtomatizacije, strojne prepoznavne in obdelave podatkov. Kombinacija globokega uče-

nja (npr. model YOLO) in strojnega vida omogoča objektivno, ponovljivo in konsistentno ocenjevanje sprejemljivosti oz. nesprejemljivosti vizualnega stanja površine glede na prednastavljene tolerančne vrednosti in konsistenten nivo zanesljivosti, kar zmanjša odvisnost od človeške presoje in pospeši proces odkrivanja napak.

Blaž Japelj, INEA, d. o. o., Ljubljana

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

V splošnem model umetne inteligence posnema prepoznavo in odločanje človeka, na primer pri klasifikaciji ali detekciji objektov na sliki (kateri predmet je na sliki), kar je možno enolično do-

ločiti, pri preverjanju ustreznosti površin pa gre za zelo subjektivna opažanja, saj različni strokovnjaki iz oddelka kakovosti različno ovrednotijo isti izdelek. V tem primeru želimo subjektivnost izključiti iz modela umetne inteligence, zato ga v fazi učenja naučimo, da na površini prepozna prav vsa, še tako majhna odstopanja. Glede na velikost, število, lokacijo pojavnosti in kontrast se nato v postanalizi dodajo meje, ki jih nato pooblaščen oseba nastavi tako, da glede na izkušnje strokovnjakov najbolj odraža pravilno določanje statusa (dober, slab kos). Tako pripravljen sistem obravnava površino vsakega izdelka, vse informacije in znanje o površinah pa uporabi za odločitev v nekaj sekundah.

Rezultat je večja konsistenca pri določanju ustreznosti izdelkov, praviloma manjši izmet, nižje število reklamacij in višja produktivnost zaposlenih, ki se lahko namesto ročnega pregledovanja posvetijo delu z višjo dodano vrednostjo.

Učenje modela umetne inteligence

Vsak slikovni AI-projekt, ki temelji na globokem učenju in nevronskih mrežah, vključuje tri faze: (1) agregacija in urejanje vhodnih podatkov, (2) avgmentacija slik in učenje AI-modela in (3) implementacija AI-modela in izvajanje inference oziroma prediktiranja. Model napake ovrednoti glede na njihovo velikost, regijo, kjer se nahaja, ter kontrast glede na bližjo okolico. Pooblaščen oseba lahko meje sprejemljivosti tudi prilagaja, zato je sistem maksimalno odziven in fleksibilen.

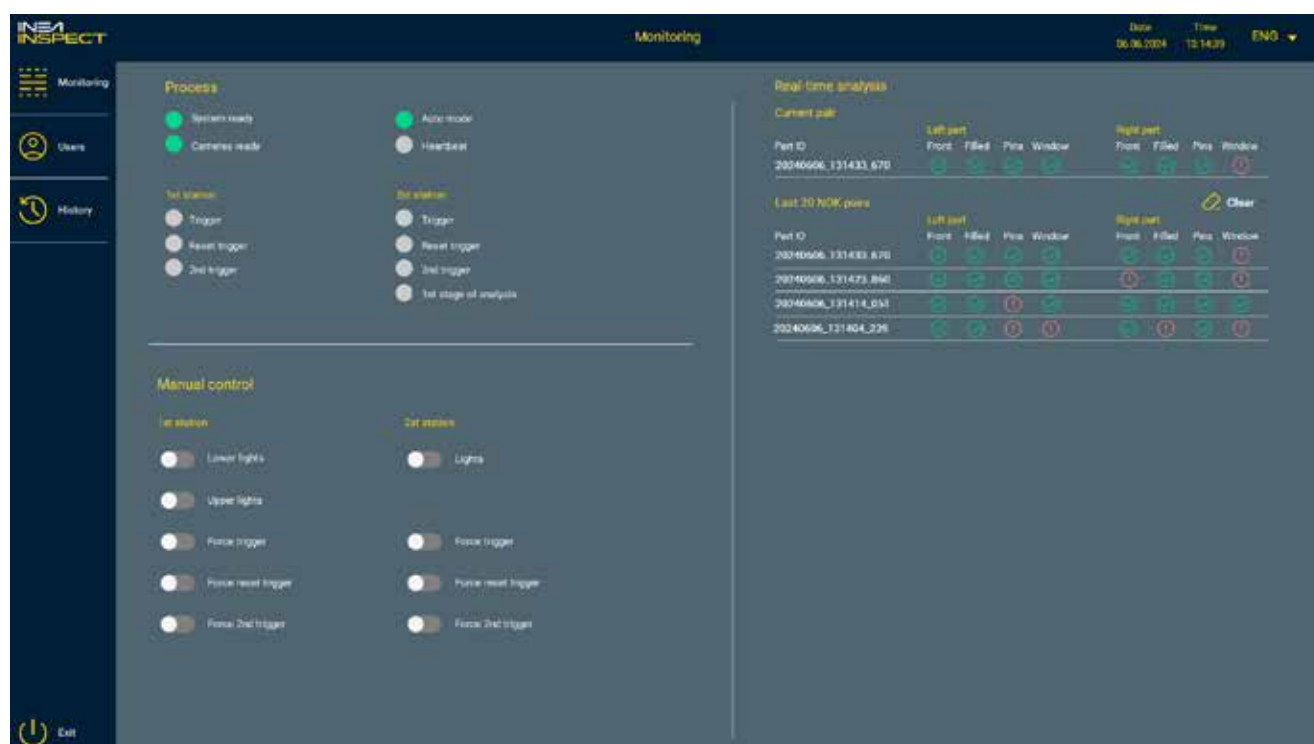


Slika 2 : Primer izdelka z več različnimi napakami in rezultat avtomatske AI analize

Integracija umetne inteligence v proizvodnjo

Pri vpeljavi AI-rešitev v proizvodno okolje je treba biti pozoren na zahteve in omejitve samega okolja, kot so stabilnost sistemov (vsak dogodek pomeni določen izpad dohodka), lokalno izvajanje programov (delovanje linije ne sme biti odvisno od hitrosti internetne povezave in zunanjih strežnikov), omejen čas proizvodnega cikla in samo uporabniško izkušnjo programa.

Pri implementaciji AI-modela je treba upoštevati tudi strojno opremo v industrijskem okolju. AI-modeli so strojno potratni zaradi kompleksnosti in števila operacij pri vsaki analizi, zato sta za nemoteno delovanje umetne inteligence potrebni vgradnja



Slika 3 : Glavni zaslon programa InSPECT na liniji v podjetju Plastika Skaza

grafične enote in zagotovitev ustreznega hlajenja in prezračevanja, sistem pa mora omogočati tudi pogled v zgodovino slik in podatkov.

Avtomatizirana vizualna kontrola plastičnih ohišij merilnikov v Plastiki Skaza

Na takšen način smo izzive reševali tudi v podjetju Plastika Skaza, kjer smo s pomočjo modela AI pregledovali njihov trenutno najkompleksnejši izdelek, tj. plastično ohišje merilnika za plin, podjetje pa je doseglo 50 % manj izmeta, 50 % manj reklamacij in 70 % višjo produktivnost. Glede na specifiko projekta ocenjujemo, da bo povračilo naložbe doseženo v manj kot enem letu.

Širši potencial umetne inteligence v industriji

Umetna inteligenca ima poleg svoje vloge v kontroli kakovosti velik potencial tudi na drugih industrijskih področjih. Eno od njih je prediktivno upravljanje z energijo, kjer lahko z natančnejšim napovedovanjem porabe in proizvodnje energije znatno znižamo stroške energije. Drugo področje je prediktivno vzdrževanje, kjer lahko z AI spremljamo opremo v realnem času preko meritev, kot so temperatura, akustika in vibracije, in napovedujemo potrebo po vzdrževanju ter zmanjšujemo stroške



Slika 4 : Ineina nadgradnja robotske celice z AI osnovano kontrolo ustreznosti izdelkov v plastiki Skaza

s preprečevanjem prezgodnjih ali prepoznih posegov. Še eno perspektivno področje se navezuje na diagnostiko v okviru trajnostnih platformnih sistemov. Ti sistemi bi lahko prilagajali svoje operative procese na podlagi povratnih informacij v realnem času, kar bi izboljšalo splošno učinkovitost in tudi pomagalo preprečevati potencialne izpade.



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



30

LET

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.

ROČAJI ESC-SFT

Z VGRAJENIM VARNOSTNIM STIKALOM

Izboljšana zaščita delavcev in strojev

Novi ročaji z vgrajenim varnostnim stikalom podjetja Eles+Ganter so bili razviti za zagotavljanje optimalne zaščite delavcev ter varnega delovanja strojev in sistemov.



Ročaji ESC-SFT

Funkcije in uporaba

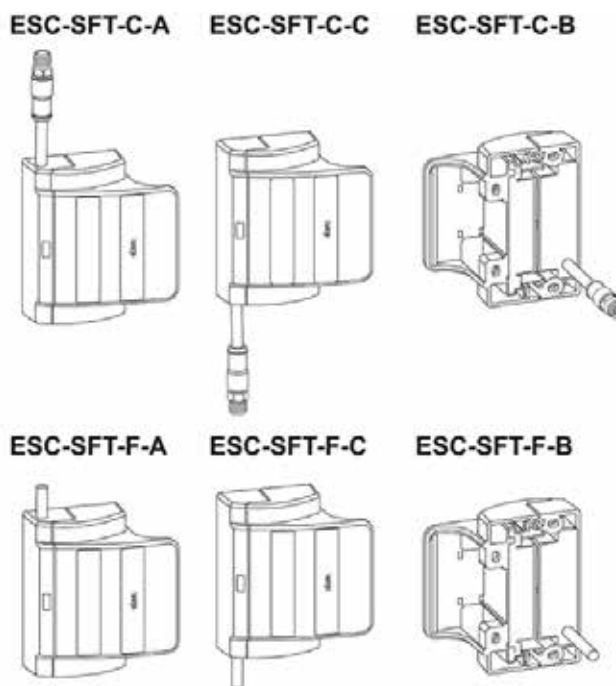
V ročaju ESC-SFT je kodiran senzor z redundantnimi kanali, ki se lahko uporablja v varnostnih tokokrogih za spremljanje stanja varnostnih sistemov v stroju. V povezavi s certificirano nadzorno logiko se električni tokokrog stroja prekine, če se nenamerno odprejo vrata, ohišja ali zaščitni pokrovi, kar zagotavlja takojšnjo varnost.

Način delovanja

Varnostni sistem je sestavljen iz krmilne enote in ročaja, ki deluje v določenih konfiguracijah. Ročaj vsebuje kontakte, ki jih aktivirajo kodirani magneti, varnostni krmilnik pa te informacije pretvori in prek varnostnega izhoda posreduje stanje varnostnih naprav nadzornemu sistemu. Varno stanje je opredeljeno kot tisto, v katerem je ročica odstranjena z aktivacijskega magneta.

Prednosti

- ▶ Zaščita delavcev: ročaj je opremljen z magnetnim senzorjem in kodnim magnetnim aktivatorjem. Ti zagotavljajo zanesljivo preklapljanje



Standardne različice

kontaktov in zapiranje varnostnih izhodov. Zelena LED-dioda označuje, da je varnostni sistem zaprt.

- ▶ Skladnost: ročica ESC-SFT je opredeljena kot magnetna zaporna naprava tipa 4 z nizko stopnjo kodiranja v skladu s standardom EN 14119 in podpira sistemske arhitekture do SIL3 (IEC 62061) ali kategorije 4 - PLe (EN ISO 13849-1).
- ▶ Zaskočno zapiralo: sistem mehanske sklopke poskrbi, da so vrata varno zaprta. Za odpiranje vrat je potrebna sila v protivrednosti približno 2 kg.
- ▶ Samocentriranje: samocentrirni sistem ročaja kompenzira vsak nagib ali upogib vrat in je zato primeren tako za drsna kot za vrtljiva vrata.

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

IZJEMNA KAKOVOST IN ZMOGLJIVOST DELOVANJA

Trunnion krogelni ventili so posebna vrsta krogelnih ventilov, pri katerih je krogla pritrjena na trunnione – nosilce na zgornji in spodnji strani. Ta zasnova omogoča stabilno vrtenje krogle in zmanjšanje trenja, kar povečuje zanesljivost in trajnost ventila. Takšni ventili so primerni za uporabo v aplikacijah z visokimi tlaki in večjimi premeri cevovodov. Vexve ponuja trunnion ventile, ki zagotavljajo izjemno kakovost, dolgo življenjsko dobo in visoko odpornost na različne medije ter tlake.



Izjemna kakovost in zmogljivost delovanja

Prednosti trunnion krogelnih ventilov

- ▶ *Izjemna tesnost in odpornost* – ventili so zasnovani za delovanje v širokem temperaturnem razponu od -60 °C do +220 °C in so primerni za visoke tlačne razrede (PN16-PN420).
- ▶ *Zmanjšana obraba* – zaradi robustne konstrukcije in uporabe visokokakovostnih materialov, kot so nerjaveče jeklo, Stellite in Inconel, so ventili odporni na mehanske nečistoče in kemične vplive.
- ▶ *Zasnova FIRE-SAFE* – zagotavlja odpornost proti požaru v skladu z mednarodnimi standardi (API 607, API 6FA, ISO 10497).
- ▶ *Dolgoročna zanesljivost* – samodejna razbremenitev tlaka in varnostne zasnove preprečujejo napake in zmanjšujejo potrebo po vzdrževanju.

Tehnične značilnosti

Trunnion krogelni ventili Vexve so na voljo v različnih izvedbah, ki so prilagojene specifičnim potrebam:

- ▶ *Razdeljeno ohišje (SPLIT BODY)* – omogoča enostavno vzdrževanje in servisiranje.
- ▶ *Popolnoma varjeno ohišje (FULLY WELDED BODY)* – zagotavlja izjemno trdnost in popolno tesnjenje.
- ▶ *Ventili z nizkim tlakom (LOW PRESSURE BALL VALVES)* – primerni za aplikacije, ki zahtevajo večje pretoke pri nižjih tlakih.

Napredne tehnologije

- ▶ *Dvojni učinek batov (DOUBLE PISTON EFFECT – DPE)* – zagotavlja tesnjenje v obe smeri, kar povečuje varnost in zanesljivost sistema.
- ▶ *Antistatična zasnova (ANTISTATIC DESIGN)* – preprečuje nabiranje statične elektrike in zagotavlja varnost pri vnetljivih medijih.
- ▶ *Sistem vbrizgavanja tesnil (EMERGENCY SEALANT INJECTION)* – omogoča hitro zasilno tesnjenje v primeru poškodb sedeža ali vretena.

Širok spekter aplikacij

Trunnion krogelni ventili Vexve so zaradi svoje visoke zmogljivosti in robustne zasnove idealna rešitev za:

- ▶ energetiko (elektrarne, distribucija plina, hidroelektrarne),
- ▶ kemično in petrokemično industrijo,
- ▶ vodovodne sisteme in obdelavo odpadnih vod,
- ▶ naftno in plinsko industrijo.

Z izbiro trunnion krogelnih ventilov Vexve pridobite vrhunsko zanesljivost, energetsko učinkovitost in stroškovno optimizacijo vašega sistema. Ne glede na zahteve vašega industrijskega procesa, podjetje GIA-S d. o. o. v sodelovanju z vodilnim evropskim proizvajalcem Vexve zagotavlja rešitve, ki ustrezajo najvišjim varnostnim in kakovostnim standardom.

Želite izvedeti več? Obrnite se na nas za prilagojene rešitve in strokovno svetovanje!

Vir:

GIA-S Industrijska oprema, d. o. o., uradni zastopnik za Vexve Oy, Industrijska cesta 1K, 1290 Grosuplje, tel.: +386 1 7865 300, e-mail: info@gia.si, www.gia-flex.com, www.vexve.com.

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0



THOMSON LINEAR: OPTIMIZIRANJE HITROSTI IN NATANČNOSTI APLIKACIJ V INDUSTRIJSKI AVTOMATIZACIJI

Pri avtomatizaciji aplikacij v industriji ni mogoče sprejeti komponent, ki ne izpolnjujejo ključnih zahtev. Thomson profilna vodila zagotavljajo optimizirano delovanje pri obvladovanju obremenitev, hitrosti in natančnosti, kar vam omogoča popolno zaupanje v avtomatizirane procese.



Vir: www.thomsonlinear.com

Thomsonova serija 400 profilnih tračnih vodil zagotavlja optimalno prileganje za vaše aplikacije in je odlična izbira za enostavne zamenjave brez potrebe po prilagoditvah.

Lastnosti:

- ▶ Polimerni povratni kanal za kroglice zmanjšuje hrup in vibracije in ohranja mazanje.
- ▶ Standardni dvojni končni in vzdolžni tesnilni elementi zadržijo mazivo in hkrati ščitijo ležaj pred onesaženjem.
- ▶ Kanali za mazanje usmerjajo mazivo na posamezne poti kroglic, kar povečuje učinkovitost mazanja.
- ▶ Posebna oblika vodil (45° face-to-face) poskrbi za enakomerno razporeditev obremenitev v vseh smereh.
- ▶ Verzija 413 zagotavlja večjo gladkost gibanja, manjši hrup pri visokih hitrostih in ločene rezervoarje za mazivo.

Več informacij o izdelkih 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@inoteh.si, internet: www.inoteh.si

© 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.

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

ZAGOTAVLJAMO PRAVI SPOJ

Goran Miljević

Predstavljamo vam odlično alternativo prirobnim spojem – cevno spojko STRAUB, serije GRIP, odporno na izvlek in primerno za povezovanje vseh kovinskih cevi. Rešitev podjetja HENNLICH je več kot le izdelek. Ob obisku vam svetujemo, katera možnost je za vaše potrebe optimalna in vas spremljamo do realizacije rešitve, nudimo pa vam tudi poprodajno podporo.



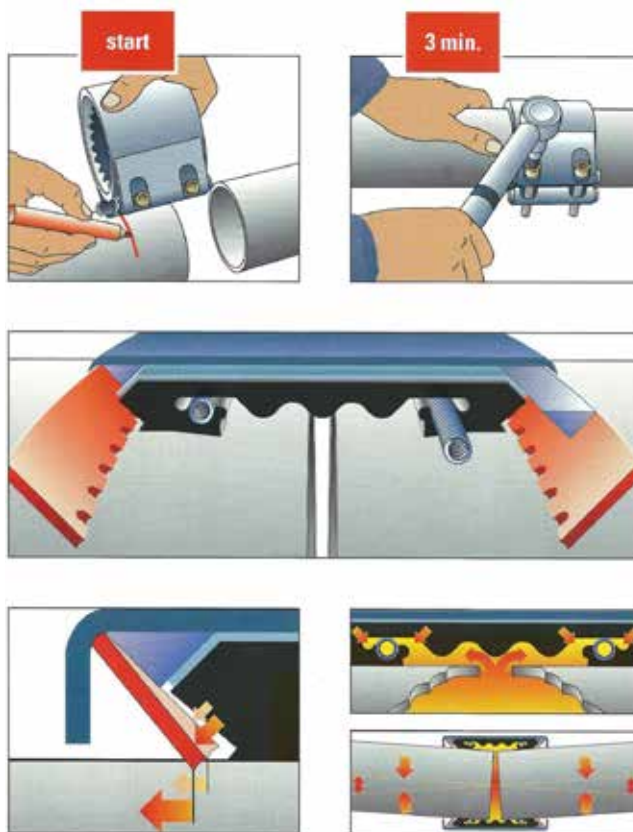
Slika 1 : Kakovostni izdelki STRAUB vam s podporo, izkušnjami in tehničnimi rešitvami HENNLICH-a zagotavljajo zadovoljstvo.

Kakovostni izdelki STRAUB vam s podporo, izkušnjami in tehničnimi rešitvami HENNLICH-a zagotavljajo zadovoljstvo. To dokazujejo rezultati različnih vzdržljivostnih testov in pregledov, zadovoljstvo strank po vsem svetu pa to odraža vsak dan: cevne spojke STRAUB so zaupanja vredne. Strankam nudijo izjemno korist, prepičajo z varnostjo, izkušnjami v praksi in dosledno stroškovno učinkovitostjo.

Značilnosti cevne spojke STRAUB:

- ▶ sistemska neodvisnost: povezuje najbolj različne vrste cevi;
- ▶ fleksibilna cevna povezava: brez napetosti, kompenzira tolerance;
- ▶ enostavna montaža: lahka, prostorsko varčna, brez priprave koncev cevi;

- ▶ damping lastnosti: zmanjšanje hrupa, vibracij in gibanja;
- ▶ ekonomičnost: prihranek stroškov zaradi kratkih časov montaže;
- ▶ varna montaža brez tveganja požara ali eksplozije;
- ▶ osnovne sile zanesljivo pod nadzorom;
- ▶ napreden učinek tesnjenja;
- ▶ ob povečanju tlaka v cevi se zaradi pretoka skozi kanal za uravnavanje tlaka poveča tudi pritisk na tesnilne manšete;
- ▶ napreden in varen učinek zaklepanja.



Slika 2 : Ko so vijaki priviti do predpisanega navora, se posebej oblikovani zobje v zaklepem obroču zarežejo v površino cevi – ustvari se aksialna povezava.

Goran Miljević, Hennlich, d. o. o., Kranj

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

Tehnične specifikacije STRAUB GRIP:

- ▶ za premere 21,3–711,2 mm,
- ▶ na voljo različne velikosti spoj s tesnilnimi manšetami FPM/FKM (temperaturni razpon: -20 °C–180 °C),
- ▶ na voljo različne velikosti spoj s tesnilnimi manšetami H-NBR (temperaturni razpon: -20 °C–125 °C),
- ▶ temperaturni razponi, navedeni v tehničnih podatkih, temeljijo na uporabi tesnilnih manšet EPDM,
- ▶ tesnilne manšete EPDM in NBR so uporabljene privzeto,
- ▶ tlačna odpornost 16-64 barov,
- ▶ 5-letna garancija na spoj.

Vse velikosti premerov in zasnove skupaj z dodatki (vstavki za trakove, ojačevalni obroči, klešče za montažo, napenjalni trakovi) so na voljo v tehničnem

priročniku. Konstrukcija in zasnova spoj STRAUB ustrezata direktivam DIN 86128-1 in 86128-2.

HENNLICH s pomočjo partnerja STRAUB združuje obsežno strokovno znanje na področju popravil in povezovanja cevi. To znanje presega razvoj in proizvodnjo kakovostnih izdelkov. Prevzemamo odgovornost za vse, kar je povezano s cevmi, in vam nudimo individualne rešitve, prilagojene vašim specifičnim zahtevam. Pri tem vas bomo po vsem svetu spremljali skozi celoten potek vašega projekta: od prve svetovalne storitve na terenu preko projektnega načrtovanja in inženiringa do montaže in rednega vzdrževanja. Zaradi naših dolgoletnih praktičnih izkušenj imamo strokovno znanje in pregled. Razvijamo prilagojene, natančne rešitve, ki v celoti izpolnjujejo zahteve naših strank po kakovosti in zahteve določenih trgov.

Več informacij:

miljevic@bhennlich.si, tel: 041 386 033



POTOPNE ČRPALKE HOMA

- » iz nerjavnega jekla
- » z enokanalnim rotorjem
- » tudi za eksplozijsko varno okolje
- » za abrazivne delce do 50 mm
- » višina prečrpavanja od 10,4 do 31,4 m
- » PH-vrednost od 3 do 14
- » pretok od 31 do 63 m³/h



www.hennlich.si

HENNLICH d.o.o., Ul. Mirka Vadnova 13, 4000 Kranj / Pokličite nas: 041 386 003



Jubilejna mednarodna konferenca

Fluidna Tehnika/Fluid Power 2025

17. in 18. september 2025,

Maribor, Kongresni center Habakuk

Od prve konference Fluidna tehnika organizirane v letu 1995, so te do danes prerasle v tradicionalni, mednarodno priznani strokovni dogodek s področja fluidne tehnike, hidravlike in pnevmatike. Na področju stroke so se uveljavile kot pokazatelj trendov razvoja in raziskovalnih dosežkov ter spoznanj in ponudbe, ne samo pri nas v Sloveniji, temveč tudi v Evropi in po svetu.

Letos praznujemo lep jubilej – 30-obljetnico od prve izvedbe konference Fluidna tehnika. Jubilej je še toliko pomembnejši, saj letos praznujemo tudi 50-letnico ustanovitve Univerze v Mariboru. Temu primerno bomo slavnostno tudi izvedli konferenco.

Vabimo Vas, da se kot avtor prispevka, kot razstavljaivec ali kot pokrovitelj in udeleženec konference Fluidna tehnika 2025 udeležite tega osrednjega, jubilejnega dogodka naše branže.

Podrobnejše informacije o konferenci, njenem poslanstvu, podrobnejših temah in okvirnem programu konference ter spremljajočih dogodkih, kot tudi vse informacije o načinu prijave, lahko najdete na domači spletni strani konference: <http://ft.fs.um.si>.

Za organizacijski odbor jubilejne FT2025
Prof. dr. Darko Lovrec

SAMOOSKRBA Z DUŠIKOM (N_2) V PAKETNIH ENOTAH: POT DO ZNATNIH PRIHRANKOV

Uporaba dušika (N_2) je ključna za številne procese v jeklarski, kemični, farmacevtski, živilski industriji in na drugih področjih. Uporabniki dušik pogosto kupujejo od zunanjih dobaviteljev, vendar pa se v zadnjih letih vedno več podjetij odloča za investicije v paketne enote za samooskrbo z dušikom. To prinaša številne prednosti zlasti z vidika stroškovne učinkovitosti in energetske optimizacije.



Slika 1 :
Kontejnerska
izvedba postaje
generatorja dušika

Paketne enote za samooskrbo z dušikom

Paketne enote za samooskrbo z dušikom so zasnovane za lastno proizvodnjo dušika na mestu uporabe. To omogoča, da se podjetja izognejo nakupom dušika od dobaviteljev in hkrati zmanjšajo stroške transporta in skladiščenja. Te enote običajno temeljijo na tehnologiji separacije dušika iz zraka s pomočjo adsorpcije s separacijo plinov (PSA), ki omogočajo hitro in učinkovito proizvodnjo dušika na mestu uporabe.

Prednosti samooskrbe z dušikom:

1. Znatni prihranki na dolgi rok

Glavna prednost uporabe paketnih enot za samooskrbo z dušikom je zmanjšanje stroškov nakupa in transporta dušika. Podjetja, ki se zanašajo na zunanje dobavitelje, namreč pogosto plačujejo visoke stroške za nakup dušika in dostavo na lokacijo. S sistemom samooskrbe so ti stroški bistveno nižji.

2. Visoka prilagodljivost in fleksibilnost

Paketne enote za samooskrbo so zasnovane tako, da lahko prilagodijo proizvodnjo dušika potrebam uporabnika. To pomeni, da podjetje lahko proizvaja natanko toliko dušika, kot ga potrebuje, in zmanjša možnost nepotrebnih zalog ali odvečnega dušika, ki bi ga bilo treba hraniti. Poleg tega ob zalogi dušika zaradi termične ekspanzije prihaja tudi do uhanja dela dušika skozi varnostni ventil.

3. Povečana energetska učinkovitost

Sodobna zasnova paketnih enot omogoča optimizacijo energetske porabe. Te enote pogosto vključujejo sisteme za rekuperacijo toplote. Te omogočajo, da se odpadna toplota, ki nastane med procesom, ponovno uporabi v proizvodnji, s čimer se še dodatno zmanjšajo stroški energije.

4. Okoljski vidik

Proizvodnja dušika na mestu uporabe zmanjša potrebo po transportu in skladiščenju večje zaloge plinov, kar pomeni manjšo emisijo toplogrednih plinov in manjše tveganje za morebitne ekološke nesreče.

Tehnološke rešitve in napredek

Napredek na področju tehnologij za proizvodnjo dušika v paketnih enotah je omogočil, da so te postale dostopne širšemu spektru podjetij, tudi manjšim in srednje velikim. Izboljšave tehnologije PSA so privedle do večje zanesljivosti, nižje potrebe po vzdrževanju in daljši življenjski dobi teh sistemov. S pomočjo sodobnih senzorjev, naprednih krmilnikov in uporabe avtomatizacije pa lahko podjetja natančno spremljajo porabo dušika, energetske porabo in stanje sistema, kar omogoča nadaljnje povečanje učinkovitosti in s tem zmanjševanje stroškov.

Primer iz prakse – podjetje v prehrabni industriji

Podjetje, ki se ukvarja s prehrano, uporablja večje količine dušika predvsem za inertizacijo in hlajenje v proizvodnih procesih. Do nedavnega so bili vezani na zunanjšega dobavitelja za dobavo dušika, kar

je pomenilo, da so plačevali za transport, skladiščenje in dobavo plina na lokacijo. Stroški so se zaradi potrebe po natančni in stalni oskrbi z dušikom stalno povečevali, zlasti v obdobjih povečanega povpraševanja.

Implementacija paketne enote za samooskrbo z dušikom

Po analizi stroškov in potrebščin so se odločili za investicijo v lastno paketno PSA-enoto za proizvodnjo dušika neposredno na lokaciji. Namestitev sistema je vključevala namestitev kompresorjev, filtrirnih enot in PSA-enote, ki je omogočila ločevanje dušika iz zraka in njegovo shranjevanje za takojšnjo uporabo.

Rezultati

1. Znižanje stroškov dobave

Pred uvedbo sistema samooskrbe je podjetje mesečno plačevalo približno 50.000 EUR za oskrbo z dušikom iz zunanjega vira. Po implementaciji paketne enote so se ti stroški zmanjšali za približno 70 % na cca 15.000 EUR, saj so potrebovali le energijo za delovanje sistema.



OMEGA AIR
more than air

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



RAZPON TLAKOV

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



MEDIJI

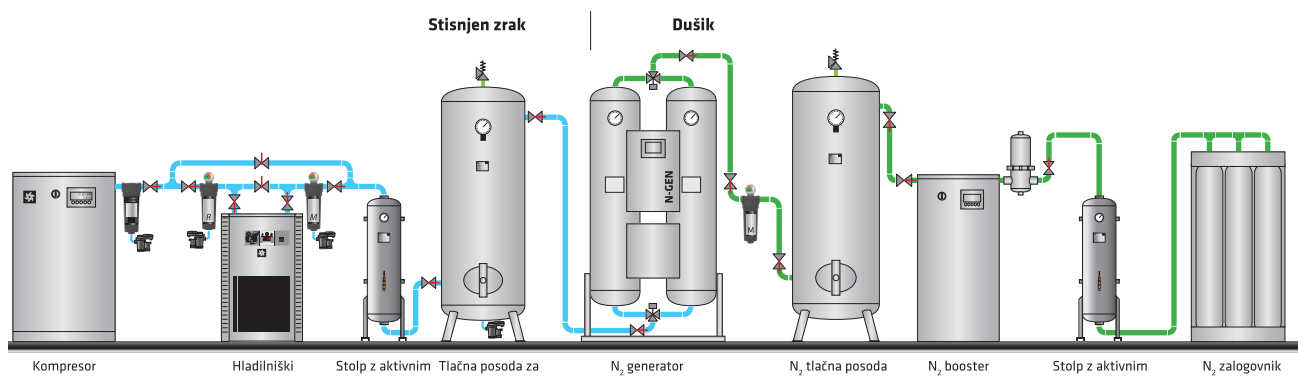
stisnjen zrak
vakuum
N₂, O₂, CNG,
dihalni zrak
CO₂, H₂, He



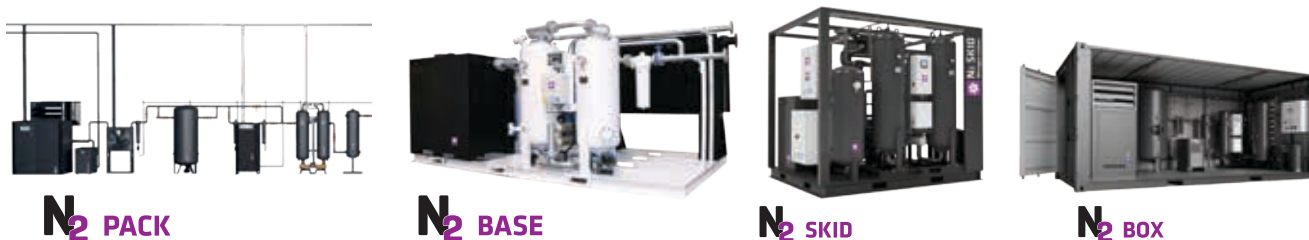
TOČKE ROSIŠČA

+3°C
-25°C
-40°C
-70°C





Slika 2 : Shema paketne PSA-enote za proizvodnjo dušika



Slika 3 : Različne variante izvedb postaje generatorja dušika

2. Znižanje stroškov skladiščenja in transporta

Pred tem so morali hraniti velike količine dušika v rezervoarjih, kar je prineslo dodatne stroške za skladiščenje in varnostne ukrepe. S paketno enoto so te stroške povsem odpravili, saj je bila proizvodnja prilagojena potrebam podjetja, brez potrebe po skladiščenju večjih količin dušika.

3. Fleksibilnost in optimizacija

Z uporabo sistema za samooskrbo je podjetje pridobilo večjo fleksibilnost. Proizvodnjo dušika lahko prilagodijo v realnem času glede na trenutno povpraševanje. To je pomembno pri hitro spreminjajočih se potrebah proizvodnje.

4. Energetska učinkovitost

Paketna enota vključuje sisteme za rekuperacijo toplote in energetske učinkovite komponente, kar je zmanjšalo skupno porabo energije v proizvodnem procesu in pripomoglo k dodatnemu zmanjšanju stroškov.

Skupni prihranki:

V prvih 9 mesecih po implementaciji so skupni prihranki znašali približno 140.000 EUR. Prihranki so bili doseženi predvsem z zmanjševanjem stroškov nakupa, transporta in skladiščenja dušika. Ugodno je vplivala tudi optimizacija energetske porabe. Podjetje je tako že v prvem letu povrnilo začetno

investicijo v sistem in začelo uživati v dolgoročnih prihrankih.

Sklep

Ta primer jasno prikazuje, kako lahko investicija v paketno enoto za samooskrbo z dušikom vodi do znatnih finančnih prihrankov, večje fleksibilnosti in energetske učinkovitosti. Poleg tega lahko podjetje zmanjša svojo odvisnost od zunanjih dobaviteljev in pridobi večjo neodvisnost ter zanesljivost pri zagotavljanju dušika za proizvodni proces.

Paketne enote za samooskrbo z dušikom torej predstavljajo učinkovito in stroškovno ugodno rešitev za podjetja, ki želijo optimizirati svojo oskrbo z dušikom. Z zmanjšanjem stroškov transporta, izboljšanjem energetske učinkovitosti in večjo prilagodljivostjo lahko podjetja dosežejo pomembne prihranke in hkrati prispevajo k zmanjšanju negativnega vpliva na okolje. Tehnologija PSA pa se vse bolj uveljavlja kot ključna za zmanjšanje stroškov in povečanje trajnosti v številnih industrijah. Za podjetja, ki se odločajo za implementacijo samooskrbe z dušikom, je to dolgoročna naložba, ki ne prinaša samo finančnih koristi, temveč tudi prednosti na področju energetske učinkovitosti in okoljskega vpliva.

www.omega-air.si

© Avtorji 2025. CC-BY 4.0

TOČNA PRITRDITEV IN ZANESLJIV NADZOR

Elesa+Ganter ponuja izpopolnjena in izjemno praktična držala senzorjev za spremljanje položaja navpičnih in vodoravnih vpenjal. Elesa+Ganter kot dodatno opremo dobavlja tudi ustrezen bližinski senzor, ki ga lahko preprosto naročite s številsko kodo.



GN 801.3



GN 801.4

Vedno znova se izkaže, da so lahko skoraj neopazne stvari izjemno dragocene. Mednje nedvomno spadata tudi držali senzorjev GN 801.3 in GN 801.4. Dodatni elementi pomagajo zaznavati hitre vpenjalnike različnih oblik in tako igrajo pomembno vlogo pri varnosti procesa.

Standardni elementi so sestavljeni iz dveh delov: kotnega nosilca, ki se preprosto namesti v luknje na hitrem vpenjalniku, in nosilnega jezička z luknjo za senzor. Ta nosilni jeziček, ki se z nastavitvenimi maticami hitro pritrdi, omogoča natančno nastavitev senzorja in njegove preklopne točke zaradi vzdolžne luknje. Ker niso potrebne nove montažne luknje, je nosilec senzorja idealen za hitro dodatno

opremljanje obstoječih naprav. Ni pomembno, ali so vpenjalniki navpični ali vodoravni, ali imajo zaporno ročico in ali jih je treba pritrditi na desni ali levi strani. Posebej je treba poudariti zadnjo točko, saj se lahko glede na položaj nastavitvenih matic med sestavljanjem odločite, ali je mogoče nosilec senzorja namestiti levo ali desno od hitrega vpenjalnika.

Nosilec senzorja je primeren za vse induktivne senzorje z navojem M8, ki so na voljo na trgu. Elesa+Ganter ponuja tudi držalo za senzor v kompletu s senzorjem, kar še olajša naknadno vgradnjo ali namestitev pritrjenih naprav. Ta ima tripolni priključek M8, deluje z 10–36 V pri enosmernem toku in signalizira s svetlečo diodo ter močnim signalom, ko hitro vpenjalo doseže končno točko.

To se zgodi, če je preklopna ročica vpenjalnika presegla tako imenovano mrtvo točko. Tako izvedena rutina preverjanja izključuje možnost, da obdelovanci v polavtomatskih ali avtomatskih sistemih niso zadostno fiksirani. Tako se stabilizirajo procesi, s tem pa tudi kakovost in na koncu gospodarska uspešnost podjetja.

Več informacij je na voljo na spletnem mestu: elesa-ganter.si.

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

OGLAŠEVALCI

- | | | | |
|--|---------|---|----------|
| ▶ FESTO, d. o. o., Trzin..... | 61 | ▶ OMEGA AIR, d. o. o., Ljubljana..... | 61, 115 |
| ▶ GIA-S, d. o. o., Grosuplje..... | 61, 110 | ▶ OPL AVTOMATIZACIJA, d. o. o., Trzin | 61, 101 |
| ▶ HENNLICH, d. o. o., Kranj | 113 | ▶ POCLAIN HYDRAULICS, d. o. o., Žiri..... | 62 |
| ▶ ICM, d. o. o., Griže | 79, 91 | ▶ PPT COMMERCE, d. o. o., Ljubljana | 61 |
| ▶ INGVAR, d. o. o., Ljubljana | 104 | ▶ PROEVENT, d. o. o., Ljubljana | 97 |
| ▶ INOTEH, d. o. o., Bistrica ob Dravi..... | 111 | ▶ PROFIDTP, d. o. o., Škofljica..... | 105, 120 |
| ▶ JAKŠA, d. o. o., Ljubljana | 79 | ▶ SEAL & TRADE, d. o. o., Maribor..... | 61 |
| ▶ Keko Equipment Ltd., Žužemberk..... | 119 | ▶ STROJNISTVO.COM, Ljubljana | 67 |
| ▶ La & Co., d. o. o., Limbuš | 61, 108 | ▶ UL, Fakulteta za strojništvo | 69, 76 |
| ▶ MIEL Elektronika, Velenje..... | 61 | ▶ YASKAWA, d. o. o., Ribnica | 100 |

© 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 2630-4090 (on line) / 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 2

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.



Equipment and Materials for
Multilayer Technologies (MLT)



Equipment production and development
- high standard equipment production
- own production facilities and assembly

Custom fitted equipment solutions
- developing solutions with our customers
- professional R&D department

Material development and supply
- continuous research and development
- worldwide showroom locations

Worldwide support and service
- global machine integration and service network



Grajski trg 15, 8360 Žužemberk
T +386 7 3885 200
info@keko-equipment.com
www.keko-equipment.com

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