



VZDRŽEVALEC

Številka 219-220, september 2026



32. TPVS

2027

www.tpvs.si



Osrednja tema:

OBVLADOVANJE PREMOŽENJA

- Kako do uspešnega sistema obvladovanja premoženja: Pomen človeškega dejavnika in ISO 55001
- Zunanja svetovalna podpora vzdrževanja: Dodana vrednost ali nepotreben strošek?
- Učinkovitost vzdrževanja z obvladovanjem premoženja
- Interni akti o obratovanju in vzdrževanju elektroenergetskih postrojev
- Vzdrževanje poslovnih procesov: Izboljšava procesa FEDR v informacijsko-komunikacijskem podjetju
- Kako v podjetje vpeljati projekt umetne inteligence?



ACEM 2-50 PRIMO

NAMEN
UPORABE



Splošna uporaba v gradbeništvu za manj do srednje zahtevne betonske elemente

APLIKACIJE



Betonske poti, notranji tlaki, temelji, podporni zidovi, stopnice, robniki, masivni betonski elementi

POREKLO



Proizveden v Sloveniji

www.alpacem.si

Alpacem
CEMENT





Spoštovani bralci revije Vzdrževalec!

V tej številki je objavljen intervju z dr. Viktorjem Lovrenčičem, novim predsednikom DVS, ki poudarja ponovno oživitev in krepitev delovanja Društva vzdrževalcev Slovenije, predvsem z večjim vključevanjem članov, pridobivanjem novih pogodbenih partnerjev ter organizacijo strokovnih delavnic, predavanj in TPVS. **DVS se želi utrditi kot osrednja slovenska strokovna organizacija na področju vzdrževanja in obvladovanja premoženja.**

Pomemben dosežek novega vodstva je uspešna kandidatura za organizacijo **EuroMaintenance 2028, ki bo potekal od 7. do 9. marca 2028 v Celju v okviru Mednarodnega industrijskega sejma.** Dogodek bo največji projekt v zgodovini DVS in pomembna priložnost za predstavitev slovenske stroke v mednarodnem prostoru.

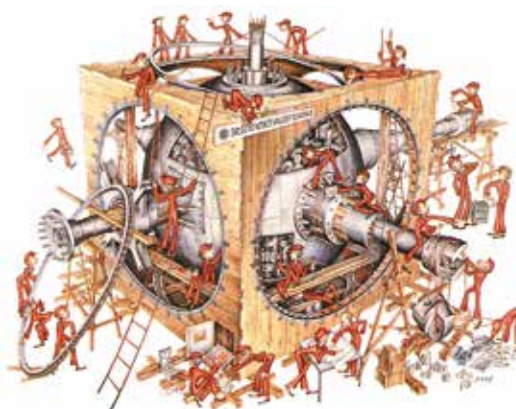
Lovrenčič izpostavlja **pomen povezovanja industrije, akademskega okolja, mladih strokovnjakov in upokojenih strokovnjakov z bogatimi izkušnjami.** Posebej poudarja tudi potrebo po razvoju znanja na področjih digitalizacije, umetne inteligence, varnosti pri delu, energetskega prehoda in obvladovanja premoženja.

Glavni cilj DVS je postati prostor za izmenjavo znanja, strokovno povezovanje, razvoj dobrih praks ter podpora članom pri sodobnih izzivih vzdrževanja. **Revija Vzdrževalec naj bi pri tem postala osrednji vir strokovnega obveščanja in izobraževanja za področje vzdrževanja in obvladovanja premoženja v Sloveniji.**

Na 32. TPVS aprila 2027 bomo spet vključili **izbor najboljše diplomske naloge o vzdrževanju.** Komisija bo izbrala tri najboljše, vabljeni k prijavi.

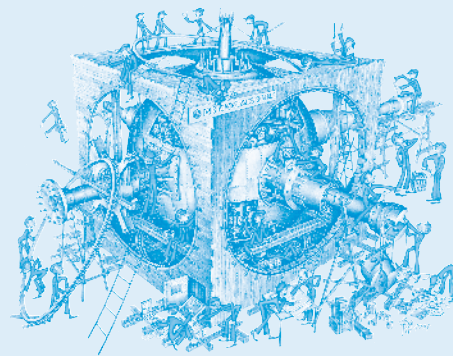
Želimo Vam, da se v ugodnejših vremenskih razmerah ponovno vključite v svoje delo in poskusite napisati tudi kakšen zapis o vzdrževanju za vašo in našo revijo Vzdrževalec.

Lep pozdrav od uredniškega odbora, organizacijskega odbora TPVS, organov DVS in urednika, mag. Viktorja Jemca



KAZALO

- 3 mag. Viktor Jemec
UVODNIK
- 9 dr. Viktor Lovrenčič
NAJAVA POMEMBNIH DOGODKOV V LETIH 2027 IN 2028
- 13 mag. Viktor Jemec
DR. VIKTOR LOVRENČIČ, NOVI PREDSEDNIK DVS, KI PRIPRAVLJA MEDNARODNI EUROMAINTENANCE 2028 V CELJU
- 20 dr. Damjan Maletič in dr. Matjaž Maletič
KAKO DO USPEŠNEGA SISTEMA OBVLADOVANJA PREMOŽENJA: POMEN ČLOVEŠKEGA DEJAVNIKA IN ISO 55001
- 24 mag. Andrej Androjna
ZUNANJA SVETOVALNA PODPORA VZDRŽEVANJA: DODANA VREDNOST ALI NEPOTREBEN STROŠEK?
- 28 dr. Hasan Avdić, mag. Viktor Jemec in Alma Avdić
UČINKOVITOST VZDRŽEVANJA Z OBVLADOVANJEM PREMOŽENJA
- 35 Ana Lovrenčič, dr. Viktor Lovrenčič, Jernej Fijavž
INTERNI AKTI O OBRATOVANJU IN VZDRŽEVANJU ELEKTROENERGETSKIH POSTROJEV
- 44 dr. Eva Krhač, dr. Tomaž Kern, Sara Kremsar
VZDRŽEVANJE POSLOVNIH PROCESOV: IZBOLJŠAVA PROCESA FEDR V INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKEM PODJETJU
- 50 Špela Poklukar
KAKO V PODJETJE VPELJATI PROJEKT UMETNE INTELIGENCE?
- 56 Nika Saksida
ZELENA KEMIJA V PROIZVODNJI: OD IZBIRE TOPIL DO VARNEJŠEGA VZDRŽEVANJA
- 60 mag. Ivan Božič
UPORABA DVIGAL V POŽARU – NOVI STANDARD ZA EVAKUACIJSKA DVIGALA
- 67 Jože Godec
TRAJNOSTNA ZAŠČITA ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ V AGRESIVNIH OKOLJIH
- 73 Marko Levstek
RESPIRATORNA ZAŠČITA PRI VZDRŽEVANJU: KO ZAŠČITA NE OVIRA DELA
- 77 dr. Peter Meža
ENERGETSKO UČINKOVITA PRENOVA ENOCEVNIH OGREVALNIH SISTEMOV STANOVANJSKIH STAVB S POMOČJO HIDRAVLICNEGA URAVNOTEŽENJA
- 82 Joaquín López, Domen Senica
ODKRIVANJE NEVIDNEGA: HELIJEVA METODA KOT TEMELJ ZANESLJIVOSTI KRITIČNE OPREME
- 85 Bojan Šinkovec
NAJDRAŽJA OKVARA JE TISTA, KI BI JO LAHKO PREPREČILI
- 88 Kamil Domitrovič
VZDRŽEVANJE DOMAČEGA BAZENA
- 90 Helena Mladenović Jerman
RAZPIS ZA NAJ DIPLOMO IZ VZDRŽEVANJA
- 94 mag. Viktor Jemec
POROČILO O KONFERENCI MEDITMAINT 2026 V ROVINJU
- 95 mag. Viktor Jemec
POROČILO O 17. INDUSTRIJSKEM FORUMU IRT 2026 V PORTOROŽU
- 96 mag. Viktor Jemec
POROČILO O IZVEDBI USPOSABLJANJA ZA CERTIFIKAT AAMC V PODJETJU V MEDVODAH
- 97 mag. Viktor Jemec
PREDSTAVITEV NA PODJETNIŠKEM ZAJTRKU OOO LJUBLJANA VIČ



NAVODILA AVTORJEM

Vsak članek naj bo po vsebini zaključena celota, tudi če je v nadaljevanjih, in naj ne presega osem tipkanih strani v urejevalniku teksta Word, stil Arial, font 11. Članke pošiljajte po elektronski pošti na uredništvo revije: tajnik@drustvo-dvs.si.

Vse skice, fotografije, načrte in ostalo slikovno gradivo lahko pošljete po pošti na naslov DVS, Stegne 21 c, 1000 Ljubljana. Zaradi možnih napak pri konverziji člankov, poslanih po elektronski pošti, priložite k slikovnemu gradivu tudi izpis članka na vašem tiskalniku. Vse fotografije in skice, ki jih imate vključene v urejevalniku, obvezno pošljite na CD-ju ali po elektronski pošti posebej.

Članki morajo biti v uredništvu vsaj 20 dni pred izdajo revije. Za vsebino, ki naj bo namenjena vzdrževalni stroki, odgovarjajo avtorji sami.

Članki morajo na začetku vsebovati naslov, navedbo ključnih besed in kratek povzetek (nekaj stavkov) v slovenskem in angleškem jeziku. Avtorji naj k članku priložijo tudi osebno fotografijo. Ob koncu članka naj obvezno navedejo strokovno literaturo, svoje ime in priimek ter podjetje, kjer so zaposleni. Navodila avtorjem so podrobno navedena tudi na <http://www.drustvo-dvs.si/>.

Za izplačilo honorarja preko avtorske agencije potrebujemo od avtorja še naslednje podatke: kraj bivališča, davčno številko, številko transakcijskega računa in banko, pri kateri je ta odprt, telefon in naslov elektronske pošte.

KONTAKTI DRUŠTVA

E-pošta: tajnik@drustvo-dvs.si
revija@drustvo-dvs.si

- Vsak dan na mobilni telefon
041 387 432.
- Internet naslov:
<http://www.drustvo-dvs.si/>

POVZETKI ČLANKOV

dr. Damjan Maletič in dr. Matjaž Maletič

KAKO DO USPEŠNEGA SISTEMA OBVLADOVANJA PREMOŽENJA: POMEN ČLOVEŠKEGA DEJAVNIKA IN ISO 55001

Uspešnost sistema obvladovanja premoženja, zasnovanega na standardu ISO 55001, je pogosto enačena s formalno skladnostjo s tehničnimi in dokumentacijskimi zahtevami standarda. Empirične ugotovitve in praksa pa kažejo, da tehnična skladnost sama po sebi ni zadosten pogoj za uspešno delovanje sistema, saj mnoge organizacije kljub vzpostavljenemu sistemu ne dosežejo pričakovanih rezultatov. Prispevek obravnava vlogo človeškega dejavnika kot enega ključnih, a pogosto premalo poudarjenih pogojev za uspešno obvladovanje premoženja. Na podlagi zahtev standarda ISO 55001:2024 ter novejših namenskih smernic ISO 55012:2024 je prikazano, kako standard sam prepozna pomen vođenja, usposobljenosti, ozaveščenosti, komuniciranja in znanja zaposlenih. Te ugotovitve so podprte s empiričnimi raziskavami, ki kažejo, da je uvajanje praks obvladovanja premoženja odvisno tudi od organizacijskega konteksta ter da zanemarjanje človeških in kulturnih dejavnikov zmanjšuje učinkovitost sicer tehnično dovršenih sistemov. Prispevek zaključuje, da je uspešen sistem obvladovanja premoženja rezultat organizacijske kulture, ki ljudem namenja enako pozornost kot procesom, podatkom in tehnologiji.

Ključne besede: obvladovanje premoženja, ISO 55001, ISO 55012, človeški dejavnik, organizacijska kultura.

Članek št.: 1248

mag. Andrej Androjna

ZUNANJA SVETOVALNA PODPORA VZDRŽEVANJA: DODANA VREDNOST ALI NEPOTREBEN STROŠEK?

Prenova procesa vzdrževanja ni le strokovna naloga oddelka vzdrževanja, temveč tudi medfunkcijski program, ki posega v prioritete, planiranje, vzdrževalne strategije, zanesljivost, investicije, podatke, računalniško podprte sisteme za upravljanje vzdrževanja (CMMS, Computerized Maintenance Management System) oziroma za obvladovanje premoženja na ravni podjetja (EAM, Enterprise Asset Management), kompetence in vodenje sprememb. Članek obravnava okoliščine, v katerih lahko izkušen zunanji svetovalec pomembno pospeši prenovi, ter meje njegove vloge. Poudarjeni so celovita ocena stanja z uporabo uveljavljenih

metodologij in mednarodnih standardov, metodološka neodvisnost, priprava verodostojnega poslovnega primera (business case), pretvorba vrzeli v izvedljiv program sprememb ter polna podpora pri njegovi implementaciji. Zunanja podpora ustvarja trajno vrednost le, če vodstvo in notranji nosilci ohranijo lastništvo ciljev in odločitev ter odgovornost za doseganje koristi in trajno uporabo novega načina dela.

Ključne besede: vzdrževanje, prenova procesa, zunanji svetovalec, poslovni primer, zanesljivost, obvladovanje premoženja, CMMS/EAM, obvladovanje sprememb.

Članek št.: 1249

dr. Hasan Avdič, mag. Viktor Jermec in Alma Avdič

UČINKOVITOST VZDRŽEVANJA Z OBVLADOVANJEM PREMOŽENJA

Učinkovitost vzdrževanja je eden od ključnih dejavnikov konkurenčnosti in trajnosti industrijskih sistemov. Ta članek preučuje, kako obvladovanje premoženja (AM) prispeva k povečanju učinkovitosti vzdrževanja prek ključnih kazalnikov uspešnosti: MTBF (povprečni čas med odpovedmi), MTTR (povprečni čas popravila) in OEE (skupna učinkovitost opreme). Analizirani so mehanizmi, prek katerih obvladovanje premoženja omogoča boljše načrtovanje, zmanjšanje izpadov in racionalno uporabo virov. Poseben poudarek je na praktičnih posledicah in primeru iz industrijske prakse. V njem se prek večletnega spremljanja uspešnosti tehničnega sistema preučujejo spremembe v razpoložljivosti, dejanskem času delovanja in izpadih. Rezultati kažejo, da neprekinjeno spremljanje uspešnosti ter povezovanje podatkov o tehničnem sistemu s procesi odločanja predstavljata pomemben temelj za izboljšanje vzdrževanja. Obvladovanje premoženja zato predstavlja strateški okvir za doseganje trajnostnega in učinkovitega vzdrževanja.

Ključne besede: obvladovanje premoženja, učinkovitost vzdrževanja, MTBF, MTTR, OEE, industrijska praksa, trajnost

Članek št.: 1250

Ana Lovrenčič, dr. Viktor Lovrenčič in Jernej Fijavž

INTERNI AKTI O OBRATOVANJU IN VZDRŽEVANJU ELEKTROENERGETSKIH POSTROJEV

Članek obravnava zahteve za pripravo internih aktov o obratovanju in vzdrževanju elektroenergetskih postrojev, zlasti pri podjetjih, ki imajo v lasti transformatorske postaje oziroma elektroenergetske postroje nad 1.000 V. Avtorji opozarjajo, da številna podjetja kljub veljavnim

pravilnikom še nimajo ustrezno urejene dokumentacije, čeprav mora skrbnik elektroenergetskega postroja zagotoviti interne akte, navodila, načrte vzdrževanja, evidence in usposobljenost osebja. Prispevek povzema ključne zahteve pravilnikov o obratovanju in vzdrževanju elektroenergetskih postrojev ter povezane zahteve s področja varnosti in zdravja pri delu, usposabljanja, nizkonapetostnih inštalacij in zaščite pred strelo. Kot primer dobre prakse je predstavljena Papirnica Vevče, kjer je bila zaradi kompleksnega srednjenapetostnega omrežja pripravljena obsežna dokumentacija z internimi akti in prilogi. Članek poudarja, da je urejena dokumentacija temelj varnega, zanesljivega in zakonitega obratovanja elektroenergetskih postrojev.

Ključne besede: elektroenergetski postroj, srednja napetost, skrbnik, interni akti, obratovanje, vzdrževanje, dokumentacija.

Članek št.: 1251

dr. Eva Krhač Andrašec, dr. Tomaž Kern in Sara Kremsar

VZDRŽEVANJE POSLOVNIH PROCESOV: IZBOLJŠAVA PROCESA FEDR V INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKEM PODJETJU

Članek obravnava izboljševanje poslovnih procesov kot del njihovega vzdrževanja v hitro spreminjajočem se poslovnem okolju. V teoretičnem delu so predstavljeni ukrepi, metode in tehnike za izboljšavo procesov, kot so eliminacija aktivnosti brez dodane vrednosti, sprememba zaporedja aktivnosti, standardizacija, avtomatizacija, optimizacija virov ter uporaba metod, kot so benchmarking, brainstorming, procesno modeliranje, simulacija, VSM, 5S, diagram poteka in FMEA. V empiričnem delu je prikazana prenova procesa **Free Edition Download Request – FEDR** v informacijsko-komunikacijskem podjetju. Prenova temelji na procesnem pristopu in usmerjenosti na stranko, njen cilj pa je zmanjšanje čakalnih dob, odprava podvajanj, boljše preglednost nalog in kakovostnejše informiranje uporabnikov. Rezultati kažejo, da lahko tudi proces z več aktivnostmi in dokumenti izboljša učinkovitost, če je bolj strukturiran in bolj prilagojen potrebam strank. Prispevek poudarja, da je obvladovanje poslovnih procesov trajen pristop, ki zahteva redno spremljanje, prilagajanje in nenehno izboljševanje.

Ključne besede: vzdrževanje poslovnih procesov, izboljšava poslovnih procesov, študija primera, informacijsko-komunikacijske dejavnosti.

Članek št.: 1252

CENE OGLASOV

Cenik oglaševanja v reviji Vzdrževalec velja od marca 2019 (vse cene so v EUR, brez DDV):

Pozicija in dimenzija oglasa	Cena
Naslovnica A4	580
Zadnja stran A4	365
Druga in predzadnja stran A4	320
Notranja stran A4	280
Notranja stran A5	200
Notranja stran 1/3	110
Reklamni članek A4	140
Reklamni članek A5	100
Vložni list v revijo (različne dimenzije)	300
Ostale oblike oglaševanja (po želji naročnika)	po dogovoru
Objava logotipa na koledarju (enojni, dvojni, trojni)	380 / 700 / 1.000
Cene veljajo v letu 2026.	

Vsem, ki bodo v letu 2026 v naši reviji objavili več kot en oglas, za objavo oglasa v dveh številkih revije ponujamo 10%, za letni zakup oglasnega prostora v vseh številkih pa 15% popusta!

Naročila za oglaševanje sprejemamo po mailu, telefonu ali osebno na zgoraj navedenih naslovih, 30 dni pred izdajo. Oglase v ustreznem formatu (TIF, JPG, EPS, ...) in ločljivosti najmanj 300 dpi sprejemamo do 15 dni pred objavo. Oglase vam lahko tudi oblikujemo; cena oblikovanja oglasa formata A4 je 126 €, formata A5 pa 85 €. Cene veljajo od 28. 3. 2019.

Špela Poklukar

KAKO V PODJETJE VPELJATI PROJEKT UMETNE INTELIGENCE?

Projekti umetne inteligence v vzdrževanju redko spodletijo zaradi algoritmov. Spodletijo zaradi nejasno opredeljenega problema, premalo zabeleženih okvar, nedostopnih podatkov ali rešitve, kije njih ne uporabljajo — vse to pa je mogoče preveriti vnaprej. Članek je namenjen vzdrževalnim ekipam, ki takšen projekt šele načrtujejo, in jih vodi skozi pripravo: opredelitev problema in merila uspeha, izhodišče sedanje prakse ter oceno poslovne upravičenosti s primerjavo stroškov nenačrtovane okvare, načrtovanega posega in preverjanja lažnega alarma. Posebna pozornost je namenjena podatkom — število zabeleženih okvar posamezne vrste je pogosto odločilnejše od dolžine zgodovine, pomembni pa so tudi ločljivost meritev, pokritost obratovalnih režimov in dostop do podatkov. Kadar okvar ni dovolj, članek predstavi zaznavanje anomalij kot izvedljivo alternativo. Sledijo izvajanje po fazah z vnaprej dogovorjenim merilom uspešnosti, izbira izvajalca, uporabniška izkušnja in odzivni protokol ter spremljanje in rekalibracija sistema po zagonu. Zaključki ga kontrolni seznam šestnajstih vprašanj, na katera je smiselno odgovoriti pred prvo nalozbo.

Ključne besede: prediktivno vzdrževanje, umetna inteligenca, poslovna upravičenost, kakovost podatkov, zaznavanje anomalij, lažni alarmi, spremljanje stanja
Članek št.: 1253

Nika Saksida

ZELENA KEMIJA V PROIZVODNJI: OD IZBIRE TOPIL DO VARNEJŠEGA VZDRŽEVANJA

Članek predstavlja uporabo načel zelene kemije v industrijski proizvodnji, s poudarkom na vzdrževanju in uporabi industrijskih topil. Zelena kemija si prizadeva zmanjšati nevarnosti že pri načrtovanju procesov, zato ne obravnava le ravnanja z odpadki, temveč predvsem preprečevanje njihovega nastanka pri viru. Prispevek pojasnjuje pomen izbire manj nevarnih kemikalij, zmanjševanja porabe topil, preprečevanja emisij in razlitij ter možnosti ponovne uporabe oziroma regeneracije. Posebej so predstavljene alternative običajnim organskim topilom, kot so voda, ionske tekočine, superkritični fluidi in topila iz obnovljivih virov, pri čemer avtorica poudarja, da je treba vsako rešitev ocenjevati celovito glede na nevarnost, učinkovitost, izvor surovin, energijsko zahtevnost in ravnanje po uporabi. Članek obravnava tudi slovenske zakonodajne zahteve, varnost pri delu ter pomen vključevanja zelene kemije v poklicno in strokovno izobraževanje. V zaključku je poudarjeno, da lahko vzdrževalci s preiščlenimi odločitvami pomembno prispevajo k varnosti, zmanjšanju odpadkov in trajnostni industrijski praksi.

Ključne besede: trajnost, zelena kemija, topila, vzdrževanje, poklicno izobraževanje.

Članek št.: 1254

mag. Ivan Božič

UPORABA DVIGAL V POŽARU – NOVI STANDARD ZA EVAKUACIJSKA DVIGALA

Članek obravnava uporabo dvigal v primeru požara ter predstavlja novi standard SIST EN 81-76:2025, ki določa dodatne zahteve za nova osebna in osebnotovorna dvigala, namenjena podpori pri evakuaciji gibalno oviranih oseb. Avtor najprej pojasni, da splošno pravilo prepovedi uporabe običajnih dvigal med požarom še vedno velja, vendar napredni sistemi požarnega javljanja in ustrezna dodatna oprema omogočajo varno podaljšano uporabo dvigal v določenih pogojih. Predstavljene so ravni uporabe dvigal v požaru po smernici VDI 6017 in slovenski

tehnični smernici TSG-1-001:2019: običajno dvigalo, podaljšano normalno delovanje, evakuacijsko dvigalo in dvigalo za gasilce. Osrednji del članka je namenjen evakuacijskim dvigalom ravni C, njihovim razredom A in B, načinom delovanja, zahtevam glede kabine, vrat, signalizacije, komunikacije, varnih območij in napajanja. Članek poudarja, da evakuacijsko dvigalo ni samostojna rešitev, temveč del celovitega požarnovarnostnega, tehničnega in organizacijskega koncepta stavbe.

Ključne besede: dvigalo, evakuacijsko dvigalo, požar, SIST EN 81-76, gibalno ovirane osebe, požarna vožnja, varno območje.

Članek št.: 1255

Jože Godec

TRAJNOSTNA ZAŠČITA ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ V AGRESIVNIH OKOLJIH

Armiranobetonske konstrukcije v kanalizacijskih sistemih, čistilnih napravah in industrijskih objektih so izpostavljene eni izmed najbolj agresivnih kombinacij vplivov v gradbeni praksi. Poleg mehanske obrabe in stalne prisotnosti vlage imajo ključno vlogo kemični in mikrobiološki procesi, ki vodijo v pospešeno degradacijo betona. Članek obravnava vire poškodob betona v takšnih okoljih ter predstavlja sodoben zaščitni pristop na osnovi tehnologije Xolutec®, spoudarkom na sistemu Sikagard®7000 CR kot primeru trajne in sistemsko zasnovane rešitve.

Ključne besede: armiranobetonske konstrukcije, biogena žveplove kisline, mikrobiološko povzročena korozija, zaščita betona, Xolutec®, Sikagard®-7000 CR, agresivna okolja, trajnost konstrukcij

Članek št.: 1256

Marko Levstek

RESPIRATORNA ZAŠČITA PRI VZDRŽEVANJU: KO ZAŠČITA NE OVIRA DELA

Članek obravnava pomen ustrezne respiratorne zaščite pri vzdrževalnih delih, kjer so delavci pogosto izpostavljeni prahu, dimu, aerosolom in drugim onesnaževalom v zraku. Avtor primerja klasične filtrirne respiratorje z motorno podprtimi sistemi PAPR ter predstavi rešitve CleanSpace, ki se od tradicionalnih sistemov razlikujejo po kompaktni zasnovi brez motorne enote na pasu in brez dovodne cevi. Posebej je izpostavljena tehnologija AirSensit®, ki pretok zraka prilagaja dihanju uporabnika, s čimer izboljša udobje in učinkovitost uporabe pri fizično zahtevnem delu. Članek predstavi tudi novi CleanSpace AGILE z ohlapno prilagajčim obraznim delom, pri katerem fit test ni potreben, kar je lahko pomembna prednost pri večjem številu uporabnikov in pri uporabnikih z obraznimi dlakami. Avtor poudarja, da izbira respiratorja ne sme temeljiti le na tehničnih podatkih, temveč na oceni tveganja, vrsti onesnaževala, pogojih dela in dejanski uporabnosti opreme. Udobna in praktična zaščita namreč pomembno vpliva na to, ali jo bo vzdrževalec pravilno uporabljal ves čas izpostavljenosti.

Ključne besede: respiratorna zaščita, PAPR, CleanSpace, vzdrževanje, varnost pri delu, prah, varjenje, osebna varovalna oprema.

Članek št.: 1257

dr. Peter Meža

ENERGETSKO UČINKOVITA PRENOVA ENOCEVNIH OGREVALNIH SISTEMOV STANOVANJSKIH STAVB S POMOČJO HIDRAVLICNEGA URAVNOTEŽENJA

Članek obravnava energetsko učinkovito prenovo enocevni ogrevalnih sistemov, ki so še vedno razširjeni v številnih večstanovanjskih stavbah. Avtor

pojasnjuje, da so tradicionalni enocevni sistemi hidravlično občutljivi, saj nihanja diferenčnega tlaka, neuravnoteženi pretoki in povišane povratne temperature povzročajo neenakomerno ogrevanje, pregrevanje prostorov, hrup, manjšo temperaturno razliko sistema in slabšo učinkovitost kotlov. Posebej so predstavljene različne izvedbe enocevni sistemov ter problemi, ki nastanejo po energetskih prenovah stavb, ko se zaradi zmanjšanih toplotnih potreb sistemi pogosto izkažejo kot predimenzionirani. Prispevek poudarja pomen temeljite analize obstoječega stanja, meritev, ponovnega hidravličnega preračuna in pravilne izbire komponent. Kot ključna rešitev so predstavljeni tlačno neodvisni kontrolni balansirni ventili, termostatski radiatorski ventili in regulacija povratne temperature. S celovitim pristopom k projektiranju, izvedbi in komisioniranju lahko enocevni sistemi postanejo učinkoviti sistemi z variabilnim pretokom, primerljivi z dvocevnimi sistemi, z nižjo porabo energije in večjim bivalnim udobjem.

Ključne besede: ogrevanje, inštalacija, enocevni sistem, radiatorsko ogrevanje, hidravlično uravnoteženje, prenova.

Članek št.: 1258

Joaquín López López in Domen Senica

ODKRIVANJE NEVIDNEGA: HELIJEVA METODA KOT TEMELJ ZANESLJIVOSTI KRITIČNE OPREME

Članek predstavlja helijevo metodo preskušanja tesnosti kot pomembno orodje za zagotavljanje zanesljivosti kritične industrijske opreme. Puščanje v industrijskih sistemih lahko povzroči izgube procesnih medijev, povečano porabo energije, okoljska in varnostna tveganja ter nenačrtovane zaustavitve proizvodnje. Helij zaradi svoje kemijske inertnosti, nevnetljivosti, majhne atomske velikosti in nizke naravne koncentracije v zraku primeren sledni plin za odkrivanje tudi zelo majhnih netesnosti. Prispevek opisuje metode izvedbe, med njimi metodo z vzorčevalno sonodo, vakuumsko metodo in akumulacijsko metodo, ter opozarja na pomen pravilne priprave preiskave, preverjanja detektorja, obvladovanja ozadja in dokumentiranja rezultatov. Posebej je poudarjeno, da občutljiva merilna oprema sama po sebi ne zagotavlja pravilnega rezultata, saj je zanesljivost preiskave močno odvisna od usposobljenega in certificiranega osebeja. Članek zaključuje, da je pravočasno odkrivanje netesnosti pomemben del preventivnega, prediktivnega in trajnostnega vzdrževanja.

Ključne besede: helij, preskušanje tesnosti, detekcija puščanja, masnospektrometrični detektor, vzdrževanje, varnost, trajnost, certificirano osebeja.

Članek št.: 1259

ABSTRACTS

dr. Damjan Maletič and dr. Matjaž Maletič

HOW TO ACHIEVE A SUCCESSFUL ASSET MANAGEMENT SYSTEM: THE IMPORTANCE OF THE HUMAN FACTOR AND ISO 55001

The success of an asset management system based on the ISO 55001 standard is often equated with formal compliance with the standard's technical and documentation requirements. However, empirical findings and practice show that technical compliance alone is not a sufficient condition for successful system performance, as many organizations fail to achieve the expected results despite having established a system. This paper addresses the role of the human

factor as one of the key, yet often underemphasized, conditions for successful asset management. Drawing on the requirements of ISO 55001:2024 and the newly published dedicated guidance document ISO 55012:2024, it is shown how the standard itself recognizes the importance of leadership, competence, awareness, communication, and employee knowledge. These findings are supported by empirical research showing that the deployment of asset management practices also depends on organizational context, and that neglecting human and cultural factors reduces the effectiveness of otherwise technically sound systems. The paper concludes that a successful asset management system is the result of an organizational culture that gives people the same attention as processes, data, and technology.

Keywords: asset management, ISO 55001, ISO 55012, human factor, organizational culture

Article No: 1248

mag. Andrej Androjna

AN EXTERNAL CONSULTANT IN MAINTENANCE TRANSFORMATION: ADDED VALUE OR UNNECESSARY COST?

Maintenance process transformation is not merely a technical assignment of the maintenance department, but a cross-functional programme affecting priorities, planning, maintenance strategies, reliability, capital projects, data, computerised maintenance management systems (CMMS) or enterprise asset management systems (EAM), competencies and change leadership. The article discusses when an experienced external consultant can accelerate such a transformation and clarifies the limits of the consultant's role. It emphasises an integrated assessment based on established methodologies and international standards, methodological independence, preparation of a credible business case, conversion of identified gaps into an executable change programme, and full support during programme implementation. External support creates sustainable value only when management and internal process owners retain ownership of objectives and decisions, and responsibility for benefits realisation and sustained use of new ways of working.

Keywords: maintenance, process transformation, external consultant, business case, reliability, asset management, CMMS/EAM, change management.

Article No: 1249

dr. Hasan Avdić, mag. Viktor Jemec and Alma Avdić

MAINTENANCE EFFICIENCY THROUGH ASSET MANAGEMENT

Maintenance efficiency represents one of the key factors of competitiveness and sustainability in industrial systems. This paper investigates how Asset Management (AM) contributes to improving maintenance efficiency through key performance indicators: MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair), and OEE (Overall Equipment Effectiveness). The mechanisms through which asset management enables better planning, reduced downtime, and rational resource utilization are analyzed. Special emphasis is placed on practical implications and an industrial case study in which changes in availability, effective operating time, and downtime are analyzed over several years. The results indicate that continuous performance monitoring and linking technical system data with decision-making processes provide an important basis for maintenance improvement. Asset Management therefore represents a strategic framework for achieving sustainable and efficient maintenance.

Keywords: Asset Management, Maintenance Efficiency, MTBF, MTTR, OEE, Industrial Practice, Sustainability

Article No: 1250

Ana Lovrenčič, dr. Viktor Lovrenčič and Jernej Fijavž

INTERNAL ACTS ON THE OPERATION AND MAINTENANCE OF ELECTRICAL POWER PLANTS

The article discusses the requirements for preparing internal acts on the operation and maintenance of electrical power installations, particularly in companies that own transformer stations or electrical power installations above 1,000 V. The authors point out that many companies still do not have properly arranged documentation, despite the fact that the custodian of an electrical power installation must provide internal acts, instructions, maintenance plans, records and evidence of personnel competence. The paper summarizes the key requirements of the rules on the operation and maintenance of electrical power installations, together with related requirements in the fields of occupational safety, training, low-voltage installations and lightning protection. Papirnica Vevče is presented as a case study, where extensive documentation with internal acts and annexes was prepared due to the complexity of its medium-voltage network. The article emphasizes that properly arranged documentation is the basis for safe, reliable and legally compliant operation of electrical power installations.

Keywords: electrical power installation, medium voltage, custodian, internal acts, operation, maintenance, documentation.

Article No: 1251

dr. Eva Krhač Andrašec, dr. Tomaž Kern and Sara Kremsar

BUSINESS PROCESS MAINTENANCE: IMPROVEMENT OF THE FEDR PROCESS IN AN INFORMATION AND COMMUNICATION COMPANY

The article addresses business process improvement as part of business process maintenance in a rapidly changing business environment. The theoretical part presents measures, methods and techniques for process improvement, such as eliminating non-value-added activities, changing the sequence of activities, standardisation, automation, resource optimisation and the use of methods such as benchmarking, brainstorming, process modelling, simulation, VSM, 5S, flowcharts and FMEA. The empirical part presents the redesign of the **Free Edition Download Request – FEDR** process in an information and communication company. The redesign is based on a process-oriented approach and customer-driven thinking, with the aim of reducing waiting times, eliminating duplicated activities, improving task transparency and providing users with better information. The results show that even a process with a higher number of activities and documents can improve efficiency if it is better structured and more adapted to customer needs. The paper emphasizes that business process management is a continuous approach requiring regular monitoring, adaptation and improvement.

Keywords: business process maintenance, business process improvement, case study, information and communication activities.

Article No: 1252

Špela Poklukar

HOW TO LAUNCH AN AI PROJECT IN YOUR COMPANY?

Artificial intelligence projects in maintenance rarely fail because of the algorithms. They fail because the problem was poorly defined, too few failures were recorded, the data could not be accessed, or nobody ended up using the result — and every one of these can be checked in advance. Written for maintenance

teams planning such a project, this article walks through the preparation: defining the problem and the measures of success, establishing the baseline of current practice, and building the business case by comparing the cost of an unplanned failure, a planned intervention and a false-alarm check. Data receives particular attention — the number of recorded failures of each type often matters more than the length of the history, alongside measurement resolution, coverage of operating regimes and data accessibility. Where failures are too few, anomaly detection is presented as a workable alternative. The article then covers phased delivery with a pre-agreed acceptance criterion, vendor selection, user experience and response protocol, and post-deployment monitoring and recalibration. It closes with a sixteen-question checklist to work through before the first investment.

Keywords: predictive maintenance, artificial intelligence, business case, data quality, anomaly detection, false alarms, condition monitoring

Article No: 1253

Nika Saksida

GREEN CHEMISTRY IN MANUFACTURING: FROM SOLVENT SELECTION TO SAFER MAINTENANCE

The article presents the application of green chemistry principles in industrial manufacturing, with an emphasis on maintenance and the use of industrial solvents. Green chemistry aims to reduce hazards already during process design and therefore focuses not only on waste management, but primarily on preventing waste and hazardous substances at the source. The paper explains the importance of selecting less hazardous chemicals, reducing solvent consumption, preventing emissions and spills, and considering reuse or regeneration. Alternatives to conventional organic solvents are presented, including water, ionic liquids, supercritical fluids and bio-based solvents. The author emphasizes that each solution must be assessed comprehensively in terms of hazard, technical efficiency, raw material origin, energy demand and end-of-use handling. The article also discusses Slovenian legislative requirements, occupational safety and the importance of integrating green chemistry into vocational and professional education. It concludes that maintenance personnel can make an important contribution to safety, waste reduction and sustainable industrial practice through informed everyday decisions.

Keywords: sustainability, green chemistry, solvents, maintenance, vocational education.

Article No: 1254

mag. Ivan Božič

USE OF LIFTS IN FIRE – THE NEW STANDARD FOR EVACUATION LIFTS

The article discusses the use of lifts in the event of fire and presents the new standard **SIST EN 81-76:2025**, which specifies additional requirements for new passenger and goods-passenger lifts used to support the evacuation of persons with impaired mobility. The author first explains that the general rule prohibiting the use of ordinary lifts during a fire still applies, but that advanced fire detection systems and appropriate additional equipment allow extended safe lift operation under specific conditions. The levels of lift use in fire are presented according to VDI 6017 and the Slovenian technical guideline TSG-1-001:2019: ordinary lift, extended normal operation, evacuation lift and firefighters' lift. The central part of the article focuses on level C evacuation lifts, their classes A and B, modes of operation, and requirements regarding the car, doors, signalling, communication, safe areas and power supply. The article emphasizes that an evacuation lift is not a stand-alone solution, but

part of a comprehensive fire safety, technical and organisational concept of the building.

Keywords: lift, evacuation lift, fire, SIST EN 81-76, persons with impaired mobility, fire recall operation, safe area.

Article No: 1255

Jože Godec

SUSTAINABLE PROTECTION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

Reinforced concrete structures in wastewater treatment plants, sewer systems and industrial facilities are exposed to highly aggressive environments combining chemical attack, microbiological corrosion, moisture and mechanical abrasion. These factors significantly accelerate concrete deterioration and reduce service life. This paper discusses the main degradation mechanisms affecting concrete in such environments and presents the Xolutec® technology as an advanced protection concept. Particular attention is given to the Sikagard®-7000 CR system, a crack-bridging protective membrane with outstanding resistance to biogenic sulfuric acid, chemical attack and moisture exposure. The system enables durable protection of concrete structures and contributes to extended service life and reduced maintenance requirements.

Keywords: reinforced concrete, biogenic sulfuric acid, microbiologically induced corrosion, concrete protection, Xolutec®, Sikagard®-7000 CR, aggressive environments, durability

Article No: 1256

Marko Levstek

RESPIRATORY PROTECTION IN MAINTENANCE: WHEN PROTECTION DOES NOT INTERFERE WITH WORK

The article discusses the importance of appropriate respiratory protection in maintenance work, where workers are often exposed to dust, fumes, aerosols and other airborne contaminants. The author compares conventional filtering respirators with powered air-

purifying respirators (PAPR) and presents CleanSpace solutions, which differ from traditional systems by their compact design without a belt-mounted motor unit and without an air hose. Special attention is given to AirSensit® technology, which adapts the airflow to the user's breathing and thus improves comfort and usability during physically demanding work. The article also presents the new CleanSpace AGILE with a loose-fitting facepiece, for which fit testing is not required. This can be a significant practical advantage in organisations with many users and for users with facial hair. The author emphasizes that the selection of a respirator should not be based solely on technical data, but on risk assessment, the type of contaminant, working conditions and the actual usability of the equipment. Comfortable and practical protection has a major influence on whether maintenance workers use it correctly throughout exposure.

Keywords: respiratory protection, PAPR, CleanSpace, maintenance, occupational safety, dust, welding, personal protective equipment.

Article No: 1257

dr. Peter Meža

ENERGY-EFFICIENT RENOVATION OF ONE-PIPE HEATING SYSTEMS IN RESIDENTIAL BUILDINGS THROUGH HYDRAULIC BALANCING

The article discusses the energy-efficient renovation of one-pipe heating systems, which are still widespread in many multi-apartment buildings. The author explains that traditional one-pipe systems are hydraulically sensitive, as differential pressure fluctuations, unbalanced flow rates and elevated return temperatures cause uneven heating, overheating of rooms, noise, reduced system temperature difference and lower boiler efficiency. Different types of one-pipe systems are presented, together with problems that arise after energy renovations of buildings, when reduced heat demand often makes existing systems oversized. The paper emphasizes the importance of a thorough analysis of the existing condition, measurements, repeated hydraulic calculation and proper selection of components. Pressure-independent control balancing valves, thermostatic radiator valves

and return temperature control are presented as key solutions. With a comprehensive approach to design, installation and commissioning, one-pipe systems can become efficient variable-flow systems comparable to two-pipe systems, with lower energy consumption and improved occupant comfort.

Keywords: heating, plumbing system, one-pipe system, radiator heating, hydronic balancing, renovation.

Article No: 1258

Joaquín López López and Domen Senica

DETECTING THE INVISIBLE: HELIUM LEAK TESTING AS A BASIS FOR CRITICAL EQUIPMENT RELIABILITY

The article presents helium leak testing as an important tool for ensuring the reliability of critical industrial equipment. Leaks in industrial systems can cause losses of process media, increased energy consumption, environmental and safety risks, and unplanned production shutdowns. Due to its chemical inertness, non-flammability, small atomic size and low natural concentration in air, helium is a suitable tracer gas for detecting even very small leaks. The paper describes different testing methods, including the sniffer probe method, the vacuum method and the accumulation method, and highlights the importance of proper test preparation, detector verification, background control and result documentation. Particular emphasis is placed on the fact that sensitive measuring equipment alone does not guarantee a correct result, as the reliability of the test strongly depends on trained and certified personnel. The article concludes that timely leak detection is an important part of preventive, predictive and sustainable maintenance.

Keywords: helium, leak testing, leak detection, mass spectrometer leak detector, maintenance, safety, sustainability, certified personnel.

Article No: 1259

www.drustvo-dvs.si

Mednarodni industrijski sejem Celje, 21.–22. APRILA 2027



KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA

32. TPVS – Tehnično posvetovanje vzdrževalcev Slovenije

21. in 22. aprila 2027



NAJAVA POMEMBNIH DOGODKOV V LETIH 2027 IN 2028

Spoštovane članice in člani Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS), cenjeni pogodbeni partnerji ter vsi bodoči člani, z velikim veseljem ponovno nagovarjam vse vas, ki ste s svojim strokovnim prispevkom že del našega pomembnega združenja – Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS) – ter vse, ki si želite sodelovati pri doseganju naših skupnih ciljev na področju vzdrževanja in obvladovanja premoženja.

Verjamem, da spremljate aktivnosti DVS, odkar smo po skupščini, ki je potekala 19. septembra 2024, odprli vrata novim pobudam in vizijam, ki bodo naše društvo v prihodnjih letih pripeljale na še višjo raven.

Oblikovali smo strategijo in načrt delovanja DVS za mandatno obdobje 2024–2028. Organi društva – Izvršni odbor (IO) DVS, Nadzorni odbor (NO) DVS in Disciplinska komisija (DK) DVS – so takoj začeli aktivno voditi in organizirati delo društva. Eden ključnih ciljev je bil ponovno okrepiti prepoznavnost DVS ter strokovno javnost seznaniti z našo željo po oživitvi in nadaljnjem razvoju društva.

Vodstvo DVS sestavljajo priznani strokovnjaki iz različnih podjetij in organizacij, od manjših podjetij do velikih industrijskih družb, ki odločno stopajo po poti razvoja in prenove DVS. V naše delo smo vključili že več kot 40 aktivnih članov, ki sodelujejo v Programskem svetu, Uredniškem odboru revije Vzdrževalec, Odboru za izobraževanje in Odboru za spletno stran.

Kaj smo skupaj dosegli v zadnjih dveh letih?

Zagotovili smo redno delovanje organov DVS:

- organizirali smo dve redni skupščini, marca 2025 in marca 2026, z odličnimi uvodnimi predavanji, poročili in načrti za prihodnje delo ter konsolidirali finančno stanje društva;
- IO DVS je izvedel že devet sestankov z operativnimi in strateškimi usmeritvami;
- Programski svet se redno sestaja in oblikuje pobude za vsebino dela DVS;
- Uredniški odbor redno izdaja revijo Vzdrževalec – tri dvojne številke letno;
- obnovili smo spletno stran DVS in jo redno posodabljam, prav tako LinkedIn, kjer objavljamo informacije o predavanjih, delavnicah, kongresih in TPVS.

Izvedli smo **30. TPVS ob 50. obletnici DVS** ter **31. TPVS – dvodnevni Kongres prihodnosti vzdrževanja** v sodelovanju s Celjskim sejmom v okviru MIS aprila 2025 in 2026. Dogodka sta dnevno obiskala do 100 vzdrževalcev in strokovnjakov s področja obvladovanja premoženja. Vsi strokovni članki so bili objavljeni v reviji oziroma zborniku Vzdrževalec.

Organizirali smo več delavnic za pridobitev certifikata o poznavanju obvladovanja premoženja **AAMC – Awareness in Asset Management Certificate**. Certifikat je pridobilo že

90 strokovnjakov tako na lokacijah naših članov kot tudi v podjetjih in prostorih DVS.

Izvedli smo tudi številna strokovna predavanja, med drugim s področij umetne inteligence in obvladovanja premoženja, uporabe umetne inteligence pri prediktivnem vzdrževanju ter nege in nadzora kakovosti hidravličnih tekočin. Nadaljevali bomo s ponovitvami ob izkazanem interesu članstva in oblikovanju novih predavanj.

Poleg tega smo izvedli večdnevno poglobljeno usposabljanje s področja zahtev tehničnih predpisov, izjav o skladnosti in standardov IEC na področju elektroinstalacij, prilagojeno potrebam in izvedeno na lokaciji našega člana oziroma podjetja.

Pri prenovi je DVS postavil temelje za bolj vključujočo organizacijo, ki želi povezovati strokovnjake s področij vzdrževanja in obvladovanja premoženja. Vzdrževanje namreč ni več zgolj operativna funkcija, temveč predstavlja ključni element uspešnega obvladovanja premoženja v podjetjih.

Zato smo k sodelovanju povabili tudi strokovnjake s področja obvladovanja premoženja, saj vzdrževanje predstavlja integralni del širšega in kompleksnega procesa upravljanja sredstev oziroma obvladovanja premoženja v podjetjih. Naš cilj je zagotavljati trajnostno podporo vsem, ki delujemo na tem področju, saj je učinkovito obvladovanje premoženja v današnjem poslovnem okolju ključnega pomena za konkurenčnost in rast.

Ožji tim članov DVS že vrsto let aktivno deluje na mednarodni ravni v številnih organizacijah, kot so EFNMS, GFMAM, WPIAM, CIGRÉ, CIRED, LWA, CEN in CENELEC. Tudi v prihodnje bomo neposredno prenašali bogate mednarodne izkušnje, usmeritve in dobre prakse ter jih vključevali v nadaljnji razvoj našega delovanja.

Pred nami sta dva izjemno pomembna dogodka

V letih 2027 in 2028 nas čakata dva ključna dogodka:

- **32. TPVS – Kongres prihodnosti vzdrževanja**, ki bo potekal na Celjskem sejmu v okviru MIS 2027 **21. in 22. aprila 2027**;
- **Evropski kongres vzdrževalcev EuroMaintenance 2028**, ki bo potekal na Celjskem sejmu v okviru MIS 2028 **od 7. do 9. marca 2028**.

Kot smo že obvestili članstvo, se je Izvršni odbor DVS odzval na poziv EFNMS in kandidiral za organizacijo kongresa Euro-Maintenance 2028.

V sodelovanju in s podporo Celjskega sejma, Ministrstva za gospodarstvo, turizem in šport (MGTŠ), Gospodarske zbornice Slovenije (GZS) in Mestne občine Celje (MOC) smo 11. oktobra 2025 na generalni skupščini EFNMS v Atenah dosegli izjemen uspeh. Od 20 glasov smo jih prejeli 12, medtem ko je Belgija prejela pet glasov in Španija tri glasove.

Obe konkurenčni organizaciji imata profesionalne vodstvene time – Belgija ima na primer osem zaposlenih in več kot milijon EUR letnega prometa, medtem ko v DVS delujemo izključno prostovoljno in s trenutno razmeroma skromnimi finančnimi sredstvi. Uspeh kandidature zato predstavlja še toliko večjo potrditev našega dosedanjega dela in zaupanja evropske strokovne skupnosti.

Za uspešno izvedbo obeh dogodkov smo oblikovali **organizacijski in programski odbor kongresov**, ki sta že začela pripravljati vsebino in organizacijo dogodkov, marketinške aktivnosti ter logistiko, vključno s prijavi, nastanitvami, prevozi in drugimi aktivnostmi.

K sodelovanju vabimo:

- domače in tuje uvodne govorce ter avtorje strokovnih člankov;
- k udeležbi domače in tuje vzdrževalce ter strokovnjake s področja obvladovanja premoženja;
- razstavljalce in sponzorje dogodkov ter druge podpornike in pokrovitelje.

Uspešno izvedbo obeh zahtevnih projektov bomo lahko zagotovili z aktivnim vključevanjem sedanjih članov, še posebej pa tudi novih sodelavcev, ki lahko s svojim znanjem in izkušnjami pomembno prispevajo k uspehu kongresov.

Fizične članice in pogodbene partnerje oziroma podjetja vabimo, da oba kongresa podprejo s prijavo predavateljev in udeležencev ter s sodelovanjem v vlogi razstavljalcev in sponzorjev.

Med predavatelje želimo pritegniti tudi predstavnike slovenskega akademskega okolja – univerz, fakultet ter višjih in visokih šol, ki v svojih programih že načrtujejo vključevanje vsebin s področij vzdrževanja in obvladovanja premoženja. Posebej si želimo akademskih prispevkov s prikazom konkretnih študijskih primerov uvajanja rešitev v prakso.

K sodelovanju vabimo tudi **mlade vzdrževalce in študente** ter prosimo vodstva podjetij, profesorje in predavatelje, da mlajše kolege spodbudijo k pripravi prispevkov in udeležbi na kongresih.

Sodelavce iz industrije in akademskega okolja vabimo k aktivnemu sooblikovanju programa, sodelovanju v vlogi predavateljev ter udeležbi na dogodkih. Vse članstvo pa vabimo k aktivnemu sodelovanju pri promociji dogodkov ter pridobivanju sponzorjev in partnerjev.

Sekcija mladih DVS

V DVS želimo oblikovati tudi **sekcijo mladih – študentov in novo zaposlenih do 35. leta starosti**, ki bodo skupaj z nami odpirali nova obzorja delovanja DVS ter prispevali sveže poglede na izzive vzdrževanja in obvladovanja premoženja. DVS ponuja priložnost mladim za prepoznavanje in spoznavanje področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja, saj ocenjujemo, da znotraj študijskih programov ni dovolj teh vsebin ter da v podjetjih primanjkuje mentorjev.

Z veseljem vabimo tudi nove članice in člane. Prijavnice so dostopne na spletni strani DVS. Prepričani smo, da lahko s svežimi idejami in novimi perspektivami še dodatno obogatimo delovanje društva.

DVS je odprt za strokovnjake, ki delujejo na področjih vzdrževanja in obvladovanja premoženja, ter za podjetja, ki želijo svojim zaposlenim omogočiti dostop do najnovejših znanj, izmenjave izkušenj in mreženja z drugimi strokovnjaki. Z našimi programi, usposabljanji in srečanji bodo imeli priložnost za izobraževanje in povezovanje na visoki strokovni ravni, kar bo prispevalo tako k osebni rasti posameznikov kot k nadaljnjemu razvoju področja vzdrževanja v Sloveniji.

Članstvo in aktivno sodelovanje v DVS omogočata:

- mreženje ter priložnosti za poslovno sodelovanje in partnerstva;
- neposreden dostop do strokovnjakov in odločevalcev iz industrije, energetike, infrastrukture in akademskega okolja;
- promocijo storitev in izdelkov v strokovni reviji Vzdrževalec ter na dogodkih DVS;
- izvedbo predavanj in predstavitev ter objavo strokovnih člankov in dobrih praks;
- sponzorsko izpostavljenost na TPVS in drugih strokovnih konferencah oziroma kongresih;
- vključevanje v delovne skupine s področij obvladovanja premoženja, digitalne preobrazbe, umetne inteligence, varnosti in zdravja pri delu ter inženirskih tehnik;
- dostop do usposabljanj in certificiranja na globalni ravni;
- vključevanje v razvoj standardov, smernic in najboljših praks.

Vabimo vas tudi, da k članstvu in sodelovanju povabite svoje sodelavce in poslovne partnerje. Le skupaj lahko zgradimo še močnejšo organizacijo ter DVS utrdimo kot osrednjo povezovalno točko strokovnjakov s področij vzdrževanja in obvladovanja premoženja v Sloveniji.

Hvala vam za vašo zvestobo, podporo in zaupanje v DVS. Veselimo se nadaljnega sodelovanja z vami in verjamemo, da bomo skupaj dosegli zastavljene cilje.

Leti 2027 in 2028 predstavljata za DVS veliko priložnost za še intenzivnejši razvoj ter še vidnejšo prisotnost v slovenskem in evropskem strokovnem prostoru.

*S spoštovanjem dr. Viktor Lovrenčič, univ. dipl. inž. el.,
predsednik Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS)*

VABILO

KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA

32. TPVS na MIS Celje, 21. in 22. 4. 2027



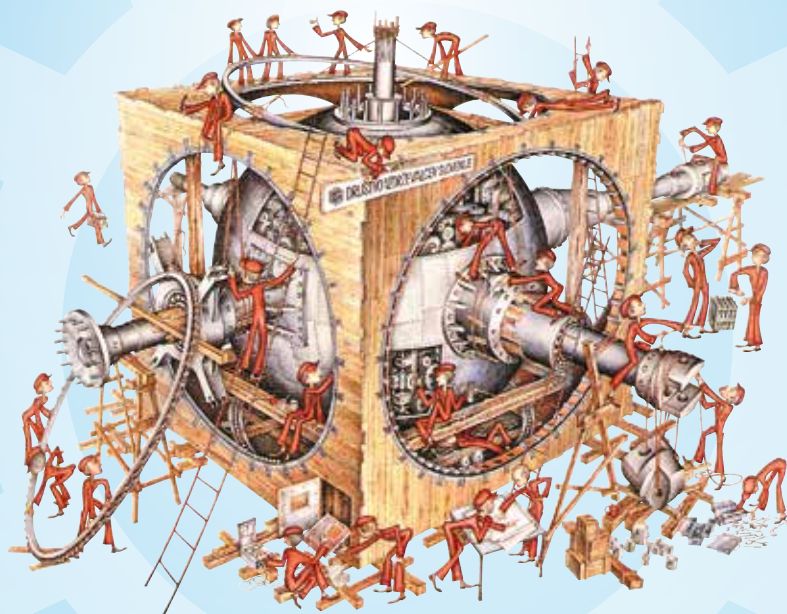
DRUŠTVO
VZDRŽEVALCEV
SLOVENIJE

DVS

www.drustvo-dvs.si

e-mail: tajnik@drustvo-dvs.si

GSM: 041 387 432 (DVS)



EUROMAINTENANCE

na MIS CELJE 2028

od 7. do 9. marec 2028

 EURO
MAINTENANCE

2028

7 – 9 March
Celje, Slovenia

NAJAVA 32. TEHNIŠKEGA POSVETOVANJA VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE (TPVS)

»KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA«

21. in 22. aprila 2027 – Celjski sejem v mali kongresni dvorani

Društvo vzdrževalcev Slovenije (DVS) vabi vse strokovnjake s področja vzdrževanja, obvladovanja premoženja in sorodnih disciplin na **32. tradicionalno posvetovanje vzdrževalcev Slovenije (TPVS)** pod imenom »KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA«, ki bo potekal **21. in 22. aprila 2027 na Celjskem sejmu v Mali kongresni dvorani**, vzporedno z Mednarodnim industrijskim sejmom (MIS 2027).

Gre za osrednji slovenski strokovni dogodek, namenjen izmenjavi znanja, dobrih praks in novih pristopov k razvoju vzdrževanja ter celostnemu obvladovanju premoženja (Asset Management). Dogodek povezuje industrijo, akademsko sfero in mlade strokovnjake, ki želijo soustvarjati prihodnost naše stroke.

Osrednje teme posvetovanja:

1. Ljudje, kompetence in kultura
2. Procesi vzdrževanja in varno izvajanje
3. Uporaba mednarodnih standardov za vzdrževanje in obvladovanje premoženja
4. Zanesljivost in tveganja
5. Obvladovanje premoženja
6. Merjenje učinkovitosti in uspešnosti
7. Digitalna transformacija in umetna inteligenca
8. Trajnost, energija in odpornost
9. Primeri dobrih praks

Dogodek je namenjen:

- strokovnjakom in vodjem iz industrije, energetike, infrastrukture in javnih storitev,
- raziskovalcem, profesorjem in predstavnikom akademske sfere,
- študentom, ki jih zanima področje vzdrževanja, zanesljivosti in obvladovanja premoženja.

Pomembni roki

- za avtorje izbranih tem:
 - prijava povzetkov do 11. 1. 2027 na naslov DVS.tajnik@drustvo-dvs.si,
 - oddaja člankov do 8. 2. 2027 na naslov DVS.tajnik@drustvo-dvs.si,
 - priprava predstavitev do 12. 4. 2027 na naslov DVS.tajnik@drustvo-dvs.si.

OPOMBA: Avtorji ne plačajo kotizacije in imajo pravico do brezplačne objave A4 oglasa matičnega podjetja v zborniku – revija Vzdrževalec, april 2027, postavitve roll-up panoja podjetja v dvorani ter objave članka v zborniku DVS, april 2027.

Kotizacija

Kotizacija je 150 EUR za en dan in 250 EUR za oba dneva. Za člane DVS se upošteva 15 % popust. Upokojenci člani DVS in študentje imajo ob prijavi brezplačno udeležbo. Ponudba sponzorjem in podpornikom bo naknadno oblikovana. Vsi udeleženci imajo brezplačen vstop na MIS 2027.

Vabljeni, da soustvarite dogodek, ki že več kot tri desetletja povezuje slovenske vzdrževalce in strokovnjake obvladovanja premoženja ter spodbuja razvoj stroke.

Namen udeležbe:

- spoznavanje aktualnih trendov, orodij in standardov, ki oblikujejo sodobno vzdrževanje, povezovanje z domačimi in tujimi strokovnjaki,
- prispevek k razvoju stroke, ki ima ključno vlogo pri zanesljivosti, varnosti in trajnostni rasti organizacij, mreženje z avtorji predavanj in s kolegi na področju vzdrževanja.

Vse ostale podrobnosti bodo objavljene v naslednjih številkah revije Vzdrževalec, na spletnih straneh [DVS](https://www.drustvo-dvs.si/) <https://www.drustvo-dvs.si/>, na LinkedIn omrežju ter po e-pošti dostopnim individualnim naslovom.

<https://www.drustvo-dvs.si/>



DR. VIKTOR LOVRENČIČ, NOVI PREDSEDNIK DVS, KI PRIPRAVLJA MEDNARODNI EUROMAINTENANCE 2028 V CELJU

Dr. Viktor Lovrenčič je rojen 17. 8. 1955 v Puli, kjer je končal osnovno in srednjo elektrotehniško šolo. Izobraževal se je na Univerzi v Ljubljani na Fakulteti za elektrotehniko, kjer je leta 1979 diplomiral z nalogo Kratkostična napetost trifaznega transformatorja. Leta 1982 je zaključil znanstveni magistrski študij na Univerzi v Ljubljani na Fakulteti za elektrotehniko z magistrsko nalogo Transformatorji za elektroobločne peči. Doktoriral je leta 2018 na Univerzi Maribor, Fakulteta za organizacijske vede s doktorsko disertacijo Učinki dela pod napetostjo kot metode vzdrževanja električnih inštalacij. Od 1982. leta pa je bil zaposlen v Tovarni transformatorjev Energoinvest v Ljubljani kot projektant, komercialni direktor in kot tehnični direktor. Od leta 1990 do upokojitve leta 2024 je bil kot tehnični direktor zaposlen v C&G d. o. o. Ljubljana. Je predavatelj na višji šoli B&B (strojništvo in elektroenergetika) v Kranju ter ERUDIO v Ljubljani (strojništvo). Kot predavatelj je aktiven v številnih programih v organizaciji Agencija POTI.

Dr. Viktor Lovrenčič je prizadeveni član mednarodne CIGRÉ in slovenskega društva energetikov CIGRÉ-CIRED ter hrvaške HRO CIGRÉ. Do upokojitve je bil predsednik SIST TC/DPN, kjer trenutno deluje kot častni član tako v TC DPN kot TC VZD. Ima status mirovanja kot član IZS in HKIE (pooblaščen elektroinženir). Kot promotor dela pod napetostjo (DPN) je aktiven član LWA (Live Working Association) ter soorganizator konferenc ICOLIM kot član tehničnega odbora LWA. Vrsto let je aktiven v EFNMS, še posebej kot član odbora EHSEC ter kot predsednik DVS zastopa interese DVS v EFNMS.



Slika 1: Predsednik DVS
dr. Viktor Lovrenčič

Novi predsednik DVS dr. Viktor Lovrenčič se je že izkazal na svojem novem položaju, zaenkrat mu vodenje DVS dobro uspeva. Po dveh uspešnih TPVS-jih se je s svojo ekipo znašel pred težko nalogo – pripravo na mednarodno konferenco EuroMaintenance 2028 v Celju. Postavili smo mu nekaj aktualnih vprašanj.

1. Minevata skoraj dve leti vašega mandata predsednika Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS). Kako ocenjujete to obdobje, katere so bile vaše glavne prioritete ob prevzemu funkcije in katere konkretne spremembe ali izboljšave ste do zdaj uspeli uresničiti?

Po moji upokojitvi leta 2024 je dozorela ideja ožjega tima kolegov Janeza Tomažina, mag. Andreja Androjne, izred. prof. dr. Damjana Maletiča, Igorja Voršiča in še drugih, ki so delovali predvsem v okolju EFNMS, skupaj s prejšnjim predsednikom DVS Darkom Cafuto in urednikom revije Vzdrževalec mag. Viktorjem Jemcem, da bi ponovno obudili aktivno delovanje DVS. Društvo je namreč v zadnjem desetletju svoje delovanje v veliki meri omejilo na organizacijo TPVS ter redno izdajanje revije, pri čemer je bil zadnji TPVS pred obdobjem korone organiziran leta 2019.

Oblikovali smo iniciativni odbor in začeli pripravljati kadrovsko strukturo v skladu s statutom DVS. Ob tem smo pripravili tudi ambiciozen strateški program delovanja DVS za obdobje 2024–2028.

Skupščina DVS, ki je potekala 19. septembra 2024, je bila pomembna prelomnica. Odprla je vrata novim pobudam in vizijam ter postavila temelje za razvoj društva na višjo raven.

Kot uvod v skupščino smo organizirali zelo uspešno strokovno delavnico »Vzdrževanje v okviru obvladovanja premoženja (Asset Management)«, na kateri so sodelovali domači in tuji strokovnjaki. Delavnice se je udeležilo več kot 50 članov DVS. Dogodek je bil kakovostna spodbuda za nadaljnji razvoj in aktivnejše delovanje društva.

Sledili sta še skupščini marca 2025 in marca 2026, na katerih smo dopolnjevali in potrjevali akcijski načrt delovanja DVS. Na tej

osnovi lahko ključne aktivnosti do konca mandata povzamemo v naslednjih točkah:

- DVS deluje že od leta 1975. Eden od naših pomembnih ciljev je ponovno približati društvo članom ter nadaljevati uresničevanje poslanstva, ki so ga oblikovali naši predhodniki.
- Aktivno delujemo na področju obnove in povečanja članstva. Pridobivamo nove pogodbenne partnerje – podjetja – ter fizične člane, saj smo v 50 letih delovanja začeli izgubljati stik s članstvom.
- Uspelo nam je pridobiti številne člane iz elektrogospodarstva in infrastrukture, predvsem s področij prenosa in distribucije elektrike, cest in železnic. Ob tradicionalnem vključevanju strojniške stroke smo pridobili tudi številne elektrotehnike. Še vedno ostaja pomemben izziv večjega vključevanja gradbene stroke.
- Člane aktivno vključujemo v delo DVS, tako v IO DVS, NO DVS in DK DVS kot tudi v številne delovne komisije. Trenutno imamo več kot 130 pogodbenih partnerjev in več kot 400 članov, pri čemer se v delo društva občasno aktivno vključuje približno 40–50 članov.
- Oblikovali in izvedli smo številne kakovostne delavnice in predavanja o aktualnih temah s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja.
- Vzpostavili smo odlično sodelovanje s Celjskim sejmom ter v okviru MIS (Mednarodni industrijski sejem) organizirali 30. in 31. TPVS, aprila 2025 in 2026, pod nazivom »Kongres prihodnosti vzdrževanja«.
- Trenutno potekajo priprave na 32. TPVS, ki bo v okviru MIS 2027 dne 21. in 22. aprila 2027.
- Po uspešni kandidaturi oktobra 2025 za organizacijo kongresa EuroMaintenance na generalni skupščini EFNMS aktivno potekajo priprave na EM28, ki bo v sodelovanju s Celjskim sejmom izveden od 7. do 9. marca 2028 v okviru MIS 2028.
- Finančna konsolidacija ostaja eden od ključnih pogojev za nadaljnji razvoj DVS, saj bomo le z urejenim in stabilnim finančnim poslovanjem lahko uspešno uresnili zastavljene strateške in operative cilje.

2. Kako danes vidite vlogo Društva vzdrževalcev Slovenije v slovenskem prostoru in kako ocenjujete angažiranost članov društva?

DVS je že vzpostavil in mora tudi v prihodnje graditi svojo vodilno vlogo pri podpori članstva pri razvoju sodobnih konceptov vzdrževanja ter obvladovanja premoženja, saj so med aktivnimi člani DVS tudi evropsko in svetovno priznani strokovnjaki.

Ko smo prevzeli odgovorno nalogo vodenja DVS, smo z angažiranjem nekaj najbolj aktivnih članov postopoma razširili delovanje aktivnega dela članstva.

Organi DVS – IO DVS (9 članov), NO DVS (5 članov) in DK DVS (3 člani) – delujejo v skladu s statutom.

Aktivirali smo Programski svet s številnimi komisijami ter Uredniški odbor revije. Redno vzdržujemo in posodabljammo spletno stran DVS ter skrbimo za prisotnost in aktivnosti na omrežju LinkedIn.

V prihodnje moramo še okrepiti delovanje Odbora za izobraževanje.

Poudariti moramo, da trenutno ožje vodstvo DVS svoje delo opravlja prostovoljno, kar pomembno prispeva tudi k finančni konsolidaciji društva, saj s tem ne nastajajo dodatni stroški. Dejstvo je, da so pri delovanju DVS trenutno zelo aktivni predvsem upokojeni člani ter nekaj zaposlenih kolegov.

Če pogledamo sestavo IO DVS, sta med člani dva upokojenca, ostali pa so vodje energetike in vzdrževanja v velikih sistemih, kot so ALPACEM, CINKARNA, HSE, NEK, PAPIRNICA VEVČE, PETROL in SIJ. Kljub svojim rednim delovnim obveznostim v matičnih družbah uspešno sodelujejo pri sooblikovanju operativnih in strateških ciljev DVS.

3. Dolga leta ste aktivni v okviru CIGRÉ. Kakšna je bila vaša vloga v tej organizaciji, v katerih strokovnih skupinah ste sodelovali in za katera področja ste zadolženi danes?

CIGRÉ (Conseil International des Grands Réseaux Électriques) je mednarodno nevladno in neprofitno združenje, namenjeno razvoju in izmenjavi znanja na področju velikih elektroenergetskih sistemov. S sedežem v Parizu predstavlja pomembno zakladnico znanja, razvoja in izkušenj elektroenergetikov z vsega sveta.

Glede na to, da sem v energetiki aktiven že od leta 1979, na različnih inženirskih delovnih mestih in v različnih delovnih okoljih, sem zelo zgodaj prepoznal CIGRÉ kot izjemno pomembno strokovno okolje.

Kot mlad inženir sem začel sodelovati že v YUKO CIGRÉ (Jugoslovanska konferenca), nato pa sem bil med prvimi aktivnimi člani slovenske SLOKO CIGRÉ (danes CIGRÉ-CIRED). S članki sem sodeloval že na prvi konferenci SLOKO CIGRÉ v Ljubljani maja 1993 ter na prvi konferenci vzdrževanja SLOKO CIGRÉ na Otočcu oktobra 1994.

V tem obdobju sem se aktivno ukvarjal predvsem z varnim ravnanjem s transformatorji in kondenzatorji, ki vsebujejo PCB (askarele), ter z vzdrževanjem regulacijskih stikal energetskih transformatorjev.

Do danes sem objavil številne strokovne članke na konferencah CIGRÉ-CIRED. Od leta 2010 sem zaslužni član, leta 2011 sem prejel plaketo CIGRÉ, od leta 2025 pa sem častni član.



Slika 2: Dr. Viktor Lovrenčič se je tudi letos avgusta 2026 udeležil mednarodne konference CIGRÉ v Parizu

V obdobju 2021–2025 sem bil član Predsedstva CIGRÉ-CIRED kot podpredsednik za industrijo, standardizacijo in izobraževanje. Trenutno opravljam funkcijo glavnega urednika revije SPOROČILA društva CIGRÉ-CIRED.

Od leta 1992 sem član mednarodne konference CIGRÉ s sedežem v Parizu, organizacije, ustanovljene leta 1921.

Od leta 2010 aktivno sodelujem v študijskem komiteju SC B2 (Nadzemni vodi) in sem redni član številnih mednarodnih delovnih skupin.

Bil sem tajnik delovne skupine WG B2.64 »Inspection and testing of tools, equipment and training for live-line work on overhead lines«.

Trenutno zaključujemo delo združene delovne skupine JWG B2/C1.86 »Approach for Asset Management of Overhead Transmission Lines«, kjer od leta 2022 delujem kot predsedujoči.

Objavljal sem več strokovnih člankov na konferencah v Parizu ter na regionalnih konferencah SEERC (South-East European Regional Council of CIGRÉ).

Aktivno sodelujem tudi na hrvaških konferencah HRO CIGRÉ, kjer sem podobno kot na konferencah CIGRÉ-CIRED objavil številne strokovne članke; sodeloval sem na vseh dosedanjih 17 konferencah.

Konec avgusta sem se udeležil konference CIGRÉ v Parizu skupaj z ožjima članoma DVS, tajnico Ano Lovrenčič in predsednikom NO DVS Jernejem Fijavžem. Konferenca se je udeležilo več kot 5.500 delegatov, sodelovalo je približno 15.000 obiskovalcev in več kot 330 predstavnikov industrije (razstavljalcev), predstavljenih pa je bilo 1.100 strokovnih

člankov iz 99 držav. Udeležilo se je rekordno število slovenskih delegatov, in sicer 64 ter več predstavnikov razstavljalcev.

4. Kako so izkušnje iz CIGRÉ vplivale na vaše razumevanje vzdrževanja, zanesljivosti in upravljanja elektroenergetskih sistemov?

Po začetku dela v podjetju C&G d.o.o. Ljubljana so bili moji prvi projekti povezani z vzdrževanjem elektroenergetske opreme (transformatorjev, odklopnikov in ločilnikov), zamenjavo transformatorjev in kondenzatorjev, polnjenih s PCB, dekontaminacijo transformatorjev z vsebnostjo PCB ter s PCB onesnaženih transformatorskih postaj.

Ukvarjal sem se tudi z vzdrževanjem opreme, polnjene s plinom SF₆, predvsem odklopnikov, vzdrževanjem nadzemnih vodov, uvajanjem dela pod napetostjo v industriji in elektro-gospodarstvu ter z obvladovanjem premoženja.

Vse te izkušnje sem redno predstavljal na domačih in mednarodnih konferencah CIGRÉ. Še posebej veliko novega znanja in izkušenj sem pridobil s sodelovanjem v delovnih skupinah CIGRÉ, na področju dela pod napetostjo (JWG B2/B3.27, WG B2.64 in WG B2.87) ter obvladovanja premoženja (WG B2.82 in JWG B2/C1.86).

Kot že rečeno je CIGRÉ izjemna zakladnica znanja in izmenjave izkušenj. Vsakemu zainteresiranemu in aktivnemu inženirju ponuja številne priložnosti za strokovni razvoj na različnih področjih, tudi na področju vzdrževanja elektroenergetskih objektov, opreme in naprav.

Novembra 2026 bom kot član organizacijskega odbora in avtor strokovnih člankov sodeloval na 7. konferenci o vzdrževanju v elektroenergetiki, ki bo v organizaciji CIGRÉ-CIRED potekala v Mariboru. Predstavil bom tudi nove vsebine s področja vzdrževanja električnih vozil in sončnih elektrarn. VABLJENI!

5. Vključeni ste bili tudi v EFNMS. Kako ste se vključili v to evropsko vzdrževalsko organizacijo, kako deluje, katere funkcije ste v njej opravljali in kako je potekalo vaše delo?

DVS je aktiven član EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies) ter sodeluje v njegovih komitejih in različnih organizacijskih projektih.

Na povabilo prejšnjega predsednika DVS Darka Cafute sem se leta 2017 v Vodichah na Hrvaškem vključil v delo EFNMS oziroma odbora EHSEC (European Health, Safety and Environment Committee) kot specialist za varno delo električarjev, predvsem na področju dela pod napetostjo, vzdrževanja električnih vozil in sončnih elektrarn, LOTOTO ter drugih področij varnosti pri delu.

Odbor EHSEC je predvsem aktiven na področju varnosti in zdravja pri delu ter sodeluje tudi v kampanjah European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA).

Trenutno poteka kampanja »TOGETHER FOR MENTAL HEALTH AT WORK« (2026–2028), saj je duševno zdravje pri delu prepoznano kot pomembno področje tako za delojemalce in delodajalce kot tudi za širšo družbo.

Kot predsednik DVS se aktivno vključujem v vse aktivnosti EFNMS, še posebej v zadnjem obdobju, ko smo uspešno izvedli postopek kandidature za organizacijo EuroMaintenance 2028.

Udeležbo na generalni skupščini EFNMS si zaradi stroškov udeležbe deliva z Janezom Tomažinom, ki je obenem predsednik komiteja EAMC (European Asset Management Committee) pri EFNMS ter je mednarodno zelo aktiven tudi v organizacijah The Global Forum on Maintenance & Asset Management (GFMAM) in World Partners in Asset Management (WPiAM).

V mednarodnem okolju sta aktivna tudi mag. Andrej Androjna in dr. Damjan Maletič, ki s svojim strokovnim delovanjem pomembno prispevata k prepoznavnosti DVS in slovenske stroke v mednarodnem okolju.

Sodelovanje v mednarodnem okolju, še posebej v okviru EFNMS, nam omogoča boljše prepoznavanje strateških usmeritev na področju vzdrževanja in obvladovanja premoženja ter njihovo vključevanje v razvojne usmeritve našega društva DVS.

Zato bomo tudi v prihodnje aktivno sodelovali v mednarodnih organizacijah, pridobljeno znanje in izkušnje pa prenašali v slovensko strokovno okolje ter med naše člane.

6. Kako je potekala vaša pot do doktorata, katera raziskovalna tema je bila v ospredju vašega doktorskega dela in kako vam znanstveni pristop danes pomaga pri vodenju DVS?

Po končanem šolanju na srednji elektrotehniški šoli v Puli sem se oktobra 1974 preselil v Ljubljano in začel študij na Univerzi v Ljubljani, kjer sem se ob zahtevnem študiju na Fakulteti za elektrotehniko začel spoznavati tudi s slovenskim jezikom.

Leta 1979 sem diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko, nato sem dve leti delal kot asistent, leta 1982 pa magistriral. Diplomsko in magistrsko delo sta bili povezani s področjem energetskih transformatorjev.

Potem ko sem v podjetju C&G d.o.o. Ljubljana razvil, promoviral in od leta 2006 naprej uvajal ter izvajal delo pod napetostjo (DPN), sem z leti razvijal idejo, da bi znanstveno poglobil raziskovanje učinkovitosti in uspešnosti metode DPN, s posebnim poudarkom na varnosti in zdravju pri delu.

Po tehtnem premisleku sem vzpostavil stik z bodočim mentorjem, prof. dr. Boštjanom Gomiščkom, ter takratnima asistentoma dr. Damjanom Maletičem in dr. Matjažem Maletičem na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za organizacijske vede. Oba sta danes aktivna člana DVS.



Slika 3: Delavni sestanek EFNMS odbora EHSEC (Lovrenčič je aktiven član), Atene, 10.10. 2025

Obsežno raziskovalno delo sem zaključil marca 2018 z uspešnim zagovorom doktorske disertacije z naslovom »Učinki dela pod napetostjo kot metode vzdrževanja električnih inštalacij«.

Na začetku raziskovalnega dela sem spoznal, koliko vrzeli sem imel na področju poznavanja teorije in procesov vzdrževanja ter obvladovanja premoženja, saj se v času mojega rednega študija s področjem vzdrževanja praktično nismo srečevali.

V dotedanjem strokovnem delu sem vzdrževanje prepoznaval predvsem kot zagotavljanje storitev vzdrževanja, rezervnih delov ter nadomestne opreme v elektroenergetiki. Ločeval sem korektivno (popravljalno) in preventivno (preprečevalno) vzdrževanje ter v dobaviteljski verigi redno in investicijsko vzdrževanje.

To je bilo za oblikovanje dispozicije, raziskovalne teze in hipotez za zahtevno razvojno-raziskovalno delo bistveno premalo. Zato je bilo doktorsko delo obsežno in polno izzivov, tako pri oblikovanju doktorske disertacije kot pri usklajevanju profesionalnih obveznosti in družinskega življenja.

Pri delu v DVS mi več kot 40 let delovanja v elektrogospodarstvu in industriji omogoča boljše prepoznavanje izzivov pri vodenju društva. Pri tem mi je v veliko pomoč odlična ekipa, ki smo jo skupaj oblikovali po moji izvolitvi septembra 2024. Strukturo in način vodenja društva DVS sem lažje prepoznal tudi zaradi svojih preteklih izkušenj. Več let sem bil v vodstvu ŠD Moste, kjer sem sodeloval pri organizaciji mednarodnih turnirjev v ritmični gimnastiki ter bil član UO ŠDM in NO ŠDM, prav tako pa sem imel izkušnje z delovanjem v vodstvu CIGRÉ-CIRED.

Pomembno spoznanje pri vodenju DVS je, da nikakor ne smem ostati sam. Zato je ključnega pomena, da skupaj zgradimo ekipo ter sodelavce in člane vodstva DVS trajno motiviramo za izvajanje posameznih operativnih in strateških nalog.

7. Kako ste se lotili organizacijskih sprememb v DVS, ste uvedli nove oblike sodelovanja, odbore ali projekte ter kako povezujete industrijo, akademsko sfero in mlade strokovnjake?

Uvodoma smo prevzeli delo svojih predhodnikov, saj DVS deluje že od leta 1975. Društvo ima bogato zgodovino; današnji upokojeni člani se še vedno spominjajo izjemnih druženj ob TPVS na Rogli in pozneje na Otočcu. DVS ima tudi lastne prostore, za kar gre zahvala vsem predhodnim vodstvom. V 50-letni zgodovini je društvo doživljalo vzpone in padce.

Ob prevzemu vodenja DVS smo kot nova ekipa skrbno oblikovali vse s statutom določene organe, pripravili volitve ter izvedli dve skupščini. Ob kadrovske okrepitvi še vedno

aktivno delujemo na finančni konsolidaciji društva, pri čemer posebno pozornost namenjam pridobivanju novih članov, predvsem pogodbenih partnerjev – podjetij – ter organizaciji strokovnih delavnic in predavanj.

Obudili smo organizacijo TPVS, nadaljujemo z rednim izdajanjem revije Vzdrževalec, obnovili smo spletno stran DVS in aktivirali prisotnost društva na omrežju LinkedIn.

Začeli smo spodbujati sodelovanje z akademsko sfero in mladimi strokovnjaki, še posebej s študenti, z namenom njihovega aktivnejšega vključevanja v delo DVS. Proces poteka počasi, vendar se je na naše pozive že odzvalo nekaj kolegov z univerz in višjih strokovnih šol.

Obnovili smo tudi tekmovanje za najboljšo diplomsko s področja vzdrževanja. Mentorje smo povabili k prijavi diplomantov, letos aprila pa smo na 31. TPVS omogočili osebne predstavitve štirih diplomantov, katerih diplomska dela so bila med 20 prijavljenimi ocenjena kot najboljša in so prejela priznanje za najboljšo diplomsko.

Slovensko akademsko okolje moramo še bolj aktivno prirediti, še posebej zaradi izvedbe EuroMaintenance 2028 (EM 2028). Dosedanja praksa kongresov EuroMaintenance namreč kaže, da več kot polovica strokovnih člankov tujih avtorjev prihaja iz akademske sfere. Zato bo vključevanje slovenskih univerz, fakultet, raziskovalcev in študentov ena od pomembnih nalog pri pripravi EM 2028.

8. TPVS – Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije – velja za osrednji strokovni dogodek na področju vzdrževanja. Kako ocenjujete njegovo trenutno raven, katere novosti ste uvedli in kako ste zadovoljni z odzivom udeležencev ter strokovne javnosti?

Res je, TPVS je osrednji strokovni dogodek na področju vzdrževanja v Sloveniji, ki je bil pred obdobjem korone predvsem zaradi finančnih razlogov žal prekinjen. 29. TPVS je bil organiziran na Otočcu 9. in 10. oktobra 2019.

Za nami je uspešna organizacija 30. in 31. TPVS. Skupaj s Celjskim sejmom smo oba dogodka izvedli v okviru MIS 2025 in MIS 2026.

Previdno smo začeli z organizacijo 30. TPVS, ki smo ga ob 50. obletnici Društva vzdrževalcev Slovenije poimenovali »Dan vzdrževanja«. Novo vodstvo je imelo za izvedbo zelo malo časa – le dva meseca.

Celjski sejem nam je ponudil ustrezno infrastrukturo, dogodek pa je potekal 10. aprila 2025 v Dvorani Celjanka. Dogodek smo ocenili kot uspešen, tako z vsebinskega kot organizacijskega vidika. Kot pomembno usmeritev smo prepoznali potrebo, da predavateljem in udeležencem omogočimo več časa za izmenjavo mnenj, razpravo in

mreženje, kar je eden od temeljnih ciljev strokovnega srečanja.

Udeležba približno 100 kolegov s področja vzdrževanja brez plačila kotizacije je bila zadovoljiva. Stroške organizacije, vključno z zbornikom in pogostitvijo, smo pokrili iz članarine. Organizacijski odbor je s pripravami na 31. TPVS začel bistveno prej in tokrat organiziral dvodnevni »Kongres prihodnosti vzdrževanja«.

Oba dneva smo ponovno imeli približno 100 udeležencev brez kotizacije in uspeli pokriti stroške organizacije s sponzorskimi sredstvi.

Pomembna programska usmeritev je bila delitev vsebine na področji obvladovanja premoženja in operativnega vzdrževanja, kar je udeležencem omogočilo lažjo izbiro vsebin glede na njihova strokovna področja in interese.

Predavatelji ter njihovi strokovni članki, objavljeni v zborniku oziroma reviji Vzdrževalec pred izvedbo TPVS, so bili na visokem strokovnem nivoju. Pomemben podatek je tudi, da se je približno polovica udeležencev odločila za udeležbo oba dneva.

S Celjskim sejmom smo po izvedbi 31. TPVS opravili vsebinsko analizo in skupaj iskali možnosti za izboljšave pri organizaciji 32. TPVS.

Dogovorili smo se, da bo april 2027 pomembna »generalka« oziroma priprava na EuroMaintenance 2028, ki bo potekal od 7. do 9. marca 2028. Za ta namen smo oblikovali skupni organizacijski in programski odbor.

Dogovorili smo se za več izboljšav pri organizaciji prihodnjih dogodkov. Eden od pomembnejših problemov, ki se je pokazal, je veliko odstopanje med številom pisnih prijav in dejansko udeležbo na dogodka.

Zato smo se odločili, da bomo resnost prijav in udeležbe spodbudili tudi z uvedbo eno- in dvodnevne kotizacije.

Naše članstvo in druge udeležence moramo pravočasno pripraviti na dejstvo, da bo izvedba EM28 zahtevala znatna finančna sredstva. Pomemben vir za pokrivanje stroškov bodo poleg sponzorskih sredstev tudi kotizacije udeležencev.



Slika 4: Udeleženci GA EFNMS, Atene, 10. oktobra 2025, ko je DVS dobil organizacijo EuroMaintenance 2028 v Sloveniji

9. DVS načrtuje največji dogodek v svoji zgodovini – EuroMaintenance 2028. Kako je prišlo do odločitve za ta dogodek, kdo je k temu največ pripomogel, kaj dogodek pomeni za Slovenijo, kdo je vključen in kako potekajo priprave?

Organizacija EuroMaintenance 2028 (EM28) je velik organizacijski in finančni izziv za vodstvo DVS, saj smo v projekt trenutno vključeni predvsem prostovoljci, ki hkrati vodimo in izvajamo druge aktivnosti društva.

Največje breme trenutno nosimo predsednik Organizacijskega odbora EM28 Janez Tomažin, predsednik Programskega odbora EM28 mag. Andrej Androjna ter jaz kot predsednik DVS.

V priprave so aktivno vključeni tudi predsednik Odbora za izobraževanje dr. Damjan Maletič, predsednik Uredniškega odbora revije mag. Viktor Jemec, predsednik Odbora za spletno stran Jernej Fijavž ter tajnica DVS Ana Lovrenčič.

Zelo pomembno je nadaljnje vključevanje drugih članov vodstva DVS in aktivnih članov, saj projekt EM28 zahteva veliko angažiranost celotnega organizacijskega tima DVS. Kako motivirati sode-

lavce za aktivno vključevanje je zato poseben izziv in eden pomembnejših ciljev, saj bo uspešno sodelovanje pri projektu dolgoročno okrepilo organizacijsko strukturo DVS.

Izjemno pomembno je, da so se v Organizacijski odbor EM28 neposredno vključile tudi sodelavke Celjskega sejma, med njimi vodja projekta MIS, vodja kongresnega centra ter vodja marketinga in odnosov z javnostmi. Njihovo znanje in izkušnje so za uspešno izvedbo EM28 izjemno pomembni.

Ideja o kandidaturi za organizacijo EM28 je dozorela po tem, ko je EFNMS leta 2025 objavil razpis. IO DVS je pobudo podprl in začele so se priprave kandidature.

Kandidaturo sva na generalni skupščini EFNMS oktobra 2025 v Atenah predstavila z Janezom Tomažinom. Pri kandidaturi smo konkurirali društvoma iz Španije (AEM) in Belgije (BEMAS). Uspešne priprave kandidature ter podpora MGTŠ, GZS, MOC in Celjskega sejma so omogočile, da smo na generalni skupščini EFNMS prejeli 12 od 20 glasov, BEMAS 5 glasov in AEM 3 glasove.

DVS je tako postal organizator 28. EuroMaintenance, ki bo potekal na Celjskem sejmu od 7. do 9. marca 2028 v okviru MIS 2028.

Pri tem velja omeniti, da je DVS že leta 2006 uspešno kandidiral za organizacijo EuroMaintenance, vendar je takratno vodstvo od organizacije EM2008 pozneje odstopilo. Po dvajsetih letih se tako ponovno srečujemo z velikim izzivom organizacije tega pomembnega evropskega kongresa.

Priprave na EM2028 so se že začele, tako interno med sodelavci DVS kot tudi v sodelovanju s Celjskim sejmom. Naša želja je obnoviti in okrepiti komunikacijo z MGTŠ, GZS, MOC in SPIRIT ter skupaj oblikovati podporno okolje za uspešno izvedbo kongresa.

Konec avgusta smo imeli uspešen sestanek na GZS, skupaj s predstavnicami Celjskega sejma, katerega namen je bil predstaviti programske in organizacijske aktivnosti EM28 ter oblikovati podporo GZS pri njegovi izvedbi.

10. Kakšni so vaši glavni cilji do konca mandata, kje vidite DVS čez nekaj let, kako naj se stroka vzdrževanja prilagodi digitalizaciji, umetni inteligenci in energetskemu prehodu ter kaj bi sporočili mladim inženirjem in bralcem revije Vzdrževalec?

Naši glavni cilji do konca mandata leta 2028 so opredeljeni v Strateškem načrtu DVS 2024–2028.

Osebnostno si želim, da bi nadaljevali razvoj DVS v smeri, ki smo jo začrtali in uspešno uresničevali v prvih dveh letih mandata. Že v prvem letu smo DVS finančno konsolidi-

rali, k čemur je pomembno prispevalo prostovoljno delo vodstva.

Članarino smo namenili predvsem izvajanju dejavnosti društva in pokrivanju osnovnih stroškov pisarne (energija, telefon, internet, računovodstvo). Takšen pristop smo nadaljevali tudi letos, pri čemer smo med prihodke poleg članarine vključili še prihodke od delavnic in predavanj ter sponzorska sredstva za 31. TPVS. Seveda si prizadevamo za še boljši poslovni rezultat. K delu DVS moramo pritegniti nove pogodbenne partnerje in fizične člane, predvsem iz akademskega okolja, med študenti in med upokojenci, ki imajo bogato strokovno znanje in izkušnje.

Pomemben cilj DVS je, da naše članstvo in širše slovensko strokovno okolje prepozna DVS kot priložnost za razvoj, povezovanje in sodelovanje. DVS mora svojim članom omogočati predvsem:

- mreženje ter nove priložnosti za poslovna sodelovanja in partnerstva;
- neposreden dostop do strokovnjakov in odločevalcev iz industrije, energetike in področja infrastrukture;
- promocijo storitev in izdelkov v strokovni reviji Vzdrževalec ter na dogodkih DVS;
- možnost izvedbe predavanj in predstavitev ter objave strokovnih člankov in primerov dobrih praks;
- sponzorsko izpostavljenost na TPVS in drugih strokovnih konferencah;
- vključevanje v strokovne delovne skupine na področjih obvladovanja premoženja, digitalne preobrazbe, umetne inteligence, varnosti in zdravja pri delu ter inženirskih tehnik;
- dostop do usposabljanj in možnosti certificiranja na globalni ravni;
- vključevanje v razvoj standardov, smernic in najboljših praks.

Posebej želim nagovoriti mlade inženirje in bralce revije Vzdrževalec, da se aktivno vključijo tako v pripravo in objavo strokovnih prispevkov kot tudi v branje in izmenjavo znanja. Naš cilj je, da revija Vzdrževalec postane osrednji vir za izobraževanje, strokovno povezovanje in obveščanje strokovnjakov s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja v Sloveniji.

Želimo si, da bi DVS postal prostor, kjer se srečujejo znanje, izkušnje in nove generacije strokovnjakov, saj bomo le s povezovanjem vseh generacij lahko uspešno razvijali stroko vzdrževanja in obvladovanja premoženja tudi v prihodnje.

Za izčrpne in smeje odgovore se vam najlepše zahvaljujemo in vam želimo, da s svojo ekipo dosežete zastavljene naloge in uspešno izvedete največji dogodek EM 2028.

OBVLADOVANJE PREMOŽENJA

Pišeta: dr. Damjan Maletič¹ in dr. Matjaž Maletič¹,

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Laboratorij za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov



KAKO DO USPEŠNEGA SISTEMA OBVLADOVANJA PREMOŽENJA: POMEN ČLOVEŠKEGA DEJAVNIKA IN ISO 55001

Uspešnost sistema obvladovanja premoženja, zasnovanega na standardu ISO 55001, je pogosto enačena s formalno skladnostjo s tehničnimi in dokumentacijskimi zahtevami standarda. Empirične ugotovitve in praksa pa kažejo, da tehnična skladnost sama po sebi ni zadosten pogoj za uspešno delovanje sistema, saj mnoge organizacije kljub vzpostavljenemu sistemu ne dosežejo pričakovanih rezultatov. Prispevek obravnava vlogo človeškega dejavnika kot enega ključnih, a pogosto premalo poudarjenih pogojev za uspešno obvladovanje premoženja. Na podlagi zahtev standarda ISO 55001:2024 ter novejših namenskih smernic ISO 55012:2024 je prikazano, kako standard sam prepozna pomen vodenja, usposobljenosti, ozaveščenosti, komuniciranja in znanja zaposlenih. Te ugotovitve so podprte z empiričnimi raziskavami, ki kažejo, da je uvajanje praks obvladovanja premoženja odvisno tudi od organizacijskega konteksta ter da zanemarjanje človeških in kulturnih dejavnikov zmanjšuje učinkovitost sicer tehnično dovršenih sistemov. Prispevek zaključuje, da je uspešen sistem obvladovanja premoženja rezultat organizacijske kulture, ki ljudem namenja enako pozornost kot procesom, podatkom in tehnologiji.

Ključne besede: obvladovanje premoženja, ISO 55001, ISO 55012, človeški dejavnik, organizacijska kultura.

Uvod

Organizacije, ki obvladujejo obsežno fizično premoženje – od proizvodnih obratov, infrastrukture, prometnih sistemov do energetskih omrežij – se vse pogostejše soočajo z vprašanjem, kako to premoženje obvladovati sistematično, dolgoročno in stroškovno učinkovito. Odgovor mnogih organizacij je vzpostavitev sistema obvladovanja premoženja, ki temelji na mednarodnem standardu ISO 55001. Razlike med visoko in nizko uspešnimi organizacijami na področju obvladovanja premoženja so pri tem lahko precejšnje: avtorja Jooste in Vlok (2015) v članku »A decision support model to determine the critical success factors of asset management services« navajata, da imajo najuspešnejše organizacije bistveno nižji delež nenačrtovanih izpadov in višjo učinkovitost opreme (OEE) v primerjavi z organizacijami, ki na tem področju zaostajajo (top 20 % najuspešnejših organizacij dosega 3,5 % nenačrtovanih izpadov in 89 % OEE, medtem ko zaostajajoče organizacije dosegajo 16,9 % izpadov in 69 % OEE), pri čemer zaostajajoče organizacije beležijo tudi 24-odstotno izgubo donosnosti sredstev (ROA) in 1-odstotno povečanje stroškov vzdrževanja. Kljub razpoložljivosti uveljavljenih okvirov in standardov za obvladovanje premoženja pa mnogim organizacijam še vedno ne uspe doseči zelenih rezultatov

pri vzpostavitvi sistema obvladovanja premoženja (Maletič, Todorović in Maletič, 2024). To potrjuje, da tehnična skladnost s standardom sama po sebi ni dovolj – ključno vlogo pri uspešni implementaciji igrajo tudi drugi, netehnični dejavniki uspeha.

Vse več strokovne in raziskovalne pozornosti se zato usmerja v vprašanje, zakaj nekatere organizacije uspešno vpeljejo in ohranijo učinkovit sistem, druge pa kljub enakim formalnim izhodiščem ne dosežejo pričakovanih rezultatov. Novejše študije to izrecno potrjujejo – Gomaa (2025) izpostavlja omejeno pozornost, namenjeno človeškim dejavnikom in obvladovanju sprememb, kot eno ključnih ovir pri uspešni transformaciji obvladovanja premoženja, saj je uspeh v veliki meri odvisen od organizacijske kulture in pripravljenosti zaposlenih na sprejemanje novih pristopov. Odgovor pogosto ni v tehničnih ali dokumentacijskih pomanjkljivostih, temveč v t. i. mehkih dejavnikih – predvsem v vlogi ljudi, ki sistem uporabljajo, ga razumejo in vanj vlagajo (ali pa ne vlagajo) svoj vsakodnevni trud.

Zakaj je človeški dejavnik ključen?

Sistem obvladovanja premoženja ni izključno tehnično orodje, temveč organizacijski sistem, ki povezuje strategijo, procese,

podatke in – ne nazadnje – ljudi. To potrjuje tudi struktura standarda ISO 55001:2024, ki človeškemu dejavniku namenja vidno mesto skozi več vsebinsko povezanih točk. Točka 5 (Voditeljstvo) zahteva jasno zavezanost najvišjega vodstva k politiki in ciljem obvladovanja premoženja ter opredelitev vlog, odgovornosti in pooblastil znotraj organizacije, pri čemer nova različica standarda vodenju namenja še izrazitejšo vlogo kot izdaja iz leta 2014. Znotraj točke 7 (Podpora) standard v podtočki 7.2 (Kompetence) zahteva, da organizacija zagotovi ustrezno usposobljenost zaposlenih, v podtočki 7.3 (Ozaveščenost) pa – kot novost različice 2024 – ne le izvajanje ukrepov za dvig ozaveščenosti o obvladovanju premoženja, temveč tudi vrednotenje njihove dejanske učinkovitosti. Podobno podtočka 7.4 (Komuniciranje) odslej zahteva tudi presojo, ali je bilo komuniciranje med zaposlenimi in drugimi deležniki dejansko uspešno, ne le da je bilo izvedeno. Novost je tudi podtočka 7.7 (Znanje), ki priznava, da je znanje zaposlenih – tako dokumentirano kot tacitno – vrednota organizacije in ga je treba obvladovati enako sistematično kot druga premoženja.

Pomen teh vidikov je tako velik, da je tehnični odbor ISO/TC 251 leta 2024 izdal samostojen dokument, namenjen izključno tej tematiki – ISO 55012:2024 (Asset management — Guidance on people involvement and competence). Gre za smernico, ki dopolnjuje zahteve standarda ISO 55001:2024 in podrobneje razčlenjuje, kako naj organizacija dejansko okrepi vključenost, zavzetost in usposobljenost svojih ljudi znotraj sistema obvladovanja premoženja. Dokument obravnava šest med seboj povezanih vidikov: a) učinkovitost sprejemanja operativnih zahtev in politik iz strateškega plana obvladovanja premoženja (SAMP) po celotni organizaciji, b) stopnjo vključenosti zaposlenih v pripravo in izvajanje načrtov ter strategij, c) raven znanja in ozaveščenosti zaposlenih o zahtevanih aktivnostih, d) vpliv usposobljenosti na sposobnost zaposlenih za izvajanje teh aktivnosti, e) proces, prek katerega razvojni načrti spodbujajo nenehne izboljšave učinkovitosti sistema ter f) prepoznavanje medsebojnih odvisnosti znotraj timov, ki soustvarjajo uspešnost organizacije. Ti vidiki veljajo tako za vodstvo, odgovorno za delovanje sistema kot celote, kot tudi za zaposlene, ki načrte in strategije dejansko izvajajo – standard torej človeškega dejavnika ne obravnava zgolj kot vprašanje vodenja „od zgoraj navzdol“, temveč kot skupno odgovornost na vseh ravneh organizacije.

Vsebinsko se ISO 55012:2024 neposredno navezuje na zahteve iz točke 7 (Podpora) standarda ISO 55001:2024, ki jih podrobneje pojasnjuje in operacionalizira: zahtevo po zadostnih virih (podtočka 7.1) razčlenjuje na vprašanje, kakšna znanja in spretnosti organizacija dejansko potrebuje ter kako naj zaposleni te pridobijo; zahtevo po kompetentnosti (7.2) povezuje z razvojem in spremljanjem kompetenc skozi čas; zahtevo po ozaveščenosti (7.3) razširja na to, kako naj zaposleni razumejo politiko obvladovanja premoženja in posledice neskladnosti; zahtevo po komuniciranju (7.4) pa dopolnjuje z vidika tega, kaj je treba sporočati internim in zunanjim deležnikom, da

vključenost dejansko zaživi v praksi. Dokument je namenjen vsem vrstam in velikostim organizacij, njegova načela pa se lahko smiselno uporabljajo tudi zunaj formalnega sistema obvladovanja premoženja – kar dodatno potrjuje, da gre za splošno uporabno vodilo, ne le za ozko tehnično dopolnilo standarda.

Nadalje standard v točki 10 (Izboljševanje) od organizacije zahteva, da sistem obvladovanja premoženja nenehno izboljšuje glede na njegovo primernost, ustreznost in učinkovitost. Ta zahteva je neposredno povezana s človeškim dejavnikom: brez usposobljenih, ozaveščenih in vključenih zaposlenih organizacija težko prepozna priložnosti za izboljšave, še težje pa jih dejansko udejanji v praksi. Standard torej ne obravnava človeškega dejavnika kot ločenega ali dodatnega vidika, temveč kot pogoj, brez katerega zahteve iz točk 5 (Voditeljstvo), 7 (Podpora) in 10 (Izboljševanje) ne morejo zaživet v praksi, temveč ostajajo le na ravni formalne skladnosti.

Uspešen sistem obvladovanja premoženja torej ni zgolj rezultat formalne skladnosti s standardom, temveč tudi rezultat organizacijske kulture, ki ljudem – njihovem znanju, ozaveščenosti in vključenosti – namenja enako pozornost kot procesom, podatkom in tehnologiji. ISO 55001:2024 s svojo zadnjo izdajo to razmerje jasno priznava, praksa pa bo pokazala, koliko organizacij bo to sporočilo dejansko ponotranjilo.

Empirične ugotovitve o dejavnikih uspešne implementacije

Teoretična pričakovanja standarda potrjujejo tudi empirične raziskave. Maletič in sodelavci (2017) so v raziskavi, izvedeni med 138 organizacijami iz šestih evropskih držav (Slovenija, Poljska, Grčija, Švedska, Turčija in Slovaška), preučevali vpliv kontekstualnih (kontingenčnih) dejavnikov – predvsem negotovosti poslovnega okolja in konkurenčnosti panoge – na obseg uvajanja praks obvladovanja fizičnega premoženja. Ugotovitve kažejo, da se organizacije, ki delujejo v bolj negotovem in konkurenčnem okolju, praks obvladovanja premoženja lotevajo bolj intenzivno, kar potrjuje, da odločitve o poglobljenem uvajanju AMS ni zgolj tehnično vprašanje, temveč tudi odziv na širši organizacijski in panožni kontekst.

Podoben sklep potrjuje raziskava Alsayouf in sodelavcev (2021), ki je preučevala učinke uvedbe standarda ISO 55000 med certificiranimi organizacijami v Združenih arabskih emiratih. Rezultati kažejo, da uvedba standarda pozitivno vpliva na vse štiri obravnavane vidike uspešnosti organizacije – finančnega, uporabniškega, procesnega ter vidika učenja in rasti – kar nakazuje, da koristi standarda segajo znatno dlje od zgolj formalne certifikacijske skladnosti, pod pogojem, da je uvedba resnično operacionalizirana v praksi organizacije.

Na vlogo človeškega dejavnika posebej opozarja tudi Ratnayake (2013), ki je preučeval trajnostno uspešnost industrijskih

premoženj v luči standarda PAS 55 (predhodnika ISO 55001). Avtor izpostavlja, da tehnično dovršeni sistemi obvladovanja premoženja pogosto ne dosežejo pričakovanih rezultatov prav zaradi zanemarjenih človeških dejavnikov – vključno s pomanjkljivim usposabljanjem, nejasnimi odgovornostmi in šibko organizacijsko kulturo – kar te dejavnike postavlja ob bok tehničnim in procesnim vidikom kot enakovreden pogoj za trajnostno uspešnost premoženja.

Taka spoznanja se smiselno navezujejo na zahteve standarda iz točke 4 (Kontekst organizacije), ki od organizacije zahteva, da pred vzpostavitvijo sistema razume svoje notranje in zunanje dejavnike ter pričakovanja deležnikov. Standard in empirične ugotovitve se torej dopolnjujeta: standard predpisuje, da je treba kontekst in človeški dejavnik razumeti in obvladovati, raziskave pa dosledno pokažejo, zakaj je to v praksi ključno za dejansko uspešnost sistema.

Konceptualni model delovanja sistema obvladovanja premoženja

Za celostno razumevanje delovanja sistema obvladovanja premoženja prikazuje Slika 1 konceptualni model, ki povezuje formalne zahteve standarda, človeški dejavnik ter končne izide za organizacijo.

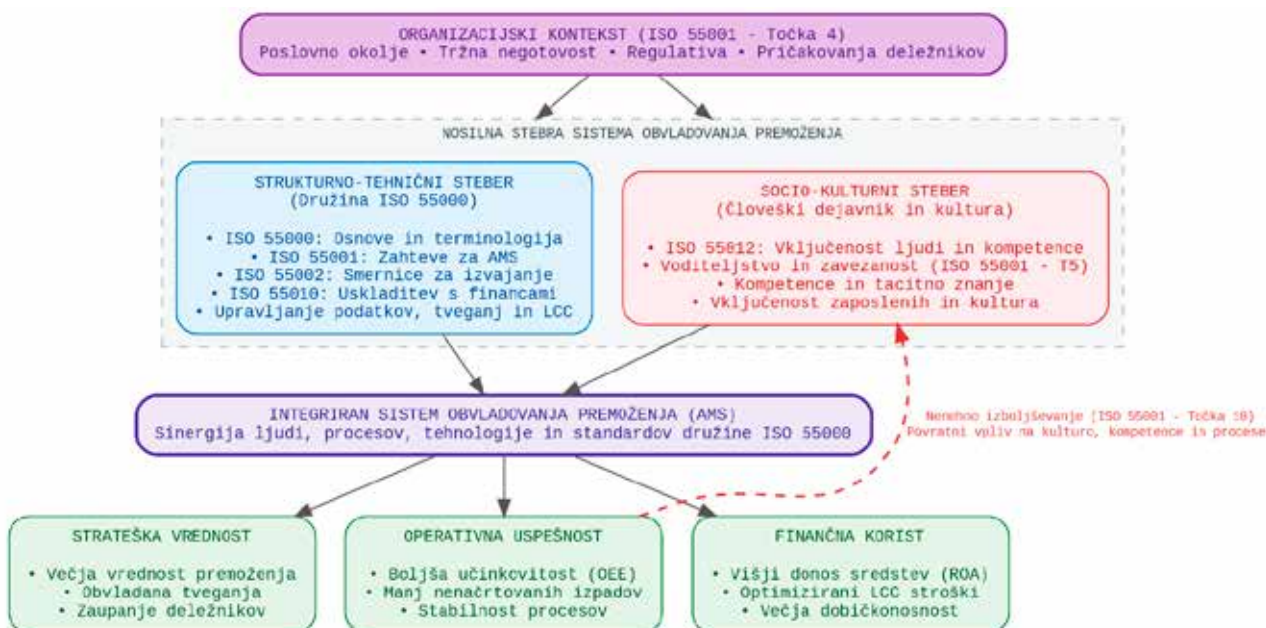
Model na Sliki 1 ponazarja, da uspeh sistema obvladovanja premoženja izhaja iz razumevanja **organizacijskega konteksta** (ISO 55001, točka 4), ki opredeljuje notranje in zunanje zahteve poslovanja ter pričakovanja deležnikov. Celovit sistem temelji na sinergiji dveh nosilnih stebrov:

- **Strukturno-tehnični stebra**, ki ga tvorijo krovni standardi družine ISO 55000 (ISO 55000 za osnove in terminologijo, ISO 55001 za zahteve sistema, ISO 55002 za smernice izvajanja ter ISO 55010 za uskladitev finančnih in nefinančnih funkcij), ter
- **Socio-kulturnega stebra**, ki primarno temelji na novih usmeritvah standarda ISO 55012 (vključenost ljudi in kompetence) ter zahtevah po vodenju, zavedanju, uporabi tacitnega znanja in oblikovanju podporne organizacijske kulture.

Integracija obeh stebrov v enoten **integriran sistem obvladovanja premoženja (AMS)** ustvarja večdimenzionalne izide: strateško vrednost (obvladovanje tveganj in zaupanje deležnikov), operativno uspešnost (višji OEE, manj nenačrtovanih izpadov in stabilnost procesov) ter finančne koristi (višji ROA in optimizirani stroški življenjskega cikla). Celotni proces zaokrožuje **povratna zanka nenehnega izboljševanja** (ISO 55001, točka 10), ki rezultate merjenja uspešnosti povratno vpenja v nadaljnji razvoj kompetenc, procesov in organizacijske kulture.

Zaključek in priporočila za prakso

Razpravljanje o učinkovitosti sistemov obvladovanja premoženja pogosto lahko ostaja ujeto med dvema skrajnostma: pretiranim poudarjanjem tehnično-dokumentacijskih zahtev standarda ISO 55001:2024 ali poenostavljenim pričakovanjem, da bodo sama orodja in tehnologija rešili operativne izzive. Pregled zahtev posodobljenih standardov ISO 55001:2024 in ISO 55012:2024 v



Slika 1: Konceptualni model vpliva skladnosti s standardom in človeškega dejavnika na uspešnost sistema obvladovanja premoženja

povezavi z empiričnimi raziskavami jasno potrjuje, da sistem obvladovanja premoženja deluje le tako dobro, kot delujejo ljudje, ki so vanj vključeni.

Za organizacije, ki želijo premostiti vrzel med formalno skladnostjo in dejanskimi poslovnimi rezultati, kot so višji OEE, manj nenačrtovanih izpadov ter boljša donosnost sredstev, iz ugotovitev izhajajo tri ključna priporočila za prakso:

- 1. Prehod od administrativne k vsebinski presoji kompetenc.** Namesto zgolj beleženja opravljenih izobraževanj morajo organizacije sistematično ocenjevati dejansko učinkovitost komuniciranja, raven ozaveščenosti ter uporabo (tudi tacitnega) znanja zaposlenih v praksi, kot to predvideva smernica ISO 55012.
- 2. Vključevanje zaposlenih na vseh ravneh.** Obvladovanje premoženja ni zgolj naloga vodstva ali tehničnih služb. Trajne izboljšave zahtevajo dvosmerno komuniciranje ter aktivno vključenost operativnih ekip pri pripravi in izvajanju SAMP-a.
- 3. Razvoj organizacijske kulture, usmerjene v celotni življenjski cikel.** Za preseganje funkcionalnih silosnih interesov (npr. nasprotujočih si ciljev nabave, vzdrževanja in financ) mora vodstvo z ustreznimi mehanizmi, nagrajevanjem in osebnim zgledom spodbujati kulturo skupne odgovornosti za dolgoročno vrednost premoženja.

Formalni certifikat ISO 55001:2024 ponuja ustrezno ogrodje, vendar šele zavedanje o odločilni vlogi človeškega dejavnika in načrtno oblikovanje podporne organizacijske kulture omogočata, da investicija v sistem obvladovanja premoženja postane dolgoročna konkurenčna prednost.

LITERATURA

- [1] Alsyouf, I., Alsuwaidi, M., Hamdan, S., & Shamsuzzaman, M. (2021). Impact of ISO 55000 on organisational performance: evidence from certified UAE firms. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(1–2), 134–152. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1537750>
- [2] International Organization for Standardization. (2024). *Asset management — Asset management system — Requirements* (ISO 55001:2024).
- [3] International Organization for Standardization. (2024). *Asset management — Guidance on people involvement and competence* (ISO 55012:2024).
- [4] Jooste, J. L., & Vlok, P. J. (2015). A decision support model to determine the critical success factors of asset management services. *South African Journal of Industrial Engineering*, 26(1), 27–43.
- [5] Gomaa, A. H. (2025). Asset management excellence: a roadmap for integrating lean six sigma and ISO 55001 to achieve operational excellence. *Intelligent and Sustainable Manufacturing*, 2(2), 10020.

- [6] Maletič, D., Todorović, V., & Maletič, M. (2024, March). A Study into the Critical Success Factors of an Asset Management System Implementation: A Review and Evaluation. In *International Scientific-Technical Conference MANUFACTURING* (pp. 92–106). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [7] Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., Gotzamani, K., Gianni, M., Kalinowski, T. B., & Gomišek, B. (2017). Contingency factors influencing implementation of physical asset management practices. *Organizacija*, 50(1), 3–16. <https://doi.org/10.1515/orga-2017-0003>
- [8] Ratnayake, R. M. C. (2013). Sustainable performance of industrial assets: The role of PAS 55-1&2 and human factors. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(3), 198–211. <https://doi.org/10.1080/19397038.2012.756074>

ABSTRACT

HOW TO ACHIEVE A SUCCESSFUL ASSET MANAGEMENT SYSTEM: THE IMPORTANCE OF THE HUMAN FACTOR AND ISO 55001

The success of an asset management system based on the ISO 55001 standard is often equated with formal compliance with the standard's technical and documentation requirements. However, empirical findings and practice show that technical compliance alone is not a sufficient condition for successful system performance, as many organizations fail to achieve the expected results despite having established a system. This paper addresses the role of the human factor as one of the key, yet often underemphasized, conditions for successful asset management. Drawing on the requirements of ISO 55001:2024 and the newly published dedicated guidance document ISO 55012:2024, it is shown how the standard itself recognizes the importance of leadership, competence, awareness, communication, and employee knowledge. These findings are supported by empirical research showing that the deployment of asset management practices also depends on organizational context, and that neglecting human and cultural factors reduces the effectiveness of otherwise technically sound systems. The paper concludes that a successful asset management system is the result of an organizational culture that gives people the same attention as processes, data, and technology.

Keywords: asset management, ISO 55001, ISO 55012, human factor, organizational culture

ZUNANJI SVETOVALEC VZDRŽEVANJA

Piše: **mag. Andrej Androjna**, univ. dipl. inž. str., QUANTUM Consulting,
andrej.androjna@quantum-consulting.si



ZUNANJA SVETOVALNA PODPORA VZDRŽEVANJA: DODANA VREDNOST ALI NEPOTREBEN STROŠEK?

Prenova procesa vzdrževanja ni le strokovna naloga oddelka vzdrževanja, temveč tudi medfunkcijski program, ki posega v prioritete, planiranje, vzdrževalne strategije, zanesljivost, investicije, podatke, računalniško podprte sisteme za upravljanje vzdrževanja (CMMS, Computerized Maintenance Management System) oziroma za obvladovanje premoženja na ravni podjetja (EAM, Enterprise Asset Management), kompetence in vodenje sprememb. Članek obravnava okoliščine, v katerih lahko izkušen zunanji svetovalec pomembno pospeši prenavo, ter meje njegove vloge. Poudarjeni so celovita ocena stanja z uporabo uveljavljenih metodologij in mednarodnih standardov, metodološka neodvisnost, priprava verodostojnega poslovnega primera (business case), pretvorba vrzeli v izvedljiv program sprememb ter polna podpora pri njegovi implementaciji. Zunanja podpora ustvarja trajno vrednost le, če vodstvo in notranji nosilci ohranijo lastništvo ciljev in odločitev ter odgovornost za doseganje koristi in trajno uporabo novega načina dela.

Ključne besede: vzdrževanje, prenova procesa, zunanji svetovalec, poslovni primer, zanesljivost, obvladovanje premoženja, CMMS/EAM, obvladovanje sprememb.

Govorimo o digitalnem prehodu, temelji pa so redko dovolj trdni

V zadnjem času so v številnih podjetjih v ospredju digitalni prehod, umetna inteligenca, napovedna analitika ter koncepti Industrije 4.0 in 5.0. Hkrati pogosto niso dovolj urejeni osnovni temelji, kot so hierarhija delovnih sredstev, proces delovnega naloga, določanje prioritet, planiranje, preventivni programi, mazanje, rezervni deli ali osnovni podatki o odpo-vedih. Napredne tehnologije so lahko zelo koristne, vendar ne morejo nadomestiti procesne discipline, jasnih odgovornosti in kakovostnih podatkov. Če temelji niso urejeni, digitalizacija pogosto le hitreje reproducira obstoječo neurejenost.

Težave so običajno dobro znane: urgentnega dela je preveč, plan – če sploh obstaja – se sproti podira, delovni nalogi se odpirajo prepozno, preventivna opravila so zgodovinsko poddedovana, ponavljajoče se odpovedi pa se rešujejo z vedno enakimi popravili. Podatki so razpršeni po več sistemih in preglednicah, proizvodnja in vzdrževanje uporabljata različna merila pomembnosti, vzdrževanje pa mora ob rednem zagotavljanju razpoložljivosti naprav hkrati sodelovati pri slabo pripravljenih investicijah in vedno znova iskati priložnosti za zmanjševanje stroškov. Podjetje zunanjega svetovalca praviloma ne potrebuje zaradi pomanjkanja notranjega znanja, temveč zato, ker je z notranjim pogledom bistveno težje povezati celotno sliko, ločiti simptome od sistemskih vzrokov, določiti prioritete in spremembe izvesti ob vsakodnevem operativnem pritisku.

Prenova procesa vzdrževanja ni izključno projekt oddelka vzdrževanja

Na uspešnost vzdrževanja vplivajo številni dejavniki, od načina obratovanja opreme, kakovosti prijave potreb, dostopnosti naprav, nabave in skladiščenja materiala, tehnične dokumentacije, investicij, informacijske podpore, usposabljanj, zunanjih izvajalcev, pa vse do odločitev vodstva o stroških, tveganjih in zahtevani razpoložljivosti. Zato je treba ustrezno urediti in medsebojno povezati proces delovnega naloga, planiranje, preventivni program, inženiring zanesljivosti, spremljanje stanja (condition monitoring), vzdrževanje glede na stanje (CBM, condition-based maintenance), mazanje, remonte, rezervne dele, zunanje izvajalce, investicije, CMMS/EAM, podatke, kazalnike in kompetence. Razumeti je treba medsebojne odvisnosti teh vsebin in spremembe uvajati v obvladljivih in izvedljivih fazah. Brez tega npr. spremljanje stanja brez odziva v procesu delovnega naloga ustvarja opozorila, ne pa nujno preprečenih odpovedi; novi kazalniki brez zanesljivih podatkov pa ustvarjajo videz nadzora, ne pa tudi podlage za odločanje.

Največ vrzeli nastaja na stikih med funkcijami oziroma procesi. Vzdrževanje je pri investicijah pogosto vključeno šele, ko je oprema že izbrana, zato ne more pravočasno vplivati na zahtevano zanesljivost in vzdrževalnost, standardizacijo, dostopnost, diagnostične točke, rezervne dele, dokumentacijo, podatke za CMMS/EAM, protokole in zapise zagonskih testiranj ter njihovo izvajanje, usposabljanje in začetni program vzdrževanja. Podobno neusklajeni sistemi informa-



Slika 1: Celovita prenova vzdrževanja in pot od opredelitve problema do trajne vrednosti (vir: avtor)

cijske tehnologije (IT, *information technology*) ustvarjajo več vzporednih resnic: proizvodni sistem beleži zastoje, CMMS/EAM delovne naloge, skladiščni sistem zaloge, oddelki pa še vedno vodijo številne lastne preglednice. Tudi soliden IT-sistem lahko dober proces podpre in standardizira, ne more pa namesto organizacije določiti odgovornosti, prioritet in pravil odločanja.

Celovita ocena stanja mora biti pred izbiro rešitve

Prva naloga odgovornega svetovalca ni ponuditi rešitve, temveč skupaj z naročnikom natančno opredeliti problem, njegove poslovne posledice in odločitve, ki jih mora organizacija sprejeti. Ocena stanja mora povezati podatke, dokumente, razgovore s predstavniki različnih organizacijskih ravni ter neposredno opazovanje dejanskega načina dela. Posebej pomembne so razlike med zapisanim procesom, podatki v sistemih in prakso na terenu. Ugotovitev, ki temelji samo na enem kazalniku ali enem sogovorniku, je lahko preveč poenostavljena; ključne zaključke je zato treba preveriti z več viri in uskladiti z notranjimi nosilci.

Zelo uporabne strokovne podlage dajejo tudi relevantni evropski standardi (EN, European Standards) in standardi Mednarodne organizacije za standardizacijo (ISO, International Organization for Standardization), ki jih v Sloveniji objavlja Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST). EN 13306 na primer vzpostavlja skupno terminologijo, EN 17007 procesni pogled, EN 15341 okvir kazalnikov, družina ISO 55000 pa tehnične odločitve povezuje z vrednostjo, tveganji,

življenjskim ciklom in cilji organizacije [1-6]. Pri uporabi standardov velja biti pragmatičen in uporabiti preverjena načela, ki jih je smiselno prevesti v prakso konkretnega okolja ter prilagoditi njegovi zrelosti.

Pri uporabi metodologij je potrebna določena mera previdnosti, saj kljub koristnosti posameznega pristopa ta običajno naslavlja le del problematike. Kadar svetovalec že pred razumevanjem organizacije ponuja eno metodologijo kot rešitev za skoraj vse probleme, obstaja nevarnost, da bo problem prilagojen rešitvi. Izkušen partner mora poznati različne komplementarne pristope, vendar ostati metodološko nevtralen: metodologija mora slediti ugotovitvam ocene stanja, ne pa obratno. Najboljša rešitev ni nujno najbolj sofisticirana, temveč tista, ki dovolj celovito naslavlja ključne izzive in tveganja, je ljudem razumljiva in jo je organizacija sposobna dosledno uporabiti.

Od poslovnega primera do implementacije

Notranje ekipe praviloma dobro poznajo tehnične in operativne težave, težje pa jih prevedejo v jezik najvišjega vodstva. Verodostojen poslovni primer mora pokazati posledice obstoječega stanja, pričakovane koristi, potrebne vire, stroške in tveganja prenove ter tudi ceno neukrepanja. Nižji neposredni stroški vzdrževanja so pogosto med glavnimi pričakovanji, vendar ne smejo biti edino merilo. Ustvarjanje vrednosti se izkazuje na različne načine: v stabilnejši proizvodnji, manj nenačrtovanih zastojih, zmanjšanju obsega urgentnega dela, boljši uporabi lastnih zmogljivosti, učinkovitejših remontih, daljši življenjski dobi sredstev, bolj obvladanih varnostnih

in okoljskih tveganjih ter kakovostnejših odločitvah o obnovah in investicijah. Odločitev za prenovu zato ni izbira med stroškom projekta in ničelnim stroškom, temveč med nadzorovano investicijo v izboljšanje ter nadaljnjim sprejemanjem pogosto slabo vidnih izgub in tveganj.

Dober poslovni primer je nujen, vendar pomeni šele začetek prenove. Ugotovljene vrzeli je treba prednostno razvrstiti, razumeti njihove odvisnosti, določiti realen obseg in pripraviti fazni program z nosilci, mejniki, pilotnimi izvedbami ter merili koristi. Celovitost ne pomeni, da se mora vse izvajati hkrati. Organizacija ima praviloma prepoznanih več možnih izboljšav, kot jih je sposobna kakovostno izvesti v določenem obdobju, zato je potrebna tudi jasna odločitev, katerih vsebin v posamezni fazi ne bo odpirala.

Ključni element uspešne prenove je podpora pri implementaciji. Svetovalec mora pomagati pri oblikovanju ustreznih rešitev, pilotih, usposabljanju, prvih ciklih izvajanja, odpravljanju ovir, spremljanju napredka in prilagajanju programa na podlagi rezultatov. Pri zmanjševanju urgentnega dela na primer ne zadošča nov kazalnik; treba je izboljšati kakovost prijav, skupno določanje prioritet, tehnološko pripravo, stabilnost plana, preventivne strategije, razpoložljivost materiala in učenje iz ponavljajočih se odpovedi. Za pričakovane koristi je treba določiti začetno stanje, cilj, način merjenja, časovni okvir in notranjega lastnika; uresniči jih organizacija, svetovalec pa pomaga, da se program ne ustavi pri prvih operativnih pritiskih.

Svetovalec je katalizator, ne lastnik spremembe

Tudi najbolj izkušen svetovalec ne more nadomestiti voditeljstva in upravljanja na strani naročnika. Vodstvo mora jasno določiti, zakaj je prenova potrebna, katere učinke pričakuje, kdo je glavni sponzor, kdo vodi program in kdo je odgovoren za posamezne procese. Pravila odločanja morajo veljati tudi ob operativnih pritiskih; če vodstvo ob prvi težavi zaobide dogovorjeni proces, bodo enako storili tudi vsi ostali v procesu.

Svetovalni projekt je skupen podvig. Svetovalec zagotavlja strokovno in metodološko kakovost, neodvisen pogled ter polno podporo pri izvedbi, naročnik pa ohrani odgovornost za cilje, odločitve, sodelovanje ljudi in trajno uporabo rešitev. Na to opozarja tudi ISO 20700, ki poudarja jasen dogovor o namenu, obsegu, pričakovanih rezultatih, vlogah, komunikaciji in zaključku svetovalnega projekta [7]. Pri projektih, ki zahtevajo pomembne spremembe načina dela, je treba enako sistematično obvladovati tudi človeško plat spremembe. ISO/TS 10020 podaja procesni okvir za organizacijsko obvladovanje sprememb [8]. Izkušen svetovalec mora zato vodstvo pravočasno opozoriti tudi na človeško plat spremembe, pojasniti pomen aktivnega sponzorstva ter pomagati vzpostaviti ustrezen pristop k obvladovanju sprememb. Tehnična rešitev je namreč le del uspeha; drugi del je sposobnost organizacije

in ljudi, da novi način dela dejansko sprejmejo, uporabljajo in ohranjajo. Obvladovanje sprememb pri tem ni le spremljevalna komunikacijska aktivnost. Zaposleni morajo razumeti razloge, biti pripravljeni sodelovati pri oblikovanju rešitev, razviti manjkajoče kompetence, imeti pogoje za drugačen način dela in dobiti podporo pri prvih izvedbah.

Prenova zato pogosto zahteva tudi spremembo globoko zakoreninjene kulture. V številnih okoljih se uspešnost vzdrževanja še vedno ocenjuje predvsem po tem, kako hitro so okvare odpravljene. Hitro in varno ukrepanje ob odpovedi je brez dvoma pomembno, vendar je še pomembneje odpovedi preprečevati povsod, kjer njihove posledice niso sprejemljive. Obratovanje do odpovedi je lahko sprejemljiva strategija, vendar le, kadar je izbrana zavestno, na podlagi kritičnosti sredstev in ocene tveganj, ne pa kot privzeti rezultat pomanjkljivega preventivnega vzdrževanja, neustreznega spremljanja stanja ali pomanjkanja učenja iz odpovedi. Zrela organizacijska kultura zato ne slavi samo uspešnih intervencij vzdrževanja, temveč ustvarja pogoje, v katerih je urgentnih posegov čim manj.

Merilo uspeha svetovanja ni število dokumentov, delavnic ali predstavitev, temveč to, kaj organizacija dejansko prične delati drugače in bolje. Prenos znanja, skupna izvedba prvih ciklov in razvoj notranjih nosilcev morajo biti načrtovani od začetka. Dober svetovalec ne ustvarja odvisnosti, ampak pogoje za svoj izstop po opravljenem delu.

Kako presoditi, ali zunanja podpora ustvarja vrednost

Formalna usposobljenost, reference in certifikati so pomembni, vendar ne dajejo zadostne slike. Organizacija naj preveri, ali svetovalec razume vzdrževanje kot medfunkcijski poslovni proces, zna tehnične teme povezati s poslovnimi usmeritvami, tveganji in cilji podjetja, uporablja relevantne standarde, preverja ugotovitve z več viri in se prilagodi dejanski zrelosti naročnika. Previdnost je smiselna, kadar je rešitev ponujena še pred oceno stanja, kadar so priporočila podrejena prodaji določene metodologije, CMMS/EAM ali tehnologije, ali kadar se ocena stanja konča z dolgim seznamom splošnih priporočil brez prioritet, poslovnega primera in podpore pri izvedbi.

Štiri vprašanja za oceno uspešnosti svetovalne podpore:

Ali organizacija sprejema boljše odločitve?

Ali so odgovornosti in pravila jasnejši?

Ali se izboljšujejo zanesljivost, obvladovanje tveganj in učinkovitost?

Ali lahko notranja ekipa nadaljuje brez stalne odvisnosti od svetovalca?

Vključitev dobrega svetovalca je smiselna predvsem, kadar posamezni ukrepi ne zadoščajo, ko organizacija potrebuje

neodvisno oceno stanja ali podporo pri pridobivanju podpore najvišjega vodstva ter ko notranja ekipa zaradi operativnih obremenitev nima dovolj časa in metodološke podpore za samostojno vodenje kompleksne prenove. Začetek ne zahteva nujno odločitve za dolgoročen projekt. Že strokovno vodeni uvodni pogovor ali usmerjena ocena stanja lahko pojasnita pravo naravo težav in pokažeta, kateri naslednji koraki so najbolj smiselni.

Zaključek

Prenova procesa vzdrževanja mora ostati projekt organizacije, ne projekt svetovalca. Zunanji strokovnjak lahko prinese neodvisen pogled, primerjalne izkušnje, poznavanje standardov in metodologij, pomaga pripraviti poslovni primer, povezati pobude v realen in izvedljiv program ter zagotovi polno podporo pri njegovi implementaciji. Njegova prava vrednost se pokaže, ko organizacija postane sposobna sprejemati boljše odločitve, dosledneje izvajati procese, ki dajejo rezultate, učinkoviteje obvladovati tveganja in izboljšave nadaljevati sama. Če za njim ostanejo predvsem generični dokumenti in potreba po novi zunanji podpori, je upravičeno vprašanje, ali je sodelovanje predstavljalo predvsem nepotreben strošek.

Dober svetovalec mora predvsem ponotranjiti sporočilo znanega citata:

“People don’t care how much you know until they know how much you care.”

Komentar avtorja. Kot svetovalec na obravnavanem področju sem skušal temo predstaviti čim bolj nevtrarno in uravnoteženo. Namen članka ni ustvarjati vtisa, da vsaka organizacija potrebuje svetovalca, temveč pojasniti, kdaj lahko kakovostna zunanja podpora ustvari vrednost in kateri pogoji morajo biti pri tem izpolnjeni. Z veseljem bom odgovoril na morebitne komentarje ali vprašanja v zvezi z objavljeno vsebino. Na voljo sem tudi za neformalen in zaupen pogovor o tem, ali konkretni izzivi kažejo predvsem na posamezne operativne težave ali na potrebo po celovitejši prenovi.

UPORABLJENI STANDARDI

- [1] SIST EN 13306:2018, Vzdrževanje - Terminologija s področja vzdrževanja.
- [2] SIST EN 17007:2018, Vzdrževanje - Proces vzdrževanja in pripadajoči kazalniki.
- [3] SIST EN 15341:2019+A1:2022, Vzdrževanje - Ključni kazalniki učinkovitosti in uspešnosti vzdrževanja.
- [4] SIST EN 17948:2025, Vodenje vzdrževanja in funkcije.
- [5] SIST ISO 55000:2024, Obvladovanje premoženja - Slovar, pregled in načela.
- [6] SIST ISO 55001:2024, Obvladovanje premoženja - Sistem vodenja - Zahteve.
- [7] ISO 20700:2017, Guidelines for management consultancy services.
- [8] ISO/TS 10020:2022, Quality management systems — Organizational change management — Processes.

O avtorju

Mag. Andrej Androjna, univ. dipl. inž. str., ima 35 let izkušenj na področju vzdrževanja, zanesljivosti, obvladovanja premoženja ter vodenja kompleksnih tehničnih in organizacijskih projektov v jedrski energetiki, procesni industriji in proizvodnji. Poklicno pot je začel v Nuklearni elektrarni Krško kot sistemski inženir, odgovoren za razpoložljivost varnostnih sistemov, pozneje pa je sodeloval pri optimizaciji vzdrževanja, remontih in pomembnih modifikacijah elektrarne, vključno z zamenjavo uparjalnikov. Tehnično znanje povezuje s poslovnim pogledom, ki ga je nadgradil s študijem MBA in znanstvenim magisterijem managementa na Poslovni šoli Bled. Od leta 2019 deluje kot neodvisni svetovalec ter podpira celovite prenove procesov vzdrževanja in razvoj sistemov obvladovanja premoženja v velikih slovenskih organizacijah. Leta 2025 je kot prvi v Sloveniji pridobil certifikat CAMA2 (Certified Asset Management Assessor), je tudi Prosci Certified Change Management Practitioner, predsednik Programskega sveta Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS) in član Upravnega odbora Združenja za management consulting Slovenije (ZMCS) ter aktiven v mednarodnih strokovnih organizacijah. Za projekt nadgradnje vzdrževanja v Salonitu Anhovo je prejel priznanje Feniks Gospodarske zbornice Slovenije (GZS) in srebrno medaljo International Constantinus Award med 25 projekti z vsega sveta.

ABSTRACT

AN EXTERNAL CONSULTANT IN MAINTENANCE TRANSFORMATION: ADDED VALUE OR UNNECESSARY COST?

Maintenance process transformation is not merely a technical assignment of the maintenance department, but a cross-functional programme affecting priorities, planning, maintenance strategies, reliability, capital projects, data, computerised maintenance management systems (CMMS) or enterprise asset management systems (EAM), competencies and change leadership. The article discusses when an experienced external consultant can accelerate such a transformation and clarifies the limits of the consultant’s role. It emphasises an integrated assessment based on established methodologies and international standards, methodological independence, preparation of a credible business case, conversion of identified gaps into an executable change programme, and full support during programme implementation. External support creates sustainable value only when management and internal process owners retain ownership of objectives and decisions, and responsibility for benefits realisation and sustained use of new ways of working.

Keywords: maintenance, process transformation, external consultant, business case, reliability, asset management, CMMS/EAM, change management.

OBVLADOVANJE PREMOŽENJA

Pišejo: Dr. Hasan Avdić¹, mag. Viktor Jemec² in Alma Avdić³

¹ Strokovnjak za upravljanje in vzdrževanje tehničnih sistemov, Banovići, BiH

² Urednik revije Vzdrževalec, DVS

³ Direktor poprodajnih storitev, AC Grand Auto d. o. o. Tuzla, BiH



UČINKOVITOST VZDRŽEVANJA Z OBVLADOVANJEM PREMOŽENJA

Učinkovitost vzdrževanja je eden od ključnih dejavnikov konkurenčnosti in trajnosti industrijskih sistemov. Ta članek preučuje, kako obvladovanje premoženja (Asset Management - AM) prispeva k povečanju učinkovitosti vzdrževanja prek ključnih kazalnikov uspešnosti: MTBF (povprečni čas med odpovedmi), MTTR (povprečni čas popravila) in OEE (skupna učinkovitost opreme). Omejili smo se samo na te 3 kazalnike, za katere so bile izvedene tudi meritve. Analizirani so mehanizmi, preko katerih obvladovanje premoženja omogoča boljše načrtovanje, zmanjšanje izpadov in racionalno uporabo virov. Poseben poudarek je na praktičnih posledicah in primeru iz industrijske prakse, v katerem se preko večletnega spremljanja uspešnosti tehničnega sistema preučujejo spremembe v razpoložljivosti, dejanskem času delovanja in odpovedih. Rezultati kažejo, da neprekinjeno spremljanje uspešnosti ter povezovanje podatkov o tehničnem sistemu s procesi odločanja predstavlja pomemben temelj za izboljšanje vzdrževanja. Obvladovanje premoženja zato predstavlja strateški okvir za doseganje trajnostnega in učinkovitega vzdrževanja in je dejansko veliko širši sistem, v katerem zavzema vzdrževanje vse pomembnejšo vlogo.

Ključne besede: obvladovanje premoženja, učinkovitost vzdrževanja, MTBF, MTTR, OEE, industrijska praksa, trajnost.

1. Uvod

Učinkovitost vzdrževanja je pomemben element uspešnega delovanja industrijskih sistemov, saj neposredno vpliva na razpoložljivost tehničnih sistemov, kontinuiteto proizvodnje, izkoriščanje virov in stroške skozi celoten življenjski cikel sredstva. V sodobnih industrijskih okoljih se vzdrževanje vse bolj obravnava kot proces, ki mora biti usklajen s splošnimi cilji organizacije, in ne le kot funkcija, osredotočena na odpravljanje posledic odpovedi.

Obvladovanje premoženja (Asset Management – AM) zagotavlja širši okvir za sprejemanje odločitev o premoženju skozi njihov življenjski cikel. V takšnem pristopu vzdrževanje predstavlja eno od ključnih dejavnosti, ki vpliva na zmogljivost fizičnih sredstev, razpoložljivost tehničnih sistemov in uresničevanje zahtevane vrednosti za organizacijo.

Učinkovitost vzdrževanja je mogoče spremljati z različnimi kazalniki, med katerimi so posebej pomembni MTBF, MTTR in OEE. MTBF omogoča spremljanje časa med odpovedmi in spremembami zanesljivosti tehničnega sistema, MTTR pa časa, potrebnega za njegovo ponovno vzpostavitev, medtem ko OEE zagotavlja širši pogled na učinkovitost opreme skozi razpoložljivost, zmogljivost in kakovost.

Cilj članka je preučiti razmerje med obvladovanjem premoženja in učinkovitostjo vzdrževanja, pri čemer se posebej osredotočamo na potencialno uporabo kazalnikov MTBF, MTTR in OEE za spremljanje uspešnosti tehničnih sistemov. Poleg teoretične razprave je predstavljen tudi primer iz industrijske prakse, ki temelji na operativnih podatkih bagra Marion 201 M v obdobju treh zaporednih let.

2. Teoretične osnove

2.1. Vzdrževanje

Vzdrževanje je pomembna funkcija pri zagotavljanju, da so tehnični sistemi sposobni opravljati svoje zahtevane funkcije skozi celoten življenjski cikel. Pomembnost vzdrževanja izhaja iz potrebe po ohranjanju ali ponovni vzpostavitvi zmožnosti tehničnega sistema, da opravlja svojo zahtevano funkcijo s pomočjo ustreznih dejavnosti.

V skladu s standardom SIST EN 13306:2018 je »vzdrževanje kombinacija vseh tehničnih, upravnih in vodstvenih ukrepov v življenjskem ciklu predmeta/elementa s ciljem obdržati ga ali obnoviti v stanje, v katerem lahko opravlja zahtevano funkcijo«. OPOMBA 1: Tehnični vzdrževalni ukrepi vključujejo opazovanje in analize stanja predmeta/elementa (npr. pregled, spremljanje, preskušanje, diagnozo, napoved ipd.) ter ukrepe aktivnega vzdrževanja (npr. popravilo, obnovo).

Vzdrževanje je mogoče obravnavati z različnih vidikov, vključno s preventivnim, korektivnim, na stanju temelječim in prediktivnim vzdrževanjem. Sodobni pristopi vse bolj vključujejo uporabo podatkov o stanju tehničnega sistema za pravočasno načrtovanje dejavnosti in zmanjšanje posledic odpovedi.

Prav zato vzdrževanje igra pomembno vlogo pri upravljanju fizičnih sredstev, saj njegove dejavnosti neposredno vplivajo na zmožnost tehničnega sistema, da doseže zahtevano zmogljivost skozi celoten življenjski cikel [3, 4].

2.2. Učinkovitost vzdrževanja

Učinkovitost vzdrževanja se nanaša na zmožnost vzdrževalne organizacije, da uporabi razpoložljive vire, vključno s človeškimi, materialnimi in tehničnimi, na način, ki omogoča doseganje zahtevanih rezultatov vzdrževanja ob učinkoviti rabi časa in virov.

Učinkovito vzdrževanje pomeni ustrezno načrtovanje in organizacijo vzdrževalnih dejavnosti, pravočasno izvajanje nalog ter skrajšanje časa, v katerem tehnični sistem ne more opravljati svoje zahtevane funkcije. Učinkovitost vzdrževanja je povezana z zanesljivostjo in razpoložljivostjo tehničnega sistema, časom, potrebnim za izvedbo vzdrževalnih dejavnosti, porabo virov in stroški vzdrževanja. Merjenje uspešnosti je pomemben element izboljševanja vzdrževanja. Kazalniki uspešnosti omogočajo spremljanje doseženih rezultatov, primerjavo rezultatov skozi čas in prepoznavanje področij, na katerih je mogoče izvesti izboljšave [2, 7, 8]. Učinkovitosti vzdrževanja zato ne smemo obravnavati zgolj z vidika števila opravljenih dejavnosti, temveč skozi njihov vpliv na uspešnost tehničnega sistema.

V tem članku obravnavamo učinkovitost vzdrževanja z vidika potenciala za izboljšanje vzdrževalnega procesa z uporabo načel obvladovanja premoženja. Posebno pozornost namenjamo kazalnikom MTBF, MTTR in OEE, preko katerih je mogoče pregledati različne vidike uspešnosti tehničnega sistema.

2.3. Zanesljivost

Zanesljivost je ena od temeljnih lastnosti tehničnega sistema, ki je pomembna za njegovo delovanje skozi celoten življenjski cikel. V skladu s standardom SIST EN 13306:2018 je »zanesljivost zmožnost predmeta/elementa za izvajanje zahtevane funkcije pod danimi pogoji v danem časovnem obdobju«.

Iz zgornje definicije sledi, da so zahtevana funkcija, pogoji delovanja in čas temeljni elementi ocenjevanja zanesljivosti. Časovni interval je še posebej pomemben, saj se zanesljivost nanaša na sposobnost tehničnega sistema, da opravlja zahtevano funkcijo, ne da bi v določenem obdobju izgubil to sposobnost.

Zanesljivost se lahko količinsko opredeli kot verjetnost ali z uporabo ustreznih kazalnikov uspešnosti. Zanesljivost je še posebej pomembna zaradi povezave s pogostostjo odpovedi in potrebo po vzdrževalnih dejavnostih, predvsem pa s kazalnikom MTBF.

2.4. Razpoložljivost

V skladu s standardom SIST EN 13306:2018 je »razpoložljivost zmožnost predmeta/elementa, da je v določenih pogojih v stanju, ko lahko deluje, kakor in kadar se to od njega zahteva, ob predpostavki, da so na voljo potrebni zunanji viri«.

Razpoložljivost je odvisna od skupnega učinka zanesljivosti, vzdržljivosti in uporabnosti predmeta ter vzdrževalne podpore. Za razliko od zanesljivosti, ki se nanaša na zmožnost opravljanja zahtevane funkcije v določenem časovnem intervalu, razpoložljivost poudarja zmožnost tehničnega sistema,

da je v stanju, v katerem lahko opravi zahtevano funkcijo, ko je to potrebno.

Razpoložljivost je s tehničnega vidika neposredno povezana z izkoriščenostjo zmogljivosti obrata, pri čemer so izključeni vzroki za izpad delovanja splošne organizacijske narave ali zaradi politike podjetja [11].

Razpoložljivost je pomembna za ocenjevanje učinkovitosti vzdrževanja, saj nanjo vplivata pogostost odpovedi in čas, potreben za ponovno vzpostavitev tehničnega sistema v stanje, v katerem lahko opravlja svojo zahtevano funkcijo.

2.5. Obvladovanje premoženja

V skladu s standardom ISO 55000:2024 je »obvladovanje premoženja usklajena dejavnost organizacije za uresničevanje vrednosti premoženja«.

Uresničevanje vrednosti premoženja vključuje doseganje ravnovesja med stroški, tveganji, priložnostmi in koristmi za uspešnost. Obvladovanje premoženja zato zajema dejavnosti organizacije, usmerjene v uresničevanje vrednosti, ki jo lahko zagotovijo sredstva, ob upoštevanju njihove uspešnosti ter s tem povezanih stroškov in tveganj. [5, 6].

Obvladovanje premoženja predstavlja širši okvir, v katerem se vzdrževanje obravnava kot ena od dejavnosti, ki prispeva k uresničevanju vrednosti sredstev. Na ta način obvladovanje premoženja zagotavlja podlago za povezovanje zmogljivosti tehničnega sistema, stroškov in tveganj z učinkovitostjo vzdrževanja.

2.6. Življenjski cikel sredstev

V skladu z ISO 55000:2024 »življenjski cikel predstavlja faze, skozi katere sredstvo prehaja med svojo življenjsko dobo. Vsaka faza obsega različne dejavnosti in procese, ime in vsebina posameznih faz pa se lahko razlikujeta glede na gospodarski sektor in ju določi organizacija«. Življenjski cikel premoženja lahko vključuje faze, kot so opredelitev potrebe, načrtovanje, gradnja, obratovanje in vzdrževanje, obnova ali zamenjava ter razgradnja. Če organizacija sredstva obravnava skozi celoten življenjski cikel, lahko odločitve o vzdrževanju in drugih dejavnostih poveže s skupnimi stroški, tveganji in učinkovitostjo premoženja [4, 5].

Življenjski cikel premoženja je pomemben, ker vzdrževanje poteka skozi celotno življenjsko dobo premoženja in je ena od dejavnosti, ki vpliva na uspešnost in uresničevanje vrednosti.

3. Povezovanje vzdrževanja in učinkovitosti obvladovanja premoženja

3.1. Vloga vzdrževanja v obvladovanju premoženja

Vzdrževanje ima pomembno vlogo v obvladovanju premoženja, zlasti v fazi uporabe in vzdrževanja tehničnih sistemov. Obvladovanje premoženja obravnava sredstva skozi njihov celoten življenjski cikel in usmerja dejavnosti organizacije v uresničevanje vrednosti iz sredstev, hkrati pa vzpostavlja ravnovesje med stroški, tveganji, priložnostmi in uspešnostjo [5].

V okviru upravljanja s fizičnimi sredstvi vzdrževalne dejavnosti prispevajo k ohranjanju celovitosti in funkcionalnosti tehničnih sistemov skozi večino njihovega življenjskega cikla. Obvladovanje premoženja omogoča povezovanje vzdrževanja z drugimi procesi, povezanimi s fizičnimi sredstvi ter s cilji organizacije [3, 4].

Tako vzdrževanje preneha biti zgolj funkcija, osredotočena na odpravljanje posledic odpovedi, temveč postane del širšega sistema odločanja v zvezi z uspešnostjo sredstva, stroški in tveganji.

Za učinkovitost vzdrževanja je še posebej pomembno, da se odločitve o vzdrževanju sprejemajo v skladu s stanjem sredstva, njegovim pomenom, tveganji in zahtevano zmogljivostjo. Takšen pristop omogoča boljše določanje prioritet, načrtovanje dejavnosti ter racionalnejšo rabo razpoložljivih virov [2, 3, 4].

3.2. Vpliv obvladovanja premoženja na učinkovitost vzdrževanja

Obvladovanje premoženja omogoča povezovanje vzdrževalnih dejavnosti s cilji organizacije, zahtevano zmogljivostjo tehničnega sistema ter njegovimi stroški in tveganji skozi celoten življenjski cikel.

Tako se odločitve o vzdrževanju ne sprejemajo izolirano, ampak v okviru širšega procesa obvladovanja premoženja in ustvarjanja vrednosti iz sredstev [5, 6].

Uporaba načel obvladovanja premoženja omogoča boljše določanje prednostnih nalog pri vzdrževanju na podlagi pomembnosti tehničnega sistema, njegove zmogljivosti in tveganj, povezanih z njegovo odpovedjo. Ta pristop prispeva k boljšemu načrtovanju in organizaciji vzdrževalnih dejavnosti, učinkovitejši rabi virov ter zmanjšanju nenačrtovanih izpadov. Učinkovitost vzdrževanja je mogoče izboljšati tudi s sistematičnim spremljanjem uspešnosti. Standard BAS EN 15341+A1:2026 zagotavlja okvir za izbiro in uporabo ključnih kazalnikov uspešnosti za merjenje in izboljšanje učinkovitosti, uspešnosti in trajnosti vzdrževanja fizičnih sredstev [2].

Obvladovanje premoženja kot celota zagotavlja okvir, v katerem je vzdrževanje usmerjeno v doseganje zahtevane zmogljivosti tehničnega sistema, ob ustreznem upravljanju stroškov in tveganj. Zato je mogoče vpliv obvladovanja premoženja na učinkovitost vzdrževanja obravnavati skozi prizmo zanesljivosti, razpoložljivosti in časa vzdrževanja, izkoriščenosti virov in splošno učinkovitost tehničnega sistema [7, 8, 9].

3.3. Kazalniki učinkovitosti vzdrževanja

3.3.1. MTBF – srednji čas med odpovedmi (Mean Time Between Failures)

V skladu s standardom EN 13306:2017 je izraz srednji čas med odpovedmi (MTBF) opredeljen kot »povprečni čas med odpovedmi«. Na področju zanesljivosti je srednji čas med odpovedmi določen kot matematično pričakovanje časov med odpovedmi. MTBF je eden od kazalnikov, povezanih z

zanesljivostjo tehničnega sistema, in omogoča spremljanje časovnega intervala med odpovedmi. Višja vrednost MTBF kaže na daljši povprečni čas med odpovedmi, kar je z vidika zanesljivosti tehničnega sistema ugodnejša lastnost.

V kontekstu učinkovitosti vzdrževanja MTBF omogoča spremljanje sprememb v pogostosti odpovedi in ocenjevanje rezultatov vzdrževalnih dejavnosti. Povečanje MTBF lahko kaže na izboljšanje zanesljivosti sistema in zmanjšanje stopnje odpovedi.

V okviru obvladovanja premoženja spremljanje MTBF omogoča uporabo podatkov o zanesljivosti tehničnega sistema pri sprejemanju odločitev glede vzdrževanja, določanja prednostnih nalog in načrtovanja potrebnih dejavnosti [2, 7, 8].

3.3.2. MTTR – srednji čas do obnovitve zmožnosti za obratovanje (Mean Time To Repair)

V skladu s standardom SIST EN 13306:2018 je izraz »srednji čas do obnovitve zmožnosti za obratovanje« (MTTR) opredeljen kot »povprečje časov do obnovitve zmožnosti za obratovanje«. Na področju zanesljivosti MTTR predstavlja matematično pričakovano vrednost časa popravila.

MTTR je kazalnik časa, potrebnega za popravilo tehničnega sistema po odpovedi in njegovo vrnitev v stanje, v katerem lahko opravlja svojo zahtevano funkcijo. Njegova vrednost omogoča oceno učinkovitosti popravljalnega procesa in prepoznavanje možnosti za zmanjšanje izpadov.

V kontekstu učinkovitosti vzdrževanja je MTTR pomemben, ker kaže, koliko časa je v povprečju potrebnega za popravilo tehničnega sistema po nastanku odpovedi. Nižja vrednost MTTR kaže na krajši čas popravila, kar je z vidika učinkovitosti vzdrževanja ugodnejša lastnost.

V okviru obvladovanja premoženja spremljanje MTTR omogoča vpogled v vpliv organizacije in izvajanja vzdrževalnih dejavnosti na razpoložljivost tehničnega sistema.

Skupaj z MTBF ta kazalnik zagotavlja celovitejši pregled nad delovanjem tehničnega sistema: MTBF daje informacije o času med odpovedmi, medtem ko MTTR daje informacije o času popravila [1, 2].

3.3.3. OEE – Skupna učinkovitost opreme (Overall Equipment Effectiveness)

OEE (skupna učinkovitost opreme) je kazalnik, ki zagotavlja celovit pregled zmogljivosti opreme v različnih vidikih njenega delovanja. V standardu SIST EN 15341:2019 se OEE imenuje »skupna učinkovitost opreme« ali »splošna učinkovitost opreme« in povezuje različne vidike učinkovitosti opreme.

OEE zagotavlja celovitejši pregled izgub, ki vplivajo na doseganje zahtevane zmogljivosti opreme. Upošteva izgube, povezane z razpoložljivostjo, zmogljivostjo in kakovostjo.

OEE je pomemben, ker omogoča povezovanje rezultatov vzdrževanja s splošno zmogljivostjo tehničnega sistema. Časovne izgube, ki jih povzročajo odpovedi, vzdrževalna dela in drugi vzroki, povezani z vzdrževanjem, lahko neposredno vplivajo na splošno učinkovitost opreme.

OEE se skupaj z MTBF in MTTR lahko uporabi za širši pregled zmogljivosti tehničnega sistema.

Medtem ko MTBF zagotavlja informacije o času med odpovedmi, MTTR pa o času popravil, OEE ponuja pregled skupne učinkovitosti opreme v procesu. Skupno upoštevanje teh kazalnikov omogoča celovitejšo analizo vpliva vzdrževanja na zmogljivost tehničnega sistema [2, 8, 10].

3.4. Sinteza vpliva obvladovanja premoženja na učinkovitost vzdrževanja

Obvladovanje premoženja omogoča, da se dejavnosti vzdrževanja obravnavajo v širšem kontekstu življenjskega cikla tehničnega sistema, hkrati pa se upoštevajo njegova zmogljivost, stroški in tveganja. V tem okviru kazalniki MTBF, MTTR in OEE omogočajo merjenje različnih vidikov delovanja tehničnega sistema ter oceno rezultatov vzdrževalnih dejavnosti [2, 5, 8].

MTBF omogoča spremljanje časa med odpovedmi in sprememb v zanesljivosti tehničnega sistema, medtem ko MTTR omogoča spremljanje časa, potrebnega za popravilo.

Njihovo skupno upoštevanje zagotavlja podlago za oceno vpliva vzdrževanja na razpoložljivost tehničnega sistema. OEE zagotavlja širši pogled na učinkovitost opreme, saj zajema vidike, povezane z razpoložljivostjo, zmogljivostjo in kakovostjo [1, 2].

Na podlagi tega je mogoče vzpostaviti naslednjo povezavo: **Obvladovanje premoženja → odločitve o vzdrževanju → vzdrževalne dejavnosti → MTBF in MTTR → razpoložljivost → OEE → učinkovitost vzdrževanja.**

Obvladovanje premoženja torej ne vpliva na učinkovitost vzdrževanja zgolj prek posameznih dejavnosti, temveč z usmerjanjem teh dejavnosti k zahtevani zmogljivosti tehničnega sistema, ob racionalni rabi virov ter upravljanju stroškov in tveganj [4, 5, 6].

S spremljanjem MTBF, MTTR in OEE je mogoče pridobiti merljive informacije o rezultatih takšnega pristopa in jih uporabiti kot podlago za nadaljnje izboljšanje vzdrževanja. To povezuje podatke o tehničnem sistemu s procesom odločanja in uresničevanjem vrednosti premoženja.

Navadno ni tako neposredna povezava uporabljenih kazalnikov z obvladovanjem premoženja:

- MTBF je predvsem kazalnik zanesljivosti;
- MTTR je povezan z vzdrževalnostjo in odzivnostjo;
- OEE je širši proizvodni kazalnik in ni samo kazalnik vzdrževanja.

Povezava obvladovanje premoženja → odločitve o vzdrževanju → MTBF in MTTR → razpoložljivost → OEE → učinkovitost vzdrževanja je tu prikazana nekoliko preveč linearna, sistem obvladovanja premoženja naj bi podajal širši okvir.

Navedeni kazalniki se v vzdrževanju in proizvodnji uporabljajo že desetletja, tudi v okoljih, kjer obvladovanje premoženja kot sistemski pristop še ni vzpostavljen.

AM predstavlja širši okvir odločanja, uporabljeni kazalniki pa so predvsem del operativnega spremljanja uspešnosti.

4. Praktične posledice

4.1. Praktične posledice obvladovanja premoženja za učinkovitost vzdrževanja

Obvladovanje premoženja omogoča, da se vzdrževanje obravnava kot del širšega sistema za upravljanje zmogljivosti tehničnih sistemov, ne pa zgolj kot niz posameznih dejavnosti. Takšen pristop omogoča usklajevanje ciljev vzdrževanja z organizacijskimi cilji ter sprejemanje odločitev na podlagi podatkov o stanju, uspešnosti, stroških in tveganjih, povezanih s sredstvom [5, 6].

Praktična uporaba tega pristopa vključuje sistematično spremljanje uspešnosti vzdrževanja in uporabo rezultatov za obveščanje pri sprejemanju odločitev.

Kazalniki, kot so MTBF, MTTR in OEE, lahko zagotovijo informacije o zanesljivosti, povprečnem času popravila in skupni učinkovitosti opreme. Njihovo spremljanje omogoča prepoznavanje šibkih točk, določanje prednostnih nalog in usmerjanje vzdrževalnih dejavnosti v področja, kjer je mogoče doseči največje izboljšave [2, 7, 8].

Posebno pomembno je spremljanje kazalnikov skozi čas. Posamezna vrednost kazalnika zagotavlja omejene informacije, medtem ko spremljanje njegovega trenda omogoča oceno, ali se učinkovitost vzdrževanja izboljšuje ali poslabšuje. Zato je treba kazalnike uspešnosti obravnavati kot del neprekinjenega procesa merjenja in izboljševanja [2, 8].

S praktičnega vidika obvladovanje premoženja zagotavlja temelj za prehod od reaktivnega k načrtovanemu in predvidljivemu upravljanju vzdrževanja, ki temelji na spremljanju stanja in analizi ustreznih podatkov. Takšen pristop omogoča pravočasno prepoznavanje sprememb v stanju tehničnega sistema, boljše načrtovanje vzdrževalnih dejavnosti in racionalnejšo rabo razpoložljivih virov.

Tako se učinkovitost vzdrževanja ne obravnava zgolj skozi izvajanje načrtovanih dejavnosti, temveč skozi rezultate, dosežene na tehničnem sistemu, in vrednost, uresničeno preko obvladovanja premoženja.

4.2. Uporaba kazalnikov MTBF, MTTR in OEE v praksi

Uporaba kazalnikov MTBF, MTTR in OEE omogoča vzdrževalni organizaciji, da spremlja delovanje tehničnih sistemov in ocenjuje rezultate izvedenih vzdrževalnih dejavnosti na podlagi merljivih podatkov. Njihova vrednost ne leži le v posamezni meritvi, temveč predvsem v spremljanju sprememb skozi čas

in povezovanju rezultatov s cilji vzdrževanja in obvladovanja premoženja [2, 7, 8].

MTBF – srednji čas med odpovedmi (Mean Time Between Failures) se lahko uporabi za spremljanje zanesljivosti tehničnega sistema. Povečanje vrednosti MTBF pri nespremenjenih pogojih delovanja lahko kaže na zmanjšanje pogostosti odpovedi in izboljšanje zanesljivosti. Analiza sprememb vrednosti MTBF lahko pomaga pri oceni učinkov preventivnega in prediktivnega vzdrževanja ter pri prepoznavanju tehničnih sistemov, ki zahtevajo dodatne ukrepe za izboljšanje.

MTTR – srednji čas do obnovitve zmožnosti za obratovanje omogoča spremljanje časa, potrebnega za popravilo tehničnega sistema po nastanku odpovedi. Zmanjšanje vrednosti MTTR lahko kaže na izboljšanje organizacije vzdrževalnih dejavnosti, razpoložljivosti rezervnih delov, strokovnega znanja osebja, tehnične dokumentacije in drugih elementov podpore vzdrževanju. Zato lahko analiza MTTR pomaga odkriti priložnosti za zmanjšanje izpadov in povečanje razpoložljivosti tehničnega sistema.

OEE – splošna učinkovitost opreme (Overall Equipment Effectiveness) zagotavlja širši pogled na učinkovitost opreme s povezovanjem različnih vidikov njenega delovanja. Njeno spremljanje omogoča prepoznavanje izgub, ki vplivajo na razpoložljivost, zmožljivost in kakovost. Zato je OEE lahko koristen za oceno splošnih učinkov vzdrževalnih dejavnosti na proizvodni proces [10].

Skupno spremljanje teh treh kazalnikov omogoča celovitejšo analizo. MTBF kaže pogostost odpovedi in zanesljivost, MTTR kaže čas do ponovne vzpostavitve delovanja, medtem ko OEE ponuja širši pregled splošne učinkovitosti opreme. Na podlagi njihovih vrednosti in trendov je mogoče določiti prioritete vzdrževanja, usmerjati razpoložljive vire in oceniti rezultate izvedenih ukrepov.

Praktična vrednost teh kazalnikov je še posebej očitna, ko se njihovi rezultati povežejo s podatki o stroških, tveganjih,

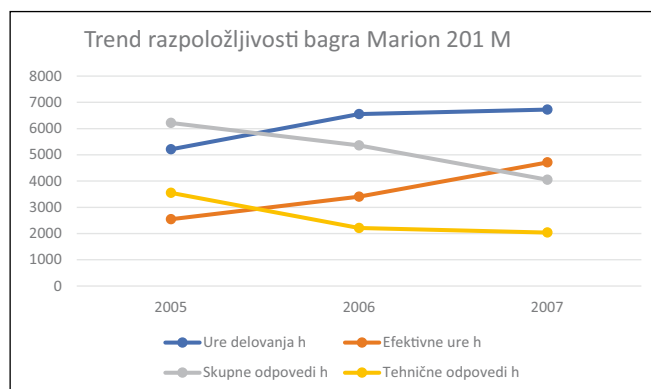
stanju sredstev in zmožljivosti. Tako kazalniki vzdrževanja postanejo podlaga za odločanje v okviru obvladovanja premoženja, namesto da bi bili zgolj sredstvo za statistično spremljanje vzdrževalnih dejavnosti.

4.3. Študija primera iz industrijske prakse

Za ponazoritev praktične uporabe analiziranega pristopa so bili uporabljeni podatki o delovanju in odpovedih bagra Marion 201 M. Ti podatki so predstavljeni v časovnem diagramu stanja in so bili spremljani v obdobju treh zaporednih let. Podatki vključujejo doseženo delovno dobo, učinkoviti čas delovanja, razpoložljivost in strukturo odpovedi. Njihova analiza omogoča spremljanje sprememb zmožljivosti tehničnega sistema skozi čas ter oceno vpliva različnih vrst odpovedi na njegovo izkoriščenost.

Zaradi krajšanja so izbrani kazalniki za opazovano obdobje predstavljeni v Tabeli 1.

Podatki iz Tabele 1 kažejo pozitiven trend uspešnosti bagra M 201 M v obdobju opazovanja. Število dejanskih ur razpoložljivosti se je povečalo s 5.208,5 ur v letu 2005 na 6.723,5 ur v letu 2007, medtem ko se je učinkoviti čas delovanja povečal z 2.545,0 ur na 4.709,0 ur.



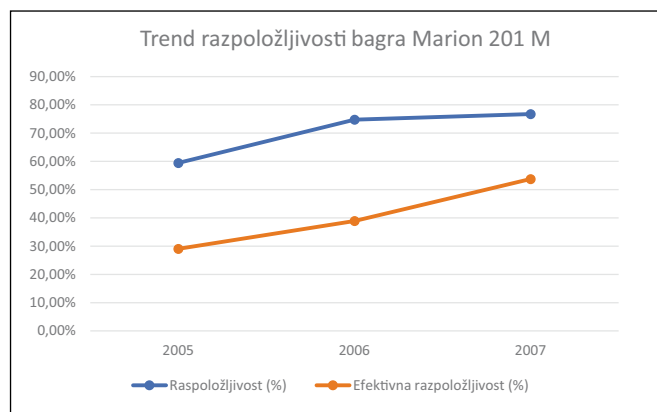
Slika 1: Trend časovnih kazalnikov zmožljivosti bagra Marion 201 M

Tabela 1: Povzetek analize zmožljivosti bagra Marion 201 M

Kazalnik	2005	2006	2007	Komentar
Najdaljši možni čas (h)	8.760	8.760	8.760	Enaka osnova za primerjavo
Načrtovane ure razpoložljivosti (h)	4.655	4.900	5.300	Načrtovano povečanje časa
Dejanske ure razpoložljivosti (h)	5.208,5	6.549,5	6.723,5	Nenehna rast
Dejanske učinkovite ure (h)	2.545,0	3.405,0	4.709,0	Znatno izboljšanje
Razpoložljivost – čas delovanja (%)	59,46	74,77	76,75	Nenehno izboljšanje
Učinkovita razpoložljivost (%)	29,05	38,87	53,76	Nenehno izboljšanje
Skupni čas odpovedi (h)	6.215,0	5.355,0	4.051,0	Nenehno zmanjševanje
Tehnični čas odpovedi (h)	3.551,5	2.210,5	2.036,5	Znatno zmanjšanje

Opomba: Podatki so vzeti iz triletnega časovnega niza o stanju bagra.

Hkrati se je razpoložljivost, izračunana na podlagi ur delovanja, povečala z 59,46 % na 76,75 %, medtem ko se je efektivna razpoložljivost povečala z 29,05 % na 53,76 %.



Slika 2: Trend razpoložljivosti bagra Marion 201 M

Posebej je treba poudariti zmanjšanje skupnega časa odpovedi, in sicer s 6.215,0 ur v letu 2005 na 4.051,0 ur v letu 2007. Čas tehničnih odpovedi, kot eni od pomembnih kategorij odpovedi, se je zmanjšal s 3.551,5 ur na 2.036,5 ur. Ti rezultati kažejo na izboljšanje učinkovitosti tehničnega sistema v opazovanem obdobju.

Vendar pa na podlagi razpoložljivih podatkov ni utemeljeno sklepati, da je splošno izboljšanje izključno posledica vzdrževalnih dejavnosti, saj na dosežene rezultate vplivajo tudi delovne razmere, način uporabe bagra, organizacija dela in drugi dejavniki. Kljub temu so zmanjšanje odpovedi in povečanje efektivnega delovnega časa pomembni kazalniki za ocenjevanje rezultatov upravljanja tehničnega sistema. Posebna vrednost te vrste analize je v tem, da omogoča spremljanje trendov uspešnosti skozi čas, namesto zgolj ocenjevanja stanja v enem samem letu. Hkratno spremljanje razpoložljivosti, dejanskega časa delovanja in razčlenitve odpovedi omogoča prepoznavanje področij, kjer obstajajo možnosti za izboljšanje.

Podatki o stanju tehničnega sistema in vzrokih odpovedi lahko tvorijo podlago za sprejemanje odločitev glede vzdrževanja. V kombinaciji s podatki o posameznih odpovedih in časih popravil se lahko uporabijo za spremljanje MTBF in MTTR, z ustreznimi podatki o proizvodni uspešnosti in kakovosti pa se lahko povežejo tudi z OEE. Tako postanejo podatki, zbrani med delovanjem tehničnega sistema, podlaga za sistematično upravljanje njegove uspešnosti.

Ta pristop je skladen z načeli obvladovanja premoženja v skladu z ISO 55000:2024, kjer obvladovanje premoženja temelji na uresničevanju vrednosti sredstev ob uravnoteženju stroškov, tveganj, priložnosti in uspešnosti [5]. Analizirani primer kaže, da lahko neprekinjeno zbiranje in analiza podatkov o delovanju in izpadih bagra zagotovita pomembno podlago za načrtovano in prediktivno upravljanje vzdrževanja.

5. Zaključek

Obvladovanje premoženja zagotavlja pomemben okvir za izboljšanje učinkovitosti vzdrževanja, saj omogoča povezovanje vzdrževalnih dejavnosti z zahtevano uspešnostjo tehničnih sistemov in cilji organizacije. Obravnavanje sredstev skozi njihov celoten življenjski cikel omogoča sprejemanje odločitev, ki hkrati upoštevajo uspešnost, stroške, tveganja, priložnosti in razpoložljive vire.

Članek kaže, da učinkovitosti vzdrževanja ni mogoče oceniti zgolj na podlagi opravljenih dejavnosti, temveč predvsem preko doseženih rezultatov na tehničnem sistemu. V tem smislu so MTBF – povprečni čas med odpovedmi, MTTR – povprečni čas popravila in OEE – skupna učinkovitost opreme medsebojno povezani kazalniki, ki omogočajo pregled različnih vidikov zmogljivosti tehničnega sistema.

MTBF omogoča spremljanje časa med odpovedmi in spremembami v zanesljivosti tehničnega sistema, medtem ko MTTR omogoča spremljanje časa, potrebnega za njegovo popravilo. Povečanje vrednosti MTBF in zmanjšanje vrednosti MTTR ob približno nespremenjenih pogojih delovanja lahko kaže na izboljšanje učinkovitosti vzdrževanja. OEE zagotavlja širši vpogled v učinkovitost opreme s povezovanjem razpoložljivosti, zmogljivosti in kakovosti.

Praktična analiza obratovalnih podatkov za bager Marion 201 M v obdobju 2005–2007 je pokazala pozitiven trend pri večjem številu ključnih kazalnikov. Dejansko število ur delovanja se je povečalo s 5.208,5 h na 6.723,5 h, medtem ko se je efektivni delovni čas povečal z 2.545,0 ur na 4.709,0 ur. Hkrati se je razpoložljivost povečala z 59,46 % na 76,75 %, efektivna razpoložljivost pa z 29,05 % na 53,76 %. Skupni čas odpovedi se je zmanjšal s 6.215,0 ur na 4.051,0 ur, medtem ko se je čas tehničnega izpada zmanjšal s 3.551,5 ur na 2.036,5 ur. Ti rezultati kažejo na znatno izboljšanje zmogljivosti tehničnega sistema v obravnavanem obdobju.

Vendar pa hkrati ne omogočajo, da bi splošno izboljšanje pripisali izključno dejavnostim vzdrževanja ali obvladovanje premoženja, saj na delovanje tehničnega sistema vplivajo tudi drugi dejavniki, kot so pogoji obratovanja, način uporabe, organizacija dela in razpoložljivost virov. Zato je treba te rezultate obravnavati kot kazalnik pozitivnega razvoja zmogljivosti tehničnega sistema in ne kot dokaz za en sam vzrok izboljšanja.

Posebna prednost analiziranega pristopa je v zmožnosti neprekinjenega spremljanja uspešnosti skozi čas. S spremljanjem sprememb stanja, odpovedi in njihovih vzrokov je mogoče prepoznati neugodne trende, določiti prednostne naloge vzdrževanja ter pravočasno sprejeti ustrezne ukrepe.

Tako podatki, zbrani med delovanjem tehničnega sistema, postanejo podlaga za odločanje v okviru obvladovanja premoženja.

Praktični pomen povezovanja obvladovanja premoženja in vzdrževanja leži prav v zmožnosti povezovanja podatkov o zmogljivosti tehničnega sistema z odločitvami o vzdrževanju, stroški in razpoložljivimi viri. To omogoča usmerjanje vzdrževanja v tista področja, kjer je mogoče doseči največje izboljšave in večjo vrednost sredstev.

Na podlagi zgoraj navedenega lahko sklepamo, da obvladovanje premoženja predstavlja pomemben strateški okvir za povečanje učinkovitosti vzdrževanja, medtem ko merjenje uspešnosti s pomočjo ustreznih kazalnikov omogoča objektivno spremljanje, analizo in uporabo doseženih rezultatov kot podlage za nadaljnje izboljšave. Povezovanje kazalnikov MTBF, MTTR, razpoložljivosti in OEE omogoča, da vzdrževanja ne obravnavamo zgolj skozi izvajanje posameznih dejavnosti, temveč skozi njegov dejanski prispevek k uspešnosti tehničnega sistema in uresničevanju vrednosti premoženja.

Tako se vzdrževanje preusmerja iz funkcije, ki je v prvi vrsti osredotočena na odpravljanje posledic odpovedi, v načrtovano, na podatkih temelječe in predvidljivo upravljanje tehničnih sistemov, kar predstavlja pomemben element sodobnega upravljanja s fizičnim premoženjem.

LITERATURA

- [1] EN 13306:2017, *Maintenance – Maintenance terminology*, European Committee for Standardization (CEN), Brussels, 2017.
- [2] BAS EN 15341+A1:2026, *Maintenance – Maintenance Key Performance Indicators*, Institut za standardizacijo Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 2026.
- [3] BAS EN 16646:2019, *Maintenance – Maintenance within physical asset management*, Institut za standardizacijo Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 2019.
- [4] BAS EN 17485:2022, *Maintenance – Maintenance within physical asset management – Framework for improving the value of the physical assets through their whole life cycle*, Institut za standardizacijo Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 2022.
- [5] ISO 55000:2024, *Asset management — Vocabulary, overview and principles*, International Organization for Standardization, Geneva, 2024.
- [6] ISO 55001:2024, *Asset management — Asset management system — Requirements*, International Organization for Standardization, Geneva, 2024.
- [7] Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>.
- [8] Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: A state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 233–277. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029>.
- [9] da Costa, L. Q. M., & Cavalcante, C. A. V. (2022). A review on the study of maintenance effectiveness. *Pesquisa Operacional*, 42, e263613. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2022.042nspe1.00263613>.
- [10] Ylipää, T., Skoogh, A., Bokrantz, J. in Gopalakrishnan, M. (2017). Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(1), 126–143. DOI: 10.1108/IJPPM-01-2016-0028.
- [11] Avdic H., Jemec V., Avdić A.: Razpoložljivost kot ključni kazalnik uspešnosti vzdrževanja, VZDRŽEVALEC, številka 201–202, julij–december (18–26), Ljubljana, 2022.
- [12] Avdic H., Jemec V., Avdić A.: Umetna inteligenca in vzdrževanje, VZDRŽEVALEC, številka 207–208, januar–junij (17–28), Ljubljana, 2024.
- [13] Avdic H., Jemec V., Avdić A.: Uporaba umetne inteligence pri vzdrževanju v rudarstvu, VZDRŽEVALEC, številka 209–210, avgust–december (33–46), Ljubljana, 2024.
- [14] <https://www.perplexity.ai/>
- [15] <https://copilot.microsoft.com>
- [16] <https://chatgpt.com>

ABSTRACT

MAINTENANCE EFFICIENCY THROUGH ASSET MANAGEMENT

Maintenance efficiency is one of the key factors in the competitiveness and sustainability of industrial systems. This article examines how asset management (AM) contributes to increasing maintenance efficiency through key performance indicators: MTBF (mean time between failures), MTTR (mean time to repair), and OEE (overall equipment effectiveness). We have limited our analysis to these three indicators, for which measurements were also conducted. The article analyzes the mechanisms through which asset management enables better planning, reduces downtime, and promotes the rational use of resources. Particular emphasis is placed on practical implications and a case study from industrial practice, in which changes in availability, actual operating time, and failures are examined through several years of monitoring the performance of a technical system. The results show that continuous performance monitoring and the integration of technical system data into decision-making processes provide an important foundation for improving maintenance. Asset management therefore provides a strategic framework for achieving sustainable and effective maintenance and is, in fact, a much broader system in which maintenance plays an increasingly important role.

Keywords: Asset Management, Maintenance Efficiency, MTBF, MTTR, OEE, Industrial Practice, Sustainability

OBVLADOVANJE PREMOŽENJA

Pišejo: **Ana Lovrenčič**, mag. inž. el.¹, **dr. Viktor Lovrenčič**, univ. dipl. inž. el.¹, **Jernej Fijavž**, univ. dipl. inž. el.²

¹ – C&G d.o.o. Ljubljana, ² – Papirnica Vevče d.o.o.



INTERNI AKTI O OBRATOVANJU IN VZDRŽEVANJU ELEKTROENERGETSKIH POSTROJEV

Skrbnik elektroenergetskih postrojov zagotovi interne akte, ko ima v lasti transformatorsko postajo

Primer dobre prakse – Papirnica Vevče

Navkljub dejstvu, da sta predpisa Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojov, Uradni list RS, št. 98/15 in Pravilnik o obratovanju elektroenergetskih postrojov, Uradni list RS, št. 56/16 uveljavljena že dobro desetletje, najdemo v slovenskem prostoru številna podjetja oz. lastnike transformatorskih postaj SN/NN oz. elektroenergetskih postrojov (EEP) nad 1.000 V, ki še nimajo urejenih internih aktov v skladu z zahtevami le-teh.

Dejstvo je, da bi imenovani skrbnik EEP nad 1.000 V moral poskrbeti za izdelavo internih aktov obratovanja in vzdrževanja ter urejenost dokumentacije. Avtorji so v nekaterih podjetjih in ustanovah v sodelovanju s sodelavci skrbno uredili dokumentacijo v skladu s predpisi. Obstajajo praktični primeri v okolju, kjer je bila samo ena TP 1000 kVA 20/0,4 kV do okolja z večjim obsegom EEP (primer Papirnica Vevče).

Ključne besede: elektroenergetski postroj, srednja napetost, skrbnik, interni akti, obratovanje, vzdrževanje, dokumentacija.

Uvod

Sistematično spremljanje energetske zakonodaje oziroma predpisov, novosti in sprememb zahteva, da so vanj vključene tudi odgovorne osebe v podjetju oziroma je organizirano v okviru pravne osebe.

Ko sta bila končno sprejeta dva pomembna pravilnika (Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojov, Uradni list RS, št. 98/2015 z dne 18. 12. 2015, in Pravilnik o obratovanju elektroenergetskih postrojov, Uradni list RS, št. 56/2016 z dne 26. 8. 2016), je dokončno prenehala veljavnost Pravilniku o tehniških predpisih za obratovanje in vzdrževanje elektroenergetskih postrojov (Uradni list SFRJ, št. 19–233/1968 z dne 15. 5. 1968; veljal do 9. 9. 2018). Pravilnika sta odločno posegla v notranjo organizacijo elektroenergetskega sektorja, saj sta predpisala nove naloge, o katerih smo zapisali nekaj napotkov.

Ob tem moramo poudariti, da je pravilnik iz leta 1968 resnično zastarel na številnih področjih, saj so ga sodobne tehnike tako v razvoju elektroenergetskih postrojov (EEP) kot v procesih njihovega obratovanja in vzdrževanja potisnile v pozabo.

Res pa je tudi, da so naši obratovalci in vzdrževalci v tem pravilniku našli veliko koristnih napotkov za opravljanje vsakodnevnih nalog in da je del le-teh še vedno v pomoč in še vedno del internih aktov in navodil. Ta kompleksno detajlno zapisan dokument je torej lahko še vedno zanimivo branje elektrotehnikom, vendar morajo znati prepoznati koristne in uporabne vsebine (npr. priporočene roke periodičnih pregledov EEP).

Nova pravilnika za razliko od starega, ki je bil, kot smo zapisali, zelo obsežen, postavljata minimalen okvir na obeh področjih, tako pri obratovanju kot pri vzdrževanju EEP. Od odgovornih oseb torej zahtevata kompleksnejše poznavanje številnih vsebin, da bi izpolnili zahteve novih pravilnikov.

Tradicionalno so te zahteve uspešno razrešene v okolju elektrogospodarskih podjetij, kot so proizvodnja, distribucija in prenos električne energije, in je za odgovorne v teh podjetjih to branje mogoče manj zanimivo.

Dejstvo je, da elektrogospodarska podjetja aktivno sodelujejo pri pripravi pomembnih dokumentov ter v javni razpravi

razjasnijo številne nejasnosti. Po drugi strani so tudi podprta s službami oziroma z lastnimi strokovnjaki, ki obvladujejo energetske zakonodaje in sledijo zahtevam podzakonskih aktov. Nasprotno nekatera industrijska podjetja, ki so skrčila osebe na področju obratovanja in vzdrževanja EEP na minimum, ne uspejo slediti novim pravnim zahtevam oziroma spremembam.

V praksi se srečujemo s številnimi vprašanji v industrijskih podjetjih ali ustanovah, ki so lastniki elektroenergetskih postrojev, v zvezi z zahtevami pravilnikov o obratovanju in vzdrževanju EEP, še posebej kadar gre za zbirko zahtevanih internih dokumentov (pravilniki, navodila). Zbirka je povezana tudi z gradbeno zakonodajo (Gradbeni zakon, prej Zakon o graditvi objektov) in z urejanjem usposabljanja zaposlenih ter varnosti in zdravja pri delu odgovornega osebja oziroma tistih, ki jih je vodstvo pooblastilo za posamezna dela.

Zbrali smo nabor pozitivnih izkušenj v podjetjih znotraj elektrogospodarstva (proizvodnja, distribucija in prenos) ter v industrijskem okolju. Prepoznali smo različne pristope in tudi pridobili informacije, da posamezni lastniki/skrbniki EEP še nimajo urejenih internih aktov.

Posamezna podjetja želijo to področje urediti. Na podlagi nabora, preučitve predpisov in standardov ter pogovora s kolegi smo v nadaljevanju zapisali nekatere usmeritve, čeprav praksa ni enotna. Predstavili smo primer izvedbe projekta urejanja področja internih aktov v Papirnici Vevče.

Na tem mestu je primerno poudariti, da je naslov za uradno tolmačenje omenjenih predpisov le resorno ministrstvo in da nadzor izvaja energetska inšpekcija.

2. Pravni okvir in zahteve pravilnikov

Številni predpisi in standardi se prepletajo na področju obratovanja in vzdrževanja EEP. Nujno moramo dodati dve zahtevi – usposobljenost ter varnost in zdravje pri delu. Izpostavili smo le nekaj pravnih virov (zakoni, pravilniki) ter standard, da omejimo razpravo. Osredotočili smo se na zahteve Energetskega zakona (EZ-2) in Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) ter na pomembnejše pravilnike, ki podrobneje pojasnjujejo zahteve obeh zakonov. Nakazana bo tudi povezava z Gradbenim zakonom (GZ-1) (Uradni list RS, št. 199/21, 105/22 – ZZNŠPP, 133/23, 85/24 – ZAID-A, 47/25 – odl. US in 75/25).

2.1 Energetski zakon (EZ-2)

Za odgovorne osebe na področju obratovanja in vzdrževanja elektroenergetskih postrojev je bistvenega pomena spremljanje energetske zakonodaje. Potem ko je Slovenija 1. 5. 2004 postala polnopravna članica Evropske unije, smo dolžni spremljati dinamične spremembe na področju evropske zakonodaje (uredbe, direktive), ki neposredno ali posredno vplivajo na spremembe slovenske zakonodaje (zakoni, pravilniki).

Energetski zakon (EZ-2) (Uradni list RS, št. 38/24 in 47/25 – ZOEE-A) v slovenski pravni red prenaša določbe desetih evropskih direktiv oz. uredb. S tem so prenehali veljati predhodni Energetski zakon (EZ) (Uradni list RS, št. 27/07 – uradno prečiščeno besedilo, 70/08, 22/10, 10/12, 94/12 – ZDoh-2L in 17/14 – EZ-1) in Energetski zakon (EZ-1) (Uradni list RS, št. 60/19 – uradno prečiščeno besedilo, 65/20, 158/20 – ZURE, 121/21 – ZSROVE, 172/21 – ZOEE, 204/21 – ZOP, 44/22 – ZOTDS, 38/24 – EZ-2 in 56/25 – PoZ) s številnimi spremembami.

Po tej predstavitvi pregleda razvoja in sprememb EZ oziroma EZ-2 se v nadaljevanju omejimo le na pravilnika, ki ju bomo predstavili podrobneje:

- Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev, Uradni list RS, št. 98/15,
- Pravilnik o obratovanju elektroenergetskih postrojev, Uradni list RS, št. 56/16.

Nikakor ne smemo spregledati pravilnikov, ki se dotikajo obratovalnih in vzdrževalnih zahtev EEP nad 1 kV (veza EZ-2), nizkonapetostnih inštalacij in zaščit stavb pred delovanjem strele (veza GZ-1) ter zahtev na področju usposobljenosti obratovalcev in vzdrževalcev EEP (veza EZ-2) ter varnosti in zdravja (ZVZD-1). Ti pravilniki so:

- Pravilnik o elektroenergetskih postrojih izmenične napetosti nad 1 kV (Uradni list RS, št. 63/16 in 38/24 – EZ-2),
- Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1),
- Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1),
- Pravilnik o strokovnem usposabljanju in preizkusu znanja za upravljalca energetskih naprav (Uradni list RS, št. 92/15, 175/20, 63/23 in 38/24 – EZ-2),
- Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1).

2.2 Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev

Pravilnik določa minimalne tehnične zahteve za varno, kakovostno in ekonomsko učinkovito vzdrževanje elektroenergetskih postrojev (1. člen). Uporablja se za elektroenergetske postroje, ki so del elektroenergetskega sistema, in za elektroenergetske postroje, ki so priključeni na elektroenergetski sistem, za vse napetostne nivoje. Ne uporablja se za vzdrževanje vodov za električno vleko, v eksplozijsko ogroženih prostorih in za električne inštalacije v stavbah (2. člen).

Pravilnik (3. člen) predstavlja pomen izrazov, med njimi:

- **elektroenergetski postroj** (v nadaljnjem besedilu: EEP) je skupek gradbenih objektov, stavb, inštalacij, strojev, naprav, vodov in pomožnih naprav za proizvodnjo, pretvarjanje, transformiranje, razdeljevanje, prenos ali porabo električne energije;

- **nizka napetost** je izmenična napetost, ki ne presega 1 000 V; pojasnjuje določitev odgovornega oseba s poudarkom na novem izrazu »skrbnik«;
- **skrbnik EEP** je lastnik EEP ali pravna oziroma fizična oseba, na katero lastnik s pogodbo prenese naloge skrbnika po tem pravilniku;
- **odgovorna oseba za obratovanje** je oseba, ki jo skrbnik EEP pooblasti za obratovanje EEP;
- **odgovorna oseba za vzdrževanje** je oseba, ki jo skrbnik EEP pooblasti za vzdrževanje EEP;

ter vpeljuje novo poimenovanje za v praksi zelo uveljavljeno preventivno in korektivno (kurativno) vzdrževanje:

- **preprečevalno vzdrževanje** je delo, ki se izvaja v načrtovanih intervalih ali glede stanja naprave, z namenom, da se zmanjša verjetnost okvare ali poslabšanja delovanja;
- **popravljalno vzdrževanje** je delo, ki se izvaja po ugotovitvi okvare z namenom, da se naprava povrne v stanje, ko lahko opravlja zahtevano funkcijo.

Skrbnik elektroenergetskega postroja je s pravilnikom dobil številne konkretne naloge, ki so podrobno razdelane, saj mora **sprejeti interni akt o vzdrževanju (4. člen) in izdelati načrt vzdrževanja za elektroenergetski postroj (5. člen)** ter pri tem zagotoviti, **da ima vsak elektroenergetski postroj navodila za vzdrževanje**, ki so izdelana pregledno, pri čemer se upoštevajo varnostni vidiki (6. člen).

Skrbnik elektroenergetskega postroja mora sprejeti interni akt o vzdrževanju, razen če ima samo nizkonapetostni elektroenergetski postroj (4. člen). Lastnik EEP nad 1 kV mora torej imenovati skrbnika EEP ter zagotoviti imenovanje vodje vzdrževanja EEP ter oblikovanje dokumentov oz. internih aktov v skladu z zahtevami pravilnika.

V praksi smo že pripravili dokumentacijo za lastnika sončne elektrarne do 1.000 kW, ki ima v lasti tudi transformatorsko postajo 1.000 kVA napetosti 20/0,4 kV. Dokumentacijo je pregledal energetski inšpektor ob najavljenem pregledu EEP (dokumentacija, usposobljenost).

Skrbnik elektroenergetskega postroja (8. člen) po končani gradnji, remontu, obnovi ali posodobitvi elektroenergetskega postroja ali njegovega dela zagotovi prevzem s strani vzdrževanja.

Predajo elektroenergetskega postroja v vzdrževanje izvede odgovorna oseba za gradnjo, remont, obnovo ali posodobitev, prevzem v vzdrževanje pa izvede odgovorna oseba za vzdrževanje.

O prevzemu elektroenergetskega postroja v vzdrževanje se vodi zapisnik o ugotovitvah o izpolnjevanju pogojev za prevzem elektroenergetskega postroja v vzdrževanje, morebitnih pomanjkljivostih in ukrepih za njihovo odpravo.

Skrbnik elektroenergetskega postroja (19. člen) zagotavlja vzdrževalnemu osebu dostopnost navodil za vzdrževanje, dokumentacije za vzdrževanje in dokumentacije o izvajanju vzdrževanja elektroenergetskega postroja.

Dokumentacija za vzdrževanje in o vzdrževanju elektroenergetskega postroja se hrani do dokončne izločitve elektroenergetskega postroja iz uporabe.

Nenazadnje smo posebej poudarili pomembno nalogo skrbnika elektroenergetskega postroja. Skrbnik EEP (12. člen) mora zagotoviti, da ima vzdrževalno osebje: ustrezno strokovno izobrazbo, strokovno in praktično znanje ter znanje iz varnosti in zdravja pri delu, varstva pred požarom in varovanja okolja.

Skrbnik določi vrste potrebnega znanja v sistemizaciji delovnih mest. Pri ocenjevanju usposobljenosti vzdrževalnega oseba se uporabijo najmanj naslednja merila: poznavanje elektroenergetskega postroja, na katerem je treba opraviti vzdrževanje, praktične izkušnje z vzdrževanjem elektroenergetskega postroja, poznavanje nevarnosti, ki lahko nastanejo med izvajanjem vzdrževanja, in varnostnih ukrepov, ki jih je treba upoštevati, ter sposobnost ocene nevarnosti pri delu. Skrbnik elektroenergetskega postroja za osebe, ki sodelujejo v procesih vzdrževanja, **dokumentira in hrani podatke o strokovnem usposabljanju in pridobivanju strokovnega znanja (12. člen).**

Sklepamo, da mora skrbnik elektroenergetskega postroja (direktor, vodja vzdrževanja) z napetostjo, višjo od 1.000 V, poskrbeti za nabor in izdelavo naslednjih dokumentov:

- **interni akt (pravilnik) o vzdrževanju (4. člen),**
- **načrt vzdrževanja za elektroenergetski postroj (5. člen),**
- **navodila za vzdrževanje ter navodilo o vzdrževanju za vsak elektroenergetski postroj (6. člen),**
- **dokumentiranje in hranjenje podatkov o strokovnem usposabljanju in pridobivanju strokovnega znanja (12. člen).**

2.3 Pravilnik o obratovanju elektroenergetskih postrojov

Pravilnik določa tehnične in varnostne zahteve za izvajanje nalog obratovanja elektroenergetskih postrojov (1. člen). Uporablja se za vse elektroenergetske postroje, ki so del elektroenergetskega sistema, in vse, ki so priključeni na elektroenergetski sistem, vseh napetostnih nivojev, razen za stanovanja ter eno- in dvostanovanjske stavbe. Ne uporablja se v specifičnih okoljih, ki so podrobno naštet (2. člen).

Pravilnik (3. člen) predstavlja pomen izrazov, in sicer (le nekateri):

- **»elektroenergetski postroj«** (v nadaljnjem besedilu: EEP) je celotna električna oprema za proizvodnjo, prenos, pretvarjanje, distribucijo in uporabo električne energije;

- **»naprava«** je zbirno ime za medsebojno funkcijsko povezane elemente;
- **»nizka napetost«** je izmenična napetost, ki ne presega 1 000 V;
- **»visoka napetost«** je izmenična napetost, ki presega 1000 V,

pojasnjuje nov izraz »skrbnik«:

- **»skrbnik EEP«** je pravna ali fizična oseba, odgovorna za obratovanje postroja;

ter predstavlja:

- **»obratovanje«** so vse dejavnosti, potrebne, da električni postroj lahko obratuje;
- **»normalno obratovanje«** je delovanje postroja, ko so vsi značilni parametri v predpisanih mejah;
- **»razpoložljivost«** je sposobnost EEP obratovati, ko in kadar se obratovanje pod predpostavko razpoložljivih zunanjih virov zahteva pod danimi pogoji;
- **»zanesljivost«** je sposobnost elementa opravljati zahtevano funkcijo pri danih pogojih v danem časovnem obdobju;
- **»delo pod napetostjo«** je vsako delo, pri katerem se delavec z deli telesa ali z orodjem, opremo ali napravami zavestno dotakne delov pod napetostjo ali poseže v območje dela pod napetostjo.

Skrbnik elektroenergetskega postroja mora imeti interni akt o obratovanju, razen če ima samo elektroenergetski postroj nizke napetosti (18. člen).

Z internim aktom o obratovanju se določijo pravila obratovanja glede na vrsto in obseg elektroenergetskega postroja ter nabor podatkov (shema priključitve na sosednje električne elektroenergetske postroje ali omrežje, čas in vzrok prekinitev obratovanja (17. člen), vodenje statistike obratovanja, vrste kazalnikov obratovanja za posamezni elektroenergetski postroj ali skupino).

Vsak elektroenergetski postroj mora imeti navodila za obratovanje (19. člen), ki so izdelana pregledno, pri čemer se upoštevajo varnostni vidiki.

Sklepamo, da mora skrbnik elektroenergetskega postroja (direktor, vodja obratovanja) z napetostjo, višjo od 1.000 V, poskrbeti za nabor in izdelavo naslednjih dokumentov:

- **interni akt (pravilnik) o obratovanju (18. člen) in potrebne evidence (priloge),**
- **navodila za obratovanje za vsak elektroenergetski postroj (19. člen),**
- **dokumentiranje in hranjenje podatkov o strokovnem usposabljanju in pridobivanju strokovnega znanja in kompetenc (7. člen).**

2.4 Pravilnik o elektroenergetskih postrojih izmenične napetosti nad 1 kV

Ta pravilnik določa minimalne tehnične pogoje za gradnjo, obratovanje in vzdrževanje elektroenergetskih postrojov izmenične napetosti nad 1 kV. Uporablja se za postroje nad

1 kV, ki so namenjeni proizvodnji, prenosu, distribuciji in uporabi električne energije. Ne uporablja pa se za izvajanje del pod napetostjo na postrojih nad 1 kV.

Postroj nad 1 kV je skupek gradbenih inženirskih objektov, stavb, inštalacij, strojev, naprav in pomožnih naprav za proizvodnjo, pretvarjanje, transformiranje, razdeljevanje ali porabo električne energije.

Postroj nad 1 kV mora biti grajen tako, da zagotavlja: varnost uporabe in vzdrževanja, zaščito pred neposrednim in posrednim dotikom delov pod napetostjo, zaščito pred nevarnostjo obloka in pregrevanjem in zaščito pred neposrednim udarom strele in prenapetostjo.

Objekt postroja nad 1 kV mora biti grajen tako, da zagotavlja: mehansko odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higiensko in zdravstveno zaščito ter zaščito okolice, varnost pri uporabi, zaščito pred hrupom, varčevanje z energijo in ohranjanje toplote in trajnostno gradnjo.

Meritve ozemljitvene upornosti ozemljitvenega sistema postroja nad 1 kV, potrebne za izračun ozemljitvene napetosti pri zemeljskem stiku, se izvajajo z merilnikom ozemljitvene upornosti ali po UI-metodi, pri kateri med izvajanjem meritve ne sme biti presežena dovoljena napetost dotika.

Pred začetkom obratovanja in najmanj na vsakih pet let se za postroj nad 1 kV preverijo galvanske povezave ozemljil in izmeri ozemljitvena upornost obratovalne, zaščitne in združene ozemljitve ter naredi ocena ustreznosti. Kadar je ozemljitveni sistem postroja nad 1 kV sestavni del globalnega ozemljitvenega sistema, se za oceno ustreznosti preverijo galvanske povezave ozemljil in povezave z globalnim ozemljitvenim sistemom.

3. Usposabljanje

Kompetence obratovalnega in vzdrževalnega osebja so izjemno pomembne za varno in zanesljivo obratovanje elektroenergetskih postrojov, saj oba pravilnika dosledno zahtevata, da mora skrbnik elektroenergetskega postroja zagotoviti strokovno znanje in usposobljenost osebja (12. oziroma 7. člen):

- ustrezno strokovno izobrazbo,
- strokovno in praktično znanje,
- znanje iz varnosti in zdravja pri delu, varstva pred požarom in varovanja okolja.

Skrbnik elektroenergetskega postroja določi vrste potrebnega znanja v sistemizaciji delovnih mest. Pri presoji usposobljenosti obratovalnega osebja se uporabijo najmanj naslednja merila: poznavanje elektroenergetskega postroja, praktične izkušnje, poznavanje nevarnosti, ki lahko nastanejo med izvajanjem obratovanja/vzdrževanja, in varnostnih ukrepov, ki jih

je treba upoštevati, sposobnost ocenjevanja nevarnosti pri delu.

Ozko je s tema pravilnikoma povezan tudi Pravilnik o strokovnem usposabljanju in preizkusu znanja za upravljalca energetskih naprav (Uradni list RS, št. 92/15, 175/20, 63/23 in 38/24 – EZ-2). Ta ureja usposabljanje delavcev, ki opravljajo dela in naloge upravljanja energetskih naprav, za katere se s tem pravilnikom predpisujeta strokovno usposabljanje in preizkus znanja, h katerima spadajo: tehnični vodja energetskega objekta, vodja obratovanja energetskega objekta, dispečer, **stikalničar v industriji, upravljavalec male elektrarne** in številni drugi, skupaj 23 del in nalog.

Opomba: V primeru, da lastnik EEP nima lastnega strokovnega osebja, je dolžan skleniti pogodbo s tretjo pravno osebo, ki prevzame odgovornost za stikalničarja v industriji (slovenske distribucije večinoma odklanjajo vlogo skrbnika tuje TP in s tem stikalne manipulacije) ter v prej omenjenem primeru tudi upravljalca male elektrarne, ko gre za moč nad 300 kW. K temu je treba dodati še zahteve Zakona o varnosti in zdravju pri delu – ZVZD-1 (Uradni list RS, št. 43/11), ki je nasledil stari ZVZD (Uradni list RS, št. 56/1999) na področju usposabljanja.

Delodajalec mora delavca usposobiti za varno opravljanje dela ob sklenitvi delovnega razmerja, pred razporeditvijo na drugo delo, pred uvajanjem nove tehnologije in novih sredstev za delo ter ob spremembi v delovnem procesu, ki lahko povzroči spremembo varnosti pri delu (38. člen ZVZD-1).

Delodajalec določi obvezne občasne preizkuse teoretične in praktične usposobljenosti za varno delo za delavce, ki delajo na delovnem mestu, na katerem iz ocene tveganja izhaja večja nevarnost za nezgode in poklicne bolezni, ter za delavce, ki delajo na delovnih mestih, na katerih so nezgode pri delu in poklicne bolezni pogostejše. **Rok za občasne preizkuse iz prejšnjega odstavka ne sme biti daljši od dveh let**, kar upoštevajo številne ocene tveganja za delovna mesta elektrotehnikov na področju obratovanja in vzdrževanja.

Na področju usposabljanja oziroma varnosti in zdravja pri delu je za elektrotehnike izjemno pomembno poznavanje podzakonskega akta, tj. Pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (PVDNET) (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1), ki je po daljšem času posodobljen predan ministrstvu (MDDSZEM) v razpravo z upanjem aktivistov, ki smo aktivni več kot desetletje pri pripravi tega predloga, nazadnje 2025. leta.

Za stroko je zanimiv standard SIST EN 50110-1, Obratovanje električnih postrojev, ki podrobno predstavlja priporočila za varno in zdravo delo na elektroenergetskih postrojih in električnih inštalacijah. Žal standard še ni del pravilnika, kar pomeni, da ni obvezen. Ker pravilnik določa drugačne pogoje, kot jih opredeljujejo standardi skupine SIST EN 50110, veljajo določila pravilnika in drugih veljavnih predpisov.

Standard SIST EN 50110-1, Obratovanje električnih postrojev, bo postal aktiven del naše zakonodaje na področju varnega dela elektrotehnikov šele ob obnovi obstoječega pravilnika. Priporočamo nabavo tega standarda v slovenščini, saj zelo nazorno predstavlja obravnavano problematiko. Ločiti moramo naslednji kategoriji usposobljenosti:

- **Strokovna oseba elektrotehniške stroke je oseba, ki na osnovi strokovne izobrazbe, znanja in izkušenj poznavanja tehničnih predpisov in standardov s področja svojega dela kot tudi predpisov s področja varstva pri delu lahko predvidi nevarnosti in tudi varstvene ukrepe, ki te nevarnosti omejijo in preprečijo.**
- **Elektrotehniško poučen delavec je delavec, ki ga oseba elektrotehniške stroke pouči o možnih nevarnostih, do katerih lahko pride pri neustreznem ravnanju ob izvajanju določenih nalog oziroma del. Prav tako mora biti poučen o uporabi sredstev in opreme za osebno varstvo ter tudi o varstvenih ukrepih, ki te nevarnosti omejijo ali preprečijo.**

Energetska inšpekcija izvaja nadzor nad izvajanjem tehničnih zahtev iz EZ-2 ter na njegovi podlagi izdanih predpisov in splošnih aktov za izvrševanje javnih pooblastil pri gradnji, **vzdrževanju, obratovanju in uporabi energetskih objektov, naprav in omrežij.**

Energetska inšpekcija **opravlja tudi nadzor nad strokovnostjo in usposobljenostjo delavcev, ki upravljajo z energetskimi napravami**, v okviru zagotovitve varnosti in zanesljivosti obratovanja ter učinkovite rabe energije.

4. Nizkonapetostne inštalacije

Skrbnik elektroenergetskega postroja mora sprejeti interni akt o vzdrževanju in obratovanju, **razen če ima samo elektroenergetski postroj nizke napetosti** (4. oziroma 18. člen). Ob tem skrbnik elektroenergetskega postroja ne sme pozabiti na obveznosti, ki jih zahtevajo predpisi s področja gradbene zakonodaje.

Gradbena zakonodaja v Republiki Sloveniji je obsegala številne spremembe do najnovejšega Gradbenega zakona (GZ-1) (Uradni list RS, št. 199/21, 105/22 – ZZNŠPP, 133/23, 85/24 – ZAID-A, 47/25 – odl. US in 75/25) ob spremembah predhodnih, Gradbenega zakona (GZ) (Uradni list RS, št. 61/17, 72/17 – popr., 65/20, 15/21 – ZDUOP in 199/21 – GZ-1) in starega Zakona o graditvi objektov (ZGO-1) (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10 – ZRud-1, 20/11 – odl. US, 57/12, 101/13 – ZDavNepr, 110/13, 22/14 – odl. US, 19/15, 61/17 – GZ in 66/17 – odl. USZGO) in ZGO (Uradni list SRS, št. 34/84, 29/86, 40/94 – odl. US, 69/94 – odl. US, Uradni list RS, št. 29/95 – ZPDF, 59/96, 45/99, 42/00 – odl. US, 52/00 – ZGPro, 52/00 in 110/02 – ZGO-1) in predstavlja nadgradnjo obstoječega sistema gradbene zakonodaje v Republiki Sloveniji.

V interesu vseh je, da objekti niso le lepi in primerno umeščeni v prostor, ampak tudi da so varni, učinkoviti, uporabni in kakovostni. Gradbeni zakon določa, da so bistvene zahteve: mehanska odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higienska in zdravstvena zaščita ter zaščita okolja, varnost pri uporabi, zaščita pred hrupom, varčevanje z energijo in ohranjanje toplote, univerzalna graditev in raba objektov ter kot osma zahteva še trajnostna raba naravnih virov.

Ta splošna načela so podrobneje opredeljena v gradbenotehničnih in drugih gradbenih predpisih. Specifično področje obravnavata dva pravilnika in tehnični smernici:

- Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1),
- Tehnična smernica za graditev TSG-N-002:2021, Nizkonapetostne električne inštalacije,
- Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1),
- Tehnična smernica za graditev TSG-N-003:2021, Zaščita pred delovanjem strele.

Da objekti ohranijo uporabnost in vrednost, jih je treba vzdrževati. Med vzdrževalna dela se štejejo tudi izboljšave, ki upoštevajo napredek tehnike, zamenjava posameznih dotrajanih konstrukcijskih in drugih elementov ter inštalacijski preboji.

V praksi je veliko razprave o rokih za redne in izredne preglede nizkonapetostnih električnih inštalacij oziroma strelododov.

Čeprav so roki jasno predpisani v pravilnikih, v praksi najdemo priporočila preglednikov za krajše roke od predpisanih. To ni nič narobe, vendar bi pregledniki morali v ugotovitvah pojasniti vzroke za krajšo periodiko od predpisane (verjetno bi lahko bil vprašljiv posamezni tokokrog in ne celotna inštalacija):

- Redni pregled električnih inštalacij v stavbah, ki obsega pregled, preskuse in meritve električnih inštalacij, je treba izvesti v roku, **ki ni daljši od 8 let**. Ne glede na prejšnji odstavek je treba redni pregled električnih inštalacij v stavbah, ki imajo prostore s potencialno eksplozivno atmosfero, po predpisih, ki urejajo protieksplzijsko zaščito, izvesti v roku, ki ni daljši od 2 let (11. člen).
- Pregledi kot del zagotavljanja varnega delovanja sistema zaščite pred strelo obsegajo vizualni pregled, preskuse in meritve vgrajenega sistema, vključno s tistimi deli električnih inštalacij, ki so s tem sistemom neločljivo povezani. Redni pregled sistema zaščite pred strelo je treba izvesti vsaki 2 leti pri zaščitnih nivojih I in II ter **vsaka 4 leta pri zaščitnih nivojih III in IV** (9. člen).

Ta pregled zahtev posameznih predpisov smo pripravili kot pomoč odgovornim osebam v industriji in ustanovah, saj smo sprejeli izziv odgovoriti na številna praktična vprašanja v realnem okolju.



Slika 1: Papirnica Vevče

5. Primer urejanja dokumentacije v Papirnici Vevče

Primer v Papirnici Vevče je posledica sodelovanja pri pripravi oz. ureditvi dokumentacije (priprava internih aktov obratovanja in vzdrževanja) elektroenergetskih postrojev v Papirnici Vevče d.o.o. Pri oceni obstoječega stanja so sodelovali sodelavci (avtorji članka) iz Papirnice Vevče in C&G d.o.o. Ljubljana.

Uvodna presoja je izvedena na osnovi posebej oblikovanega vprašalnika procesov varnega elektro vzdrževanja v družbi Papirnica Vevče d.o.o., na kar je narejen zapisnik presoje z usmeritvami ter v nadaljevanju zapisan dogovor o pripravi oz. ureditvi dokumentacije EEP- postrojev v Papirnici Vevče. Dokumentacija je zbrana v elaboratu s prilogami, kar je zapisano v primopredajnem zapisniku o sodelovanju in svetovanju pri pripravi oz. ureditvi dokumentacije (priprava internih aktov obratovanja in vzdrževanja) EE-postrojev v Papirnici Vevče d.o.o. avgusta 2025.

5.1 Kratka predstavitev Papirnice Vevče d.o.o.

Papirnica Vevče d.o.o. je del skupine BRIGL & BERGMEISTER (B&B). B&B ima dve tovarni papirja v Avstriji in Sloveniji. Od tam oskrbujejo trge in kupce po vseh celinah.

Obrat Brigl & Bergmeister se nahaja v Niklasdorfu (Štajerska, Avstrija). ENAGES, obrat za termično predelavo odpadkov, oskrbuje tovarno Brigl & Bergmeister s stoddotno ogliščno nevtralno energijo v obliki pare in električne energije.

Leta 2004 je B&B prevzel lastništvo Papirnice Vevče d.o.o. (100 %), ki se nahaja na ljubljanskem območju (Slika 1).

Že več kot 180 let so gonilo inovacij v papirništvu – kakovost in zanesljivost od 1840. leta. Tradicija, znanje, aktivno voditeljstvo na trgu in pri inovacijah ostajajo temelj uspeha B&B.

Brigl & Bergmeister se je skupaj s skupino podjetij ROXCEL Holdinga odločil postaviti nove standarde ter ustvariti privlačno in spoštljivo okolje za zaposlene. Hkrati želijo dodatno drastično zmanjšati emisije in s tem prispevati k blaženju podnebnih sprememb.

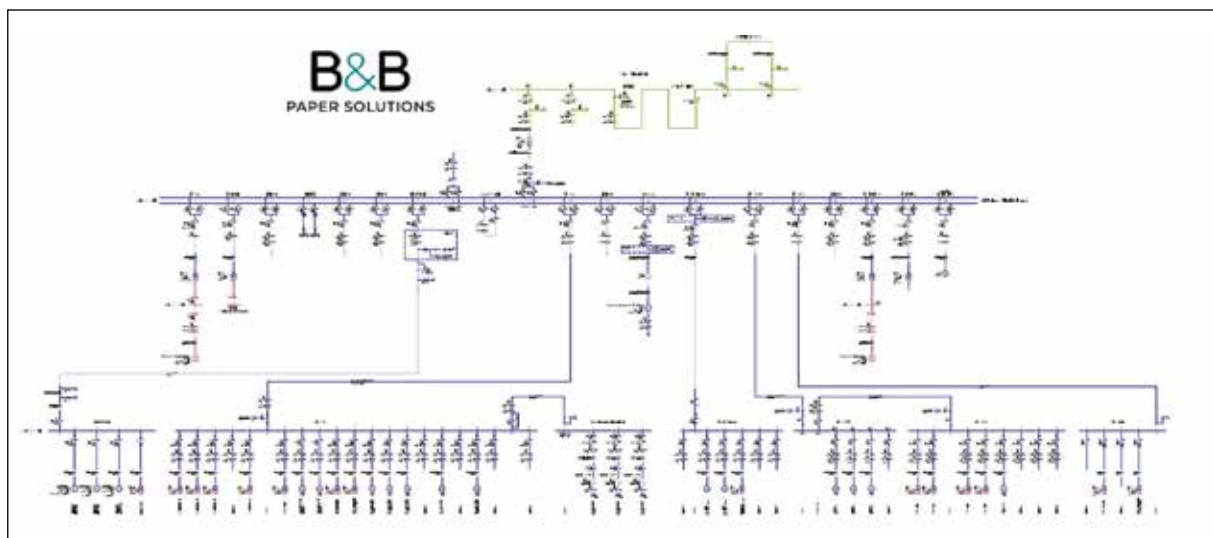
Ključni podatki B&B prepričljivo kažejo, da besedam sledijo dejanja. Ne glede na to, ali zagotavljajo prilagodljivost prek dveh proizvodnih lokacij, z investiranjem v nenehno izboljševanje in optimizacijo strojev in v ponudbo izdelkov ali zaupanje strank s petih celin – predvsem poudarjajo, da so zanesljiv in inovativen partner.

Papirnica Vevče predstavlja kompleksni EEP s številnimi elementi (predstavljena enopolna shema (Slika 2) presega okvir članka in je samo simbolična predstavitev kompleksnosti 20 kV napajalnega in 6 kV industrijskega omrežja).

Razvejano elektroenergetsko omrežje, ki je v lasti Papirnice Vevče, na kratko vsebuje:

- RTP 20/6 kV VEVČE transformator moči 10.000 kVA (rezerva 8.500 kVA, 20/6 kV, vzporedno delovanje ni mogoče),
- 20 kV KBV RTP POLJE – RTP PV (dolžine 3,5 km),
- 6 kV stikališče z dovodnimi in odvodnimi celicami (23 celic),
- 6 kV opremo (transformatorji 6/0,4 kV, generatorji, motorji), naprave (kompenzacija) in interni povezovalni KBV,
- 11 internih TP 6/0,4 kV,
- 6 kV TE-TO VEVČE 8.000 kVA,
- mHE FUŽINE (6 kV, 3x generatorji skupne moči 2.440 kW = 900 + 400 + 1.140 kW),
- 6 kV DV od mHE FUŽINE do RTP VEVČE (2,4 km; stojna mesta – les, jeklo, beton ter rekonstrukcija pri zaporu – prehod v KBV),
- 0,4 kV mHE VEVČE (2 generatorja 265 kW + 400 kW) in
- sončno elektrarno na strehi tovarne skupne moči 1.000 kW.

Izdelana je skrbna zbirka vseh oljnih in suhih transformatorjev, od vhodnih 2x 10 MVA/20-6 kV do številnih 6/0,4 kV,



Slika 2: Razvejano elektroenergetsko omrežje Papirnice Vevče

skupaj 21 kosov (nekaj jih je tudi na rezervi), odklopnikov in zaščitnih relejev.

Dokumentacijo smo zbrali, in sicer:

- OEEP Interni akt o obratovanju elektroenergetskih postrojev družbe Papirnica Vevče d.o.o.

in priloge:

- OEEP Priloga: Obratovalna shema povezav in umestitve v prostor TP, Enopolna shema Papirnica Vevče
- OEEP Priloga: Matrika odgovornosti za elektroenergetski postroj
- OEEP Priloga: Seznam SN opreme v družbi Papirnica Vevče d.o.o.
 - OEEP Priloga: Tipi transformatorjev
 - OEEP Priloga: Tipi odklopnikov
 - OEEP Priloga: Tipi relejev
- OEEP Priloga: Obratovalni sporazum TP1124 PV (Elektro Ljubljana)
- VEEP Interni akt o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev družbe Papirnica Vevče d.o.o.

in priloga:

- Priloga: Navodila za vzdrževanje EEP v Papirnici Vevče d.o.o.

OPOMBA: Papirnica Vevče ima lastno osebje, ki ima strokovno usposobljenost v skladu z zahtevami Pravilnika o strokovnem usposabljanju in preizkusu znanja za upravljalca energetskih naprav (Uradni list RS, št. 92/15, 175/20, 63/23 in 38/24 – EZ-2).

6. Zaključek

Avtorji želijo spodbuditi vodstvo podjetja in ustanove, ki imajo SN-opremo v lasti oz. transformatorsko postajo SN/NN (npr. 20/0,4 kV ali 10/0,4 kV), da imenuje skrbnika EEP. Skrbnik EEP imenuje vodjo obratovanja in vodjo vzdrževanja EEP in skupno pripravijo interne akte s prilogami.

Avtorji so v več podjetjih in ustanovah skupaj z internimi sodelavci uredili vse v skladu z zahtevami predpisov – glede na stopnjo urejenosti interne elektro dokumentacije (PID-i, navodila za obratovanje in vzdrževanje ter drugi podatki), ta se lahko uredi v tednu ali tudi v več mesecih (npr. če je potrebno urejati projektno dokumentacijo (PID) ali drugo).

Opozoriti je potrebno, da v kolikor podjetje ali ustanove nimajo lastnega strokovnega osebja (obratovalcev – stikalničarjev in vzdrževalcev elektro stroke), morajo nujno skleniti pogodbo s tretjo pravno osebo, ki ima to strokovno osebje.

S praktičnim primerom Papirnice Vevče smo predstavili zelo kompleksen obseg SN-opreme, ki je zahteval skrbno zbiranje dokumentacije in pripravo internih aktov s prilogami.

LITERATURA

- [1] V. Lovrenčič, Interni akti v skladu s pravilniki o obratovanju in vzdrževanju elektroenergetskih postrojev, Elektrotehniška revija ER, Agencija POTI, št. 2/2021, julij 2021.
- [2] V. Lovrenčič, M. Klemenc, I. Gornjak, A. Lovrenčič, J. Fijavž, Redno vzdrževanje in pregledi sončnih elektrarn zagotavljajo varno in zanesljivo obratovanje. Primer poročila o stanju male sončne elektrarne na osnovni šoli. Revija Vzdrževalec, št. 215-216, december 2025.
- [3] Lovrenčič, V. Lovrenčič, Razlika med strokovno osebo elektrotehniške stroke in elektrotehniško poučenim delavcu. Kdo lahko zamenja poškodovano vtičnico in kabel? Kdo lahko vzdržuje električna vozila? Elektrotehniška revija ER, Agencija POTI, št. 3/2025, november 2025.
- [4] Lovrenčič, V. Lovrenčič, G. Štern, Varno delo električarjev: Novosti standarda SIST EN 50110-1:2023 obratovanje električnih postrojev, Elektrotehniška revija ER, Agencija POTI, št. 2/2025, julij 2025.

ABSTRACT

INTERNAL ACTS ON THE OPERATION AND MAINTENANCE OF ELECTRICAL POWER PLANTS

**The custodian of power plants provides internal acts when he owns a transformer station
A case study – Papirnica Vevče**

Despite the fact that the regulations Rules on the maintenance of electric power plants, Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 98/15 and Rules on the operation of electric power plants, Official Gazette of the Republic of Slovenia, No. 56/16 have been in force for a good decade, we find in Slovenia many companies or owners of MV/LV transformer stations or electric power plants (EPP) above 1.000 V that have not yet arranged internal acts in accordance with their requirements.

The fact is that the appointed administrator of EEP above 1,000 V should ensure the preparation of internal acts of operation and maintenance and the orderliness of documentation. The authors, in cooperation with colleagues, have carefully arranged documentation in accordance with the regulations in some companies and institutions. They are practical examples in an environment where there was only one TP 1000 kVA 20/0.4 kV to an environment with a larger EEP volume (example Papirnica Vevče).

Keywords: electrical power plant, medium voltage, custodian, internal acts, operation, maintenance, documentation.

SAM VALVE MANAGEMENT

DIAGNOSTICIRANJE IN CELOSTEN PRISTOP K PREVENTIVNEMU VZDRŽEVANJU VENTILOV

SAMSON

SAM VALVE MANAGEMENT predstavlja celovit sistem upravljanja in diagnosticiranja regulacijskih ventilov. V središču sistema so napredni mikroprocesorsko krmiljeni pozicionerji ventilov, kot so TROVIS 3730-x, TROVIS 3793, TROVIS 3731-x in modeli TROVIS SAFE. Ti pozicionerji ne opravljajo le funkcije pozicioniranja ventila, temveč vključujejo tudi napredne diagnostične funkcije, digitalno komunikacijo (HART, FOUNDATION Fieldbus, PROFIBUS) ter krmiljenje z visoko ločljivostjo.

Diagnostični sistem temelji na zbiranju obratovalnih podatkov, njihovi analizi ter interpretaciji s pomočjo naprednih algoritmov. Sistem uporablja informacije o stanju pozicionerja, osnovne podatke o ventilu, podatke o življenjski dobi komponent in zgodovini servisnih posegov.

Vgrajeni algoritmi omogočajo **zaznavanje trendov in odstopanj** v delovanju ventila. Nekateri diagnostični algoritmi so patentirani, na primer za zaznavanje neustreznega tesnenja sedeža ventila ali za identifikacijo možnih vzrokov za spremembe v delovanju regulacijskega ventila.



PREDIKTIVNO VZDRŽEVANJE

Prehod z nujnih popravil na predvideno vzdrževanje, ki temelji na dejanskem stanju naprav.



NIŽJI STROŠKI ŽIVLJENJSKEGA CIKLA

Optimizacija intervalov vzdrževanja in detekcija poškodb, še preden se te pojavijo, podaljšata življenjsko dobo ventila.



IZBOLJŠANA KAKOVOST PROCESA

Pozicionerji z visoko ločljivostjo parametrov zagotavljajo večjo natančnost krmiljenja in zmanjšano odstopanja željene vrednosti.



VARNOSTNA SKLADNOST

Integrirane funkcije PST (test delnega hoda) poenostavijo in beležijo skladnost z varnostnimi standardi (SIL).



ZMANJŠAN ČAS IZPADOV V PROCESU

Zgodnje odkrivanje napak preprečuje nepričakovane ustavitve procesa.

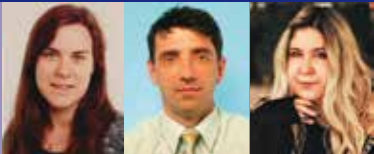


SKENIRAJ ZA VEČ INFORMACIJ

Obiščite našo spletno stran za podrobnejšo predstavitev **SAM VALVE MANAGEMENT**.

VZDRŽEVANJE POSLOVNIH PROCESOV

Piše: **dr. Eva Krhač Andrašec¹**, **dr. Tomaž Kern¹**, **Sara Kremsar²**,
¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Laboratorij za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov, ² OPTIMOD (optimod.net)



VZDRŽEVANJE POSLOVNIH PROCESOV: IZBOLJŠAVA PROCESA FEDR V INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKEM PODJETJU

V hitro spreminjajočem se poslovnem okolju, ki ga zaznamujejo tehnološki napredek in stalne tržne dinamike, postaja prilagajanje organizacijskih sistemov ena ključnih nalog sodobnih podjetij. Ob tem se v ospredje postavljajo vprašanja učinkovitega uvajanja sprememb in njihovega vpliva na dolgoročno konkurenčnost. Članek se osredotoča na procesni pristop k obvladovanju poslovnih procesov, s posebnim poudarkom na fazi izboljšave kot delu vzdrževanja poslovnih procesov. V teoretičnem delu predstavimo pregled najpogosteje uporabljenih ukrepov, metod in tehnik za izboljšavo, v empiričnem pa s študijo primera prikažemo konkretno uporabo na primeru procesa »Free Edition Download Request« (FEDR) v informacijsko-komunikacijskem podjetju. S poudarkom na vpeljavi miselnosti osredotočanja na stranko članek prikazuje, kako lahko premišljena prenova procesa prispeva k večji učinkovitosti, večjemu zadovoljstvu uporabnikov ter dolgoročni organizacijski prilagodljivosti.

Ključne besede: vzdrževanje poslovnih procesov, izboljšava poslovnih procesov, študija primera, informacijsko-komunikacijske dejavnosti

1. PREDSTAVITEV MOŽNOSTI ZA IZBOLJŠEVANJE POSLOVNIH PROCESOV

Na podlagi celovitega strukturiranega pregleda dostopne strokovne in znanstvene literature ugotavljamo, da je v namen izboljšave poslovnih procesov možno uporabljati različne ukrepe, metode in tehnike (Krhač Andrašec idr., 2024). Skozi pregled smo identificirali relevantne in najpogosteje uporabljene pojme, med katerimi lahko izpostavimo na primer naslednje ukrepe: eliminacija aktivnosti brez dodane vrednosti, združevanje/razdruževanje posameznih aktivnosti, sprememba zaporedja izvajanja aktivnosti, specializacija/standardizacija/avtomatizacija procesa, optimizacija virov v procesu, opolnomočenje izvajalcev za odločanje. V pregledu pojmov so identificirane tudi relevantne in najpogosteje uporabljene metode in tehnike izboljševanja poslovnih procesov (Tabela 1), pri čemer smo se v ciklu vzdrževanja poslovnih procesov osredotočili predvsem na fazo izboljšave. Vsekakor pa je potrebno poudariti tudi to, da je pri posameznem izzivu izboljševanja poslovnega procesa za izbor primerne opcije potrebno upoštevati tudi druge dejavnike, kot so npr. namembnost, velikost, finančna sposobnost in strokovna usposobljenost organizacijskega sistema, na-

rava problematike v obravnavanem poslovnem procesu in namen, ki ga želimo doseči s posamezno organizacijsko spremembo.

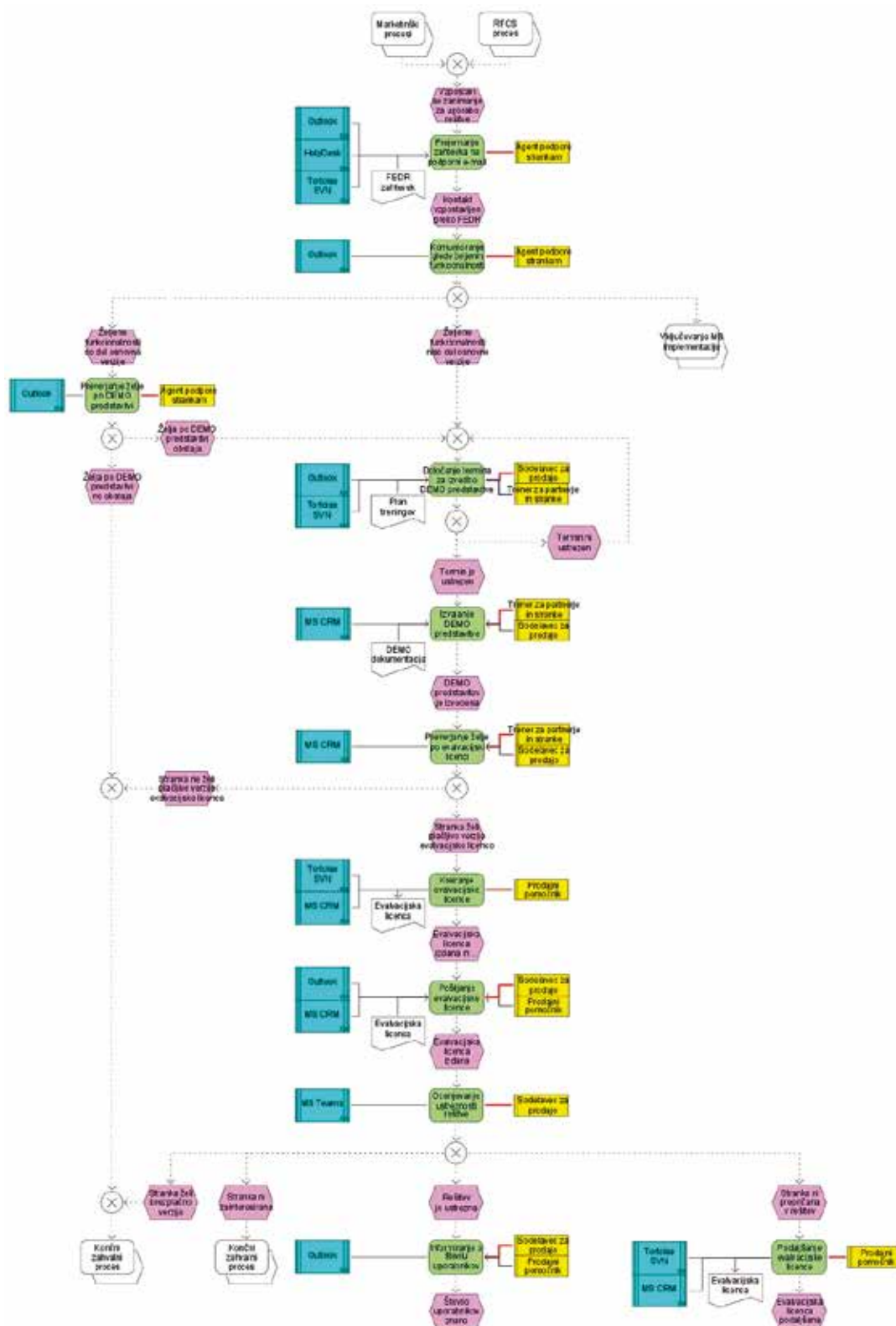
Tabela 1: Primernost metod in tehnik za izboljšavo poslovnih procesov (prirejeno po Krhač Andrašec, 2022)

	Izboljšava ključnih poslovnih procesov
Benchmarking	Soković idr., 2009
Brainstorming	Zare Mehrjerdi, 2011; Soni idr., 2013; Antony, 2006; Soković idr., 2009
Process Modelling	Valiris in Glykas, 1999
Process Simulation	Zare Mehrjerdi, 2011
VSM	Soković idr., 2009; Boutros in Cardella, 2016
5S	Soković idr., 2009
Flowchart	Boutros in Cardella, 2016
FMEA	Zare Mehrjerdi, 2011; Soković idr., 2009

2. IZBOLJŠAVA IZBRANEGA PROCESA

Na podlagi ugotovitev operativne in strukturne analize (Krhač Andrašec idr., 2024) obstoječega (AS-IS) stanja FEDR-procesa je bil pripravljen predlog izboljšave z uporabo procesno naravnane pristopa in upoštevanjem miselnosti usmerjenosti na stranko (Customer-Driven). Gre za strateški pristop in organizacijsko miselnost, v okviru katere je zadovoljstvo

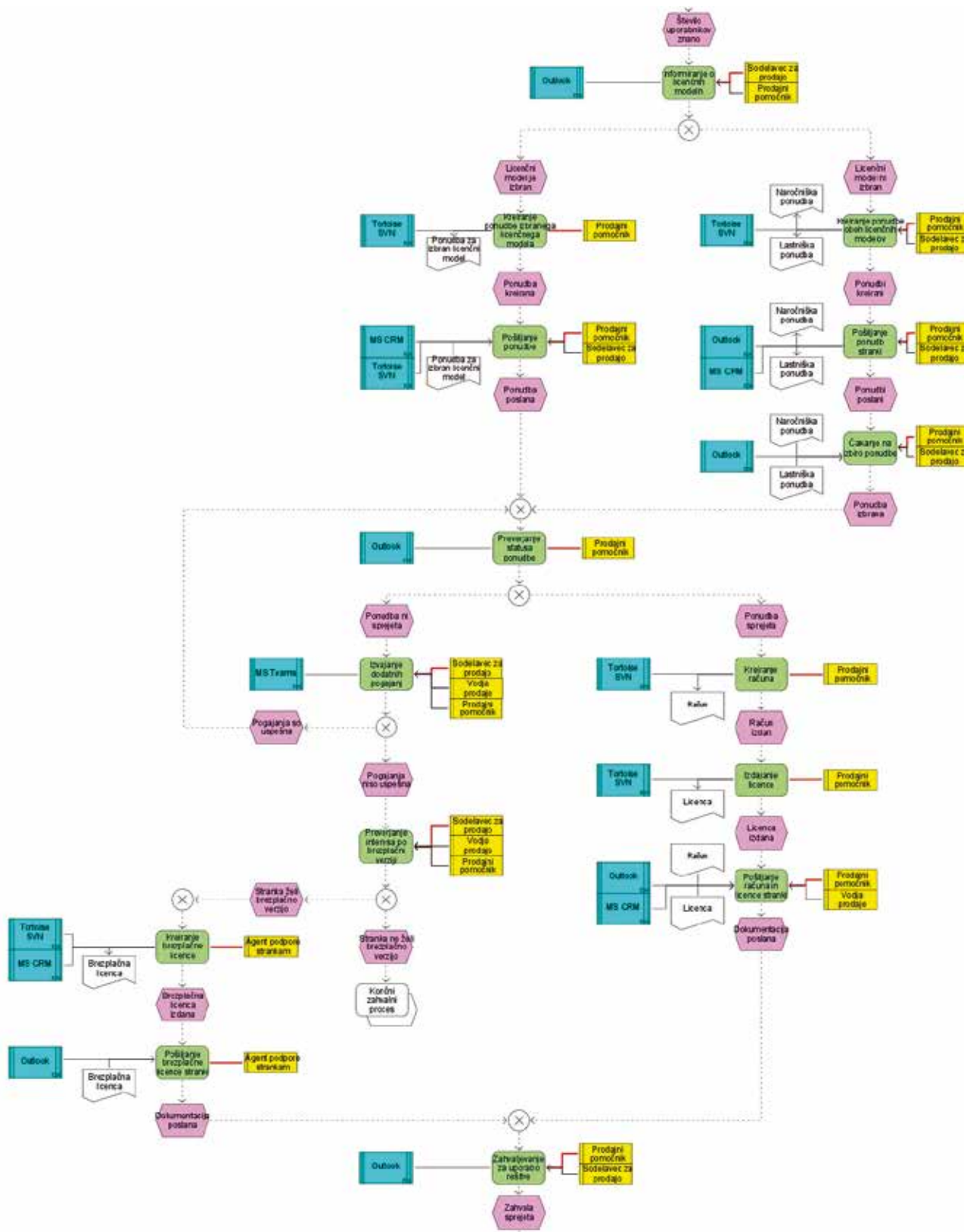
stranke postavljeno v središče vsake poslovne odločitve, pri čemer se organizacija sistematično usmerja v prepoznavanje, razumevanje in preseganje pričakovanj, potreb ter želja strank. Takšna miselnost vključuje prilagoditev poslovnega modela in transformacijo organizacijske kulture, procesov, strukture in uporabe podatkov, kar omogoča ustvarjanje trajnih odnosov s strankami in dolgoročne konkurenčne prednosti. Glavni cilji izboljšave so bili zmanjšati čakalne dobe, odpraviti podvajanja aktivnosti ter izboljšati preglednost



Slika 1: Posnetek prenovljenega (TO-BE) stanja FEDR-procesa – 1. del (Kremsar, 2021)

in logično zaporedje nalog. Ključna sprememba se nanaša na zgodnjo fazo procesa, pri katerem je dodana aktivnost »Preverjanje želje po DEMO-predstavitvi«, s čimer se izboljša razumevanje potreb stranke že pred pripravo ponudb. Poleg tega je prenova naslovila informacijsko prekrivanje med vlogami sodelavca za prodajo in prodajnega pomočnika

ter uvedla bolj strukturirano podajanje informacij glede licenčnih možnosti in treningov. Za preverjanje ustreznosti in učinkovitosti predlagane izboljšave je s pomočjo EPC-tehnike v orodju ARIS (Scheer, 1994) pripravljen posnetek prenovljenega (TO-BE) stanja FEDR-procesa. Model procesa je prikazan v nadaljevanju na Slikah 1, 2 in 3.



Slika 2: Posnetek prenovljenega (TO-BE) stanja FEDR-procesa – 2. del (Kremsar, 2021)

Na podlagi modela prenovljenega procesa so izvedene operativna in strukturna analiza prenovljenega stanja ter primerjalna analiza med osnovnim (AS-IS) in prenovljenim (TO-BE) stanjem procesa. V operativni analizi smo obravnavali časovno dimenzijo (Tabela 2), kjer smo za izračun časa

izvajanja procesa upoštevali povprečen čas čakanja med aktivnostmi in povprečen čas izvajanja posamezne aktivnosti. Analiziran prenovljeni proces porabi povprečno 180 minut na čakanje in 616,33 minut na izvajanje aktivnosti.

Tabela 2: Časovna analiza izvajanja prenovljenega procesa FEDR (Kremsar, 2021)

Proces FEDR v TO-BE stanju	Čas		Organizacijska odgovornost		
Aktivnost	Čas izvajanja	Čas čakanja	Organizacijski element	Povezava	Utež
Čakanje na izbiro ponudbe		180 min	Sodelavec za prodajo	obveščen	1
Čakanje na izbiro ponudbe			Prodajni pomočnik	opravlja	1
Določanje termina za izvedbo DEMO-predstavitve	3 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1
Določanje termina za izvedbo DEMO-predstavitve	3 min		Trener za partnerje in stranke	pripomore	1
Evidentiranje povratnih informacij	10 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Informiranje o licenčnih modelih	10 min		Prodajni pomočnik	obveščen	1
Informiranje o licenčnih modelih	10 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1
Informiranje o številu uporabnikov	10 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1
Informiranje o številu uporabnikov	10 min		Prodajni pomočnik	obveščen	1
Izdajanje licence	10 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Izvajanje DEMO-predstavitve	60 min		Trener za partnerje in stranke	opravlja	1
Izvajanje DEMO- predstavitve	60 min		Sodelavec za prodajo	obveščen	1
Izvajanje dodatnih pogajanj	30 min		Vodja prodaje	pripomore	1
Izvajanje dodatnih pogajanj	30 min		Prodajni pomočnik	obveščen	1
Izvajanje dodatnih pogajanj	30 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1
Komuniciranje glede želenih funkcionalnosti	20 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Kreiranje brezplačne licence	5 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Kreiranje evalvacijske licence	5 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Kreiranje ponudbe izbranega licenčnega modela	20 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Kreiranje ponudbe obeh licenčnih modelov	40 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Kreiranje ponudbe obeh licenčnih modelov	40 min		Sodelavec za prodajo	obveščen	1
Kreiranje računa	20 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Ocenjevanje ustreznosti rešitve	0,33 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1
Podaljšanje evalvacijske licence	5 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Posredovanje video treningov	15 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Pošiljanje brezplačne licence stranki	5 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Pošiljanje evalvacijske licence	1 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1

Pošiljanje evalvacijske licence	1 min		Prodajni pomočnik	obveščen	1
Pošiljanje navodil za inštalacijo produkta in implementacijo licence	15 min		Agent podpore strankam	obveščen	1
Pošiljanje navodil za inštalacijo produkta in implementacijo licence	15 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1
Pošiljanje navodil za učinkovito uporabo rešitve	15 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Pošiljanje ponudb stranki	5 min		Sodelavec za prodajo	obveščen	1
Pošiljanje ponudb stranki	5 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Pošiljanje ponudbe	5 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Pošiljanje ponudbe	5 min		Sodelavec za prodajo	obveščen	1
Pošiljanje računa in licence stranki	5 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Pošiljanje računa in licence stranki	5 min		Vodja prodaje	obveščen	1
Prejemanje zahtevka na podporni e-mail	2 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Preverjanje interesa po brezplačni verziji	5 min		Prodajni pomočnik	obveščen	1
Preverjanje interesa po brezplačni verziji	5 min		Vodja prodaje	obveščen	1
Preverjanje interesa po brezplačni verziji	5 min		Sodelavec za prodajo	opravlja	1
Preverjanje potrebe o nadaljnji pomoči	5 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Preverjanje povratnih informacij strank	5 min		Prodajni pomočnik	obveščen	1
Preverjanje povratnih informacij strank	5 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Preverjanje statusa ponudbe	2 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Preverjanje želje po DEMO- predstavitvi	3 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Preverjanje želje po dodatni pomoči	5 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Preverjanje želje po evalvacijski licenci	5 min		Sodelavec za prodajo	obveščen	1
Preverjanje želje po evalvacijski licenci	5 min		Trener za partnerje in stranke	opravlja	1
Preverjanje želje po pomoči uporabe rešitve	5 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Pridobivanje informacij o vrsti pomoči	15 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Usmerjanje na ustrezen kanal	10 min		Agent podpore strankam	opravlja	1
Zahvaljevanje za uporabo rešitve	3 min		Prodajni pomočnik	opravlja	1
Zahvaljevanje za uporabo rešitve	3 min		Sodelavec za prodajo	obveščen	1
Sum	616,33 min	180 min			

V strukturni analizi smo prenovljen proces analizirali s petimi ključnimi strukturnimi kazalniki učinkovitosti (Krhač Andrašec, 2022) ter ugotovili, da ima proces:

- 36 aktivnosti,
- 5 izvajalcev,
- 14 dokumentov,
- 8 odločitev,
- 97,22 % aktivnosti, podprtih s programsko opremo.

3. ZAKLJUČEK

Celotna prenova temelji na načelu zmanjševanja števila nepotrebnih interakcij, povečanja kakovosti informacij in hitrejšega odziva na povratne informacije uporabnikov. Prenovljeni proces vključuje večje število aktivnosti in dokumentov, vendar je pomembno razumeti, da to ne vodi nujno k izgubi učinkovitosti. Ključno je, da je le-to smiselno vključeno v proces, kar pa je v primeru prenovljenega procesa FEDR omogočilo večjo usmerjenost na uporabnika. Prav tako prinaša jasnejšo logiko poteka in izboljšano sodelovanje med vključenimi vlogami.

Po prenovi procesa je podjetje doseglo več pozitivnih rezultatov:

- Sprememba procesa je pripomogla k hitrejšemu izvajanju preostalih procesov brez nepotrebnih zamud, kar je omogočilo boljšo odzivnost na potrebe strank.
- Dodatno informiranje strank je zmanjšalo možnosti za napake pri interpretaciji izdelka in zagotovilo boljši ugled izdelkov tudi za uporabnike brezplačne verzije.
- Podjetje je postalo bolj prilagodljivo in sposobno hitrega odzivanja na spremembe na trgu zaradi večjega sprejema povratnih informacij uporabnikov.

Ključno je zavedanje, da odprava nepotrebnih aktivnosti in avtomatizacija niso vedno edina rešitev za izboljšanje poslovnih procesov. Prenovljeni poslovni procesi, ki so usmerjeni na stranke, morda niso vedno optimalni z vidika števila aktivnosti in dokumentov ter npr. pretočnega časa in stroškov. Osredotočanje na stranke se namreč lahko izkaže kot bolj kompleksno in zahteva več prilagodljivosti. Vendar pa se iz tega pristopa lahko izboljša zadovoljstvo strank, poveča lojalnost in dolgoročno izboljša uspešnost organizacijskega sistema. Najpomembneje je, da poslovni procesi ostanejo prilagodljivi, vsebinsko naravnani za doseganje ciljev organizacijskega sistema in upoštevajo trenutne razmere na trgu.

Obvladovanje poslovnih procesov ni enkratni projekt, ampak trajen pristop, ki z doseženo večjo sposobnostjo prilagajanja in kakovostjo izdelkov in storitev ter zmanjšanim tveganjem vodi do večje učinkovitosti poslovnih procesov in celotnega organizacijskega sistema. Pri tem je najpomembnejše redno spremljanje in nadgrajevanje oziroma vzdrževanje poslovnih procesov ter prilagajanje novim izzivom. Vzpostavitev nadzora na ravni poslovnih procesov je ključna za ustvarjanje kulture nenehnega vzdrževanja poslovnih procesov, ki omogoča organizacijskemu sistemu, da ostane konkurenčen, uspešen in sodoben v stalno spreminjajočem se poslovnem okolju.

LITERATURA

- [1] Krhač Andrašec, E., Urh, B., Roblek, M., Kern, T. (2024). An analysis of methods and techniques used for business process improvement. *Organizacija: revija za management, informatiko in kadre*, 57(2), 165-184.

- [2] Krhač Andrašec, E. (2022). *Vpliv uporabe metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov na učinkovitost organizacijskih sistemov* [Doktorska disertacija]. Univerza v Mariboru.
- [3] Soković, M., Jovanović, J., Krivokapić, Z., & Vujović, A. (2009). Basic quality tools in continuous improvement process. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 55(5), 333–341.
- [4] Zare Mehrjerdi, Y. (2011). Six- Sigma: methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31(1), 79–88.
- [5] Soni, S., Mohan, R., Bajpai, L., & Katore, S. K. (2013). Reduction of welding defects using Six Sigma techniques. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 2(3), 404–412.
- [6] Antony, J. (2006). Six Sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248.
- [7] Valiris, G., & Glykas, M. (1999). Critical review of existing BPR methodologies: The need for a holistic approach. *Business Process Management Journal*, 5(1), 65–86.
- [8] Boutros, T., & Cardella, J. (2016). *The basics of process improvement*. CRC Press.
- [9] Krhač Andrašec, E., Kremsar, S., & Kern, T. (2024). Vzdrževanje poslovnih procesov: Analiza procesa FEDR v informacijsko-komunikacijskem podjetju. *Vzdrževalec: revija Društva vzdrževalcev Slovenije*, 207/208, 1189, 39-43.
- [10] Scheer, A. W. (1994). *Business process engineering: Reference models for industrial enterprises* (2nd ed.). Springer-Verlag.
- [11] Kremsar, S. (2021). *Uporabniško vodeni procesi in pomen njihove vpeljave v poslovanje organizacije* [Magistrsko delo]. Univerza v Mariboru.

ABSTRACT

BUSINESS PROCESS MAINTENANCE: FEDR PROCESS IMPROVEMENT IN AN INFORMATION AND COMMUNICATION COMPANY

In a rapidly changing business environment, characterized by technological progress and constant market dynamics, adapting organizational systems is becoming one of the key tasks of modern companies. At the same time, the issues of effective implementation of changes and their impact on long-term competitiveness are coming to the fore. The article focuses on the process approach to business process management, emphasizing the improvement phase as part of business process maintenance. In the theoretical part, we present an overview of the most used measures, methods, and techniques for improvement. In the empirical part, we demonstrate a concrete application using the example of the Free Edition Download Request (FEDR) process in an information and communication company. With an emphasis on introducing a customer-centric mindset, the article shows how thoughtful process redesign can contribute to greater efficiency, greater user satisfaction, and long-term organizational adaptability.

Keywords: processes maintenance, processes improvement, case study, information and communication

UVAJANJE UI V VZDRŽEVANJE

Piše: **Špela Poklukar**, dipl. mat., MBA, inženirka umetne inteligence in direktorica podjetja Fabullabs, svetovanje in razvoj rešitev umetne inteligence



KAKO V PODJETJE VPELJATI PROJEKT UMETNE INTELIGENCE?

Projekti umetne inteligence v vzdrževanju redko spodletijo zaradi algoritmov. Spodletijo zaradi nejasno opredeljenega problema, premalo zabeleženih okvar, nedostopnih podatkov ali rešitve, ki je nihče ne uporablja — vse to pa je mogoče preveriti vnaprej. Članek je namenjen vzdrževalnim ekipam, ki takšen projekt šele načrtujejo, in jih vodi skozi pripravo: opredelitev problema in merila uspeha, izhodišče sedanje prakse ter oceno poslovne upravičenosti s primerjavo stroškov nenačrtovane okvare, načrtovanega posega in preverjanja lažnega alarma. Posebna pozornost je namenjena podatkom — število zabeleženih okvar posamezne vrste je pogosto odločilnejše od dolžine zgodovine, pomembni pa so tudi ločljivost meritev, pokritost obratovalnih režimov in dostop do podatkov. Kadar okvar ni dovolj, članek predstavi zaznavanje anomalij kot izvedljivo alternativo. Sledijo izvajanje po fazah z vnaprej dogovorjenim merilom uspešnosti, izbira izvajalca, uporabniška izkušnja in odzivni protokol ter spremljanje in rekaliibracija sistema po zagonu. Zaključi ga kontrolni seznam vprašanj, na katera je smiselno odgovoriti pred prvo naložbo.

Ključne besede: prediktivno vzdrževanje, umetna inteligenca, poslovna upravičenost, kakovost podatkov, zaznavanje anomalij, lažni alarmi, spremljanje stanja.

Uvod

Umetna inteligenca postaja ena ključnih tehnologij v prediktivnem vzdrževanju. Pri tem ne nadomešča uveljavljenih metod tehnične diagnostike – vibrodiagnostike, termografije, analize olja ali mejnih vrednosti – ampak jih dopolnjuje tam, kjer preprosti pragovi na posameznem signalu ne zadoščajo več. Tu pa se pokaže vrzel. Znanje o strojih, izkušnje in intuicija, na katerih tak projekt stoji, so v vzdrževalnih ekipah že doma; znanja o umetni inteligenci pa interno pogosto ni. Ta članek želi vrzel premostiti: je kontrolni seznam za vse, ki bi umetno inteligenco radi uvedli v svoje vzdrževanje, pa ne vedo, kje začeti in na kaj morajo biti pozorni za uspešno izpeljan projekt.

Opredelitev problema in merila uspeha

Vsak projekt se začne z dvema zapisoma: kaj želimo doseči, povedano v preprostem in vsem razumljivem jeziku, in koliko nam je to vredno. Prvi je opis problema, drugi poslovna upravičenost (angl. business case). Dokler nista zapisana, se o rešitvi ni mogoče resno pogovarjati – niti interno niti z izvajalcem.

Poglejmo primer.

Opredelitev problema: Želimo razviti sistem, ki nas bo na podlagi analize senzoričnih parametrov stroja opozoril, kdaj je najprimernejši čas za servis. Želimo, da nas sistem opozori vsaj ... ur pred dogodkom, da lahko ustrezno naročimo rezervne dele iz skladišča in razporedimo vzdrževalce. Napovedi naj posodablja vsakih ... ur.

Ocena pričakovanih rezultatov:

V zadnjem letu so nas nenačrtovane okvare stale ... €, načrtovano vzdrževanje po urniku pa ... €.

S sistemom želimo skupni strošek vzdrževanja zmanjšati za ... % oziroma na letni ravni prihraniti ... €.

Ocena trenutnega stanja

Preden ocenimo, koliko nam sistem prinese, si oglejmo, kaj nas vzdrževanje stane danes. Denar odteka na dveh mestih: pri nenačrtovanih okvarah, ki nas presenetijo, in pri načrtovanih posegih, ki jih opravljamo po urniku, ne glede na dejansko stanje stroja.

K temu dodajmo še tretjo številko, ki ni strošek, ampak naše izhodišče: koliko okvar preprečimo že danes – z obhodi, meritvami, izkušnjami in prav s temi rednimi pregledi. Nov sistem namreč ne tekmuje z ničlo, ampak z našo sedanjo prakso: če ekipa danes prepozna dve tretjini okvar, preden se zgodijo, mora sistem preseči ti dve tretjini, ne le dokazati, da sploh kaj napove.

Ocena prihodnjega stanja

Kaj se s sistemom spremeni? Najprej okvare. Del tistih, ki nas danes presenetijo, se prevesi med načrtovane posege: popravilo opravimo takrat, ko nam ustreza, z rezervnim delom v skladišču in brez nenadne ustavitve linije. Prihranek pri takem dogodku ni celoten strošek okvare, ampak razlika med nenačrtovanim in načrtovanim posegom – popravilo bomo namreč opravili tako ali tako.

Drugo, in pogosto pomembnejše, je število načrtovanih posegov. Danes jih opravljamo po koledarju; če stanje stroja spremljamo sproti, jih lahko opravimo šele takrat, ko jih stroj zares potrebuje. Nekateri pregledi tako odpadejo, drugi se zamaknejo. Prihranek ni v tem, da bi bil posamezen poseg cenejši – stane nas enako – ampak v tem, da jih je manj. Ker se redno vzdrževanje izvaja pogosto in v velikem obsegu, okvare pa so razmeroma redke, se prav tu pogosto skriva večji del upravičenosti.

Pri krčenju preventivnega urnika bodimo previdni. Interval smemo podaljšati samo tam, kjer diagnostika dejansko pokriva iste načine odpovedi, ki jih je preventivni poseg naslavljal, in šele potem, ko je sistem svojo zanesljivost dokazal na daljšem obdobju – torej po pilotni fazi, ne pred njo. Kjer je vzdrževanje zakonsko predpisano, se intervali ne spreminjajo. Do takrat te prihranke vodimo kot pričakovano korist in ne kot že realiziran prihranek.

Toliko o koristih. Sistem pa prinese tudi stroške, ki jih danes nimamo, in prvi se skriva v dveh številkah, ki ju pogosto spregledamo: koliko lažnih alarmov na mesec smo pripravljeni prenesti in koliko spregledanih okvar si lahko privoščimo. Vsak sistem napovedovanja se giblje med tema skrajnostma – bolj občutljiv sistem ujame več okvar in hkrati sproži več lažnih preplahov. To ni tehnična odločitev razvijalca, ampak poslovna odločitev vzdrževanja, saj posledice nosimo mi. In posledica je resnejša, kot se zdi na prvi pogled: če sistem prepogosto kliče »volk«, ga vzdrževalci v nekaj tednih nehajo jemati resno, projekt pa je s tem mrtev ne glede na to, kaj kažejo statistike natančnosti.

Lažni alarmi niso le nadloga, ampak tudi strošek – in sicer nov strošek, ki ga prej nismo imeli. Vsako opozorilo mora nekdo preveriti: to je nekaj ur dela vzdrževalca, včasih tudi načrtovan postanek stroja, občasno pa še zamenjava dela, ki bi lahko še služil. Zadnje ni nedolžno, saj vgradnja novega ležaja s seboj prinese tveganje zgodnje odpovedi – z nepotrebnim posegom lahko okvaro tudi povzročimo. Preverjanje lažnega alarma ima torej enako sestavo stroška kot vsak drug poseg: nekaj ur dela, občasno zastoj in občasno rezervni del. Zato ga lahko ovrednotimo na povsem enak način.

Nazadnje v izračun vključimo tudi strošek lastništva rešitve, ne le strošek razvoja. Sem sodijo licence, oblak ali strežniki, morebitna nova senzorika, integracija z obstoječimi sistemi ter tekoče spremljanje in periodična rekaliibracija. Sicer bomo enkratno ponudbo izvajalca primerjali z letnimi prihranki in se odločali na napačni podlagi.

Upravičenost naložbe

Zdaj lahko vse to prevedemo v številke. Za vsako od treh vrst dogodkov ocenimo, koliko nas stane en sam tak dogodek in kolikokrat na leto se zgodi.

Iz tabele preberemo tri zneske. Razlika $A - B$ je prihranek pri vsaki okvari, ki jo pravočasno zaznamo in je zato ne odpravljamo v naglici. Znesek B je hkrati prihranek pri vsakem načrtovanem posegu, ki ga zaradi spremljanja stanja sploh ne opravimo več. Znesek C pa je cena vsakega lažnega alarma

– edini od treh, ki ga danes še nimamo.

Upravičenost lahko zdaj zapišemo v eni trditvi:

Letni prihranek = dodatno pravočasno zaznane okvare
 $\times (A - B)$ + opuščeni načrtovani posegi
 $\times B$ – pričakovani lažni alarmi
 $\times C$ – letni strošek lastništva rešitve.

Pri izračunu se skrivajo tri pasti. Prvič, pri okvarah štejemo razliko $A - B$ in ne celotnega zneska A . Drugič, štejemo samo okvare, ki jih danes še ne ujame; tiste, ki jih ekipa prepozna že zdaj – tudi z rednimi pregledi –, niso zasluga sistema. Tretjič, spregledane okvare niso dodaten strošek: stanejo nas natanko toliko kot danes, le koristi pri njih ni. Če katero od teh treh spregledamo, bo izračun videti precej lepši, kot v resnici je.

Takšen izračun potrebujemo za interno komunikacijo, za oceno sprejemljivega stroška rešitve in za evalvacijo projekta, v pomoč pa bo tudi podatkovnim znanstvenikom pri razvoju. Predvsem pa nam pove, kdaj je rešitev dovolj dobra in kdaj lahko z izboljšavami prenehamo.

Začnimo s problemom, in ne z rešitvijo

Vsak projekt se mora začeti z dobro opredeljenim problemom. Včasih podjetja v dobri veri in želji, da bi ostala konkurenčna, začnejo s tehnologijo: »V svoje procese bi radi uvedli umetno inteligenco.« Takšna pobuda ni sporna, mora pa ji slediti identifikacija in opredelitev problemov, ki jih želimo rešiti in menimo, da za njihovo reševanje potrebujemo umetno inteligenco. Tako bomo lahko prepričani, da bo naša naložba upravičena, in bomo povečali tudi verjetnost, da bodo projekti uspešno izpeljani.

Ali res potrebujemo umetno inteligenco?

Preden gremo naprej, pa si zastavimo vprašanje, ki lahko prihrani največ denarja: ali za rešitev problema res potrebujemo umetno inteligenco? Marsikateri problem v vzdrževanju je že rešen z uveljavljeno tehnično diagnostiko ali pa s preprostim pravilom oziroma enostavnejšim statističnim modelom. Takšna poenostavitev močno zniža strošek in skrajša pot do rešitve, hkrati pa je rezultat lažje razločljiv in zato pri vzdrževalcih deležen večjega zaupanja. Cilj projekta je rešiti dani problem, neodvisno od tehnologije, ki je zadaj. Umetna inteligenca se izplača predvsem tam, kjer je vzorec razpršen po več spremenljivkah hkrati in ga s pragovi na posameznem signalu ni mogoče zajeti. To vprašanje bo z nami pregledal tudi izvajalec, ko bo videl podatke – a bolje je, da si nanj poskusimo odgovoriti že prej.

Postavka	Nenačrtovana okvara	Načrtovan poseg	Preverjanje lažnega alarma
Delo vzdrževalcev	... ur = ... €	... ur = ... €	... ur = ... €
Zastoj linije	... €	... €	... €
Rezervni deli	... €	... €	... €
Skupaj na dogodek	A €	B €	C €
Število dogodkov na leto	...	...	...
Skupaj na leto	... €	... €	... €

Uskladitev pričakovanj

Ekspperimentalna narava projektov umetne inteligence

Projekti umetne inteligence so po svoji naravi eksperimentalni. V nasprotju z klasičnim razvojem programske opreme, kjer vnaprej vemo, da bo program pri določenih vhodnih podatkih v skladu z želeno poslovno logiko deloval točno tako, kot od njega pričakujemo, je delovanje rešitev umetne inteligence odvisno predvsem od podatkov in vzorcev, ki jih je mogoče iz podatkov razbrati. Ker so ti vzorci našim očem največkrat skriti (prav zato jo potrebujemo), je tudi nemogoče vnaprej oceniti, ali bo rešitev delovala in kako dobro. To lahko z gotovostjo potrdimo samo tako, da rešitev dejansko tudi implementiramo in na preteklih podatkih preverimo, kako dobro bi delovala v preteklosti. Rešitev potem z nadaljnjimi eksperimenti izboljšujemo, dokler ne pridemo do želenih rezultatov.

Največkrat to pomeni, da moramo:

- Vključiti še druge podatke, ki bolje opišejo problem
- Izboljšati kakovost podatkov
- Uporabiti bolj zmogljive algoritme

Izvajalci v oceno stroška in časovnico zato praviloma vključijo tudi rezervo za nepredvidljiva dela. Kljub temu se lahko zgodi, da jo projekt preseže.

Izvajanje projektov po fazah

Zaradi same narave tovrstnih projektov je torej priporočljivo, da projekt izvajamo po fazah. Pogosto začnemo s poskusno fazo (angl. proof of concept), kjer na podlagi preteklih podatkov izvedemo prve poskuse reševanja problema, brez implementacije celotnega sistema. Algoritem se razvija ločeno od proizvodnje, izključno na preteklih podatkih in se ga še ne priklaplja na stroje ali senzorje. V tej fazi je dobro, da služba za vzdrževanje in razvijalci rešitve skupaj sproti spremljamo rezultate in identificiramo prostor za izboljšave.

Na podlagi doseženih rezultatov in identifikacije izboljšav je mogoče podati natančnejšo oceno stroška razvoja zadovoljive rešitve. Če pa se izkaže, da so začetni rezultati predaleč od pričakovanih ali da bi bile potrebne prevelike prilagoditve, pa ima tako podjetje možnost, da projekt predčasno prekine in opravi ponovno oceno.

Preden se poskusna faza začne, se dogovorimo za konkretno merilo uspešnosti. Na primer: poskusna faza je uspešna, če sistem na testnem obdobju napove vsaj 70 % preteklih okvar vsaj 24 ur vnaprej, ob največ dveh lažnih alarmih na mesec. To merilo ni nič novega: to sta natanko tisti dve številki, ki smo ju določili že pri opredelitvi problema. Brez vnaprej dogovorjenega praga se o tem, ali je rezultat dober, praviloma pogajamo šele, ko je znan, in projekt se ne ustavi niti takrat, kadar bi se moral.

Zahtevajmo tudi, da izvajalec rešitev ovrednoti na obdobju, ki ga algoritem pri učenju ni videl – najbolje na zadnjih nekaj mesecih – in da simulira delovanje tako, kot bi teklo v realnem

času. Če je algoritem preizkušen na istih podatkih, na katerih se je učil, bodo rezultati videti odlično in se v proizvodnji ne bodo ponovili. To je najpogostejši razlog za razočaranje po navdušujoči predstavitvi, edino zanesljivo zaščito pred njim pa nam da preprosto vprašanje: na katerih podatkih ste to izmerili?

Če je poskusna faza uspešna, se projekt praviloma pomakne v pilotno fazo, kjer se sistem razvije do te mere, da se ga lahko implementira v produkciji. To pomeni, da se nanj priklapi podatke v realnem času in da v realnem času vzdrževalci vidijo tudi njegove napovedi. V tej fazi je delovanje običajno omejeno na posamezen stroj in na osnovno uporabniško izkušnjo. Tudi v tej fazi se podrobno spremlja delovanje sistema, saj je to prvič, ko se lahko vidi, kako se sistem obnese v realnem času.

Ko je potrjena uspešnost pilotnega projekta in delovanje sistema ustreza pričakovanjem, se sistem lahko razširi tudi na druge stroje ali linije, izboljša se uporabniško izkušnjo in po potrebi še bolj optimizira delovanje.

Z implementacijo rešitve po fazah si podjetje tako zagotovi možnost, da v primeru nezadovoljivih začetnih rezultatov projekt ustavi, na novo premisli in prekalkulira utemeljenost naložbe.

Kako pa izberemo stroj, na katerem bomo projekt poskusno začeli? Najboljši kandidat za prvi projekt ni nujno najbolj problematičen stroj, ampak tisti, pri katerem se srečajo štiri stvari: okvara je draga, okvar je bilo v preteklosti dovolj, do podatkov lahko dostopamo, in ekipa, ki stroj vzdržuje, si rešitev želi. Če manjka zadnja postavka, tudi dober model ne bo zaživel.

Podatki

Umetna inteligenca razbira vzorce iz podatkov in se na njih uči, da lahko potem predvidi izid v novih okoliščinah v kasnejšem času. Podatki so torej temelj njenega delovanja, na nas pa je, da iz svojih izkušenj ugotovimo, kateri podatki so potrebni za delovanje sistema ter zagotovimo ustrezno kakovost podatkov.

Kateri podatki so ključni

Za delovanje sistema umetne inteligence moramo zagotoviti t.i. vhodne in izhodne podatke. Izhodni podatek je definiran s problemom, ki ga rešujemo. Na primer, če želimo, da nas sistem pravočasno opozori, preden se bo stroj pokvaril, so izhodni podatek okvare, ustrezno označene s časom okvare, lahko pa tudi tipom okvare, če je teh več in nanje vplivajo različni dejavniki. Če ima podjetje te podatke v papirni obliki, je pomembno, da se jih pred začetkom projekta digitalizira, tj. prenese v digitalno bazo podatkov in zagotovi tudi ustrezno digitalno sprotno zajemanje, da se lahko spremlja in oceni tudi delovanje sistema v realnem času, ko je enkrat sistem že v produkciji.

Ko smo poskrbeli za izhodne podatke, moramo identificirati tudi vhodne. Vzdrževalci na podlagi svojih izkušenj dobro vedo, kateri podatki vplivajo na delovanje in okvare strojev in so bistveni za dobro opredelitev problema. Praviloma so to podatki iz senzorjev na stroju – vibracije, temperature, tokovni

odjem motorja, tlaki in pretoki, števec ciklov in obratovalne ure, izsledki analize olja – pa tudi zapisi iz sistema za upravljanje vzdrževanja (CMMS), torej delovni nalogi, opravljeni servisi in menjave delov, ter alarmni in dogodkovni dnevnik krmilnikov. Vhodni podatek so lahko tudi lastnosti izdelkov ali parametri obratovanja linije.

Premisliti je treba tudi, ali je potrebna namestitev nove senzorike, ki je zdaj še nimamo. Pri tem moramo upoštevati, ali okolje, kamor bomo senzoriko namestili, sploh omogoča zajem kakovostnih podatkov (vročina, prah, vlaga, vibracije).

Koliko podatkov potrebujemo

Za učenje sistema UI potrebujemo pretekle podatke. Pri tem je odločilna tako količina zgodovine podatkov kot tudi število dogodkov, ki jih želimo napovedovati – torej koliko okvar posamezne vrste imamo zabeleženih. Za napovedovanje okvar velja groba usmeritev, da potrebujemo vsaj deset primerov iste vrste okvare, zanesljiveje pa dvajset do trideset. Stroj, ki se je do zdaj pokvaril trikrat, na tej poti ne bo prišel daleč, in to ne glede na to, kako dolgo zgodovino meritev imamo.

Zgodovina mora poleg tega pokrivati vse načine obratovanja: različne izdelke ali recepture, različne izmene in hitrosti linije, pa tudi zunanje dejavnike kot so različni letni časi, kjer so le-ti relevantni pri obratovanju stroja. Če je stroj lani delal v enem režimu, letos pa v treh, lanski podatki opisujejo drug stroj, kot ga imamo danes.

Kaj pa, če dovolj okvar preprosto nimamo – kar je pri dobro vzdrževanih strojih pogosto? Takrat se namesto napovedovanja okvar uporabi zaznavanje anomalij: sistem se nauči, kakšno je normalno delovanje, in opozori, kadar se obnašanje stroja od tega opazno oddalji. Obljuba je šibkejša – sistem ne pove, kaj se bo zgodilo in kdaj, ampak le, da nekaj ni več tako kot prej – a je pogosto edina izvedljiva pot in v praksi uporabna. Pomembno je, da razliko poznamo, saj se v ponudbah rada zabriše: napovedovanje okvar in zaznavanje anomalij nista isto in ju ne moremo ocenjevati po istih merilih.

Pri vsem tem nam bodo pomagali razvijalci rešitve ali interni oddelek podatkovnih znanstvenikov.

Kakovost podatkov

Enako pomembna je kakovost podatkov, ki jih imamo. Velja pravilo »garbage in, garbage out«: če so naši podatki nezanesljivi, bo nezanesljiv tudi naš sistem. Dobro je, da so podatki popolni (če na primer nimamo zabeleženih vseh okvar, bo lahko sistem preteklo situacijo, ki je v resnici vodila do okvare, zaznal kot neškodljivo, saj nima informacije o okvari), kakovostni (za tipe okvar na primer uporabljamo poenotene kode in ne zgolj opise okvar v prostem tekstu, časovne anotacije podatkov so točne, v senzoričnih podatkih je čim manj šuma), imajo enako frekvenco, če sistem uporablja podatke o kakovosti izdelkov pa moramo imeti zagotovljeno tudi sledljivost. Tudi tukaj nam bodo lahko svetovali razvijalci rešitev.

Posebej pozorni bodimo na ločljivost podatkov. Podatki, ki jih že zajemamo, so bili zajeti za vodenje procesa in poročanje,

ne za diagnostiko okvar; najpogosteje gre za enominutna povprečja v arhivu procesnega sistema. Za zaznavanje napak na ležajih ali zobnikih so takšna povprečja neuporabna, saj potrebujemo surovi vibracijski signal z bistveno višjo frekvenco vzorčenja. Domneva »arhiv imamo, torej imamo podatke« je ena pogostejših napak pri načrtovanju takšnih projektov. Zato naj izvajalec pred oceno projekta pogleda dejanske podatke in ne le seznama merilnih mest.

Dostop do podatkov

Predvsem pri vhodnih podatkih pa ni pomembno samo to, da podatke imamo, ampak tudi kako do njih dostopamo. Če so podatki vidni samo na zaslonu stroja, ne moremo pa do njih dostopati drugače, predvsem prek programskega vmesnika (API; na primer zato, ker je stroj zaklenil proizvajalec), nam ti podatki ne koristijo, saj jih ne moremo pripeljati od stroja do naše rešitve.

Uporabniška izkušnja

Navsezadnje je treba premisliti tudi, kdo in na kakšen način mora dostopati do rezultatov novo razvitega sistema. Ta vidik pogosto zanemarjamo, je pa za uspeh projekta odločilen. Vprašati se moramo, ali mora rezultat videti samo vzdrževalec ali morda tudi tisti, ki razporeja vzdrževalce, morda tudi operater stroja. Kje jih lahko pogleda, ali se bo sistem povezal z eno od obstoječih aplikacij, na kateri napravi jih bo gledal in v kakšni obliki (graf, opozorilo, tabela).

Pri tem ne pozabimo, da vzdrževanje teče v izmenah. Opozorilo mora doseči človeka, ki je takrat na delu – prek zaslona v proizvodnji, obvestila na telefon ali vpisa v sistem za upravljanje vzdrževanja – in ne po elektronski pošti na naslov, ki ga ob treh zjutraj nihče ne odpre. Napovedi, ki se same zapišejo kot delovni nalog v CMMS, se v praksi upoštevajo; napovedi na ločeni nadzorni plošči pogosto ne.

Pri določanju časa opozorila bodimo realni. Zahtevani čas mora biti krajši od obdobja, v katerem se okvara fizično razvija, hkrati pa daljši od časa, ki ga potrebujemo za odziv, torej za nabavo rezervnega dela in razpored ekipe. Če se ležaj od prvih zaznavnih znakov do okvare izteče v štirih urah, rezervni del pa čaka tri dni, nam noben algoritem ne bo pomagal. V takem primeru je pravi ukrep sprememba zaloge rezervnih delov ali konstrukcijski poseg, ne umetna inteligenca.

Še pred zagonom v produkciji se dogovorimo tudi o odzivu. Za vsako vrsto opozorila zapišimo: kdo ga prejme, kaj naredi, v kakšnem roku in – kar se najpogosteje pozabi – kam zabeleži izid preverjanja. Zadnji korak ni administrativna nadloga, ampak vir podatkov, iz katerih se bo sistem učil naprej; brez njega čez pol leta ne bomo znali povedati, ali sistem deluje ali ne. Napoved brez dogovorjenega ukrepa nima vrednosti.

Implementacija rešitve

Izbira izvajalca

Če v podjetju nimamo oddelka, ki bi se ukvarjal z umetno inteligenco, bomo morali za implementacijo sistema izbrati

zunanjega izvajalca. Pri tem velja, da je način dela z interno ekipo umetne inteligence načeloma enak kot z zunanjim izvajalcem. Bistveno je tesno sodelovanje med obema ekipama, izmenjava znanj in izkušenj ter skupna evalvacija rezultatov.

Izbira izvajalca je odvisna predvsem od vrzeli, ki smo jo ugotovili v času priprave na projekt. Če imamo vse pripravljeno, bomo iskali predvsem ponudnika rešitev umetne inteligence, sicer pa bomo poiskali tudi partnerja za digitalizacijo (potrebovali ga bomo, če nam dostop do samih podatkov še ni omogočen oz. jih še ne zajemamo) ali pa tudi partnerja za strojno opremo (npr. za namestitve in priklop novih senzorjev).

Delo z izvajalcem

Ko smo izbrali primernega izvajalca, moramo za uspešno izveden projekt določiti tudi interno ekipo, ki bo sodelovala na projektu in omogočila uspešno implementacijo. To so domenski strokovnjaki (vzdrževalci), pa tudi operaterji, IT, morda tudi finance. Brez tesnega sodelovanja med ekipama projekt ne bo uspel. Posebej, če sodelujemo z zunanjim izvajalcem, je pomembno, da smo mu v podjetju na voljo za morebitna vprašanja, prilagoditve, ter da redno podajamo povratno informacijo o kakovosti rezultatov.

Pred začetkom projekta bo izvajalec potreboval teden ali dva, da se na projekt pripravi. To fazo projekta imenujemo uvodna analiza (angl. discovery) in je pogosto plačljiva – dobro opravljena uvodna analiza je skoraj vedno cenejša od slabo zastavljenega projekta. Ponudnik se bo želel sestati z vsemi relevantnimi deležniki, ki bodo vključeni v projekt, ter želel videti podatke, da oceni njihovo kakovost. Kot rezultat te faze lahko pričakujemo:

- Operativni načrt projekta (deležniki, komunikacija, eskalacija)
- Okviren osnutek predlagane rešitve
- Arhitektura sistema
- Načrt namestitve in zahteve po strojni ter programski opremi
- Pričakovana tveganja in načrt mitigacije
- Okvirno časovnico ter
- Komercialne pogoje

Izvajalec nam bo s svojimi izkušnjami pomagal pri vseh vidikih implementacije, ne more pa nadomestiti našega znanja, izkušenj in intuicije, ki so za uspeh projekta nenadomestljivi. V fazi uvodne analize so že mogoča prva usklajevanja, ker pa so projekti umetne inteligence po svoji naravi nepredvidljivi, bo veliko usklajevanj potrebnih tudi med samim projektom.

Namestitev sistema

Izbrani izvajalec nam bo pomagal tudi pri namestitvi sistema v produkcijo. Pogovorili se bomo o tem, kje bo sistem nameščen. Lahko je nameščen v oblaku (na internih podatkovnih centrih ali pa podatkovnih centrih ponudnikov oblčnih storitev) ali pa na licu mesta, kar bo v veliki meri odvisno od naših varnostnih zahtev in interne politike, ter o zmogljivosti strojne opreme, ki bo potrebna za delovanje sistema. Nekateri algoritmi, predvsem za obdelavo slik, lahko pa tudi za obdelavo

časovnih vrst, potrebujejo posebno opremo (grafične kartice). Preveriti je treba tudi, kako in kje se bodo podatki prenašali, ter ali to omrežje omogoča (izolirana okolja, pasovna širina).

Spremljanje rezultatov

Kot rečeno, je za uspeh projekta bistveno, da izvajalec in naročnik skupaj sproti spremljata napredek projekta in sprotne rezultate ter na njihovi podlagi identificirata priložnosti za izboljšave. Prav tako pomembno pa je spremljanje rezultatov tudi po zaključku projekta. Bistvo umetne inteligence je v odkrivanju vzorcev v preteklih podatkih in napoved izida v novih, sprotnih situacijah. Ker pa stroji in linije niso statični, ampak živi sistemi, se njihovo obnašanje sčasoma spreminja, kar lahko povzroči, da naša rešitev po nekem času ne deluje več. Na primer, frekvenca delovanja posameznega stroja se lahko z leti poviša in povišana frekvenca ne pomeni več nujno napoved okvare, ampak normalno delovanje starejšega stroja. V tem primeru moramo algoritem umetne inteligence rekalkulirati na novejših podatkih. Da pa bi to lahko naredili, moramo spremljati uspešnost našega sistema in se odzvati takoj, ko ugotovimo, da natančnost sistema upada. Strošek rekalkulacije je praviloma nizek, njen učinek na zanesljivost napovedi pa velik.

Pri tem naletimo na nenavadno težavo: če sistem deluje in po njegovih opozorilih tudi ukrepamo, bo okvar manj – in s tem izginejo prav dogodki, na katerih smo merili uspešnost. Zato je pomembno, da beležimo tudi izide preverjanj: kaj smo ob opozorilu našli na stroju in ali je bil poseg upravičen. Brez tega čez čas ne bomo mogli ločiti med sistemom, ki dobro dela, in sistemom, ki je nehal delovati.

Zaključek

Po raziskavi RAND več kot 80 % projektov umetne inteligence ne doseže zastavljenih ciljev, kar je dvakrat več kot pri projektih informacijske tehnologije brez umetne inteligence. Po naših izkušnjah projekti redko odpovejo zaradi algoritmov, ampak zaradi nejasno opredeljenega problema, premalo zabeleženih okvar, nedostopnih podatkov ali rešitve, ki je nihče ne uporablja. Vse štiri je mogoče preveriti vnaprej, zato je pomembno, da se na projekt znamo pripraviti. Upam, da bodo zgornja priporočila pri tem v pomoč.

Kontrolni seznam pred začetkom projekta

Če na spodnja vprašanja lahko odgovorimo z »da«, je projekt dobro pripravljen. Vsak »ne« je bodisi delo, ki ga je treba opraviti pred začetkom, bodisi razlog, da projekt še ne steče.

Problem in upravičenost

1. Ali znamo problem opisati v enem stavku, brez omembe tehnologije?
2. Ali vemo, koliko nas nenačrtovane okvare letno stanejo in koliko od tega želimo prihraniti?
3. Ali vemo, koliko načrtovanih posegov po urniku opravimo na leto in koliko nas stanejo?
4. Ali vemo, koliko okvar danes ujame vnaprej – torej izhodišče, ki ga mora sistem preseči?

5. Ali smo se odločili, koliko lažnih alarmov na mesec smo pripravljeni prenesti?
6. Ali je zahtevani čas opozorila krajši od razvoja okvare in daljši od našega odzivnega časa?
7. Ali smo v izračun vključili tudi letni strošek lastništva rešitve (licence, oblak, senzorika, integracija, rekaliacija)?
8. Ali smo preverili, da problema ne moremo rešiti s preprostejšim pravilom, mejno vrednostjo ali obstoječo tehnično diagnostiko?

Podatki

9. Koliko okvar posamezne vrste imamo zabeleženih v zadnjih letih – jih je vsaj deset?
10. Ali so okvare zabeležene digitalno, s točnim časom in poenotenimi šiframi vrst okvar?
11. Ali zgodovina pokriva vse režime obratovanja – izdelke, izmene, letne čase?
12. Ali imamo vhodne podatke v dovolj visoki ločljivosti za ta problem, ne le povprečja iz arhiva?
13. Ali do podatkov lahko dostopamo strojno (API, izvoz), ali pa so vidni le na zaslonu stroja?
14. Ali potrebujemo novo senzoriko in ali okolje na mestu vgradnje omogoča kakovosten zajem?

Ljudje in izvedba

15. Ali imamo določeno interno ekipo (vzdrževanje, operaterji, IT) in koliko časa lahko nameni projektu?
16. Ali si ekipa, ki ta stroj vzdržuje, rešitev dejansko želi?
17. Ali smo zapisali merilo, po katerem bomo poskusno fazo razglasili za uspešno ali neuspešno?
18. Ali smo zahtevali, da izvajalec rezultat izmeri na obdobju, ki ga model pri učenju ni videl?
19. Ali vemo, kje bo sistem nameščen (oblak ali lokalno) in ali to ustreza našim varnostnim zahtevam?
20. Ali vemo, kdo bo opozorilo prejel v izmeni, kaj bo naredil in kam bo zabeležil izid?
21. Ali imamo dogovorjeno, kdo je lastnik podatkov in naučenega modela ter kdo skrbi za rekaliacijo?

LITERATURA

- [1] Ryseff, J., De Bruhl, B. F., & Newberry, S. J. (2024). The root causes of failure for artificial intelligence projects and how they can succeed: Avoiding the anti-patterns of AI. RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA2680-1.html
- [2] Nowlan, F. S., & Heap, H. F. (1978). Reliability-centered maintenance. United Airlines / United States Department of Defense.
- [3] Moubray, J. (1997). Reliability-centred maintenance (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
- [4] SISTEN 13306:2018. Vzdrževanje – Terminologija s področja vzdrževanja. Slovenski inštitut za standardizacijo.
- [5] ISO 17359:2018. Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines. International Organization for Standardization.
- [6] ISO 20816-1:2016. Mechanical vibration – Measurement and evaluation of machine vibration – Part 1: General guidelines. International Organization for Standardization.

- [7] Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510.
- [8] [Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*, 137, 106024.
- [9] Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889.
- [10] Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2009). Anomaly detection: A survey. *ACM Computing Surveys*, 41(3), Article 15.
- [11] [Gama, J., Žliobaitė, I., Bifet, A., Pechenizkiy, M., & Bouchachia, A. (2014). A survey on concept drift adaptation. *ACM Computing Surveys*, 46(4), Article 44.
- [12] Sculley, D., Holt, G., Golovin, D., Davydov, E., Phillips, T., Ebner, D., Chaudhary, V., Young, M., Crespo, J.-F., & Dennison, D. (2015). Hidden technical debt in machine learning systems. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 28, 2503–2511.
- [13] Wirth, R., & Hipp, J. (2000). CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining. V *Proceedings of the 4th International Conference on the Practical Applications of Knowledge Discovery and Data Mining* (str. 29–40).

ABSTRACT

HOW TO LAUNCH AN AI PROJECT IN YOUR COMPANY?

Artificial intelligence projects in maintenance rarely fail because of the algorithms. They fail because the problem was poorly defined, too few failures were recorded, the data could not be accessed, or nobody ended up using the result — and every one of these can be checked in advance. Written for maintenance teams planning such a project, this article walks through the preparation: defining the problem and the measures of success, establishing the baseline of current practice, and building the business case by comparing the cost of an unplanned failure, a planned intervention and a false-alarm check. Data receives particular attention — the number of recorded failures of each type often matters more than the length of the history, alongside measurement resolution, coverage of operating regimes and data accessibility. Where failures are too few, anomaly detection is presented as a workable alternative. The article then covers phased delivery with a pre-agreed acceptance criterion, vendor selection, user experience and response protocol, and post-deployment monitoring and recalibration. It closes with a sixteen-question checklist to work through before the first investment.

Keywords: predictive maintenance, artificial intelligence, business case, data quality, anomaly detection, false alarms, condition monitoring

IZBIRA TOPIL ZA VARNEJŠE VZDRŽEVANJE

Piše: Nika Saksida, mag. fizike in kemije, Osnovna šola Dornberk



ZELENA KEMIJA V PROIZVODNJI: OD IZBIRE TOPIL DO VARNEJŠEGA VZDRŽEVANJA

Današnja industrijska proizvodnja v ospredje postavlja učinkovitejšo rabo naravnih virov, zmanjševanje odpadkov in uporabo manj nevarnih snovi za sam proces. Zelena kemija nam pomaga te cilje doseči, saj si prizadeva zmanjšati nevarnosti že pri načrtovanju in izvajanju procesov. V članku podajamo primer, kako uporabiti načela zelene kemije v proizvodnji, predvsem pri vzdrževanju in uporabi industrijskih topil. Predlagamo tudi možne zamenjave pogostejših topil in pojasnujemo, kaj zahtevajo zakonodajni predpisi v Sloveniji. Posebno pozornost namenimo praktičnim ukrepom za varno uporabo topil pri vzdrževanju in pojasnujemo, kakšno je stanje vključevanja načel zelene kemije v poklicnem in strokovnem izobraževanju in zakaj je to ključno za trajnejšo prihodnost.

Ključne besede: trajnost, zelena kemija, topila, vzdrževanje, poklicno izobraževanje.

Uvod

Danes gospodarstvo zahteva bolj trajnostno poslovanje. Želimo in potrebujemo učinkovitejšo rabo virov in manj negativnega odtisa na okolje. Zato so trajnostni pristopi ključni za razvoj novih tehnologij in procesov. Zlasti v industriji se vse več pozornosti namenja reševanju okoljskih vplivov in izboljšanju učinkovitosti procesov (Ratti, 2020).

Pomemben del trajnostnega razvoja je spodbujanje vključevanja zelene kemije (Eilks & Rauch, 2012). Gre za aktiven način, ki pomaga razvijati izdelke in procese, pri katerih zmanjšamo uporabo nevarnih snovi in nastanek le-teh pri načrtovanju (Ratti, 2020).

Vpeljevanje in upoštevanje načel zelene kemije ne prinaša le okoljskih koristi. Z izboljšanjem učinkovitosti procesov, zmanjševanjem količine odpadkov ter učinkovitejšo rabo energije in surovin lahko podjetja prihranijo denar in postanejo učinkovitejša (Ratti, 2020). Pri tem ima pomembno vlogo tudi vzdrževanje, saj se pri čiščenju, razmaščevanju, mazanju, zaščiti površin, odstranjevanju oblog in drugih vzdrževalnih postopkih uporabljajo številne kemikalije in topila.

Smernice zelene kemije

Pri omembi varovanja okolja najprej pomislimo na ločevanje, ustrezno shranjevanje, obdelavo in recikliranje že nastalih odpadkov. Zelena kemija nas uči, da namesto obravnave nevarnih snovi in odpadkov šele na koncu procesa zmanjšamo ali preprečimo njihov nastanek že pri viru (Gupta, 2015).

Paul Anastas in John Warner sta oblikovala 12 načel zelene kemije. Za industrijsko proizvodnjo in vzdrževanje so posebej pomembni preprečevanje nastajanja odpadkov namesto poznejše obdelave, uporaba manj nevarnih snovi, obnovljivih surovin in katalizatorjev, izbira varnejših topil in pomožnih snovi, učinkovita raba energije ter načrtovanje procesov tako, da se zmanjšuje možnost nesreč (Basics of Green Chemistry, 2026).

Nevarne snovi

Bistvo teh načel je sistematično zmanjševanje ali odpravljanje nevarnosti. Izraz »nevaren« lahko zajema fizikalne nevarnosti (npr. vnetljivost in eksplozivnost), toksikološke nevarnosti (npr. rakotvornost, mutagenost ali strupenost) ter širše okoljske učinke, kot so obstojnost v okolju in vplivi na podnebje (Ratti, 2020).

Nevarne snovi niso prisotne le v kemijski industriji, temveč tudi v vsakodnevnem delu operaterjev, vzdrževalcev in tehnikov. Vzdrževalec praviloma ne razvija nove kemikalije, pogosto pa sodeluje pri njeni izbiri, uporabi, doziranju, skladiščenju in ravnanju z ostanki. Med najpogostejše uporabljene kemikalije sodijo industrijska čistila, razmaščevala, maziva, hidravlične tekočine, barve, laki, sredstva proti koroziji, lepila, topila, hladilna sredstva in kemikalije za obdelavo odpadnih voda. Cilj vpeljave načel zelene kemije ni samo zamenjava ene snovi z drugo, temveč izbira rešitve, pri kateri bo pri enaki tehnični učinkovitosti manjša nevarnost za okolje.



Slika: Shema 12 načel zelene kemije z vlogo vzdrževalcev

Opomba: Sliko je ustvarila umetna inteligenca ChatGPT (model DALL-E 3) na dan 19. avgusta 2026 na podlagi uporabnikovega ukaza: [Naredi slovensko infografiko na temo 12 načel zelene kemije, ki vključuje centralno figuro vzdrževalca z orodjem in poudarja povezavo med vzdrževanjem in trajnostjo.]

Primer uporabe zelene kemije pri topilih

Topila imajo pomembno vlogo pri raztapljanju, zniževanju viskoznosti, ločevanju, prenosu toplote in čiščenju. Zelena kemija nas spodbuja, da najprej preverimo možnost postopka brez topila, a se žal njegovi uporabi v številnih industrijskih procesih ni mogoče povsem izogniti (Cvjetko Bubalo idr., 2015).

Voda je pomembno polarno topilo in je v mnogih primerih lahko primernejša alternativa organskim topilom. Vendar so številne organske snovi v vodi slabo topne, poleg tega pa lahko čiščenje, segrevanje ali odstranjevanje vode po procesu zahteva veliko energije (Cvjetko Bubalo idr., 2015). Običajna organska topila pa lahko škodijo zdravju in okolju, ker so hlapna, vnetljiva, toksična in v okolje spuščajo emisije. Ko ocenjujemo, ali je neko topilo ustrezno, ni dovolj, da upoštevamo le eno njegovo lastnost, pomembno je upoštevati njegov celoten življenjski cikel – od izvora surovin in proizvodnje do uporabe, možnosti regeneracije ter ravnanja s topilom po uporabi (Winterton, 2021).

Med alternativami konvencionalnim organskim topilom se proučujejo različne skupine topil in procesnih medijev:

- ionske tekočine, te imajo zelo nizek parni tlak in zato lahko zmanjšajo emisije zaradi izhlapevanja; superkritični fluidi,

na primer superkritični ogljikov dioksid (CO_2) se uporablja kot procesni medij pri nekaterih ekstrakcijah in drugih postopkih. Med njegovimi prednostmi sta negorljivost in možnost relativno enostavnega ločevanja od produkta po zaključku procesa; topila iz obnovljivih virov, na primer bioetanol, ki nastane s fermentacijo surovin, ki vsebujejo sladkorje, škrob ali lignocelulozo.

Nobene izmed navedenih skupin topil ni mogoče vnaprej opredeliti kot »zelen« zgolj na podlagi ene lastnosti. Ustreznost moramo presojati po nevarnosti, tehnični učinkovitosti, izvoru surovin, energijski zahtevnosti, emisiji, možnosti ponovne uporabe oziroma regeneracije in ravnanju po uporabi (Winterton, 2021).

Pravni akti in smernice uporabe topil

Pri uporabi topil je smiselno ločiti tri vidike: varnost in zdravje pri delu, varstvo okolja ter ekonomske instrumente. Vsi se med seboj dopolnjujejo, vendar jih urejajo različni predpisi. Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu določa osnovne zahteve za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev pred nevarnimi snovmi v delovnem okolju. V njem so tudi mejne vrednosti za poklicno izpostavljenost. Za delodajalca je pomembna tudi hierarhija ukrepov. Kot prvi korak je nadomestitev

nevarne snovi ali postopek z manj nevarno snovjo, kadar je to tehnično izvedljivo. Tako znižamo tveganje in varujemo zdravje (Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu, 2021).

Emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, ki uporabljajo organska topila, ureja Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila. Glede na vrsto in obseg naprave določa tudi obveznost spremljanja emisij, preprečevanje in zmanjševanje ter spremljanje izpustov s strani upravitelja (Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila, 2015).

Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi uporabe hlapnih organskih spojin nas obvezuje k obračunavanju okoljske dajatve za določene proizvode z organskimi topili. Gre predvsem za nekatere barve, lake in proizvode za premaz vozil. Zato okoljske dajatve ni ustrezno predstavljati kot splošne dajatve za vsako uporabo industrijskega topila (Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi uporabe hlapnih organskih spojin, 2025).

Zahteve za varnost pri delu, okoljski predpisi in stroški kemikalij so samo nekateri izmed razlogov, da se podjetja odločajo za manj nevarna organska topila.

Izobraževanje in usposabljanje

Če želimo vpeljavo načel zelene kemije prenesti iz laboratorija v proizvodnjo, moramo z njimi seznaniti tudi zaposlene, ki procese vsakodnevno izvajajo in vzdržujejo. Ključ je v kakovostnem, usmerjenem izobraževanju.

Ob pregledu literature (Qi, idr., 2026) ugotavljamo, da je zelena kemija v izobraževanju vpeljana v univerzitetnem okolju. Tehniki v strokovnem in poklicnem izobraževanju pa dobijo manj sistematične podpore. To lahko ustvarja vrzel med znanjem, ki nastaja pri raziskovanju in razvoju, ter znanjem, ki ga tehniki potrebujejo pri vsakodnevnem delu.

Tudi raziskava Saksida (2024) na področju slovenskega srednjega strokovnega in poklicnega izobraževanja opozarja na možnosti za intenzivnejše vključevanje vsebin zelene kemije v poučevanje ter na potrebo po dodatnem znanju učiteljev.

Od tehnikov ne moremo pričakovati, da bodo razvijali nove kemijske sinteze. Pomembneje pa je, da se naučijo sprejemati trajnostne, varne in tudi pragmatične odločitve pri vsakodnevnem delu. To vključuje:

- spremljanje procesnih parametrov (pH, temperatura in tlak) ter pravočasno ukrepanje;
- izbiro manj nevarnih kemikalij in topil ter hkrati upoštevanje tehničnih zahtev; razumevanje vpliva procesnih odločitev na varnost, nastajanje odpadkov, emisije in porabo virov;
- branje varnostnih listov (predvsem poudarkov o nevarnostih, skladiščenju in ravnanju z odpadki).

Ukrepi zelene kemije pri vzdrževanju

Pri vsakem postopku, ki vključuje kemikalijo ali topilo, lahko vzdrževalec uporabi preprost zaporedni pristop odločanja:

Korak	Vprašanje	Praktični pomen
1	Ali sploh potrebujemo kemikalijo/topilo?	Preverimo možnost ročnega čiščenja, suhega postopka ali druge tehnologije brez topila.
2	Ali obstaja varnejša metoda?	Primerjamo delovanje, razvrstitev nevarnosti, emisije in zahteve za ravnanje po uporabi.
3	Ali lahko zmanjšamo količino?	Uporabimo točno doziranje, koncentrate ali najmanjšo še učinkovito količino.
4	Ali lahko preprečimo emisije in razlitja?	Če je mogoče, uporabljamo zaprte posode/sisteme, ustrezno lokalno odsesavanje in dobre delovne postopke.
5	Ali je možna ponovna uporaba?	Preverimo filtriranje, ločevanje, vračanje v proces ali oddajo v obnovo.
6	Kako bomo ravnali z ostankom?	Že pred uporabo določimo način zbiranja, označevanja, skladiščenja in oddaje odpadka.

Primer iz vzdrževalne prakse: čiščenje kovinskega dela

Pri servisiranju delovnega stroja moramo najprej iz kovinskega dela odstraniti olje in druge nečistoče. Običajno bi za ta postopek uporabili večjo količino organskega razmaščevala v odprti posodi, vendar tak način poveča izpostavljenost delavca hlapom, porabo sredstva in količino odpadlega topila. Zelena kemija nas usmeri k razmisleku, ali bi lahko nečistoče najprej odstranili z mehanskim načinom. Sledi preverba, ali bi lahko za ta čistilni sistem uporabili manj nevaren čistilni sistem (vodni ali kakšen drug postopek). Če to žal ni mogoče in je uporaba organskega topila nujna, ga uporabimo v najmanjši možni količini, obenem omilimo izhlapevanje ter zagotovimo ustrezno odsesavanje. Preverimo tudi, če lahko topilo ponovno obnovimo ali uporabimo. Naša odločitev mora vedno temeljiti na varnostnem listu, na navodilih proizvajalca, združljivosti z materialom ter oceni tveganja.

Zaključek

Zelena kemija se na prvi pogled zdi omejena zgolj na razvoj novih procesov v industriji, vendar to ne drži. Njena načela se lahko uporabljajo pri vsakodnevem delu in vzdrževanju. Delavci lahko z izbiro manj nevarnih sredstev, manjšo porabo, preprečevanjem emisij in razlitij ter ponovno uporabo materialov neposredno vplivajo na varnost zaposlenih, količino odpadkov in okoljski odtis proizvodnje. Da se načela zelene kemije uspešno integrirajo v prakso, ne vpliva samo tehnološki razvoj, temveč so pomembni tudi ustrezno usposobljeni tehniki. Vključevanje zelene kemije v poklicno in strokovno izobraževanje ter usposabljanje je pomemben korak pri povezovanju trajnostnih ciljev z vsakodnevno industrijsko prakso.

LITERATURA

- [1] *Basics of Green Chemistry*. (2026, 29. januar). US Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/greenchemistry/basics-green-chemistry>
- [2] Cvjetko Bubalo, M., Vidović, S., Radojčić Redovniković, I., in Jokić, S. (2015). Green solvents for green technologies. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 90(9), 1631–1639. <https://doi.org/10.1002/jctb.4668>
- [3] Eilks, I., & Rauch, F. (2012). Sustainable development and green chemistry in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 57–58. <https://doi.org/10.1039/c2rp90003c>
- [4] Gupta, N. K. (2015). Environmental Chemistry. *Introduction to Environmental Science*, 15–49.

- [5] *Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti kemičnim snovem pri delu*. (2021). PISRS: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV14252>
- [6] Qi, Y., An, C., Zhao, C., & Zhang, H. (2026). A critical review of green chemistry integration in vocational education: Theoretical frameworks and pedagogical strategies. *Journal of Chemical Education*, 2950–2959. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6c00130>
- [7] Ratti, R. (2020). Industrial applications of green chemistry: Status, challenges and prospects. *SN Applied Sciences*, 2, 263. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2019-6>
- [8] Saksida, N. (2024). *Vključevanje zelene kemije v učenje in poučevanje naravoslovnih vsebin v srednjem strokovnem in poklicnem izobraževanju* [Magistrska naloga]. Repozitorij Univerze v Ljubljani.
- [9] *Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila*. (2015). Uradni list Republike Slovenije, (35/15) PISRS. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED6515>
- [10] *Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje okolja zaradi uporabe hlapnih organskih spojin*. (2025). PISRS: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED4125>
- [11] Winterton, N. (2021). The green solvent: A critical perspective. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23, 2499–2522. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02188-8>

ABSTRACT

GREEN CHEMISTRY IN MANUFACTURING: FROM SOLVENT SELECTION TO SAFER MAINTENANCE

Modern industrial production requires more efficient use of resources, waste reduction, and limiting the use of hazardous substances. Green chemistry approaches these goals preventively, as it seeks to reduce hazards already in the design and implementation of processes. The paper discusses the application of green chemistry principles in production, with an emphasis on the maintenance and use of industrial solvents. It presents options for replacing conventional organic solvents, legislative requirements concerning hazardous chemical substances and volatile organic compounds, and practical measures for safer use of chemicals in maintenance. Particular emphasis is placed on technicians' competencies and the integration of green chemistry principles into vocational and professional education.

Keywords: sustainability, green chemistry, solvents, maintenance, vocational education.

www.drustvo-dvs.si

VZDRŽEVANJE IN PREGLEDI

Piše: **mag. Ivan Božič**, univ. dipl. inž. el., Zavod za varstvo pri delu d. o. o.,
ivan.bozic@zvd.si



UPORABA DVIGAL V POŽARU – NOVI STANDARD ZA EVAKUACIJSKA DVIGALA

Splošno pravilo, da se dvigal v požaru ne uporablja, še vedno velja za večino dvigal v stavbah, vendar napredni sistemi za odkrivanje in javljanje požara ob določenih pogojih in omejitvah omogočajo tudi varno uporabo običajnih dvigal, ko požar še ni razvit in ne ogroža njihovega delovanja. Daljša in bolj vsestranska uporaba dvigal za evakuacijo in dostop gasilcev je v stavbah mogoča ob ustrezni dodatni opremljenosti na dvigalih in ob izpolnjenih pogojih v njihovi okolici.

Članek predstavlja ravni uporabe dvigal v požaru v skladu z nemško smernico VDI 6017 in slovensko tehnično smernico TSG-1-001:2019 ter podrobneje obravnava novi standard SIST EN 81-76:2025. Standard določa dodatne zahteve za nova osebna in osebno-tovarna dvigala, ki se uporabljajo kot podpora pri evakuaciji gibalno oviranih oseb. Posebej je poudarjeno, da evakuacijsko dvigalo ni samostojna rešitev, temveč del celovitega požarnovarnostnega in organizacijskega koncepta stavbe.

Ključne besede: dvigalo, evakuacijsko dvigalo, požar, SIST EN 81-76, gibalno ovirane osebe, požarna vožnja, varno območje.

1. Uvod

Tradicionalno opozorilo »uporaba dvigala v primeru požara prepovedana« izhaja iz dejstva, da običajno dvigalo praviloma ni zaščiteno pred dimom, toploto, vdorom vode in izpadom električnega napajanja. Zato se večina dvigal ob požarnem alarmu pošlje v določeno postajo in izloči iz uporabe. Takšna rešitev je ustrezna za stavbe, v katerih se lahko vsi uporabniki pravočasno evakuirajo po stopnicah, bistveno manj primerna pa je za osebe na invalidskih vozičkih, osebe z zmanjšano gibljivostjo, poškodovane, bolnike in druge uporabnike, ki stopnic ne morejo uporabiti brez tuje pomoči.

Razvoj požarnega javljanja, krmilnih sistemov, komunikacij in rezervnega napajanja omogoča bolj napreden pristop. Namesto absolutne prepovedi se lahko za posamezno stavbo za eno ali več dvigal določi, kdaj je njihova uporaba v primeru požara še varna, kdo jih upravlja in pod katerimi pogoji se delovanje prekine. V Sloveniji je bil sedanji koncept v tehnično smernico TSG-1-001:2019 prenesen po nemški smernici VDI

6017. Novi standard SIST EN 81-76:2025 ta pristop nadgrajuje z novimi tehničnimi zahtevami za evakuacijska dvigala.

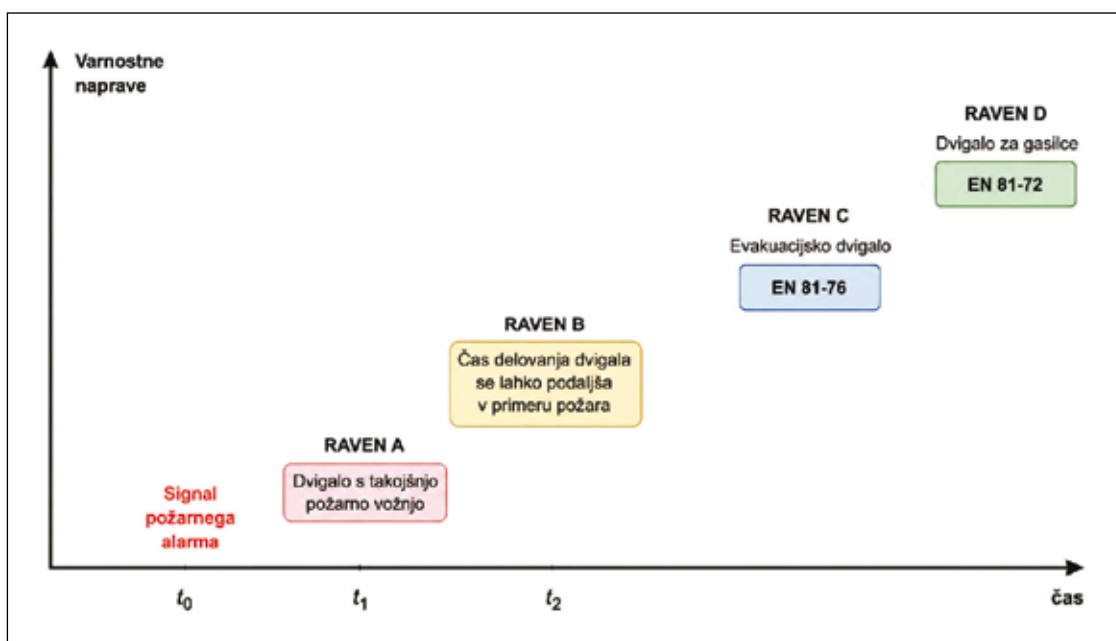
Namen članka je prikazati mesto novega standarda v širšem sistemu uporabe dvigal med požarom. V ospredju niso le lastnosti dvigala, temveč tudi povezava med dvigalom, požarnim alarmnim sistemom, varnimi območji pred jaškovnimi vrati, napajanjem, organizacijo evakuacije in usposobljenostjo osebja. Prav ta povezava odloča, ali bo dvigalo v resničnem dogodku pomenilo učinkovito pomoč ali dodatno tveganje.

2. Štiri ravni uporabe dvigal v požaru

Koncept VDI 6017 ločuje več stopenj oziroma ravni za podaljšano delovanje dvigala po signaliziranju požara. Ravni niso le različne programske nastavitve, temveč pomenijo tudi postopno strožje zahteve za varnostno opremo na dvigalih, požarno zaznavanje, požarno zaščito, napajanje, komunikacijo in organizacijo uporabe.

Raven	Namen	Osnovno obnašanje
A	Običajno dvigalo	Po signalu požara se izvede požarna vožnja po EN 81-73; nadaljnja uporaba ni dovoljena.
B	Podaljšano normalno delovanje	Dvigalo se lahko uporablja za evakuacijo gibalno oviranih oseb, vendar le za omejen čas oziroma dokler požarni alarmni sistem ne zazna pogojev za prekinitve njegove uporabe.
C	Evakuacijsko dvigalo	Dvigalo z dodatno zaščito, krmiljenjem in signalizacijo, namenjeno evakuaciji gibalno oviranih oseb po SIST EN 81-76:2025.
D	Dvigalo za gasilce	Dvigalo z dodatno zaščito, krmiljenjem in signalizacijo, namenjeno neposredni uporabi gasilcev po EN 81-72.

Preglednica 1: Ravni uporabe dvigal v primeru požara



Slika 1: Raven varnostne opreme narašča z zahtevano stopnjo podaljšanega delovanja dvigala. Vir: VDI 6017

3. Ravni A in B – od požarne vožnje do omejene evakuacijske uporabe

3.1 Raven A: požarna vožnja po SIST EN 81-73

Pri ravni A se ohranja temeljno pravilo, da dvigalo po požarnem alarmu ni več na voljo uporabnikom. Ob avtomatskem ali ročno sproženem signalu se izbrišejo sprejeti ukazi in pozivi, dvigalo pa se glede na svoj trenutni položaj brez ustavljanj usmeri v evakuacijsko postajo. Če se giblje v nasprotni smeri, se lahko ustavi na prvi možni postaji, vendar brez odpiranja vrat, nato pa nadaljuje proti evakuacijski postaji. V kabini ostaneta aktivni samo tipki za alarm in ponovno odpiranje vrat.

Ob prihodu na evakuacijsko postajo se vrata odprejo, uporabniki pa prejmejo zvočno in/ali vizualno navodilo za izstop. Po predvidenem času se vrata praviloma zaprejo, dvigalo pa ostane izključeno iz uporabe do električnega ali ročnega resetiranja. Slovenski predpisi dopuščajo, da lahko vrata ostanejo odprta, če niso na meji požarnih sektorjev, saj odprta jaškovna vrata ne zagotavljajo požarne ločitve. Evakuacijska postaja je lahko stalna, običajno v pritličju, ali pa se pri naprednejših sistemih izbira glede na lokacijo požara.



Slika 2: Piktogram prepovedi uporabe običajnega dvigala med požarom. Vir: SIST EN 81-73

3.2 Raven B: uporaba med nekritičnim požarnim dogodkom

Raven B pomeni vmesno rešitev. Dvigalo nima nujno dodatnih posebnih funkcij, mora pa biti vključeno v celovit požarni koncept stavbe. TSG-1-001:2019 tovrstno uporabo predvideva zlasti za stavbe s prostori za veliko število uporabnikov v globokih podzemnih ali višjih nadzemnih etažah ter za stavbe, v katerih so nad ali pod pritličjem načrtovani prostori za gibalno ovirane osebe. Dvigalo se lahko uporablja le, dokler požarni alarmni sistem potrjuje, da je njegova uporaba varna.

Za takšno uporabo morajo biti jaškovna vrata dostopna iz zaščitene hodnikov ali predprostorov zaščitene stopnišče, zagotovljen mora biti tudi rezervni vir električne energije z največ 15-sekundnim vklopnim časom. Preklop na rezervni vir ne sme povzročiti motnje, ki bi preprečila nadaljevanje vožnje. Evakuacijo praviloma izvajajo usposobljene osebe, zadolžene za pomoč uporabnikom. Smernica ravni B ne dopušča kot splošne rešitve za evakuacijo v večstanovanjskih stavbah.

Ko nastopi kritični požarni dogodek, mora sistem javljanja požara nadaljnjo uporabo dvigala prekiniti in sprožiti požarno vožnjo po SIST EN 81-73. Kritični dogodek je lahko zaznava požara v več prostorih ali javljalnih conah, v predprostoru dvigala, strojnici, jašku ali na trasi napajalnih vodov. Uporabnost ravni B je zato močno odvisna od pravilne razdelitve javljalnih con in od logike, ki zanesljivo prepozna, kdaj varna uporaba ni več mogoča.

4. Raven C - SIST EN 81-76:2025 – nove zahteve za evakuacijska dvigala

Raven C je namenjena primerom, ko oseb z omejeno sposobnostjo samoreševanja ni mogoče dovolj hitro (TSG-1-001:2019 kot orientacijsko merilo navaja 15 minut) spraviti na varno z dvigalom ravni B ali z drugimi sredstvi. Do objave posebnega standarda so se za takšne namene pogosto uporabljala dvigala za gasilce oziroma njihove prilagojene izvedbe.

Standard SIST EN 81-76:2025 določa dodatne ali spremenjene zahteve k SIST EN 81-20. Ne predstavlja popolnega načrta evakuacije, ne določa požarne odpornosti vseh delov stavbe in ga ni mogoče uporabiti za obstoječa dvigala, izdelana pred njegovo objavo. Njegovo izhodišče je, da mora biti že v projektu stavbe določeno, katere etaže se evakuirajo z dvigalom, kateri nivoji so evakuacijski izhodni nivoji, koliko ljudi je treba prepeljati, kakšen čas je na voljo ter kakšna rezervna možnost obstaja, če dvigalo odpove ali postane nedostopno.

Zahteve za kabino, vrata, krmiljenje in signalizacijo so smiselne le, če so povezane z varnimi območji pred vrati, zaščitenimi evakuacijskimi potmi, požarnimi sektorji, požarnim javljanjem, sekundarnim napajanjem in organizacijo pomoči. Odločitev za evakuacijsko dvigalo zato ne more biti prepuščena samo dobavitelju dvigala, temveč zahteva sodelovanje projektanta požarne varnosti, arhitekta, projektanta električnih in strojnih inštalacij, dobavitelja dvigala, upravljavca stavbe ter po potrebi gasilske službe.



Slika 3: Piktogram za označevanje evakuacijskega dvigala.
Vir: SIST EN 81-76

Razred A in razred B

Standard evakuacijska dvigala razvršča v razred A in razred B. Razred A je namenjen manj zahtevnim stavbam z enim evakuacijskim izhodnim nivojem (EEL) in preprostejšo strategijo brez razvrščanja več izhodnih nivojev po prioritetah. Če sekundarno napajanje ni zagotovljeno, se lahko uporabi avtomatska reševalna naprava, ki dvigalo po izpadu osnovnega napajanja premakne do prvega nivoja pod ali nad ustavitvijo in omogoči izstop. Minimalna kabina je praviloma tipa 2 po EN 81-70, za prevoz nosil ali bolniške postelje pa tipa 3 (Slika 4).

Razred B je predviden za kompleksnejše stavbe, lahko ima več evakuacijskih izhodnih nivojev in je obvezen pri daljinsko podprtem upravljanju. Zahteva večjo kabino, praviloma tip 3 ali tip 4 oziroma najmanj enako uporabno površino, ter dodatne signale, logiko prioritet in zmogljivejše avtomatsko delovanje. Pri izbiri razreda ni odločilna zgolj višina stavbe, ampak celotna strategija evakuacije, število uporabnikov, vrsta uporabnikov in način upravljanja stavbe.

Ključne tehnične zahteve

Evakuacijsko dvigalo mora imeti avtomatska vodoravno drsna vrata. Če ima kabina več vhodov, so med evakuacijo lahko odprta le ena vrata, in sicer na strani varnega območja. Vrata se smejo odpreti samo na nivojih, kjer je pred njimi zagotovljeno varno območje. Kabina mora imeti zasilno loputo, pri razredu B je njena minimalna velikost 0,50 m × 0,70 m. S tem se omogoči alternativno reševanje v okoliščinah, ko običajen izstop iz kabine ni mogoč.

Glasovna obvestila morajo biti najmanj v enem uradnem lokalnem jeziku, vizualna in zvočna signalizacija pa morata uporabniku jasno sporočiti, ali je dvigalo na voljo, kateri EEL je aktiven, ali je bil klic sprejet in kdaj je dvigalo prispelo. Sistem javljanja požara mora poleg tega zagotoviti signal za prekinitev evakuacijskega delovanja, kadar nadaljnja uporaba zaradi razvoja požara ni več varna.

4.1 Načini delovanja in logika prioritet

SIST EN 81-76 dopušča tri osnovne oblike uporabe, ki se lahko izberejo posamično ali kombinirano. Izbira mora slediti tipu stavbe, pričakovanim uporabnikom, stalni prisotnosti osebja in organizaciji požarne varnosti. Noben način ni univerzalno

Lastnost	Razred A	Razred B
Evakuacijski izhodni nivo	En EEL	Najmanj en EEL, možnih je več
Značilna uporaba	Manj zahtevna stavba	Kompleksnejša stavba ali daljinsko upravljanje
Minimalna kabina	Tip 2; za nosila tip 3	Tip 3 ali 4 oziroma enaka površina
Napajanje	Možna avtomatska reševalna naprava, če ni sekundarnega napajanja	Sekundarno napajanje skladno z zahtevami standarda
Krmiljenje in prioritete	Preprostejša logika	Dodatni signali, prioritete in avtomatske funkcije

Preglednica 2: Osnovne razlike med evakuacijskim dvigalom razreda A in B

RAZRED	Tip kabine (EN 81-70)	Minimalna (š × g)	Nazivna nosilnost	Min. širina vrat
	Tip 1	1000 × 1300 mm	450 kg	800 mm
A	Tip 2	1100 × 1400 mm	630 kg	900 mm
	Tip 3	1100 × 2100 mm	1000 kg	900 mm
	Tip 4	1600 × 1400 ali 1400 × 1600 mm	1000 kg	900 mm
	Tip 5	2000 × 1400 ali 1400 × 2000 mm	1275 kg	1100 mm

Slika 4: Dimenzije in nosilnosti kabin za razreda A in B. Vir: predstavitev avtorja, SIST EN 81-70

A Avtomatsko delovanje • dvigalo samo sprejema in se odziva na klice • primerno za samostojnejšo evakuacijo • zahteva zmogljiv (pameten) alarmni sistem in logiko prioritet	R Daljinsko podprto delovanje • upravljanje z oddaljene lokacije • na voljo samo za razred B • zahteva audio + video komunikacijo	V Vozniško podprto delovanje • upravljanje iz kabine s strani usposobljene osebe • zahteva stikalo za aktivacijo • primerno tam, kjer je prisotno osebje za evakuacijo
---	---	--

Slika 5: Avtomatsko, daljinsko podprto in voznško podprto delovanje evakuacijskega dvigala. Vir: predstavitev avtorja, SIST EN 81-76

najboljši: avtomatsko delovanje omogoča takojšnjo uporabo, daljinsko podprto delovanje zagotavlja nadzor brez fizične prisotnosti pomočnika v kabini, voznško podprto delovanje pa omogoča neposredno presojo in pomoč usposobljene osebe.

Avtomatsko delovanje

Pri avtomatskem delovanju dvigalo samo sprejema klice, jih razvršča po prioriteti in prevaža uporabnike na aktivni EEL. Prednost je takojšnja razpoložljivost brez čakanja na pomočnika. Zahtevnejši del je določitev pravil prioritet. Projekt evakuacije mora opredeliti, ali se najprej streže etaža, v kateri je požar, etaže neposredno nad in pod njo, najbolj oddaljene etaže ali drug vrstni red. Pri objektih s prehodnimi uporabniki morajo biti informacije dovolj jasne, da ljudje pravilno razumejo, kdaj lahko dvigalo uporabijo in kam jih bo odpeljalo.

Daljinsko podprto delovanje

Daljinsko podprto delovanje je dovoljeno samo za razred B. Operater na oddaljeni nadzorni točki spremlja kabino in postaje, prevzema klice ter krmili vožnjo. Potrebna sta dvosmerna govorna komunikacija in video nadzor kabine, posameznih nivojev ter EEL. Ker so krmilni ukazi in slike preneseni po komunikacijskem omrežju, standard zahteva

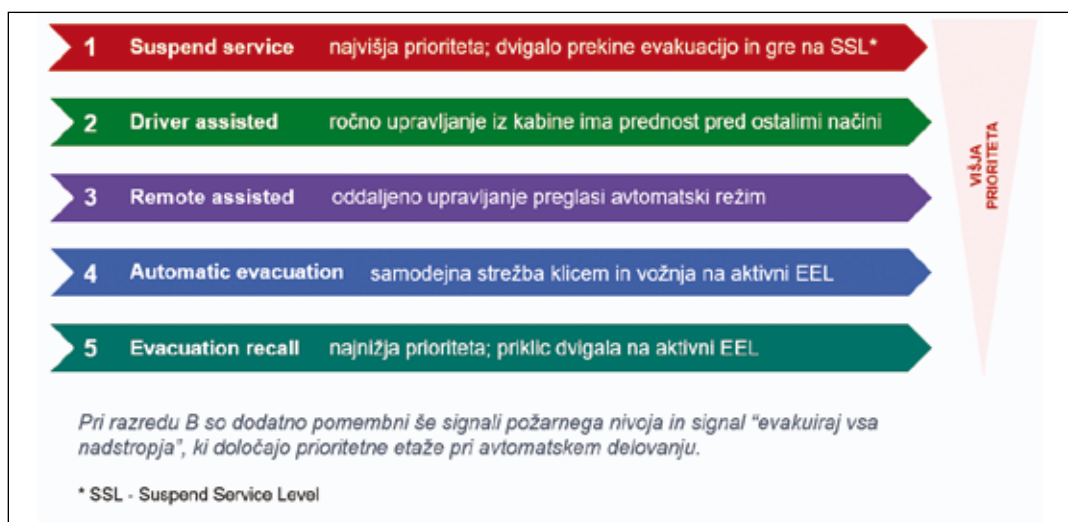
tudi obravnavo kibernetske varnosti v skladu z ISO 8102-20. Učinkovitost sistema je odvisna od razpoložljivosti operatorja, kakovosti povezave, jasnih postopkov in rednega usposabljanja.

Vozniško podprto delovanje

Pri voznškem podprtem delovanju je v kabini usposobljena oseba, ki neposredno izbira postaje, nadzira vstop in izstop ter pomaga uporabnikom. Način je primeren za bolnišnice, domove, javne ustanove in druge objekte, kjer so med obratovanjem prisotni pomočniki. Aktivacija poteka s stikalom, upravljanje iz kabine pa ima prednost pred avtomatskim in daljinskim režimom. Potrebna je interkom povezava med kabino, aktivnim EEL in strojnico oziroma mestom s krmiljem.

Prednost ukazov in prehod med načini

Več načinov delovanja zahteva nedvoumno hierarhijo ukazov. Najvišjo prioriteto ima signal za prekinitve uporabe (suspend service), ob katerem dvigalo prekine evakuacijo in se premakne na vnaprej določeni nivo SSL. Sledi voznško podprto delovanje, nato daljinsko podprto, avtomatska evakuacija in nazadnje priklic na EEL. Višji način prevzame krmiljenje ob naslednji vrnitvi na EEL, kar preprečuje nevarne spremembe režima sredi posamezne vožnje.



Slika 6: Hierarhija signalov in načinov delovanja evakuacijskega dvigala. Vir: predstavitev avtorja, SIST EN 81-76

4.2 Potek evakuacije, komunikacija in zahteve stavbe

Faza 1 in faza 2

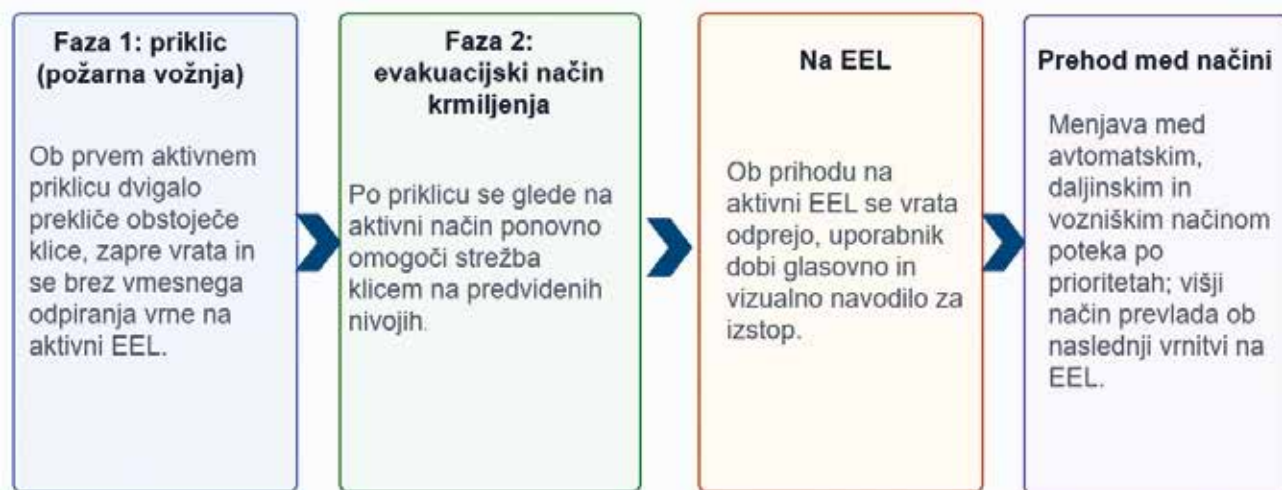
Delovanje je razdeljeno na dve glavni fazi. V prvi fazi, ki je primerljiva s požarno vožnjo, dvigalo ob aktivnem priklicu prekliče obstoječe klice, zapre vrata in se brez vmesnega odpiranja vrne na aktivni EEL. Tam se vrata odprejo, uporabnik pa se z glasovnim in vizualnim sporočilom poda navodilo za izstop. V drugi fazi se v skladu z izbranim načinom ponovno omogoči strežba klicem na nivojih, predvidenih v načrtu evakuacije.

Takšna razdelitev zagotavlja, da se dvigalo ob začetku dogodka najprej postavi v znano in nadzorovano stanje. Šele nato začne opravljati evakuacijske vožnje. Pri prehodu med avtomatskim, daljinskim in vozniskim načinom se upošteva hierarhija prioritet, zato mora krmilni sistem v vsakem trenutku jasno določiti, kateri način je dejansko aktiven.

Informacije za uporabnike in operaterja

Na strežnih nivojih in v kabini morajo biti na voljo informacije o aktivnem EEL in razpoložljivosti dvigala. Uporabnik mora ob pritisku tipke dobiti povratno informacijo, ob prihodu kabine pa zvočni signal. Na vseh predvidenih nivojih mora biti jasno označeno, da gre za evakuacijsko dvigalo. Sporočila ne smejo biti dvoumna, saj bodo uporabniki v stresu, nekateri pa objekta ali sistema ne bodo poznali.

Daljinski operater potrebuje podatke o položaju kabine, smeri, stanju vrat in registriranih klicih ter možnost neposrednega sporazumevanja z osebami v kabini in na nivojih. Pri vozniskem načinu mora biti aktivacija zaščitena pred nepooblaščenno uporabo, običajno s stikalom na ključ v varnem območju pri EEL. Vsi komunikacijski sistemi morajo biti periodično preverjeni.



Slika 7: Osnovni potek – priklic na EEL in nato evakuacijsko obratovanje. Vir: predstavitev avtorja, SIST EN 81-76

Varna območja, evakuacijske poti in napajanje

Pred vsakimi jaškovnimi vrati, ki se uporabljajo med evakuacijo, mora biti varno območje. To območje mora biti zaščiteno pred neposrednimi učinki požara in povezano z alternativno evakuacijsko potjo, če dvigalo ni na voljo. Zaščiteni morajo biti jašek, strojnica oziroma prostori z opremo in trasa napajalnih ter komunikacijskih vodov. Zahteve za označevanje morajo uporabnike voditi do pravega dvigala in nato od EEL do končnega varnega prostora.

Pri razredu A lahko ob odsotnosti sekundarnega napajanja avtomatska reševalna naprava omogoči zaključek vožnje in izstop. Razred B zahteva napajanje skladno s posebno prilogo standarda. Po povrnitvi napajanja mora biti dvigalo ponovno razpoložljivo v eni minuti.

5. Raven D – dvigala za gasilce

Gasilska dvigala predstavljajo najvišjo raven uporabe dvigal med požarom. Namenjena so predvsem hitremu in varnemu dostopu gasilcev, njihove opreme in reševalnih sredstev čim bližje mestu požara ter po potrebi tudi reševanju oziroma evakuaciji oseb. Dvigalo in njegova okolica morata biti zasnovana tako, da lahko med gasilsko intervencijo pravilno delujeta zahtevani čas, praviloma do 2 uri, odvisno od zahtevane požarne odpornosti stavbe.

Dodatne zahteve za gasilska dvigala glede na EN 81-20 določa EN 81-72:2020. Dvigalo mora biti v požarno zaščitenem jašku, pred postajami, ki se uporabljajo pri intervenciji, pa morajo biti zagotovljena ustrezno zaščitena varna območja. Konstrukcija stavbe mora omejevati vdor ognja, toplote in dima v jašek, prostore opreme ter varna območja. Posebej pomembno je zanesljivo in požarno zaščiteno električno napajanje z rezervnim virom, ki omogoča nadaljevanje delovanja dvigala tudi ob izpadu običajnega napajanja. Ker lahko pri gašenju v jašek prodre večja količina vode, so predvideni ukrepi za omejevanje njenega vdora in odvajanje oziroma črpanje vode iz dna jaška. Oprema dvigala mora biti zasnovana tako, da vdor vode ne povzroči nevarne odpovedi ključnih funkcij.

Gasilsko dvigalo ima tudi posebno opremo in rešitve za reševanje oziroma samoreševanje gasilcev, če bi dvigalo med intervencijo obstalo. S tem je omogočen varen izhod iz kabine in nadaljnji umik iz jaška tudi v razmerah, ko običajna uporaba dvigala ni več mogoča. Določena je najmanjša velikost kabine po EN 81-72 je 1.100×1.400 mm pri nosilnosti najmanj 630 kg in svetli širini vhoda najmanj 800 mm. Kadar je predvidena tudi uporaba za prevoz oseb na nosilih ali postelji, je zahtevana najmanjša nosilnost 1.000 kg in kabina najmanj 1.100×2.100 mm.

Po sprožitvi požarnega režima delovanje poteka v dveh fazah. V prvi fazi se za požarni priklic uporabi funkcija po EN 81-73, s katero se dvigalo premakne na določeno postajo in omogoči izstop uporabnikov. V drugi fazi dvigalo preide

pod izključni nadzor gasilcev in se upravlja predvsem iz kabine s posebnimi krmilnimi funkcijami. Na Sliki 7 je prikazan piktogram za dvigalo za gasilce, ki se namešča pri izhodiščni postaji in pri ustreznih krmilnih elementih. Pomemben je za hitro prepoznavo dvigala med intervencijo, saj zmanjšuje možnost zamenjave z običajnimi ali evakuacijskimi dvigali.



Slika 8: Piktogram oziroma oznaka za dvigalo za gasilce.
Vir: SIST EN 81-72

Slovenska smernica TSG-1-001:2019 določa dodatne zahteve za požarno ločitev, varna območja, odvod vode ter nadtlačno zaščito jaška in varnih območij, z njo se omejuje vdor dima. Gasilska dvigala so zahtevana predvsem v visokih stavbah ter stavbah z več kot štirimi podzemnimi etažami.

6. Zaključek

SIST EN 81-76:2025 predstavlja pomemben korak k bolj jasni zasnovi in uporabi dvigal ravni C, k bolj nadzorovani in načrtovani uporabi dvigal za namen evakuacije gibalno oviranih oseb. Evakuacijsko dvigalo ne sme biti dodano v pozni fazi projekta kot posamezna postavka opreme. Že v zasnovi stavbe je treba določiti pričakovano število uporabnikov, njihove potrebe, čas evakuacije, zmogljivost kabine, EEL, varna območja, rezervne evakuacijske poti, požarne sektorje in način upravljanja. Posebno pozornost zahtevajo stavbe s prehodnimi uporabniki, saj se ti ne morejo opirati na predhodno usposabljanje in poznavanje lokalnih postopkov.

Pomen novega standarda je predvsem v tem, da tehnične zahteve za dvigalo povezuje z evakuacijskimi izhodnimi nivoji, varnimi območji, komunikacijo, rezervnim napajanjem in organizacijo pomoči. Razreda A in B ter avtomatski, daljinski in vozniški način omogočajo prilagoditev različnim stavbam, vendar hkrati zahtevajo jasno projektno odločitev in preverljive scenarije delovanja.

Novi standard ne odpravlja potrebe po stopnicah, zaščiteneh poteh ali drugih načinov reševanja in ne zagotavlja varnosti sam po sebi. Evakuacijsko dvigalo je učinkovito le kot del usklajenega sistema stavbe. Za njegovo dejansko uporabnost bodo odločilni multidisciplinarno projektiranje, pravočasno sprejete nacionalne smernice, kakovostno vzdrževanje, funkcionalni preskusi ter usposabljanje osebja in uporabnikov.

Posebno pozornost bo treba nameniti tudi človeškemu vedenju: ljudje morajo vnaprej vedeti, katero dvigalo je namenjeno evakuaciji, kdaj ga smejo uporabiti in katerim informacijam morajo slediti.

Za Slovenijo je zato smiselno čim prej dopolniti ustrezne smernice z merili, koliko dvigal je treba predvideti, kateri način upravljanja je primeren za posamezno vrsto stavbe in kako se preverja skupno delovanje z aktivnimi sistemi požarne zaščite ter centralnim nadzornim sistemom stavbe. Šele takrat bo novi standard v celoti zaživel kot praktično orodje za hitrejšo in varnejšo evakuacijo oseb z omejeno sposobnostjo samoreševanja.

LITERATURA

- [1] SIST EN 81-76:2025, Uporaba osebnih dvigal za evakuacijo invalidnih oseb.
- [2] SIST EN 81-73:2020, Obnašanje dvigal v primeru požara.
- [3] SIST EN 81-72, Dvigala za gasilce.
- [4] TSG-1-001:2019, Požarna varnost v stavbah.
- [5] VDI 6017, Lifts – Fire recall systems.

ABSTRACT

USE OF LIFTS IN THE EVENT OF FIRE – NEW STANDARD FOR EVACUATION LIFT

The general rule that lifts should not be used in the event of fire still applies to most lifts in buildings. However, under certain conditions and subject to specific limitations, advanced fire detection and alarm systems may allow conventional lifts to continue operating safely while the fire is still at an early stage and does not endanger their operation. Extended and more versatile use of lifts for evacuation and firefighter access is possible where lifts are provided with suitable additional equipment and the required conditions are ensured within the surrounding building environment.

This article presents the different levels of lift use in the event of fire in accordance with the German guideline VDI 6017 and the Slovenian Technical Guideline TSG-1-001:2019, and examines the new standard SIST EN 81-76:2025 in greater detail. The standard specifies additional requirements for new passenger and goods-passenger lifts used to support the evacuation of persons with impaired mobility. Particular emphasis is placed on the fact that an evacuation lift is not a stand-alone solution, but forms part of the building's comprehensive fire safety and organisational strategy.

Keywords: lift, evacuation lift, fire, SIST EN 81-76, persons with impaired mobility, fire recall operation, safe area.

fabullabs

UMETNA INTELIGENCA V VZDRŽEVANJU

Svetovanje in razvoj
rešitev na področju
umetne inteligence.



spela@fabullabs.ai

fabullabs.ai

- 01 Svetovanje pri vpeljavi AI v procese vzdrževanja
- 02 Razvoj rešitev umetne inteligence
- 03 Usposabljanje ekip in vodenje AI pobud

Od pilota do
obratovanja.

VZROKI POŠKODB BETONA IN ZAŠČITA

Piše: **Jože Godec**, prodajni predstavnik za področje sanacij, Sika Slovenija d. o. o.



TRAJNOSTNA ZAŠČITA ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ V AGRESIVNIH OKOLJIH

Tehnologija Xolutec® in sistem Sikagard®7000 CR

Armiranobetonske konstrukcije v kanalizacijskih sistemih, čistilnih napravah in industrijskih objektih so izpostavljene eni izmed najbolj agresivnih kombinacij vplivov v gradbeni praksi. Poleg mehanske obrabe in stalne prisotnosti vlage imajo ključno vlogo kemični in mikrobiološki procesi, ki vodijo v pospešeno degradacijo betona. Članek obravnava vzroke poškodb betona v takšnih okoljih ter predstavlja sodoben zaščitni pristop na osnovi tehnologije Xolutec®, s poudarkom na sistemu Sikagard®7000 CR kot primeru trajne in sistemske zasnove rešitve.

Ključne besede: armiranobetonske konstrukcije, biogena žveplova kislina, mikrobiološko povzročena korozija, zaščita betona, Xolutec®, Sikagard®-7000 CR, agresivna okolja, trajnost konstrukcij

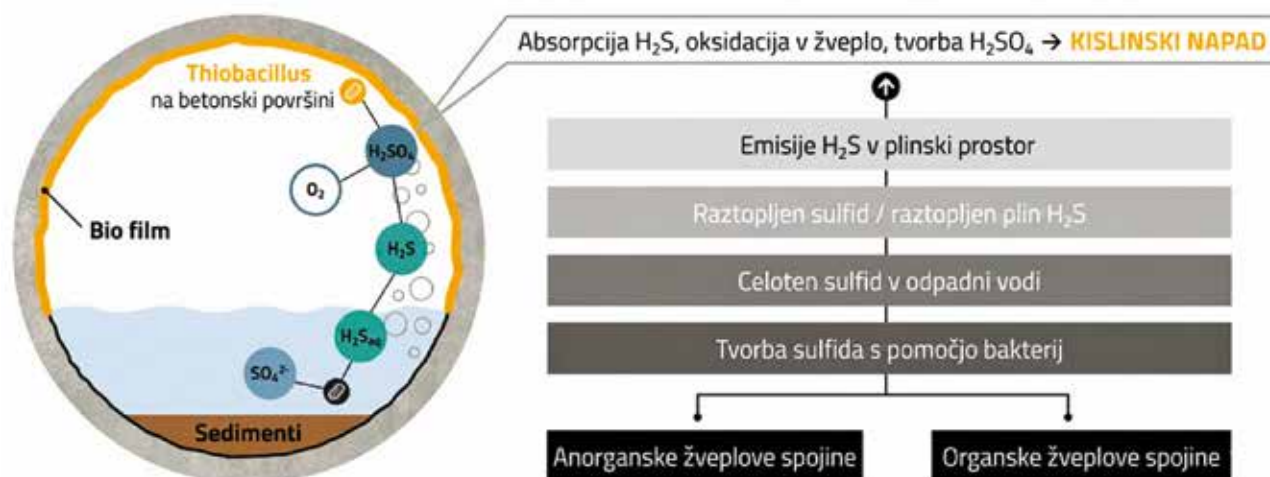
1. Uvod

Trajnost betonskih konstrukcij je eden temeljnih ciljev sodobnega gradbeništva, zlasti pri infrastrukturnih objektih, kjer so sanacije zahtevne, drage in pogosto omejene z obratovanjem objekta. Med najzahtevnejša okolja sodijo objekti za zbiranje, transport in čiščenje odpadnih voda, kjer so betonske površine trajno izpostavljene vlagi, agresivnim medijem in mehanskim obremenitvam.

Izkušnje iz prakse kažejo, da klasični betoni in dodatni cementni premazi brez ustrezne zaščite pogosto ne dosežajo projektirane življenjske dobe. Posledično se povečuje pomen učinkovitih zaščitnih sistemov, ki ne delujejo zgolj kot površinska zapora, temveč dolgoročno preprečujejo napredovanje degradacijskih procesov.

2. Mehanizmi degradacije betona v agresivnih okoljih

Eden najnevarnejših vplivov v kanalizacijskih sistemih je mikrobiološko pogojena korozija, povezana z nastankom biogene žveplove kisline. Ta nastaja kot rezultat delovanja bakterij, ki v anaerobnih pogojih tvorijo vodikov sulfid, ta pa se na betonskih površinah oksidira v žveplovo kislino. Nastala kislina reagira s cementnim kamnom, kar vodi v njegovo raztapljanje, izgubo mase in zmanjšanje alkalnosti betona.



Slika 2: Mikrobiološko povzročena korozija betona zaradi biogene žveplove kisline v kanalizacijskem sistemu (Vir: Sika)

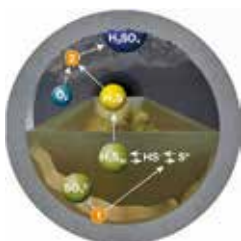
Poleg **kemičnih procesov** so konstrukcije izpostavljene **abraziji** zaradi trdnih delcev v toku, cikličnim obremenitvam ter nastanku **razpok** kot posledici krčenja, temperaturnih razlik in korozije armature. Vsi ti mehanizmi delujejo sočasno in se medsebojno ojačujejo, kar zahteva celovit in večfunkcijski zaščitni pristop.

Močan tok vode in voda, ki vsebuje trdne delce, povzročata → abrazijo



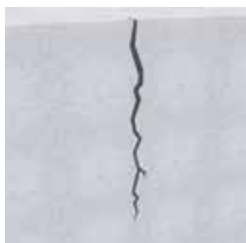
Slika 1a:
Abrazija betonskih površin zaradi toka vode in trdnih delcev. (Vir: Sika)

Prisotnost kemikalij in pogoji za nastanek biogene žveplove kisline povzročajo → kemični napad



Slika 1b:
Kemični napad na beton zaradi agresivnih medijev in biogene žveplove kisline. (Vir: Sika)

Krčenje betona in korozija armature povzročata → razpoke, puščanje in strukturne poškodbe



Slika 1c:
Razpoke in strukturne poškodbe zaradi krčenja betona in korozije armature. (Vir: Sika)

3. Zahteve za sodobne zaščitne sisteme

Zaščitni sistem za agresivna okolja mora izpolnjevati več, pogosto nasprotujočih si zahtev. Po eni strani mora zagotavljati visoko kemično odpornost, zlasti proti kislinam, po drugi strani pa mora biti sposoben slediti deformacijam podlage in premostiti razpoke, ki nastajajo med obratovanjem.

Pomembni so tudi praktični vidiki, kot so možnost nanašanja na vlažen beton, zanesljivo strjevanje v zahtevnih klimatskih razmerah, kratek čas izpada objekta ter varnost in sprejemljivost za delo v zaprtih prostorih. Tradicionalni sistemi pogosto izpolnjujejo le del teh zahtev, zato se vse bolj uveljavljajo večkomponentni, tehnološko napredni zaščitni materiali.



Visoka kemična odpornost in premoščanje razpok

Sikagard®7000 CR zagotavlja visoko odpornost na organske kisline in topila ter izredno odpornost proti biogeni žveplove kislini (BSA). Preizkusi so pokazali odsotnost degradacije tudi po dolgotrajni izpostavljenosti. Sistem premošča razpoke do 0,5 mm.



Toleranca na vlago

Temeljni premaz **Sikagard® P 770** se lahko nanaša na beton z visoko notranjo vlago, če je površina vidno suha. Merjenje vlage ni potrebno, nanašanje je hitro in zanesljivo.



Kratek čas izpada

Premaz je možno nadgraditi po približno 6 urah pri 20 °C. Stik z vodo je dovoljen po 24 urah.



Širok temperaturni razpon vgradnje

Nanašanje je možno med +5 °C in +35 °C, kar omogoča prilagodljivo izvedbo v različnih pogojih.



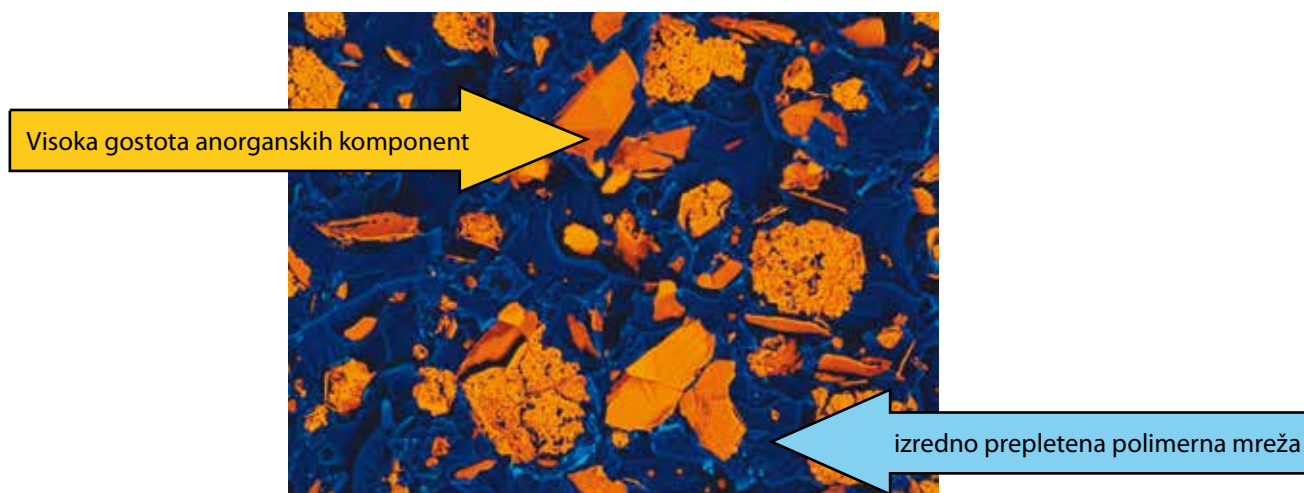
Zelo nizek VOC in brez izrazitega vonja

Sistem je brez topil, z nizkimi emisijami in primeren za uporabo v zaprtih prostorih.

4. Tehnologija



Tehnologija Xolutec® temelji na kombinaciji organskih in anorganskih komponent, ki se med mešanjem in strjevanjem povežejo v gosto, visoko zamreženo strukturo. Posebnost tehnologije je nastanek interpenetrirajoče mreže, v kateri so polimerni segmenti in anorganska polnila enakomerno porazdeljeni in medsebojno povezani.



Slika 3: Shematski prikaz mikrostrukture tehnologije Xolutec® z visoko gostoto anorganskih komponent in prepleteno polimerno mrežo (Vir: Sika)

Takšna mikrostruktura omogoča doseganje visoke kemične odpornosti, hkrati pa ohranja elastične lastnosti materiala. Z uravnavanjem stopnje zamreženosti je mogoče prilagoditi razmerje med togostjo in sposobnostjo deformiranja, kar je ključnega pomena za dolgoročno delovanje zaščite na razpokani ali obremenjeni podlagi.

5. Sistem Sikagard®7000 CR

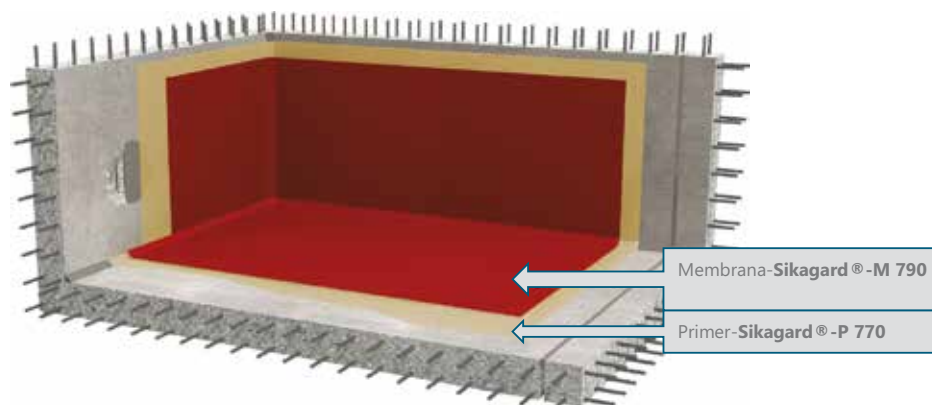
Na osnovi tehnologije Xolutec® je bil razvit sistem **Sikagard®7000 CR**, namenjen zaščiti betona v vodnem gospodarstvu in industriji. Sistem je zasnovan kot del večslojnega zaščitnega pristopa, ki zagotavlja trajno ločitev betona od agresivnega okolja.

Tipična sestava sistema Sikagard®-7000 CR:

1. Priprava podlage z odstranitvijo degradiranega betona.
2. Reprofilacija površine s kompatibilnimi sanacijskimi mal-tami Sika MonoTop®.
3. Temeljni premaz Sikagard®-P 770.
4. Zaščitna membrana Sikagard®-M 790 v dveh slojih.
5. Skupna debelina zaščitnega sistema približno 1,0–1,4 mm, odvisno od projektnih zahtev.

Ena izmed bistvenih lastnosti sistema je visoka odpornost proti biogeni žveplovi kislini, potrjena z dolgotrajnimi laboratorijskimi preskusi. Poleg tega sistem omogoča premoščanje razpok do širine 0,5 mm, kar zmanjšuje tveganje lokalnih poškodb in podaljšuje življenjsko dobo zaščite.

TIPIČNA STRUKTURA SISTEMA



Slika 4: Tipična sestava zaščitnega sistema Sikagard®-7000 CR s temeljnim premazom Sikagard®-P 770 in membrano Sikagard®-M 790 (Vir: Sika)

S praktičnega vidika je pomembna tudi tolerantnost do vlage v podlagi. Temeljni premaz se lahko nanaša na beton z visoko notranjo vlažnostjo, če je površina vidno suha, kar poenostavi izvedbo in zmanjša potrebo po dodatnih sušilnih postopkih. Kratek čas do ponovnega obratovanja in širok temperaturni razpon vgradnje dodatno prispevata k uporabnosti sistema v realnih razmerah.

6. Področja uporabe in izkušnje iz prakse

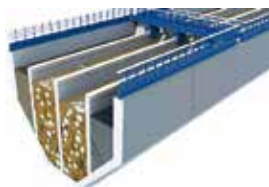
Sistemi na osnovi Xolutec® tehnologije se uporabljajo v komunalnih čistilnih napravah, kanalizacijskih cevovodih in tunelih, industrijskih rezervoarjih ter digestorjih za bioplin. Izkušnje iz izvedenih projektov kažejo, da ustrezno izbran in pravilno vgrajen zaščitni sistem bistveno zmanjša hitrost degradacije betona in podaljša intervale med sanacijami.



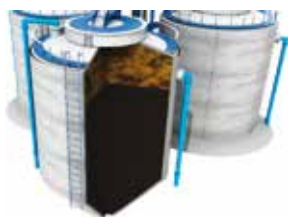
Lovilni bazeni (sekundarni zadrževalni sistemi) za skladiščenje kemikalij



Kanalizacijske cevi in tuneli



Komunalni in industrijski bazeni za čiščenje odpadnih voda



Rezervoarji za obdelavo blata in digestorji v bioplinskih napravah

Primer uporabe predstavlja izvedba na objektu v Krškem, kjer so bile armiranobetonske površine izpostavljene kompleksnemu agresivnemu okolju. Prisotna je bila kombinacija organskih in anorganskih vplivov, raztopljenih ionov, aktivnega blata in mikrobiološke aktivnosti, ob širokem območju pH ter povišanih temperaturah obratovanja. Takšni pogoji zahtevajo celovit zaščitni sistem, ki zagotavlja kemično odpornost, trajnost in zanesljivo delovanje v stalno vlažnem okolju. Za zaščito betonskih površin je bil uporabljen sistem **Sika Sikagard®7000 CR**, ki omogoča izvedbo brezšivne zaščitne

membrane z visoko odpornostjo na kombinirane kemijske in biološke vplive. Vgradnja je temeljila na celostnem pristopu, ki vključuje reprofilacijo podlage, pripravo kritičnih detajlov ter nanos večslojnega sistema z izravnalnimi, temeljnimi in končnimi sloji. Tako oblikovana zaščita deluje kot monolitna plast debeline približno 1,0 do 1,4 mm in je prilagojena zahtevnim obratovalnim pogojem.

Z vidika izvedbe je projekt zahteval visoko stopnjo tehnološke usposobljenosti, saj je nanašanje potekalo v oteženih pogojih z omejenim dostopom in na večjih globinah, kar vpliva na organizacijo dela in nadzor kakovosti. Pomembno vlogo pri zagotavljanju ustrezne izvedbe ima specializiran izvajalec **GM Jagodic d. o. o.**, ki s svojo usposobljenostjo in opremo omogoča pravilno vgradnjo visokozmogljivih zaščitnih sistemov.

Izkušnje iz prakse potrjujejo, da kombinacija naprednih materialnih rešitev **Sika** in kakovostne izvedbe predstavlja ključen dejavnik za doseganje dolgoročne odpornosti betonskih konstrukcij v agresivnih okoljih ter zmanjšanje potrebe po nadaljnjih sanacijskih posegih.

7. Zaključek

Dolgotrajna izpostavljenost betona agresivnim okoljskim vplivom zahteva zaščitne rešitve, ki temeljijo na razumevanju fizikalnokemijskih procesov in realnih obratovalnih pogojev. Tehnologija Xolutec® in sistemi, kot je **Sikagard®7000 CR**, predstavljajo primer sodobnega, večfunkcijskega pristopa k zaščiti betonskih konstrukcij. Z vidika trajnosti, tehnične zanesljivosti in ekonomike življenjskega cikla takšni sistemi pomembno prispevajo k dolgoročni ohranitvi ključne infrastrukturne gradnje.

LITERATURA

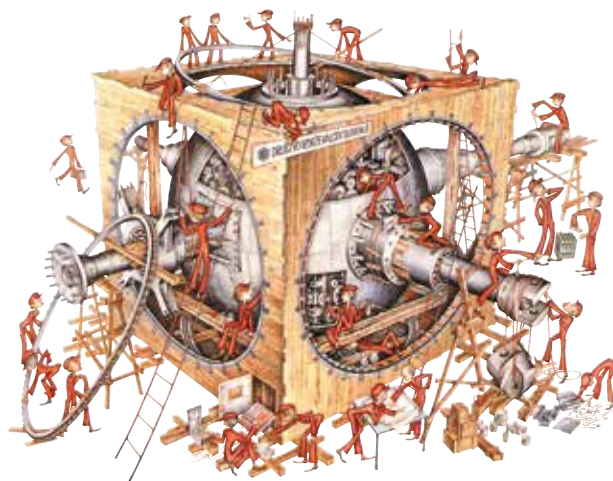
- [1] Sika Services AG. *Sikagard®-7000 CR Protective Coating System – Product Data Sheet*.
- [2] Sika Services AG. *Sikagard®-P 770 Primer – Product Data Sheet*.
- [3] Sika Services AG. *Sikagard®-M 790 Membrane – Product Data Sheet*.
- [4] Sika Services AG. *Xolutec® Technology for Wastewater Infrastructure Protection*.
- [5] EN 1504-2: *Products and systems for the protection and repair of concrete structures – Surface protection systems for concrete*.
- [6] Alexander, M., Bertron, A., De Belie, N. *Performance of Cement-Based Materials in Aggressive Aqueous Environments*. Springer.
- [7] Islander, R. L., Devinny, J. S., Mansfeld, F., Postyn, A., Shih, H. Biogenic sulfuric acid corrosion in wastewater systems. *Journal of Environmental Engineering*.
- [8] Projektna in izvedbena dokumentacija zaščite armiranobetonskih površin na objektu Krško. Sika Slovenija d. o. o.

ABSTRACT

SUSTAINABLE PROTECTION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

Reinforced concrete structures in wastewater treatment plants, sewer systems and industrial facilities are exposed to highly aggressive environments combining chemical attack, microbiological corrosion, moisture and mechanical abrasion. These factors significantly accelerate concrete deterioration and reduce service life. This paper discusses the main degradation mechanisms affecting concrete in such environments and presents the Xolutec® technology as an advanced protection concept. Particular attention is given to the Sikagard®-7000 CR system, a crack-bridging protective membrane with outstanding resistance to biogenic sulfuric acid, chemical attack and moisture exposure. The system enables durable protection of concrete structures and contributes to extended service life and reduced maintenance requirements.

Keywords: reinforced concrete, biogenic sulfuric acid, microbiologically induced corrosion, concrete protection, Xolutec®, Sikagard®-7000 CR, aggressive environments, durability



Mednarodni industrijski sejem Celje, 21.–22. APRILA 2027



KONGRES PRIHODNOSTI VZDRŽEVANJA

32. TPVS – Tehnično posvetovanje vzdrževalcev Slovenije

21. in 22. aprila 2027

Industrijski projekti obdelave betona

Foto: izvedba zaščite betona v sekundarnem lovilnem bazenu.

Rešujemo izzive na najzahtevnejših industrijskih projektih.

Višji varnostni standardi, zahtevnejši delovni pogoji in potreba po neprekinjenem delovanju v industriji postavljajo nove izzive pri načrtovanju, obnovi in sanaciji betonskih konstrukcij.

Na podlagi dolgoletnih izkušenj, specializiranega znanja in številnih referenc zagotavljamo **celovite rešitve – od strokovnega svetovanja do izvedbe:**

- preboji in odprtine vseh velikosti,
- vodotesno in požarno tesnjenje prebojev,
- statične ojačitve konstrukcij s karbonskimi lamelami,
- sanacija betona, injektiranje, reprofilacija,
- priprava podlage in izvedba zaščitnih premaznih sistemov,

za betonske konstrukcije v najzahtevnejših agresivnih industrijskih okoljih.



GM JAGODIC d.o.o.
PE: PC Komenda, Pod javorji 8, Komenda
info@gm-jagodic.si
051 349 910
www.gm-jagodic.si

OSEBNA ZAŠČITA VZDRŽEVALCA

Piše: Marko Levstek, TU-VAL d.o.o.



RESPIRATORNA ZAŠČITA PRI VZDRŽEVANJU: KO ZAŠČITA NE OVIRA DELA

Kako CleanSpace združuje visoko raven zaščite, mobilnost in udobje pri delu

Vzdrževalci so pri svojem delu pogosto izpostavljeni prahu, dimu, aerosolom in drugim onesnaževalom v zraku. Klasična respiratorna zaščita sicer zagotavlja potrebno raven zaščite, vendar lahko pri daljšem in fizično zahtevnem delu predstavlja dodatno obremenitev uporabnika.

Članek predstavlja princip delovanja motorno podprtih respiratornih sistemov PAPR ter praktične prednosti rešitev CleanSpace. Njihova posebnost je kompaktna izvedba brez cevi in motorne enote na pasu ter tehnologija AirSensit®, ki pretok zraka prilagaja dihanju uporabnika. Predstavljen je tudi novi CleanSpace AGILE z ohlapno prilagajajočim obraznim delom, pri katerem fit test ni potreben.

Ključne besede: respiratorna zaščita, PAPR, CleanSpace, vzdrževanje, varnost pri delu, prah, varjenje, osebna varovalna oprema.

1. Uvod

Pri vzdrževanju pogosto govorimo o zanesljivosti strojev, preventivnem vzdrževanju in zmanjševanju nenačrtovanih zastojev. Toda v središču vsakega vzdrževalnega procesa ostaja človek.

Vzdrževalec se lahko v enem delovnem dnevu sreča z brušenjem, rezanjem, varjenjem, čiščenjem, menjavo filtrov, posegi v zaprašeni proizvodni opremi ali odstranjevanjem različnih usedlin. Pri teh opravilih lahko nastajajo prah, dim in aerosoli, zaradi katerih je potrebna ustrezna respiratorna zaščita.

Pri izbiri respiratorja zato ni pomembna samo njegova deklarirana zaščitna sposobnost. Pomembno je tudi praktično vprašanje, ali bo uporabnik zaščito dejansko in pravilno uporabljal ves čas izpostavljenosti. Težka, vroča ali nerodna osebna varovalna oprema lahko pri večurnem delu postane obremenitev. Zato udobje pri respiratorni zaščiti ni zgolj vprašanje uporabniške izkušnje, temveč tudi pomemben element varnosti.

2. Od pasivne maske do motorno podprte zaščite

Pri klasičnem filtrirnem respiratorju mora uporabnik z vdihom zrak potegniti skozi filter. Z večanjem fizične aktivnosti se povečuje tudi potreba po zraku, s tem pa lahko tudi občutek dihalnega upora.

Drugačen princip predstavljajo sistemi PAPR – motorno podprti respiratorji. Ti uporabljajo baterijsko napajani ventilator, ki skozi filter dovaja prečiščen zrak uporabniku.

Tradicionalni industrijski PAPR-sistemi imajo motorno oziroma filtrirno enoto praviloma nameščeno na pasu. Zrak se nato po cevi dovaja do obraznega dela ali zaščitne kapuce. Takšna rešitev je dobro uveljavljena, vendar pomeni dodatne komponente okoli uporabnika: pas, motorno enoto in cev. Pri vzdrževalcu, ki se mora povzpeti po lestvi, zlesti za stroj, delati med cevovodi ali se premikati skozi ozke servisne prehode, je lahko vsaka dodatna komponenta moteča.

3. CleanSpace – PAPR brez pasu in brez cevi

CleanSpace uporablja drugačno konstrukcijo. Pogonska in filtrirna enota je nameščena neposredno okoli vratu uporabnika. Zato sistem ne potrebuje klasične motorne enote na pasu in cevi med ventilatorjem ter masko.

Glavna praktična prednost takšne zasnove je večja svoboda gibanja. To je še posebej pomembno pri vzdrževalnih delih v omejenih prostorih, okoli strojev, na konstrukcijah in na težko dostopnih mestih, kjer lahko cev ali oprema na pasu ovira gibanje.

Pri aktualnih sistemih CleanSpace proizvajalec navaja kompaktno izvedbo, visoke pretoke zraka ter celodnevno avtonomijo baterije, odvisno od načina uporabe, filtra in delovnih pogojev.



Slika 1:
CleanSpace respirator

4. AirSensit® – pretok zraka glede na dihanje

Druga pomembna značilnost sistemov CleanSpace je tehnologija AirSensit®. Sistem zaznava dihanje uporabnika in pretok zraka prilagaja njegovi potrebi. Pri vdihu se pretok poveča, pri manjši potrebi pa zmanjša.

To pomeni, da sistem ne deluje zgolj s stalnim pretokom, temveč se odziva na uporabnika. Pri fizično zahtevnem delu je to pomembno, saj se potrebe po zraku zelo hitro spreminjajo. Vzdrževalec ima lahko med hojo ali vzpenjanjem bistveno večjo potrebo po zraku kot med mirnim pregledovanjem stroja.

Takšen način delovanja je namenjen večjemu udobju in učinkoviti uporabi baterije ter filtra.

5. Kaj to pomeni v praksi?

Razlika postane najbolj očitna pri dejanskem delu. Predstavljajmo si vzdrževalca, ki mora brusiti notranjost konstrukcije stroja. Poleg respiratorne zaščite uporablja še zaščitna očala, rokavice, delovno obleko in po potrebi zaščito sluha.

Pri tradicionalnem PAPR-sistemu ima lahko okoli pasu dodatno motorno enoto, iz katere proti glavi vodi cev. Pri CleanSpace respiratorju te cevi ni.

To pomeni manj možnosti, da bi se oprema zataknila za konstrukcijo, cevovod ali drug del stroja. Uporabnik ima manj komponent okoli telesa in se lahko lažje premika. Prav pri takšnih opravilih je razlika med posameznimi sistemi pogosto pomembnejša kot zgolj primerjava tehničnih podatkov.

6. Glavne prednosti za vzdrževalca

Pri CleanSpace lahko izpostavimo predvsem naslednje praktične prednosti:

- brez motorne enote na pasu,
- brez cevi med pogonsko enoto in masko,
- kompaktna konstrukcija,
- pretok zraka, ki se prilagaja dihanju,
- visoka mobilnost pri delu,
- manj komponent, ki lahko ovirajo gibanje,
- motorno podprto dihanje pri fizično zahtevnem delu.

To je posebej pomembno pri brušenju, varjenju, čiščenju, delu v prašnih prostorih in servisnih posegih v proizvodnih procesih.

7. Novi CleanSpace AGILE – brez fit testa

Nov korak v razvoju predstavlja CleanSpace AGILE. Za razliko od klasičnih tesno prilegajočih mask uporablja AGILE ohlapno prilegajoč obrazni del (loose-fitting facepiece).

Zato zaščita ni odvisna od tesnega tesnjenja maske neposredno ob kožo in fit test ni potreben. To je lahko pomembna praktična prednost v podjetjih z večjim številom uporabnikov ali tam, kjer izvajanje fit testov pomeni dodatno organizacijo in administracijo.

AGILE je zanimiv tudi za uporabnike z obraznimi dlakami, saj zaščita ni zasnovana na tesnjenju maske neposredno ob obraz. Za vzdrževalne ekipe to pomeni preprostejšo uvedbo sistema in manj zahtev pri izbiri ustreznega obraznega dela za posameznega uporabnika.

Kljub drugačnemu obraznemu delu AGILE ohranja značilen princip CleanSpace z motorno podprtim pretokom in dihanju prilagojenim delovanjem.



Slika 2: Respirator CleanSpace AGILE

8. Primerjava rešitev

Lastnost	Pasivni respirator	Klasični PAPR	CleanSpace CST PRO	CleanSpace AGILE
Motorno podprt pretok	Ne	Da	Da	Da
Motorna enota na pasu	Ne	Običajno da	Ne	Ne
Dovodna cev	Ne	Običajno da	Ne	Ne
Pretok glede na dihanje	Ne	Odvisno od sistema	Da	Da
Tesno prilegajoča maska	Da	Odvisno	Da	Ne
Fit test	Da*	Odvisno	Da	Ne
Primerno za uporabnika z brado	Omejeno	Odvisno	Omejeno	Da
Mobilnost	Visoka	Odvisna od konfiguracije	Visoka	Visoka

* Kadar gre za tesno prilegajoč respirator in je fit test zahtevan v okviru programa respiratorne zaščite.

9. Ni vsaka maska primerna za vsako okolje

Pri respiratorni zaščiti je vedno treba izhajati iz ocene tveganja. Treba je poznati vrsto onesnaževala, njegovo koncentracijo, trajanje izpostavljenosti in pogoje dela. Šele nato se izbere ustrezen respirator, filter in obrazni del.

CleanSpace je filtrirni sistem, kar pomeni, da uporablja zrak iz okolice in ga filtrira. Zato takšni sistemi niso namenjeni okoljem s pomanjkanjem kisika ali razmeram, ki so neposredno nevarne za življenje in zdravje.

Pomembna je tudi pravilna izbira filtra glede na konkretno nevarnost. Napredna tehnologija zato ne nadomesti pravilne ocene tveganja, usposabljanja uporabnikov in ustrezne organizacije varnega dela.

10. Respirator kot del sodobnega vzdrževanja

Sodobno vzdrževanje se vse bolj usmerja v mobilnost, ergonomijo, podatkovno podprto odločanje in zmanjševanje nepotrebnih obremenitev zaposlenih. Podoben razvoj je mogoče opaziti tudi pri osebni varovalni opremi.

CleanSpace predstavlja zanimiv primer, kako se lahko tradicionalni PAPR-sistem spremeni že s samo konstrukcijo: motorna enota se premakne s pasu na vrat, cev izgine, pretok zraka pa se prilagaja uporabnikovemu dihanju.

Z novim AGILE se temu dodaja še ohlapno prilagajajoč obrazni del, pri katerem fit test ni potreben. Vse to ima skupen cilj: zmanjšati kompromis med zaščito in praktičnostjo uporabe.

11. Zaključek

Najboljša osebna varovalna oprema ni samo tista, ki na papirju zagotavlja visoko raven zaščite. Biti mora tudi dovolj udobna in praktična, da jo uporabnik pravilno uporablja pri svojem vsakodnevem delu.

Pri vzdrževalcih je to še posebej pomembno, saj njihovo delo pogosto vključuje gibanje skozi ozke prostore, delo okoli strojev, plezanje, brušenje, varjenje in druge fizično zahtevne aktivnosti.

CleanSpace s svojo zasnovo brez pasu in cevi ter tehnologijo AirSensit® predstavlja drugačen pristop k motorno podprti respiratorni zaščiti. Novi AGILE pa dodaja še možnost ohlapno prilagajajočega obraznega dela brez potrebe po fit testu.

Razvoj respiratorne zaščite tako ne gre več samo v smeri boljših filtrov. Gre tudi v smeri večje mobilnosti, enostavnejše uporabe in manjšega posega osebne varovalne opreme v samo delo uporabnika. In prav to je za vzdrževalca pogosto ključna razlika.

LITERATURA

- [1] CleanSpace Technology, CleanSpace CST PRO – Product Information.
- [2] CleanSpace Technology, CleanSpace CST ULTRA – Product Information.
- [3] CleanSpace Technology, CleanSpace AGILE – Product Information.
- [4] CleanSpace Technology, Frequently Asked Questions.
- [5] EN 12942 – Respiratory protective devices – Power assisted filtering devices incorporating full face masks, half masks or quarter masks.

ABSTRACT

RESPIRATORY PROTECTION IN MAINTENANCE: WHEN PROTECTION DOES NOT INTERFERE WITH WORK

Maintenance personnel are frequently exposed to dust, fumes, aerosols and other airborne contaminants. Although conventional respiratory protective equipment can provide the required level of protection, it may create additional burden during prolonged or physically demanding work.

This article presents the operating principle of Powered Air-Purifying Respirators (PAPR) and the practical advantages of CleanSpace solutions. Their distinguishing features include a compact design without belts or hoses and AirSensit® technology, which provides breath-responsive airflow. The article also introduces the new CleanSpace AGILE loose-fitting facepiece, for which fit testing is not required.

Keywords: respiratory protection, PAPR, CleanSpace, maintenance, occupational safety, dust, welding, personal protective equipment.



PRENOVA ENOCEVNIH OGREVALNIH SISTEMOV

Piše: **dr. Peter Meža**, Fakulteta za varstvo okolja, Velenje



ENERGETSKO UČINKOVITA PRENOVA ENOCEVNIH OGREVALNIH SISTEMOV STANOVANJSKIH STAVB S POMOČJO HIDRAVLICNEGA URAVNOTEŽENJA

Tradicionalni enocevni ogrevalni sistemi so med običajnim obratovanjem izpostavljeni spremembam diferenčnega tlaka. Ta nihanja povzročajo odstopanja sobne temperature in vplivajo na odziv regulacije, kar se v praksi kaže kot nepredvidljivo temperaturno obnašanje ter nezmožnost natančnega uravnavanja pretokov.

Nasprotno tlačno neodvisni kontrolni ventili odpravljajo vpliv nihanj diferenčnega tlaka v enocevni ogrevalni sistemih. V prispevku na podlagi izsledkov raziskav in meritev v realnih inštalacijah predstavljamo, kako je mogoče v dinamičnih obratovalnih razmerah z optimizacijo pretokov izboljšati učinkovitost ogrevalnega sistema – z vidika večjega uporabniškega udobja in nižje porabe energije – ter hkrati podaljšati življenjsko dobo inštalacije z zmanjšanjem pregrevanja cevni vodov in optimizacijo delovanja kotlov.

Ključne besede: ogrevanje, inštalacija, enocevni sistem, radiatorsko ogrevanje, hidravlično uravnoteženje, prenova.

1. Uvod

Enocevni radiatorski sistemi so bili v Evropi široko uporabljeni predvsem v obdobju množične stanovanjske gradnje od 1960 do 1990. Zaradi svoje enostavne zasnove in nizkih investicijskih stroškov so postali standard v številnih večstanovanjskih objektih.

Z razvojem dvocevni sistemov, naprednejših regulacijskih rešitev in s spremenjenimi zahtevami glede energetske učinkovitosti se je uporaba enocevni sistemov postopoma zmanjševala, vendar so ti sistemi še vedno prisotni v obstoječih objektih. Kljub vsemu enocevni sistemi izkazujejo potencial za učinkovito prenovo, saj jih je možno z ustreznimi pristopi in rešitvami narediti enako učinkovite kot dvocevne sisteme (Székely, 2015).

Prenova enocevni ogrevalni sistemov vsekakor predstavlja kompleksen tehnični izziv, saj gre za hidravlično občutljive sisteme, v katerih že manjši posegi vplivajo na porazdelitev toplote in stabilnost delovanja. V številnih starejših stavbah se ob prenovi pokažejo težave, kot so neuravnoteženi pretoki, neenakomerno ogrevanje, neustrezne zamenjave radiatorjev ter spremembe, ki so jih skozi leta izvedli stanovalci. Poleg tega energetske posodobitve, kot so dodatna izolacija ali zamenjava toplotne postaje, bistveno spremenijo toplotne potrebe stavbe, kar zahteva ponovni hidravlični preračun in prilagoditev celotnega sistema (Székely, 2015). Za uspešno

prenovo je zato nujna temeljita analiza obstoječega stanja, preverjanje hidravličnega ravnovesja, ocena ustreznih temperaturnih razlik (ΔT) ter natančno načrtovanje vseh posegov. Le s celovitim pristopom je mogoče zagotoviti učinkovito, stabilno in enakomerno ogrevanje po prenovi.

Delovanje in komponente enocevni ogrevalni sistemov

Za enocevne ogrevalne sisteme je značilna zaporedna vezava ogreval v posamezni zanki, kar pomeni, da ogrevalni medij v vsak naslednji radiator vstopa z nižjo temperaturo. Takšna zasnova neposredno vpliva na razvod toplote, dimenzioniranje radiatorjev, izbiro cevovodov ter način regulacije in hidravličnega uravnoteženja sistema. Zaradi teh posebnosti je pravilno delovanje enocevni sistema mogoče zagotoviti le na osnovi natančnega izračuna toplotnih potreb objekta in ustrezne izbire sistemskih komponent (Olesen, 2002).

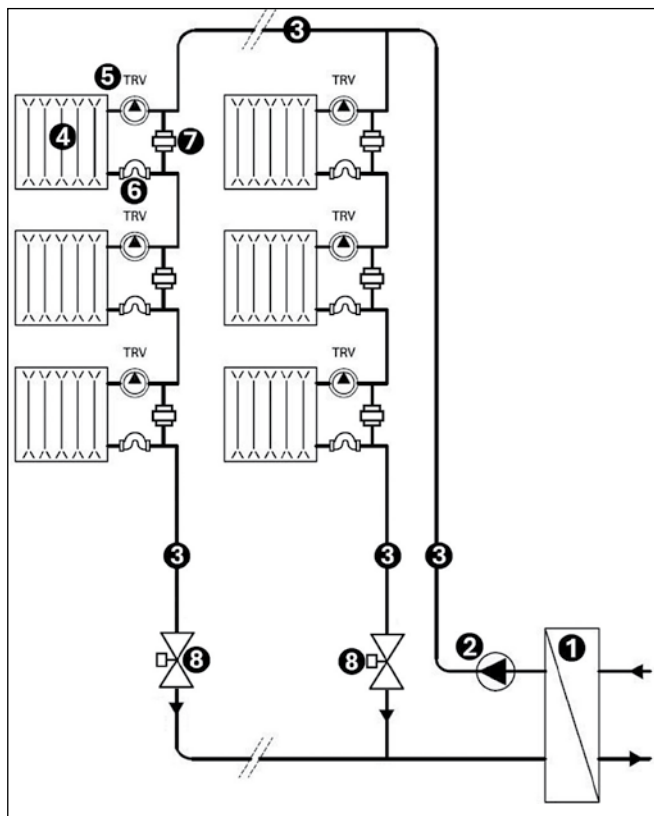
Grelni medij – topla voda lahko po sistemu kroži naravno ali prisilno s pomočjo obtočne črpalke. Prvotni enocevni sistemi so bili zasnovani na gravitacijsko kroženje vode, ti pa so bili kasneje zamenjani z obtočno črpalko, ki je bistveno izboljšala odziv sistema na temperaturne spremembe, regulacijo ter olajšala zasnovo razvodnega sistema (z vidika lokacije vira toplote).

Tabela 1: Prednosti enocevnih sistemov pred dvocevnimi

Prednosti	Slabosti
• hitrejša izvedba in nižja investicija (cevi so položene v kot med steno in tlakom in pokrite s parketnimi letvami, količina cevi je manjša), • ni vidnih cevni razvodov, • enostavna regulacija (dobro izračunan ogrevalni sistem omogoča, da opravimo hidravlično regulacijo ne reguliranjem ventila), • manj težav z obtočnimi črpalkami, če vgradimo termostatske ventile, • možnost merjenja in delitve stroškov v več stanovanjskih stavbah in individualnih hišah z več stanovanji, • možnost kasnejše izvedbe v individualnih hišah, kjer je bila v prvi fazi zgrajena in vseljena samo ena etaža, • možnost različnih obratovalnih režimov, če na vsako zanko vgradimo ustrezno regulacijo.	• zahtevno projektiranje, • večje radiatorske površine, • nevarnost poškodbe cevi, če kaj pritrujemo v tla, • netesna mesta v cevni razvodu težko saniramo, če so cevi v tlaku, • odzračevanje cevne razvoda in ogreval je oteženo, • temperaturna regulacija pri uporabi ročnih ventilov je nemogoča, saj zapiranje povzroči prekinitev pretoka v ogrevalnem krogu. • pregrevanje sosednjega prostora (vgradnja termostatskih ventilov je zato obvezna), • nizkotemperaturno ogrevanje, ki ima za posledico večje površine ogreval, je za uporabo pri enocevnem sistemu manj primerno.

Glavni elementi enocevnega sistema (s pozicijami) so (Meža, 2018):

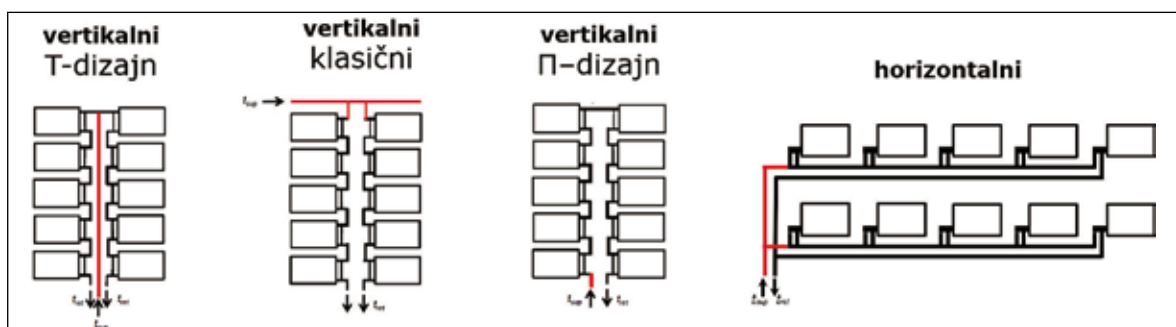
- vir (kotel ali toplotna postaja) (1),
- obtočna črpalka (2),
- distribucijske cevi (3),
- radiatorji (4) s pripadajočimi komponentami (s termostatskimi ventili ali brez njih (5), omejevalnik povratnega pretoka (6), omejevalnik pretoka skozi obvod (7)),
- kontrolni ventili (8) na distribucijskih ceveh (za nastavitve pretokov) ter varnostni elementi (ekspanzijska posoda, ventili itd.).



Slika 1: Elementi enocevnega radiatorskega sistema (primer klasičnega-vertikalnega enocevnega sistema; Meža, 2018)

Danes se pri prenovah srečujemo s štirimi najpogostejšimi izvedbami, te so: vertikalni T-design, vertikalni klasični sistem, vertikalni π (pi)-design ter horizontalni enocevni sistem. Vsak od njih ima specifične hidravlične lastnosti, ki vplivajo na način prenove, uravnoteženje in izbiro opreme. Tukaj je podrobna obrazložitev značilnosti (Stasiūnas, 2018):

- **Vertikalni enocevni sistem "T-design"** je ena najpogostejših izvedb enocevnih sistemov v večstanovanjskih stavbah. Značilnost sistema je, da se dvžna cev razveže v obliki črke T, pri čemer se del pretoka vodi skozi radiator, preostanek pa nadaljuje po dvžni cevi navzdol. Radiatorji so vezani zaporedno, zato je hidravlično ravnovesje zelo občutljivo na spremembe pretoka. Najpogostejša regijska uporaba v Evropi v starejših večstanovanjskih objektih (Nemčija, Avstrija, Češka, Švedska in Finska).
- **Vertikalni enocevni sistem – klasični dizajn** je najstarejša in konstrukcijsko najpreprostejša izvedba. Radiatorji so priključeni neposredno na dvžno cev brez posebnih obvodov ali razširjenih priključkov. Pretok skozi radiator je odvisen od hidravličnega upora posameznega priključka, kar pogosto povzroča neenakomerno ogrevanje. Najpogostejša regijska uporaba v vzhodni Evropi (Poljska, Madžarska, Romunija, države nekdanje Jugoslavije, Rusija, Ukrajina in baltske države).
- **Vertikalni enocevni sistem – "PI-design"** je varianta enocevnega sistema, pri kateri je celotna vertikalna distribucijska cev zanke v obliki črke Π (pi). Ta zasnova predstavlja večji padec temperature in posledično večje izzive pri regulaciji pretoka in temperatur, odzračevanjem ter hidravličnim ravnovesjem. Najpogostejša regijska uporaba v Rusiji, Ukrajini in baltskih državah.
- **Horizontalni enocevni sistem** je zasnovan tako, da so radiatorji v posameznem stanovanju ali etaži povezani zaporedno v vodoravni zanki. Zaradi zaporedne vezave radiatorjev je občutljiv na spremembe pretoka in zahteva natančno uravnoteženje. V Sloveniji so bili popularni v 80. in 90. letih, pogosto so bili zasnovani tako, da ima vsako



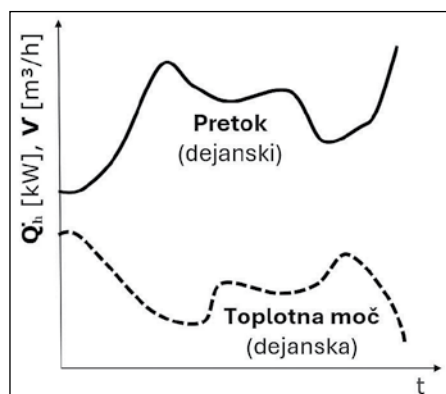
Slika 2: Vrste enocevni radiatorskih sistemov

stanovanje svoje merilno mesto (števec), kar omogoča merjenje dejanske porabe gospodinjstev. Najpogostejša regijska uporaba v južni Evropi (Italija, Španija), zahodni Evropi v nižjih stanovanjskih objektih ter delno v Sloveniji.

3. Problemi in izzivi v enocevni sistemih

V enocevni radiatorskih sistemih je pretok v distribucijski ogrevalni cevi vedno prisoten. Termostatski radiatorski ventil (TRV) regulira temperaturo prostora tako, da regulira pretok skozi radiator. Posledično pretoki obidejo radiatorje in se preusmerijo skozi obvoje (bypass), saj ni potrebna oddaja toplote skozi radiator v prostor. Posledično pretok vode v zanki ostane nespremenjen. V takšnih razmerah, oz. delnih obremenitvah ogrevalnega sistema, so dejanski pretoki mnogo večji od zahtevanih (npr. ob povišanih zunanjih vremenskih temperaturah oz. notranjih izvorih toplote v sobah). (Mileikovskiy, 2014)

Pri delnih obremenitvah zato narašča temperatura vode v povratnih ceveh. Zanka z obvoji (by-passi) tako še naprej ogreva prostor, kar lahko povzroči pregrevanje prostora. V mnogih primerih prenov stanovanjskih stavb (izolacija stavbe, prenova kotlovnice) postane zaradi zmanjšanja toplotnih izgub sistem ogrevanja predimenzioniran. To pa vodi v še večje težave kot samo pregrevanje povratnih cevi (Slika 3).



Slika 3: Problem hidravlično in temperaturno neuravnoteženega odcepa v enocevni radiatorskem sistemu (Meža, 2018)

Povišana povratna temperatura povzroča še ostale negativne učinke, med drugim zmanjšanje temperaturne razlike (ΔT)

sistema, pregrevanje prostorov zaradi vročih povratnih cevni vodov, hrup na radiatorjih (šum na ventilih in pokanje v primeru aluminijastih radiatorjev). V starejših enocevni inštalacijah so pogoste tudi reklamacije zaradi pregrevanja, ki povzroča nezaželen gravitacijski ogrevalni učinek (toplovodno težnostno ogrevanje), čeprav sistem ni zasnovan za težnostno (gravitacijsko) radiatorsko ogrevanje.

Prenizka temperaturna razlika (ΔT) sistema povzroča zmanjšano učinkovitost kondenzacijskih plinskih kotlov. Zaradi neučinkovite kondenzacije pade izkoristek in naraste poraba plina. Problem so tudi prekratki cikli, v katerih kotel prepogosto vklaplja in izklaplja, kar povzroča večjo obrabo in manj stabilno ogrevanje (Szekely, 2015).

Skupni učinek teh pojavov je povečana in neučinkovita raba energije, zmanjšano udobje zaradi nihanja temperatur ter hrup.

4. Rešitve in pristopi pri prenovah enocevni ogrevalni sistemov

Prenova enocevni ogrevalni sistemov predstavlja enega zahtevnejših posegov v večstanovanjskih stavbah, saj gre za hidravlično občutljive sisteme, pri katerih že manjše spremembe bistveno vplivajo na porazdelitev toplote. Ključni cilj prenove je zagotoviti stabilno, enakomerno in energijsko učinkovito delovanje celotnega ogrevalnega kroga, kar zahteva natančno načrtovanje in izvedbo (IMI, 2019).

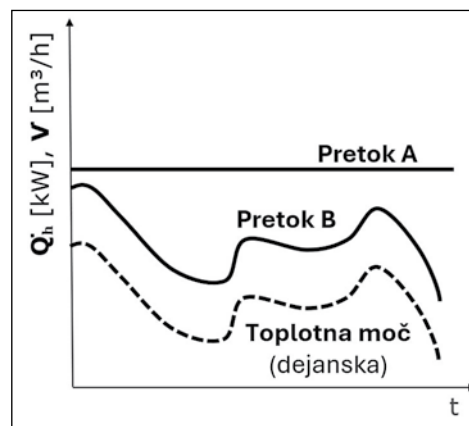
Eden glavnih izzivov je zagotoviti pravilen in dinamičen pretok skozi posamezne radiatorje, ki se odziva na delovanje oz. dinamične spremembe pretoka zaradi TRV ter ustrezen tlačni padec na obvodih (Yin, 2018). Le tako radiatorji oddajajo toploto po celotni površini, tudi pri delni obremenitvi. Neuravnotežen sistem vodi do pregrevanja nekaterih prostorov, podhlajenosti drugih ter neučinkovite rabe energije. Pomemben izziv predstavlja tudi zagotavljanje ustrezne temperaturne razlike med dotočno in povratno vodo (ΔT). Pravilno dimenzionirana ΔT pomeni optimalen pretok skozi dvizhne vode in radiatorje, kar izboljša učinkovitost vira in celotnega sistema ogrevanja ter poveča bivalno udobje po prenovi (Dubnyakov, 2016).

Pred začetkom posegov je nujno dokumentirati obstoječe stanje sistema, vključno z morebitnimi neravnovesji, pomanjkljivostmi in nepravilnostmi. Sistematično evidentiranje omogoča kasnejšo primerjavo rezultatov ter objektivno oceno učinkov prenove. Kompleksnejše energetske prenove, kot so dodatna toplotna izolacija, zamenjava toplotne postaje ali optimizacija regulacije, bistveno spremenijo toplotne potrebe stavbe. Zato je obstoječi enocevni sistem treba ponovno preračunati in prilagoditi novim razmeram. Sodobna orodja za načrtovanje in hidravlično uravnoteženje omogočajo natančnejšo izbiro ventilov, nastavitve pretokov ter učinkovitejše vodenje celotnega postopka (Pyrkov, 2007).

Pred začetkom prenove enocevnih radiatorskih sistemov so ključnega pomena naslednji koraki (Meža, 2018):

- Analiza komponent ogrevalnega sistema: stanje in značilnosti sistema, komponent inštalacije (radiatorjev, prisotnosti TRV, omejevalnikov povratnega pretoka, izolacije cevi, vrste/režima obtočne črpalke, prisotnosti kontrolnih ventilov, vrste vira in načina krmiljenja), opaženi problemi (hrup, udobje, odzivnost sistema, stroški ogrevanja, itd.).
- Izvedba meritev: meritve in arhiviranje temperatur vsaj trikrat v enem dnevu (zunanja temperatura, dovodna/povratna temperatura na viru, dovodna/povratna temperatura na odcepih itd.).
- Izbiira in projektiranje prenove glede na izbiro možnih rešitev:
 - Vgradnja termostatskih radiatorskih ventilov (TRV) preprečuje pregrevanje prostorov in izboljša udobje, saj samodejno prilagajajo pretok v radiator glede na dejansko temperaturo v prostoru.
 - Vgradnja tlačno neodvisnih kontrolnih balansirnih ventilov na povratku odcepa predstavlja zanesljivo in robustno rešitev za hidravlično uravnoteženje enocevnih ogrevalnih sistemov v vseh obratovalnih pogojih. Na ta način vsak dvizni vod prejme natančno projektirani pretok – nikoli več, kot je potrebno. Posledično postane vsak dvizni vod hidravlično neodvisen del celotne inštalacije, kar bistveno izboljša stabilnost in učinkovitost sistema (pretok A na Sliki 4).
 - Kontrola povratne temperature na povratku odcepa še dodatno zagotovi, da se pretoki v dviznemvodu dinamično prilagajajo dejanski obremenitvi dviznega voda. Posledično se izboljša regulacija temperature prostora in bistveno zmanjša pregrevanje stavbe (pretok B na Sliki 4).
 - Električne komponente in napeljave (pogoni ventilov, temperaturni senzorji, regulatorji, BMS komponente itd.).

S pravilno izbiro omenjenih rešitev tako enocevni sistemi postanejo energetske učinkoviti sistemi z variabilnim pretokom (Slika 4), podobno kot dvocevni sistemi.



Slika 4: Hidravlično in temperaturno uravnotežen odcep po prenovi enocevnega radiatorskega sistema (A – rešitev s tlačno neodvisnimi kontrolnimi balansirnimi ventili; B – s kontrolo povratne temperature odcepa). (prirejeno po Meža, 2018)

Naslednja faza je prenova sistema, ki poteka po naslednjih korakih:

- Izpraznitev, čiščenje sistema in inštalacija komponent (skladno z izborom rešitev).
- Polnitev sistema (skladno s kakovostjo vode po standardu VDI 2035 (VDI, 2018) in odzračevanje (predhodna namestitve odzračevalnih ventilov na najvišjih točkah vsakega dviznega voda po 5-dnevem protokolu z občasnim ustavljanjem črpalke). V primeru problematične inštalacije se priporoča namestitve ciklonskega separatorja nečistoč in zraka.
- V primeru zamenjave črpalke z novo (priporočljivo), se le-ta namesti na dovodno cev. Hkrati je potrebna namestitve dušilcev vibracij ob montaži.

Sledi faza komisioniranja:

- Pretokov – po vgradnji tlačno neodvisnih kontrolnih balansirnih ventilov je zagon sistema enostaven, saj le-ti omogočajo nastavitve nominalnih pretokov odcepih glede na toplotne potrebe (dodatno komisioniranje ni več potrebno, potrebna je le ustrezna nastavitve obtočne črpalke, katere tlačna višina mora biti prilagojena sistemu).
- Povratne temperature (opcijsko, zelo priporočljivo) – na povratku odcepa se izvede v dveh korakih:
 - Nastavitve vremensko vodene temperaturne krivulje na viru omogoča, da se dovodna temperatura samodejno prilagaja zunanji temperaturi (s tem zmanjšamo porabo energije in zagotovimo stabilnejše delovanje ogrevalnega sistema).
 - Nastavitve povratne temperature povratka omogoča, da se povratna temperatura odcepa samodejno prilagaja temperaturi dovoda (priporočljivo je, da se ta korak izvaja v sodelovanju z upravljavcem objekta, še posebej v primerih, ko je cilj maksimalni prihranek energije).

Zaključek

Enocevni ogrevalni sistemi, ki so še vedno razširjeni v številnih stanovanjskih stavbah v Evropi, se pogosto obravnavajo kot energetsko neučinkoviti. Prispevek pa pokaže, da je z ustrezno načrtovano in strokovno izvedeno prenovo, ki temelji na hidravličnem uravnoteženju, mogoče te sisteme učinkovito prilagoditi sodobnim zahtevam glede energetske učinkovitosti, stabilnosti delovanja in bivalnega udobja.

Osrednji problemi enocevnih sistemov so neustrezni pretoki pri delnih obremenitvah, povišane povratne temperature in zmanjšana temperaturna razlika (ΔT), kar vodi v pregrevanje prostorov in neučinkovito rabo energije. Ti učinki se po energetski prenovi stavb pogosto še okrepijo zaradi zmanjšanih toplotnih potreb in predimenzioniranosti sistema. Predstavljene rešitve, ki vključujejo natančno analizo obstoječega stanja, uporabo tlačno neodvisnih kontrolnih balansirnih ventilov, termostatskih radiatorских ventilov ter po potrebi regulacijo povratne temperature, omogočajo dinamično prilagajanje pretokov dejanskim obremenitvam.

S celovitim pristopom k prenovi, ki vključuje pravilno projektiranje, izvedbo in komisioniranje, se enocevni sistemi preoblikujejo v energetsko učinkovite sisteme z variabilnim pretokom, primerljive z dvocevnimi sistemi. Takšna prenova prinaša nižjo porabo energije, boljše delovanje vira toplote ter bistveno višjo raven bivalnega udobja, zato hidravlično uravnoteženje predstavlja ključni ukrep pri energetsko učinkoviti prenovi enocevnih ogrevalnih sistemov stanovaljskih stavb.

Vgraditev tlačno neodvisnih ventilov na konec distribucijske ogrevalne zanke omogoča robustno rešitev, s katero dosežemo zanesljivo hidravlično uravnoteženje enocevnega sistema ogrevanja pri vseh pogojih delovanja sistema. Zaradi tega postane vsaka ogrevalna zanka samostojni del instalacije in dobi nominalni pretok, ki nikoli ne more biti prekoračen.

LITERATURA

- [1] ASHRAE (2016). HVAC Systems and Equipment Handbook.
- [2] Dubnyakov A. (2016) Konstruktsiya radiatora/konvektora dvukhtrubnoy sistemy - vključaya raz'yasneniye posledstviy nemedlennoy modernizatsii sushchestvuyushchey odnotrubnoy sistemy s ispol'zovaniyem termostatov. Priazovskiy gosudarstvennyy tekhnicheskyy universitet, Moskva
- [3] IMI Hydronic Engineering. (2019). Hydronic Balancing – Theory and Practice. IMI Group.
- [4] Meža P., Kjeldsteen S. P. (2018) Renovation of one-pipe system in an easier way. (<https://www.hbc.danfoss.com>)
- [5] Mileikovskiy V. (2014). Otsinka enerhoefektyvnosti riznykh tipiv balansuvannya odnotrubnykh vertykal'nykh sistem opalennya za naslidkamy matematychnoho modelyuvannya. V. Mileykovskyy, I. Hanzha, Kyiv: Taki spravy, 1, 23-28

- [6] Olesen, B. W. (2002). Control of heating systems for energy efficiency and comfort. ASHRAE Journal, 44(2), 19–25.
- [7] Pyrkov, V. (2007). Regulacija hydrauliczna systemów ogrzewania i chłodzenia: Teoria i praktyka. Poznań: SYSTHERM D. Gazińska
- [8] Stasiūnas V. (2018). Energijos efektyvumas centralizuoto šilumos tiekimo sektoriuje nuo gamybos iki galutinio vartotojo. Tarptautinė konferencija atlikti šildymo sistemų praktiniai tyrimai Lietuvos daugiabučiuose 2016-2017 metais - Naujos rekomendacijos, Vilnius
- [9] Székely, T., & Velickovic, D. (2015). Energy saving potential with hydronic balancing in two-pipe radiator heating systems. In Proceedings of the 46th International HVAC&R Congress and Exhibition (Belgrade, 2–4 December 2015). Belgrade: KGH Journal, pp. 70–75.
- [10] VDI. (2018). VDI 2035: Prevention of damage in water heating installations - Scale formation and waterside corrosion (Part 1 & 2). Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure. (<https://www.vdi.de/en/home/vdi-standards/details/vdi-2035-blatt-1-prevention-of-damage-in-water-heating-installations-scale-formation-and-waterside-corrosion>)
- [11] Yin, X., Liu, M., Ma, Z., & Zhang, J. (2018). Theoretical study on even heating of single-pipe heating systems. Applied Thermal Engineering, 142, 345–356.

ABSTRACT

ENERGY-EFFICIENT RENOVATION OF ONE-PIPE HEATING SYSTEMS IN RESIDENTIAL BUILDINGS THROUGH HYDRAULIC BALANCING

Traditional one-pipe heating systems are exposed to variations in differential pressure during normal operation. These pressure fluctuations cause deviations in room temperature and affect the control response, which in practice results in unpredictable temperature behavior and the inability to accurately regulate flow rates.

In contrast, pressure-independent control valves eliminate the influence of differential pressure fluctuations in single-pipe heating systems. Based on research findings and measurements carried out in real-life installations, this paper presents how, under dynamic operating conditions, system efficiency can be improved through flow optimization - leading to enhanced occupant comfort and reduced energy consumption - while simultaneously extending the service life of the installation by reducing overheating of distribution piping and optimizing boiler operation.

Key words: heating, plumbing system, one-pipe system, radiator heating, hydronic balancing, renovation.

ZANESLJIVOST KRITIČNE OPREME

Pišeta: **Joaquín López**, univ. dipl. fiz., Q Techna d.o.o., Ljubljana in
Domen Senica, univ. dipl. inž. el. Q Techna d.o.o., Ljubljana



Oba avtorja sta certificirana za preskušanje tesnosti (LT), 3. stopnja, skladno z EN ISO 9712.

ODKRIVANJE NEVIDNEGA: HELIJEVA METODA KOT TEMELJ ZANESLJIVOSTI KRITIČNE OPREME

Puščanje v industrijskem sistemu ni zgolj tehnična pomanjkljivost. Lahko ogrozi ljudi in okolje, povzroči izgubo dragocenega procesnega medija, poveča porabo energije ter vodi v nenačrtovano zaustavitev proizvodnje. V trajnostno naravnani industriji takšne izgube niso sprejemljive. Helijska metoda zaradi visoke občutljivosti omogoča odkrivanje tudi zelo majhnih netesnosti in njihovo natančno lokalizacijo. Prispevek na praktičen način predstavlja osnovna načela metode, njeno uporabo pri vzdrževanju kritične opreme ter pomen ustrezno usposobljenega in certificiranega osebja, izkušenj in preverjanja znanja ter tako povečuje zaupanje v rezultat preiskave.

Ključne besede: helij, preskušanje tesnosti, detekcija puščanja, masnospektrometrični detektor, vzdrževanje, varnost, trajnost, certificirano osebje.

Puščanje je nevarno, drago in ni trajnostno

Netesnosti se pogosto razvijajo počasi in brez očitnih zunanjih znakov. Sistem lahko še vedno obratuje, vendar se v ozadju že povečujejo izgube procesnega medija, poraba energije in obremenitev opreme. Posledice postanejo vidne šele, ko pade učinkovitost, se poslabša kakovost procesa ali pride do nenačrtovane zaustavitve.

Pri stisnjenih, vnetljivih, strupenih ali okolju škodljivih medijih je puščanje neposredno varnostno in okoljsko tveganje. Tudi pri manj nevarnih medijih lahko povzroči drage izgube. V vakuumskem sistemu vdor zraka poslabša vakuum, pri kompresorju uhajanje pomeni izgubo medija in dodatno delo opreme, pri toplotnem izmenjevalcu pa lahko netesnost povzroči neželeno mešanje dveh medijev.

Za sodobno industrijo zato ni dovolj, da netesnost odpravimo šele po okvari. Cilj vzdrževanja je, da jo odkrijemo dovolj zgodaj, določimo njeno lokacijo, načrtujemo ciljno sanacijo in po popravilu preverimo rezultat. Tako zmanjšujemo tveganje, stroške in porabo virov ter podaljšujemo življenjsko dobo opreme.

Zakaj je helij primeren sledni plin?

Helij je kemijsko inerten in nevnetljiv plin. Zaradi majhne atomske velikosti lahko prehaja skozi zelo ozke poti puščanja, njegova naravna koncentracija v zraku pa je nizka, približno pet delcev na milijon. Masnospektrometrični detektor, nastavljen na helij, zato lahko zanesljivo loči signal slednega

plina od običajnega ozadja ter zazna netesnosti, ki jih s preprostejšimi metodami ne bi odkrili.

Visoka občutljivost ne pomeni, da je helijska metoda vedno edina ali najbolj gospodarna izbira. Milnični preskus, spremljanje padca tlaka in druge metode imajo svoje mesto, zlasti pri večjih netesnostih ali kadar zadostuje preverjanje celotnega sistema. Helij je posebej smiseln takrat, ko je zahtevana velika občutljivost, natančna lokalizacija ali zanesljivo preverjanje kritične opreme.

Čeprav je helij kemijsko nenevaren, delo z njim ni brez tveganj. Plin v zaprtem prostoru lahko izpodrine kisik, jeklenke in preskusni sistemi pa so pod tlakom. Načrt preiskave mora zato vključevati tudi varno ravnanje s plinom, prezračevanje, nadzor tlaka in ustrezno osebno varovalno opremo.

Kako poteka helijska preiskava?

Način izvedbe je odvisen od konstrukcije, obratovalnega stanja in pričakovane smeri puščanja. Pred začetkom je treba določiti zahtevano občutljivost, kriterij sprejemljivosti, sestavo preskusnega plina, preskusni tlak, dostopna mesta ter način dokumentiranja. Površine morajo biti dostopne in čiste; premazi ali neustrezne začasne zapore lahko netesnost prikrijejo.

Metoda z vzorčevalno sondo (sniffer)

Preizkušanelec je napolnjen s helijem ali z mešanico, ki vsebuje helij. Operater z vzorčevalno sondo sistematično pregleduje prirobnice, tesnila, varjene spoje, navojne priključke, armature

ter merilno in regulacijsko opremo. Ko sonda preide območje netesnosti, instrument zazna povečano koncentracijo helija. Na rezultat vplivajo razdalja med sondo in površino, hitrost pomikanja, smer zračnih tokov ter odzivni čas sistema. Prehitro skeniranje lahko pomeni, da operater majhno netesnost preprosto obide.



Slika 1: Metoda z vzorčevalno sondo (sniffer)

Vakuumska metoda

Preizkušanece je evakuiran in povezan z detektorjem, helij pa se nanaša na njegovo zunanjo površino. Če obstaja netesnost, helij vstopi v sistem in pride do detektorja. Metoda praviloma omogoča zelo visoko občutljivost, vendar zahteva primerno vakuumsko stanje, dober nadzor helijevega ozadja ter razumevanje odzivnega časa celotnega sistema.



Slika 2: Vakuumska metoda

Akumulacijska metoda

Helij, ki uide iz preizkušance, se določen čas zbira v zaprtem prostoru ali komori. Nato se izmeri njegova koncentracija. Metoda je uporabna zlasti pri manjših komponentah ali kadar želimo določiti skupno stopnjo puščanja, natančna lokacija posamezne netesnosti pa ni prvi cilj.

Instrument sam ne zagotavlja pravilnega rezultata

Masnospektrometrični detektor je zelo občutljivo merilno sredstvo, vendar visoka številka na zaslonu še ni samodejno dokaz netesnosti. Signal lahko povečajo helijevo ozadje v prostoru, ostanki plina iz predhodnih preskusov, neustrezno ničlenje, sprememba pretoka skozi sondo ali prehitro prehod med merilnimi mesti.

Pred preiskavo je treba detektor nastaviti in preveriti z ustrezno referenčno netesnostjo. Preveriti je treba tudi odzivni čas, saj ta določa, kako hitro se signal po vnosu helija prikaže na instrumentu. Med delom je treba spremljati ozadje, po potrebi prezračiti območje in ponoviti meritev. Odkrito mesto je treba označiti, zapisati izmerjeno stopnjo puščanja in po sanaciji izvesti kontrolno meritev.

Zanesljiv zapis mora omogočiti, da druga strokovna oseba razume, kaj je bilo pregledano, s katero opremo, pod kakšnimi pogoji in s kakšnim rezultatom. Fotografija ali skica lokacije, podatki o preskusnem plinu in tlaku, identifikacija opreme ter potrditev preverjanja detektorja so za vzdrževalca pogosto enako pomembni kot končna oznaka »ustreza« ali »ne ustreza«.

Kje metoda vzdrževalcem prinaša največ koristi?

Helijevo preskušanje je posebej koristno pri opremi, pri kateri ima že majhna netesnost velik vpliv na varnost, razpoložljivost ali učinkovitost:

- kondenzatorji in drugi vakuumski sistemi,
- kompresorski postroji in sistemi za ravnanje s plini,
- tlačne posode, procesni rezervoarji in cevovodi,
- toplotni izmenjevalci ter hladilni sistemi,
- komponente farmacevtske, kemične in visokovakuumske opreme.

Praktična vrednost metode ni samo v tem, da potrdi obstoj puščanja. Njena največja prednost je natančna lokalizacija. Namesto obsežnega razstavljanja ali menjave več možnih elementov lahko vzdrževalna ekipa sanira konkretno priobnico, zvar, tesnilo ali priključek. Čas diagnostike se skrajša, poseg je manjši, preverjanje po popravilu pa neposredno pokaže, ali je bila sanacija uspešna.

Zakaj mora preiskavo izvajati certificirano osebje?

Pri zelo občutljivi metodi je kakovost rezultata odvisna od človeka najmanj toliko kot od instrumenta. Izvajalec mora poznati fizikalne osnove puščanja, izbrati primerno tehniko, razumeti omejitve opreme, pravilno uporabiti referenčno netesnost, obvladovati ozadje in ločiti dejansko netesnost

od lažnega signala. Napačen rezultat lahko povzroči dve dragi skrajnosti: nevarna netesnost ostane spregledana ali pa se brez potrebe popravlja brezhibna oprema in spoj.

EN ISO 9712:2022 opredeljuje kvalificiranje in certificiranje osebja za neporušitvene preiskave, med katere spada tudi preskušanje tesnosti. Certifikat ni zgolj potrdilo o udeležbi na tečaju. Kandidat mora izpolniti zahteve glede usposabljanja in industrijskih izkušenj ter uspešno opraviti preverjanje splošnega, specifičnega in praktičnega znanja. Veljavnost usposobljenosti se nato ohranja z obnovo oziroma recertifikacijo.

Pomembna vrednost takega certifikata je neodvisnost preverjanja. Sistem certificiranja vodi certifikacijski organ po pravilih za certificiranje oseb, izpit pa ni samo interna presoja nadrejenega ali sodelavca. Naročnik in vzdrževalna služba tako dobita neodvisno potrditev, da je oseba dokazala zahtevano znanje, izkušnje in praktične spretnosti za določeno metodo ter področje.

Certifikat pa sam po sebi še ni dovoljenje za vsako delo. Delodajalec mora na podlagi obsega certifikata, zdravstvene sposobnosti in usposobljenosti za svoje izdelke, opremo, postopke ter varnostne zahteve izdati pisno pooblastilo za konkretne naloge. Najzanesljivejši rezultat zato zagotavlja kombinacija veljavnega certifikata, pooblastila delodajalca, odobrenega pisnega postopka, preverjene opreme in dejanskih izkušenj izvajalca.

Odkrivanje puščanj kot del trajnostnega vzdrževanja

Trajnost v industriji ni samo vprašanje novih tehnologij in poročanja o emisijah. Začne se pri vsakodnevem obvladovanju izgub. Medij, ki uide iz sistema, je bil praviloma proizveden, stisnjen, ohlajen, segret ali prečrpan z določeno porabo energije. Njegova izguba zato pomeni neposreden strošek in dodatno okoljsko obremenitev.

Pravočasno odkrita netesnost pomeni manj nenačrtovanih zaustavitev, manjšo porabo energije, manj izgub procesnih medijev, nižje stroške popravil in daljšo življenjsko dobo opreme. Podatki iz ponavljajočih se preiskav lahko pokažejo tudi, na katerih mestih se težave vračajo. Tako helijeva metoda ne služi le odpravljanju posamezne napake, ampak podpira načrtovanje vzdrževanja, izboljšave konstrukcije in izbiro zanesljivejših tesnilnih rešitev.

Zaključek

Puščanje je lahko nevarno, vedno pa pomeni izgubo nadzora nad sistemom. Pri kritični opremi se lahko majhna netesnost hitro spremeni v velik strošek, varnostno tveganje ali proizvodni izpad. V trajnostno naravnani industriji zato

odkrivanje puščanj ne sme biti odziv šele na okvaro, temveč načrtovan del preventivnega in prediktivnega vzdrževanja.

Helijeva metoda omogoča odkrivanje in lokalizacijo zelo majhnih netesnosti, vendar njena občutljivost zahteva disciplinirano izvedbo. Zanesljiv rezultat nastane šele, ko ustrezno usposobljena in certificirana oseba uporabi preverjeno opremo, sledi pisnemu postopku, razume vplivne dejavnike in rezultat pravilno dokumentira. Takšna preiskava ni nepotreben strošek. Je naložba v varnost, razpoložljivost opreme, učinkovito rabo virov in zaupanje v vzdrževalne odločitve.

LITERATURA

- [1] EN ISO 9712:2022, Neporušitvene preiskave - Kvalificiranje in certificiranje osebja za neporušitvene preiskave.
- [2] EN 13185:2002, Neporušitvene preiskave - Preskušanje tesnosti - Metoda s slednim plinom.
- [3] EN ISO 20484:2017, Non-destructive testing - Leak testing - Vocabulary.
- [4] ASTM E499/E499M, Standard Practice for Leaks Using the Mass Spectrometer Leak Detector in the Detector Probe Mode.
- [5] EN 1518, Non-destructive testing - Leak testing - Characterization of mass spectrometer leak detectors, osnutek.
- [6] Q Techna d.o.o., interni postopki za preskušanje tesnosti z metodo slednega plina.

Podatki o avtorjih

- Joaquín López López, univ. dipl. fizik. – Namestnik direktorja v Q Techni d.o.o. Certificiran za preskušanje tesnosti (LT), 3. stopnja, skladno z EN ISO 9712.
- Domen Senica, univ. dipl. inž. el. – Vodja kontrolnega organa v Q Techni d.o.o. Certificiran za preskušanje tesnosti (LT), 3. stopnja, skladno z EN ISO 9712.

ABSTRACT

REVEALING THE INVISIBLE: HELIUM LEAK TESTING AS A FOUNDATION FOR THE RELIABILITY OF CRITICAL EQUIPMENT

A leak in an industrial system is not merely a technical imperfection. It can endanger people and the environment, cause the loss of valuable process media, increase energy consumption and lead to unplanned production shutdowns. Such losses are incompatible with sustainable industry. Owing to its high sensitivity, helium leak testing can detect and accurately locate very small leaks. This article presents the basic principles of the method, its practical application in the maintenance of critical equipment, and the importance of appropriately trained and certified personnel.

Keywords: helium, leak testing, leak detection, mass spectrometer leak detector, maintenance, safety, sustainability, certified personnel.



NAJDRAŽJA OKVARA JE TISTA, KI BI JO LAHKO PREPREČILI

Vzdrževanje vidimo kot strošek, ker strošek vzdrževanja merimo, izgub, ki jih vzdrževanje preprečuje, pa pogosto ne.

Ko sem obiskoval še osnovno šolo, me je nekoč po pouku učiteljica razrednega pouka poklicala v kabinet. Takoj sem vedel, da je nekaj narobe. Bila je zelo stroga učiteljica, pravzaprav strah in trepet vseh učencev. Že pri pouku smo bili ves čas nekoliko na trnih, saj nikoli nismo vedeli, kdaj bo kdo deležen njene kritike ali kakšne cinične pripombe. Če danes pogledam nazaj, pa moram priznati, da smo se pri njej kljub vsemu veliko naučili.

Tistega dne me je v kabinetu pogledala in vprašala: »Koliko žlic enolončnice si pojedel pri današnji malici?«

Ves sem otrpnil in izdaval: »Dve ... mogoče tri.«

Temu je sledila precej huda lekcija: »Ali veš, koliko ljudi na svetu strada. Ali veš, da ljudje zaradi pomanjkanja hrane celo umirajo. Kako lahko tako ravnaš s hrano?«

Mislim, da so bile ob ponedeljkih za šolsko malico pogosto na jedilniku različne enolončnice. Otroci smo bili pač otroci. Če nam nekaj ni bilo všeč, smo pojedli nekaj žlic in ostanek odnesli tja, kjer se je zbirala odvečna hrana. Verjetno nisem bil edini. To smo bolj ali manj počeli vsi. Morda tisti dan pri meni niti ni bil največji problem v količini zavržene hrane, ampak v načinu, kako sem z njo ravnal, ko sem jo odnesel med ostanke.

Od tega dogodka je minilo že ogromno let, vendar mi je ostal v spominu. Danes razumem, da je bil verjetno eden tistih drobnih dogodkov, ki so vplivali na moj odnos do dobrin, ki jih imamo na voljo. Do hrane, materiala, energije, časa in tudi dela ljudi. Nič od tega ni samoumevno in nič od tega ni neomejeno.

Morda zato niti ni naključje, da je odpravljanje potrat oziroma izgub – »waste« – postalo eno osrednjih področij mojega poklicnega dela in tudi poslanstva podjetja DEMETRA Lean Way. Ko v proizvodnem podjetju govorimo o izgubah, pogosto najprej pomislimo na material. Na kos, ki konča v izmetu, na odpadno surovino ali na izdelek, ki ga zaradi napake ne moremo prodati. Takšno izgubo je enostavno videti, saj je fizično pred nami. Toda veliko več izgub je skritih in prav zato jih pogosto niti ne opazimo več.

Vzdrževanje je eno od področij, kjer je takšnih izgub ogromno. Hkrati pa je prav vzdrževanje ena od funkcij, ki lahko prepreči veliko izgub tudi drugje v podjetju.

Stroj na primer stoji dvajset minut, ker čakamo vzdrževalca. Ko vzdrževalec pride, ugotovi, da nima ustreznega rezervnega dela. Drugič išče tehnično dokumentacijo. Tretjič poskuša ugotoviti, kaj je bilo na istem stroju popravljeno pred tremi meseci. Morda operater že nekaj dni opaža nenavaden zvok, vendar tega ne sporoči, ker stroj še vedno deluje. Po nepotrebnem preventivno zamenjamo komponento, ki bi brez težav delovala še nekaj mesecev. Na drugi strani pa kritični del pogosto uporabljamo vse do odpovedi, čeprav nas njegova okvara vsakič stane več ur proizvodnje. Zaradi pomanjkanja organizacije, informacij ali znanja se lotevamo odpravljanja težav s poskusi in napakami, kar nas lahko na koncu veliko stane.

Vse to so izgube. Težava je, da jih pogosto ne vidimo kot takšne. Zastoj evidentiramo kot okvaro, na katero »nismo imeli vpliva«, zamenjani del pa kot običajen strošek vzdrževanja. Časa, ki smo ga izgubili z iskanjem informacij, čakanjem, napačno diagnozo ali nepotrebnim posegom, pogosto sploh ne evidentiramo. Te izgube ne končajo v zabojniku za odpadke, kjer bi jih lahko jasno videli. Skrijejo se v stroških vzdrževanja, zastojih, porabljenih urah in izgubljeni proizvodnji – in prav zato jih tako težko prepoznamo kot potrato.

Predstavljajmo si proizvodno linijo, ki v eni uri ustvari za 3.000 evrov izdelkov. Zaradi okvare stoji tri ure. Najprej bomo verjetno izračunali, da smo izgubili 9.000 evrov proizvodnje. Toda dejanski račun je precej daljši.

Vzdrževalci tri ure diagnosticirajo in odpravljajo napako. Operaterji čakajo. Vodja proizvodnje spreminja plan. Planer prestavlja naročila. Logistika preverja, katere dobave bodo zaradi tega ogrožene. Nabava morda urgentno naroča rezervni del. Kakovost mora po ponovnem zagonu opraviti dodatne kontrole. Del materiala, ki je bil ob zaustavitvi v procesu, lahko konča v izmetu. Če zaradi vsega skupaj zamudimo še dobavo kupcu, se težava preseli v prodajo.

Kupca namreč ne zanima, ali je odpovedal ležaj, senzor, elektromotor ali krmilnik. Zanima ga predvsem, zakaj njegovo



*Slika 1:
Izvedba
preventivnega
postopka »Največji
problem je, da
vzdrževanje vidimo
kot strošek, ker ne
vidimo izgub, ki jih
dobro vzdrževanje
preprečuje.« Lastna
slika.*

naročilo ni bilo dobavljeno takrat, ko smo mu ga obljubili. Zato strošek okvare skoraj nikoli ni samo vrednost izgubljene proizvodnje, strošek rezervnega dela in nekaj ur dela vzdrževalca. Posledice nezanesljive opreme občuti praktično celotno podjetje.

Pri tem pa ne smemo gledati samo izgub, ki jih vzdrževanje oziroma nezanesljiva oprema povzročata proizvodnji. Veliko potrat je tudi znotraj samega procesa vzdrževanja. Zelo zanimivo vprašanje je, koliko časa naši dobro usposobljeni vzdrževalci dejansko porabijo za delo, pri katerem potrebujemo njihovo strokovno znanje, in koliko ga izgubijo z iskanjem orodja, dokumentacije, rezervnih delov in informacij, z nepotrebni potmi po podjetju, čakanjem ali administracijo.

Če visoko usposobljen vzdrževalec pol ure išče rezervni del, to ni vzdrževanje. To je potrata. Enako velja, če dva vzdrževalca prideta do stroja in šele tam ugotovita, da nimata potrebnega orodja. Ali če vsak vzdrževalec isto okvaro diagnosticira povsem od začetka, čeprav jo je njegov sodelavec v zadnjem letu že trikrat uspešno odpravil.

Še bolj zanimiv je primer, ko se ista okvara pojavi desetkrat in jo vsakič uspešno popravimo. Na prvi pogled imamo morda celo zelo učinkovito vzdrževanje. Naši ljudje že natančno vedo, kaj morajo narediti, in stroj hitro ponovno zaženejo. Toda če stopimo korak nazaj, ugotovimo, da smo pravzaprav postali zelo učinkoviti pri popravljanju nečesa, kar se sploh ne bi smelo več pokvariti.

To je po mojem mnenju ena največjih pasti klasičnega »gasilskega« vzdrževanja. V številnih podjetjih so najbolj cenjeni prav vzdrževalci, ki znajo v kritični situaciji rešiti proizvodnjo. In prav je, da njihovo znanje cenimo. Problem nastane takrat, ko gašenje požarov postane normalen način dela.

Stroj odpove, proizvodnja pokliče vzdrževanje, začne se pritisk, vzdrževalec čim hitreje odpravi napako, proizvodnja ponovno steče in vsi si oddahnejo. Čez nekaj dni se zgodba ponovi. V takšnem okolju je zelo težko najti čas za preventivo, analizo vzrokov, izboljšave in standardizacijo. Nastane paradoks: ker imamo preveč okvar, jih nimamo časa preprečevati. Ker jih ne preprečujemo, pa jih imamo še naprej preveč.

Ko podjetje ugotovi, da ima na področju vzdrževanja težave, je ena prvih idej pogosto uvedba novega informacijskega sistema. Seveda je digitalizacija pomembna. Dober sistem nam omogoča boljše planiranje, pregled nad zgodovino posegov, upravljanje rezervnih delov, preventivne naloge, spremljanje stroškov in hitrejši dostop do informacij. Danes lahko dodamo še senzoriko, spremljanje stanja opreme in umetno inteligenco, ki nam pomaga prepoznavati vzorce ter napovedovati določene dogodke.

Toda nobena tehnologija sama po sebi ne bo rešila slabega procesa. Če digitaliziramo slab proces, bomo dobili predvsem digitaliziran slab proces.

Zato bi se morali pred izbiro programske opreme vprašati nekaj precej bolj osnovnega. Kako pri nas sploh nastane zahteva za vzdrževanje? Kdo določi njeno prioriteto? Kako se planira delo? Kaj naredimo, ko se okvara ponovi? Ali sploh poznamo njene vzroke ali samo odpravljamo posledice? Kako določamo intervale preventivnega vzdrževanja? Kako upravljamo rezervne dele? Kdo je odgovoren za osnovno stanje opreme? Katere podatke zbiramo, in še pomembneje, kaj z njimi dejansko naredimo?

Sam bi zato izboljševanje vzdrževanja začel s procesom. Skupaj bi morali sodelovati proizvodnja, vzdrževanje in po potrebi tehnologija, kakovost ter druge funkcije ter narisati, kako vzdrževanje v podjetju dejansko poteka. Ne tako, kot je zapisano v proceduri, ampak tako, kot se dogaja vsak dan.

Takrat zelo hitro vidimo, kje čakamo, kje se informacije izgubljajo, kje delo podvajamo, kje imamo napačne prioritete, kje vzdrževalec opravlja nekaj, kar bi lahko opravil operater, in kje nimamo jasnega standarda. Predvsem pa začnemo videvati izgube, na katere smo se skozi leta že navadili.

Naslednji korak je vzpostavitev sistema celovitega produktivnega vzdrževanja – TPM. Ena njegovih pomembnih idej je zelo preprosta: za zanesljivost opreme ne more biti odgovoren samo oddelek vzdrževanja.

Operater je s strojem vsak dan. On prvi sliši nenavaden zvok, prvi opazi puščanje, vibracije, umazanijo, zrahljan vijak ali spremembo v delovanju. Zakaj bi čakali, da majhna nepravilnost preraste v okvaro?

Pri avtonomnem vzdrževanju zato ne govorimo o tem, da bi operater postal vzdrževalec. Gre za to, da prevzame odgovornost za osnovno stanje svoje opreme, za čiščenje, pregledovanje, določene osnovne aktivnosti in predvsem za zgodnje zaznavanje nepravilnosti. Dober operater ne zna samo upravljati stroja. Pozna njegovo normalno stanje in zna dovolj hitro prepoznati, ko nekaj ni več normalno.

Na drugi strani potrebujemo dobro načrtovano vzdrževanje. Tudi tukaj velja biti previden. Več preventivnega vzdrževanja ni avtomatično bolje. Če dele menjamo prepogosto, ustvarjamo nepotrebne materialne stroške, porabljamo čas in z vsakim posegom potencialno vnašamo tudi novo tveganje. Če jih menjamo prepozno, tvegamo odpoved. Cilj zato ni maksimalno, ampak optimalno vzdrževanje.

Pri tem moramo upoštevati kritičnost opreme, zgodovino odpovedi, čas med odpovedmi, čas popravil, stroške okvar ter posledice za proizvodnjo, kakovost, varnost, okolje in dobavo. Nekega stroja si preprosto ne moremo privoščiti izgubiti za nekaj ur, medtem ko odpoved druge naprave morda nima skoraj nobenega vpliva na proces. Logično je, da obeh ne vzdržujemo na enak način.

Veliko priložnosti se skriva tudi v ponavljajočih se okvarah. Če se isti problem stalno vrača, naš cilj ne bi smel biti samo, da ga naslednjič odpravimo še pet minut hitreje. Vprašati se moramo, zakaj se sploh vrača.

Ležaj je odpovedal. Zakaj? Ker ni bil pravilno mazan. Zakaj? Ker mazanje ni bilo izvedeno pravočasno. Zakaj? Ker odgovornost ni bila jasno določena. In tako pridemo do spoznanja, da naš problem morda sploh ni ležaj. Problem je sistem.

Tu postanejo metode, kot so ACF, 5 x zakaj, Ishikawa, A3 in druge metode analize vzrokov, bistveno pomembnejše od same hitrosti popravila. Seveda moramo stroj čim prej ponovno zagnati, vendar bi moralo po vsaki pomembnejši ali ponavljajoči se okvari slediti še drugo vprašanje: **Kaj bomo naredili, da se to ne bo več zgodilo?**

Morda pa je največja težava vseh potrat prav v tem, da se jih navadimo.

»Ta stroj se pač pogosto ustavlja.«

»Tukaj vedno malo pušča.«

»Ta senzor je problematičen.«

»Ob ponedeljkih imamo pri zagonu vedno težave.«

»Ta linija pač nikoli ne doseže plana.«

Ko takšne trditve poslušamo dovolj dolgo, postanejo del vsakdana. Izguba postane normalno stanje in je sploh ne zaznavamo več kot izgubo. To pa je nevarno, saj ne moremo odpraviti nečesa, česar ne vidimo.

Zato vzdrževanja nikoli nisem razumel zgolj kot stroškovno mesto. Dobro vzdrževanje ustvarja vrednost. Zagotavlja razpoložljivost opreme, stabilizira proizvodni proces, zmanjšuje izmet, podaljšuje življenjsko dobo sredstev, zmanjšuje nepotrebno porabo rezervnih delov, izboljšuje varnost in omogoča zanesljivejše planiranje. Posredno vpliva tudi na to, ali bomo kupcu naročilo dobavili pravočasno in v pričakovani kakovosti.

Če pogledamo dovolj široko, je vzdrževanje pravzaprav ena ključnih funkcij preprečevanja izgub v podjetju.

In tu se lahko vrnem k tisti enolončnici iz osnovne šole.

Takrat se mi je lekcija učiteljice verjetno zdela precej pretirana. Danes jo razumem drugače. Ni šlo samo za dve ali tri žlice enolončnice. Šlo je za odnos do tega, kar imamo na voljo. Enako velja v podjetju. Električna energija, material, rezervni deli, stroji, delovni čas in predvsem znanje ter čas ljudi niso neomejeni viri. Vsakič, ko preprečimo okvaro, odpravimo nepotrebno čakanje, podaljšamo življenjsko dobo komponente, zmanjšamo izmet, skrajšamo čas popravila ali preprečimo ponavljanje iste napake, smo preprečili, da bi zavrgli nekaj, kar bi lahko uporabili bolje.

In ko že govorimo o zavrženi hrani – morda bi lahko kdaj pogledali tudi v jedilnice naših podjetij. Koliko hrane vsak dan ostane na krožnikih in konča med odpadki? Pravzaprav nas nič ne stane, če kuharici povemo, da želimo nekoliko manjšo porcijo, ali če na pladenj ne vzamemo nečesa, za kar že vnaprej vemo, da ne bomo pojedli.

Morda se kultura odpravljanja izgub zato ne začne pri velikem TPM-projektu, novi programski rešitvi, senzorjih ali umetni inteligenci.

Začne se veliko prej. Pri našem odnosu do virov in pri sposobnosti, da potrato sploh opazimo.

Kajti tistega, česar ne potrebujemo, nam ni treba porabiti. Tistega, kar lahko preprečimo, nam ni treba popravljati. In tistega, kar že imamo, nam ni treba zavreči.



VZDRŽEVANJE DOMAČEGA BAZENA

Ob letošnji suhi pomladi, posebno pa ob suhem in vročem poletju, kar vsi čutimo, posebno rastlinje in kmetijstvo, sem vedno bolj prepričan, da je bila investicija v gradnjo bazena pri hiši pred petindvajsetimi leti zelo smiselna.

Postopek gradnje sem že predstavil in objavil, ta prispevek pa namenjam prikazu vzdrževanja bazena.

Bazen je okrogel, kovinski z notranjo plastiko, širine 5 m in globine 1.3 m, s fiksno kupolo. Ogradje kupole je izdelano iz nerjavnih cevi, prekrito s posebno prosojno, armirano, na UV-žarke odporno folijo, z vstopnimi vrati, malim oknom in z zračniki.



Slika 1: Zunanost bazena

V bazenu je približno 23 m³ vode, ima črpalko s filtrirno napravo s poliestrskimi kroglicami, ki so namesto filtrirnega peska. Naprava je nameščena v poglobljen prostor, pokrita s kovinskim pokrovom. Zraven je postavljena TČ, ki dogreva vodo, če je potrebno.



Slika 2: Črpalka s filtrirno napravo

Tako zgrajen in opremljen bazen različno služi vsem razmeram, saj se v njem ne nabirajo smeti, ker je pokrit in popolnoma zaprt, ko se ne kopamo, delno zadržuje tudi toploto. Voda v njem je zato vedno čista in neoporečna in je ne menjamo več let, kar je tudi ekološki prihranek.

Bazen ni namenjen za javno uporabo, uporabljamo ga le širši družinski člani, zato je vzdrževanje toliko lažje. Za vstop v bazen je potrebno obvezno tuširanje, za kar je ob bazenu poskrbljeno.

Za nego vode uporabljam posebne modre 20-gramske tablete, ki vsebujejo vse lastnosti za čistost in trajnost vode. Štiri tablete, dane v skimer bazena, zadostujejo za 10 dni. Zadeva ni nevarna, ker so tablete počasi topne in njihove sestavine pri kroženju vode počasi izhlapijo. Dokaz neoporečnosti je dejstvo, da nihče od kopalcev v vseh teh letih ni obolel zaradi



Slika 3: Tablete za nego vode

kopalne vode, vsak teden tudi merim pH-vrednost vode, ki mora biti okrog 7,3. Temperatura vode je najprimernejša med 25 in 28 stopinjami Celzija. Zaradi okrogle oblike in primerne globine je v bazenu možno tudi plavati.

Vsakdo si lahko predstavlja, kako prijetno se je v vročem soncu po lestvi povzpeti in spustiti v prijetno ohlajen, varen in čist bazen, ne pa se v dolgi koloni v razgretim avtu po polžje pomikati proti morju. Nekateri si ohladišče v vročih dneh iščejo tudi v javnih kopališčih, kjer so gneče zelo velike, vprašljivi pa sta tudi higiena in kvaliteta vode.



Slika 4: Manjša toplotna črpalka ogreva bazen

Kopalna sezona v našem bazenu traja od maja do oktobra, ko vodo spustim pod skimer, pospravim toplotno in obtočno črpalno s filtrom in cevmi. V bazenu ostane približno 20m³ vode, ki ji dodam 1 l tekočine za prezimovanje vode. Kupolo bazena dobro zaprem. Voda v bazenu lahko pozimi tudi zmrzne. Konec maja se kopalna sezona ob montaži instalacij in dilitju vode ponovno začne.

Ko je hišni bazen zgrajen in ima vso pripadajočo opremo, stroški vzdrževanja niso tako veliki, če se držimo pravil, higiene in reda. Vsem priporočam gradnjo.

32. TPVS

2027



RAZPIS ZA NAJ DIPLOMO IZ VZDRŽEVANJA

Študente višjih in visokih strokovnih šol ter njihove mentorje vabimo k sodelovanju v razpisu za Naj diplomsko delo, namenjeno spodbujanju strokovne odličnosti, inovativnih rešitev in trajnostnih pristopov na področju tehničnega izobraževanja in industrijske prakse. Razpis je namenjen diplomskim delom, ki obravnavajo enega ali več naslednjih vsebinskih sklopov:

- vzdrževanje strojev in naprav,
- obnova oziroma modernizacija obstoječe tehnologije,
- obvladovanje premoženja (asset management),
- uporaba zelene in energetske učinkovite tehnologije,
- ekološke izboljšave proizvodnih procesov in sistemov,
- zmanjševanje okoljskih vplivov v industriji,
- trajnostni pristopi v tehničnem upravljanju in vodenju proizvodnje.

Pogoji sodelovanja:

Na razpis se lahko prijavijo študenti, ki so v tekočem študijskem letu uspešno zagovarjali diplomsko delo na višji ali visokošolski ustanovi v Republiki Sloveniji. Delo mora biti strokovno relevantno, praktično uporabno ter povezano s cilji trajnostnega razvoja in tehnološkega napredka.

Za najboljša dela bodo avtorji prejeli **priznanja**, prvi trije dobijo brezplačno naročnino za revijo Vzdrževalec za eno leto, izbrani avtorji pa bodo imeli možnost javne predstavitve svojega projekta na strokovnem dogodku DVS 32. TPVS v Celju.

Prijava mora vsebovati:

- izpolnjen prijavitni obrazec,
- elektronsko verzijo diplomskega dela (PDF),
- povzetek diplomskega dela (do 1 strani),
- soglasje mentorja k prijavi.

Rok za oddajo:

Rok za oddajo prijav je **28. februar 2027**.

Strokovna komisija bo dela ocenjevala glede na:

- inovativnost in strokovno kakovost,
- uporabno vrednost za industrijo ali okolje,
- prispevek k trajnostnemu razvoju,
- jasnost in kakovost predstavitve rezultatov.

Prijave in dodatne informacije:

Prijave zbiramo na naslov:
tajnik@drustvo-dvs.si.

Veselimo se novih prispevkov in skupnega spodbujanja kakovosti, inovativnosti ter trajnostnega razvoja v tehniškem izobraževanju.

PRIJAVNI OBRAZEC

Razpis za NAJ DIPLOMSKO DELO

s področja vzdrževanja, obvladovanja premoženja (asset management), obnove strojev ali naprav, zelene tehnologije in ekoloških izboljšav proizvodnih sistemov

1. PODATKI O KANDIDATU

Ime in priimek:

Naslov stalnega prebivališča:

Poštna številka in kraj:

Telefon:

E-pošta:

2. PODATKI O IZOBRAŽEVALNI USTANOV

Naziv višje ali visokošolske ustanove:

Študijski program:

Letnik/generacija:

Datum zagovora diplomskega dela:

3. PODATKI O DIPLOMSKEM DELU

Naslov diplomskega dela:
.....

Mentor (-ica):

Ključna področja (označite ustrezno):

☐ vzdrževanje strojev in naprav

☐ obvladovanje premoženja (asset management)

☐ obnova oz. modernizacija opreme

☐ zelene/energetske učinkovite tehnologije

☐ ekološke izboljšave proizvodnih procesov

☐ trajnostni razvoj v industriji

☐ drugo:



4. POVZETEK DIPLOMSKEGA DELA*(kratek opis – največ 1 stran ali 2.000 znakov)***5. PRAKTIČNA UPORABNOST DELA**

Na kratko opišite, kako je diplomsko delo uporabno v praksi (v industriji, podjetjih, izobraževanju, lokalnem okolju ipd.).

6. PRILOGE OB PRIJAVI

K prijavi priložim:

- ☐ celotno diplomsko delo v elektronski obliki (PDF)
- ☐ povzetek diplomskega dela (ločena priloga)
- ☐ soglasje mentorja k prijavi

7. IZJAVA KANDIDATA

S podpisom izjavljam, da:

- prijavljeno diplomsko delo predstavlja moje avtorsko delo,
- dovoljujem uporabo povzetkov in predstavitev za promocijo razpisa in strokovne dejavnosti,
- soglašam z obdelavo osebnih podatkov za namen izvedbe razpisa »Naj diplomsko delo« v skladu z veljavno zakonodajo.

Kraj in datum:

Podpis kandidata:

8. SOGLASJE MENTORJA

Spodaj podpisani mentor/mentorica potrjujem, da soglašam s prijavo navedenega diplomskega dela na razpis »Naj diplomsko delo«.

Ime in priimek mentorja:

Ustanova:

Podpis mentorja:

Datum:



Manj energije. Več prihrankov.

Zakaj so kompresorji Kaishan prava izbira za energetske učinkovito proizvodnjo?



V času naraščajočih cen električne energije postaja energetska učinkovitost eden ključnih dejavnikov pri izbiri kompresorske opreme. Mnogi uporabniki se pri nakupu osredotočijo predvsem na investicijsko vrednost, vendar ta predstavlja le manjši del celotnega stroška življenjske dobe kompresorja. Večino stroškov v naslednjih letih predstavlja električna energija.

Prav zato je Kaishan razvil novo generacijo energetske učinkovitih kompresorjev, ki omogočajo nižje stroške obratovanja, večjo produktivnost in hitrejšo povrnitev investicije.

KRSC – energetske učinkovita rešitev za delavnice in manjša podjetja

Za manjše proizvodnje, obrtne delavnice in servisne dejavnosti Kaishan predstavlja serijo vijačnih kompresorjev KRSC. Gre za sodobne, kompaktne kompresorje s frekvenčno regulacijo, zasnovane za uporabnike, ki potrebujejo zanesljivo oskrbo s stisnjenim zrakom ob čim nižjih stroških energije.

Prednosti serije KRSC:

- ✓ Visoka energetska učinkovitost
- ✓ Kompaktna zasnova
- ✓ Nizka raven hrupa
- ✓ Enostavno vzdrževanje
- ✓ Dolga življenjska doba

KRSC linija je idealna izbira za delavnice, avtoservise, lesarska podjetja, kovinskopredelovalne obrate in manjše proizvodne procese, kjer je pomembna vsakodnevna zanesljivost ob minimalni porabi energije.



Konkretni prihranki

Že 10 % nižja povprečna poraba električne energije pri 15 kW kompresorju in 4.000 urah delovanja pomeni približno 6.000 kWh manj letno.

Manj porabljene energije = nižji stroški = večja konkurenčnost.

Investicija, ki ustvarja prihranke

Energetsko učinkovit kompresor ni zgolj nakup opreme. Gre za dolgoročno investicijo v nižje obratovalne stroške, večjo konkurenčnost podjetja in bolj trajnostno proizvodnjo.

RETHINKING ENERGY

WITHOUT SACRIFICING PRODUCTIVITY

Lower carbon footprint.
Meet sustainability targets.
Improve system performance.



PMV2 – ko je cilj največja energetska učinkovitost

Za zahtevnejše industrijske uporabnike Kaishan ponuja serijo PMV2 – dvostopenjske vijačne kompresorje z neposrednim pogonom in elektromotorji najvišjega energijskega razreda IE5. To so kompresorji, namenjeni podjetjem, ki želijo dolgoročno zmanjšati stroške proizvodnje in optimizirati porabo energije.

Kaj pomeni dvostopenjski vijačni blok?

Pri običajnem kompresorju se zrak stisne v enem koraku. V kompresorju PMV2 poteka komprimiranje v dveh stopnjah. Najprej se zrak delno stisne v prvi stopnji, nato se ohladi in ponovno stisne v drugi stopnji. Takšen proces zahteva manj energije za doseganje enake količine stisnjenega zraka.

Rezultat so:

- ✓ najvišji izkoristek
- ✓ nižja poraba električne energije
- ✓ manjša obremenitev komponent
- ✓ nižje delovne temperature
- ✓ daljša življenjska doba kompresorja

V primerjavi s klasičnimi enostopenjskimi sistemi lahko uporabniki dosežejo občutne prihranke energije skozi celotno življenjsko dobo opreme.

Elektromotor IE5 – najvišji razred učinkovitosti

PMV2 uporablja sodobne sinhronske motorje s permanentnimi magneti razreda IE5, kar pomeni manjše izgube električne energije, višji izkoristek pri vseh obremenitvah, manj segrevanja in zanesljivo delovanje tudi pri spremenljivih obremenitvah.

special steel & compressed air solutions
PROCHROM
COMP d.o.o. BLED

Šobčeva cesta 12b,
4248 Lesce
04 53 78 210
www.kompresorji.net



POROČILO O KONFERENCI MEDITMAINT 2026 V ROVINJU

Med **18. in 21. majem 2026** je v **hotelu Lone v Rovinju na Hrvaškem** potekala **31. mednarodna in mediteranska konferenca MeditMaint 2026**, namenjena področjem **vzdrževanja, obvladovanja premoženja, inženirstva in uporabnih znanosti**. Dogodek je organiziralo **Hrvaško društvo održavatelja – HDO** v sodelovanju z evropskimi in strokovnimi organizacijami s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja. (hdo.hr)

Konferenca MeditMaint je bila zasnovana kot strokovno srečanje vzdrževalcev, upravljalcev premoženja, raziskovalcev, profesorjev, inženirjev, ponudnikov opreme in drugih strokovnjakov, ki delujejo na področju vzdrževanja in obvladovanja premoženja. Namen dogodka je bil izmenjava znanja, predstavitev sodobnih tehnologij, povezovanje industrije z raziskovalno sfero ter oblikovanje novih poslovnih in strokovnih sodelovanj. (hdo.hr)

Osrednje vsebine konference so bile povezane z razvojem sodobnega vzdrževanja, digitalizacijo, zanesljivostjo opreme, trajnostjo, upravljanjem fizičnega premoženja, preventivnim in prediktivnim vzdrževanjem ter uporabo novih tehnologij v industriji. Poseben poudarek je bil namenjen prihodnosti vzdrževanja in obvladovanja premoženja ter vlogi strokovnjakov pri zagotavljanju varnega, učinkovitega in trajnostnega delovanja tehničnih sistemov.



Slika 1: Predsednik HDO Drago Frković s slovensko delegacijo V. Lovrenčičem, V. Jemcem in D. Cafuto

V okviru konference je potekala tudi razstava, na kateri so imeli ponudniki opreme, tehnologij in storitev možnost predstaviti svoje rešitve strokovni javnosti. Organizatorji so razstavo izpostavili kot osrednji prostor povezovanja znanosti in industrije ter kot priložnost za demonstracijo novih izdelkov, tehnologij in storitev s področja vzdrževanja in obvladovanja premoženja.



Slika 2: Na razstavnem mestu slovenske firme Instro d. o. o.

Na dogodku so sodelovala tudi **slovenska podjetja**, ki so s svojo prisotnostjo predstavila znanje, rešitve in izkušnje slovenskega gospodarstva na področju tehnične diagnostike, vzdrževanja, meritev, industrijske opreme in obvladovanja premoženja. Med slovenskimi podjetji, ki so bila povezana z razstavnim delom oziroma predstavitvami na dogodku, je treba omeniti predvsem podjetja s področij merilne tehnike, diagnostike, industrijskega vzdrževanja, avtomatizacije in tehničnega svetovanja (Instro in RBT).



Slika 3: Člani slovenske firme RBT s predsednikom dr. Viktorjem Lovrenčičem



POROČILO O 17. INDUSTRIJSKEM FORUMU IRT 2026 V PORTOROŽU

V Portorožu je 8. in 9. junija 2026 v kongresnem centru Portus v Hotelu Slovenija potekal **17. Industrijski forum IRT – Forum inovacij, razvoja in tehnologij**. Dogodek je združil predstavnike slovenske industrije, razvojne inženirje, raziskovalce, izobraževalne ustanove, podjetnike in ponudnike tehnoloških rešitev.

Forum IRT je bil namenjen predstavitvi razvojnih projektov, inovacij in tehnoloških rešitev, ki prispevajo k razvoju slovenske industrije. Osrednje teme so bile sodobne proizvodne tehnologije, digitalizacija, avtomatizacija, trajnostni razvoj, energetska učinkovitost in konkurenčnost industrijskih podjetij.

Dogodek je vključeval strokovna predavanja, predstavitve, razstavni prostor, mreženje udeležencev, aktualne razprave ter tradicionalno podelitev priznanja **TARAS**, ki nagraduje uspešno sodelovanje med industrijo in znanstveno-raziskovalnim okoljem.



Slika 1: Vodja Foruma IRT Darko Švetak, drugi z leve, s člani DVS

Priznanje **TARAS 2026** sta prejela **Danfoss Trata** in **Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani** za projekt **COOL Train**. Projekt predstavlja pomembno rešitev na področju regulacije hlajenja procesorjev v podatkovnih centrih, kjer so zaradi naraščajočih potreb po računalniški moči potrebni učinkoviti, zanesljivi in energetske optimizirani sistemi hlajenja.

Pri projektu **COOL Train** je kot član ekipe Fakultete za strojništvo Univerze v Ljubljani sodeloval tudi **izr. prof. dr. Franc Majdič**, član DVS. Njegovo sodelovanje poudarja pomen strokovnega znanja, raziskovalnega dela in prenosa univerzitetnega znanja v industrijsko prakso.

Podelitev priznanja projektu **COOL Train** je izpostavila pomen povezovanja podjetij, fakultet in raziskovalnih organizacij pri razvoju uporabnih industrijskih rešitev.

17. Industrijski forum IRT 2026 je tako ponovno potrdil, da so inovacije, razvoj, sodelovanje in prenos znanja ključni dejavniki uspeha slovenske industrije.



Slika 2: Predstavnika Danfoss Trata in izr. prof. dr. Franc Majdič



POROČILO O IZVEDBI USPOSABLJANJA ZA CERTIFIKAT AAMC V PODJETJU V MEDVODAH

V podjetju DimasPro v **Medvodah** je bilo izvedeno strokovno usposabljanje za pridobitev certifikata **AAMC**. Usposabljanje je vodil predavatelj **Janez Tomažin**, strokovnjak s področja vzdrževanja, obvladovanja premoženja in organizacije vzdrževalnih procesov in tudi predsednik odbora EAMC (European Asset Management Committee) pri EFNMS. Namen usposabljanja je bil udeležencem predstaviti ključna znanja, metode in pristope, ki so potrebni za učinkovito izvajanje sodobnega vzdrževanja ter obvladovanja sredstev v podjetju. Certifikat **AAMC** potrjuje usposobljenost posameznikov za razumevanje in uporabo načel celovitega obvladovanja premoženja, načrtovanja vzdrževanja, spremljanja zanesljivosti opreme ter izboljševanja učinkovitosti tehničnih sistemov.

V uvodnem delu je predavatelj Janez Tomažin predstavil pomen sodobnega obvladovanja premoženja in vzdrževanja v industrijskih podjetjih. Poudaril je, da vzdrževanje danes ni več zgolj odpravljanje okvar, temveč pomembna poslovna funkcija, ki vpliva na zanesljivost proizvodnje, varnost zaposlenih, kakovost izdelkov, energetska učinkovitost in stroške poslovanja.

Izobraževanja AAMC so se udeležili Simeon Vogrinec in Tomaž Pavlič (Cankarjev dom, Kulturni in kongresni center), Tomaž Pavlič (Luka Koper) in Viktor Jemec (DVS).



Slika 1: Predavatelj Janez Tomažin, predsednik odbora EAMC v EFNMS

Usposabljanje je zajemalo več vsebinskih sklopov. Udeleženci so se seznanili z osnovnimi načeli **Asset Managementa**, pomenom življenjskega cikla sredstev, vlogo vzdrževalnih strategij ter povezavo med poslovnimi cilji podjetja in tehničnim upravljanjem opreme. Poseben poudarek je bil namenjen načrtovanju vzdrževanja, preventivnemu in prediktivnemu vzdrževanju, analizi tveganj, zanesljivosti opreme ter spremljanju kazalnikov uspešnosti.

Predavatelj je predstavil tudi pomen sistematičnega zbiranja in analiziranja podatkov o opremi, okvarah, posegih in stroških vzdrževanja. Udeleženci so spoznali, kako lahko kakovostni podatki pomagajo pri sprejemanju boljših odločitev, optimi-

zaciji vzdrževalnih aktivnosti in zmanjšanju nenačrtovanih zastojev.

Pomemben del usposabljanja je bil namenjen tudi vlogi zaposlenih, organizaciji vzdrževalnih ekip ter sodelovanju med proizvodnjo, vzdrževanjem, vodstvom in drugimi službami v podjetju. Janez Tomažin je poudaril, da uspešno upravljanje premoženja zahteva jasno določene odgovornosti, ustrezno komunikacijo in podporo vodstva.

Usposabljanje je bilo naravnano praktično, saj so bile vsebine predstavljene na primerih iz prakse. Udeleženci so lahko pridobljeno znanje povezali z izzivi, s katerimi se srečujejo pri vsakodnevnem delu v proizvodnem in tehničnem okolju.



Slika 2: Prejemniki certifikata s predavateljem

Pridobljena znanja bodo podjetju pomagala pri bolj sistematičnem načrtovanju vzdrževalnih aktivnosti, izboljšanju zanesljivosti opreme, zmanjševanju stroškov in večji učinkovitosti poslovanja.

S predavanjem Janeza Tomažina so udeleženci pridobili celovit vpogled v sodobne pristope k vzdrževanju in obvladovanju premoženja ter podlago za nadaljnji razvoj kompetenc na področju Asset Managementa.



PREDSTAVITEV NA PODJETNIŠKEM ZAJTRKU OOOZ LJUBLJANA VIČ

Na podjetniškem zajtrku OOOZ Ljubljana Vič je svojo dejavnost predstavil **Jovan Jovanović, univ. dipl. inž. el.**, direktor podjetja **INSTRO, d. o. o.**, Preglov trg 11, 1000 Ljubljana.

Predstavitev je bila namenjena predstavitvi sodobnih pristopov na področju **tehnične diagnostike, spremljanja stanja strojev** in **prediktivnega (napovednega) vzdrževanja**. Jovan Jovanović je udeležencem predstavil, kako lahko podjetja z uporabo sodobnih merilnih metod pravočasno odkrijejo napake na strojih, preprečijo večje okvare ter zmanjšajo stroške vzdrževanja.

Osrednja tema predstavitve je bila:

Sodobna tehnična diagnostika in umetna inteligenca – kako pravočasno odkriti težave na strojih ter zmanjšati stroške vzdrževanja.

V uvodu je direktor predstavil dejavnost podjetja **INSTRO, d. o. o.**, ki se poleg meritev sevanja intenzivno ukvarja tudi s tehnično diagnostiko, spremljanjem stanja strojev oziroma **Condition Monitoringom** ter prediktivnim vzdrževanjem. Poudaril je, da so to področja, ki so zelo uporabna tako za proizvodna podjetja kot tudi za obrtnike in servisne dejavnosti.

V nadaljevanju je na praktičnih primerih predstavil več ključnih področij dela podjetja. Med drugim je prikazal pomen **analize vibracij**, ki omogoča zgodnje odkrivanje napak na strojih in napravah. Udeleženci so se seznanili tudi z možnostmi **ultrazvočnega odkrivanja puščanja stisnjenega zraka, plinov in vakuuma**, kar lahko pomembno prispeva k zmanjšanju energetske izgube in stroškov obratovanja.



Slika 1: Jovan pri predstavitvi merjenja vibracij (foto: Jemec)

Posebno pozornost je namenil tudi **ultrazvočnemu spremljanju stanja mazanja ležajev**, saj pravilno mazanje pomembno vpliva na življenjsko dobo strojev in zanesljivost proizvodnih procesov. Predstavljena je bila tudi uporaba sodobne **senzorike za spremljanje stanja opreme**, ki

omogoča stalni nadzor nad delovanjem strojev in pravočasno ukrepanje ob zaznanih odstopanjih.

Pomemben del predstavitve je bil namenjen tudi vlogi **umetne inteligence** v tehnični diagnostiki. Jovan Jovanović je predstavil, kako umetna inteligenca že danes pomaga diagnostikom pri analizi podatkov, prepoznavanju vzorcev, hitrejšem sprejemanju odločitev in učinkovitejšem načrtovanju vzdrževalnih aktivnosti.



Slika 2: Udeleženci so z zanimanjem spremljali praktične predstavitve (foto: Grabnar)

Predavanje je bilo naravnano praktično, saj je vključevalo tudi demonstracijo merilne opreme in primere iz prakse. Tako so udeleženci dobili jasen vpogled v uporabnost tehnične diagnostike v vsakodnevnem poslovanju podjetij.

Predstavitev je pokazala, da lahko sodobna tehnična diagnostika, ob podpori umetne inteligence in napredne merilne opreme, pomembno prispeva k večji zanesljivosti strojev, zmanjšanju nenačrtovanih zastojev, optimizaciji vzdrževanja ter nižjim stroškom poslovanja.

Jovan Jovanović je s predstavitvijo dejavnosti podjetja **INSTRO, d. o. o.** udeležencem približal področje, ki postaja vse pomembnejše za konkurenčnost, varnost in učinkovitost sodobnih podjetij. Mogoče bi tudi na DVS poskusili z vzdrževalskimi zajtrki.

Instro d.o.o.

Vaš partner v tehnični diagnostiki:

Merjenje in analiza vibracij in Laserska poravnava strojev



Brezžična vibro diagnostika



Mazanje ležaja s pomočjo ultrazvoka



Kontakt za več informacij: Instro d.o.o., info@instro.si, 040 243 755

Celjski sejem

MIS | Mednarodni industrijski sejem

20.-23. APRIL 2027 | Celjski sejem

PRIHODNOST PROIZVODNJE

KLJUČNA RAZSTAVNA PODROČJA



orodjarstvo in
strojgradnja



industrija
polimerov



napredni
materiali
(kovine, kompoziti)



robotika in
elektronika



industrijska
avtomatizacija



CNC tehnologije
ter CAD/CAM
sistemi



Soustvarjajte **prihodnost**
industrije z nami



Celjski sejem



20.-23. april 2027



POSTANITE
RAZSTAVLJAVEC

ALI VAŠ KOMPRESOR PORABI PREVEČ ENERGIJE?

Če je vaš kompresor starejši od 7 - 10 let, pogosto deluje z delno obremenitvijo ali pa je vaša proizvodnja skozi leta povečala porabo zraka, je pravi čas za **analizo kompresorske postaje**.

POMAGAMO VAM UGOTOVITI:



koliko energije danes porabite za proizvodnjo stisnjenega zraka,



kje nastajajo izgube,



ali je obstoječi kompresor pravilno dimenzioniran,



koliko lahko prihranite z učinkovitejšim kompresorjem,



katera rešitev je primerna za vaše proizvodne potrebe.



ENGINEERING THE FUTURE.



ZANESLJIVOST



UČINKOVITOST



DOLGA
ŽIVLJENJSKA DOBA



5 - LETNA GARANCIJA

Oprema za komprimiran zrak — Svetovanje — Servis — Rezervni deli



special steel & compressed air solutions
PROCHROM
COMP d.o.o. BLED

Tel.: +386 (0) 4 537 82 10

E-mail: info@prochrom-comp.si

Web: www.kompresorji.net