



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

Benjamin
Urh

UREDNIKA

Matjaž
Maletič



RAZISKOVALNI TRENDI IN TRAJNOSTNE REŠITVE V INŽENIRINGU

poslovnih sistemov



Univerza v Mariboru

Fakulteta za organizacijske vede

Raziskovalni trendi in trajnostne rešitve v inženiringu poslovnih sistemov

Urednika

Benjamin Urh

Matjaž Maletič

Januar 2024

| | |
|---------------------------|---|
| Naslov | Raziskovalni trendi in trajnostne rešitve v inženiringu poslovnih sistemov |
| <i>Title</i> | <i>Research trends and sustainable solutions in enterprise engineering</i> |
| Urednika | Benjamin Urh |
| <i>Editors</i> | (Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede) |
| | Matjaž Maletič |
| | (Univerza v Mariboru; Fakulteta za organizacijske vede) |
| Recenzija | Andrej Kohont |
| <i>Review</i> | (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede) |
| | Aleksander Janeš |
| | (Univerza na Primorskem, Fakulteta za Management) |
| Lektoriranje | Tatjana Koropec |
| <i>Language editing</i> | |
| Tehnična urednika | Marina Bajić |
| <i>Technical editors</i> | (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba) |
| | Jan Perša |
| | (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba) |
| Oblikovanje ovitka | Jan Perša |
| <i>Cover designer</i> | (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba) |
| Grafične priloge | Viri so lastni, razen če ni navedeno drugače. |
| <i>Graphic material</i> | Avtorji prispevkov in Urh, Maletič (urednika), 2024 |
| Grafika na ovitku | Technology, avtor: tungnguyen0905, pixabay.com, 2022 |
| <i>Cover graphics</i> | |
| Založnik | Univerza v Mariboru |
| <i>Published by</i> | Univerzitetna založba |
| | Slomškovo trg 15, 2000 Maribor, Slovenija |
| | https://press.um.si , zalozba@um.si |
| Izdajatelj | Univerza v Mariboru |
| <i>Issued by</i> | Fakulteta za organizacijske vede |
| | Kidričeva cesta 55 A, 4000 Kranj, Slovenija |
| | https://fov.um.si/sl |
| Izdaja | Prva izdaja |
| <i>Edition</i> | |
| Vrsta publikacije | E-knjiga |
| <i>Publication type</i> | |
| Dostopno na | http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/835 |
| <i>Available at</i> | |
| Izdano | Maribor, januar 2024 |
| <i>Published at</i> | |



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ University of Maribor, University Press

Besedilo / *Text* © avtorji in Urh, Maletič, 2024

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.*

Licenca dovoli uporabnikom reproduciranje, distribuiranje, dajanje v najem, javno priobčitev in predelavo avtorskega dela, če navedejo avtorja in širijo avtorsko delo/predelavo naprej pod istimi pogoji. Za nova dela, ki bodo nastala s predelavo, bo tako tudi dovoljena komercialna uporaba. Od BY NC SA licence se ta razlikuje samo v tem, da je tu dovoljena tudi komercialna uporaba dela/predelave.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Javna agencija za znanstvenoraziskovalno
in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije

**Publikacijo je sofinancirala Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko
dejavnost Republike Slovenije.**

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

331.1:502.131.1(082) (0.034.2)

RAZISKOVALNI trendi in trajnostne rešitve v inženiringu poslovnih sistemov
[Elektronski vir] / urednika Benjamin Urh, Matjaž Maletič. - 1. izd. - E-knjiga.
- Maribor : Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, 2024

Način dostopa (URL) : <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/835>

ISBN 978-961-286-821-5 (Pdf)

doi: 10.18690/um.fov.2.2024

COBISS.SI-ID 181079043

ISBN 978-961-286-821-5 (pdf)
978-961-286-822-2 (trda vezava)

DOI <https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024>

Cena Brezplačni izvod
Price

Odgovorna oseba založnika prof. dr. Zdravko Kačič,
For publisher rektor Univerze v Mariboru

Citiranje Urh, B., Maletič, M. (ur.). (2024). *Raziskovalni trendi in trajnostne*
Attribution *rešitve v inženiringu poslovnih sistemov*. Univerza v Mariboru,
Univerzitetna založba. doi: 10.18690/um.fov.2.2024

Kazalo

| | | |
|---|---|-----|
| | Uvodnik <i>Introduction</i> Benjamin Urh, Matjaž Maletič | 1 |
| 1 | Sistemi in standardi za obvladovanje inoviranja v organizaciji: izzivi in rešitve za ustvarjanje trajnostne prihodnosti <i>Innovation Management Systems and Standards: Challenges and Solutions for Creating a Sustainable Future for Business</i> Matjaž Maletič, Nenad Vladić, Damjan Maletič | 7 |
| 2 | Izzivi pri optimiranju funkcije vzdrževanja <i>Challenges in Maintenance Function Optimization</i> Alenka Brezavšček, Damjan Maletič | 39 |
| 3 | Vključevanje ergonomije v trajnostni razvoj organizacije <i>Integration of Ergonomics in the Sustainable Development of the Organization</i> Tilen Medved, Zvone Balantič | 65 |
| 4 | Model obvladovanja tveganj za utrjevanje vrednot ergonomskih načel v proaktivni ergonomiji <i>A Risk Management Model to Reinforce the Values of Ergonomic Principles in Proactive Ergonomic</i> Zvone Balantič, Branka Jarc Kovačič, Tilen Medved | 85 |
| 5 | Modeliranje in integracija trajnostne oskrbovalne verige v industrijo <i>Modelling and Integration of Sustainable Supply Chains in Industry</i> Dušan Mežnar, Štefan Žun | 111 |
| 6 | Analiza dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov <i>Analysis of Efficiency and Effectiveness Factors of Business Process Management</i> Eva Krhač Andrašec, Tomaž Kern, Benjamin Urh | 133 |
| 7 | Oblikovanje sistema merjenja učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov <i>Development of a System for Measuring the Performance of Business Processes</i> Benjamin Urh, Eva Krhač Andrašec, Tomaž Kern | 163 |

| | | |
|----|--|-----|
| 8 | Prag rentabilnosti organizacijskih sprememb <i>The Profitability Threshold of Organizational Changes</i> Tomaž Kern, Benjamin Urh, Eva Krhač Andrašec | 185 |
| 9 | Izzivi oskrbovalnih verig strateških materialov za proizvodnjo električnih vozil <i>The Challenges of Supply Chains for Strategic Materials for Electric Vehicle Production</i> Marjan Senegačnik, Dušan Mežnar | 207 |
| 10 | Vrednotenje trajnostnega razvoja v industrijskem okolju <i>Evaluation of Sustainable Development in the Industrial Environment</i> Štefan Žun, Dušan Mežnar | 233 |
| | O avtorjih <i>About the Authors</i> | 275 |

Uvodnik

BENJAMIN URH, MATJAŽ MALETIČ

V današnjem viharnem poslovnem okolju hitrih in neprestanih sprememb so se poslovni sistemi, v želji po uspešnem poslovanju, prisiljeni prilagajati novo nastalim razmeram. Učinkovitost in uspešnost odziva managerjev v tovrstnih razmerah je v veliki meri odvisna od poznavanja ustreznih pristopov, metod in tehnik, ki vodijo k izbiri ustreznih ukrepov, ki bodo pripeljali do zelenih odzivov in prilagoditev. Poleg izbire ustreznega ukrepa je za ohranjanje tržnega položaja in konkurenčnosti poslovnega sistema pomembna tudi sposobnost čim hitrejšega odziva na spremembe.

Monografija temelji na predpostavki, da obstajajo dobri poslovni razlogi za uresničevanje trajnostnih ciljev. S tem namenom, na podlagi izbranih pristopov inženiringa poslovnih sistemov, želimo izpostaviti nekatere ključne organizacijske procese, metode, tehnike in pristope, ki so potrebni za odkrivanje in razvijanje teh priložnosti - in za njihovo uresničevanje.

V pričujoči znanstveni monografiji s posameznimi poglavji želijo avtorji predstaviti in prikazati sisteme, modele in pristope obvladovanja poslovnih sistemov. Predlogi temeljijo na obvladovanju poslovnih procesov in želji po oblikovanju trajnostno učinkovitega, uspešnega in stabilnega poslovnega okolja.

V uvodnem poglavju se Matjaž Maletič, Nenad Vladić in Damjan Maletič osredotočijo na obravnavo standardizacije sistemov menedžmenta, s poudarkom na področju inovativnosti. Uvodoma opredelijo vidik standardizacije in nadaljujejo s predstavitvijo pojmovanja in razsežnostjo inovativnosti, inovacijske sposobnosti ter standardizacije in menedžmenta inoviranja. V osrednjem delu se osredotočijo na predstavitev elementov standarda SIST EN ISO 56002:2021, ki spodbuja inovativnost organizacije preko vzpostavitve ustreznega sistema menedžmenta. Ter v zaključnem delu podajo svoja opažanja o razdrobljenosti v različnih razsežnostih obravnavane tematike.

V poglavjih, ki sledijo, se avtorji osredotočijo na predstavitev vidikov trajnostnih rešitev, na katere se osredotočajo v svojem raziskovalnem delu. Drugo poglavje tako Alenka Brezavšček in Damjan Maletič namenita predstavitvi izzivov pri optimiranju funkcije vzdrževanja. Na začetku podata pomen funkcije vzdrževanja za učinkovito in ekonomično poslovanje organizacije in predstavita osnove različnih modelov vzdrževanja. Nadaljujeta s predstavitvijo strategij izvajanja vzdrževanja, razsežnostjo ključnih skupin potrebnih virov za vzdrževanje in področja vodenja stroškov vzdrževanja. Na podlagi pregleda predhodnih raziskav s tega področja nato predstavita priložnosti za optimiranje vzdrževanja v praksi skozi vidik splošnega pristopa k formulaciji matematičnega modela vzdrževanja in skozi vidik namenskih programskih paketov za upravljanje vzdrževanja. V zaključnem delu poudarita pomen upravljanja funkcije vzdrževanja v obvladovanju premoženja in ciljev organizacije.

V nadaljevanju, v tretjem poglavju, se Tilen Medved in Zvone Balantič osredotočita na celovito predstavitev vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacije. Uvodoma predstavita področje ergonomije in trajnostnega razvoja ter njuno prepletenost v smislu trajnostnega razvoja. V nadaljevanju predstavita pozitivne lastnosti vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacij, podobnost in interakcije področji. Opozorita na možnosti neskladij med ergonomijo in trajnostnim razvojem zaradi različnih poslovnih omejitev ali ovir. Na podlagi pregleda dobrih praks zaključita z oblikovanjem modela vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacij.

V četrtem poglavju Zvone Balantič, Branka Jarc Kovačič in Tilen Medved predstavijo model obvladovanja tveganj za utrjevanje vrednot ergonomskih načel v proaktivni ergonomiji. Poglavje začnejo s kratko predstavitvijo razvoja znanstvenega področja ergonomije, področja, ki ga proučuje, in vloge ergonomije pri učinkovitem in uspešnem poslovanju organizacijskega sistema. Poudarijo interdisciplinarnost metodoloških izhodišč v ergonomiji ter različne vidike obvladovanja ergonomije. Nadaljujejo s predstavitvijo ergonomske analize različnih dejavnikov tveganj na delovnem mestu, ter zaključijo z razpravo o pomenu proaktivne ergonomije tako z vidika obvladovanja dejavnikov tveganj na delovnih mestih kakor tudi z vidika managementa posamezne poslovne enote.

Dušan Mežnar in Štefan Žun peto poglavje namenita predstavitvi pristopa k modeliranju trajnostne oskrbovalne verige in integraciji modela trajnostnih praks v oskrbovalno verigo v industriji. Uvodoma predstavita korake procesa vključevanja trajnostnih praks v oskrbovalno verigo in s tem povezane izzive, tveganja, učinke in nekatere vidike njene implementacije. Nadaljujeta s predstavitvijo korakov priprave modela trajnostne oskrbovalne verige in modela njene implementacije. V zaključnem delu podata dejavnike, ki imajo pomemben vpliv na uspešnost integracije trajnostne oskrbovalne verige, in korake spremljanja njene učinkovitosti vključevanja v industrijo.

Nadaljujejo Eva Krhač Andrašec, Tomaž Kern in Benjamin Urh, ki se osredotočijo na ugotavljanje ključnih dejavnikov za učinkovito in uspešno obvladovanje poslovnih procesov. V prvem delu predstavijo teoretični vidik dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov in tudi pristopov k izboljševanju poslovnih procesov. V nadaljevanju pa preko rezultatov različnih statističnih analiz opravljenih raziskav ugotavljajo, kateri dejavniki imajo največji vpliv. Na podlagi opravljenih analiz v več primerih potrdijo skladnost v pomembnosti posameznih dejavnikov, tako za učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, kakor tudi za učinkovitost in uspešnost pristopov k izboljševanju poslovnih procesov.

Benjamin Urh, Eva Krhač Andrašec in Tomaž Kern v sedmem poglavju predstavijo področje vzpostavitve sistemov merjenja učinkovitosti in uspešnosti izvajanja procesov v poslovnem sistemu. Izhajajo iz potrebe po obvladovanju poslovanja poslovnega sistema in izoblikovanih pristopov k merjenju učinkovitosti in

uspešnosti le-teh. V nadaljevanju se osredotočijo na pristop "Sistema merjenja učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov". Predstavijo pomen izbire in oblikovanja glede na strategijo poslovnega sistema procesno usmerjenih skupin "dimenzij" indikatorjev (kvantitativnih in kvalitativnih podatkov) za obvladovanje učinkovitosti in uspešnosti procesov, ter predstavijo metodologijo razvoja poslovnemu sistemu prilagojenega merilnega sistema učinkovitosti in uspešnosti procesov.

Nadaljujejo Tomaž Kern, Benjamin Urh in Eva Krhač Andrašec, ki osmo poglavje namenijo ugotavljanju praga rentabilnosti organizacijskih sprememb. V uvodnem delu predstavijo izzive, na katere naletijo vodilni poslovnih sistemov, ko se odločajo o organizacijskih spremembah. Nadaljujejo s predstavitvijo ustrezno oblikovane zasnove in priprave plana projekta izvedbe organizacijske spremembe, ki vključuje tudi ustrezno oblikovan sistem ovrednotenja organizacijskih sprememb in se tako lahko zaključi z izračunom rentabilnosti uvedenih organizacijskih sprememb. Zaključijo z izpostavitvijo pogojev za uporabo predstavljene metode in možnosti dopolnitve le-te z vključitvijo umetne inteligence.

V devetem poglavju avtorja Marjan Senegačnik in Dušan Mežnar predstavita izzive oskrbovalnih verig proizvodnje električnih vozil. Izzive in z njimi povezana tveganja predstavita skozi vidik zagotavljanja strateških materialov kot so litij, kobalt in redke zemeljske kovine. Nadaljujeta z nekoliko podrobnejšo predstavitvijo nekaterih tehnoloških, strateških in okoljskih vidikov litija, kobalta in kovin iz skupine redkih zemljin. V zaključnem delu podata izoblikovane strategije za izboljšanje stanja in reševanje izzivov pri zagotavljanju strateških materialov za proizvodnjo električnih vozil.

Za zaključek se Štefan Žun in Dušan Mežnar, v desetem poglavju, osredotočita na doseganje ciljev razvoja trajnostne proizvodnje na področju učinkovitega obvladovanja snovnih in energijskih tokov v procesih odrezavanja. Začneta s predstavitvijo načel trajnostne proizvodnje, njihovih lastnosti in kazalcev. Nadaljujeta z vidikom trajnostne proizvodnje v kovinsko predelovalni industriji ter nato preideta na okoljske vidike in varčevanje z viri pri obdelavi z odrezavanjem. V zaključnem delu predstavita rezultate trajnostnih pristopov k postopkom odrezavanja na primeru zlitine Inconel 718, z vidika obremenjevanja okolja in povzročenih stroškov.

Z naraščajočo občutljivostjo za družbena in okoljska vprašanja in skrbi delničarjev si organizacije vse bolj prizadevajo za doseganje ciljev trajnostnega razvoja. Vodstva organizacij se zavedajo, da dolgoročna gospodarska rast ni mogoča, če le-ta ni družbeno in okoljsko trajnostna. Ravnotežje med gospodarskim napredkom, družbeno odgovornostjo in varstvom okolja lahko nenazadnje privede do konkurenčne prednosti. V ta namen monografija pojasnjuje, kaj lahko organizacije storijo za doseganje trajnosti, še zlasti skozi prizmo izbranih pristopov inženiringa poslovnih sistemov. Uporabna je tako za tiste, ki se šele spoznavajo s trajnostno naravnanimi pristopi inženiringa poslovnih sistemov, kot tudi za vse tiste, ki si že nekaj časa prizadevajo za trajnost, vendar se sprašujejo, kaj še lahko storijo. Monografija je lahko v pomoč tudi študentom in raziskovalcem, da se seznanijo s pojmi in koncepti, ki se nanašajo na interdisciplinarno povezovanje discipline inženiringa poslovnih sistemov in trajnostnega poslovanja. Izobraževanje na področju inženiringa poslovnih sistemov je tako lahko pomemben vir novih idej o prehodu na integrirano in ne na razdrobljeno znanje o menedžmentu, o upravljanju in še zlasti razumevanju delovanja organizacije z vidika analize, načrtovanja, izvajanja in delovanja le-te.

SISTEMI IN STANDARDI ZA OBVLADOVANJE INOVIRANJA V ORGANIZACIJI: IZZIVI IN REŠITVE ZA USTVARJANJE TRAJNOSTNE PRIHODNOSTI

MATJAZ MALETIČ,¹ NENAD VLADIĆ,² DAMJAN MALETIČ³

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
matjaz.maletic@um.si

² DINAMICA, Kranj, Slovenija
nenad.vladic@dinamica.si

³ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
damjan.maletic@um.si

Raziskovanje standardizacije na področju menedžmenta inoviranja je dokaj novo in še vedno razvijajoče se raziskovalno področje, s pomembnimi raziskovalnimi in praktičnimi implikacijami. Metodologija temelji na primerjalni analizi literature s področja menedžmenta inoviranja in standarda SIST EN ISO 56002:2021. Sprejetje standardov za obvladovanje inoviranja ustvarja več teoretičnih in raziskovalnih izzivov pri sistematičnem raziskovanju razumevanja uvedbe standardov in njihovih potencialnih učinkov. Pridobljene ugotovitve so uporabne za raziskovalce, ki jih zanima preučevanje različnih modelov, sistemov in standardov za obvladovanje inoviranja, kot tudi za poslovno prakso, še posebej z vidika razumevanja elementov sistema menedžmenta inoviranja. Poglavje se zaključí z razpravo o pomembnosti standardizacije, kot tudi z opredelitvijo nekaterih raziskovalnih vrzeli in usmeritvijo za prihodnje raziskave na področju menedžmenta inoviranja.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.1](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.1)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
inoviranje,
sistem menedžmenta
inoviranja,
standardizacija,
SIST EN ISO 56002,
inovacijska sposobnost
organizacije



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.1](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.1)

ISBN
978-961-286-821-5

INNOVATION MANAGEMENT SYSTEMS AND STANDARDS: CHALLENGES AND SOLUTIONS FOR CREATING A SUSTAINABLE FUTURE FOR BUSINESS

MATJAZ MALETIČ,¹ NENAD VLADIĆ,² DAMJAN MALETIČ³

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
matjaz.maletic@um.si

² DINAMICA, Kranj, Slovenia
nenad.vladic@dinamica.si

³ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
damjan.maletic@um.si

Keywords:
innovation,
innovation management
system,
standardization,
ISO 56002,
innovation capability

Standardization research in the field of innovation management is a relatively new and still developing area of research that may have major scientific and practical implications. The methodology used is a comparative analysis of SIST EN ISO 56002: 2021 with the literature on corporate innovativeness. The adoption of innovation management standards generates several theoretical and research challenges in terms of systematically exploring the understanding of how standards are used and their potential impact on performance. The lessons learned can be used by researchers interested in studying various models, systems, and standards of innovation management, and especially for business practitioners to understand the elements of the innovation management system. The chapter concludes with a discussion of the importance of standardization, including the identification of some research gaps and corresponding future research avenues in the field of innovation management.



1 Uvod

Pričujoče poglavje obravnava standardizacijo sistemov menedžmenta, s poudarkom na področje inovativnosti. V preteklih desetletjih je bilo veliko poudarka na standardizaciji poslovnih procesov, ki so povezani s sistemom menedžmenta kakovosti, sistemom ravnanja z okoljem, sistemom menedžmenta varnosti in zdravja pri delu, kot tudi na integraciji le-teh (Cabecinhas idr., 2018). Po mnenju Neyestanija in Juanzona (2017) gre pri tem za sisteme menedžmenta, ki s sistematičnim okvirom in strukturo, pomagajo izboljšati uspešnost organizacije. Vendar se organizacije v tem hitro se spreminjajočem poslovnem okolju ne zanašajo na primer le na sisteme kakovosti, kot edino točko preživetja, temveč tudi na inovativnost in razvoj novih izdelkov in/ali storitev. Manders idr. (2016) poudarjajo, da področje inovativnosti velja za enega izmed ključnih dejavnikov pridobivanja konkurenčne prednosti pred drugimi organizacijami. Področje inovativnosti je prvič postalo jasen element menedžerske prakse konec 19. stoletja, ko so se pojavila in hitro rasla velika kemična in elektrotehnična podjetja v ZDA in Nemčiji (Pavitt, 1990). Danes je učinkovito obvladovanje inoviranja ključna zahteva skoraj vseh organizacij, ki delujejo v vedno bolj raznolikih okoljih. Na razvoj področja menedžmenta inoviranja sta vplivala dva povezana raziskovalna tokova. Prvi izvira s področja operativnega menedžmenta, ki se osredotoča na upravljanje vse bolj zapletenih proizvodnih in procesnih tehnologij. Pomemben razvoj tega področja znanja vključuje širjenje praks t.i. »vitkega razmišljanja« iz avtomobilske industrije in uporabo informacijske tehnologije za izboljšanje upravljanja procesov. Drugi tok raziskav se bolj osredotoča na razvoj novih izdelkov in storitev in poskuša razumeti, kaj in kako narediti inovacijo uspešno (Tidd, 2021).

Standardizacija je pravzaprav strateško orodje, ki vpliva na različna področja, kot na primer izboljšanje poslovne konkurenčnosti, zviševanje ravni varnosti, varovanje zdravja in življenja ter varstvo okolja, izboljševanje vidikov inovativnosti (Tenera in Varajão, 2022). Standardizacija je prav tako v sozvočju s strategijo Evropske unije (EU) in mehanizmi za okrepanje in odpornost¹. Uredba EU št. 1025/2012² zagotavlja okvir za vsa evropska prizadevanja za standardizacijo. Ta prizadevanja vzpostavljajo organizacije za standardizacijo, kot so CEN, CENELEC ali ETSI na evropski ravni in ISO na mednarodni ravni (Evropska komisija, 2016). Pobude za

¹ https://next-generation-eu.europa.eu/index_sl

² <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=celex%3A32012R1025>

standardizacijo na nacionalni ravni izvajajo nacionalni organi za standardizacijo, kot je Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST)³ v primeru Slovenije. Sporazum o tehničnih ovirah v trgovini (t.j. Sporazum WTO/TBT) v Prilogi 1 (Annex 1) opredeljuje standard kot dokument, ki je odobren s strani priznanega organa, ki določa pravila, smernice ali značilnosti za proizvode, z njimi povezane procese ter proizvodne metode. Podobno standard opredeljuje tudi mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO), ki standard razume kot dokument, ki je bil pripravljen na osnovi konsenza in odobren s strani priznanega organa, ki določa pravila, smernice ali značilnosti za dejavnosti in njihove rezultate, in je usmerjen v doseganje optimalne stopnje urejenosti na danem področju (ISO/IEC Guide 2:2004⁴).

Lahko izpostavimo dejstvo, da so podjetja in druge organizacije vse bolj povezane prek oskrbovalnih verig in različnih omrežij. V takem okolju so standardi na različnih ravneh (npr. tehnični, semantični), ključnega pomena za omogočanje interoperabilnosti (de Vries idr., 2018). Nadalje, organizacije lahko na osnovi standardov pridobijo pomembne koristi (Stokes, Dixon, Generosa in Nana, 2011), saj jim omogočajo učinkovitejše in uspešnejše izvajanje dejavnosti (Henning, 2018) ter tako prispevajo k uspešnosti organizacije in njenega poslovanja (Fonseca, Domingues, Baylina in Calderón, 2017). Vendar je na tem področju še vedno primanjkljaj znanstvenih dokazov, težave pa so tudi pri ocenjevanju dejanskega učinka (ISO, 2021), zlasti tistega, ki izhaja iz uporabe standardiziranih sistemov menedžmenta, ki niso povezani s certificiranjem (npr. SIST EN ISO 56002:2021). Tako je na primer na voljo le malo informacij o tem, ali in kako se standardi uporabljajo v praksi ter o težavah in prednostih take uporabe. Tovrstne informacije so zelo pomembne za organizacije, da se lažje odločajo o tem, v katere standarde bodo vlagale; kot tudi za pripravo dobro informiranih in pravočasnih poslovnih odločitev o potrditvi, reviziji, spremembi ali umiku obstoječih standardov. Poleg tega dinamika trgov ter skrajševanje življenjskega cikla izdelkov in storitev prav tako pritiskata na pospešitev razvojnih faz standardov, kar zahteva hitrejšo in naprednejšo znanje o njihovih morebitnih učinkih in koristih (Tenera in Varajão, 2022).

Standardizirani sistemi menedžmenta inoviranja so homogeni sistemi menedžmenta, ki pospešujejo pretvorbo inovacijske strategije organizacije v učinkovite ukrepe (Adams, Bessant in Phelps, 2006). Tako ti sistemi zagotavljajo, da inovacije ne

³ <https://www.sist.si/>

⁴ <https://www.iso.org/standard/39976.html>

pomenijo zgolj uvajanje novih tehnoloških dosežkov, izumov in patentov, temveč in predvsem sposobnost organizacije, da prepozna in zasleduje nova področja priložnosti ter se hkrati odziva na spremenljive razmere v svojem okolju (Benraouane in Harrington, 2021; Tidd in Bessant, 2018). Predhodne raziskave s področja standardizacije kažejo na to, da standarde in/ali aktivno vključenost v standardizacijo lahko razumemo kot pomembne determinante uspešnosti invencijsko-inovacijskih aktivnosti v organizaciji (Blind in Pohlisch, 2016). Navkljub navedenemu lahko podamo ugotovitev, da bo v prihodnje potrebno bolj sistematično pristopiti k zbiranju podatkov o standardizaciji in vplivov le-te na inovativnost in poslovno uspešnost, upoštevaje različne države, panoge in periodičnost spremljanje učinkov (Blind, 2016).

Če povzamemo, pomanjkanje zgoraj navedenih informacij povzroča več težav. Po eni strani je pomanjkanje znanja o učinkoviti uporabi standardov. Po drugi strani pa organizacije težko zaznavajo dejanske koristi učinkovitosti in uspešnosti, ki jih prinaša vpeljava standardov s področja obvladovanja vidikov inoviranja. Da bi pomagali rešiti ta vprašanja, to poglavje naslavlja problematiko ustreznega razumevanja menedžmenta inoviranja, še zlasti z vidika standardizacije. Informacije, ki so podane v tem poglavju, lahko torej organizacijam pomagajo pri boljšem razumevanju učinkov in področij uporabe sistemov menedžmenta inoviranja, kot tudi ključnih dejavnikov uspešnosti vpeljave sistemov. Pričujoče poglavje je do neke mere povezano tudi z nedavnimi razpravami o normativnih temeljih in usmerjenosti v razvoj ustreznega inovacijskega sistema na različnih ravneh (npr. Weber in Truffer, 2017) in z razpravami o potrebi po (bolj) odgovornih inovacijah (Owen, Bessant in Heintz, 2013).

2 Teoretični okvir

2.1 Pojmovanje in razsežnosti inovativnosti

Inovativnost je ključni strateški element za trajnostno konkurenčno prednost in dolgoročno rast podjetij, zato je tesno povezana s potrebnimi kompetencami in zmogljivostmi (Rajapathirana in Hui, 2018; Paradkar idr., 2015). Njena osrednja točka je inovacija, ki sta jo Damanpour in Evan (1984, str. 393) opredelila kot »izvedbo interno ustvarjene ali izposojene ideje – ne glede na to, ali se nanaša na izdelek, napravo, sistem, proces, politiko, program ali storitev – ki je bila v času

sprejetja za organizacijo nova«. Nekaj let kasneje sta West in Farr (1990) k temu dodala tudi človeško dimenzijo, ki vzpostavlja element koristnosti. Kot trdita, gre za namensko uvedbo in uporabo idej, procesov, izdelkov in postopkov znotraj vloge, skupine ali organizacije, ki so po svoji pojavnosti novi in zasnovani tako, da znatno koristijo posamezniku, skupini, organizaciji ali širši družbi. 15 let kasneje je Hamel (2006) dotedanji pogled nadgradil z uvedbo spoznanja, da inovativnost pomeni izrazit odmik od tradicionalnih načel, procesov in praks vodenja ali odmik od običajnih organizacijskih oblik, ki bistveno spreminjajo način opravljanja dela vodstva. Tako se inovativnost odmika od koncepta enkratnih inovacij, temveč obstaja težnja h kontinuiranemu inoviranju, »kar pomeni učinkovito, stalno interakcijo med postopnimi izboljšavami in učenjem v cilju doseganja bolj radikalnih inovacij in sprememb« (Pasche in Magnusson, 2011, str. 257). Pri tem ima pomembno vlogo organizacijska kultura, ki opisuje vrednostni sistem na delovnem mestu in vpliva na to, kako zaposleni razmišljajo in delujejo, ter se bistveno razlikuje znotraj in med organizacijami (Warrick idr., 2016), kar posledično določa stopnjo inovativnosti.

Ne glede na definicijo, ki se uporablja za identifikacijo organizacijskega vedenja, ki predstavlja inovacijo, se praktiki in študenti inovacij na splošno strinjajo, da je inovacija na voljo v številnih oblikah (Gopalakrishnan in Damanpour, 1992; Utterback, 1994). Inovacije nastopajo kot izdelki in storitve, procesi, trgi in organizacije z namenom ustvarjanja konkurenčne prednosti za doseganje boljših rezultatov in opredelitev dolgoročnega uspeha (Christensen, 1997; Shaqrah, 2010). Če konkretiziramo, je cilj inovacij povečanje zadovoljstva strank, povečanje produktivnosti, zmanjšanje stroškov in ustvarjanje novih priložnosti (Lundvall in Nielsen, 2007; Calik idr., 2017). Za sodobne organizacije je bistveno, da pridobijo konkurenčne prednosti in ohranijo rast podjetja (Karatepe idr., 2020; Jiang in Chen, 2018; Rampersad, 2020). Ustrezno organizirani sistemi za upravljanje in obvladovanje inovacij so izjemen generator trajnostne rasti, gospodarske uspešnosti, izboljšanja morale zaposlenih, izboljšanja donosnosti naložb, zmanjšanja stopnje fluktuacije in povečanja tržnega deleža (Tidd in Bessant, 2021). Inovativne organizacije imajo sposobnost boljšega razumevanja trga, zaradi česar lahko natančneje predvidijo prihodnje trende. Nadalje, inovativne organizacije, ki se osredotočajo na kakovost, zmanjšujejo delež problemov, napak, kar omogoča, da se organizacija manj osredotoča na težave in bolj na izboljšave (Benraouane in Harrington, 2021).

Literatura razlikuje različne vrste inovacij in raziskovalci so raziskali njihovo klasifikacijo na različne načine (OECD, 2005; Jiménez-Jiménez in Sanz-Valle, 2011; Kim idr., 2012; Kafetzopoulos and Psomas, 2015). Glede na kategorizacijo odnosov med inovacijo in njenimi posledicami poznamo tri vrste inovacij, ki se ne izključujejo, temveč se medsebojno komplementarno dopolnjujejo. Inovacija izdelkov omogoča organizaciji, da proizvede in trgu ponudi boljši izdelek od obstoječega v smislu, da ponuja več funkcij ali bolje deluje (Meeus in Edquist, 2006). Posledično se sproži diferenciacija proizvodnje, povečanje kakovosti in raznolikost blaga, s čimer raste povpraševanje in priložnosti za razvoj (Maier, D. 2018). Procesna inovacija se nanaša na izboljšave v načinu, kako podjetje proizvaja in dostavlja svoje izdelke in storitve (Canh idr., 2019). V praksi to pomeni uvedbo proizvodne metode ali bistvenih sprememb v specifičnih tehnikah, opremi in/ali programski opremi z namenom znižanja stroškov proizvodnje in distribucije, izboljšanja kakovosti, proizvodnje ali distribucije novih ali izboljšanih izdelkov, povečanja učinkovitosti oz. prilagodljivost proizvodne dejavnosti ali dejavnosti oskrbe in zmanjšanje tveganj za okolje (Maier, 2018). Vodstvena inovacija je definirana kot nova organizacijska metoda vodenja, izvajanja poslovnih praks, notranjih in tudi zunanjih odnosov (Rajapathirana in Hui, 2018). Za podjetja so tržne inovacije pomembne, ker vplivajo na vsa tri področja ter na koncu dosežejo inovativno vrednost s tržnimi strategijami (Gunday idr., 2011; Mothe in Thi, 2012). Poleg omenjenih se v znanstveni literaturi pojavlja tudi administrativna inovacija, ki se nanaša na uvedbo novih ukrepov ali praks za spremembo organizacijske strukture ali upravnih postopkov podjetja (Han idr., 1998; Lin in Chen, 2007).

V znanstveni literaturi se vse bolj pogosto pojavlja praksa implementiranja takšnih inovacij, ki v svojih rešitvah vsebujejo trajnostni razvoj. Gre za trajnostno usmerjene inovacijske prakse, ki imajo za cilj izboljšati trajnostno uspešnost na družbenem, okoljskem in gospodarskem področju (Horbach idr., 2012; Szekeley in Strebel, 2013; Hall idr., 2018). Glede na to, da ena sama organizacija navadno nima notranjih virov za razvoj in izvajanje inovacij, se morajo organizacije zanašati na prispevke različnih zainteresiranih strani, da bi ustvarile dodano vrednost v celotnem ekosistemu (Talmar idr., 2020). Gre za heterogeno gospodarsko skupnost organizacij in posameznikov, čigar končni cilj je ustvariti zdravo, ohlapno skupnost podjetij in organizacij, ki se lahko med hitrimi in motečimi spremembami na trgu neprestano razvijajo in tako preživijo (Moore, 1993). Poleg tega Al-Kalouti idr. (2020) ugotavljajo, da organizacije iščejo nove načine, kako izboljšati sebe in okrepiti svoj

položaj na trgu, kar izhaja iz sposobnosti nenehnega inoviranja. V tem smislu kontinuirano inoviranje zahteva dinamičen in trajnosten ekosistem, ki vključuje univerze in raziskovalne agencije, finančna sredstva, zadostno povpraševanje, človeški kapital, specializirano znanje in pripravljenost za sodelovanje v globalni perspektivi (Granstrand in Holgersson, 2020; Reynolds in Uygun, 2018).

2.2 Inovacijska sposobnost

Številnim raziskovalcem, kot so Wiggins in Ruefli (2005), Kunc in Bhandari (2011) ter Singh in sod. (2013) se zdi pomembna analiza in razvoj, bolj natančno – razvoj sposobnosti, ki jih imajo podjetja za izboljšanje svoje uspešnosti v turbulentnih gospodarskih in poslovnih okoljih. Ena izmed njih je tudi inovacijska sposobnost, ki je v skladu z Adler in Shenbar (1990) opredeljena kot sposobnost (1) razvoja novih izdelkov, ki ustrezajo tržnim potrebam; (2) uporabe ustreznih procesnih tehnologij za proizvodnjo teh novih izdelkov; (3) razvoja in prilagajanja novih izdelkov in tehnologij procesiranja v cilju zadovoljevanja prihodnjih potreb; (4) in odzivanja na naključne tehnološke dejavnosti in nepričakovane priložnosti, ki jih ustvarjajo konkurenti. Poleg tega se lahko inovacijska sposobnost definira tudi kot »pomemben dejavnik, ki spodbuja inovativno organizacijsko kulturo, značilnosti notranjih promocijskih dejavnosti ter zmožnosti razumevanja in ustreznega odzivanja na zunanje okolje« (Akman in Yilmaz, 2008, str. 79). Torej različne vrste inovacij na nivoju izdelka, procesa, vodenja in trženja predstavljajo rezultat inoviranja, medtem ko inovacijska sposobnost v svoji izvorni osnovi opisuje potencial za inoviranje oz. razvoj inovacij. To posledično pomeni, da gre za lastnost, ki jo posedujejo vse organizacije, ne glede na to, ali inovirajo občasno ali stalno (Som, Kirner in Jäger, 2015).

Kafetzopoulos in Psomas (2015) ugotavljata, da obstaja pozitivna povezava med splošno uspešnostjo podjetja in inovacijsko sposobnostjo. Raziskava, ki sta jo izvedla Duy (2015) in Viet (2016), je dokazala razmerje med inovacijsko sposobnostjo in notranjimi dejavniki (zadovoljstvo zaposlenih, značilnosti podjetja, odnos vodstva, tehnološki in človeški viri itd.) in zunanji dejavniki (davčna stopnja, podpora oblikovalca politike, sposobnost zbiranja sredstev, odnosi z univerzami itd.). Zato ne preseneča, da je inovacijska sposobnost označena kot ključno sredstvo za doseganje konkurenčne prednosti podjetja in trajnostnega uspeha (Liao idr., 2017). Inovacijska sposobnost je odločilen element za podjetja, da z vključevanjem

trajnostnega razvoja zgradijo in ohranijo konkurenčno prednost. To še posebej velja za tista podjetja, ki delujejo na dinamičnih trgih (Imran idr., 2019).

Nekatere študije opredeljujejo različne vrste sposobnosti, ki jih sestavlja skupna inovacijska sposobnost (Forsman, 2011; Oura idr., 2016). Te vključujejo na primer učne sposobnosti, podjetniške sposobnosti, trženjske sposobnosti, sposobnosti mreženja in sposobnosti izkoriščanja virov. Najbolj pogoste dimenzije, v katerih nastopa inovacijska sposobnost, so: management znanja, organizacijska kultura, organizacijsko učenje, vodenje, sodelovanje, kreativnost, management idej in strategija za inovacije (Iddris, 2016). Obstajajo tudi posamezne študije, ki so osredotočene na posamezne inovacijske postopke. Le te delijo inovacijske sposobnosti na zmožnosti zaznavanja, zajemanja in preoblikovanja (Fitz-Koch in Nordqvist, 2017). Kljub velikemu številu raziskav na področju razumevanja inovativnosti v organizacijah, ne obstajajo nedvomni in sklepni napotki za stvaritev inovacijsko naravnane organizacije. V tem smislu inovacijska sposobnost zagotavlja potencial za učinkovito inoviranje. Kakorkoli, tu ne gre za enofaktorski koncept, saj vključuje veliko število konceptov managementa, voditeljstva, tehnološki vidik, kakor tudi strateško razporejanje virov, znanja s področja trženja, organizacijske spodbude ipd. (Terziovski, 2007).

V tem kontekstu so strokovnjaki inovacijsko sposobnost opredelili kot skupek različnih determinant, ki vplivajo na sposobnost organizacije za upravljanje inovacij. Recimo Smith in sod. (2008) v svoji raziskavi ugotavljajo, da je učinkovita inovacijska sposobnost po njihovem mnenju sestavljena iz devetih različnih elementov, in sicer: tehnologija, inovacijski proces, korporativna strategija, organizacijska struktura, organizacijska kultura, zaposleni, viri, upravljanje znanja ter stil upravljanja in vodenje. Medtem ko so Martínez-Roman in sod. (2011) mnenja, da na sposobnost inovacij vplivajo trije dejavniki: znanje (pridobivanje novih članov, učenje, raziskave in razvoj), organizacija (avtonomija, delovne skupine, nadzor in kontrola) in človeški dejavnik (usposabljanje, kriteriji za napredovanje, tveganje). Identifikacija determinant inovacijske sposobnosti je pomembno menedžersko orodje, saj opredeljuje sredstva, s pomočjo katerih lahko podjetja in organizacije merijo svoje inovacijske potenciale. To predstavlja pomemben korak k bolj sistematičnemu pristopu in uvedbi standardov na področju inoviranja, ki lahko pospešijo razvoj inovacij v vseh organizacijskih segmentih in hkrati pripomorejo k učinkovitejšemu trajnostnemu razvoju. Takšne inovacije imajo izjemno moč, saj povečujejo obstoječo

blaginjo, medtem ko učinkovito razporejajo sredstva za sedanje in prihodnje generacije (Maier, D, 2020; Boons in Luedeke-Freund, 2013).

2.3 Standardizacija in menedžment inoviranja

Izhajajoč iz nedavne raziskave o »najboljših praksah« s področja obvladovanja inoviranja v velikih podjetjih na Švedskem (Celukanovs in Wattle Björk, 2019), lahko ovržemo predpostavko, da je standardizacija ovira za inoviranje. Sistematičen pristop k inoviranju ter sistematično izvajanje prepoznanih najboljših praks lahko do neke mere štejejo za standardizacijo. To tudi potrjuje idejo, da je mogoče standarde uporabiti za sistematično izboljševanje inovativnosti organizacij. Slednje potrjujejo tudi predhodne raziskave, ki izpostavljajo potencialne učinke sistematičnega in standardiziranega pristopa k obvladovanju inoviranja (Wright, Sturdy in Wylie, 2012). Vsled navedenega Karlsson in Magnusson (2019) trdita, da bi sistematični pristop k inoviranju med drugim lahko omogočil organizaciji, da bi z ocenjevanjem in vrednotenjem rezultatov na področju obvladovanja inoviranja bolje ugotovila vrzeli v svoji inovacijski sposobnosti. Ta sistematični pristop je bil v dosedanjih raziskavah izražen na različnih ravneh, in sicer s standardizacijo področij, povezanih z inoviranjem in potrebo po standardiziranemu sistemu menedžmenta s področja obvladovanja inoviranja (Idris in Durmuşoğlu, 2021; da Silva, 2021; Mavroeidis in Tarnawska, 2017).

Predhodne raziskave o standardiziranih sistemih menedžmenta na področju obvladovanja inoviranja kažejo na to, da sprejetje tovrstnih standardov pozitivno vpliva na inovacijski potencial podjetja, še zlasti s sistematičnim uvajanjem orodij, tehnik in aktivnosti nenehnega izboljševanja procesa inoviranja. Slednje prispeva k izboljševanju poslovnih rezultatov podjetja ter omogoča doseganje trajnostnih konkurenčnih prednosti v različnih okoljih, panogah in velikostih podjetij (Mir in Casadesús, 2011; Martínez-Costa, Jimenez-Jimenez in del Pilar Castro-del-Rosario, 2019; Tidd, 2021).

Standardizacija na področju obvladovanja inoviranja prinaša številne teoretične in empirične izzive za raziskovanje, s ciljem razumevanja razsežnosti in problematike uvajanja standardiziranega sistema menedžmenta inoviranja (Tidd in Bessant, 2018; Tidd, 2021) ter s ciljem usmerjanja prihodnje generacije standardov, na primer družine standardov ISO 56000, ki jih razvija mednarodni tehnični odbor ISO/TC

279. Vloga standardov je še posebej pomembna pri neopredmetenih organizacijskih sredstvih, kamor se uvršča tudi področje inovacijske sposobnosti (Mavroeidis in Tarnawska, 2017). Po navedbah Hobcrafta (2012) je znanje o obvladovanju inoviranja v precejšnji meri nestrukturirano, kar še dodatno poudarja pomembnost enotnega razumevanja področja z namenom, da bi inoviranje v organizaciji postalo dolgoročno, ponovljivo in trajnostno. Dosedanji napor raziskovalcev so bili osredotočeni na razumevanje vloge standardiziranih sistemov menedžmenta inoviranja, pri čemer lahko zasledimo nekaj raziskav, vezanih na standard UNE 166002:2014, ki je eden prvih standardiziranih sistemov za obvladovanje inoviranja z možnostjo certificiranja (Mir in Casadesús, 2011). Raziskovanje je usmerjeno tudi v razumevanje vloge evropskega standarda SIST-TS CEN/TS 16555-1:2014, ki tudi prispeva k sistemskemu in celovitemu obvladovanju inoviranja (Cap, Hinzmann, Kohl in Orth, 2019). Omeniti velja tudi nedavne raziskave s področja standarda SIST EN ISO 56002:2021 in vloge le-tega pri razvoju inovacijske sposobnosti organizacije (da Silva, 2021). Ne glede na pomembne predhodne raziskave lahko podamo ugotovitev, da je uvajanje standardov na področju obvladovanja inoviranja še vedno v začetni fazi in bo potrebnih še nekaj let izvajanja, preden bo mogoče zbrati dovolj objektivnih dokazov, na podlagi katerih bo mogoče sprejeti nekatere konceptualne sklepe. V nadaljevanju so zbrane nekatere ključne ugotovitve nedavnih raziskav s področja standardizacije in obvladovanja inoviranja (tabela 1).

Tabela 1: Raziskovanje na področju standardizacije in menedžmenta inoviranja

| Raziskava | Leto | Ključne ugotovitve | Klasifikacija |
|--|------|---|-------------------|
| A review and critical assessment of the ISO 56002 innovation management systems standard: evidence and limitations | 2021 | Članek obravnava standard ISO 56002 z vidika primerjalne analize z literaturo o menedžmentu inoviranja, poudarja pomen standardizacije in izpostavlja nekatere prihodnje usmeritve za razvoj standardov na obravnavanem področju. | Teoretični članek |
| Towards a Management System Standard for Innovation | 2021 | Članek naslavlja nekatera odprta vprašanja pri prehodu iz napotkov in smernic za obvladovanje | Teoretični članek |

| Raziskava | Leto | Ključne ugotovitve | Klasifikacija |
|--|------|---|---------------------------------|
| | | inoviranja v obliko standarda, ki bo omogočil certifikacijo. | |
| Improving the firm innovation capacity through the adoption of standardized innovation management systems: a comparative analysis of the ISO 56002: 2019 with the literature on firm innovation capacity | 2021 | Članek obravnava načine razvoja inovacijske sposobnosti podjetja z uvedbo standarda ISO 56002. Raziskava izhaja iz primerjalne analize in izpostavlja potencial standarda ISO 56002 za razvoj inovacijskega potenciala. | Primerjalna analiza |
| Innovation Management Systems and Standards: A Systematic Literature Review and Guidance for Future Research | 2021 | Članek celovito obravnava dosedanje raziskave s področja modelov in standardov sistema menedžmenta inoviranja. Ugotovitve kažejo, da lahko ustrezen sistem izboljša inovacijsko sposobnost organizacije. | Sistematična analiza literature |
| Does adoption of ISO 56002-2019 and green innovation reporting enhance the firm sustainable development goal performance? An emerging paradigm | 2021 | Standard ISO 56002 spodbuja razvoj inovacij od ustvarjanja idej do njihovega izvajanja, kar bo neposredno prispevalo k ciljem trajnostnega razvoja, kot je cilj 6, cilj7, cilj 12, cilj13, cilj14 in cilj17. | Teoretični članek |
| Management innovation: A systematic review and meta-analysis of past decades of research | 2019 | Obvladovanje inoviranja je pozitivno povezano z velikostjo organizacije, upravljanjem informacij, organizacijskim učenjem ter uspešnostjo organizacije (nefinančno in finančno). | Sistematična analiza literature |
| European Standardization of Innovation Management: The Sufficiency of the CEN/TS 16555 in the 6th Generation of Innovation Management | 2019 | Prispevek obravnava izzive na področju menedžmenta inoviranja, s poudarkom na ustreznosti evropskega standarda SIST-TS | Prispevek na konferenci |

| Raziskava | Leto | Ključne ugotovitve | Klasifikacija |
|---|------|---|-------------------|
| | | CEN/TS 16555 kot okvira za celovito obvladovanje inoviranja v kontekstu šeste generacije menedžmenta inoviranja. Prispevek poudarja vlogo standardizacije in njen pomen pri menedžmentu inoviranja. | |
| Standardization and Innovation Management | 2017 | Standardizacija lahko izboljša organizacijsko inovacijsko sposobnost z vidika usklajenosti z najboljšimi nacionalnimi in mednarodnimi praksami ter z vidika razvoja notranjih kompetenc in procesov, ki lahko izkoristijo inovacijsko pot k odličnosti. | Teoretični članek |
| Toward a New Innovation Management Standard. Incorporation of the Knowledge Triangle Concept and Quadruple Innovation Helix Model into Innovation Management Standard | 2016 | Empirični dokazi kažejo, da standardi pozitivno vplivajo na inovacijski potencial. Standardizacija je ključni del mikroekonomske infrastrukture, ki lahko služi kot temelj za rast, ki temelji na znanju in inovacijah. | Teoretični članek |
| Standardised innovation management systems: A case study of the Spanish Standard UNE 166002:2006 | 2011 | Standard UNE 166002 spodbuja dvig ravni inovativnosti ter uvajanja novih tehnologij in posledično vpliva na pozitivne učinke (na nivoju produktov in na nivoju organizacijske uspešnosti). | Študija primera |

3 Elementi standarda SIST EN ISO 56002:2021

SIST EN ISO 56002:2021 je najpomembnejša publikacija v družini standardov ISO 56000. Zagotavlja splošna navodila (standard tipa B) - in ne zahteve - za vzpostavitev, izvajanje, vzdrževanje in neprekinjeno izvajanje sistema menedžmenta

inoviranja (SIST uporablja prevod sistema upravljanja inovacij), za uporabo v vseh organizacijah, ne glede na naravo, vrsto, sektor ali velikost (ISO 56002:2019). Potencialne koristi izvajanja standarda SIST EN ISO 56002 vključujejo: večjo sposobnost obvladovanja negotovosti, izboljšanje osredotočenosti na poslovne priložnosti, večjo rast, zagotavljanje dolgoročne konkurenčnosti organizacije, izboljšanje ustvarjanje vrednosti za zainteresirane strani, večja učinkovitost virov, izboljšanje vključenosti zaposlenih itd. (SIST EN ISO 56000:2021).

Mednarodni standard za sistem menedžmenta inoviranja vključuje številne elemente, za katere je znano, da vplivajo na uspešno obvladovanje inovacijskih procesov. Vendar za razliko od podobnih predhodnih standardov, kot je na primer sistem managementa kakovosti, je področje menedžmenta inoviranja slabše opredeljeno in verjetno bolj raznoliko in negotovo (Tidd, 2021). Navkljub navedenemu pa je SIST EN ISO 56002 eden izmed prvih mednarodnih standardov, ki spodbuja inovativnost organizacije preko vzpostavitve ustreznega sistema menedžmenta (Benraouane in Harrington, 2021).

Podobno kot drugi ISO standardi za sisteme menedžmenta (t.j. sisteme vodenja), tudi SIST EN ISO 56002 sledi enotni strukturo na visoki ravni (t.i. High-Level Structure - HLS). Koncept HLS zagotavlja enotno strukturo standardov, ne glede na področje. Na ta način je olajšana integracija novih standardov z obstoječimi v organizaciji in s tem oblikovanje integriranega sistema menedžmenta (Herfried, 2020). Logika razvoja standardov za različne sisteme menedžmenta leži v tem, da ISO želi ponuditi organizacijam okvir za vzpostavitev, izvajanje in nenehno izboljševanje njihovih specifičnih sistemov menedžmenta (Herfried, 2020).

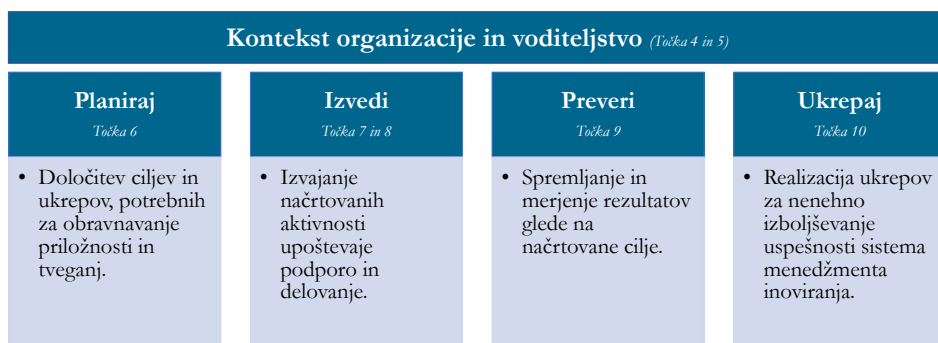
Okvir standarda SIST EN ISO 56002 sestavlja deset glavnih delov, kateri so:

1. Področje uporabe
2. Zveze s standardi
3. Izrazi in definicije
4. Kontekst organizacije
5. Voditeljstvo
6. Planiranje
7. Podpora
8. Delovanje

9. Vrednotenje izvedbe
10. Izboljševanje

Prva točka govori o »področju uporabe« in pojasnjuje področja, za katera velja standard. Točka 2 vključuje normativna sklicevanja, pri čemer navaja standard SIST EN ISO 56000, Upravljanje inovacij - Osnove in slovar, kot podporo za uporabo tega standarda. Točka 3 se ravno tako sklicuje na SIST EN ISO 56000 z namenom dodatnega pojasnila izrazov in definicij.

Podobno kot pri drugih ISO standardih, ima tudi SIST EN ISO 56002 vgrajeno metodologijo, poznano kot krog PDCA: »Planiraj (Plan) – Izvedi (Do) – Preveri (Check) – Ukrepaj (Act)«. Krog PDCA, ki je neprekinjen, je pravzaprav jedro standarda in je zasnovan in usmerjen na podlagi informacij in navodil, ki jih daje kontekst organizacije (točka 4) in njeno vodstvo (točka 5). Krog PDCA je ilustrativno prikazan na sliki 1.



Slika 1: Prikaz kroga PDCA v kontekstu standarda SIST EN ISO 56002

Kontekst organizacije (točka 4)

Proces menedžmenta inoviranja se začne v tej točki, ko mora organizacija redno opazovati in prepoznavati zunanje in notranje dejavnike, ki vplivajo na sposobnost organizacije glede doseganja predvidenih ciljev njenega sistema menedžmenta inoviranja (upravljanja inovacij).

Ključni napotki in usmeritve v tej točki so vezani na (SIST EN ISO 56002):

- Razumevanje organizacije in njenega konteksta;
- Razumevanje potreb in pričakovanj zainteresiranih strank;
- Določitev področja uporabe sistema upravljanja inovacij;
- Vzpostavitev sistema upravljanja inovacij.

Benraouane in Harrington (2021) predlagata, naj se organizacije pri načrtovanju sistema menedžmenta inoviranja osredotočijo na potrebe, zahteve in predpise naslednjih šestih zainteresiranih strani: zaposleni, kupci, vlagatelji, vodstvo, vladni organi in dobavitelji. Tudi samo s seznamom šestih zainteresiranih strani so s tem povezani dodatni stroški in čas, ki ga organizacije potrebujejo za analizo razumevanje potreb in pričakovanj.

Posebna pozornost je namenjena tudi kulturi in sodelovanju, ki sta pomembna elementa vzpostavitve enotnega namena organizacije in udejanjanja inovacijske strategije. V standardu so predstavljene smernice za spodbujanje kulture, ki omogoča soobstoj ustvarjalnega in v delovanje usmerjenega načina razmišljanja in vedenja.

Odprtost, radovednost, spodbujanje predlogov, spodbujanje učenja, ustvarjalnosti, sprememb in izpodbijanje trenutnih predpostavk, spodbujanje prevzemanja tveganja, sodelovanja znotraj in zunaj podjetja, so nekateri primeri kulture, ki podpira inovacijske dejavnosti. Poleg tega je zelo pomembno, da se vzpostavi ustrezen pristop notranjega in zunanjega sodelovanja za izmenjavo virov, znanja, sredstev in kompetenc.

Voditeljstvo (točka 5)

Standard poudarja, da učinkovito izvajanje sistema menedžmenta inoviranja temelji na zavezanosti najvišjega vodstva. Vodstvo je odgovorno, da so vizija, strategija, politika in cilji na področju menedžmenta inoviranja vzpostavljeni in skladni s kontekstom in strateško usmeritvijo organizacije (SIST EN ISO 56002:2021).

Vodstvo bi moralo analizirati in ovrednotiti opredeljena vprašanja v delu standarda, ki se navezuje na kontekst, in v povezavi z uresničevanjem vrednosti vzpostaviti in razviti prožno in prilagodljivo inovacijsko strategijo. Poleg tega je vodstvo odgovorno za zagotavljanje virov in podpore, ki so potrebni za sistem menedžmenta inoviranja.

Ključni napotki in usmeritve v tej točki so vezani na (SIST EN ISO 56002):

- Vodenje in zavezanost;
- Inovacijska politika in strategija;
- Organizacijske vloge, odgovornosti in pristojnosti.

Zavzetost in sodelovanje vodstva pri spodbujanju inovacij je izrednega pomena za uspešnost sistema menedžmenta inoviranja. Ne glede na to, kako odlični sta strategija in vizija ter koliko sredstev vložimo v sistem, je sodelovanje vodstva tisto, ki pogojuje uspeh ali neuspeh sistema (Benraouane in Harrington, 2021).

Benraouane in Harrington (2021) pri razvoju ustreznega vodenja, podajata nekaj ključnih predlogov:

- **Odgovornost in doslednost:** najvišje vodstvo mora pokazati svojo zavezanost sistemu menedžmenta inoviranja in prevzeti odgovornost za delovanje, uspešnost, učinkovitost in rezultate le-tega;
- **Kultura:** vodstvo mora prevzeti vodilno vlogo pri oblikovanju inovativne kulture. Kultura je na nek način skriti operacijski sistem, ki upravlja družbeno strukturo organizacije;
- **Strah:** strah je sovražnik inovativnega razmišljanja in ustvarjalnosti. V organizacijah, kjer so za preizkušanje novih stvari in vključevanje nekonvencionalnega načina dela predvidene stroge posledice, se inovacije zadušijo. Obstaja utemeljen razlog, zakaj so zagonska podjetja v veliki večini primerov pri tem uspešnejša od starejših podjetij. Zagonska podjetja so bolj tolerantna do napak, medtem ko uveljavljena (starejša) podjetja navadno zmanjšujejo meje napak;
- **Nagrajevanje:** ko zaposleni pridejo z novimi idejami in predlogi ter ne vidijo oprijemljivih ali neoprijemljivih nagrad, se njihovo navdušenje in želja

- po spremembah lahko izgubi. Organizacija naj vzpostavi sistem nagrajevanja, ki bo izpostavil zaposlene, ki pomembno prispevajo v različnih fazah procesa inoviranja;
- **Vodenje:** eden izmed ključnih dejavnikov pri ustvarjanju kulture, ki podpira inovativnost, je vzpostavitev zgloda za mlade podjetniško usmerjene zaposlene. Model vodenja je izjemno pomemben pri motiviranju zaposlenih in vključevanju ambicioznih zaposlenih. Mlajši zaposleni, ki se pridružijo podjetju, se zgledujejo po starejših vodilnih zaposlenih, ki jim dajejo zgled in podporo pri udejanjanju njihove ustvarjalnosti;
 - **Vrednotenje in izboljševanje:** vodstvo mora aktivno sodelovati pri izboljševanju in ocenjevanju sistema menedžmenta inoviranja, pri čemer mora periodično ocenjevati delovanje, uspešnost, učinkovitost in rezultate sistema. Ocenjevanje je treba opraviti interno vsaj dvakrat na leto, priporočljivo pa je, da se enkrat letno izvede tudi zunanja presoja sistema;
 - **Vključitev sistema menedžmenta inoviranja v obstoječe sisteme menedžmenta:** vodstvo mora zagotoviti, da je sistem menedžmenta inoviranja v celoti integriran z drugimi sistemi, kot je razvijanje zmožnosti človeka (HRM), logistika, oskrbovalna veriga, finance, storitve za stranke, prodaja, trženje in analitika.

Planiranje (točka 6)

Načrtovanje je prvi del kroga PDCA. Na podlagi vprašanj iz konteksta organizacije ter ugotovljenih potreb in zahtev, mora organizacija najprej določiti priložnosti in tveganja, nato pa vzpostaviti načrt za obravnavanje teh priložnosti in tveganj. Vzpostavljeni načrt mora zagotavljati, da bo organizacija z vzpostavljenim sistemom dosegala predvidene rezultate.

Ključni napotki in usmeritve v tej točki so vezani na (SIST EN ISO 56002):

- Ukrepi za obravnavanje priložnosti in tveganj;
- Inovacijski cilji in načrtovanje za njihovo doseganje;
- Organizacijske strukture;
- Portfelji inovacij.

Najvišje vodstvo je odgovorno, da zagotovi ustrezne in prilagodljive organizacijske strukture za doseganje načrtovanih rezultatov. Standard spodbuja organizacije, da zagotovijo, upravljajo, redno ocenjujejo in prednostno razvrščajo portfelj inovacijskih pobud. Vključevati mora ravnovesje med tveganjem in donosnostjo, kot tudi druga merila v smislu časovne komponente, obsega itd.

Podpora (točka 7)

Za učinkovito izvajanje sistema menedžmenta inoviranja mora organizacija zagotoviti in upravljati vire, ki so potrebni za vzpostavitev, izvajanje in vzdrževanje, in nenehno izboljševanje pripadajočega sistema. Vire lahko razumemo v kontekstu človeškega potenciala (kadri), časa, znanja, finančnih virov, infrastrukture in ostalih sredstev organizacije. Organizacija je odgovorna za načrtovanje, zagotavljanje in razvoj potrebnih ljudi (zaposlenih) za učinkovito izvajanje standarda (SIST EN ISO 56002).

Ključni napotki in usmeritve v tej točki so vezani na (SIST EN ISO 56002):

- Usposobljenost;
- Ozaveščenost;
- Komunikacijo;
- Dokumentirane informacije;
- Orodja in metode;
- Strateško upravljanje poslovne inteligence;
- Upravljanje intelektualne lastnine.

Organizacija mora vzpostaviti pristop za določanje, razvoj in upravljanje kompetenc, ki jih zaposleni potrebujejo za izvajanje inovacijskih dejavnosti, prepoznavanje spoznanj in priložnosti, ustvarjanje idej in konceptov, razvijanje in potrjevanje konceptov, kakor tudi razvijanje in uvajanje rešitev, ki vodijo v ustvarjanje vrednosti. To so splošna priporočila, ki bi jih morala večina organizacij z razvitim sistemom menedžmenta že tako ali tako udejanjati.

Da bi organizacija dosegla konkurenčno prednost, ki ji bo pomagala izboljšati uspešnost in doseči strateške cilje, mora biti sposobna pridobivati, razvijati in združevati svoje vire na način, ki podpira njeno inovacijsko sposobnost in izboljšuje njen sistem menedžmenta inoviranja (Benraouane in Harrington, 2021). V skladu s tem pristopom, morajo vodje, namesto zunaj organizacije, pogledati v njeno notranjost in pogosto analizirati svoje notranje okolje, da bi razvijali, upravljali, pridobivali in izboljšali svoje vire. Čeprav viri sami po sebi ne vodijo k uspehu, pa je povezovanje virov in zmožnosti organizacije tisto, kar vodi do uspeha (Benraouane in Harrington, 2021).

V nadaljevanju je podanih nekaj napotkov za obvladovanje virov in sredstev organizacije (SIST EN ISO 56002; Benraouane in Harrington, 2021):

- Organizacija se mora odločiti, katere vire in tudi sredstva lahko razvije znotraj organizacije in katere lahko pridobi;
- Organizacija mora prepoznati tiste vire, ki so neposredno povezani z razvojem inovacijske sposobnosti, tako da lahko svoja prizadevanja usmerja v upravljanje in razvoj tistega, kar je dejansko pomembno za dvig stopnje inovativnosti;
- Organizacija mora uporabiti dolgoročni pristop k razvoju inovacijske sposobnosti z vlaganjem v vire in sredstva, ki imajo dolgoročni učinek. Na primer, organizacija se lahko odloči za uvajanje tehnologije umetne inteligence, z namenom izboljšanja učinkovitosti poslovnih procesov z vidika časa, stroškov, sprejemanja poslovnih odločitev ipd;
- Organizacija mora biti pri upravljanju in obvladovanju virov ter sredstev proaktivna, kakor mora upoštevati tudi celoten življenjski cikel le-teh.

Delovanje (točka 8)

Delovanje je del kroga PDCA, ki se nanaša na izvajanje. V standardu so vključeni naslednji elementi oziroma podpoglavja (SIST EN ISO 56002):

- Načrtovanje in nadzor delovanja;
- Pobude za inovacije;
- Inovacijski procesi.

V prvem podpoglavju so opisana vprašanja in zahteve, ki so pomembne za načrtovanje, izvajanje in nadzor nad inovacijskimi pobudami in procesi. Organizacija mora določiti merila za inovacijske pobude in procese ter v skladu z njimi izvajati nadzor. Operativni nadzor se nanaša na način uporabe in upravljanja različnih sistemov, procesov in meril za doseganje učinkovitosti obvladovanja sistema inoviranja in za doseganje usklajenosti in harmonije med različnimi organizacijskimi viri (Benraouane in Harrington, 2021). Drugo podpoglavje je namenjeno upravljanju in izvajanju inovacijskih pobud. Pobude se nanašajo na vse ukrepe, ki jih lahko organizacija sprejme znotraj sistema menedžmenta inoviranja. To je lahko projekt, program, pobuda ali kateri koli predlog, ki se osredotoča na inovacije. Dokler ima pobuda razsežnosti novosti ali izboljšave, začetno in končno točko, je usklajena in dodaja vrednost zainteresiranim stranem organizacije, se šteje za relevantno inovacijsko pobudo v skladu s standardom SIST EN ISO 56002:2021.

V tretjem podpoglavju standard predstavlja smernice za konfiguracijo inovacijskih procesov, ki ustrezajo inovacijskim pobudam. V tem razdelku je opredeljen inovacijski proces, v katerem se lahko priložnost pretvori v rešitev, ki jo je mogoče uporabiti, oziroma z njo ustvarjati vrednost za interesirane udeležence. Pomembno je poudariti, da ta temeljni inovacijski proces ne bo v celoti vključeval vseh opredeljenih dejavnosti. Inovacijski proces mora biti prilagodljiv, pri čemer bi moral prevzeti edinstvene konfiguracije, odvisno od vrste inovacije, v katero je vključena organizacija (SIST EN ISO 56002; Benraouane in Harrington, 2021). Zaradi izredno visoke stopnje neuspešnosti inovacijskih projektov, Benraouane in Harrington (2021) predlagata, da bi moral vsak inovacijski proces vključevati naslednjih pet ključnih elementov oziroma faz: 1. Identifikacija priložnosti; 2. Ponujena vrednost; 3. Analiza poslovnega primera; 4. Proizvodnja; 5. Analiza uspešnosti.

Za organizacijo je pomembno, da uvajanje sistema menedžmenta inoviranja temelji na konceptu agilnosti, ki se nanaša na sposobnost organizacije, da se hitro odzove na spremembe na trgu, hkrati pa se še vedno osredotoča na svoje inovacijske projekte in delovanje. Pri tem lahko uporabi različne pobude in mehanizme, kot na primer (Benraouane in Harrington, 2021):

- **Struktura:** ustvarjanje medfunkcijskih in samostojnih (ter kompetentnih) timov za aktivnosti znotraj menedžmenta inoviranja;

- **Upravljanje:** pregled postopka odločanja. Menedžment inoviranja na različnih ravneh pripadajočih dejavnosti in procesov potrebuje proces odločanja, ki je hiter in prilagodljiv;
- **Procesi:** organizacija naj standardizira ključne procese. Organizacije, ki se spopadajo z izvajanjem procesov, imajo težave, ker so le-ti preveč zapleteni, tj. niso intuitivni, ali pa niso ustrezno razumljeni s strani zaposlenih. Vodilne organizacije vlagajo ogromno časa v ustvarjanje intuitivnih procesov, ki so standardizirani, tako da jih lahko zaposleni brez težav izvajajo. Študija, ki jo je opravil Aaron Smith iz podjetja McKinsey, je pokazala, da so procesi, kot je to na primer Amazonova sinhronizirana dobavna veriga ali procesi razvoja izdelkov in zunanjega komuniciranja podjetja P&G, ključni elementi strategije teh podjetij;
- **Sodelovanje in poslovno partnerstvo:** pri inovacijah sta sodelovanje in partnerstvo nujna. Organizacija ne more biti uspešna, ne da bi bila vključena v mrežo sodelovanja, kjer si udeleženci izmenjujejo informacije, podatke, študije ipd.

Vrednotenje izvedbe (točka 9)

Točka 9 je del kroga PDCA, pri čemer podaja smernice o vrstah kazalnikov uspešnosti inovacij in se osredotoča na:

- Spremljanje, merjenje, analizo in vrednotenje;
- Notranjo presojo;
- Vodstveni pregled.

Standard podaja navodila, kako spremljati, meriti, analizirati in vrednotiti učinkovitost in uspešnost sistema menedžmenta inoviranja. Poleg navedenega podaja tudi usmeritve za izdajanje notranje presoje in vodstvenega pregleda. Uspešnost kateregakoli sistema menedžmenta je v veliki meri odvisna od vzpostavitve ustreznih mehanizmov, ki zagotavljajo natančne podatke in informacije o tem, kako dobro sistem deluje ali ne deluje in kako dobro dosega ali ne dosega svoje cilje (Benraouane in Harrington, 2021). Namen vrednotenja je, da se lahko na podlagi dokazov sprejmejo odločitve o spremembah in izboljšanju sistema. Pred začetkom vrednotenja mora organizacija sprejeti odločitev o naslednjem: 1. O

obsegu vrednotenja, (kaj želimo vrednotiti); 2. O orodjih in metodah, (kako bomo vrednotili); 3. O tem, kdo bo izvajal vrednotenje; (Benraouane in Harrington, 2021).

Izboljševanje (točka 10)

Izboljševanje je del kroga PDCA, ki temelji na ukrepanju. Organizacija bi morala imeti strukturiran pristop za izboljševanje sistema menedžmenta inoviranja, ki temelji na rezultatih procesa vrednotenja izvedbe. Pri tem je odstopanje opredeljeno kot »odmik od predvidene ali pričakovane smeri, položaja ali cilja«, neskladnost pa kot »neizpolnjevanje zahteve« (SIST EN ISO 56000).

Ključni napotki in usmeritve v tej točki so vezani na (SIST EN ISO 56002):

- Splošne opredelitve glede izboljševanja sistema in uvajanje ukrepov;
- Odstopanje, neskladnost in korektivni ukrepi;
- Stalno izboljševanje.

Korektivni in preventivni ukrepi (Corrective Actions and Preventive Actions - CAPA) predstavljajo okvir, ki pomaga organizaciji strukturirati prizadevanja za izvedbo analize temeljnih vzrokov odstopanja in sprejemanje ukrepov v povezavi z odpravo vzrokov in izboljševanjem sistema (Benraouane in Harrington, 2021). Namen CAPA metodologije je, da se standardizira postopek analize odstopanja in neskladnosti. Pri tem standard predlaga, da se organizacija osredotoči na štiri elemente izboljšav: primernost, ustreznost, uspešnost in učinkovitost (SIST EN ISO 56002).

4 Sklepne ugotovitve

To poglavje monografije se dotika področja sistema menedžmenta inoviranja, s poudarkom na standardiziranih sistemih menedžmenta, razumevanju posameznih elementov in potencialnih učinkov. Na osnovi pregleda literature s področja sistemov menedžmenta inovativnosti in kritičnega ovrednotenja obstoječih možnosti uporabe dejavnosti standardizacije in objavljenih standardov, opazamo, da je precejšnja razdrobljenost v različnih razsežnostih obravnavane tematike. Vsled navedenega izpostavljamo, da je standardizacija na področju inovativnosti premalo

raziskano področje. Nedvomno je potrebnih več nadaljnjih raziskav, še posebej z vidika multidisciplinarnosti in uporabe različnih metodoloških pristopov.

Velja izpostaviti, da standardi organizacijam zagotavljajo skupno strukturo, enotnost razumevanja poslovnega področja in sistem, ki jim omogoča obvladovati to področje. Nenazadnje standardizacija podpira razvoj nacionalne in mednarodne trgovine, zmanjšuje tehnične in komunikacijske ovire ter vpliva na stroškovno učinkovitost organizacije. Lahko jih vidimo tudi v obliki varovanja zaposlenih in potrošnikov. Na drugi strani pa lahko izpostavimo tudi omejitve obstoječih standardov. Nedvomno ni enostavno zaznati trende uporabe posameznih standardov, še zlasti z vidika uspešnosti vpeljave in učinkov, ki jih standardi prinašajo. Polega navedenega nove (prihajajoče) tehnologije, vrednote in načini dela (npr. trajnostno usmerjeni poslovni modeli), postavljajo izzive tradicionalnim modelom standardizacije, akreditacije in certificiranja. V globalnem okolju je zaznati povečevanje števila različnih konzorcijev, ki razvijajo standarde; nenazadnje tudi nevladne organizacije vse pogosteje razvijajo standarde (npr. za pravično trgovino ali okoljske vidike), vse večja pozornost trajnostnemu razvoju pa lahko razdrobljenost standardizacije še okrepi. Kot navajajo avtorji de Vries idr. (2018), slednje vodi v preveliko razdrobljenost in celo zmedo na področju standardizacije. Očitno bo potrebno različne organe in institucije (kot na primer nosilce mednarodne standardizacije ISO in IEC ter ITU, na evropski ravni pa CEN, CENELEC in ETSI), ki se ukvarjajo s standardizacijo, nekoliko reformirati, da bi bolje ustrezali potrebam trga. Poraja se vprašanje, kako in če je to sploh izvedljivo?

Potencial standardizacije tudi še ni v celoti zaznan in uporabljen v strategijah za spodbujanje inoviranja in krepitev inovacijske sposobnosti organizacije. Na podlagi dosedanjih raziskav s področja standardiziranega sistema menedžmenta inovativnosti, izpostavljamo argument, da standard SIST EN ISO 56002 ne ustvarja le skupnega jezika in razumevanja obvladovanja inoviranja znotraj organizacije in tudi navzven, temveč organizacijam pomaga pri spodbujanju in razvijanju njihove inovacijske sposobnosti. V tem pogledu uvedba standarda prispeva k razvoju inovativnega okolja organizacije, saj kategorično pojasnjuje ključne točke in elemente, ki jih je treba vključiti v procese in/ali pobude, da bi zagotovili uspešno udeležanje inovacijske strategije. Menimo, da je koristno pristopati k inoviranju na strukturiran in sistematičen način, še zlasti z vidika pridobivanja pozitivnih poslovnih učinkov in konkurenčne prednosti. Prednosti, ki jih takšen pristop lahko prinese

organizaciji, bodo v prihodnje zagotovo eden izmed ključnih dejavnikov in motivov za uvedbo pripadajočega standarda. Prav zagotovo ni potrebno, da vsak element standarda vključimo v organizacijo. V bistvu prav nasprotno, organizacija lahko v odvisnosti od kompleksnosti svojih procesov, velikosti, stopnje zrelosti na danem področju ipd., vključi tiste elemente standarda, pri katerih je na primer zelena raven zrelosti v organizaciji pod pričakovanji. Odpira se tudi vprašanje, katere prakse uporabljajo predvsem uspešne organizacije v okviru sistema menedžmenta inoviranja. Nekaj primerov prepoznanih najboljših praks je zbranih v tabeli 2.

Tabela 2: Prepoznane prakse s področja obvladovanja inoviranja

| Element | Prepoznane prakse |
|------------|--|
| Vizija | Inovacijska vizija se uporablja v postopku odločanja za nove ideje. Ključne besede, povezane z inovacijami, se uporabljajo za usmerjanje novih strateških usmeritev. |
| Politika | Inovacijska politika je sestavni del integrativne poslovne politike organizacije, vključujoč politiko kakovosti, okoljsko politiko, politiko varnosti itd. Najvišje vodstvo mora vzpostaviti, izvajati in vzdrževati inovacijsko politiko ter zagotoviti, da le-ta zagotavlja okvir za določanje inovacijske strategije in ciljev. Opredeliti je potrebno politiko notranjega in zunanjega sodelovanja v organizaciji. |
| Strategija | Strategija na splošno vključuje usklajen niz dejavnosti in dodelitev virov, potrebnih za doseganje ciljev. Inovacijska strategija in cilji so prilagodljivi in se lahko prilagajajo obetavnim poslovnim priložnostim. Inovacijska strategija mora opredeliti način obvladovanja ključnih dejavnikov uspeha razvoja inovativnosti v organizaciji. Inovacijsko strategijo lahko razumemo kot okvir, ki organizaciji pomaga, da zaposleni najdejo rešitve za izzive, s katerimi se soočajo njihovi kupci. Inovacijska strategija mora biti operativno usmerjena, da jo lahko razumejo vsi zaposleni. Poslovna partnerstva se uporabljajo za učinkovito pospeševanje inovacij. Sodelovanje z zagonskimi podjetji se uporablja za pridobivanje novih tehnologij v zgodnji fazi inovacijskega procesa. Namesto dolgoročne inovacijske strategije, se predlaga uporaba agilnega pristopa za spopadanje s hitro se spreminjajočimi trgi. |
| Cilji | Inovacijski cilji so povezani z ostalimi poslovnimi področji, kot je to finančna uspešnost organizacije, upravljanje produktnega portfelja ipd. Nekatera podjetja oblikujejo inovacijske cilje na letni ravni. Inovacijski cilji so skladni in združljivi s kontekstom in strateško usmeritvijo organizacije |
| Izvajanje | Uporaba pristopa »stage-gate« v kombinaciji z drugimi agilnimi metodologijami omogoča učinkovito pretvorbo ideje v produkt. Vitko in agilno ni le mehanizem pridobivanja konkurenčne prednosti, temveč je nujno za preživetje podjetja. Več orodij in metod se uporablja posamično ali v kombinaciji, |

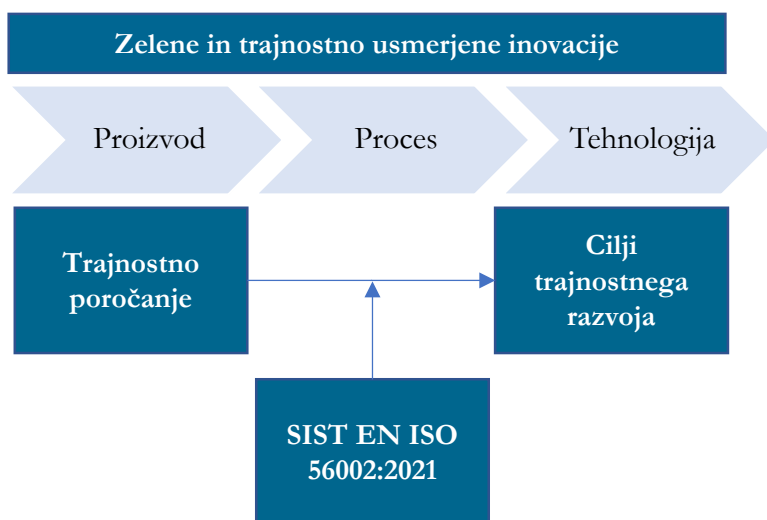
| Element | Prepoznane prakse |
|------------------------|---|
| | <p> vključno s: poslovni model canvas, ustvarjanje vrednosti, so-ustvarjanje vrednosti, analiza navzkrižnih učinkov in dizajnerski način razmišljanja ipd.</p> <p> Uporaba rešitev poslovne inteligence in analitike z namenom pridobitve bolj poglobljenega vpogleda v poslovanje organizacije.</p> |
| Podpora | <p> Razvoj in uporaba različnih internih usposabljanj, konferenc ter pridobivanja certifikatov, z namenom razvoja kompetenc na področju upravljanja inovacij.</p> <p> Sodelovanje in partnerstva se uporabljajo za pridobivanje novih (želenih) kompetenc.</p> <p> Projektne skupine se uporabljajo za spodbujanje inovativne miselnosti zaposlenih.</p> <p> Zaposlovanje ustreznega kadra s tendenco po podjetniškem načinu razmišljanja.</p> <p> Spodbujanje inovativne organizacijske kulture, ki podpira inovacijske aktivnosti.</p> <p> Uporaba sodobnih informacijskih rešitev na področju menedžmenta idej.</p> <p> Vključevanje zunanjih svetovalnih podjetij z namenom pridobivanja znanja na posebnih področjih.</p> |
| Vrednotenje poslovanja | <p> Periodično izvajanje ocenjevanja učinkovitosti in uspešnosti sistema menedžmenta inovativnosti.</p> <p> Organizacija mora določiti, kaj, kako pogosto, glede na kaj in kdo naj bi ocenjeval rezultate.</p> <p> Vrednotenje poslovanja se izvaja interno in eksterno z uporabo neodvisnih svetovalnih podjetij in vključevanja povratnih informacij s strani kupcev.</p> <p> Finančni kazalniki za rezultate inovacij lahko vključujejo:</p> <p> stopnjo rasti dobička, stopnjo rasti prihodkov, prihranke pri stroških za organizacijo in kupce, donosnost naložb v inovacije itd. Nefinančni kazalniki lahko vključujejo: število novih idej na zaposlenega, tržni delež, učinkovitost procesov, prepoznavnost in ugled blagovne znamke, neopredmetna sredstva ter trajnostno usmerjene pobude, kot posledica razvoja inovativnosti itd.</p> <p> Zaznane dobre prakse na področju razvoja inovacijske sposobnosti se uporabljajo kot strateški cilj.</p> |
| Izboljševanje | <p> Organizacija mora nenehno izboljševati primernost, ustreznost, uspešnost in učinkovitost sistema menedžmenta inovativnosti.</p> <p> Izboljševanje temelji na vrednotenju poslovanja, pri čemer se osredotoča na najbolj kritične vrzeli in odstopanja glede konteksta, vodenja, načrtovanja, podpore in delovanja.</p> <p> Poslovna partnerstva in zunanja svetovalna podjetja, se uporabljajo za iskanje in predlaganje področij izboljšav.</p> <p> Politika podjetja odraža nedvoumno zavezanost k nenehnemu izboljševanju sistema menedžmenta inovativnosti.</p> |

Vir: Povzeto po Celukanovs in Wattle Björk 2019; SIST EN ISO 56002:2021; SIST-TS CEN/TS 16555-1:2014.

To poglavje ne prispeva le k akademskemu področju proučevanja obvladovanja inoviranja v organizaciji, temveč tudi k razvoju področja v poslovni praksi. Organizacije lahko uporabijo napotke in ugotovitve v tem poglavju z vidika primerjalne analize in analizo vrzeli med trenutnim stanjem v organizaciji in usmeritvami za prihodnji razvoj sistema menedžmenta inovativnosti. Z ozirom na

argument, da bodo trenutne najboljše prakse postale standardne prakse v prihodnje, je še toliko pomembneje proučevati in izmenjevati znanje s področja obvladovanja inoviranja v organizaciji. Slednje bo spodbudilo raziskovalce in organizacije k razvoju novih, boljših praks ter spodbudilo znanstveno področje obvladovanja inoviranja v nadaljnji razvoj.

Nenazadnje lahko sistem menedžmenta inoviranja (v skladu s standardom SIST EN ISO 56002:2021) razumemo tudi kot izjemno pomemben del v digitalni preobrazbi (Kiatpanont, 2020), ki se ravno tako osredotoča na ustvarjanje vrednosti za zainteresirane strani. Ravno tako lahko standard SIST EN ISO 56002 prispeva k doseganju ciljev trajnostnega razvoja, še zlasti s krepitevijo zelenih in trajnostno usmerjenih inovacij (Khan, Johl in Johl, 2021).



Slika 2: Vloga standarda SIST EN ISO 56002 pri spodbujanju trajnostno usmerjenega poslovanja

Vir: Povzeto po Khan, Johl in Johl, 2021.

Na podlagi spoznanj, pridobljenih s študijo literature in standarda SIST EN ISO 56000:2021 ter SIST EN ISO 56002:2021, apeliramo, da se prihodnje raziskave usmerjajo na vidike uvajanja standarda SIST EN ISO 56002, še zlasti z vidika motivov, ovir, poslovnih učinkov in ključnih dejavnikov uspeha. Prihodnje raziskave naj se tudi usmerjajo na razumevanje mehanizmov razvoja inovacijske sposobnosti organizacije z vpeljavo in izvajanjem sistema menedžmenta inoviranja v skladu s

standardom SIST EN ISO 56002, kakor tudi na proučevanje dinamike nenehnega izboljševanja pripadajočega sistema, medsebojne povezanosti in interakcije z drugimi dejavniki, vključevanja teorije dinamičnih zmožnosti ali drugih znanstvenih teoretičnih podlag, ki jih je mogoče uporabiti za razumevanje te tematike.

Literatura

- Adams, R., Bessant, J., & Phelps, R. (2006). Innovation management measurement: A review. *International journal of management reviews*, 8(1), 21-47.
- Adler, S.P., & Shenbar, A. (1990). Adapting your technological base: The organizational challenge. *Sloan Management Review*, 25, 25-37.
- Akman, G., & Yilmaz, C. (2008). Innovative capability, innovation strategy and market orientation: an empirical analysis in Turkish software industry. *International Journal of Innovation Management*, 1 (12), 69-111.
- Al-Kalouti, J., Kumar, V., Kumar, N., Garza-Reyes, J.A., Upadhyay, A., & Zwiigelaar, J.B. (2020). Investigating innovation capability and organizational performance in service firms. *Strategic Change*, 29 (1), 103-113.
- Benraouane, S. A., & Harrington, H. J. (2021). *Using the ISO 56002 Innovation Management System: A Practical Guide for Implementation and Building a Culture of Innovation*. CRC Press.
- Blind, K., & Pohlisch, J. (2016): The Influence of Patents and Standards as Knowledge Sources on Innovation, in: EURAS Proceedings 2016, Kai Jakobs, Anne Mione, Anne-Francoise Cutting-Decelle and Sophie Mignon (Eds.), pp. 69-86.
- Blind, K. (2016). Standardization and Standards as Research and Innovation Indicators: current opportunities and future challenges. In Bluesky forum OECD, September, Ghent, Belgium.
- Boons, F., & Luedeke-Freund, F. (2013). Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 45, 9–19.
- Cabecinhas, M., Domingues, P., Sampaio, P., Bernardo, M., Franceschini, F., Galetto, M., ... & Hernandez-Vivanco, A. (2018). Integrated management systems diffusion models in South European countries. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Caetano, I. (2017). Standardization and innovation management. *Journal of innovation management*, 5(2), 8-14.
- Calik, E., Calisir, F., & Cetinguc, B. (2017). A scale development for innovation capability measurement. *Journal of Advanced Management Science*, 5 (2), 69-76.
- Canh, T.N., Liem, T.N., Thu, A.P., & Khuong, V.N. (2019). The Impact of Innovation on the Firm Performance and Corporate Social Responsibility of Vietnamese Manufacturing Firms. *Sustainability* 2019, 11(13), 3666.
- Cap, J. P., Hinzmann, F., Kohl, H., & Orth, R. (2019, September). European Standardization of Innovation Management: The Sufficiency of the CEN/TS 16555 in the 6th Generation of Innovation Management. In *International Conference on Innovation and Entrepreneurship* (pp. 205-XVI). Academic Conferences International Limited.
- Christensen, C.M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Damanpour, F., & Evan, W.M. (1984). Organizational innovation and performance: the problem of 'organizational lag'. *Administrative Science Quarterly*, 29 (3), 392-409.
- da Silva, S. B. (2021). Improving the firm innovation capacity through the adoption of standardized innovation management systems: a comparative analysis of the ISO 56002: 2019 with the literature on firm innovation capacity. *International Journal of Innovation*, 9(2), 389-413.

- De Vries, H., Jakobs, K., Egyedi, T. M., Eto, M., Fertig, S., Kanevskaia, O., ... & Scaramuzzino, G. (2018). Standardization: Towards an agenda for research. *International Journal of Standardization Research (IJSR)*, 16(1), 52-59.
- Duy, N.Q. (2015). Internal and External factors in Innovation Persistence. *Vietnam Journal of Economics and Development*, 221(2), 37-46.
- Evropska komisija (2016) "Tapping the Potential of European Service Standards to Help Europe's Consumers and Businesses." Resolution from the Commission to the European Parliament and of the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions European Standards for the 21st Century. EUR-Lex - 52016SC0186 – EN:1-12. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016SC0186>
- Fitz-Koch, S., & Nordqvist, M. (2017). The reciprocal relationship of innovation capabilities and socioemotional wealth in a family firm. *Journal of Small Business Management*, 55 (4), 547-570.
- Fonseca, L., Domingues, J. P., Baylina, P., & Calderón, M. (2017). Management system certification benefits: where do we stand?. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(3), 476-494.
- Forsman, H. (2011). Innovation capacity and innovation development in small enterprises. A comparison between the manufacturing and service sectors. *Research Policy*, 40(5), 739-750.
- Gopalakrishnan, S. in Damanpour, F. (1992). Innovation research in economics, sociology, and technology management: a review and synthesis. *Proceedings of the Academy of Management*, 52, 488.
- Granstrand, O., & Holgersson, M. (2020). Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*, 90, 102098.
- Gunday, G., Ulusoy, G., Kilic, K., & Alpkan, L. (2011). Effects of innovation types on firm performance. *International Journal of Production Economics*, 133 (2), 662-676.
- Hall, J., Matos, S., Gold, S., & Severino, L.S. (2018). The paradox of sustainable innovation: the 'Eroom' effect (Moore's law backwards). *Journal of Cleaner Production*, 172, 3487-3497.
- Hamel, G. (2006). The why, what and how of innovation management. *Harvard Business Review*, 84 (2), 72-84.
- Han, J.K., Kim, N., & Srivastava, R.K. (1998). Market orientation and organizational performance: is innovation a missing link? *The Journal of Marketing*, 62 (4), 30-45.
- Henning, F. (2018). A theoretical framework on the determinants of organisational adoption of interoperability standards in Government Information Networks. *Government Information Quarterly*, 35(4), S61-S67.
- Herfried, K. (2020). *Standards for Management Systems: A Comprehensive Guide to Content, Implementation Tools, and Certification Schemes*. Springer.
- Hylland, J., Karlsson, M., (2021). Towards a Management System Standard for Innovation - Letter from Standardization, *Journal of Innovation Management*, www.open-jim.org, 9(1), XI-XIX.; DOI: https://doi.org/10.24840/2183-0606_009.001_0002
- Hobcraft, P. (2012). Preparing Ourselves for Innovation Standards. Dosegljivo 2.3.2023 na: <http://www.innovationmanagement.se/2012/11/22/preparing-ourselves-for-innovation-standards/>.
- Horbach, J., Rammer, C. in Rennings, K. (2012). Determinants of eco-innovations by type of environmental impact: The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. *Ecological Economics*, 78, 112-122.
- Idris, M. C., & Durmuşoğlu, A. (2021). Innovation management systems and standards: A systematic literature review and guidance for future research. *Sustainabil 1*. Warrick, D.D., Milliman, J.F. in Ferguson, J.M. (2016). Building high-performance cultures. *Organizational Dynamics*, 45 (1), 64-70.ity, 13(15), 8151.
- Iddris, F. (2016). Innovation Capability: A Systematic Review and Research Agenda. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 11, 235-260.

- Imran, M., Salisu, I., Aslam, H.D., Iqbal, J., & Hameed, I. (2019). Resource and information access for SME sustainability in the era of IR 4.0: the mediating and moderating roles of innovation capability and management commitment. *Processes*, 7 (4), 211.
- Jiang, Y., & Chen, C.C. (2018). Integrating knowledge activities for team innovation: effects of transformational leadership. *Journal of Management*, 44 (5) 1819-1847.
- Jiménez-Jiménez, D., & Sanz-Valle, R. (2011). Innovation, organizational learning, and performance. *Journal of Business Research*, 64 (5), 408-417.
- Kafetzopoulos, D., & Psomas, E. (2015). The impact of innovation capability on the performance of manufacturing companies: The Greek case. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Karatepe, O.M., Aboramadan, M., & Dahleez, K.A. (2020). Does climate for creativity mediate the impact of servant leadership on management innovation and innovative behavior in the hotel industry? *Inter. Journal of Contemporary Hospitality Management*, 32 (8), 2497-2517.
- Karlsson, M., & Magnusson, M. (2019). The systems approach to innovation management. In J. Chen, A. Brem, V. Eric, & P. K. Wong. *The Routledge Companion to Innovation Management*. London: Routledge.
- Khan, P. A., Johl, S. K., & Johl, S. K. (2021). Does adoption of ISO 56002-2019 and green innovation reporting enhance the firm sustainable development goal performance? An emerging paradigm. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 2922-2936.
- Khosravi, P., Newton, C., & Rezvani, A. (2019). Management innovation: A systematic review and meta-analysis of past decades of research. *European Management Journal*, 37(6), 694-707.
- Kiatpanont, R. (2020). Mapping digital transformation activities to the ISO-56002 innovation management standard: A literature review. In ISPIM Conference Proceedings (pp. 1–15). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).
- Kim, D.Y., Kumar, V., & Kumar, U. (2012). Relationship between quality management practices and innovation. *Journal of Operations Management*, 30 (4), 295-315.
- Kunc, M., & Bhandari, R. (2011). Strategic development processes during economic and financial crisis. *Management Decision*, 49(8), 1343-1353.
- Liao, S.H., Chen, C.C., Hu, D.C., Chung, Y.C., & Liu, C.L. (2017). Assessing the influence of leadership style, organizational learning and organizational innovation. *Leadership & Organization Development Journal*, 38(5), 590-609.
- Lin, C.Y.Y., & Chen, M.Y.C. (2007). Does innovation lead to performance? An empirical study of SMEs in Taiwan. *Management Research News*, 30 (2), 115-132.
- Lundvall, B.-Å., & Nielsen, P. (2007). Knowledge management and innovation performance. *International Journal of Manpower*, 28 (3/4), 207-223.
- Maier, D. (2018). Product and process innovation: a new perspective on the organizational development. *Inter.I.J. Of Advance Research And Innovative Ideas In Education* 3(6), 132-138.
- Maier, D., Maier, A., Aschilean, I., Anastasiu, L., & Gavriss, O. (2020). The relationship between innovation and sustainability: A bibliometric review of the literature. *Sustainability*, 12, 4083.
- Martínez-Costa, M., Jimenez-Jimenez, D., & del Pilar Castro-del-Rosario, Y. (2019). The performance implications of the UNE 166.000 standardised innovation management system. *European Journal of Innovation Management*, 22(2), 281-301.
- Martínez-Román, J.A., Gamero, J., & Tamayo, J.A. (2011). Analysis of innovation in SMEs using an innovative capability-based non-linear model: A study in the province of Seville (Spain). *Technovation*, 31(9), 459–475.
- Mavroicidis, V., & Tarnawska, K. (2017). Toward a new innovation management standard. Incorporation of the knowledge triangle concept and quadruple innovation helix model into innovation management standard. *Journal of the Knowledge Economy*, 8, 653-671.
- Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO) (2021) "ISO Survey 2021". ISO- International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>

- Meeus, M., & Edquist, C. (2006). Introduction to Part I: Product and process innovation. *Innovation, Science, and Institutional Change: A Research Handbook* Publisher: Oxford University Press Editors: Jerald Hage, Marius Meeus.
- Mir, M., & Casadesús, M. (2011). Standardised innovation management systems: A case study of the Spanish Standard UNE 166002: 2006. *Innovar*, 21(40), 171-188.
- Moore, J.F., 1993. Predators and Prey: A New Ecology of Competition. *Harvard Business Review*, [online] 1 May.
- Mothe, C., & Thi, T. (2012). The impact of non-technological on technological innovations: do services differ from manufacturing? An empirical analysis of Luxembourg firms. *International Journal of Technology Management*, 57 (4), 227-244.
- Neyestani, B., & Juanzon, J.B.P. (2017). ISO 9001 Standard and Organization's Performance: A Literature Review. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research*. 4 (2), p6-13
- OECD, (2005). *Oslo Manual: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data*, OECD Publishing, Paris.
- Oura, M.M., Zilber, S. N., & Lopes, E. L. (2016). Innovation capacity, international experience and export performance of SMEs in Brazil. *International Business Review*, 25(4), 921-932.
- Owen, R., Bessant, J. R., & Heintz, M. (Eds.). (2013). *Responsible innovation: managing the responsible emergence of science and innovation in society*. John Wiley & Sons.
- Paradkar, A., Knight, J., & Hansen, P. (2015). Innovation in start-ups: ideas filling the void or ideas devoid of resources and capabilities? *Technovation*, 41, 1-10.
- Pasche, M., & Magnusson, M. (2011). Continuous innovation and improvement of product platforms. *Int. J. Technology Management*, 56 (2/3/4), 256-271.
- Pavitt, K (1990) What we know about the strategic management of technology. *California Management Review* 32(3), 17–26.
- Rajapathirana, R.J., & Hui, Y. (2018). Relationship between innovation capability, innovation type, and firm performance. *Journal of Innovation and Knowledge*, 3 (1), 44-55.
- Rampersad, G. (2020). Robot will take your job: innovation for an era of artificial intelligence. *Journal of Business Research*, 116, 68-74.
- Reynolds, E., & Uygun, Y. (2018). Strengthening advanced manufacturing innovation ecosystems: The case of Massachusetts. *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, 136, 178–191.
- Shaqrah, A.A. (2010). A conceptual model of customer innovation centric. *International Journal of Customer Relationship Marketing and Management*, 1 (2), 57-71.
- Singh, D., Oberoi, J.S., & Ahuja, I.S. (2013). An empirical investigation of dynamic capabilities in managing strategic flexibility in manufacturing organizations. *Manag. Decision*, Vol. 51(7), 1442-1461.
- SIST EN ISO 56000:2021. Upravljanje inovacij - Osnove in slovar (ISO 56000:2020). Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO).
- SIST EN ISO 56002:2021. Upravljanje inovacij - Sistem upravljanja inovacij - Navdilo (ISO 56000:2019). Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO).
- Smith, M., Busi, M., Ball, P., & van der Meer, R. (2008). Factors influencing an organisation's ability to manage innovation: a structured literature review and conceptual model. *International Journal of Innovation Management*, 12 (4), 655–676.
- Som, O., Kirner, E., & Jäger, A. (2015). The Absorptive Capacity of Non-R&D Intensive Firms. In: O. Som and E. Kirner, eds. 2015. *Low-Tech Innovation*, 145-164.
- Sporazum WTO/TBT. Annex 1: Terms and their Definitions for the Purpose of this Agreement. Dosegljivo na: https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/ai17_e/tbt_ann1_jur.pdf
- Stokes, F., Dixon, H., Generosa, A., & Nana, G. (2011). The economic benefits of standards to New Zealand. BERL Economics Report to the Standards Council of New Zealand and the Building Research Association of New Zealand.
- Szekely, F., & Strebler, H. (2013). Incremental, radical and game-changing: strategic innovation for sustainability. *Corporate Governance*, 13 (5), 467-481.

- Talmar, M., Walrave, B., Podoyntsyna, K.S., Holmström, & Rommea, A.G.L., 2020. Mapping, analyzing and designing innovation ecosystems: The Ecosystem Pie Model. *Long Range Planning*, [e-journal] 53(4), p. 101850.
- Tenera, A. B., & Varajão, J. (2022). Adoption and impact of management standards-position paper. *Procedia Computer Science*, 196, 880-885.
- Terziovski, M. (2007). *Building Innovation Capability in Organizations: An International Cross-case Perspective*. London: Imperial College Press.
- Tidd, J. (2021). A review and critical assessment of the ISO56002 innovation management systems standard: Evidence and limitations. *International Journal of Innovation Management (ijim)*, 24(01), 2150049.
- Tidd, J., & Bessant, J. R. (2021). *Managing Innovation: Integrating technological, market and organizational change*. New Jersey: Wiley.
- Tidd, J., & Bessant, J. (2018). Innovation Management Challenges: From Fads To Fundamentals. *International Journal of Innovation Management (ijim)*, 22(05), 1-13.
- Utterback, J.M. (1994). *Mastering the Dynamics of Innovation*. Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Viet, T.T.H. (2016). A study on the factors that influence innovation capability of leather enterprises in Hanoi city. *Vietnam Journal of Economic Management*, 74(1), 52-63.
- Warrick, D.D., Milliman, J.F., & Ferguson, J.M. (2016). Building high-performance cultures. *Organizational Dynamics*, 45 (1), 64-70.
- Weber, K. M., & Truffer, B. (2017). Moving innovation systems research to the next level: Towards an integrative agenda. *Oxford Review of Economic Policy*, 33(1), 101-121.
- West, M.A., & Farr, J.L. (1990). *Innovation and Creativity at Work: Psychological and Organizational Strategies*. Wiley, Chichester, 3-13.
- Wiggins, R.R., & Ruefli, T.W. (2005). Schumpeter's ghost: is hypercompetition making the strategic of the times shorter? *Strategic Management Journal*, 26 (10), 887-911.
- Wright, C., Sturdy, A., & Wylie, N. (2012). Management innovation through standardization: Consultants as standardizers of organizational practice. *Research Policy*, 652-662.

IZZIVI PRI OPTIMIRANJU FUNKCIJE VZDRŽEVANJA

ALENKA BREZAVŠČEK,¹ DAMJAN MALETIČ²

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
alenska.brezavscek@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
damjan.maletic@um.si

Namen poglavja je predstaviti in sistematično klasificirati konkretne optimizacijske izzive na področju vzdrževanja s ciljem postaviti ustrezne temelje za razvoj in uporabo primernih matematičnih modelov, ki bodo v praksi v pomoč pri iskanju optimalnih rešitev. Pričujoče poglavje tako podaja pregled nekaterih izbranih konkretnih optimizacijskih problemov, vezanih na aktivnosti funkcije vzdrževanja. Ravno tako izpostavljamo pomembnost uporabe primernih sistemov za upravljanje vzdrževanja (ang. Computerized Maintenance Management System - CMMS) z namenom optimizacije funkcije vzdrževanja.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.2](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.2)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
vzdrževanje,
preventivno vzdrževanje,
strategija vzdrževanja,
stroški vzdrževanja,
optimiranje



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.2](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.2)

ISBN

978-961-286-821-5

Keywords:

maintenance,
preventive maintenance,
maintenance strategy,
maintenance costs,
optimization

CHALLENGES IN MAINTENANCE FUNCTION OPTIMIZATION

ALENKA BREZAVŠČEK,¹ DAMJAN MALETIČ²

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Maribor, Slovenia
alenska.brezavscek@um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Maribor, Slovenia
damjan.maletic@um.si

The aim of this chapter is to present and systematically classify concrete optimization challenges in the field of maintenance in order to provide the appropriate basis for the development and application of suitable mathematical models that help to find optimal solutions in practise. The paper therefore gives an overview of some selected concrete optimization problems related to the activities of the maintenance function. It also highlights the importance of using appropriate computerised maintenance management systems (CMMS) for the optimization of the maintenance function.



1 Uvod

Industrijski sistemi so zaradi same uporabe kot tudi zaradi izpostavljenosti vplivom iz okolja v podvrženi degradaciji in/ali obrabi, ki kot taki prej ali slej vodita v odpoved naprave ali sistema. Posledice odpovedi katerega koli industrijskega sistema v praksi so vedno negativne in zaradi nenačrtovane nerazpoložljivosti sistema povezane z visokimi stroški, ki so lahko posledica slabše kakovosti in/ali izpada dohodka, zaradi nenačrtovanega zastoja sistema. Poleg tega je v najhujših primerih lahko okrnjena varnost ljudi, ali so celo ogrožena njihova življenja.

Pri preprečevanju odpovedi in/ali odpravljanju njihovih posledic igra ključno vlogo vzdrževanje. Pod pojmom vzdrževanje razumemo kombinacijo vseh tehničnih, upravnih in vodstvenih ukrepov v življenjskem ciklu predmeta, s ciljem obdržati ga ali obnoviti v stanje, v katerem lahko opravlja zahtevano funkcijo (SIST EN 13306:2018). Aktivnosti torej izvajamo bodisi z namenom preprečevanja nastopa odpovedi ali z namenom čim hitrejši povrnitve okvarjenega sistema v stanje zadovoljivega delovanja, ki omogoča nadaljnje izvajanje zahtevane funkcije.

Pred nekaj desetletji je bilo vzdrževanje iz vidika prakse obravnavano kot nujno zlo: nekaj, kar je potrebno storiti, če pride do odpovedi. Skozi leta pa se je pomen funkcije vzdrževanja in posledično tudi upravljanja vzdrževanja bistveno povečeval (de Jonge, 2017; de Jonge in Scarf, 2020). Danes je funkcija vzdrževanja pripoznana kot ena od ključnih funkcij poslovanja in ključni element sistema obvladovanja premoženja v organizaciji (Maletič et al., 2020; Maletič et al., 2022; de Jonge in Scarf, 2020). Pretekle raziskave so pokazale, da vzdrževanje vpliva na dobičkonosnost organizacije (Al-Najjar, 2007; Maletič et al., 2014). Organizacije se zavedajo, da se lahko učinkovitost in zanesljivost procesov bistveno izboljšajo, stroški pa občutno zmanjšajo, če se vzdrževalni ukrepi načrtujejo bolj premišljeno (de Jonge, 2017).

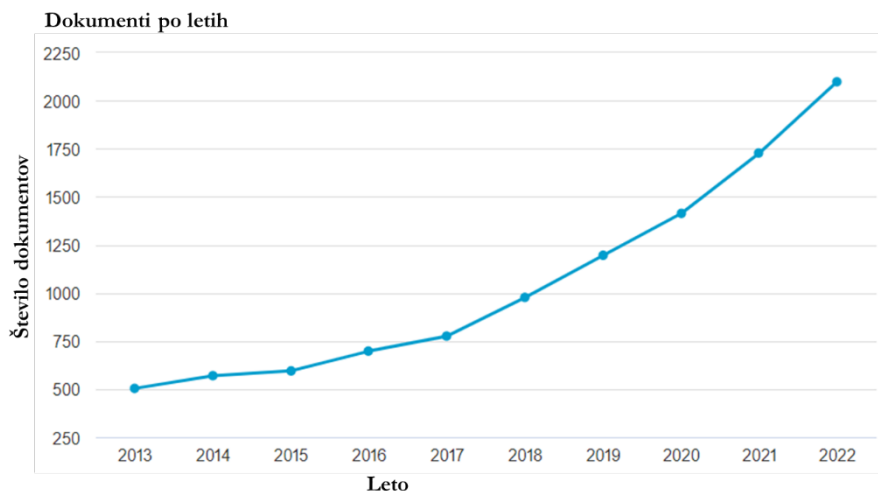
Kot posledica zavedanja pomembnosti vzdrževanja se v organizacijah povečuje tako delež zaposlenih na področju vzdrževanja, kakor tudi delež stroškov vzdrževanja glede na skupne obratovalne stroške (Zio in Compare, 2013). V industrijskih sistemih ni nič nenavadnega, da je oddelek za vzdrževanje med največjimi in obsega tudi do tretjine vseh zaposlenih. Na primer, v procesni industriji se več kot četrtnina vseh zaposlenih ukvarja z vzdrževanjem (Waeyenberg in Pintelon, 2002). Za kemično industrijo pa je ta odstotek še višji in dosega tudi 30% (de Jonge, 2017).

Organizacije se vse pogosteje zavedajo, da so stroški vzdrževanja poleg stroškov energije pogosto najvišja postavka v celotnem proračunu organizacije (Dekker, 1996). Številni avtorji navajajo, da stroški vzdrževanja običajno predstavljajo od 15 do 70% celotnih proizvodnih stroškov, višina sredstev, porabljenega za vzdrževanje, pa se še povečuje (de Jonge, 2017).

Zaradi vseh navedenih dejstev se organizacije vse bolj zavedajo, da lahko z bolj učinkovitim in skrbnim načrtovanjem vzdrževanja drastično izboljšajo učinkovitost in ekonomičnost poslovanja. Izbira ustrezne strategije vzdrževanja in optimiranje vzdrževanja postaja ena od ključnih in prioritetnih nalog slehernega industrijskega sistema (Alaswad in Xiang, 2017). Optimiranje vzdrževanja je kompleksna aktivnost, usmerjena na izbiro ustrezne strategije izvajanja preventivnega vzdrževanja tako, da je ob upoštevanju zahtev drugih poslovnih funkcij in omejitev (npr. izpolnjevanje ciljev proizvodnje, (ne)razpoložljivost rezervnih delov, upoštevanje omejitev v kadrovske, materialne in časovne resursih ipd.) zadoščeno izbranemu kriteriju optimalnosti (npr. skupni stroški vzdrževanja so minimalni, skupni čas zastoja je minimalen, razpoložljivost sistema je maksimalna ipd.). Pri tem so nam v praksi lahko v veliko pomoč različni optimizacijski modeli, ki jih razvijemo ob upoštevanju posebnosti obravnavanega sistema in okolja, v katerem le-ta deluje. Modeli optimiranja vzdrževanja se v grobem delijo na kvalitativne in kvantitativne. Kvalitativni modeli temeljijo na različnih tehnikah, kot npr. vzdrževanje na osnovi zanesljivosti (ang. Reliability Centred Maintenance – RCM) ali celovito produktivno vzdrževanje (ang. Total Productive Maintenance – TPM), medtem ko drugi, kvantitativni modeli, temeljijo na aplikaciji različnih determinističnih in/ali stohastičnih pristopov, ki se lahko uporabijo za popis delovanja sistema v uporabi, procesa odpovedovanja, degradacije in/ali oskrbovanja zaloge z rezervnimi deli (Grag in Deshmukh, 2006).

Razvidno je, da je področje optimiranja vzdrževanja kompleksno in zahtevno področje, s katerim se organizacije v praksi dnevno soočajo. Razumevanje s to problematiko povezanih konkretnih optimizacijskih problemov in njihovo obvladovanje lahko organizaciji prinese znatne prihranke v segmentu skupnih stroškov vzdrževanja. V nasprotnem primeru pa skupni stroški vzdrževanja narastejo, lahko tudi preko mere vzdržnega, kar pomeni, da je potrebno aktivnosti vzdrževanja krčiti, tako v smislu pogostosti kot kakovosti izvajanja, kar zagotovo negativno vpliva na učinkovitost sistema in njegovih produktov. Ravno tako v

literaturi zaznavamo rast znanstvenih objav s področja optimizacije vzdrževanja (slika 1).



Slika 1: Število objavljenih člankov po letih, povezanih z optimizacijo vzdrževanja (2013–2022)

Vir: Scopus. Iskalni niz: maintenance AND "optimization models".

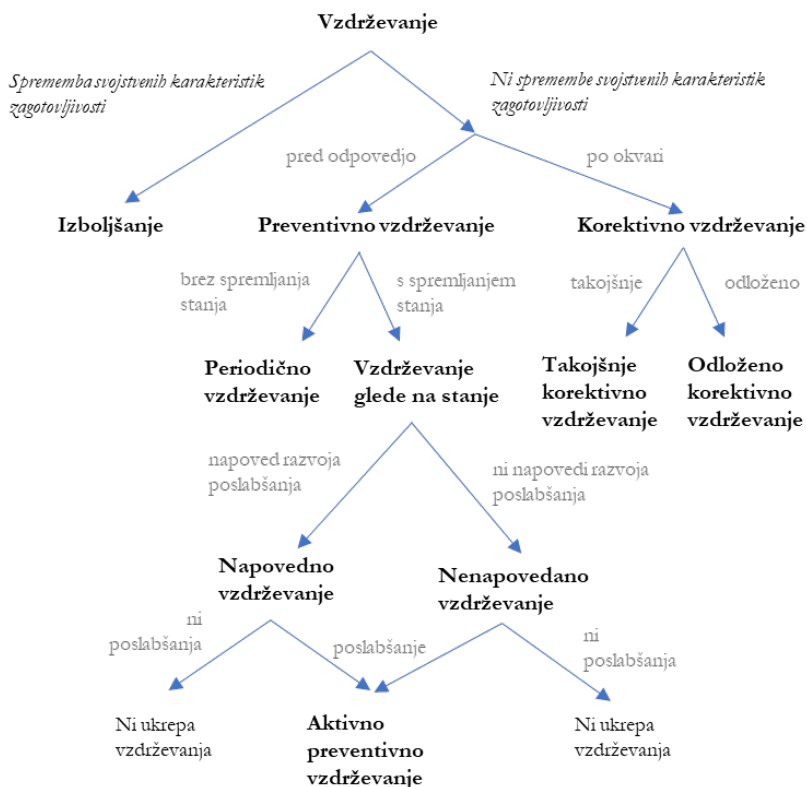
Namen prispevka je izpostaviti, predstaviti in sistematično klasificirati konkretne optimizacijske izzive, s katerimi se v organizaciji soočamo v sklopu upravljanja funkcije vzdrževanja. S tem bomo pripravili temelje za razvoj in uporabo primernih matematičnih modelov, ki bodo v praksi v pomoč pri iskanju optimalnih rešitev. Modele bomo klasificirali po različnih kriterijih in analizirali njihovo uporabnost v praksi.

2 Teoretične osnove

2.1 Vzdrževanje in strategije vzdrževanja

Pod pojmom "strategija vzdrževanja sistema" razumemo organiziranje izvajanja vzdrževanja njegovih enot z namenom, da bi odpoved sistema preprečili, oziroma, da bi nastalo odpoved čimprej odpravili. Kot je razvidno iz slike 2, lahko vzdrževanje v splošnem razvrstimo v dve glavni kategoriji: vzdrževanje, ki se izvaja po nastopu okvare ali korektivno vzdrževanje (ang. corrective maintenance- CM) in vzdrževanje z namenom preprečevanja odpovedi ali preventivno vzdrževanje (ang. preventive

maintenance - PM). Dodatno lahko opredelimo še kombinacijo vseh tehničnih, upravnih in vodstvenih ukrepov za izboljšanje (ang. improvement) svojstvene zanesljivosti in/ali vzdrževalnosti in/ali varnosti predmeta brez spremembe osnovne funkcije (SIST EN 13306:2018).



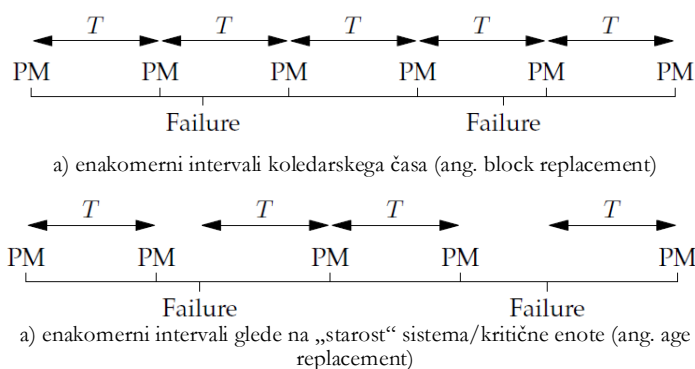
Slika 2: Strategije vzdrževanja
 Vir: Prirejeno po SIST EN 13306:2018.

Iz vidika optimiranja vzdrževanja je pomembno predvsem poznavanje in razumevanje različnih strategij izvajanja preventivnega vzdrževanja sistema in/ali njegovih enot.

Tradicionalni pristop pri izvajanju preventivnega vzdrževanja vključuje izvajanje bodisi celovitih pregledov sistema bodisi izvajanje preventivnih zamenjav kritičnih enot sistema v enakomernih časovnih intervalih, ki so vnaprej načrtovani. Tak

pristop v literaturi pogosto zasledimo tudi pod imenom »vzdrževanje po času« (ang. time-based maintenance - TBM). Interval izvajanja preventivnih vzdrževalnih posegov (običajno preventivnih zamenjav kritičnih enot sistema) v sklopu vzdrževanja na osnovi TBM je lahko določen na dva načina. V prvem primeru se preventivne zamenjave izvajajo v enakomernih intervalih koledarskega časa, ne glede na to, kdaj odpoved sistema/kritične enote nastopi in koliko časa znotraj enega intervala je obravnavan sistem dejansko deloval (slika 3). Ta strategija je v literaturi znana tudi pod imenom »block replacement«.

V drugem primeru pa se preventivne zamenjave izvajajo v enakomernih intervalih, pri čemer se upošteva dejanski čas delovanja obravnavanega sistema/kritične enote in se preventivna zamenjava opravi, ko obravnavani sistem/kritična enota doseže določeno »starost«, merjeno v obratovalnih urah, prevoženih km ipd. (slika 3). Za slednjo strategijo se je uveljavilo ime »age replacement« ali zamenjave glede na starost. Vsaka od obeh strategij ima svoje prednosti in slabosti ter je uporabna v specifičnih situacijah (Jardine in Tsang, 2021).



Slika 3: Izvajanje časovno določenih preventivnih zamenjav (ang. time-based maintenance - TBM).

Vir: Prirejeno po de Jonge (2017).

Ena od ključnih pomanjkljivosti opisanih strategij ali politik izvajanja preventivnih zamenjav je dejstvo, da se ob doslednem izvajanju take politike lahko zgodi, da v času načrtovane izvedbe preventivne zamenjave stopnja degradacije sistema/kritične enote še ni dosegla nivoja, ko bi bila zamenjava povsem upravičena. To je še posebej pogosto, kadar se preventivne zamenjave izvajajo v skladu s strategijo »block

replacement». To težavo do vsaj neke mere olajša naprednejša strategija izvajanja preventivnega vzdrževanja, ki se je uveljavila pod imenom »vzdrževanje na podlagi stanja« (tudi »vzdrževanje po stanju«, ang. condition based maintenance - CBM). Za razliko od TBM pristopov, ki temeljijo na zbiranju zgodovinskih podatkov o odpovedovanju sistema, je CBM pristop k vzdrževanju, ki temelji na sprotnem spremljanju stanja sistema/kritične enote s stališča stopnje degradacije. Spremljanje stanja se lahko izvaja s pomočjo različnih senzorjev ali nadzornih naprav. Le-to se lahko izvaja kontinuirano (ang. continuous monitoring) ali preko periodičnih pregledov (ang. inspections). Cilj CBM je tako zmanjšati nepotrebna vzdrževalna dela in odpraviti tveganja, ki so povezana s TBM pristopi (npr. preprečevanje neupravičenih preventivnih zamenjav) ter posledično zagotoviti čim nižje skupne stroške vzdrževanja. V splošnem je izvajanje CBM strategij preventivnega vzdrževanja v praksi zahtevnejše kot izvajanje tradicionalnih metod na podlagi TBM, vendar je hitri razvoj računalniških tehnologij za spremljanje (npr. napredni senzorji) bistveno olajšal implementacijo CBM (Alaswad in Xiang, 2017).

V zadnjem času se je v praksi uveljavila strategija preventivnega vzdrževanja, ki jo zasledimo pod imenom »priložnostno vzdrževanje« (ang. opportunistic maintenance). Ta strategija vzdrževanja predvideva, da vzdrževanje sistema in/ali njegovih enot ne sledi predhodno določenemu načrtu vzdrževanja (kot npr. TPM), pač pa se aktivnosti preventivnega vzdrževanja izvajajo, ko se za to ponudi priložnost. Na primer, organizacije lahko v ta namen izkoristijo obdobja nizke aktivnosti sistema (npr. obdobje, ko sistem ali določen del sistema ni v uporabi, je v npr. stanju neaktivnosti zaradi načrtovanega remonta). Z namenom zagotavljanja, da se aktivnosti vzdrževanja izvajajo na čim bolj učinkovit in ekonomičen način, se koncept priložnostnega vzdrževanja pogosto kombinira z drugimi strategijami preventivnega vzdrževanja (glej npr. de Jonge in Scarf, 2020).

V zadnjem obdobju se tako v literaturi kot v praktičnih aplikacijah vse pogosteje omenja koncept napovednega vzdrževanja (ang. predictive maintenance – PdM; glej npr. Dolatabadi in Budinska, 2021). To je sodobni pristop k vzdrževanju, ki za napovedovanje nastopa odpovedi in posledično potrebe po vzdrževanju uporablja napredne tehnike analize podatkov, kot so algoritmi strojnega učenja in statistično modeliranje. PdM predstavlja proaktivni pristop k vzdrževanju z namenom zagotavljanja pravočasnega prepoznavanja prihajajočih potreb po vzdrževanju, kar lahko bistveno doprinese k bolj optimalni organizaciji funkcije vzdrževanja in nižjim

stroškom vzdrževanja. Za izvajanje programa napovednega vzdrževanja se na spremljano opremo običajno namestijo senzorji za zbiranje podatkov o dejavnikih, kot so temperatura, tlak in vibracije. Ti podatki se nato analizirajo s pomočjo naprednih algoritmov za prepoznavanje vzorcev in anomalij, ki lahko kažejo na morebitne težave.

Vzdrževanje po stanju (CBM) in napovedno vzdrževanje (PdM) sta dve povezani, vendar različni strategiji vzdrževanja. Cilj obeh strategij je preprečiti odpovedi sistema in s tem nepričakovan zastoj, vendar se strategiji razlikujeta v pristopu k vzdrževanju. Strategija CBM temelji na spremljanju stanja sistema (običajno preko senzorjev ali drugih virov podatkov), pri čemer se aktivnosti vzdrževanja izvedejo le, ko/če vrednost parametra, s katerim spremljamo stanje sistema, doseže ali preseže vnaprej mejo, kar nakazuje povečano možnost nastopa odpovedi. Z drugimi besedami, v sklopu strategije CBM se vzdrževalni poseg izvede šele, ko parameter, ki definira stanje sistema, pokaže, da je to potrebno. Po drugi strani pa je napovedno vzdrževanje strategija vzdrževanja, ki uporablja napredne tehnike analize podatkov, ki so sposobne na podlagi vzorcev in trendov v podatkih, predvideti (napovedati), kdaj bo verjetno potrebno vzdrževanje. Cilj napovednega vzdrževanja je torej zaznati morebitne težave, preden le-te nastopijo (in se poveča verjetnost za odpoved sistema). S pomočjo take metodologije je torej mogoče vzdrževanje načrtovati vnaprej, kar omogoča čim bolj kontinuirano izvajane delovnih procesov. Če povzamemo razlike med obema pristopoma, je CBM reaktiven pristop, ki se osredotoča na izvajanje vzdrževanja, ko to zahteva stanje opreme, medtem ko je PdM proaktiven pristop, ki se osredotoča na napovedovanje, kdaj bo vzdrževanje potrebno, ter na njegovo vnaprejšnje načrtovanje.

2.2 Viri za vzdrževanje

Ne glede na naravo sistema, ki je predmet vzdrževanja (npr. industrijski sistem, prometni sistem, infrastruktura ipd.), je učinkovitost in ekonomičnost izvajanja vzdrževalnih aktivnosti pogojena z razpoložljivostjo različnih virov, ki so v praksi praviloma omejeni, zagotavljanje le-teh pa je povezano z določenimi stroški (glej npr. Jardine in Tsang, 2021). Ključne skupine virov izpostavljam v nadaljevanju:

- *Čas, potreben za izvajane vzdrževanja*: Izvajanje vzdrževalnih aktivnosti (pa naj bodo le-te korektivne ali pa preventivne) zahteva svoj čas. V nekaterih

- primerih lahko vzdrževani poseg zahteva zaustavitev sistema, kar negativno vpliva na njegovo razpoložljivost in posledično na produktivnost. Zato je pri oblikovanju strategije vzdrževanja pomembno, da predvsem tiste aktivnosti vzdrževanja, ki jih lahko načrtujemo (t.j. preventivno vzdrževanje), načrtujemo tako, da bo normalno delovanje sistema čim manj moteno in bo zagotovljeno, da bo skupni čas zastoja sistema zaradi izvajanja vzdrževanja (tako korektivnega kot preventivnega) minimalen.
- *Usposobljeno in kompetentno vzdrževalno osebje:* Za izvajanje vzdrževalnih nalog so potrebni izkušeni in ustrezno usposobljeni izvajalci. Velikost potrebne ekipe je odvisna od kompleksnosti sistema in zahtevnosti vzdrževalnih nalog. Večja ekipa po eni strani zagotavlja, da se aktivnosti vzdrževanja lahko izvedejo hitreje (kar pozitivno vpliva na razpoložljivost sistema), po drugi strani pa so skupni stroški vzdrževalnega osebja v takem primeru višji, kar negativno vpliva na skupne stroške vzdrževanja. Organizacija se lahko odloči za vzpostavitev lastne ekipe vzdrževalce, najem zunanjih izvajalcev ali kombinacijo obojega tako, da so skupni stroški, povezani z vzdrževalnim osebjem čim nižji ob doseganju drugih zahtev glede izvajanja strategije vzdrževanja.
 - *Orodja in oprema za izvajanje vzdrževanja:* Za učinkovito izvajanje aktivnosti vzdrževanja potrebujemo ustrezna orodja in opreme, od ročnih in električnih orodij do specializirane opreme, kot so diagnostična orodja in oprema za testiranje. Zagotovitev specializirane opreme je v praksi pogosto povezana z visokimi stroški. Po drugi strani pa lahko nerazpoložljivost ustrezne opreme povzroči, da se vzdrževalne aktivnosti ne morejo izvesti v predvidenih rokih, kar zopet negativno vpliva tako na razpoložljivost kot na produktivnost sistema. Organizacija se lahko odloči za nakup lastne vzdrževalne opreme, najem vzdrževalne opreme ali kombinacijo obojega tako, da so skupni stroški, povezani z vzdrževalno opremo čim nižji ob doseganju drugih zahtev glede izvajanja strategije vzdrževanja.
 - *Materialni resursi:* Materialne resurse, potrebne za učinkovito izvajanje vzdrževalnih aktivnosti, bi lahko v grobem razdelili v potrošni material in rezervne dele (ang. *spare parts*). V potrošni material uvrščamo različna maziva, čistila, potrošne rezervne dele in drugi material, ki ga potrebujemo za izvajanje tekočega vzdrževanja (npr. čiščenje, mazanje, razpraševanje, kalibriranje ipd.). Iz vidika optimiranja vzdrževanja pa so pomembni

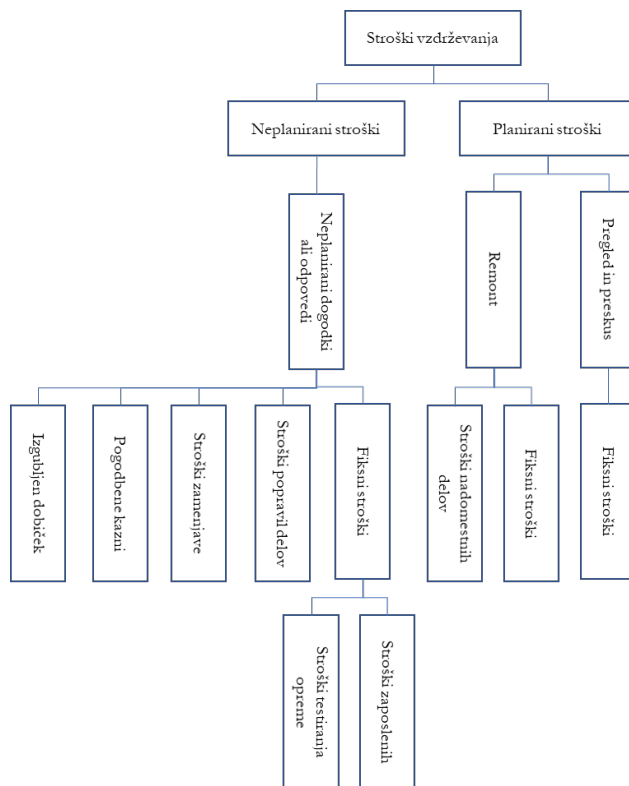
predvsem vitalni rezervni deli, ki jih potrebujemo za izvajanje načrtovanih preventivnih zamenjav, kot korektivnih zamenjav po odpovedi. V primeru, da ustreznega rezervnega dela ni na zalogi, ko ga potrebujemo, se zamenjava ne more opraviti. Slednje podaljša čas zastojev, negativno vpliva na razpoložljivost in posledično na produktivnost sistema. Po drugi strani (pre)visoka zaloga rezervnih delov za podporo vzdrževanju zvišuje stroške zalog in posledično skupne stroške vzdrževanja. Pri optimiranju vzdrževanja v praksi igra torej ključno vlogo optimalna strategija naročanja rezervnih delov, pri čemer moramo posebno pozornost posvetiti rezervnim delom, ki na trgu niso dosegljivi takoj, pač pa je dobava vezana na dobavni rok, ki je lahko deterministične ali stohastične narave (glej npr. Brezavšček, 2015).

- *Finančna sredstva*: Za učinkovito izvajanje vzdrževalne dejavnosti je potreben zadosten proračun. Kot že omenjeno, predstavljajo stroški vzdrževanja eno najvišjih postavk v celotnem proračunu organizacije. Poleg tega so ti stroški zelo kompleksni, saj so odvisni od številnih dejavnikov (glej poglavje 2.3). Organizacije se v praksi torej stalno soočajo z zelo zahtevnim izzivom, kako organizirati funkcijo vzdrževanja, da bodo vzdrževalne aktivnosti potekale čim bolj optimalno (skupni čas zastoja zaradi vzdrževanja sistema bo minimalen, razpoložljivost sistema bo maksimalna, skupni stroški vzdrževanja bodo čim nižji ipd.), pri čemer je potrebno zagotoviti, da proračun, ki ga organizacija nameni za vzdrževanje in je vedno omejen, ni presežen.

2.3 Stroški vzdrževanja

Kompleksnost tehnologije in pomembna vloga vzdrževanja v proizvodnji sta povzročili povečanje stroškov, povezanih z vzdrževanjem. Zato je področju vodenja stroškov vzdrževanja vredno nameniti pozornost (Sinkkonen idr., 2013; Simões idr., 2011). Stroški vzdrževanja postajajo vse večji. Razlog je v dražjih rezervnih delih, vse višji potrebni strokovnosti zaposlenih, ki izvršujejo vzdrževalna dela, v večjem številu vzdrževalcev ipd.. El-Haram in Horner (2002) sta stroške vzdrževanja razdelila na direktne stroške dela, materialov in nadomestnih delov, stroške opreme in orodja, administrativne in splošne stroške ter stroške zaradi izgube prihodka. Salonen in Deleryd (2011) sta neposredne stroške vzdrževanja razdelila na stroške dela, nadomestne dele in druge stroške vzdrževanja, medtem ko indirektni stroški

vključujejo stroške izgubljene proizvodnje in neustrezno kakovost vzdrževanja. Nadalje, Tavakoli in Nafar (2021) sta stroške razdelila glede na neplanirane in planirane dejavnosti (slika 4).



Slika 4: Struktura stroškov vzdrževanja

Vir: Prirejeno po Tavakoli in Nafar (2021).

3 Pregled sorodnih raziskav

Strokovna in znanstvena literatura, vezana na tematiko: vzdrževanja, strategij vzdrževanja, organiziranja in upravljanja funkcije vzdrževanja v organizaciji, tehničnih aspektov izvajanja vzdrževalnih aktivnosti, je precej bogata, saj je področje izjemo aktualno tako za raziskovalce kot za strokovnjake iz prakse. V pričujočem prispevku se bomo osredotočili le na prispevke, ki ponujajo sistematične preglede izsledkov na izbranem področju optimiranja vzdrževanja. Slednje je, najbrž zaradi

zahtevnosti in kompleksnosti tematike, v literaturi nekoliko slabše zastopano. Izbrane prispevke predstavljamo v kronološkem zaporedju, kot so bili objavljeni.

Enega prvih tovrstnih prispevkov predstavlja članek Dekkerja (1996), v katerem avtor podaja pregled literature o uporabi modelov optimiranja vzdrževanja. Na podlagi izkušenj različnih uveljavljenih strokovnjakov ter izkušenj iz lastne prakse avtor razpravlja o praktični vrednosti matematičnih modelov, ki rešujejo različne optimizacijske probleme, vezane na problematiko vzdrževanja. Izpostavlja, da uporabno vrednost takih modelov bistveno povečuje njihova integracija v sodobne IKT sisteme za podporo odločanju in profesionalne programske pakete za upravljanje vzdrževanja, ki kot taki postajajo nepogrešljiv pripomoček sodobnega managerja na področju vzdrževanja.

Garg in Deshmukh (2006) podajata poglobljen in sistematični pregled literature za obdobje od 1995 do 2006 na področju upravljanja vzdrževanja (ang. maintenance management), kjer sta se dotaknila različnih segmentov od optimizacijskih modelov, tehnik vzdrževanja, metod razporejanja, kakor tudi informacijskih sistemov za podporo vzdrževanju. Znotraj vsakega od teh segmentov so avtorji izpostavili obstoječe vrzeli in izpostavili smernice in trende nadaljnjega razvoja. Avtorji raziskave Sharma idr. (2011) podajajo podroben pregled literature, pri čemer se osredotočajo na analizo različnih optimizacijskih tehnik, kot so npr. analitični hierarhični proces, Bayesov pristop in genetski algoritmi. Avtorji so mnenja, da je uporaba metod in tehnik simulacije v procesu optimiranja vzdrževanja spremenila pogled na vzdrževanje. Tem metodam pripisujejo velik pomen in možnosti za implementacijo. Supina avtorjev Vasili idr. (2011) v svojem delu predstavlja dokaj celovit pregled in klasifikacijo matematičnih modelov optimiranja vzdrževanja, pri čemer so vključeni izsledki za obdobje 1976 - 2011. Podobno raziskavo predstavlja nekoliko novejša študija, izvedena v letu 2018, avtorjev Nwadinobi in Ezeaku (2018). Supriatna in Singgih (2016) sta izvedla sistematični pregled literature glede uporabe različnih strategij preventivnega vzdrževanja. Prispevke, objavljene v obdobju 2006 – 2016, sta klasificirala glede na uporabljeno strategijo preventivnega vzdrževanja v 4 glavne skupine: optimiranje preventivnih zamenjav, optimiranje preventivnih popravil, optimiranje preventivnih pregledov (inspekcij) in optimiranje resursov za vzdrževanje.

Alaswad in Xiang (2017) podajata pregled literature na področju optimizacijskih modelov vzdrževanja po stanju (CBM). Avtorja se osredotočata le na pomembne vidike CBM, kot so kriteriji optimizacije, pogostost izvajanja pregledov, stopnja vzdrževanja ipd. Obravnavane študije klasificirata glede na to, na kakšen način so avtorji modelirali proces staranja in obrabljanja (ang. deterioration) obravnavanega sistema in modeliranje tega procesa z ustreznim stohastičnim modelom (diskretno spremljanje, kontinuirano spremljanje ali model z upoštevanjem sorazmerne stopnje tveganja). Glede na to, da je področje optimiranja CBM v literaturi bistveno slabše zastopano kot področje optimiranja TBM, nudi ta članek uporabne reference tako za strokovnjake, upravljalce CBM v praksi, kakor za raziskovalce, ki razvijajo nove metode modeliranja in optimiranja CBM.

Zelo poglobljen sistematični pregled literature sta izvedla de Jonge in Scarf (2020), ki sta analizirala preko 200 prispevkov na temo modeliranja in optimiranja vzdrževanja, objavljenih v obdobju 2001 - 2018. Avtorja povzemata ključno terminologijo, prispevke pa sistematično razvrstita v različne skupine na podoben način, kot so to izvedli Alaswad in Xiang (2017) ali Nwadinobi in Ezeaku (2018). Nadalje analizirata uporabnost modelov in razpravljata o možnostih zagotavljanja potrebnih podatkov. Izpostavita tudi posebne situacije, ki še niso raziskane in odpirata usmeritve za nadaljnji razvoj. Eno najnovejših študij na obravnavanem področju ponujata Dolatabadi in Budinska (2021), ki sta pripravila pregled člankov iz obdobja 2010-2020. Na podlagi izsledkov sta izpostavila glavna pričakovanja, zahteve in izzive za mala in srednje velika podjetja (ang. small- and medium-sized organizations – SMEs), vezana na uvajanja metod napovednega vzdrževanja (ang. predictive maintenance - PdM).

4 Priložnosti za optimiranje vzdrževanja v praksi

Pri oblikovanju strategije vzdrževanja sistema v praksi se soočamo z naslednjim problemom: za vsako enoto sistema, ki je s stališča zanesljivosti sistema kritična, je potrebno opredeliti pogostost in način izvajanja vzdrževalnih posegov ter način oskrbovanja zalog z rezervnimi enotami tako, da bo zadovoljeno izbranemu kriteriju (npr. skupni stroški vzdrževanja sistema naj bodo minimalni). Strategijo, ki zadošča temu pogoju, imenujemo optimalna strategija vzdrževanja sistema.

Oblikovanje optimalne strategije vzdrževanja konkretnega sistema v eksploataciji temelji na razvoju ustreznega matematičnega modela, ki mora upoštevati vse specifikke sistema, kakor tudi okolja, v katerem sistem deluje. Zaradi kompleksnosti sodobnih industrijskih sistemov in interdisciplinarnosti obravnavanega področja, je razvoj takih modelov dokaj kompleksna naloga. V nadaljevanju opisujemo splošen pristop pri formulaciji takega modela, kakor tudi podajamo ključne izsledke iz literature ter nekaj usmeritev za prakso.

4.1 Matematični modeli optimiranja vzdrževanja

Matematični model optimiranja vzdrževanja lahko v splošnem zapišemo v obliki kriterijske funkcije:

$$E = f(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_m) \quad (1)$$

kjer je:

- E - vrednost odločitvenega kriterija, ki ga optimiramo,
- x_i - vrednost i -tega izmed n relevantnih parametrov modela,
- y_j - vrednost j -te izmed m odločitvenih spremenljivk.

V skladu z ocenjenimi vrednostmi relevantnih parametrov modela $x_i, i=1 \dots n$, je potrebno določiti tiste vrednosti odločitvenih spremenljivk $y_j^*, j=1 \dots m$, pri katerih zavzame kriterijska funkcija $E(x_i, y_j)$ ekstremno vrednost E_o , ki jo imenujemo *kriterij optimalnosti*. Zapišemo lahko:

$$E_o = f(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1^*, y_2^*, \dots, y_m^*) \quad (2)$$

kjer pomeni:

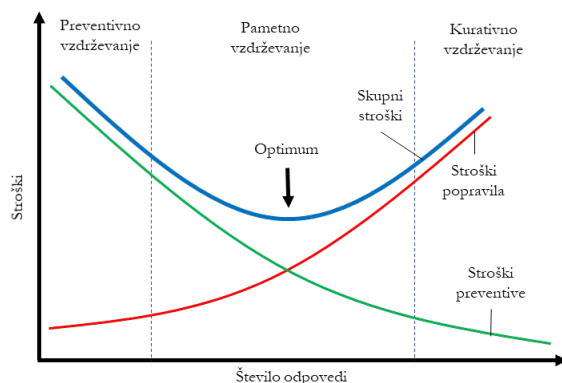
- E_o - ekstrem kriterijske funkcije, kjer je vrednost kriterijske funkcije enaka kriteriju optimalnosti,

- x_i - vrednost i -tega izmed n relevantnih parametrov modela,
- y_j^* - optimalna vrednost j -te izmed m odločitvenih spremenljivk, ki zagotavlja, da je vrednost kriterijske funkcije E enaka E_0 .

Kateri ekstrem kriterijske funkcije iščemo (tj. minimum oziroma maksimum), je odvisno od izbranega odločitvenega kriterija. V praksi najpogosteje uporabimo enega izmed naslednjih odločitvenih kriterijev:

- skupni stroški (vzdrževanja sistema, eksploatacije sistema ipd.) → iščemo minimum kriterijske funkcije);
- čas zastoja sistema → iščemo minimum kriterijske funkcije;
- razpoložljivost sistema → iščemo maksimum kriterijske funkcije;
- prihodek (bruto, neto), dosežen z eksploatacijo sistema → iščemo maksimum kriterijske funkcije;
- produktivnost sistema → iščemo maksimum kriterijske funkcije.

Zasnovo optimizacijskega problema, kjer smo kot kriterijsko funkcijo izbrali skupne stroške vzdrževanja sistema, ponazarja slika 5.



Slika 5: Primer optimizacijskega problema, kjer kriterijska funkcija predstavlja skupne stroške vzdrževanja sistema

Vir: Klanker idr. (2017).

Vrednost izbranega odločitvenega kriterija (in posledično kriterijske funkcije) lahko izrazimo v obliki kumulativne vrednosti v obdobju, za katerega določamo optimalno strategijo vzdrževanja, ali pa v obliki povprečne vrednosti na enoto časa. Slednji način je še posebej prikladen, ko je mogoče proces vzdrževanja sistema razdeliti na zaključene, ponavljajoče se cikle. Maksimalni prihodek oziroma maksimalno produktivnost sistema lahko izrazimo tudi na enoto skupnih stroškov vzdrževanja. Maksimalni prihodek na stroškovno enoto je uporaben odločitveni kriterij predvsem v primeru, ko prihodka z eksploatacijo sistema ni možno na enostaven način oceniti v denarni obliki.

Relevantne parametre modela optimiranja vzdrževanja predstavljajo tisti tehnični parametri sistema, katerih vrednosti vplivajo na vrednosti odločitvenih spremenljivk. Vrednosti posameznih parametrov modela določimo na podlagi podatkov o eksploataciji sistema. Za zbiranje in hranjenje teh podatkov je potrebno vzpostaviti ustrezno bazo podatkov, pri čemer so nam lahko v veliko pomoč specializirana programska orodja ali informacijski sistemi za podporo vzdrževanju (glej poglavje 4.2).

Odločitvene spremenljivke modela optimiranja vzdrževanja so tiste veličine, katerih vrednosti v procesu optimiranja iščemo, saj njihove optimalne vrednosti določajo optimalno strategijo vzdrževanja obravnavanega sistema. To so v praksi lahko: širina intervala izvajanja preventivnih zamenjav, obseg naročila rezervnih enot, signalna zaloga rezervnih enot ipd. Optimalne vrednosti odločitvenih spremenljivk lahko določimo na različne načine, kot npr. z odvajanjem kriterijske funkcije, grafično, z iteracijo ali z metodami simulacije. Izbira metode reševanja danega optimizacijskega problema je odvisna predvsem od narave kriterijske funkcije in števila vključenih odločitvenih spremenljivk.

V literaturi lahko zasledimo številne matematične modele optimiranja vzdrževanja, ki so razviti glede na posebnosti sistema in okolja, na katerega se nanašajo. V splošnem jih lahko delimo na *deterministične* in na *stobastične* (Nwadinobi in Ezeaku, 2018). Deterministični modeli so taki, pri katerih se predpostavlja, da je celotno dogajanje v procesu vzdrževanja poznano z gotovostjo. Posledično imajo pri takem modelu tako vhodni kot izhodni parametri modela fiksne, vnaprej znane vrednosti in nobena od spremenljivk ni naključna. Taki modeli temeljijo na uporabi različnih determinističnih metod operacijskih raziskav, kot so linearno in nelinearno

programiranje, dinamično programiranje ipd. (glej npr. Ming-Hua idr., 2012). Stohastični modeli pa so tisti, pri katerih je vsaj ena od spremenljivk naključna. Glede na to, da je v kompleksnem procesu vzdrževanja mnogo dejavnikov, ki so po svoji naravi stohastični (npr. čas do odpovedi industrijskega sistema in njegovih gradnikov je naključna veličina, čas izvedbe vzdrževalnega posega je pogosto naključna veličina, dobavni rok za rezervne dele je naključna veličina ipd.), so za optimiranje vzdrževanja prikladnejši stohastični modeli, saj zagotavljajo bolj natančne rezultate. Dejstvo pa je, da je iz matematičnega stališča razvoj takih modelov zahtevnejši, saj temeljijo na aplikaciji različnih bolj ali manj sofisticiranih pristopov iz teorije stohastičnih procesov, kot so npr. Markovski odločitveni procesi, teorija množične strežbe ipd. (glej npr. Powell, 2019).

Poleg tega je potrebno posebej poudariti, da razvoj in razumevanje stohastičnih matematičnih modelov optimiranja vzdrževanja zahteva dobro poznavanje in razumevanje konceptov teorije zanesljivosti, saj sta proces vzdrževanja in proces odpovedovanja sistema in njegovih enot med seboj tesno povezana in soodvisna (glej npr. Jardine in Tsang, 2021). Poseben in zahteven izziv predstavlja modeliranje procesa staranja in obrabljanja materiala z ustreznim stohastičnim modelom (glej npr. Alaswad in Xiang, 2017; Jia in Gardoni, 2018).

Izkušnje iz literature dokazujejo, da je pri razmeroma enostavnih optimizacijskih problemih možno kriterijsko funkcijo matematičnega modela optimiranja vzdrževanja zapisati v *analitični obliki*, pri kompleksnejših problemih in velikem številu odločitvenih spremenljivk pa smo se pogosto prisiljeni posluževati še drugih metod, kot npr. metod *simulacije* (glej npr. Nwadinobi in Ezeaku, 2018).

Ključna prednost analitičnih modelov je v tem, da jih je možno na dokaj enostaven način implementirati v prakso. Seveda se je pri tem potrebno zavedati, da bo izbrani model zagotavljal točne rezultate, ki bodo kot taki v praksi služili kot zelo uporabne informacije pri odločanju, le v primeru, ko matematične predpostavke, na katerih model temelji, veljajo tudi v okolju, v katerega model implementiramo. V nasprotnem primeru lahko dosežemo ravno nasproten učinek, ki se lahko v skrajnem primeru odrazi celo v poslabšanju stanja in porastu stroškov vzdrževanja.

Tabela 1: Konkretni optimizacijski problemi, vezani na aktivnosti vzdrževanja, za katere so v literaturi na voljo razmeroma enostavne analitične rešitve

| Zamenjave kritičnih enot sistema | Izvajanje inspekcijskih pregledov |
|--|--|
| <p><i>Optimizacijski problem:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – določanje optimalnega časa za izvedo preventivne zamenjave, kadar stroški delovanja enote naraščajo s časom uporabe: <ul style="list-style-type: none"> – minimiranje stroškov, – določanje optimalnega intervala izvajanja preventivnih zamenjav: <ul style="list-style-type: none"> – <i>glede na koledarski čas,</i> <ul style="list-style-type: none"> – minimiranje stroškov, – <i>glede na starost enot,</i> <ul style="list-style-type: none"> – minimiranje stroškov, – minimiranje stroškov ob upoštevanju časa, potrebnega za izvedbo zamenjave, – minimiranje časa zastoja, – določanje optimalne strategije oskrbovanje zalog z rezervnimi deli: <ul style="list-style-type: none"> – <i>za izvajanje preventivnih zamenjav,</i> – <i>za varnostno zalogo,</i> – določanje optimalnega intervala izvajanja preventivnih zamenjav z upoštevanjem strategije oskrbovanja zalog z rezervnimi deli; | <p><i>Optimizacijski problem:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – določanje optimalne pogostosti izvajanja inspekcijskih pregledov sistema: <ul style="list-style-type: none"> – maksimiranje profita, – minimiranje časa zastoja, – določanje optimalne pogostosti izvajanja inspekcijskih pregledov na napravah, ki delujejo na zahtevo (npr. v izrednih razmerah): <ul style="list-style-type: none"> – maksimiranje razpoložljivosti sistema, – optimiranje vzdrževanja po stanju: <ul style="list-style-type: none"> – <i>upoštevanje sorazmerne stopnje tveganja,</i> – <i>upoštevanje ekonomskih faktorjev,</i> |
| <p><i>Metode reševanja:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – koncepti verjetnosti in statistike; | <p><i>Metode reševanja:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – različni koncepti, ki temeljijo na teoriji stohastičnih procesov; |
| Zamenjava vitalnih delov sistema | Zagotavljanje potreb po resursih |
| <p><i>Optimizacijski problem:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – določanje optimalnega intervala izvajanja preventivnih zamenjav z upoštevanjem skupnih stroškov v življenjski dobi: <ul style="list-style-type: none"> – <i>upoštevanje konstantnega letnega izkoristka,</i> – <i>upoštevanje variabilnega letnega izkoristka,</i> – <i>upoštevanje tehnološkega napredka,</i> – oskrbovanje zaloge rezervnih delov za vitalne dele sistema; | <p><i>Optimizacijski problem:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – dimenzioniranje delavnice: <ul style="list-style-type: none"> – <i>optimalno število strojev,</i> – <i>optimalna velikost vzdrževalne ekipe,</i> – dimenzioniranje opreme: <ul style="list-style-type: none"> – <i>lastna oprema,</i> – <i>najeta oprema,</i> – odločitve najem/nakup opreme; |
| <p><i>Metode reševanja:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – metode ekonomike (časovna vrednost denarja in diskontiranje denarnega toka); – teorija rojstno smrtnih procesov. | <p><i>Metode reševanja:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – teorija sistemov množične strežbe; – metode simulacije. |

V tabeli 1 podajamo sistematični pregled konkretnih optimizacijskih problemov, vezanih na aktivnosti vzdrževanja, za katere so v literaturi na voljo razmeroma enostavne analitične rešitve. Pester nabor takih modelov skupaj s priporočili za implementacijo je zbran v knjigi Jardine in Tsang (2021). Menimo, da je tak pregled lahko v veliko pomoč skrbnikom vzdrževanja, ki želijo funkcijo vzdrževanja v svoji organizaciji nadgraditi in izboljšati z implementacijo sodobnih pristopov matematične optimizacije.

4.2 Optimiranje vzdrževanja s pomočjo namenskih programskih paketov za upravljanje vzdrževanja

Programski paket za upravljanje vzdrževanja (ang. Computerized Maintenance Management System - CMMS) je specializiran softverski sistem, ki je zasnovan za pomoč organizacijam pri učinkovitejšem upravljanju dejavnosti vzdrževanja. Običajno vključuje različne funkcije, kot so upravljanje delovnih nalogov, načrtovanje preventivnega vzdrževanja, sledenje opremi, upravljanje zalog in poročanje.

Glavni cilj sistema CMMS je racionalizirati dejavnosti vzdrževanja in povečati produktivnost z avtomatizacijo ročnih opravil, z zmanjšanjem števila izpadov in podaljšanjem življenjske dobe opreme. Z zagotavljanjem preglednosti vzdrževalnih dejavnosti in učinkovitosti sredstev v realnem času sistem CMMS organizacijam omogoča, da sprejemajo na podatkih temelječe odločitve o svojih strategijah vzdrževanja in učinkoviteje razporejajo sredstva.

Programski paketi CMMS se uporabljajo v različnih panogah, vključno s proizvodnjo, zdravstvom, prevozom in upravljanjem objektov. Uporablja se lahko lokalno ali v oblaku in je pogosto integriran z drugimi sistemi podjetja, kot sta programska oprema za načrtovanje virov podjetja (ang. Enterprise Resource Planning - ERP) ali programska oprema za upravljanje odnosov s strankami (ang. Customer Relationship Management - CRM).

Dandanes trg ponuja številne različne programske pakete CMMS. V nadaljevanju navajamo nekaj produktov, ki jih v praksi najpogosteje srečamo:

- IBM Maximo¹: Ta produkt je priljubljena izbira za velike organizacije v panogah, kot so proizvodnja, komunalne storitve in transport. Ponuja širok nabor funkcij, vključno z upravljanjem sredstev, upravljanjem delovnih nalogov, upravljanjem zalog in analitiko.
- SAP EAM (SAP Enterprise Asset Management)²: Je celovita rešitev za upravljanje aktivnosti vzdrževanja v panogah, kot so naftna in plinska industrija, rudarstvo in komunalne storitve. Vključuje funkcije, kot so upravljanje sredstev, upravljanje delovnih nalogov, načrtovanje preventivnega vzdrževanja in analitiko.
- Fiix³: je rešitev CMMS v oblaku, zasnovana za mala in srednje velika podjetja. Ponuja vrsto funkcij, vključno z upravljanjem delovnih nalogov, načrtovanjem preventivnega vzdrževanja, sledenjem sredstev in upravljanjem zalog.
- UpKeep⁴: je še en CMMS v oblaku, namenjen malim in srednje velikim podjetjem. Vključuje podobne funkcionalnosti kot Fiix (upravljanje delovnih nalogov, načrtovanje preventivnega vzdrževanja, sledenje sredstvom ipd.). Omogoča tudi mobilni dostop.
- eMaint⁵: ta CMMS rešitev je prvenstveno zasnovana za panoge, kot so proizvodnja, upravljanje objektov in zdravstvo. Vključuje funkcije, kot so upravljanje delovnih nalogov, načrtovanje preventivnega vzdrževanja, sledenje sredstvom in upravljanje zalog.

Iz navedenega je razvidno, da so funkcionalnosti vseh CMMS produktov dokaj podobne, kar je seveda pričakovano. Pri izbiri moramo tako upoštevati dejavnike, kot so velikost in panoga organizacije, morebitne posebne funkcije in funkcionalnosti, ki jih potrebujemo, stroške licenc in nenazadnje uporabniško izkušnjo.

¹ <https://www.ibm.com/products/maximo>

² <https://www.sap.com/products/scm/asset-management-eam.html>

³ <https://www.fiixsoftware.com/>

⁴ <https://www.onupkeep.com/>

⁵ <https://www.emaint.com/>

Dejstvo je, da CMMS organizacijam pomaga izboljšati kompleksne postopke vzdrževanja iz organizacijskega vidika, kar se odraža na nižjih stroških in posledično v višji stopnji optimizacije funkcije vzdrževanja. Naprednejši CMMS imajo integrirane tudi algoritme za matematično reševanje konkretnih optimizacijskih problemov, kot so opisani v poglavju 4.1. Nekatere prednosti uvedbe CMMS v organizacijo, kakor tudi izzivi, povezani z uvedbo, so izpostavljeni v člankih Chauhan in Singh (2016), Mohd Noor idr. (2021) in Shaheen in Németh (2022). Podjetja se tudi vedno bolj osredotočajo na razvoj povezanih platform za celovito obvladovanje premoženja z namenom čim večjega ustvarjanja vrednosti (Crespo Marquez et al., 2020).

5 Diskusija in zaključek

Poudarili bi, da je upravljanje funkcije vzdrževanja del obvladovanja premoženja, ki je opredeljeno kot usklajena aktivnost organizacije za ustvarjanje vrednosti iz premoženj (SIST ISO 55000:2017). Obvladovanje premoženja se nanaša na celoten življenjski cikel premoženj, medtem ko je upravljanje funkcije vzdrževanja pomembno predvsem v fazi delovanja. Z izboljšanjem odločitev o vzdrževanju v tej fazi lahko vzdrževanje poveča realizirano vrednost sredstev/premoženj (Maletič et al., 2020). Iz vsakodnevnih izkušenj je razvidno, da ob napaki pogosto zlahka pokažemo, da je vzrok pomanjkljivo ali neučinkovito vzdrževanje. Toda ko proizvodnja teče nemoteno, brez neplaniranih motenj, se ni lahko zavedati, da je to posledica učinkovitega vzdrževanja (Al-Najjar, 2007). Zato je pomembno, da se ugotovi in oceni vpliv funkcije vzdrževanja na področja, kot so proizvodnja, kakovost, logistika, nadomestni deli itd. Velik del skupnih stroškov je namreč povezanih z vzdrževanjem (Zio in Compare, 2013). Z uporabo nekaterih dobro znanih praks/konceptov vzdrževanja lahko z zmanjšanjem stroškov vzdrževanja povečamo dobiček (Sharma idr., 2011). Optimizacija vzdrževanja tako pomembno prispeva k ustvarjanju vrednosti iz premoženj in doseganju poslovnih ciljev. Optimizacija vzdrževanja preko razvoja in analize ustreznih matematičnih modelov postaja vse pomembnejša (de Jonge in Scarf, 2020). Namen prispevka je predstaviti in sistematično klasificirati konkretne optimizacijske izzive na področju vzdrževanja s ciljem postaviti ustrezne temelje za razvoj in uporabo primernih matematičnih modelov, ki bodo v praksi v pomoč pri iskanju optimalnih rešitev. Modeli optimizacije vzdrževanja, vgrajeni v sisteme za podporo odločanju, namreč zagotavljajo objektivni in kvantitativni način za odločevalce na področju vzdrževanja

in obvladovanja premoženja. Dodatno bi še izpostavili pomembnost ustrezne podpore CMMS za obravnavo in analizo vzdrževalnih postopkov. Seveda pa je v današnjem času hitro spreminjajočih se zahtev, velike konkurence in zahtev glede ravni vzdrževanja vse težje ohraniti dobro učinkovitost pri uporabi obstoječih modelov optimizacije funkcije vzdrževanja. Zato je nadaljnji razvoj na tem področju ključnega pomena pri vzpostavljanju in implementaciji primerne strategije vzdrževanja s ciljem doseganja ciljev obvladovanja premoženja in posledično ciljev organizacije.

Primerna strategija vzdrževanja je tudi ključnega pomena pri doseganju trajnostne učinkovitosti. Pretekle raziskave izpostavljajo pomembnost sistematičnega pristopa pri obvladovanju sredstev za doseganje učinkovitosti in uspešnosti na trajnostnem področju (Sandu idr., 2022; Maletič idr., 2018). V tem pogledu vzdrževanje, ki mora zagotavljati razpoložljivost, zanesljivost in varnost opreme, predstavlja ključno vlogo pri trajnostnem delovanju (Franciosi idr., 2018).

Literatura

- Alaswad, S., & Xiang, Y. (2017). A review on condition-based maintenance optimization models for stochastically deteriorating system, *Reliability Engineering & System Safety*, Volume 157, 54-63, <https://doi.org/10.1016/j.res.2016.08.009>.
- Al-Najjar, B. (2007). The lack of maintenance and not maintenance which costs: A model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 260-273.
- Brezavšček, A. (2015) Stochastic Approach to Planning of Spares for Complex Deteriorating Industrial System, *Quality Technology & Quantitative Management*, 12:4, 465-480, DOI: 10.1080/16843703.2015.11673431
- Chauhan, S. P., & Singh, Dr. S. (2016). Study of computerized maintenance management system (CMMS) and computer aided maintenance planning (CAMP) in production system, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(12), 315-318.
- Crespo Marquez, A., Gomez Fernandez, J. F., Martínez-Galán Fernández, P., & Guillen Lopez, A. (2020). Maintenance management through intelligent asset management platforms (IAMP). Emerging factors, key impact areas and data models. *Energies*, 13(15), 3762.
- de Jonge, B. (2017). Maintenance Optimization based on Mathematical Modeling. [Thesis fully internal (DIV), University of Groningen]. University of Groningen, SOM research school.
- de Jonge, B., & Scarf, P. A. (2020). A review on maintenance optimization. *European Journal of Operational Research*, 285(3), 805-824. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.09.047>
- Dekker, R. (1996). Applications of maintenance optimization models: A review and analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 51 (3), 229-240.
- Dolatabadi, S., & Budinska, I. (2021). Systematic Literature Review Predictive Maintenance Solutions for SMEs from the Last Decade, *Machines*, 9, 191. doi: 10.3390/machines9090191.
- El-Haram, M. A., & Horner, M. W. (2002). Factors affecting housing maintenance cost. *Journal of Quality in maintenance Engineering*, 8(2), 115-123.

- Franciosi, C., Iung, B., Miranda, S., & Riemma, S. (2018). Maintenance for sustainability in the industry 4.0 context: A scoping literature review. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 903-908.
- Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management: Literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12, 205-238. 10.1108/13552510610685075.
- ISO 55000. (2014). Asset management—Overview, principles and terminology. International Organization for Standardization (ISO).
- Jardine, A.K.S., & Tsang, A.H.C. (2021). *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429021565>
- Jia, G., & Gardoni, P. (2018). State-dependent stochastic models: A general stochastic framework for modeling deteriorating engineering systems considering multiple deterioration processes and their interactions, *Structural Safety*, 72, 99-110, <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2018.01.001>.
- Klanker, G., & Stipanovic, I., & Palić, S. (2017). The impact of different maintenance policies on ownerscosts: Case Studies from Croatia and the Netherlands. 3 Conference Joint COST TU1402 - COST TU1406 - IABSE WC1, Workshop The Value of Structural Health Monitoring for the reliable Bridge Management. doi: 10.5592/CO/BSHM2017.3.4.
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2020). An analysis of physical asset management core practices and their influence on operational performance. *Sustainability*, 12(21), 9097.
- Maletič, D., Marques de Almeida, N., Gomišček, B., & Maletič, M. (2022). Understanding motives for and barriers to implementing asset management system: an empirical study for engineered physical assets. *Production Planning & Control*, 1-16.
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2018). Development of a model linking physical asset management to sustainability performance: An empirical research. *Sustainability*, 10(12), 4759.
- Maletič, D., Maletič, M., Al-Najjar, B., & Gomišček, B. (2014). The role of maintenance in improving company's competitiveness and profitability: a case study in a textile company. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 25(4), Article 4. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2013-0033>.
- Ming-Hua, L., Jung-Fa, T. & Chian-Son Y. (2012). A Review of Deterministic Optimization Methods in Engineering and Management, *Mathematical Problems in Engineering*, 2012, Article ID 756023, 15 pages. <https://doi.org/10.1155/2012/756023>
- Mohd Noor, H., Mazlan, s. A., & Amrin, A. (2021) Computerized Maintenance Management System in IR4.0 Adaptation - A State of Implementation Review and Perspective. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1051 012019, doi: 10.1088/1757-899X/1051/1/012019
- Nwadinobi, C. P. & Ezeaku, I. I. (2018). Review of Maintenance Scheduling and Optimization Models. *International Journal of Scientific Research in Mechanical and Materials Engineering*, 2(5), 23-35.
- Powell, W. B. (2019). A unified framework for stochastic optimization, *European Journal of Operational Research*, 275(3), 795-821, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.07.014>.
- Salonen, A., & Deleryd, M. (2011). Cost of poor maintenance: A concept for maintenance performance improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), 63-73.
- Sandu, G., Varganova, O., & Samii, B. (2022). Managing physical assets: a systematic review and a sustainable perspective. *International Journal of Production Research*, 1-23.
- Shaheen, B.W., & Németh, I. (2022). Integration of Maintenance Management System Functions with Industry 4.0 Technologies and Features—A Review. *Processes*, 10, 2173. <https://doi.org/10.3390/pr10112173>
- Sharma, A., Yadava, G. S., & Deshmukh, S. G. (2011), A literature review and future perspectives on maintenance optimization, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), 5-25. <https://doi.org/10.1108/13552511111116222>
- Simões, J. M., Gomes, C. F., & Yasin, M. M. (2011). A literature review of maintenance performance measurement: A conceptual framework and directions for future research. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(2), 116-137.

- Sinkkonen, T., Marttonen, S., Tynninen, L., & Kärri, T. (2013). Modelling costs in maintenance networks. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19(3), 330-344.
- SIST EN 13306 (2018). Vzdrževanje - Terminologija s področja vzdrževanja. CEN EN - European committee for standardization.
- Supriatna, A., & Singgih, M. L. (2016). Preventive maintenance strategies: Literature review and directions. *The 7th International Conference on Operations and Supply Chain Management 2016*, Phuket Thailand.
- Tavakoli, M. & Nafar, M. (2021). Reduce maintenance costs by improving human reliability in power grids. *Electrical Engineering*. 103. 10.1007/s00202-020-01202-4.
- Vasili, M. R., Hong, T. S., & Ismail, N. (2011). Maintenance optimization models: a review and analysis. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Kuala Lumpur, Malaysia, January 22 – 24, 2011.
- Waeyenberg, G., & Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, 77 (3), 299–313.
- Zio, E., & Compare, M. (2013). Evaluating maintenance policies by quantitative modeling and analysis. *Reliability Engineering and System Safety*, 109, 53–65.

VKLJUČEVANJE ERGONOMIJE V TRAJNOSTNI RAZVOJ ORGANIZACIJE

TILEN MEDVED,¹ ZVONE BALANTIČ²

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
tilen.medved2@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
zvone.balantic@um.si

Integracija ergonomije in trajnostnega razvoja postaja v sodobnih organizacijah vse bolj pomembna. Zato bomo s pregledom znanstvene literature preučili ključne pozitivne lastnosti vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacij in osvetlili glavne razlike med zgoraj omenjenima disciplinama. Z vključitvijo ergonomskih načel v pobude trajnostnega razvoja lahko organizacije izboljšajo svojo operativno učinkovitost, zmanjšajo tveganje za poškodbe ali nelagodje za zaposlene in stranke ter zmanjšajo svoj vpliv na okolje. Ta medsebojni vpliv med ergonomijo in trajnostnim razvojem lahko pomaga organizacijam pri doseganju njihovih ciljev glede trajnosti in prispeva k bolj trajnostni prihodnosti za vse deležnike. Celovita ocena trenutnih operacij in procesov, močna ekipa, strateški načrt, vključevanje deležnikov, stalno spremljanje in vrednotenje ter izobraževanje, oziroma ozaveščanje, so nekatere od najboljših praks, ki jim lahko organizacije sledijo za uspešno implementacijo ergonomije v trajnostni razvoj. Integracija ergonomije v trajnostni razvoj lahko prinese številne koristi, vključno z izboljšanim počutjem zaposlenih, večjo operativno učinkovitostjo in manjšim vplivom na okolje, kar je pomemben vidik za organizacije, ki želijo ustvariti bolj trajnostno prihodnost. Poleg priprave modela, smo analizirali tudi področja neskladij pri povezavi omenjenih strokovnih ved.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.3](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.3)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:

ergonomija,
trajnostni razvoj,
organizacija,
integracija,
model



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.3](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.3)

ISBN

978-961-286-821-5

Keywords:

ergonomics,
sustainable development,
organization,
integration,
model

INTEGRATION OF ERGONOMICS IN THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ORGANIZATION

TILEN MEDVED,¹ ZVONE BALANTIČ²

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
tilen.medved2@um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
zvone.balantic@um.si

The integration of ergonomics and sustainable development is becoming increasingly important in modern organizations. Therefore, through a review of the scientific literature, we will examine the main positive features of the integration of ergonomics in the sustainable development of organizations and highlight the main discrepancies between the disciplines mentioned above. By integrating ergonomic principles with sustainability initiatives, organisations can improve operational efficiency, reduce the risk of injury or inconvenience to employees and customers, and reduce their impact on the environment. This interaction between ergonomics and sustainable development can help organisations achieve their sustainability goals and contribute to a more sustainable future for all stakeholders. A comprehensive assessment of current operations and processes, a strong team, a strategic plan, stakeholder engagement, continuous monitoring and evaluation, and education and awareness are some of the best practices organisations can adopt to successfully integrate ergonomics with sustainable development. Integrating ergonomics into sustainable development can bring several benefits, including improved employee well-being, increased operational efficiency, and reduced environmental impact, which is an important consideration for organisations seeking a more sustainable future. In addition to the development of the model, we also analysed the areas where the integration of the two disciplines is inconsistent.



1 Uvod

Izraz ergonomija izhaja iz grščine, kjer beseda "ergon" pomeni delo, "nomos" pa naravni zakon. Skovanka besed torej govori o naravnih zakonitostih, ki nastopijo pri delu (Balantič et al., 2016). Ergonomija proučuje, kako ljudje komunicirajo s svojim okoljem, zlasti na delovnem mestu. Ukvarja se z načrtovanjem opreme, sistemov in procesov, ki so varni, učinkoviti in udobni za ljudi. Ergonomska organizacija delovnih mest je pomembna, ker lahko zmanjša tveganje za poškodbe in bolezni, ki jih povzročajo ponavljajoči se gibi, nerodne drže in pretirana sila. Prav tako lahko izboljša produktivnost in zadovoljstvo pri delu. Trajnost pa je praksa zadovoljevanja sedanjih potreb brez ogrožanja zmožnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe. To je celosten pristop, ki upošteva ekonomske, socialne in okoljske vplive naših dejanj. Trajnost je pomembna, ker nam lahko pomaga ohraniti naravne vire, zmanjšati onesnaževanje in ublažiti učinke podnebnih sprememb. Ergonomija in trajnost sta torej dva pomembna pojma, ki sta tesno povezana in pomembno vplivata na naše vsakdanje življenje. (Dul et al., 2012; Gross, 1997; Tosi, 2012).

Dandanes sta koncepta tesno povezana, saj lahko ergonomska oblika delovnih mest pozitivno vpliva na trajnost. Ergonomska oprema lahko na primer pomaga zmanjšati porabo energije in virov ter lahko pomaga zmanjšati količino odpadkov in emisij. Ergonomsko oblikovanje lahko spodbuja tudi recikliranje in uporabo trajnostnih materialov. Poleg tega lahko ergonomska organizacija delovnih mest pomaga zmanjšati potrebo po prevozu, saj ljudem omogoča delo od doma ali na drugih oddaljenih lokacijah. Skratka, ergonomija in trajnost sta pomembna pojma, ki pomembno vplivata na naše vsakdanje življenje. Ergonomska zasnova lahko izboljša varnost, produktivnost in zadovoljstvo pri delu, medtem ko lahko trajnost pomaga ohranjati naravne vire in zmanjšati onesnaževanje. Z združitvijo obeh konceptov lahko ustvarimo bolj trajnostno in boljše bivalno okolje za vse (Jasiulewicz-Kaczmarek, 2013; Kroemer & Kroemer, 2016; Sauvé et al., 2016).

Problem, s katerim se soočamo, je v neopredeljenih mejnikih vključevanja in povezovanja ergonomije s trajnostnim razvojem. S sistematičnim proučevanjem znanstvene literature želimo pregledati, v katerih poslovnih področjih je najbolj pozitivno in smiselno vključiti ergonomska načela in vrednote. V nadaljevanju bomo proučili področja, kjer ergonomija in trajnostni razvoj nista povezana, ter predstavili, zakaj vključevanje ergonomije v trajnostni razvoj ni smiselno v vseh branžah

organizacije. Našteli bomo pozitivne in negativne posledice vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj.

Poleg obsežne raziskave o pozitivnih in negativnih učinkih povezovanja ergonomije s trajnostnim razvojem je glavni namen prispevka v razvoju modela »Vključevanje ergonomije v trajnostni razvoj organizacije«, s katerim lahko podjetja opravijo celostno analizo trenutnega stanja v podjetju ter na enostaven in postopen način vključijo ergonomska načela, orodja in tehnike v obstoječo raven trajnostnega razvoja.

2 Ergonomija

Ergonomija je znanstvena študija o interakciji ljudi s svojim delovnim okoljem in opremo. Cilj ergonomije je oblikovati delovna okolja in opremo, ki so varna, udobna in učinkovita za uporabo. To se doseže z upoštevanjem fizičnih in kognitivnih sposobnosti ljudi, pa tudi njihovih omejitev, ter oblikovanjem delovnega okolja in opreme, ki ustreza tem sposobnostim in omejitvam (HFES, 2018).

Obstaja več vej ergonomije, vključno s fizikalno, kognitivno in organizacijsko ergonomijo. Fizikalna ergonomija se osredotoča na načrtovanje opreme in delovnih okolij za zmanjšanje fizičnega napora, poškodb in neugodja. Na primer, fizično ergonomski delovni prostor lahko vključuje nastavljive stole in mize, ustrezno osvetlitev in opremo, nameščeno na dosegu roke, da zmanjša potrebo po nerodnih gibih (Balantič et al., 2016).

Kognitivna ergonomija se osredotoča na načrtovanje delovnega okolja in opreme za izboljšanje kognitivne zmogljivosti in zmanjšanje tveganja kognitivne utrujenosti in poškodb. To vključuje načrtovanje informacijskih sistemov in vmesnikov za zmanjšanje tveganja preobremenjenosti z informacijami in izboljšanje sprejemanja odločitev (Berlin & Adams, 2017).

Organizacijska ergonomija se osredotoča na načrtovanje delovnih sistemov in procesov za izboljšanje organizacijske uspešnosti in zmanjšanje tveganja poškodb in obremenitev. To vključuje načrtovanje delovnih urnikov, rotacijo delovnih mest in odmora za počitek z namenom zmanjšanja tveganj za poškodbe, izgorelost in stres (Balantič et al., 2016).

Da bi dosegli cilje ergonomije, je pomembno upoštevati vrsto dejavnikov. Na primer: velikost in oblika opreme v delovnih okoljih bi morali biti zasnovani tako, da ustrezajo povprečnemu človeku, hkrati pa je treba omogočiti prilagoditve za tiste, ki so morda večji ali manjši. Razporeditev delovnih prostorov mora biti zasnovana tako, da je potreba po nerodnih gibih čim manjša in omogoča enostaven dostop do opreme in materialov (Gross, 1997).

Poleg tega mora ergonomska zasnova delovnega okolja in opreme upoštevati vrsto dela, ki se opravlja. Na primer: delovna mesta, ki zahtevajo ponavljajoče se gibe ali dolgotrajno nelagodno držo, lahko povečajo tveganje za poškodbe in prekomerne obremenitve, zato bi morali snovalci delovnega okolja in opreme to upoštevati. Ergonomija je pomembno študijsko področje, saj pripomore k boljšemu zdravju in varnosti delavcev, hkrati pa izboljšuje učinkovitost, zadovoljstvo zaposlenih in udobje pri delu. Dobro načrtovano delovno okolje in oprema lahko privedeta do povečane produktivnosti, zmanjšane odsotnosti z dela in nižjih stroškov, povezanih s poškodbami pri delu (Baber & Young, 2022).

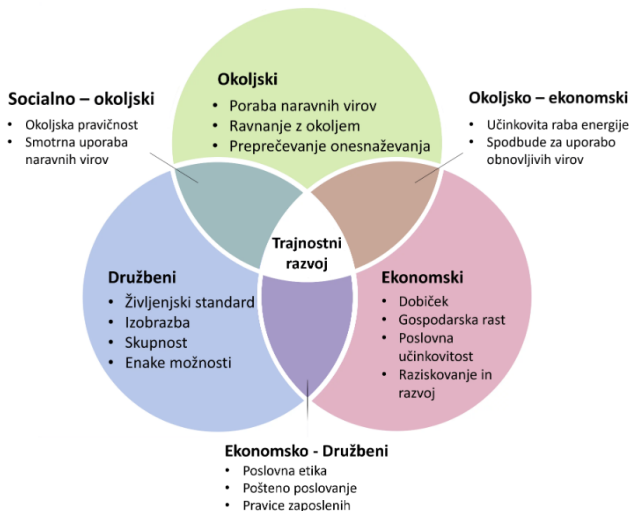
Z upoštevanjem vrste dejavnikov, kot so velikost, oblika, postavitve in vrsta dela, ergonomija pomaga zmanjšati tveganje za poškodbe in obremenitve na delovnem mestu, hkrati pa izboljša učinkovitost in uspešnost organizacije na dolgi rok (Balantič et al., 2016).

3 Trajnostni razvoj

Trajnostni razvoj je koncept, ki je v zadnjih letih pridobil velik pomen, saj se svet sooča z vedno večjimi okoljskimi, družbenimi in gospodarskimi oziroma ekonomskimi izzivi (slika 1). Ideja je uravnotežiti gospodarsko rast z družbeno in okoljsko odgovornostjo, da bodo lahko tudi prihodnje generacije zadovoljile svoje potrebe. Glavni cilj trajnostnega razvoja je doseči gospodarsko in družbeno blaginjo ob upoštevanju varstva okolja (Liu, 2017).

Koncept trajnostnega razvoja je bil prvič uveden v osemdesetih letih 20. stoletja, svetovno prepoznavnost pa je dobil leta 1987 z objavo Brundtlandovega poročila, ki ga je opredelilo kot razvoj, ki izpolnjuje potrebe sedanjosti, ne da bi ogrozil sposobnost prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe. Ta definicija poudarja

medgeneracijski vidik trajnostnega razvoja, ki je ključen za njegov uspeh (Haslam & Waterson, 2013).



Slika 1: Okoljski, družbeni in ekonomski stebri trajnostnega razvoja

Vir: Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje, 2022.

Eno od glavnih gonil trajnostnega razvoja je vse bolj jasno spoznanje, da se omejeni svetovni viri izčrpavajo z alarmantno hitrostjo. To še posebej velja za neobnovljive vire, kot so nafta, zemeljski plin in premog, ki so bistvenega pomena za svetovne potrebe po energiji, hkrati pa pomembno prispevajo k degradaciji okolja in podnebnim spremembam. V odgovor na to je cilj trajnostnega razvoja zmanjšati uporabo teh virov in povečati uporabo obnovljivih virov, kot so vetrna, sončna in vodna energija, ki jih pridobimo iz narave (Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016).

Drugi kritični vidik trajnostnega razvoja je potreba po obravnavanju socialnih in ekonomskih neenakosti. Te neenakosti lahko namreč negativno vplivajo na okolje, pa tudi na blaginjo posameznikov in skupnosti. Revščina lahko na primer povzroči prekomerno izkoriščanje naravnih virov, saj so se ljudje prisiljeni zanašati nanje za svoje preživetje. Nasprotno pa je cilj trajnostnega razvoja spodbujanje gospodarske rasti, ki je vključujoča in koristi vsem, ne glede na njihovo socialno ali ekonomsko ozadje (Schorr, 2018).

Okolje je prav tako osrednji vidik trajnostnega razvoja. To vključuje prizadevanja za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, ki prispevajo h globalnemu segrevanju in podnebnim spremembam, ter prizadevanja za zaščito in obnovo svetovnih ekosistemov, kot so gozdovi, oceani in mokrišča. S tem je cilj trajnostnega razvoja ohraniti naravno ravnovesje ter preprečiti propadanje vitalnih ekosistemov in izgubo biotske raznovrstnosti (Figueres, 2015).

Eden ključnih izzivov trajnostnega razvoja je zagotoviti njegovo uveljavitev na vseh ravneh družbe, od lokalne do globalne. To zahteva pristop z več deležniki, ki združuje vlado, podjetja, civilno družbo in posameznike, ki vsi sodelujejo pri doseganju skupnih ciljev. Podjetja igrajo ključno vlogo pri trajnostnem razvoju s sprejetjem okoljsko odgovornih praks, kot sta zmanjšanje ogljičnega odtisa in uporaba obnovljive energije. Vlade prav tako igrajo ključno vlogo z ustvarjanjem politik, ki spodbujajo trajnostni razvoj in vlagajo v obnovljivo energijo, trajnostni promet in druge ključne pobude (Haywood et al., 2019).

Končno sta izobraževanje in ozaveščanje ključni sestavini trajnostnega razvoja. Z izobraževanjem posameznikov o pomenu trajnosti in vplivu njihovih dejanj na okolje je mogoče gojiti občutek okoljske odgovornosti in spodbujati ljudi k trajnostnemu vedenju. To lahko vključuje zmanjšanje porabe energije, recikliranje in izbiro okolju prijaznih izdelkov (Cebrián & Junyent, 2015).

Trajnostni razvoj je kompleksen koncept, ki zahteva celovit pristop k uravnovešanju gospodarske rasti, družbene blaginje in varstva okolja. Zahteva sodelovanje vseh sektorjev družbe in zavezanost uvajanju potrebnih sprememb za doseganje trajnostne prihodnosti. S sodelovanjem, izobraževanjem in ozaveščanjem je mogoče ustvariti svet, v katerem bodo prihodnje generacije deležne visokega življenjskega standarda in zdravega okolja (Steer, 2008).

4 Presek ergonomije in trajnostnega razvoja

Ergonomija in trajnost sta dva pomembna pojma, ki sta tesno povezana in pomembno vplivata na naše vsakdanje življenje. Ergonomija proučuje komuniciranje ljudi s svojim okoljem, zlasti na delovnem mestu. Ukvarja se z načrtovanjem opreme, sistemov in procesov, ki so varni, učinkoviti in udobni za ljudi. Ergonomska oblika je pomembna, ker lahko zmanjša tveganje za poškodbe in

bolezni, ki jih povzročajo ponavljajoči se gibi, nerodne drže in pretirana sila. Prav tako lahko izboljša produktivnost in zadovoljstvo pri delu (Kroemer & Kroemer, 2016).

Kot smo omenili, je trajnost praksa zadovoljevanja sedanjih potreb brez ogrožanja zmožnosti prihodnjih generacij, da zadovoljijo svoje potrebe. To je celosten pristop, ki upošteva ekonomske, socialne in okoljske vplive naših dejanj. Trajnost je pomembna, ker nam lahko pomaga ohraniti naravne vire, pomaga zmanjšati onesnaževanje in pomaga ublažiti učinke podnebnih sprememb (Sauvé et al., 2016).

Koncepta sta tesno povezana, saj lahko ergonomija pozitivno vpliva na trajnost. Ergonomska oprema lahko na primer pomaga zmanjšati porabo energije in virov ter lahko pomaga zmanjšati količino odpadkov in emisij. Ergonomsko oblikovanje lahko spodbuja tudi recikliranje in uporabo trajnostnih materialov. Poleg tega lahko ergonomska oblika pomaga zmanjšati potrebo po prevozu, saj ljudem omogoča delo od doma ali na drugih oddaljenih lokacijah (Tosi, 2012).

Ergonomija lahko pomembno vpliva na kakovost delovanja in procesov organizacije v smislu trajnostnega razvoja (Mata et al., 2021; Thatcher, 2013):

- Ergonomska oblika lahko izboljša varnost delavcev, produktivnost in zadovoljstvo pri delu, kar lahko privede do izboljšane splošne uspešnosti organizacije. Ko je delavcem udobno in varno v njihovem delovnem okolju, je večja verjetnost, da bodo zavzeti in motivirani, kar lahko privede do večje produktivnosti in učinkovitosti.
- Z upoštevanjem ergonomije v procesu oblikovanja lahko organizacije zmanjšajo porabo virov in energije, kar lahko privede do prihrankov stroškov in zmanjšanja vpliva organizacije na okolje. Ergonomsko oblikovanje lahko spodbuja tudi uporabo trajnostnih materialov, kar lahko dodatno zmanjša vpliv organizacije na okolje.
- Ergonomska zasnova lahko pomaga zmanjšati potrebo po prevozu, kar lahko privede do zmanjšanja ogljičnega odtisa organizacije. To lahko izboljša tudi kakovost zraka v zaprtih prostorih in naravno osvetlitev, kar lahko privede do boljšega udobja in zdravja delavcev.

- Z združevanjem ergonomije in trajnosti lahko organizacije izpolnjujejo okoljske predpise, kar lahko organizacijo zaščiti pred globami in kaznimi.
- S skupnim upoštevanjem ergonomije in trajnosti v procesu načrtovanja lahko organizacije ustvarijo izdelke in storitve, ki so bolj zdravi, varni in udobni za ljudi, kar lahko povzroči pozitivne učinke na gospodarstvo in okolje ter na javno zdravje.

Ergonomija ima pomembno vlogo pri kakovosti delovanja in procesov organizacije v smislu trajnostnega razvoja. Lahko izboljša varnost delavcev, produktivnost in zadovoljstvo pri delu, vodi pa lahko tudi do zmanjšanja porabe virov in energije, zmanjšanja količine odpadkov in emisij, povečanega recikliranja in uporabe trajnostnih materialov ter zmanjšane potrebe po prevozu. Vse to lahko privede do izboljšane splošne uspešnosti, prihrankov stroškov in zmanjšanja negativnega vpliva organizacije na okolje (Jasiulewicz-Kaczmarek, 2013).

V nadaljevanju so predstavljena nekatera ključna raziskovalna spoznanja na področju vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacije (tabela 1).

Tabela 1: Pregled nekaterih izbranih znanstvenih publikacij

| Referenca | Opis povezave področij ergonomije in trajnostnega razvoja |
|----------------------------------|--|
| (Pilczuk & Barefield, 2014) | Potreba po ohranjanju virov, ponovni uporabi materialov in recikliranju so v središču trajnostnega gibanja. Potreba po hkratnem ohranjanju človeške delovne sile in ustvarjanju trajnostnih virov je koncept, ki si ga le redki upajo povezati. |
| (Thatcher et al., 2022). | Osrednje teme in priložnosti v ergonomiji in trajnostnem razvoju vključujejo kompleksnost sistemov, vedenje in delo, porabo energije, medsebojno povezanost in odnosi z deležniki. |
| (Pavlovic-Veselinovic, 2014) | Zanimanje in angažiranost pri vprašanih trajnosti je ne le želja strokovnjakov iz področja ergonomije, da bi bili v trendu, temveč resnična potreba po celovitem, sistemskem in celostnem pristopu do reševanja problemov v okolju. |
| (Ryan & Wilson, 2013) | Ergonomija ponuja sistemski pristop k raziskovanju in podpori, ki je potrebna za dejansko izvajanje politike o trajnosti v organizacijah, z možnostjo upoštevanja interakcij med širokim spektrom medsebojnih vplivov in izven katerekoli organizacije. |
| (Sarbat & Ozmehtmet Tasan, 2020) | Avtorji so obravnavali koncept trajnosti iz ergonomskega vidika. Ugotavljanje povezanosti med ergonomijo in trajnostjo ni težko zaradi osrednjega položaja človeka v ergonomiji ter implicitnih in eksplicitnih učinkov človeka na glavne tri razsežnosti trajnosti, ki so družba, okolje in gospodarstvo. |
| (Meyer et al., 2017) | Avtorji ugotavljajo, da rezultati pregleda literature poudarjajo, da je ergonomski pristop koristen in primeren za določanje neuskkljenosti med zmogljivostjo ljudi in zahtevami sistema. V tem smislu pregled literature s strani avtorjev razkriva, da imata obe disciplini, ergonomija in trajnost, enaka načela in da ima kombinacija obeh pomemben potencial. |

| Referenca | Opis povezave področij ergonomije in trajnostnega razvoja |
|-------------------------|--|
| (Radjiyev et al., 2015) | Ergonomija ima priložnost prispevati svoje znanje zlasti h kategorijam trajnostnega razvoja v naslednjih področjih: industrijsko in produktno oblikovanje, arhitektura, zdravje in varnost ter urejanje delovnih mest. |
| (Zink & Fischer, 2013) | Trajnost kot popolnoma nov pristop v ergonomiji ni nujno potreben – njegova splošna načela so že dolgo sestavni del disciplin. Vendar, da bi trajnost bolj delovala v konceptih ergonomije, bi se morale discipline bolj zavedati teh že obstoječih splošnih idej. Ustvarjanje novih in uporaba dobro znanih sinergij med ergonomijo in trajnostjo bi lahko končno vodilo do obojestranskih koristi: ergonomija lahko ponudi svoje raziskovalne rezultate, metode in instrumente, saj so pomembni za izvajanje trajnostnega razvoja. |
| (Brown & Legg, 2011) | Ker se načrt ergonomije izvaja v kontekstu socialno-tehničnih sistemov, rezultati težijo k maksimiranju vseh treh razsežnosti trajnostnega razvoja (ekonomskih, okoljskih in družbenih). |

4.1 Pozitivne lastnosti vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacij

Ergonomija in trajnost sta pojma, ki pomembno vplivata na naše vsakdanje življenje. Ergonomska zasnova lahko izboljša varnost, produktivnost in zadovoljstvo pri delu, medtem ko lahko trajnost pomaga ohranjati naravne vire in zmanjšati onesnaževanje. Z združitvijo obeh konceptov lahko ustvarimo bolj trajnostno in bivalno okolje za vse. Pozitivne posledice združevanja ergonomije in trajnosti vključujejo (Haslam & Waterson, 2013; Radjiyev et al., 2015):

- Izboljšana varnost delavcev, produktivnost in zadovoljstvo pri delu.
- Zmanjšanje porabe virov in energije.
- Zmanjšanje odpadkov in emisij.
- Povečano recikliranje in uporaba trajnostnih materialov.
- Zmanjšana potreba po prevozu.
- Izboljšana kakovost zraka v zaprtih prostorih in naravna osvetlitev.
- Skladnost z okoljskimi predpisi.
- Pozitiven vpliv na gospodarstvo.
- Pozitiven vpliv na okolje.
- Pozitiven vpliv na javno zdravje.

V primerjavi strokovnih področjih ergonomije in trajnostnega razvoja lahko zasledimo naslednje podobnosti (Dul et al., 2012):

- Osredotočenost na človeško izkušnjo: tako človeški dejavniki kot trajnostni razvoj se ukvarjajo s človeško izkušnjo in si prizadevajo izboljšati kakovost življenja posameznikov.
- Interdisciplinarni pristop: obe področji vključujeta vrsto disciplin, vključno z inženiringom poslovnih sistemov, psihologijo, sociologijo in znanostjo o okolju ter zahtevata multidisciplinarni pristop k reševanju problemov.
- Dolgoročni pristop: tako človeški dejavniki kot trajnostni razvoj se ukvarjajo z dolgoročnimi posledicami svojih dejanj in si prizadevajo ustvariti trajnostne rešitve.

V nadaljevanju so predstavljene interakcije ergonomije in trajnostnega razvoja (Sarbat & Oz Mehmet Tasan, 2020; Zink & Fischer, 2013):

- Ergonomija v trajnostnem razvoju: ergonomska načela je mogoče uporabiti pri načrtovanju trajnostnih izdelkov in delovnih okolij, kar vodi do povečane učinkovitosti, zmanjšane uporabe virov, zmanjšanja emisij in posledično izboljšane zadovoljstva uporabnikov.
- Trajnosten razvoj v ergonomiji: načela trajnostnega razvoja je mogoče vključiti v načrtovanje izdelkov, sistemov in okolij, da so zasnovani tako, da upoštevamo ergonomske vrednote in da nimajo negativnih vplivov na posameznike ali okolje.
- Sodelovanje: sodelovanje med ergonomijo in trajnostnim razvojem lahko vodi do bolj učinkovitih in trajnostnih rešitev, saj se lahko vsako področje uči od drugega in ga dopolnjuje.

4.2 Področje neskladij pri vključevanju ergonomije v trajnostni razvoj organizacij

Poleg pozitivnih posledic vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacije, obstajajo določena področja, kjer je vključevanje in povezovanje omenjenih področij nesmiselno. Določenim podjetjem ne uspe povezati ergonomije in trajnostnega razvoja, ker bi za to potrebovali strokovnjake iz obeh področij. Pri nekaterih

organizacijah pa je omenjena povezava zaradi njihove branže poslovanja nepomembna. Obstaja več razlogov, zakaj ergonomija morda ni vključena v pobude trajnostnega razvoja (Martin et al., 2013; Munguía Vega et al., 2019; Ryan & Wilson, 2013):

- Pomanjkanje ozaveščenosti: nekatere organizacije se enostavno ne zavedajo pomena ergonomije v trajnostnem razvoju in morda ne razumejo prednosti vključevanja ergonomskih načel v svoje pobude za trajnost.
- Stroški: implementacija ergonomskih načel v pobude trajnostnega razvoja je lahko draga in nekatere organizacije morda nimajo proračuna ali sredstev za vlaganje na tem področju.
- Časovne omejitve: vključevanje ergonomskih načel v pobude trajnostnega razvoja je lahko tudi dolgotrajno in organizacije lahko dajo prednost drugim pobudam s takojšnjimi rezultati.
- Odpornost na spremembe: nekatere organizacije zavračajo spremembe in ne želijo sprejeti novih praks ali tehnologij, ki so potrebne za vključitev ergonomije v trajnostni razvoj. Prav tako lahko zaznamo odpor zaposlenih ali vodstva do sprememb.
- Pomanjkanje strokovnega znanja: nekatere organizacije po vsej verjetnosti nimajo strokovnega znanja ali izkušenj za učinkovito vključitev ergonomskih načel v pobude trajnostnega razvoja ter ne vedo, kam naj se obrnejo po smernice in podporo.

Čeprav lahko integracija ergonomije v trajnostni razvoj prinese veliko koristi, obstaja tudi več ovir, ki lahko preprečijo organizacijam, da bi v celoti sprejele ta pristop. Ker pa se zavedanje o pomenu ergonomije v trajnostnem razvoju povečuje, je verjetno, da bo več organizacij začelo vključevati ta načela v svoje pobude za trajnost. Negativne posledice in ovire pri združevanju ergonomije in trajnosti vključujejo (Dekker et al., 2013; Lin et al., 2019):

- Težave pri iskanju trajnostnih materialov, ki izpolnjujejo ergonomske zahteve ter pri pridobivanju sredstev za ergonomske in trajnostne pobude.
- Pomanjkanje znanja in razumevanja ergonomije in trajnosti med deležniki – nepoznavanje pokritih področij.
- Težave pri merjenju vpliva ergonomskih in trajnostnih pobud.

- Cilji ergonomije in trajnostnega razvoja so lahko včasih v nasprotju, npr.: cilj ergonomije je pogosto povečati učinkovitost in produktivnost, kar lahko privede do povečane porabe virov in emisij, medtem ko je cilj trajnostnega razvoja zmanjšanje porabe virov in emisij.
- Ergonomija se velikokrat ukvarja s takojšnjimi in kratkoročnimi vplivi na posameznike, medtem ko se trajnostni razvoj ukvarja z dolgoročnimi vplivi na okolje in prihodnje generacije.

Omeniti velja, da je nekatere negativne posledice mogoče premagati s pravilnim načrtovanjem in izobraževanjem, prednosti kombinacije ergonomije in trajnosti pa v večini primerov prevladajo nad pomanjkljivostmi. Najpomembnejše je, da v celoti poznamo področje pokrivanja ergonomije in trajnosti.

5 Model vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacije

Pozitivnih učinkov in posledic združevanja ergonomije in trajnosti je več kot negativnih, zato je integracija zagotovo smiselna. Implementacija ergonomije v trajnostni razvoj je lahko zapleten proces, vendar obstaja več dobrih praks, ki jih lahko organizacije upoštevajo, da zagotovijo uspešno integracijo. Ker model spodbuja stalno in nenehno izboljševanje organizacije z vidika ergonomije in trajnosti, le-ta nastopa v obliki PDCA cikla. Proces je večstopenjski in vključuje naslednje korake (International Organization for Standardization, 2015-2016; Lange-Morales et al., 2014; Ryan & Wilson, 2013; Zink & Fischer, 2013):

- Ocenjevanje trenutnega stanja: to vključuje prepoznavanje trenutnih ergonomskih in trajnostnih vprašanj v organizaciji ter morebitnih tveganj in koristi implementacije ergonomije v trajnostni razvoj. Potrebna je izvedba temeljite ocene trenutnih operacij in procesov, da prepoznamo področja, kjer je mogoče ergonomska načela vključiti v pobude trajnostnega razvoja. To lahko pomaga organizacijam, da določijo prednost svojih prizadevanj in se osredotočijo na najbolj vplivne spremembe. Za ocenjevanje trenutnega stanja organizacijam priporočamo pregled in ravnanje po ISO standardih 14001:2015 (ravnanje z okoljem) ter 6385:2016 (ergonomska načela pri načrtovanju delovnih sistemov).

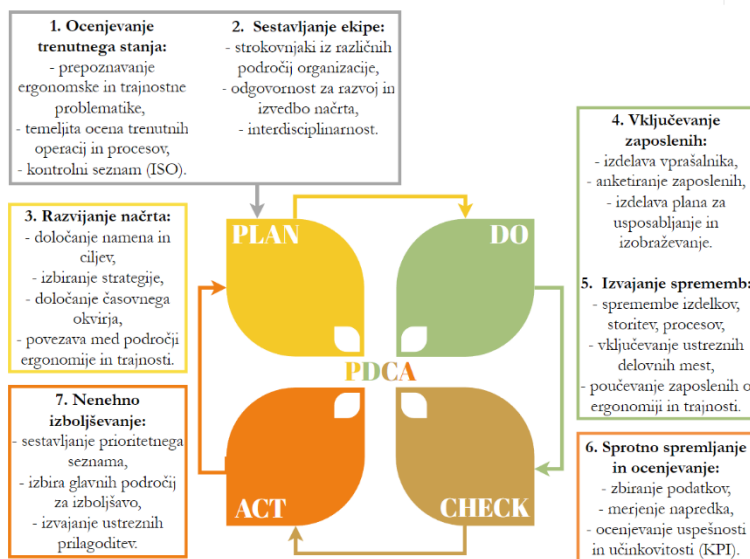
- Določanje ekipe, ki je sestavljena iz strokovnjakov z različnih področij organizacije, vključno z ergonomijo, trajnostjo, oblikovanjem in inženiringom. Ta ekipa je odgovorna za razvoj in izvajanje načrta ergonomije in trajnostnega razvoja. Za določanje ekipe je odgovoren oddelek za raziskave in razvoj. V projektno skupino lahko vključijo različna delovna mesta, kot so na primer: inženir za razvoj izdelkov, tehnolog, vodja proizvodnje, manager projektov, vodja financ in podobno, glede na potrebe organizacije.
- Razvijanje načrta: to vključuje določanje ciljev, določanje posebnih ukrepov in strategij za obravnavo ugotovljenih težav ter določanje časovnega okvira za izvedbo. Namen in cilje določi ekipa, izbrana in sestavljena s strani oddelka za raziskave in razvoj, s pomočjo kontrolnega seznama ISO standardov 14001:2015 ter 6385:2016. V načrtu naj bodo razvidne povezave obeh strokovnih področij – ergonomije in trajnosti.
- Vključevanje zaposlenih: zaposleni so tisti, na katere bodo spremembe najbolj vplivale, zato je pomembno, da jih vključimo v proces ter pridobimo njihov prispevek in povratne informacije. To je mogoče storiti z anketami zaposlenih, s katerimi ugotovimo raven poznavanja in vključenosti zaposlenih v ergonomska in trajnostna načela, vrednote in smernice podjetja. Za izdelavo anketnega vprašalnika je odgovorna zgoraj omejena sestavljena ekipa, ki nato s pomočjo kadrovske službe izvede anketiranje zaposlenih. Glede na rezultate analize kadrovska služba pripravi plan za nadaljnjo izobraževanje in usposabljanje določenih zaposlenih (glede na funkcijo). Prav tako je potrebno vključiti ključne deležnike, vključno s strankami in dobavitelji, v pobudo za ergonomijo in trajnostni razvoj. Potrebno je spodbujanje njihovih povratnih informacij in sodelovanje, da zagotovimo, da so njihove potrebe izpolnjene in da ima iniciativa pozitiven učinek.
- Izvajanje sprememb: to vključuje spremembe izdelkov, predmetov dela, delovnih sredstev in določenih poslovnih procesov za izboljšanje ergonomije in trajnosti. Glede na panogo dejavnosti podjetja v to fazo vključimo ustrezna delovna mesta (konstruktorji, tehnologji, razvijalci, ...). To lahko vključuje preoblikovanje opreme, uvedbo novih tehnologij ali spremembo ureditve delovnega mesta. Poleg spada tudi usposabljanje in izobraževanje zaposlenih o strokovnih področjih ergonomije in trajnosti.

- Sprotno spremljanje in ocenjevanje: to vključuje spremljanje napredka sprememb in ocenjevanje njihove učinkovitosti. V ta korak sodi zbiranje podatkov o varnosti delavcev, produktivnosti in zadovoljstvu pri delu ter spremljanje uporabe virov, odpadkov in emisij v organizaciji. Za to so zopet odgovorni zaposleni, delegirani s strani projektne skupine, sestavljene v drugem koraku. Smiselno je vključiti vodje določenih oddelkov, kot je na primer vodja proizvodnje. V tem koraku nenehno spremljamo in ocenjujemo izvajanje ergonomskih načel v pobudah trajnostnega razvoja ter le-te sprotno beležimo. Lahko si pomagamo z različnimi KPI indeksi, povezanimi z ergonomijo ter trajnostjo. To lahko pomaga organizacijam prepoznati področja za izboljšave in narediti potrebne prilagoditve z zagotovitvijo, da dosegajo svoje, vnaprej določene cilje.
- Nenehno izboljševanje: po uspešnem spremljanju in ocenjevanju izvajanja glavnih sprememb, lahko uporabimo zbrane podatke, s pomočjo katerih nato služba za kakovost prepozna ustrezna področja za izboljšave ter s pomočjo projektne skupine izvede potrebne prilagoditve. Pri nenehnem izboljševanju sestavimo prioritetni seznam, na vrhu katerega postavimo najbolj kritične KPI indekse organizacije s področja ergonomije in trajnosti. V tem koraku je potrebno zaposlene, stranke in dobavitelje ponovno izobraziti o pomenu ergonomije v trajnostnem razvoju. Ozaveščanje o prednostih ergonomskih načel in o tem, kako jih je mogoče vključiti v vsakodnevne prakse in procese, je v zadnjem koraku ključno.

Omeniti velja, da vključitev strokovnjaka iz področja ergonomije v proces pomaga pri prepoznavanju ergonomskih tveganj in priložnosti ter pri razvoju in izvajanju rešitev, ki so primerne za določena delovna mesta. Podobno je pri vključevanju strokovnjaka iz področja trajnostnega razvoja – pozoren je na družbene, okoljske in ekonomske vidike poslovanja podjetja. Omenjena strokovnjaka lahko kot zunanja izvajalca sodelujeta pri ocenjevanju trenutnega stanja, sestavljanju projektne ekipe, razvijanju načrta ter izvajanju sprememb. Zagotovo pa jih je smiselno vključiti tudi v ostale delovne aktivnosti, saj tako lahko spremljata uspešnost PDCA cikla.

Če povzamemo, uvajanje ergonomije v trajnostni razvoj organizacije zahteva oceno trenutnega stanja, izgradnjo močne ekipe, razvoj načrta, vključevanje zaposlenih, uvajanje sprememb, spremljanje in vrednotenje napredka ter nenehno izboljševanje ergonomskih in trajnostnih praks (slika 2). Z upoštevanjem teh najboljših praks

lahko organizacije uspešno implementirajo ergonomijo v pobude trajnostnega razvoja in dosežejo pozitiven vpliv na okolje, delovno mesto ter življenja zaposlenih in strank. Prav tako pa model služi v pomoč organizacijam, ki želijo nenehno izboljševati uspešnost in učinkovitost na področju ergonomije in trajnosti.



Slika 2: Model vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacije

Vir: Lasten.

6 Zaključek

Ta sistematični pregled literature je pokazal, da obstaja vedno več raziskav o razmerju med ergonomijo in trajnostnim razvojem. Literatura nakazuje, da lahko integracija ergonomije v trajnostni razvoj vodi do znatnih koristi v smislu varnosti delavcev, produktivnosti in zadovoljstva pri delu, pa tudi okoljskih koristi v smislu zmanjšane porabe virov in emisij. Poleg tega je pregled literature pokazal, da lahko uporaba ergonomskih načel pri oblikovanju trajnostnih izdelkov in delovnih okolij vodi do izboljšane zadovoljstva zaposlenih, povečane učinkovitosti in uspešnosti ter zmanjšane vpliva na okolje.

Vendar pa je pregled literature tudi ugotovil, da obstaja potreba po več raziskavah na tem področju, zlasti v zvezi z razvojem in validacijo orodij in metod za ocenjevanje okoljskega vpliva ergonomskih posegov ter ekonomskega vpliva ergonomskega in trajnostnega oblikovanja delovnih mest. Ugotovljeno je bilo, da pri vključevanju ergonomije v trajnostni razvoj organizacije prihaja do določenih neskladij, katere smo ustrezno predstavili.

Ker smo ugotovili, da je veliko več pozitivnih posledic vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacije kot negativnih, smo s pomočjo pregleda literature sestavili lasten model vključevanja ergonomije v trajnostni razvoj organizacije. Model lahko služi v pomoč pri celostni analizi trenutne organizacije, implementaciji oziroma povezavi obeh obravnavanih področij in ocenjevanju stanja ter sprotnem izboljševanju. S pomočjo modela prav tako vključimo ergonomijo in trajnost v vse ravni organizacije.

Na splošno je ta pregled literature pokazal pomen vključevanja ergonomije in trajnostnega razvoja ter potencial za pomembne koristi, ki jih je mogoče pridobiti z uporabo ergonomskih načel pri oblikovanju trajnostnih izdelkov in delovnih okolij.

Literatura

- 62nd Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, HFES 2018. (2018). In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society* (Vol. 3).
- Baber, C., & Young, M. S. (2022). Making ergonomics accountable: Reliability, validity and utility in ergonomics methods. *Applied Ergonomics*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103583>
- Balantič, Z., Polajnar, A. in Jevšnik, S. (2016). *Ergonomija v teoriji in praksi*. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Berlin, C., & Adams, C. (2017). *Production ergonomics: Designing work systems to support optimal human performance*. Ubiquity press.
https://books.google.si/books?hl=en&lr=&id=npHgDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=berlin+and+adams+2017&ots=LIJPq6vWWA&sig=CAA9KIDH1yAVM_PdcR90XNwONh4&redir_esc=y#v=onepage&q=berlin%20and%20adams%202017&f=false
- Brown, C., & Legg, S. (2011). Business and Sustainability: Concepts, Strategies and Changes Chapter 3 Human Factors and Ergonomics for Business Sustainability. *Critical Studies on Corporate Responsibility, Governance and Sustainability*, 3(3).
- Cebrián, G., & Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability (Switzerland)*, 7(3).
<https://doi.org/10.3390/su7032768>
- Dekker, S. W. A., Hancock, P. A., & Wilkin, P. (2013). Ergonomics and sustainability: Towards an embrace of complexity and emergence. *Ergonomics*, 56(3).
<https://doi.org/10.1080/00140139.2012.718799>

- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., & van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession. *Ergonomics*, 55(4). <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>
- Figueres, C. (2015). Take urgent action to combat climate change and its impacts. *UN Chronicle*, 51(4). <https://doi.org/10.18356/0ab994c7-en>
- Gross, C. (1997). Ergonomic Checkpoints: Practical and Easy-to-Implement Solutions for Improving Safety, Health and Working Conditions by the International Labour Office and International Ergonomics Association 1996, 273 pages, \$22.50 Geneva, Switzerland: ILO ISBN 92-2-10944-1. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 5(3). <https://doi.org/10.1177/106480469700500314>
- Haslam, R., & Waterson, P. (2013). Ergonomics and Sustainability. In *Ergonomics* (Vol. 56, Issue 3). <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.786555>
- Haywood, L. K., Funke, N., Audouin, M., Musvoto, C., & Nahman, A. (2019). The Sustainable Development Goals in South Africa: Investigating the need for multi-stakeholder partnerships. *Development Southern Africa*, 36(5). <https://doi.org/10.1080/0376835X.2018.1461611>
- International Organization for Standardization. (2015). *Environmental management systems — Requirements with guidance for use* (ISO Standard 14001:2015). <https://www.iso.org/standard/60857.html>
- International Organization for Standardization. (2016). *Ergonomics principles in the design of work systems* (ISO Standard 6385:2016). <https://www.iso.org/standard/63785.html>
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2013). The role of ergonomics in implementation of the social aspect of sustainability, illustrated with the example of maintenance. *Occupational Safety and Hygiene - Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene, SHO 2013*. <https://doi.org/10.1201/b14391-11>
- Kroemer, A. D., & Kroemer, K. H. E. (2016). Office ergonomics: Ease and efficiency at work: Second edition. In *Office Ergonomics: Ease and Efficiency at Work: Second Edition*. <https://doi.org/10.1201/9781315368603>
- Lange-Morales, K., Thatcher, A., & García-Acosta, G. (2014). Towards a sustainable world through human factors and ergonomics: it is all about values. *Ergonomics*, 57(11). <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.945495>
- Lin, C. J., Belis, T. T., & Kuo, T. C. (2019). Ergonomics-based factors or criteria for the evaluation of sustainable product manufacturing. *Sustainability (Switzerland)*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/su11184955>
- Liu, S. (2017). Sustainability: Humanity Perspective. *Bioprocess Engineering*, 829–870. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63783-3.00014-9>
- Martin, K., Legg, S., & Brown, C. (2013). Designing for sustainability: Ergonomics - carpe diem. In *Ergonomics* (Vol. 56, Issue 3). <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.718368>
- Mata, T. M., Oliveira, G. M., Monteiro, H., Silva, G. V., Caetano, N. S., & Martins, A. A. (2021). Indoor air quality improvement using nature-based solutions: Design proposals to greener cities. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168472>
- Meyer, F., Eweje, G., & Tappin, D. (2017). Ergonomics as a tool to improve the sustainability of the workforce. In *Work* (Vol. 57, Issue 3). <https://doi.org/10.3233/WOR-172563>
- Munguía Vega, N. E., Flores Borboa, V. S., Zepeda Quintana, D. S., & Velazquez Contreras, L. E. (2019). Assessing the effectiveness of integrating ergonomics and sustainability: a case study of a Mexican maquiladora. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 25(4). <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1419589>
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. In *Cogent Engineering* (Vol. 3, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Pavlovic-Veselinovic, S. (2014). Ergonomics as a missing part of sustainability. *Work*, 49(3). <https://doi.org/10.3233/WOR-141875>

- Pilczuk, D., & Barefield, K. (2014). Green ergonomics: Combining sustainability and ergonomics. *Work*, 49(3). <https://doi.org/10.3233/WOR-141869>
- Radijiev, A., Qiu, H., Xiong, S., & Nam, K. H. (2015). Ergonomics and sustainable development in the past two decades (1992–2011): Research trends and how ergonomics can contribute to sustainable development. *Applied Ergonomics*, 46(Part A), 67–75. <https://doi.org/10.1016/J.APERGO.2014.07.006>
- Ryan, B., & Wilson, J. R. (2013). Ergonomics in the development and implementation of organisational strategy for sustainability. *Ergonomics*, 56(3). <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.718372>
- Sarbat, I., & Ozmehtmet Tasan, S. (2020). A structural framework for sustainable processes in ergonomics. *Ergonomics*, 63(3). <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1641614>
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56. <https://doi.org/10.1016/J.ENVDEV.2015.09.002>
- Schorr, B. (2018). How Social Inequalities Affect Sustainable Development: Five Causal Mechanisms Underlying the Nexus. https://www.academia.edu/36053313/How_Social_Inequalities_Affect_Sustainable_Development_Five_Causal_Mechanisms_Underlying_the_Nexus
- Slovenski inštitut za kakovost in meroslovje. (2022). *Trajnostni razvoj*. https://www.siq.si/nase-dejavnosti/certificiranje-organizacij/predstavitev/trajnostni_razvoj/
- Steer, A. (2008). Achieving Sustainable Development and Promoting Development Cooperation. In *United Nations Publications*. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.028>
- Thatcher, A. (2013). Green ergonomics: Definition and scope. *Ergonomics*, 56(3). <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.718371>
- Thatcher, A., Bolis, I., Sigahi, T. F. A. C., García-Acosta, G., & Lange-Morales, K. (2022). Past, present, and future of E/HF for sustainability: A perspective from the HFSD Technical Committee. *Work*, (Preprint), 1-15. <https://content.iospress.com/articles/work/wor211121>
- Tosi, F. (2012). Ergonomics and sustainability in the design of everyday use products. *Work*, 41(SUPPL.1). <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0055-3878>
- Zink, K. J., & Fischer, K. (2013). Do we need sustainability as a new approach in human factors and ergonomics? *Ergonomics*, 56(3). <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.751456>

MODEL OBVLADOVANJA TVEGANJ ZA UTRJEVANJE VREDNOT ERGONOMSKIH NAČEL V PROAKTIVNI ERGONOMIJI

ZVONE BALANTIČ,¹ BRANKA JARC KOVAČIČ,²
TILEN MEDVED³

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
zvone.balantic@um.si

² Šolski center Kranj, Višja strokovna šola, Kranj, Slovenija
branka.jarc@guest.um.si

³ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
tilen.medved2@um.si

Zaposleni, ki opravljajo delovne naloge, so izpostavljeni raznim obremenitvam, ki lahko povzročijo nelagodje ali celo nekatere bolezni. Vpliv na zdravje zaposlenih je lahko mnogostranski in večnivojski, zato je s pomočjo ergonomskih metod potrebno ugotoviti vzroke, ki posledično povzročijo prezentizem ali absentizem. Ergonomske ocene nam pomagajo prepoznati tveganja, povezana s ponavljajočimi se nalogami, s slabo namestitvijo elementov delovnega mesta in z nepravilno uporabo strojev in naprav. Poznavanje in uresničevanje ergonomskih načel je temelj za obvladovanje tveganj, ki izhajajo iz dela zaposlenih. To ne sme biti kampanjski dogodek, pač pa mora biti del procesa stalnih izboljšav, usklajen s strateškimi cilji organizacije. Proaktivna ergonomija pri tem predstavlja učinkovito obvladovanje tveganj v zvezi z nastankom poškodb zaradi trenutnih in zaradi dolgotrajnih neustreznih izpostavljenosti nevarnostim zaposlenih pri delu.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.4](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.4)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
proaktivna ergonomija,
zdravje
tveganja,
metodologija,
ocena



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.4](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.4)

ISBN
978-961-286-821-5

A RISK MANAGEMENT MODEL TO REINFORCE THE VALUES OF ERGONOMIC PRINCIPLES IN PROACTIVE ERGONOMIC

ZVONE BALANTIČ,¹ BRANKA JARC KOVAČIČ,²
TILEN MEDVED³

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
zvone.balantic@um.si

² School centre Kranj/Higher Vocational College, Kranj, Slovenia
branka.jarc@guest.um.si

³ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
zvone.balantic@um.si

Keywords:
proactive ergonomics,
health,
risks,
methodology,
assessment

Workers performing work tasks are exposed to various stresses that can lead to discomfort or even illness. The effects on workers' health can be varied and complex, which is why it is necessary to apply ergonomic methods to identify the causes that lead to presenteeism or absenteeism. Ergonomic assessments help us identify the risks associated with repetitive tasks, improper arrangement of elements in the workplace, and incorrect use of machinery and equipment. Knowledge and application of ergonomic principles is the basis for managing the risks associated with employees' work. This should not be a one-time action, but part of a continuous improvement process aligned with the company's strategic goals. In this context, proactive ergonomics is an effective means of controlling the risks of injury resulting from current and long-term inappropriate exposure to hazards at work.



1 Uvod

Človek je inteligentno bitje, ki komunicira in gestikulira, ustvarja civilizacijo in je bitje, ki premore največjo stopnjo artikuliranega sporazumevanja. Človek se je razvijal v času in se prilagajal aktualnim spoznanjem, med katerimi se je vse bolj porajalo vprašanje produktivnosti, racionalizacije in humanizacije. Ko je človek začel uživati v smislu svojega dela in pri tem ni čutil fizikalnih, kognitivnih in organizacijskih utesnjenosti, je verjetno šel po poti, na kateri se je srečal z ergonomijo (Balantič & Jarc Kovačič, 2022).

Kaj ergonomija pravzaprav predstavlja? Najbolj enostaven odgovor bi se lahko glasil, da je to veda, ki proučuje človeka in njegove odzive v delovnem sistemu, v katerem lahko prihaja do preobremenitev. Seveda je definicijo možno oblikovati še mnogo bolj natančno, kar je v zgodovini pojasnilo že nešteto avtorjev. Nekatere arheološke najdbe dokazujejo, da so Grki v 5. stoletju pr. n. št. pri načrtovanju orodij, dela in delovnih mest uporabljali ergonomska načela (Marmaras, Poulakakis, & Papakostopoulos, 1999). Podobno arheološki dokazi kažejo tudi, da so zgodnje egipčanske dinastije med drugim izdelovale orodje in gospodinjsko opremo v skladu z ergonomskimi načeli (Okorji, I. G., 2022). Prvi, ki je v moderno okolje znanosti vnesel ime ergonomija, je bil Wojciech Bogumil Jastrzębowski (1799–1882). Znanstvenik, ki se je ukvarjal z raziskovanjem interaktivnih odnosov med človekom in delovnim okoljem, je leta 1857 pojem ergonomije uporabil v svojem članku z naslovom "Rys ergonomji czyli nauki o pracy, opartej na prawdach poczerpniętych z Nauki Przyrody" (Pregled ergonomije, tj. vede o delu, na podlagi ugotovitev, ki izhajajo iz naravoslovnih ved) (Jastrzębowski, Koradecka, Baluk-Ulewiczowa, & Gołębiowska, 1997). Področje znanosti, ki jo danes imenujemo ergonomija, je uradno ime dobilo šele leta 1949. Strokovnjaki iz različnih področij so skovali besedo za nastajajoče področje. Dogovorili so se za kombinacijo grških besed ergon (delo) in nomos (naravni zakoni). Skupina se je odločila sprejeti ta izraz in tako je znanstveno področje poimenovala Ergonomija (Balantič & Jarc Kovačič, 2022; Murrell, K.F.H., 1965).

Dobra ergonomska načela krepijo družbeno odgovornost, ki je temelj trajnostnemu razvoju. Ergonomske principe je treba vgrajevati v izdelke in storitve ter v znanje, kar pa je potrebno stalno poglobljati. Nove tehnologije zahtevajo vzporedni razvoj ergonomije in njeno vključevanje na vseh možnih točkah. Ergonomija je za

delodajalca sinonim za racionalizacijo in humanizacijo dela. Če pocenimo produkcijo in pri tem poskrbimo za boljše počutje delavcev, ki so manj obremenjeni, potem smo se uspešno vključili v trajnostni razvoj družbe. Gospodarski in socialni razvoj ter varstvo okolja so trije glavni stebri trajnostnega razvoja in praktično povsod najdemo elemente ergonomije, ki jih vgrajujemo v vse tri stebre. Ergonomija proučuje človekove telesne in duševne zmožnosti, povezane z delom, delovnim okoljem in delovnimi obremenitvami. S proučevanjem prilagodljivosti dela (orodja, delovne naloge, delovni prostor, procesi ...) človeku omogočimo večjo učinkovitost in manjši napor pri opravljanju dela (Balantič & Jarc Kovačič, 2022).

Ko govorimo o izpostavljenosti raznim tveganjem, se moramo zavedati, da sumarni podatki prihajajo iz proizvodnih, storitvenih in poslovnih okolij. Zaposleni v pisarnah so običajno drugače izpostavljeni fizičnim tveganjem na delovnem mestu (dolgotrajno sedenje, statične obremenitve gibal, ...), kot pa zaposleni v proizvodnji, ki so lahko obremenjeni na povsem drug način (premikajo, vlečejo, potiskajo, premeščajo, držijo ...). Če želimo objektivni pogled na seznam najbolj pogostih poklicnih boleznih, je potrebno zjeti čim širšo bazo zbranih podatkov. Na podlagi informacij vodilnih svetovnih organizacij: CDC (Centers for Disease Control and Prevention – Ameriško ministrstvo za zdravje in socialne zadeve), CCOHS (Canadian Centre for Occupational Health and Safety – Kanadski center za zdravje in varnost pri delu), NIOSH (National Institute for Occupational Safety & Health – Ameriška zvezna agencija: Nacionalni inštitut za varnost in zdravje pri delu), ILO (International Labour Organization – Mednarodna organizacija za delo v okviru OZN) in EU-OSHA (European Agency for Safety and Health at Work - Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu), prepoznavamo pogostost posameznih poklicnih boleznih v svetu (Canadian Occupational Safety, 2023). Lestvica sestavlja 7 najbolj pogostih poklicnih boleznih:

- dermatitis,
- respiratorne bolezni,
- mišično-skeletne bolezni,
- izguba sluha,
- rakava obolenja,
- stres in motnje duševnega zdravja,
- nalezljive bolezni.

Ko spremljamo statistična gibanja podatkov o izpostavljenosti fizičnim tveganjem, opazamo, da se poleg vnetnih bolezni na vrhu tveganj vedno pogosteje pojavljajo težave zaradi vdihovanja dima ali prahu, težave s ponavljajočimi se gibi rok in dlani, težave zaradi prisilne in utrujajoče drža, težave zaradi previsokega hrupa, prevelikih vibracij, previsokih ali prenizkih temperatur in težave zaradi stresa. Pri zaposlenih v pisarnah je razvrstitev težav nekoliko drugačna, kot pri zaposlenih v neposredni proizvodnji, vendar je nabor težav podoben (European Agency for Safety and Health at Work / EU - OSHA, 2013). Na vrhu vseh lestvic se pojavljajo težave, ki jih lahko rešujemo z različnimi modeli tveganj. Raziskave praviloma nakazujejo na največjo problematiko v okviru fizikalne ergonomije, zato tudi pri našem modelu največjo pozornost namenimo prav temu področju.

Ustrezna ergonomija je zelo pomembna, saj se je z nekaj preprostimi prilagoditvami mogoče izogniti številnim bolečinam, ki so povezane z delom. Cilj zanesljivih ergonomskih ocen je izboljšati zavedanje za zmanjšanje tveganja mišično-skeletnih obolenj in ohranjanje zdravja zaposlenih. Delodajalci morajo v ustrezni ergonomiji prepoznati zmanjšanje absentizma (odsotnost zaposlenega z dela zaradi bolezni) zaposlenih, zmanjšanje njihove fluktuacije, povečanje produktivnosti in zmanjšanje števila delovnih nezgod. Tudi zaposleni lahko prepoznajo številne prednosti, kot so izboljšano udobje in ugodje pri delu, večje zadovoljstvo pri delu, izboljšano zdravje in večja količina življenjske energije.

Logično nadaljevanje razmišljanja nas pripelje do proaktivnega ergonomskega procesa, ki identificira ergonomske dejavnike tveganja in jih nato z inženirskimi in upravnimi kontrolami zmanjša, preden pride do poškodbe. Ocena tveganja je utečen izraz, sestavljen iz petih faz:

- 1. faza: prepoznavanje nevarnosti in identifikacija ogrožene osebe;
- 2. faza: ocenjevanje moči dejavnika tveganja in razvrščanje le-teh;
- 3. faza: določanje protokola preventivnega ukrepanja;
- 4. faza: dejansko ukrepanje;
- 5. faza: spremljanje izvajanja ukrepov in njihovo morebitno posodabljanje.

Tudi na področju ergonomije poznamo morebitna neskladja s priporočili, ki lahko zelo hitro postanejo dejavniki tveganja v ergonomiji. Pri tem lahko izpostavimo predvsem dolgotrajno sedenje in dolgotrajno stanje, nepravilno rokovanje z

bremeni, napačna gibanja v področju dinamične in statične antropometrije, težave z vidom, sluhom, toploto ... (Balantič & Jarc Kovačič, 2022). Konkretizacija ergonomskih načel je v vsaki organizaciji lahko praktično neomejena. Prednost proaktivnega ergonomskega pristopa je, da nehamo ugibati o tem, ali je določeno delo ali delovno mesto lahko povzročitelj nelagodja in posledično kroničnih kostno-mišičnih ali drugih bolezni. S proaktivnim ergonomskim pristopom prepoznamo nevarnost tveganj na določenem delovnem mestu in pridobimo priložnost, da se osredotočimo na izboljšave na delovnem mestu, namesto da se odzovemo na pretečo poškodbo ali poklicno bolezen (slika 1).



Slika 1: 5 stopenj zavedanja proaktivne ergonomije

Vir: Lasten

Proaktivni pristop nam omogoča, da se predhodno soočimo s problemom, namesto da bi se ukvarjali s posledicami reaktivnega pristopa. V prvi fazi lahko močno zmanjšamo potencialno visoke stroške zaradi posledice nezgod. Posredni stroški lahko narastejo do 5 (celo do 20) kratnika neposrednih stroškov (OSHA, 2023).

Zaradi pravočasno uvedenih ergonomskih ukrepov lahko zaposleni svoje delo opravljajo v pravilnem položaju, ki izboljšuje produktivnost. Posledično prihaja do izboljševanja kakovosti, saj so zaposleni pri delu manj utrujeni in doživljajo manj stresa. Zato je pomembno, da ergonomija preraste v gibalo, ki je prepleteno z aktivno udeležbo zaposlenega v delovnem procesu. Vsi subjekti morajo poznati delovni proces in tvorno sodelovati med seboj. Na ta način pripomoremo k bolj odprti in zdravi družbi, ki ji je prezentizem tuj. Z vsemi naštetimi dejavniki pripomoremo k rasti varnostne kulture, ki postaja prepoznana temeljna vrednota. Skrb za varnost in zdravje pri delu mora postati del korporativnega zavedanja.

2 Metodologija v ergonomiji

Ergonomija sledi interdisciplinarnosti, ki povezuje medicino, biomehaniko, antropologijo, kineziologijo, fiziologijo, psihologijo, sociologijo, ekologijo, ekonomijo, organizacijo dela, teorijo sistemov, mehanski in industrijski inženiring in industrijsko oblikovanje. Skupno vsem naštetim pogledom je obravnavanje fizioloških in kognitivnih (spoznavnih) lastnosti človeka in njegovega delovnega okolja. Pri tem okolje ne pomeni samo delovno okolje, temveč tudi delovna sredstva ter predmete dela, metode človekovega dela in organizacijo le-tega (Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S., 2016).

To posledično pomeni, da je ergonomska ocena lahko zelo kompleksno delo, zato je pomembno, da jo izvede ustrezno usposobljen analitik - strokovnjak za ergonomijo. Ta mora še pred njeno dejansko izvedbo napraviti grobo oceno delovnega mesta in prepoznati področje, ki je ergonomsko najbolj izpostavljeno in mu posvetiti največ pozornosti. Prvi korak v oceni je torej seznanitev z delovnim mestom, z njegovo geometrijo in s posebnostmi. Zato moramo pridobiti ali izdelati skico delovnega mesta in opraviti intervju z zaposlenim na tem delovnem mestu. Pri tem identificiramo njegove navade in morebitne zdravstvene težave. Sledi pregled delovnih nalog zaposlenega in groba analiza njegovega delovnega področja. Seznaniti se je potrebno tudi z navodili za pravilno nastavitev in uporabo obstoječe opreme in orodij na delovnem mestu. Nato sledi ergonomska ocena delovnega mesta (ergonomske metode za proučevanje neudobne drže telesa, meritev hrupa, svetlosti, mikroklimatskih parametrov ...). Na podlagi ugotovljenih ergonomskih dejavnikov tveganja nato analitik izdela poročilo o ergonomski oceni delovnega mesta, ki zajema ustrezna priporočila, ki izpostavijo tudi ustrezno nastavitev opreme,

da dosežemo zelene ergonomске cilje. Ergonomске ocene so pomembne, ker lahko prepoznajo tveganja, povezana s ponavljajočimi se nalogami, s slabo namestitvijo elementov delovnega mesta in z nepravilno uporabo ergonomsko korektne opreme. Strokovnjak na področju ergonomije lahko priporoči spremembe, ki zmanjšajo tveganje za poškodbe in poklicne bolezni, zmanjšajo odškodninske zahtevke in povečajo produktivnost in učinkovitost zaposlenih.

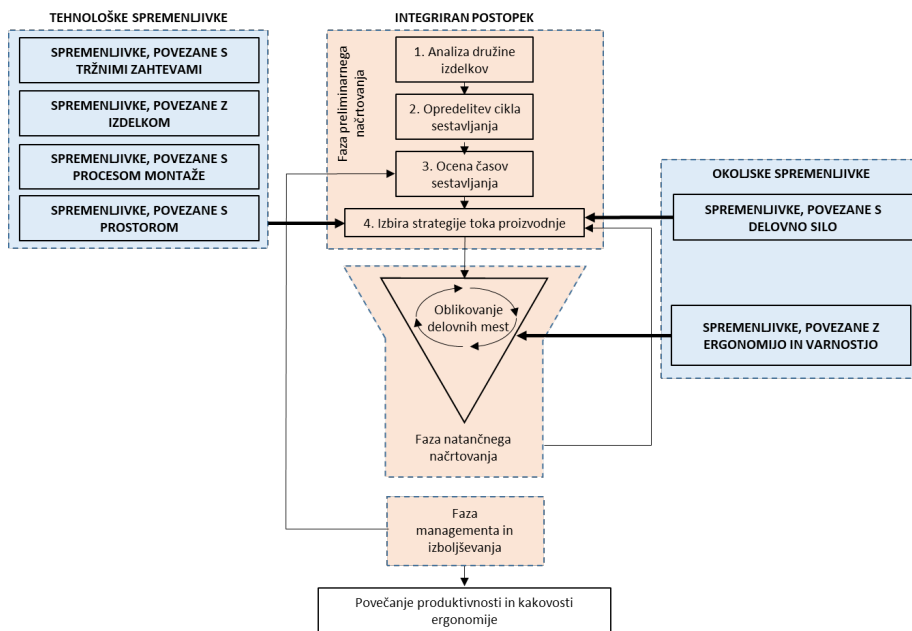
Ergonomska ocena delovnega mesta je odlična poteza managementa, a ne pomeni prav nič, če ostane v predalu in ne pride do realizacije priporočil. Ocena bo pravzaprav tako dobra, kot bo dobra njena izvedba v praksi. Običajno v priporočilih najdemo usmeritve za nakup ustrezne ergonomske opreme in priporočila za pridobitev dodatnih informacij iz področja ergonomije (osveščanje, izobraževanja in praktične aplikacije). Uvedba ergonomskih izboljšav je lahko odlična priložnost za seznanjanje kolektiva o odgovornosti managementa za ohranjanje zdravja slehernega zaposlenega. Zaposleni želijo biti seznanjeni s tem, kako organizacija skrbi za njihovo dobro počutje pri delu. Nenazadnje so taka sporočila dobrodošla za izboljšanje delovne morale in kulturo odnosa organizacije do zaposlenih in odnosov med zaposlenimi. Ob manjši fluktuaciji zaposlenih se bo zmanjšala verjetnost pojava absentizma, predvsem pa zelo nevarnega prezentizma. Zaposleni se bodo hitro prepričali, da je njihov delodajalec pripravljen investirati v kakovostno ergonomsko opremo in utrditi vrednote dobrega počutja pri delu. Naložba v ergonomijo je vsekakor zelo dobra poslovna odločitev. Standardni model, kako to izvesti, ne obstaja, saj je pri oblikovanju delovnega mesta potrebno upoštevati konkretne potrebe podjetja in njegovih zaposlenih.

Idejne zasnove oblikovanja delovnega mesta so lahko oblikovane zelo kreativno in eno od mnogih povzemamo iz prispevka Vizija dinamične vpetosti ergonomije v management I4.0 (Balantič & Jarc Kovačič, 2022), (slika 2).

Integrirani postopek, razčlenjen v 14 korakov, ki so zajeti v tri faze:

- faza preliminarnega načrtovanja (1, 2, 3 in 4),
- faza natančnega načrtovanja (5, 6, 7, 8, 9 in 10) in
- faza managementa in izboljševanja (11, 12, 13 in 14).

Metodološki okvir za potrjevanje zasnove oblikovanja delovnega mesta na podlagi ergonomskih analiz je možno prilagajati specifičnim potrebam organizacije, zato ni presenetljivo, če izvorni model najdemo v mnogih izpeljankah (Balantič & Jarc Kovačič, 2022).



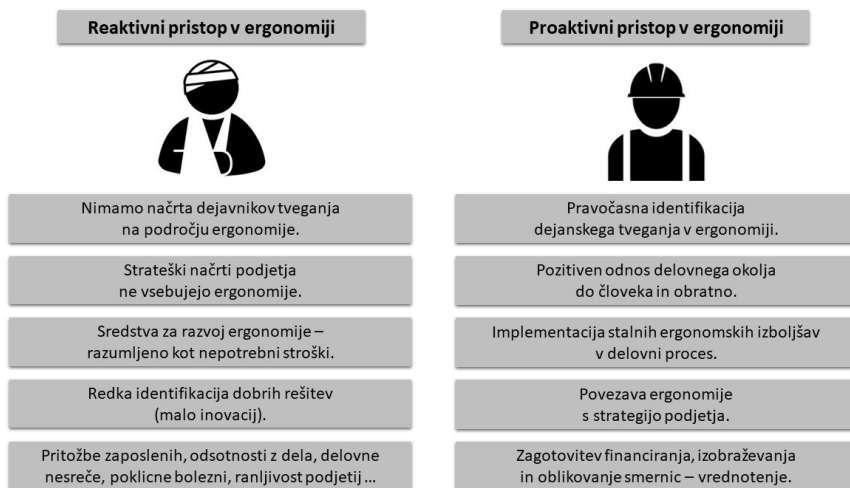
Slika 2: Poenostavljena slika metodoloških okvirov za potrjevanje zasnove oblikovanja delovnega mesta na podlagi ergonomskih analiz

Prerejeno po (Battini, D., Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F., 2011)

2.1 Reaktivna ergonomija

Ergonomsko urejena delovna mesta, varnost in dobro počutje, so ključni dejavniki zadovoljstva zaposlenih v podjetjih širom sveta. Žal se pre pogosto zgodi, da ergonomski rešitev pride prepozno, oziroma šele potem, ko je že prišlo do poškodbe ali poklicne bolezni zaposlenih zaradi dela in delovnih pogojev. Odgovor na nastanek poškodb je običajno uvedba ergonomskih sprememb po načelu reaktivne ergonomije (slika 3). Tak način se aktivira ob pojavu poškodbe, kateremu sledi odpravljanje njenih posledic in morda tudi vzrokov zaradi pričakovanih odškodninskih zahtevkov. Seveda tak način razmišljanja in ukrepanja ni idealen in še manj učinkovit. Resnici na ljubo reaktivna ergonomija podjetja ne obremenjuje s

proračunom, časovnimi okviri in z načrtovanjem preventivnih ergonomskih ukrepov.



Slika 3: Reaktivni in proaktivni pristop v ergonomiji

Vir: Lasten

2.2 Proaktivna ergonomija

Seveda je nasprotje navedenega moč najti v procesu proaktivne ergonomije (slika 3). V tem procesu je ergonomija implementirana v vse ključne elemente organizacije. Proaktivni proces vodi management organizacije in v njem tudi aktivno sodeluje. Povsod najdemo podporo najboljšim možnim ergonomskim rešitvam za izboljšanje počutja in za ohranjanje zdravja zaposlenih pri delu. S takim načinom dela in odnosa management podpira in utrjuje vrednote ergonomskih načel. Proaktivna ergonomija sledi modelu, ki učinkovito obvladuje tveganja v zvezi z nastankom poškodb zaradi trenutnih in zaradi dolgotrajnih neustreznih izpostavljenosti nevarnosti. Proaktivna ergonomija je sposobna delavcu rešiti življenje, prav tako pa podjetju dolgoročno zagotoviti dobiček.

2.3 Obvladovanje tveganj

Ergonomija povezuje in obravnava odnose med delom, izdelkom in okoljem ter človeškimi potrebami, zmogljivostmi in omejitvami. Pri tem se zavzemamo za sistemski pristop k analizi in razumemo zahteve po varnosti, po konceptih tveganja, po oceni tveganja in po tveganju upravljanja. Zanesljive raziskave v ergonomiji temeljijo na rezultatih, ki jih pridobimo z analizo dela po znanih metodah, kot so npr. RULA, REBA, OWAS, KIM ... Analitik natančno in nepristransko ocenjuje učinek dejavnikov, ki vplivajo na človekovo zdravje in na njegovo počutje.

Ob vpeljavi ergonomskih načel, vedno prepoznavamo dvig učinkovitosti, saj zaposleni svoje delo opravijo z zmanjšanim dodatnim naporom. Prav zato je ergonomija pogosto povezana z razmišljanjem o zdravem delovnem mestu in manjši odsotnosti z dela. Že dolgo vemo, da so dinamična delovna mesta najboljša rešitev za zmanjševanje fizične obremenjenosti in monotonije pri zaposlenih. Vse to lahko dosežemo le z ustreznim oblikovanjem delovnega mesta. Delovna mesta, ki teh možnosti ne omogočajo, postajajo del preteklosti in vzrok za povečano stopnjo tveganja za zdravje zaposlenih (Balantič, Jarc Kovačič, & Balantič, Od znanja do kompetenc v ergonomiji, 2018).

Vemo, da izjava o varnosti z oceno tveganja v vseh podjetjih predstavlja ključni interni dokument na področju varnega in zdravega dela. Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) določa, da jo mora izdelati in sprejeti vsak delodajalec in z njo določiti način in ukrepe za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. Izjava mora temeljiti na oceni tveganja za nastanek poškodb in zdravstvenih okvar v okolju, v katerem se izvaja delo. Oceno tveganja pripravimo v petih korakih:

- opredelitev nevarnosti,
- opredelitev delovnih mest in delavcev, ki so izpostavljeni tveganju,
- ocenitev ravni oziroma stopnje tveganja,
- določitev potrebnih ukrepov za preprečevanje tveganja oziroma zmanjševanja tveganja,
- revizijo v primeru sprememb tehnoloških postopkov in ob uvajanju novih tehnologij.

Če hočemo pripraviti izjavo o varnosti z oceno tveganja, s katero delodajalec določi način in ukrepe za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu, je potrebno pridobiti ustrezne certifikate, s katerimi dokazujemo svojo usposobljenost za pripravo take ocene. Strokovne podlage za izjavo o varnosti in ustrezno oceno tveganja lahko pripravi strokovni delavec za varnost pri delu v sodelovanju z izvajalcem medicine dela ali pa zunanje strokovne službe, ki imajo ustrezno dovoljenje za delo po ZVZD-1, v primeru, da delodajalec teh nalog ne more zagotoviti s svojimi strokovnimi delavci (Uradni list RS št. 43/2011, 2011). Za strokovne delavce obstaja točno določen obseg znanj. Ta so odvisna od vrste dejavnosti podjetja ter vrste in stopnje tveganj za nastanek nezgod pri delu, poklicnih bolezni in bolezni, povezanih z delom delavcev (Uradni list RS št. 43/2011, 2011).

Če izhajamo iz ocene tveganja je naš namen identificirati nevarnosti za zaposlenega v delovnem procesu, napraviti oceno verjetnosti neželenega dogodka in oceniti resnost in pogostost dogodkov, ki vplivajo na varnost in zdravje zaposlenih. Seveda lahko ukrepamo že daleč pred tem in tako preprečimo razvoj dogodkov, ki bi vzpostavili ali povečevali katerokoli tveganje. V tem delu ključno vlogo odigrajo kompetence iz področja ergonomije, ki jih razumemo kot zmožnost prevzema odgovornosti za upravljanje s predhodno pridobljenim znanjem. Gre za kombinacijo spretnosti, izkušenj in znanja, katerim se pridružijo še osebnostne lastnosti in vrednote. Zagotavljanje kompetenc mora biti povezano s ključnimi odgovornostmi, dejavnostmi in nalogami, opredeljenimi pri ocenah tveganja. Sistemi za zagotavljanje usposobljenosti morajo stremeti k vzpostavitvi in vzdrževanju usposobljenosti za vse, ki so vključeni v delo, povezano z ergonomijo, vključno z menedžerji. Ključni del razvoja kompetenc je utrjevanje znanja in veščin. Pri pridobivanju in vzdrževanju kompetenc moramo skrbeti za dobro povezanost novih znanj in izkušenj iz delovnih okolij (Balantič, Jarc Kovačič, & Balantič, 2018).

2.4 Koncepti in modeliranje

Različni modeli običajno sledijo naslednjemu konceptu: določanje prednostnih delovnih mest za ergonomsko analizo (tim za ergonomijo) – izvedba ergonomske analize (strokovnjak iz področja ergonomije) - oblikovanje seznama ergonomskih priložnosti (prednostni viri podjetja) – izbor najboljše rešitve (timsko delo) - odobritev in izvedba rešitve (management) - vrednotenje učinkovitosti ergonomske izboljšave (finančna služba). Pri delu je potrebno biti učinkovit in posebno

pozornost posvetiti uporabi ustrezne ergonomske metode za ergonomsko oceno posameznega delovnega mesta. Podpora in izvajanje proaktivne ergonomije bosta zagotovila največji pozitiven učinek, ki bo pokazal predanost organizacije svojim zaposlenim in njihovim stalnim izboljšavam, stroški se bodo znižali, produktivnost se bo dvignila, morala bo višja, kakovost pa se bo izboljšala.

Izboljševanje ergonomskih učinkov ne sme biti kampanjski dogodek, ki traja le toliko časa, kolikor časa traja projekt, iz katerega se financirajo različni načini promoviranja zdravja na delovnem mestu. Pač pa mora nujno postati del procesa stalnih izboljšav, ki je povezan s strateškimi cilji organizacije. Postati mora del poslovnega modela z zagotovljenimi sredstvi in viri.

Ergonomija je sodobna, izjemno široka in stalno razvijajoča se strokovna veda, zato je za njeno uspešno implementacijo potrebno stalno izobraževanje in pridobivanje ustreznih kompetenc. Seveda je do te stopnje potrebno priti, zato moramo slediti modelu (slika 2), ki bo organizacijam pomagal doseči nivo, kjer bodo zaposleni svoja prizadevanja usmerili v izboljšave, namesto, da bi se ukvarjali z negativnimi posledicami reaktivnega pristopa.

3 Rezultati – ergonomska analiza

Cilj ergonomske analize je prepoznati dejavnike tveganja in jih opredeliti z metodologijami, ki po možnosti omogočajo številčno oceno. Na ta način lažje kvantitativno ocenimo učinek izboljšave v delovnem okolju. Nadaljnje odločitve vodstva v smeri proaktivne ergonomije tako temeljijo na otipljivi oceni in na konkretnih rezultatih.

Ocena ergonomskih dejavnikov na delovnem mestu se prav gotovo začne s poznavanjem delovnega mesta in s seznanjanjem pojava morebitnih poškodb in/ali odškodnin, ki izvirajo iz dela. Na ta način lažje identificiramo večjo stopnjo tveganja, ki postane prva v vrsti potencialnih ergonomskih izboljšav.

Podatke je potrebno zbirati in jih ovrednotiti. Pri tem nam na pomoč priskočijo številne metode, ki so dobro znane strokovnim krogom. Poleg uporabe teh metod je smiselno opraviti tudi osebne pogovore z zaposlenimi, da zberemo čim več korektnih vtisov o proučevanem delovnem mestu. S kombinacijo uporabe metod in

osebnih pogovorov z zaposlenimi, pridobimo objektivni ter subjektivni pregled delovnega mesta. Na delovno mesto moramo pogledati z očmi zunanjega opazovalca. Najbolj pomembno je, da prepoznamo ponavljajoča se gibanja, pogostost pojava bolečin zaradi dela, stopnjo utrujenosti in nevarnosti tveganja za pojav neposrednih poškodb. Ne pozabimo vprašati zaposlene, kako bi sami izboljšali svoje delovno mesto.

Korektna ergonomska analiza torej običajno zajema več področij:

- proučevanje geometrije delovnega mesta,
- analizo statične antropometrije z dimenzijami telesa,
- analizo dinamične antropometrije s položaji telesa pri delu,
- analizo območja človekovega delovanja,
- študijo ergonomskih tveganj z uporabo ustreznih ergonomskih metod,
- iskanje ustreznosti drže telesa pri delu,
- študijo mikroklimatskih pogojev (parametri toplotnega ugodja, preprih, termografija),
- optimizacijo vidnega polja in osvetlitve,
- analizo hrupa in vibracij ...

3.1 Analiza geometrije delovnega mesta

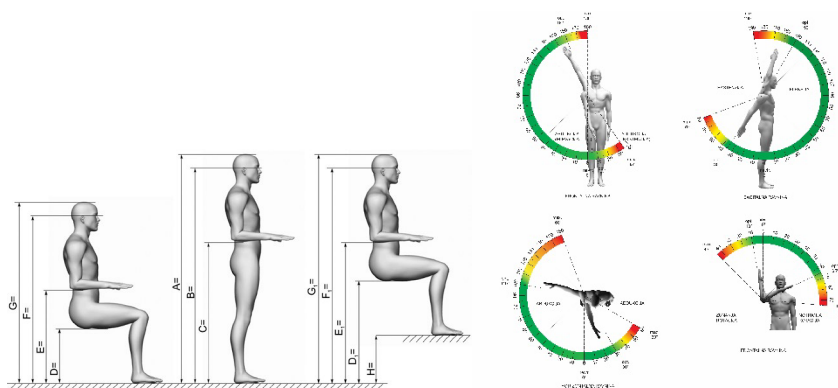
Ključni del obvladovanja izzivov proaktivne ergonomije je prepoznavanje pretečih nevarnosti, ki izhajajo iz ureditve in funkcionalnosti delovnega mesta. Pri tem velja izpostaviti tudi vidik fiziologije dela in dizajniranja delovnega okolja. To pomeni, da se moramo natančno seznaniti s tehnološkimi in ergonomskimi posebnostmi delovnega mesta. V analizi želimo prepoznati širše in ožje področje dela ter možna področja enoročnega in dvoročnega dosega rok, odvisno od konkretnega delovnega mesta.

3.2 Statična in dinamična antropometrija

Antropometrija se ukvarja z merjenjem dimenzij in mas človeškega telesa ter opredeljuje telesno konstitucijo človeka. Antropometrijo delimo v statično in dinamično. V analizi običajno najprej zajemamo in obdelujemo podatke zaposlenih

v okviru izbranih statičnih antropometričnih dimenzij, ki so značilne za posamezno delovno mesto (slika 4).

Izmeriti je potrebno antropometrične veličine zaposlenih in jih primerjati z referenčnimi veličinami, ki izhajajo iz evropskih priporočil (Motmans, R., 2016). Odstopanja med izmerjeno telesno veličino in priporočilom za posameznega zaposlenega so osnova za presojo o idealni osebni geometriji delovnega mesta. Kar avtomatično vodi k razmisleku o možnosti uvedbe dinamičnega delovnega mesta (kombinirano delo v sedečem in stoječem položaju), saj vsako prisilno dvigovanje podlakti ali zategovanje ramenskega obroča povzroča nelagodje in predstavlja tveganje za nastanek kroničnih težav.



Slika 4: Izbrane antropometrične dimenzije zaposlenih v okviru statične in dinamične antropometrije

Vir: Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S., 2016

Dinamična (funkcionalna) antropometrija se ukvarja z merjenjem razdalj in dosegov, ki jih dosežemo s sodelovanjem posameznih telesnih segmentov. Roka lahko seže proti predmetu brez premikanja trupa, lahko pa pri seganju sodelujejo roka, trup, noge in celo glava. Vsako pretiravanje pri tovrstnem delu lahko škodljivo vpliva na gibalni sistem človeka. Takih razlogov vodijo do omejitve gibov znotraj ergonomskih priporočil. V tem segmentu antropometričnih meritev človeškega telesa nastopijo predvsem meritve kotov, ki jih izmerimo pri odklkih telesnih segmentov od nevtralne lege (fleksija – upogibanje, ekstenzija – iztezanje/iztegovanje, retrofleksija – iztezanje ramena, volarna fleksija – upogib zapestja/gležnja, dorzalna fleksija – iztezanje zapestja/gležnja, rotacija – vrtenje okrog vzdolžne osi sklepa, addukcija –

primikanje k medialni ravnini, abdukcija – odmikanje od medialne ravnine, pronacija – obračanje navznoter, supinacija – obračanje navzven in elevacija – dviganje navzgor ali navzven). Pri kombiniranih premikih posameznih telesnih segmentov s končnimi deli telesa dosežemo določene prostorske točke. Popisani prostor imenujemo kinetosfera.

Pri analizi običajno uporabimo foto in video tehniko sekvenčnega beleženja položajev zaposlenega na svojem delovnem mestu, kar kasneje prostorsko modeliramo in določimo dejanske sklepne kote. Ta analiza nudi odgovore o morebitnih neergonomskih položajih telesnih segmentov pri delu.

3.3 Študija ergonomskih tveganj z uporabo ustreznih ergonomskih metod

Od zaposlenih lahko zberemo mnenja o počutju pri delu v času aktualne dejavnosti na delovnih mestih, kar lahko naredimo na različne načine; npr. kontrolni seznam ergonomskih tveganj pri delu (ERF Checklist) uporabimo za prepoznavanje posameznih tveganj v telesnih segmentih. Seznam je zasnovan tako, da pomaga ugotoviti kombinacijo ergonomskih dejavnikov tveganja, ki predstavljajo največje tveganje za pojav kostno-mišičnih obolenj. Seznam je sestavljen iz treh podsklopov, ki se osredotočajo na oceno ergonomskih tveganj v zgornjem predelu telesa, na oceno ergonomskih tveganj za hrbtenico in spodnji predel telesa in na oceno ergonomskih tveganj pri rokovanju s predmeti in materiali (Jarc Kovačič & Balantič, 2022). V okviru ergonomskih tveganj moramo izpostaviti izstopajoče elemente in nanje opozoriti.

Razširjenost kostno-mišičnega nelagodja, ki pogosto prehaja v obolelost, lahko določimo tudi z uporabo standardiziranega vprašalnika Univerze Cornell, imenovanega Cornell Musculoskeletal Discomfort Questionnaire (CMDQ) (Hedge, Morimoto, & McCrobie, 1999). CMDQ vprašalnik sestavlja 220 polj, razdeljenih v 20 telesnih topografskih območij, ki jih sestavljajo vrat, rame, zgornji del hrbtenice, nadlaket, spodnji del hrbtenice, podlaket, zapestje, medenica, stegenica, koleno, golenica in stopalo (Balantič, Balantič, & Jarc Kovačič, 2019; Jarc Kovačič & Balantič, 2022).

V celovit model obvladovanja tveganj za utrjevanje vrednot ergonomskih načel je potrebno uvrstiti tudi problematiko dviganja bremen. V Evropi je zelo znana metoda KIM (BAuA, 2023), ki v Sloveniji postaja del priporočil Pravilnika o zagotavljanju varnosti in zdravja delavcev pri ročnem premeščanju bremen (MDDSZEM, 2023). Po drugi strani pa obstaja orodje za oceno dvigovanja bremena NIOSH, ki ga je zasnoval ameriški Nacionalni inštitut za varnost in zdravje pri delu (NIOSH) (NIOSH, 2019). Orodje je bilo razvito za ocenjevanje tveganj in varnostnih omejitev pri dvigovanju z dvema rokama. Rezultati teh analiz odgovorijo na dve ključni vprašanji – kolikšna je še dovoljena masa, ki jo lahko varno dvignemo pod določenimi pogoji, oziroma v določenih okoliščinah, in kaj lahko storimo, da je dviganje varno.

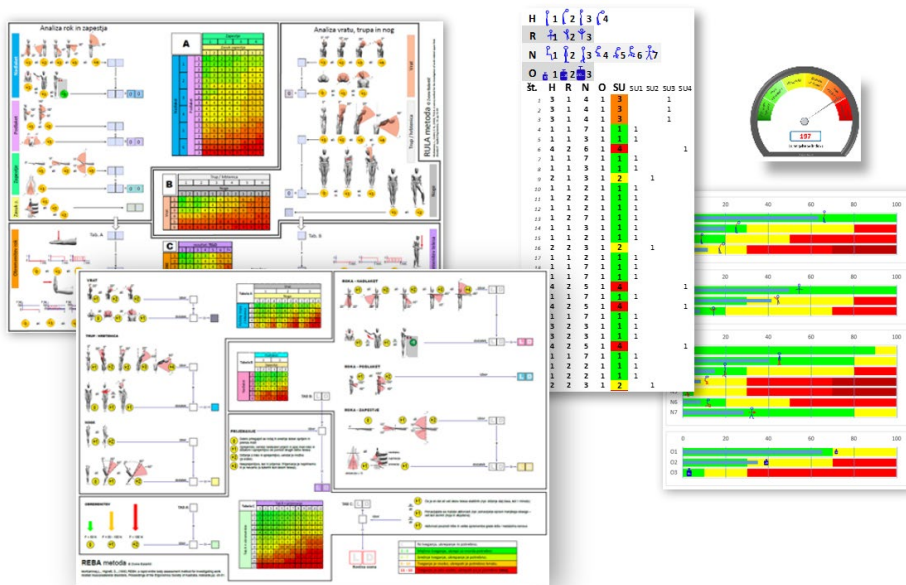
Naslednja pogosto uporabljena metoda je metoda RULA (R: Rapid – hitro, U: Upper – zgornji, L: Limb – okončine, A: Assessment tool – ocenjevalno orodje), ki je bila razvita z namenom, da bi lahko pravočasno ocenili stopnjo izpostavljenosti človeka nevarnostim nastanka sektorskih preobremenitev telesa, ki vodijo do kostno-mišičnih obolenj. Metodo RULA sta razvila Lynn Mcatamney in Nigel Corlett (McAtamney & Corlett, 1993) z Univerze Nottingham na Inštitutu za ergonomijo in jo prvič predstavila leta 1992. Metoda RULA je sistemski pripomoček za opazovanje in ocenjevanje biomehanske drže celotnega telesa s posebnim poudarkom na opazovanju nepravilnosti zgornjih okončin, vratu in trupa ter dejavnosti mišic in zunanjih obremenitev (Balantič, Polajnar, & Jevšnik, Ergonomija v teoriji in praksi, 2016). Metoda se je razvila v okviru ergonomskih raziskav na delovnih mestih, kjer je bilo ugotovljenih največ težav oziroma nepravilnosti, ki vplivajo predvsem na zgornji del telesa. Z uporabo metode RULA se lahko izognemo raznim poškodbam in tveganjem, s tem pa lahko prispevamo k boljšemu vzdušju na delovnem mestu. Temelji na anketiranju zaposlenih na posameznih delovnih mestih, zato je v večji meri odvisna od občutka, realnosti in interpretacije podatkov (slika 5).

Slika 5 prav tako prikazuje metodo REBA (R: Rapid – hitra, E: Entire – celotno, B: Body – telo, A: Assessment – ocena), ki podrobno analizira položaj celotnega telesa pri delu (Hignett & McAtamney, 2000). Metoda je bila razvita z namenom analize nepredvidljivih delovnih položajev, kjer je bolj izrazito tudi stoječe delo. Metoda je uporabna predvsem v primerih, ko neka analiza v določenem položaju pokaže nizko oceno tveganja, zaposleni pa kljub rezultatom izražajo nelagodje (Jarc Kovačič & Balantič, 2022).

Ena od uveljavljenih metod je prav gotovo tudi metoda OWAS, ki služi za proučevanje ergonomске drže telesa pri delu. Metoda je nastala leta 1973 na Finskem, kjer so jo razvili za potrebe jeklarske industrije Ovako Oy in je tako tudi dobila ime OWAS (angl. OVAKO Working Postures Analysing System) (Karhu, O. idr., 1981). Razvijali so jo od leta 1974 do 1978 z mislijo, da bi razvili metodo, ki bi uspela prepoznati in izločiti škodljive delovne položaje.

- O: Ovako Oy – Finsko združenje za jeklarsko industrijo,
 W: Working postures – položaji pri delu,
 A: Analysis – analiza,
 S: System – sistem.

Ocenjevanje poteka z vzorčenjem telesnih drž zaposlenega in opazovanjem po časovnem načrtu, ki je odvisen od same frekvence beleženja opazovanj (slika 5).



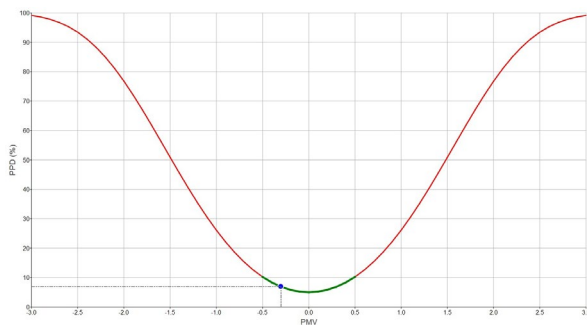
Slika 5: Formulirji za ergonomске metode RULA, REBA in OWAS

Vir: Lasten.

Retrogradna analiza izvedenih meritev po eni ali več metodah, nam omogoča hitro identifikacijo najbolj izpostavljenih telesnih segmentov, ki prekoračujejo sprejemljivo področje. Na ta način poiščemo najbolj izpostavljene statične drže in kritične dinamične obremenitve ter predlagamo spremembe drže telesnih segmentov glede na naravo dela.

3.4 Toplotno ugodje - ISO 14505-1 do 4

Toplotno ugodje je toplotno ravnotežje telesa z okolico pri različnih fizikalnih vplivih okolice. Na ugodje vplivajo toplotna prehodnost oblačila, spol, zgradba, zdravje, hrana, starost, letni čas, vrsta dela, razsvetljava, hrup, psiha ... Najpomembnejši vplivi pa so: obleka, temperatura zraka, srednja temperatura sten, ki obdajajo človeka, in sicer z upoštevanjem oken in grelnih teles, relativna in absolutna vlažnost zraka ter hitrost gibanja zraka (Technical ISO, 2022). Z vzorčnimi meritvami ugotovimo vrednost PMV (Predicted Mean Vote Index – Predvideno povprečje glasov) in PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied – Predvideni odstotek nezadovoljnih) (slika 6).



Slika 6: PMV (-0,3) in PPD (6,9%) na določenem delovnem mestu
Vir: Lasten

Človekova učinkovitost je večja pri idealnih mikroklimatskih pogojih. Previsoke in prenizke temperature zraka, relativne vlažnosti zraka, hitrosti gibanja zraka in neustrezna oblačila lahko močno vplivajo na pripravljenost zaposlenega na delo. Ekstremne temperature (vročina ali mraz) lahko delavcem povzročijo različne težave, kot so na primer: dehidracija, težave z dihanjem, utrujenost mišic, zmanjšana spretnost, senzorična občutljivost in zmanjšana moč oprijema.



Slika 7: Termografija

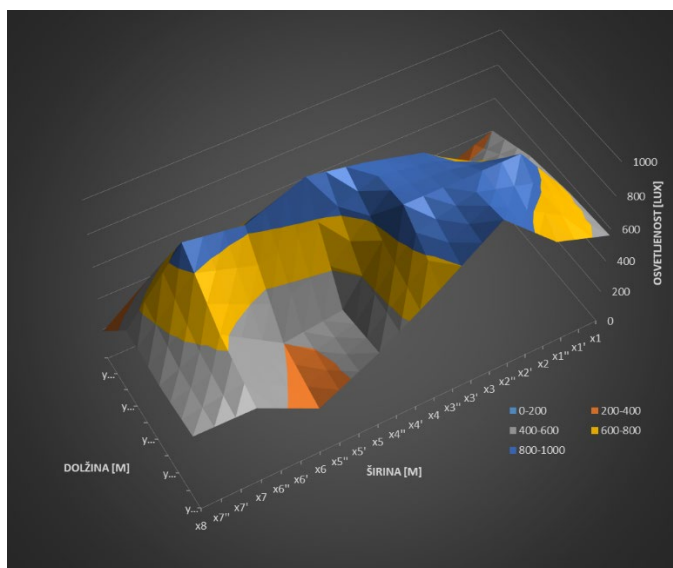
Vir: Lasten

Prav zato je potrebno dobro poznati te mikroklimatske pogoje in se približevati čim bolj optimalnemu stanju. Človek mora z okolico vzdrževati toplotno ravnotežje preko sevanja, konvekcije, prevoda in dihanja. Na razpolago je torej kar nekaj procesov, toda te ključne naloge ne moremo prepustiti le enemu procesu, pač pa jih je potrebno uravnorežiti. Dokaj zanesljivo oceno toplotne izmenjave lahko dobimo s termografijo (slika 7) in merjenjem hitrosti zraka z nivojsko oceno prepriha. V zadnjem času, po pojavu COVID-19, je obvezni parameter tega dela ocene tudi koncentracija CO₂, ki opredeljuje kakovost vdihanega zraka.

Ključna naloga vseh teh ocen je, da opredelimo toplotno ravnovesje v človeku. Ob porušenju tega ravnovesja lahko pride do postopnega dviganja ali zniževanja telesne temperature, kar pa zelo neugodno vpliva na počutje zaposlenega na delovnem mestu in posledično tudi na zmanjšanje produktivnosti in kakovosti.

3.5 Osvetljenost

Naravna osvetljenost delovnega mesta je velikokrat preskromna, zato je potrebno svetlobne razmere izboljšati z vključevanjem umetne svetlobe (slika 8).



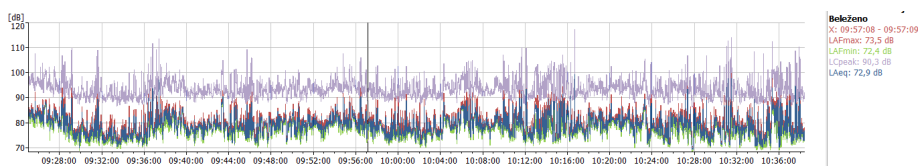
Slika 8: Neenakomerna osvetljenost delovnega mesta pred uvedbo ergonomskih izboljšav
Vir: Lasten

Znano je, da je dobra osvetljenost koristna za dvig produktivnosti in kakovosti, izboljša pa se tudi varnost pri delu. Svetloba namreč povezuje vidne sposobnosti, vidno udobje in vizualni ambient (Jarc Kovačič & Balantič, 2022). Nasprotno se lahko posledice prenizke osvetljenosti in prenizke svetlosti delovnega področja odražajo v nizki produktivnosti in v večji pojavnosti napak pri delu. V primeru, da so kontrasti nizki (razmerje med svetlostjo najsvetlejših območij proti svetlosti najtemnejših območij), moramo biti še posebej pozorni na osvetljenost delovnih površin. Želja in zahteva je, da je osvetljenost čim bolj enakomerna preko cele delovne površine, še zlasti, ko opravljamo dela, kjer je prioriteta kakovosten vid. Ob stalnem prilagajanju svetlejši in temnejši okolici (neenakomerna osvetlitev) lahko hitreje pride do glavobolov in utrujenih oči in s tem slabovidnosti in vzdraženosti oči. K takemu počutju dodatno prispeva še morebitno utripanje svetlobe (flickering), ki je pogosto pri nepravilni vgradnji nekaterih cenениh LED svetil. Delovno mesto

mora biti oblikovano tako, da viri svetlobe, kot so okna, svetilke ali druge svetlobne odprtine ali svetle površine, ne povzročajo bleščanja. Z vidika trajnosti je najbolj smiselno uporabiti čim večji delež naravne svetlobe, seveda, če je to le možno.

3.6 Hrup

Največkrat o hrupu govorimo takrat, ko spremljamo zvok, ki je glasen, neprijeten in nezaželen (slika 9). Hrup v človeku vzbudi nelagodje in nemir, v končni fazi pa lahko povzroča bolezenske spremembe na slušnem in ravnotežnem sistemu. Hrup je pravzaprav tisti del zvočnega valovanja, ki je za človeka neprijeten in moteč, kar pomeni, da ni odvisen le od jakosti, pač pa tudi vpliva na zdravje in razpoloženje človeka. Hrupu se želimo umakniti, oziroma ga želimo odpraviti. Najbolj smo uspešni, če to naredimo v bližini njegovega izvora. Kompleksnost dojemanja hrupa se kaže tudi v zelo različnih parametrih, ki opredeljujejo mejne vrednosti (jakost, vrsta dela, obdobje dneva, trajanje), (UL RS št.17/06, 2006).



Slika 9: Beleženje hrupa na delovnem mestu

Vir: Lasten

4 Razprava in zaključek

Proaktivni procesi temeljijo na samoiniciativnosti v vseh pogledih. Proaktivnost pomeni, da moramo vplivati na dogajanje, ne da zgolj čakamo na izid predpisanega protokola in na spremembe, ki bi jih povzročil nekdo drug. Proaktivnost je vsekakor nasprotje pasivnosti tudi na področju ergonomije, kjer z dobrimi in smiselnimi rešitvami poskrbimo za izboljšanje počutja in za ohranjanje zdravja zaposlenih pri delu.

Proaktivna ergonomija mora postati del razmišljanja in aktivnega obvladovanja tveganj za utrjevanje vrednot managementa v vsaki delovni enoti. Brez zdravih in sposobnih zaposlenih bo kriza na področju trga delovne sile postala čedalje bolj izrazita. Nenazadnje je že od nekdaj cilj ergonomije zdravi in zadovoljni zaposleni v

kombinaciji z najboljšimi delovnimi sredstvi in procesi, kar omogoča najvišjo stopnjo produktivnosti.

Omenili smo, da je razmerje med neposrednimi in posrednimi stroški zaradi morebitnih nezgod zelo visoko in lahko doseže vrednost 1:5 ali celo 1:20. Računati moramo na neposredne stroške zdravstvenega varstva (prva pomoč, nujni prevoz, zdravljenje, rehabilitacija, nega, zdravila, zavarovalna premija, odškodnina in celo invalidski programi), stroške produktivnosti (materialna škoda, plača, izgubljeni delovni dnevi, nadomestila za odsotnost zaradi bolezni, dajatev za nezmožnost za delo, termenske zakasnitve in kazni), dodatne stroške (začasna zamenjava delavcev, stroški zaposlovanja in stroški rehabilitacije, socialno skrbstvo, zadržanost svojcev, kakovost življenja, bolečina, psihične težave ...) in stroške pravnega varstva (pravdni postopki, odškodninski zahtevki). Poleg vsega pa podjetje izgublja na ugledu.

Proaktivna ergonomija prepozna dejavnike tveganja in jih s pomočjo inženirskih in upravljaljskih ukrepov zmanjša na najmanjši možni nivo. V metodološkem delu prispevka smo natančno opredelili nekaj ključnih točk proaktivnega ergonomskega procesa. Naj izpostavimo, da moramo najprej izdvojiti prednostna delovna mesta za ergonomsko analizo, nato moramo opraviti ergonomsko analizo in opredeliti nivo tveganja, sledi oblikovanje programa priložnosti z uvedbo ustreznih kontrol. V naslednjem koraku v okviru timske razprave in argumentacije določimo najboljše ali najboljšo rešitev, nato sledi implementacija te rešitve (odobritev, stroški), na koncu pa sledi še ocena učinkovitosti ergonomskih rešitev. Po zaključku se vrnemo na začetek in se lotimo naslednjega primera – s tem nadaljujemo dokler nismo opravili uspešne implementacije na vseh ravneh organizacije.

Razlika med reaktivno in proaktivno ergonomijo je očitna in če želimo prepričati management v uvedbo proaktivne ergonomije v podjetje, jim lahko ponudimo merljive ugotovitve (ergonomske metode), projekcijo dinamike izboljšanja zdravja zaposlenih, povezljivost ergonomije, strategijo podjetja, individualni poslovni model implementacije ergonomije. Sledenje pomembno prispeva k rasti znanja in zavedanja za uspešen in učinkovit proces uvedbe ergonomije v vse pore podjetja. Definitivno je smiselno vodstvu predstaviti tudi mnoge priložnosti za dobičkonosnost, ki jih dosežemo z vlaganjem v ergonomska načela in vrednote.

V proaktivnosti ergonomije je moč, da nehamo ugibati o tveganju, ampak tveganja poznamo in jih s pravočasnimi ukrepi tudi učinkovito odpravimo ali zmanjšamo na še sprejemljivo raven. Postopoma se nehamo ukvarjati s sanacijami poškodb in svoja prizadevanja lahko usmerimo v tekoče razvijanje ergonomskih izboljšav na delovnih mestih.

Literatura

- Balantič, Z., & Jarc Kovačič, B. (2022). Vizija dinamične vpetosti ergonomije v management I4.0. Maribor: Univerza v Mariboru.
- Balantič, Z., Balantič, B., & Jarc Kovačič, B. (18. 3 2019). Ergonomska analiza kostno-mišičnega nelagodja zaposlenih v kadrovskih oddelkih. Pridobljeno iz Ekosistem organizacij v dobi digitalizacije [Elektronski vir] : konferenčni zbornik = [Ecosystem of organizations in the digital age : conference proceedings.: <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/view/397/393/675-3>
- Balantič, Z., Jarc Kovačič, B., & Balantič, B. (2018). Od znanja do kompetenc v ergonomiji. 37. mednarodna konferenca o razvoju organizacijskih znanosti (str. 57-69). Portorož: Univerzitetna založba Maribor.
- Balantič, Z., Polajnar, A., & Jevšnik, S. (2016). Ergonomija v teoriji in praksi. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Balantič, Z., Polajnar, A., Jevšnik, S. (2016). Ergonomija v teoriji in praksi. Ljubljana: Nacionalni inštitut za javno zdravje.
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F. (2011). New methodological framework to improve productivity and ergonomics in assembly system design. *International Journal of Industrial Ergonomics* 41, 30-42.
- BAuA. (marec 2023). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Pridobljeno iz Gefährdungsbeurteilung mit den Leitmerkmalmethoden: https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Physische-Belastung/Leitmerkmalmethode/Leitmerkmalmethode_node.html
- Canadian Occupational Safety. (marec 2023). 7 most common occupational diseases. Pridobljeno iz Occupational hygiene: <https://www.thesafetymag.com/ca/topics/occupational-hygiene/7-most-common-occupational-diseases/236947>
- European Agency for Safety and Health at Work / EU - OSHA. (2013). European Opinion Poll on Occupational Safety and Health. Bilbao, Spain.
- Hedge, A., Morimoto, S., & McCrobie, D. (1999). Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. *Ergonomics*, 42 (10), 1333-1349.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, str. 201-205.
- Jarc Kovačič, B., & Balantič, Z. (2022). Delo na daljavo – izzivi zagotavljanja varnosti in zdravja pri delu v domačem okolju. Maribor: Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba.
- Jastrzębowski, W. B., Koradecka, D., Baluk-Ulewiczowa, T., & Golebiowska, A. (1997). Rys ergonomji czyli nauki o pracy opartej na prawdach poczerpniętych z nauki przyrody : 1857. Warszawa: Instytut Ochrony Pracy.
- Karhu, O. idr. (1981). Observing working postures in industry: Examples of OWAS application. *Applied Ergonomics*, 12(1), 13-7.
- Marmaras, N., Poulakakis, G., & Papakostopoulos. (1999). Ergonomic design in ancient Greece. *Applied Ergonomics*, 30 (4), 361-368.
- McAtamney, L., & Corlett, E. (1993). Applied Ergonomics, 24. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, str. 91-99.

- MDDSZEM. (marec 2023). Pravni red RS. Pridobljeno iz Pravilnik o zagotavljanju varnosti in zdravja pri ročnem premeščanju bremen: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV6846>
- Motmans, R. (2016). DINBelg 2005. Pridobljeno iz Body dimensions of the Belgian population: www.dinbelg.be
- Murrell, K.F.H. (1965). Ergonomics, Man in his working environment. London: Chapman and Hall Ltd.
- NIOSH. (2019). The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Pridobljeno iz Safety and prevention: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/safety.html>
- Okorji, I. G. (januar 2022). Occupational safety and health. Pridobljeno iz Workplace environment and ergonomics, The history of ergonomics: <https://cupdf.com/document/chapter-7-workplace-environment-and-ergonomics.html>
- OSHA. (marec 2023). OSHAcademy. Pridobljeno iz Direct and Indirect Costs of Accidents: <https://www.oshatrain.org/courses/pages/700costs.html>
- Technical ISO. (2022). ISO/TS 14505-1:2007 - Ergonomics of the thermal environment - Principles and methods for assessment of thermal stress. Switzerland: ISO. Pridobljeno iz <https://ecommerce.sist.si/catalog/standards/iso/4e57d202-7037-45a7-9bad-cb592d0ea555/iso-ts-14505-1-2007>
- UL RS št.17/06. (2006). Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu,. Ljubljana: PIS RS.
- Uradni list RS št. 43/2011. (2011). Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1)

MODELIRANJE IN INTEGRACIJA TRAJNOSTNE OSKRBOVALNE VERIGE V INDUSTRIJO

DUŠAN MEŽNAR,¹ ŠTEFAN ŽUN²

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
dusan.meznar@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
stefan.zun@um.si

Osnovni namen tega poglavja je predstaviti pristop k modeliranju trajnostne oskrbovalne verige in integraciji modela trajnostnih praks v oskrbovalno verigo, pri čemer pa je cilj modeliranja in vključevanja trajnostnih praks v dobavne verige, izboljšati okoljsko, družbeno in ekonomsko uspešnost celotne dobavne verige, od pridobivanja surovin do dobave končnih izdelkov strankam. Ta vključuje tako zmanjšanje vpliva proizvodnje in logistike na okolje, kot tudi izboljšanje delovnih pogojev in pravičnega ravnanja z delavci ter spodbujanje etičnega pridobivanja materialov in izdelkov. Pričakovan rezultat implementacije trajnostnih praks pa privede tudi do prihranka stroškov, izboljšanja ugleda blagovne znamke in povečanja inovativnosti v dobavni verigi. Predstavljen model poskuša zaobjeti ključne elemente, ki so bistveni pri modeliranju in integraciji modela v realno okolje industrije, poudariti pa je potrebno, da so obravnavani opisi postopkov precej univerzalni in omogočajo uporabo v različnih panogah, kar pa pomeni, da je potrebno instrumente ali metode, ki se uporabljajo v praksi, prilagajati specifičnim lastnostim posameznih panog.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.5](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.5)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
trajnost,
model,
upravljanje oskrbovalne
verige,
integracija,
trajnostna oskrbovalna
veriga



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.5](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.5)

ISBN

978-961-286-821-5

Keywords:

sustainability,
modelling,
Supply Chain Management,
Integration,
sustainable supply chain

MODELLING AND INTEGRATION OF SUSTAINABLE SUPPLY CHAINS IN INDUSTRY

DUŠAN MEŽNAR,¹ ŠTEFAN ŽUN²

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
dusan.meznar@um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
stefan.zun@um.si

The main objective of this paper is to present an approach for modelling sustainable supply chains and integrating a model for sustainable practises in supply chains, where the goal of modelling and integrating sustainable practises in supply chains is to improve the environmental and socioeconomic performance of the entire supply chain, from raw material sourcing to delivery of finished products to customers. This includes reducing the environmental impact of production and logistics, improving working conditions and fair treatment of workers, and promoting ethical sourcing of materials and products. The expected outcome of adopting sustainable practises is also cost savings, improved brand image and more innovation in the supply chain. The model presented attempts to capture the key elements that are essential for modelling and integrating the model into a real industrial environment.



1 Uvod

Glede na vse večje pritiske okolja so podjetja prisiljena in motivirana, da poskrbijo za svoje družbene odgovornosti v zvezi s svojimi dobavnimi verigami in sicer predvsem zaradi ugleda, saj želijo ohraniti pozitiven ugled pri potrošnikih, deležnikih in širši javnosti (Busse, 2016).

Z zagotavljanjem družbene odgovornosti svojih dobavnih verig se izognejo negativni publiciteti in ohranijo pozitivno podobo, kajti v številnih državah in regijah veljajo zakoni in predpisi, ki od podjetij zahtevajo, da zagotovijo družbeno odgovornost svojih dobavnih verig (Amaeshi idr., 2008). Neupoštevanje teh zakonov in predpisov povzroči globe in kazni. Iz etičnih vidikov je zelo pomembno, da so njihove dobavne verige družbeno odgovorne, da se z delavci v njihovih dobavnih verigah ravna pošteno in da se ne škoduje okolju.

Družbeno odgovorne dobavne verige pomagajo zmanjšati stroške, izboljšati učinkovitost in povečati inovativnost (Chaabane idr., 2011). Podjetja s spodbujanjem svojih družbeno odgovornih dobavnih verig pridobijo tudi konkurenčno prednost.

Zanemariti pa ne gre tudi vidik naložbenikov, saj številni vlagatelji in finančne institucije pri sprejemanju naložbenih odločitev upoštevajo zavezanost podjetja k družbeni odgovornosti. Podjetje, ki dokaže, da skrbi za svoje družbene odgovornosti v dobavni verigi, je za vlagatelje privlačnejše (Pearce idr., 2013).

2 Vključitev trajnostnih praks v oskrbovalno verigo

Vključevanje trajnostnih praks v oskrbovalno verigo je zapleten in večplasten proces, pri čemer pa se koraki razlikujejo glede na panogo, vendar vključitev trajnosti v oskrbovalno verigo prinese številne koristi, kot so prihranek stroškov, skladnost z zakonodajo ter izboljšanje ugleda in zvestobe strank (Kashmanian, 2015). Številna podjetja uporabljajo tudi certifikate za trajnostno upravljanje oskrbovalne verige, kot sta ISO 20400 in GRI, da bi zainteresiranim stranem zagotovila, da so zavezana k trajnostnemu upravljanju oskrbovalne verige, bistveni pa so predvsem naslednji koraki:

- **Določitev trajnostnih ciljev in nalog:** definirati je potrebno konkretne, merljive in dosegljive cilje za zmanjšanje okoljskega vpliva oskrbovalne verige (zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, porabe vode in odpadkov).
- **Ocena oskrbovalne verige** z namenom, da ugotovimo, na katerih področjih je mogoče izvajati trajnostne prakse. To vključuje ocenjevanje dobaviteljev, logistike, proizvodnih procesov in embalaže.
- **Sodelovanje z dobavitelji**, da bi vzpostavili trajnostne prakse in določili pričakovanja glede uspešnosti. To vključuje izvajanje okoljskih standardov, izvajanje presoj ter zagotavljanje usposabljanja in podpore.
- **Izvajanje trajnostnih praks:** uporaba obnovljivih virov energije, recikliranje in zmanjševanje količine odpadkov ter izvajanje zelene logistike.
- **Spremljanje in merjenje uspešnosti:** redno spremljanje in merjenje uspešnosti oskrbovalne verige glede na trajnostne cilje.
- **Obveščanje in poročanje** zainteresiranim stranem, vključno s strankami, vlagatelji in javnostjo, o prizadevanjih in napredku na področju trajnosti. Sestavni del tega je objava trajnostnih poročil in sodelovanje v industrijskih pobudah.
- **Nenehno izboljševanje** in razvijanje trajnostnih praks, saj se spreminjajo tehnologije, predpisi in zahteve strank.

2.1 Izzivi vključevanja trajnostnih oskrbovalnih verig

Vključevanje trajnostnih praks v oskrbovalne verige je velik izziv, saj se podjetja soočajo s številnimi ovirami. Za premagovanje teh ovir je potrebno sprejeti ukrepe, kot so oblikovanje trajnostne strategije, določitev posebnih trajnostnih ciljev in ciljnih vrednosti, sodelovanje z dobavitelji ter izvajanje orodij za ocenjevanje trajnosti in certificiranje (Walker, 2008). Eden izmed načinov premagovanja izzivov so partnerstva in sodelovanja z drugimi podjetji, organizacijami in strokovnjaki na tem področju, s ciljem izmenjave znanja in virov (Ageron, 2012).

Glavni izzivi so:

- **Pomanjkanje podatkov in preglednosti:** velikokrat se zelo težko pridobijo natančni in celoviti podatki o okoljskih in socialnih vplivih svoje

oskrbovalne verige. To oteži ugotavljanje področij za izboljšave in spremljanje napredka.

- **Odpor do sprememb**, kajti podjetja se soočijo z odporom do sprememb s strani zaposlenih, dobaviteljev in drugih zainteresiranih strani, ki se upirajo dodatnim stroškom, spremembam v procesih in usposabljanju, ki so morda potrebni za izvajanje trajnostnih praks.
- **Omejena sredstva** - ni dovolj finančnih, tehničnih in človeških virov, potrebnih za izvajanje trajnostnih praks v celotni oskrbovalni verigi.
- **Kompleksnost in dinamičnosti oskrbovalnih verig**, zato je težko opredeliti in obravnavati vprašanja trajnosti v celotni verigi.
- **Zapleteni predpisi in standardi** povzročajo težave pri krmarjenju po zapletenem spletu okoljskih in socialnih predpisov in standardov, ki veljajo za njihovo oskrbovalno verigo.
- **Težave pri merjenju in poročanju**, saj je merjenje in poročanje o okoljski in socialni uspešnosti oskrbovalne verige precej zahtevno, zato je težko slediti napredku in dokazati zavezanost trajnosti.
- **Težave pri usklajevanju kompromisov**, saj je trajnost zapletena in večplastna, podjetja pa imajo težave pri usklajevanju konkurenčnih socialnih, okoljskih in gospodarskih ciljev.
- **Težave pri vključevanju dobaviteljev in zainteresiranih strani** v pobude za trajnostno oskrbovalno verigo.

2.2 Tveganja trajnostnih oskrbovalnih verig

Trajnostne oskrbovalne verige vključujejo številna tveganja, kot je na primer tveganje izgube ugleda: saj v primeru, ko podjetje ne more izpolniti svojih trajnostnih zavez ali če so z njegovo oskrbovalno verigo povezani negativni okoljski ali socialni vplivi, to škodi njegovemu ugledu ter povzroči izgubo strank in prihodkov (Ansett, 2007). Tveganje skladnosti, ker za podjetja veljajo različni okoljski in socialni predpisi ter standardi, njihovo neupoštevanje pa povzroča globe in kazni. Operativna tveganja, ko izvajanje trajnostnih praks vključuje znatne spremembe dejavnosti, procesov in sistemov, kar povzroči tudi motnje, višje stroške in neučinkovitost delovanja. Zelo problematična so finančna tveganja; in sicer naložbe v trajnostne prakse vključujejo znatne kapitalske izdatke, kar privede do finančnih tveganj, v kolikor se koristi naložbe ne uresničijo. Tveganje oskrbovalne verige, če so trajnostne oskrbovalne

verige izpostavljene motnjam zaradi dejavnikov, kot so naravne nesreče, politična nestabilnost in spremembe v povpraševanju. Ta tveganja je mogoče zmanjšati s strategijami za obvladovanje tveganj, kot sta diverzifikacija dobaviteljev in izvajanje načrtov za izredne razmere. Potem pa so tu še družbena in okoljska tveganja. Podjetja se soočajo s socialnimi in okoljskimi tveganji, povezanimi s človekovimi pravicami, delovnimi standardi in vplivi na okolje. To vključuje tveganja, povezana z izkoriščanjem delavcev, spori glede zemlje in virov ter degradacijo okolja.

Pomembno je poudariti, da je ta tveganja mogoče zmanjšati z učinkovitimi strategijami za obvladovanje tveganj, kot so izvajanje rednih revizij, izvajanje certifikatov in standardov ter zanesljiv načrt kriznega upravljanja. Podjetja bi morala tudi redno pregledovati in posodabljeni svoje trajnostne cilje in naloge ter nenehno izboljševati svoje trajnostne prakse, da bi zmanjšala tveganja (Foerstl idr., 2015).

2.3 Ekonomski vidiki trajnostnih oskrbovalnih verig

Iz ekonomskega vidika se trajnostne oskrbovalne verige nanašajo na vključevanje okoljskih in socialnih vidikov v delovanje in upravljanje oskrbovalne verige podjetja za ustvarjanje dolgoročne gospodarske vrednosti (Bernardes idr., 2008).

Ekonomske koristi trajnostnih oskrbovalnih verig vključujejo:

- **Zmanjšanje stroškov:** Izvajanje trajnostnih praks privede do zmanjšanja stroškov na področjih, kot so poraba energije in vode, ravnanje z odpadki in logistika.
- **Upravljanje tveganj:** Sprejemanje trajnostnih praks podjetjem pomaga pri prepoznavanju in zmanjševanju okoljskih in socialnih tveganj, ki bi negativno vplivala na njihovo poslovanje. To vključuje tveganja, povezana s predpisi, izgubo ugleda in motnjami v oskrbovalni verigi.
- **Inovacije in konkurenčnost:** Sprejemanje trajnostnih praks spodbuja inovacije in izboljša konkurenčnost podjetja z razvojem novih izdelkov, procesov in poslovnih modelov.
- **Dostop do novih trgov in strank:** Trajnost je ključni dejavnik razlikovanja na trgu in podjetja, ki dokažejo zavezanost trajnostnim praksam, dostopajo do novih trgov in strank ter povečajo zvestobo strank.

- **Izboljššan ugled:** Zainteresirane strani, vključno s strankami, vlagatelji in javnostjo, na podjetja s trajnostnimi oskrbovalnimi verigami gledajo bolj pozitivno. To izboljša ugled in vrednost blagovne znamke.
- **Skladnost s predpisi in standardi:** Sprejetje trajnostnih praks v oskrbovalni verigi podjetjem pomaga pri skladnosti z okoljskimi in socialnimi predpisi in standardi ter prepreči morebitne globe in kazni.

Pomembno je poudariti, da čeprav trajnostne oskrbovalne verige prinesejo gospodarske koristi, izvajanje trajnostnih praks pomeni tudi dodatne stroške, kot so naložbe v novo tehnologijo, spremembe procesov in usposabljanje zaposlenih. Vsekakor pa je pri odločanju o naložbah in strategijah v oskrbovalni verigi potrebno upoštevati dolgoročne gospodarske koristi trajnostnih praks.

2.4 Socialni učinki trajnostnih oskrbovalnih verig

Socialni učinki trajnostnih oskrbovalnih verig v industriji so zelo obsežni in vključujejo tako pozitivne kot negativne učinke. Potencialni socialni učinki trajnostnih oskrbovalnih verig vključujejo:

- **Izboljšanje delovnih pogojev:** Izvajanje trajnostnih praks izboljša delovne pogoje za delavce v oskrbovalni verigi. Sestavni del tega je zagotavljanje poštenih plač, varnih delovnih pogojev in zaščito pravic delavcev.
- **Razvoj skupnosti:** Izvajanje trajnostnih praks pozitivno vpliva na skupnosti, na primer z zagotavljanjem zaposlitvenih možnosti, izboljšanjem dostopa do izobraževanja in zdravstvenega varstva ter podpiranjem lokalnega gospodarskega razvoja (Power idr., 2010).
- **Varstvo človekovih pravic:** Izvajanje trajnostnih praks podjetjem pomaga prepoznati in obravnavati morebitne kršitve človekovih pravic v oskrbovalni verigi, kot so prisilno delo, delo otrok in diskriminacija.
- **Krepitev vloge marginaliziranih skupnosti:** Izvajanje trajnostnih praks pripomore k krepitvi vloge marginaliziranih skupnosti z zagotavljanjem dostopa do izobraževanja in usposabljanja ter spodbujanjem enakosti spolov.

- **Socialno vključenost:** Izvajanje trajnostnih praks prispeva k socialni vključenosti, saj zagotavlja priložnosti ljudem, ki so sicer izključeni iz gospodarstva, kot so invalidi, manjšine ali begunci.
- **Izboljšanje javnega zdravja:** Izvajanje trajnostnih praks prispeva k izboljšanju javnega zdravja, kot so zmanjšanje onesnaževanja, izboljšanje dostopa do čiste vode in spodbujanje zdravih delovnih pogojev.

2.5 Tehnološki vidiki implementacije trajnostnih oskrbovalnih verig

S tehnološkega vidika integracija trajnostnih oskrbovalnih verig vključuje uporabo različnih tehnologij za izboljšanje okoljske in družbene uspešnosti oskrbovalne verige. Pomembno je omeniti, da bosta izbira in uvedba teh tehnologij odvisna od posebnih potreb in ciljev podjetja, zato je pomembno, da se pred uvedbo ocenijo stroški in koristi vsake tehnologije. Uporaba teh tehnologij vključuje:

- **Digitalne platforme:** Digitalne platforme, kot so programska oprema za upravljanje oskrbovalne verige in sistemi za načrtovanje virov podjetja (ERP), se uporabljajo za izboljšanje prepoznavnosti in preglednosti oskrbovalne verige, kar olajša prepoznavanje in reševanje vprašanj trajnosti.
- **IoT in senzorska tehnologija:** IoT in senzorska tehnologija se uporabljata za spremljanje in sledenje okoljske in družbene uspešnosti oskrbovalne verige v realnem času. To vključuje spremljanje porabe energije in vode, ravnanje z odpadki in transportno logistiko.
- **Veliki podatki in analitika:** Velike podatke in analitiko je mogoče uporabiti za analizo in razlago velikih količin podatkov, ki jih ustvari oskrbovalna veriga, prepoznavanje trendov in vzorcev ter sprejemanje odločitev na podlagi podatkov za izboljšanje trajnostne uspešnosti.
- **3D-tiskanje:** 3D-tiskanje se uporablja za zmanjšanje vpliva prometa na okolje s proizvodnjo komponent in izdelkov bližje točki potrošnje.
- **Robotika in avtomatizacija:** Robotika in avtomatizacija se uporabita za izboljšanje učinkovitosti in trajnosti proizvodnih procesov, zmanjšanje odpadkov in izboljšanje delovnih pogojev.
- **Blockchain:** Blockchain tehnologijo je mogoče uporabiti za povečanje preglednosti in sledljivosti v oskrbovalni verigi, kar podjetjem omogoča učinkovitejše prepoznavanje in reševanje vprašanja trajnosti.

- **Umetna inteligenca:** Umetna inteligenca pomaga podjetjem optimizirati delovanje oskrbovalne verige, zmanjšati emisije in porabo ter povečati učinkovitost virov.

2.6 Ekološki vidiki implementacije trajnostnih oskrbovalnih verig

Ekološki vidik vključevanja trajnostne dobavne verige v industrijski sektor vključuje zmanjšanje vpliva dobavne verige na okolje z izvajanjem praks, kot so zmanjšanje količine odpadkov in emisij, ohranjanje virov in spodbujanje trajnostne oskrbe. To vključuje uporabo zelenih načinov prevoza, izvajanje energetsko učinkovitih postopkov ter spodbujanje trajnostnih kmetijskih in gozdarskih praks pri pridobivanju surovin. Poleg tega vključuje ocenjevanje in obravnavanje vplivov dobavne verige na biotsko raznovrstnost, kakovost vode in zraka ter druge ključne ekološke sisteme. Na splošno je cilj čim bolj zmanjšati negativni vpliv dobavne verige na okolje in spodbujati trajnostne prakse v celotni dobavni verigi.

3 Modeliranje in model oskrbovalne verige

3.1 Modeliranje oskrbovalne verige

Modeliranje oskrbovalne verige je postopek ustvarjanja simulacije ali predstavitve oskrbovalne verige za analizo in optimizacijo različnih vidikov njenega delovanja (Chaabane idr., 2011). To vključuje ocenjevanje logistike, proizvodnje, upravljanja zalog in drugih dejavnikov, ki vplivajo na uspešnost oskrbovalne verige. Modeli oskrbovalne verige se uporabljajo za ugotavljanje ozkih grl, napovedovanje povpraševanja ter sprejemanje odločitev o proizvodnji, zalogah in distribuciji. Uporabljajo se tudi za ocenjevanje vpliva različnih strategij ali zunanjih dejavnikov, kot so spremembe v povpraševanju ali motnje v oskrbovalni verigi. Nekatera pogosta orodja in tehnike, ki se uporabljajo pri modeliranju oskrbovalne verige, vključujejo linearno programiranje, simulacijo in optimizacijske algoritme.

3.2 Koncipiranje modela oskrbovalne verige

Postopek koncipiranja modela oskrbovalne verige je zapletena in dolgotrajna naloga, zlasti pri velikih in dinamičnih oskrbovalnih verigah, zajema pa naslednje faze (Chaabane idr., 2011).

- **Opredelitev obsega modela**, kjer je potrebno opredeliti, kateri vidiki oskrbovalne verige bodo vključeni v model in kateri ne, odvisno od specifičnih ciljev in nalog modeliranja.
- **Zbiranje podatkov**, ki vključujejo informacije o proizvodnih zmogljivostih, oskrbovalnih rokih, ravnih zalog in vzorcih povpraševanja ter o različnih sestavnih delih oskrbovalne verige, kot so dobavitelji, proizvajalci, distributerji in stranke.
- **Razvoj modela**: zbrani podatki se uporabijo za izdelavo prikaza oskrbovalne verige, kar je možno izvesti z različnimi orodji in tehnikami, kot so preglednice, simulacijska programska oprema ali optimizacijski algoritmi.
- **Potrditev modela**: s primerjavo napovedi z dejanskimi podatki preverimo, ali model natančno predstavlja oskrbovalno verigo.
- **Uporaba modela** za analizo različnih scenarijev in oceno vpliva različnih strategij na uspešnost oskrbovalne verige. To vključuje prepoznavanje ozkih grl, napovedovanje povpraševanja ter sprejemanje odločitev o proizvodnji, zalogah in distribuciji.
- **Stalno optimiranje in posodabljanje modela** zaradi nenehnih sprememb oskrbovalne verige.

3.3 Model

Osnova za modeliranje in izvajanje trajnostnih dobavnih verig v industrijskem sektorju je spoznanje, da je treba uravnotežiti gospodarske, družbene in okoljske vidike, da bi zagotovili dolgoročno sposobnost preživetja in uspeh. To vključuje izvajanje praks in strategij, ki zmanjšujejo negativne vplive na okolje in skupnosti ter hkrati povečujejo učinkovitost in dobičkonosnost ter ukrepe, kot so zmanjševanje odpadkov in emisij, spodbujanje etičnih in poštenih delovnih praks ter naložbe v obnovljive vire energije in trajnostne materiale. Končni cilj je ustvariti bolj trajnostno in odporno dobavno verigo, ki se lahko prilagodi spreminjajočim se tržnim in okoljskim razmeram. Upravljanje dobavne verige je učinkovito le, če se vse trajnostne teme in področja delovanja upoštevajo skupaj in interpretirajo v kontekstu poslovanja (Chidambaranathan idr., 2009). Osnovo za model predstavlja ISO

26000¹, ki se zgleduje po mednarodnem standardu o družbeni odgovornosti, ki izpostavlja pet ključnih področij. Čeprav le-te ne zajemajo vseh tematskih področij, ki jih je mogoče opredeliti s temeljito analizo, pa še vedno zagotovijo prvo orientacijo pri koncipiranju modela.

Standard ISO 26000 o družbeni odgovornosti vključuje naslednje trajnostne teme in področja delovanja, kar je razvidno iz slike 1.

| OKOLJE | ČLOVEKOVE PRAVICE | DELOVNE PRAKSE | POŠTENE POSLOVNE PRAKSE | VPRAŠANJA POTROŠNIKOV |
|--|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • onesnaževanje • uporaba virov • podnebne spremembe | <ul style="list-style-type: none"> • delavske pravice • delo otrok • prisilno delo | <ul style="list-style-type: none"> • pošteno ravnanje z zaposlenimi • diskriminacija • zdravje in varnost na delovnem mestu | <ul style="list-style-type: none"> • poštena konkurenca • odgovorno trženje • spoštovanje intelektualne lastnine | <ul style="list-style-type: none"> • zdravje in varnost potrošnikov • tržna etika • zasebnost |

Slika 1: Trajnostne teme in akcijska področja (na osnovi ISO 26000)

3.4 Struktura modela

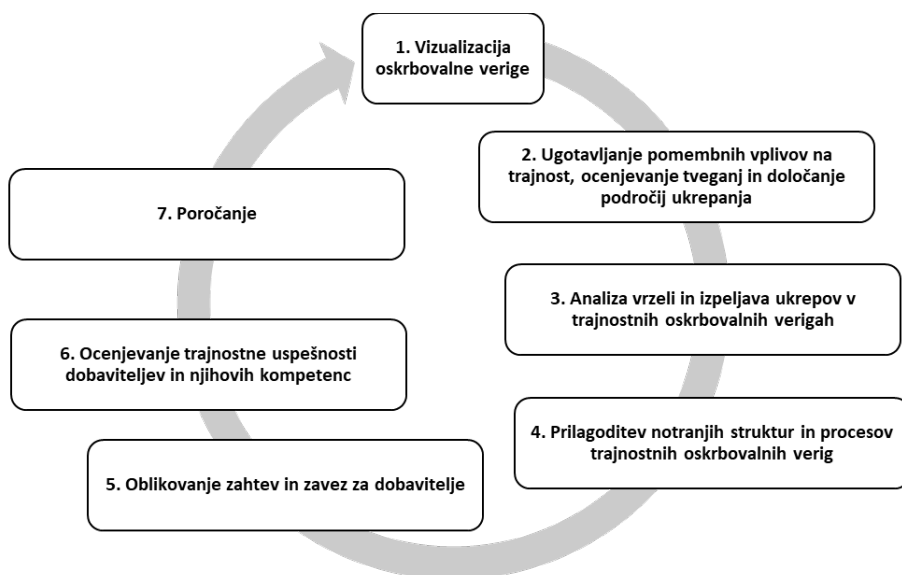
Model implementacije trajnostne oskrbovalne verige sestavlja 7 faz :

1. Vizualizacija oskrbovalne verige;
2. Ugotavljanje pomembnih vplivov na trajnost, ocenjevanje tveganj in določanje področij ukrepanja;
3. Analiza vrzeli in izpeljava ukrepov v trajnostnih oskrbovalnih verigah;
4. Prilagoditev notranjih struktur in procesov trajnostnih oskrbovalnih verig;
5. Oblikovanje zahtev in zavez za dobavitelje;
6. Ocenjevanje trajnostne uspešnosti dobaviteljev in njihovih kompetenc;
7. Poročanje.

V osnovnem konceptu so na podlagi procesnega pristopa predstavljeni osnovni koraki in pristopi k oblikovanju in optimizaciji trajnostnih oskrbovalnih verig. Prikazan je način, kako podjetje zajame in vizualizira svojo celotno dobavno verigo, kako opredeli dodatne izzive za trajnost ter jih oceni in razvrsti po pomembnosti s

¹ ISO 26000, pridobljeno 19.1.2023 na <https://www.iso.org/standard/42546.html#:~:text=ISO%2026000%3A2010%20is%20intended,part%20of%20their%20social%20responsibility>

pomočjo analize pomembnosti (1. in 2. korak postopka). Določa tudi, kako izpeljati cilje in ukrepe za posamezne ravni podjetja (3. korak procesa) ter kako ustrezno uskladiti notranje strukture in procese (4. korak procesa). Podani so predlogi, kako oblikovati svoje zahteve za dobavitelje (5. korak postopka) in kateri instrumenti se lahko uporabijo za spremljanje (6. korak postopka), da vzpostavijo odnose, ki temeljijo na zaupanju. V zadnjem, sedmem koraku procesa so opisani pristopi o poročanju o napredku pri uvajanju trajnostnega upravljanja dobavne verige (7. korak procesa). Obravnavani opisi postopkov so splošni in omogočajo uporabo v različnih panogah, kar pa pomeni, da je potrebno instrumente ali metode, ki se uporabljajo v praksi, prilagajati specifičnim lastnostim različnih panog.



Slika 2: Model implementacije trajnostne oskrbovalne verige

3.4.1 Vizualizacija oskrbovalne verige

Kartiranje in vizualizacija oskrbovalne verige nam omogoča, da pridobimo pregled nad bistvenimi predhodnimi procesi, ki ustvarjajo verigo dodane vrednosti. V bistvu gre za zbiranje informacij in njihovo pripravo za nadaljnjo analizo. Vse korake v oskrbovalni verigi (torej izven neposrednih dobaviteljev) je treba sukcesivno ponazoriti in dopolniti s podatki o njihovih aktivnostih in poddobaviteljih. Ta

procesni korak je izhodišče pri iskanju potencialnih in dejanskih vplivov in tveganj na trajnost.

Oskrbovalno verigo je mogoče vizualizirati na več načinov. Ena od običajnih metod je uporaba diagrama poteka, ki prikazuje različne stopnje oskrbovalne verige ter pretok materialov, blaga in informacij med njimi. Druga metoda je uporaba mrežnega diagrama, ki prikazuje odnose med različnimi dobavitelji, proizvajalci, distributerji in strankami. Eden izmed načinov vizualizacije oskrbovalne verige je zemljevid, ki prikazuje lokacijo dobaviteljev, proizvajalcev, skladišč in distribucijskih centrov. Nekatera podjetja uporabljajo tudi Ganttove diagrame ali programsko opremo za vodenje projektov za spremljanje napredka projekta ali izdelka v oskrbovalni verigi, poudarjanje ključnih mejnikov in prepoznavanje morebitnih ozkih grl ali zamud.

Poleg tega je na voljo veliko programske opreme, ki zagotovi podrobnejši in bolj dinamičen vizualni prikaz oskrbovalne verige, kot je programska oprema za upravljanje oskrbovalne verige (SCM), ki pomaga spremljati zaloge, upravljati logistiko in spremljati uspešnost dobaviteljev.

Druga možnost je uporaba orodij za vizualizacijo podatkov, kot so Tableau, Power BI in QlikView, s katerimi podatke spremenite v vizualne predstavitve ter prepoznate vzorce in trende, ki v običajni preglednici morda niso takoj očitni (Prajogo, Olhager, 2012).

3.4.2 Ugotavljanje pomembnih vplivov na trajnost, ocenjevanje tveganj in določanje področij ukrepanja

Ugotavljanje pomembnih trajnostnih vplivov, ocenjevanje tveganj in določanje področij ukrepanja v oskrbovalnih verigah je pomemben del družbene odgovornosti in trajnostnih prizadevanj podjetja. Opredeliti je potrebno področja oskrbovalne verige, kjer obstaja največ možnosti za negativne vplive na okolje, človekove pravice in druga vprašanja v zvezi s trajnostjo, in sicer vključuje področja, kot so pridobivanje surovin, proizvodnja, prevoz in odstranjevanje odpadkov. Ko so ta področja opredeljena, je potrebno oceniti tveganja, povezana s temi področji. To vključuje zbiranje podatkov in informacij o okoljskih in družbenih vplivih teh območij ter ocenjevanje verjetnosti pojava teh vplivov. Na podlagi ugotovljenih

tveganj je potrebno določiti, katerim področjem v oskrbovalni verigi je treba nameniti največ pozornosti in ukrepanja. To vključuje izvajanje novih politik ali postopkov, naložbe v nove tehnologije ali sodelovanje z dobavitelji, da bi izboljšali njihovo uspešnost na področjih, ki vzbujajo skrb. Pri izvajanju ukrepov je potrebno spremljala in meriti napredek in učinek teh ukrepov. To vključuje določanje ciljev, pripravo načrta in dodelitev virov. Pri tem pa je možno uporabljati različna orodja in tehnike, ki pomagajo prepoznati pomembne vplive na trajnostni razvoj, oceniti tveganja in določiti področja ukrepanja, kot so ocena življenjskega cikla (LCA), ocena trajnostnega razvoja oskrbovalne verige (SCSA) in ogljični odtis. Gre za stalen proces, saj je potrebno redno pregledovati in posodabljeni svojo presojo vplivov na trajnostni razvoj, da se zagotovi njena ustreznost in učinkovitost.

3.4.3 Analiza vrzeli in izpeljava ukrepov v trajnostnih oskrbovalnih verigah

Analiza vrzeli in izpeljava ukrepov v trajnostnih oskrbovalnih verigah je postopek, ki pomaga opredeliti področja, na katerih oskrbovalne verige ne dosegajo trajnostnih ciljev, ter nato razviti in izvajati ukrepe za odpravo teh vrzeli. Postopek je sestavljen iz analize trenutne uspešnosti podjetja z vidika trajnosti v vseh dejavnostih oskrbovalne verige. To vključuje pregled podatkov o okoljskih, družbenih in gospodarskih učinkih ter opredelitev najboljših praks in meril za trajnostno upravljanje oskrbovalne verige. Po analizi trenutne uspešnosti je naslednji korak ugotavljanje področij, na katerih podjetje ne dosega svojih trajnostnih ciljev in nalog. To vključuje področja, na katerih podjetje ne izpolnjuje zakonskih ali regulativnih zahtev ali na katerih ne izpolnjuje panožnih standardov ali najboljših praks. Ko so vrzeli ugotovljene, je naslednji korak razvoj ukrepov za njihovo odpravo. To vključuje posebne ukrepe, politike ali postopke, ki se izvajajo za izboljšanje uspešnosti na opredeljenih področjih. Ko so ukrepi definirani, je naslednji korak njihovo izvajanje v oskrbovalni verigi podjetja. To vključuje usposabljanje zaposlenih, posodabljanje politik in postopkov ter spremljanje in poročanje o napredku. Zadnji korak je pregled napredka in rezultatov izvedenih ukrepov ter potrebne izboljšave. To vključuje analizo podatkov o uspešnosti, opredelitev področij za nadaljnje izboljšave in po potrebi posodobitev ukrepov.

3.4.4 Prilagoditev notranjih struktur in procesov trajnostnih oskrbovalnih verig

To je pomemben korak pri zagotavljanju trajnostnega delovanja oskrbovalne verige podjetja in sicer vključuje opredelitev notranjih struktur in procesov, ki jih je treba prilagoditi, da bi podprli trajnostno delovanje oskrbovalne verige. To je mogoče storiti s pregledom obstoječih dejavnosti in postopkov podjetja ter s posvetovanjem s strokovnjaki in zainteresiranimi stranmi. Ko so opredeljena področja, ki jih je treba izboljšati, je naslednji korak razvoj trajnostne strategije oskrbovalne verige, ki obravnava ta področja. Ta strategija mora biti usklajena s splošnimi trajnostnimi cilji podjetja ter podprta s posebnimi cilji in ukrepi. Z vzpostavljeno strategijo trajnostne oskrbovalne verige podjetje revidira svoje notranje strukture in procese, da bi podprlo izvajanje strategije. To vključuje oblikovanje novih vlog ali odgovornosti, revizijo obstoječih procesov ter naložbe v nove tehnologije ali sisteme. Potrebno je tudi zagotoviti usposabljanje zaposlenih o novih procesih, postopkih in tehnologijah, ki se izvajajo, da se zagotovi nemoten prehod in uspešno izvajanje. Zelo pomembno je redno spremljati in ocenjevati učinkovitost prilagojenih notranjih struktur in procesov ter jih po potrebi prilagoditi, da bodo še naprej podpirali trajnostno delovanje oskrbovalne verige.

3.4.5 Oblikovanje zahtev in zavez za dobavitelje

Oblikovanje zahtev in zavez za dobavitelje je način, s katerim podjetja zagotovijo, da njihovi dobavitelji spoštujejo določene standarde in prakse (Burke, Logsdon, 1996). To se nanaša na zahteve v zvezi z delovnimi praksami, vplivom na okolje ter skladnostjo z zakoni in predpisi. Da bi te zahteve postale zavezujoče, jih je potrebno vključiti v pogodbo ali sporazum z dobavitelji ali pa določiti kazni za njihovo neizpolnjevanje. Običajno se izvajajo revizije ali inšpekcijski pregledi dobaviteljev, da se zagotovi izpolnjevanje zahtev. Ta postopek omogoča, da se ohrani zavezanost družbeni odgovornosti in zagotovi, da je delovanje oskrbovalne verige v skladu z dogovorjenimi vrednotami.

3.4.6 Ocenjevanje trajnostne uspešnosti dobaviteljev in njihovih kompetenc

Ocenjevanje trajnostne uspešnosti dobaviteljev in razvijanje kompetenc je pomemben korak pri zagotavljanju trajnostnega delovanja oskrbovalne verige podjetja (Touboulis idr., 2014). Prva stvar je določitev posebnih meril, ki jih morajo dobavitelji izpolnjevati, da se štejejo za trajnostne. Ta merila vključujejo okoljske, družbene in etične standarde, kot so skladnost z delovnopravno zakonodajo, cilji za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in smernice za odgovorno nabavo. Ko so merila določena, je treba v naslednjem koraku oceniti uspešnost dobaviteljev glede na ta merila. To se izvaja s pregledi na kraju samem, revizijami ali samoocenjevanjem, vključuje pa tudi uporabo sistemov ali indeksov trajnostnega ocenjevanja. Zelo pomembna je tudi komunikacija in sodelovanje z dobavitelji, da bi razumeli njihovo trajnostno uspešnost in opredelili področja za izboljšave. To pa vključuje usposabljanje in vire, ki dobaviteljem pomagajo izboljšati njihovo uspešnost, ter jih spodbujajo k sprejemanju trajnostnih praks. Prav tako pa je potrebno tudi vlagati v krepitev lastnih kompetenc na področju trajnostnega upravljanja oskrbovalne verige, vključno z usposabljanjem zaposlenih o trajnostnih načelih in najboljših praksah ter rednim pregledovanjem in posodabljanjem lastnih trajnostnih politik in postopkov (Porter, 2008). Naslednji korak je redno spremljanje in ocenjevanje trajnostne uspešnosti dobaviteljev ter sprejemanje ustreznih ukrepov za odpravo morebitnih ugotovljenih težav. Sestavni del tega je lahko tudi prekinitev pogodb z dobavitelji, ki ne izpolnjujejo trajnostnih standardov podjetja. Gre za permanenten proces, saj je potrebno redno pregledovati in posodabljati trajnostna merila in postopke ocenjevanja dobaviteljev, da bi zagotovili njihovo ustreznost in učinkovitost pri podpiranju trajnostnega delovanja oskrbovalne verige (Voss idr., 2002).

3.4.7 Poročanje

Vključuje opredelitve, kot so zakonske in regulativne zahteve, panožni standardi in pričakovanja zainteresiranih strani. Po določitvi zahtev za poročanje je naslednji korak zbiranje podatkov o dejavnostih oskrbovalne verige podjetja. To vključuje podatke o okoljski, družbeni in gospodarski uspešnosti, kot so emisije toplogrednih plinov, poraba energije in delovne prakse. Ko so podatki zbrani, jih je treba analizirati in združiti, da se zagotovi celovita slika uspešnosti trajnostne oskrbovalne verige podjetja s primerjavo uspešnosti z uveljavljenimi trajnostnimi kazalniki in

najboljšimi praksami ter opredeli področja za izboljšave. V nadaljevanju je potrebno sporočati in razkrivati rezultate svojega trajnostnega delovanja v oskrbovalni verigi, na primer prek trajnostnih poročil, družbenih medijev ali drugih javnosti dostopnih platform. Ta poročila morajo biti jasna, jedrnata in zainteresiranim stranem dostopna. Pomembno je redno pregledovati in izboljševati postopek poročanja, da bi zagotovili, da bo še naprej ustrezen in učinkovit pri zagotavljanju celovite slike uspešnosti trajnostne oskrbovalne verige podjetja ter izpolnjevanju zahtev za poročanje.

4 Najpomembnejši dejavniki uspešne integracije trajnostne oskrbovalne verige v industrijo

Pri vključevanju trajnostnih oskrbovalnih verig v industrijski sektor je treba upoštevati več pomembnih dejavnikov in sicer:

- **Vodenje in predanost:** Močno vodstvo in predanost najvišjega vodstva sta bistvenega pomena za spodbujanje pobud trajnostne oskrbovalne verige v celotni organizaciji (Wolf, 2014).
- **Jasni cilji:** Določanje jasnih in merljivih trajnostnih ciljev je ključnega pomena za sledenje napredku in merjenje učinkovitosti pobud trajnostne oskrbovalne verige.
- **Podatki in preglednost:** Natančni in celoviti podatki o okoljskih in socialnih vplivih oskrbovalne verige so bistveni za prepoznavanje področij za izboljšave in sledenje napredku.
- **Vključevanje dobaviteljev:** Vključevanje dobaviteljev in določanje pričakovanj glede trajnostne uspešnosti je ključnega pomena za zagotavljanje, da se trajnostne prakse izvajajo v celotni oskrbovalni verigi.
- **Nenehne izboljšave:** Nenehno spremljanje in izboljšanje trajnostnih praks je bistvenega pomena za ohranjanje koraka s spremembami v tehnologiji, predpisih in zahtevah strank.
- **Vključevanje deležnikov:** Vključevanje deležnikov, kot so stranke, zaposleni in lokalne skupnosti, v razvoj in izvajanje pobud trajnostne oskrbovalne verige je pomembno za ustvarjanje podpore in zagotavljanje, da so pobude usklajene s potrebami in pričakovanji različnih deležnikov (Chung, Kim, 2003).

- **Orodja za ocenjevanje trajnosti:** Uporaba orodij za ocenjevanje trajnosti, kot so sistemi ocenjevanja trajnosti, sheme certificiranja in okviri za poročanje o trajnosti, pomagajo oceniti uspešnost oskrbovalne verige in prepoznati področja za izboljšave.
- **Partnerstva in sodelovanja:** Oblikovanje partnerstev in sodelovanja z drugimi podjetji, organizacijami in strokovnjaki na tem področju pomaga deliti znanje in vire ter podpira integracijo trajnostnih oskrbovalnih verig v industrijski sektor.
- **Skladnost s predpisi in standardi:** Sprejemanje praks trajnostne oskrbovalne verige in skladnost z okoljskimi in socialnimi predpisi in standardi podjetjem pomagata, da se izognejo morebitnim globam in kaznim.
- **Stalna komunikacija in poročanje:** Stalna komunikacija in poročanje o trajnostnih prizadevanjih in napredku pomaga pri gradnji zaupanja in preglednosti z deležniki

5 Spremljanje uspešnosti implementacije trajnostnih oskrbovalnih verig

Spremljanje učinkovitosti vključevanja trajnostnih oskrbovalnih verig v industrijski sektor vključuje več korakov, vključno z:

- **Nastavitev merila uspešnosti:** Določitev specifičnih, merljivih in ustreznih meril uspešnosti, ki so v skladu s trajnostnimi cilji podjetja. Ta merila morajo upoštevati okoljske, socialne in upravljske vidike (Krause, idr., 2001).
- **Zbiranje in analiza podatkov:** Bistveni so stalni podatki o okoljski, socialni in upravljski uspešnosti oskrbovalne verige ter analiza le-teh (Janvier-James, Didier, 2011).
- **Ocena uspešnosti:** Z meritvijo uspešnosti in analizo podatkov se ocenjuje uspešnost oskrbovalne verige glede na trajnostne cilje. To vključuje primerjavo uspešnosti s panožnimi merili uspešnosti in prepoznavanje področij za izboljšave ter uporabo orodij za ocenjevanje trajnosti, kot so sistemi ocenjevanja trajnosti, sheme certificiranja in okviri za poročanje o trajnosti (Cao idr., 2010).

- **Pregled in prilagoditev strategije:** Potrebna je analiza trajnostne strategije in po potrebi njena prilagoditev na podlagi ocene uspešnosti, ki jo sestavlja postavljanje novih ciljev, izvajanje novih praks in redno ponovno ocenjevanje uspešnosti. Pri tem je zelo pomembno vključevanje deležnikov, kot so dobavitelji, kupci, zaposleni in lokalne skupnosti, v proces spremljanja in ocenjevanja uspešnosti ter upoštevanje njihove povratne informacije pri prilagajanju strategije (Bath, Ozturen, 2013).
- **Komunikacija in poročanje o uspešnosti:** Sporočite uspešnost trajnostne oskrbovalne verige deležnikom, vključno s strankami, vlagatelji in javnostjo. To vključuje objavo trajnostnih poročil in sodelovanje v industrijskih pobudah.

6 Zaključek

Osnovni namen je prikazati uporabo ter koncept modela kot orodje, ki nam daje možnost pozitivnega vplivanja na odločitve ter koncipiranja trajnostne oskrbovalne verige. Osnovna ugotovitev vzpostavitve modela za trajnostne dobavne verige je, da daje vse možnosti, da pridemo do boljših okoljskih in družbenih rezultatov, pa tudi do prihrankov stroškov in večje učinkovitosti podjetij. Izvajanje trajnostnih praks v dobavni verigi vključuje zmanjšanje količine odpadkov, uporabo obnovljivih virov energije, spodbujanje poštenih delovnih praks in omejevanje uporabe nevarnih snovi. Vendar je lahko izvajanje teh sprememb tudi zahtevno in lahko zahteva veliko časa in sredstev. Predstavljen model ne daje univerzalnega odgovora na problematiko uvajanja trajnostnih oskrbovalnih verig, je pa vsekakor dobra osnova za implementacijo trajnostnih vidikov na področju upravljanja oskrbovalnih verig.

Literatura

- Ageron, B., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2012). Sustainable supply management: An empirical study. *International Journal of Production Economics*, 140, str. 168-182.
- Amaeshi, K. M., Osuji, O. K., & Nnodim, P. (2008). Corporate Social Responsibility in supply chains of global brands: A boundaryless responsibility? Clarifications, expectations, and implications. *Journal of Business Ethics*, 81, str. 223-234.
- Ansett, S. (2007). Mind the Gap: A journey to sustainable supply chains. *Employee Responsibilities & Rights Journal*, 19, str. 295-303.
- Bath, J., & Ozturen, A. (2013). Impact factors on collaboration and delivery success in professional service B2B supply chains. *Asian Social Science*, 9(11), str. 201-212.

- Bernardes, E. S., & Zsidisin, G. A. (2008). An examination of strategic supply management benefits and performance implications. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 14, str. 209-219.
- Burke, L., & Logsdon, J. M. (1996). How corporate social responsibility pays off. *Long Range Planning*, 29(4), str. 495-502.
- Busse, C. (2016). Doing well by doing good? The self-interest of buying firms and sustainable supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 52(2), str. 28-47.
- Cao, M., Vonderembse, M. A., Zhang, Q., & Ragu-Nathan, T. S. (2010). Supply chain collaboration: Conceptualization and instrument development. *International Journal of Production Research*, 48(22), str. 6613-6635.
- Chaabane, A., Ramudhin, A., & Paquet, M. (2011). Designing supply chains with sustainability considerations. *Production Planning & Control*, 22(8), str. 727-741.
- Chidambaranathan, S., Muralidharan, C., & Deshmukh, S. (2009, December). Analyzing the interaction of critical factors of supplier development using Interpretive Structural Modeling—an empirical study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(11/12), str. 1081-1093.
- Chung, S., & Kim, G. M. (2003). Performance effects of partnership between manufacturers and suppliers for new product development: The supplier's standpoint. *Research Policy*, 32, str.587-603.
- Foerstl, K., Azadegan, A., Leppelt, T., & Hartmann, E. (2015). Drivers of supplier sustainability: Moving beyond compliance to commitment. *Journal of Supply Chain Management*, 51(1), str.67-92.
- ISO 26000, pridobljeno 19.1.2023 na <https://www.iso.org/standard/42546.html#:~:text=ISO%2026000%3A2010%20is%20intended,part%20of%20their%20social%20responsibility.>
- Janvier-James, A., & Didier, E. (2011). A benchmarking framework for supply chain collaboration: A data envelopment analysis (DEA) application. *International Journal of Business Administration*, 2(3), str. 19-31.
- Krause, D. R., Pagell, M., & Curkovic, S. (2001). Technical note: Toward a measure of competitive priorities for purchasing. *Journal of Operations Management*, 19, str. 497-512.
- Pearce, C. L., Manz, C. C., & Akanno, S. (2013). Searching for the holy grail of management development and sustainability: Is shared leadership development the answer? *Journal of Management Development*, 32(3), str.247-257.
- Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard Business Review*, 86(1), str. 78-93.
- Power, G., Wynhoven, U., Hansen, O. L., Engerran, J., Main, N., Hespeneide, E., Lowitt, E. (2010). Framework for Implementation: Human Rights, Labour, Environment, AntiCorruption. New York: United Nations Global Compact and Deloitte Touche Tohmatsu. Prodobljeno 19.1.2023 na https://www.unglobalcompact.org/docs/news_events/9.1_news_archives/2010_06_17/U_Global_Compact_Management_Model.pdf
- Prajogo, D., & Olhager, J. (2012). Supply chain integration and performance: The effects of long-term relationships, information technology and sharing, and logistics integration. *International Journal Production Economics*, 135, str. 514-522.

- Touboulis, A., Chicksand, D., & Walker, H. (2014). Managing imbalanced supply chain relationships for sustainability: A power perspective. *Decision Sciences*, 45(4), str. 577-619.
- Voss, C., Tsikriktsis, N., & Frohlich, M. (2002). Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), str. 195-219.
- Walker, H., Di Sisto, L., & McBain, D. (2008). Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from public and private sectors. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 14, str. 69-85.
- Wolf, J. (2014). The relationship between sustainable supply chain management, stakeholder pressure and corporate sustainability performance. *Journal of Business Ethics*, 119, str. 317-328.

ANALIZA DEJAVNIKOV UČINKOVITOSTI IN USPEŠNOSTI OBVLADOVANJA POSLOVNIH PROCESOV

EVA KRHAČ ANDRAŠEC,¹ TOMAŽ KERN,² BENJAMIN URH³

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
eva.krhac1@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
tomaz.kern@um.si

³ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
benjamin.urh@um.si

Izidi številnih študij opozarjajo na neuspešnost velikega odstotka projektov obvladovanja poslovnih procesov, kar pomeni, da so le-ti tvegani predlogi s potencialom za veliko investicijo in z negotovimi rezultati. Namen raziskave je analizirati dejavnike učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov. Raziskava zajema teoretični pregled dejavnikov ter analizo dveh raziskav, izvedenih v Sloveniji. V drugem delu so analizirani dejavniki učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov in ključni dejavniki učinkovitosti in uspešnosti pristopov, metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov. Analiza anketnih vprašalnikov zajema deskriptivno statistiko ter tri teste, opravljene s pomočjo orodja SPSS. Na podlagi rezultatov je zaključeno, da so najpomembnejši dejavniki z največjim vplivom dejavniki managementa in vodenja ter dejavniki organizacijske kulture. Pomembnost dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov se ne razlikuje pomembno glede na lastnosti poslovnih sistemov.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.6](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.6)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
obvladovanje poslovnih
procesov,
pristopi izboljševanja,
metode in tehnike
izboljševanja,
dejavniki izvajanja
poslovnih procesov,
dejavniki izboljševanja
poslovnih procesov

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.6](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.6)

ISBN

978-961-286-821-5

Keywords:

business process
management,
improvement approaches,
improvement methods and
techniques,
business process execution
factors,
business process
improvement factors

ANALYSIS OF EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS FACTORS OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT

EVA KRHAČ ANDRAŠEC,¹ TOMAŽ KERN,² BENJAMIN URH³

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
eva.krhac1@um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
tomaz.kern@um.si

³ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
benjamin.urh@um.si

The results of many studies point to the failure of a large percentage of business process management projects, which means that these are risky proposals with the potential for large investments and uncertain results. The research aims to analyze business process management's efficiency and effectiveness factors. The research includes a theoretical overview of factors and an analysis of two studies conducted in Slovenia. The second part analyzes the business process efficiency and effectiveness factors and the key efficiency and effectiveness factors of approaches, methods, and techniques for improving business processes. The analysis of the survey questionnaires includes descriptive statistics and three tests using the SPSS tool. Based on the results, it is concluded that the most important factors with the most significant influence are the management and leadership factors and the organizational culture factors. The importance of business process management's efficiency and effectiveness factors does not differ significantly according to the characteristics of business systems.



1 Uvod

Številne študije opozarjajo na neuspešnost velikega odstotka (60–80 %) projektov obvladovanja poslovnih procesov. Posledično ugotavljajo, da so le-ti pogosto tvegani predlogi s potencialom za velike investicije in z izjemno negotovimi rezultati (Trkman, 2010; Bai in Sarkis, 2013).

Dostopna literatura v glavnem izpostavlja podobne kritične dejavnike uspeha obvladovanja poslovnih procesov, in sicer: podporo managementa, management projektov, sodelovanje in usposabljanje uporabnikov (Karim idr., 2007; Ariyachandra in Frolick, 2008, v Trkman, 2010). Posamezni avtorji kritične dejavnike poglobljeno raziskujejo na določenih primerih. Tako Trkman (2010) na primeru Skybank izpostavlja strateško prilagajanje, investicije v informacijsko-komunikacijsko tehnologijo, merjenje učinkovitosti in uspešnosti, specializiranost zaposlenih, organiziranost poslovnega sistema in spremembe le-tega, implementacijo sprememb, sistem konstantnih izboljšav, standardizacijo poslovnih procesov in avtomatizacijo. S kritičnimi dejavniki uspeha obvladovanja poslovnih procesov se ukvarjata tudi Bai in Sarkis (2013), ki pa poleg navedenih izpostavljata še vključevanje v družbeno okolje, osredotočenost na uporabnika in organizacijsko kulturo.

V poglavju predstavljamo raziskavo, katere namen je bil celovito raziskati in analizirati kritične dejavnike učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov. Raziskava je bila razdeljena v dva dela, in sicer na pregled dostopne literature ter analizo dveh anketnih vprašalnikov, izpolnjenih v slovenskih poslovnih sistemih. Za analizo anketnih vprašalnikov je uporabljeno orodje SPSS, pri tem pa so izvedeni deskriptivna statistika, χ^2 test, test deleža in test populacijskega povprečja.

Poglavje v nadaljevanju zajema tri sklope. Najprej so v poglavju 2 prikazani rezultati teoretičnega pregleda¹, razdeljeni v dve skupini dejavnikov. Sledi poglavje 3, kjer so prikazani rezultati vseh opravljenih testov pri analizi dveh anketnih vprašalnikov.

¹ Poglavje »Dejavniki učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov« je del širše zastavljenega teoretičnega pregleda v doktorski disertaciji prve avtorice poglavja (Krhač Andrašec, 2022). Dejavniki učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov so povzeti iz doktorskih disertacij avtorjev poglavja (Urh, 2011; Krhač Andrašec, 2022).

Pregled in analizo dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov pa zaključujemo z diskusijo in zaključkom v poglavju 4.

2 Dejavniki učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov

V prvem delu raziskave je torej opravljen pregled literature, pri katerem je ugotovljeno, da kritične dejavnike uspeha obvladovanja poslovnih procesov sestavljata dve skupini dejavnikov:

- dejavniki učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov,
- dejavniki učinkovitosti in uspešnosti pristopov izboljševanja poslovnih procesov.

2.1 Dejavniki učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov

Učinkovitost in uspešnost poslovnih procesov sta odvisni od različnih dejavnikov iz najširšega okolja poslovnega sistema. V poslovnih sistemih morajo z namenom ohranjanja konkurenčne prednosti upoštevati tako zahteve trga kot tudi vplive dejavnikov iz najširšega okolja (Urh in Kern, 2014). Dejavnike učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov sestavljajo dejavniki širšega okolja, dejavniki ožjega okolja in dejavniki notranjega okolja, ki so podrobneje razloženi v nadaljevanju.

Širše okolje poslovnega sistema, na podlagi analize PESTLE, delimo na šest podokolij (CIPD, 2021). Za podokolja je značilno, da omejujejo poslovni sistem, hkrati pa mu dajejo tudi možnost za učinkovitost in uspešnost poslovnih procesov (Urh in Kern, 2014). Analiza PESTLE omogoča razumevanje poslovnega okolja in je v pomoč managerjem pri njihovem strateškem odločanju. Analiza tako omogoča raziskovanje zunanjih dejavnikov, ki pomagajo pri povečanju priložnosti in zmanjšanju tveganj. Uporaba analize zunanjih dejavnikov poslovnim sistemom omogoča tudi ugotavljanje potencialnih stroškov in iskanje pomembnih raziskav za naslednje pobude in programe. Prednost analize je vsekakor njena možnost uporabe v različnih poslovnih sistemih in za različne namene. Za maksimalno uspešnost analize jo je možno kombinirati z drugimi metodami in tehnikami ter vključiti v neprestano spremljanje sprememb v poslovnem okolju (CIPD, 2021). 6 podokolij

širšega okolja poslovnega sistema je prikazanih v tabeli 1. Dosedanje raziskave (Urh in Kern, 2014) ocenjujejo, da sta za učinkovito in uspešno poslovanje poslovnega sistema ključna pravno-politično in gospodarsko podokolje.

Tabela 1: Dejavniki širšega okolja

| Podokolja širšega okolja | Dejavniki |
|--|---|
| Dejavniki pravno-političnega podokolja | Spremenjene politike (delovna in davčna zakonodaja ...) |
| | Zakonodaja za varnost konkurence |
| | Zakoni in standardi zaščite okolja |
| | Izidi volitev |
| | Zunanje trgovinska regulativa |
| | Stabilnost vlade |
| | Vloga sindikatov |
| | Odločitve komisij in vladnih agencij |
| Dejavniki demografskega podokolja | Naraščanje prebivalstva |
| | Geografski premiki prebivalstva (družbena mobilnost) |
| | Spreminjanje potreb (posledica sprememb starostne strukture) |
| | Nastanek etničnih trgov |
| | Izobrazbene skupine |
| | Vzorci gospodinjstva |
| Dejavniki kulturnega podokolja | Premik k mikrotrgom |
| | Vrednote družbe |
| | Tradicija (družbe na splošno) |
| | Glavne spremembe v družbenih navadah |
| | Prevladujoče ideologije |
| | Odnos do dela in prostega časa |
| | Delitev dohodka |
| Izobrazba prebivalstva | |
| Dejavniki okoljevarstvenega podokolja | Ekološke omejitve |
| | Lokacijske možnosti |
| | Problemi oskrbe |
| Dejavniki tehnološkega podokolja | Pričakovane novosti (odkritja) |
| | Sredstva vlade za raziskave in razvoj |
| | Odnos do tehnologije (vlada, gospodarstvo) |
| | Hitrost prenosa in zastarevanja tehnologije |
| | Krajši življenjski cikel proizvodov |
| Dejavniki gospodarskega podokolja | Globalizacija (novi trgi, nova konkurenca, pritisk na zniževanje cen) |

| Podokolja širšega okolja | Dejavniki |
|--------------------------|--|
| | Rast BDP (in kupne moči) |
| | Inflacija |
| | Obrestne mere (banke in druge finančne ustanove) |
| | Vrednost, ponudba denarja |
| | Nezaposlenost |
| | Stroški in dostopnost energije |
| | Poslovni cikli |
| | Dinamika porabe (potrošnja in dohodek prebivalstva) |
| | |

Vir: Urh, 2011; Urh in Kern, 2014; CIPD, 2021

Na poslovanje poslovnih sistemov vplivajo dejavniki širšega okolja, da bi bili privlačni znotraj poslovnega področja, pa je potrebno upoštevati tudi dejavnike ožjega okolja.

Struktura in privlačnost poslovnega področja sta odvisni od petih dejavnikov: stopnje konkurenčnosti med poslovnimi sistemi, nevarnosti novih substitutov proizvodov, pogajalske moči strank in dobaviteljev ter vstopa nove konkurence na trg (Porter, 1985). Pri ocenjevanju poslovnega področja je potrebno upoštevati tri pomembne dejavnike za določanje dobička: vrednost proizvodov s strani strank, intenzivnost konkurence in pogajalsko moč deležnikov v proizvodni verigi dejavnosti (Grant, 1995, v Meglič, 2006). V tej skupini dejavnikov se je smiselno osredotočiti na vhodne in izhodne elemente poslovnih procesov. Glede na navedeno lahko delimo ožje okolje na štiri dejavnike, ki so prikazani v tabeli 2.

Tabela 2: Dejavniki ožjega okolja

| Podokolja ožjega okolja | Dejavniki |
|---|---|
| Dejavniki trga blaga (material in proizvodi) | Nabavni pogoji |
| | Razpršenost dobaviteljev |
| | Stabilnost dobaviteljev in njihovo zaupanje v poslovni sistem |
| | Kakovost materialov in sestavnih delov |
| | Sodelovanje s kooperanti |
| | Prodajne in distribucijske poti ter pogoji |
| | Prepoznavnost, ugled znamke |
| | Promocija |
| | Prisotnost konkurence |
| | Program in ponudba proizvodov |
| | Stopnja rasti prodaje |

| Podokolja ožjega okolja | Dejavniki |
|--|--|
| | Spremenljivost cen |
| | Raznolikost trgov |
| | Reklamacije |
| Dejavniki trga delovne sile (delo) | Fleksibilnost trga (zaposlovanje, odpuščanje) |
| | Primernost razpoložljive delovne sile |
| | Plače in nagrade (konkurenca v panogi) |
| | Subvencioniranje delovnih mest |
| | Usposabljanje in zaposlovanje invalidov, subvencioniranje invalidskih poslovnih sistemov |
| | Načrtovanje invalidskega fonda, zavarovanje osebja |
| | Socialna nadomestila |
| Dejavniki trga kapitala | Dostopnost kapitala |
| | Cena kapitala |
| | Plačilna disciplina |
| | Gibanje borznih indeksov |
| | Cena delnic poslovnega sistema |
| | Kapitalska privlačnost panoge |
| Dejavniki trga poslovnih in tehničnih informacij | Benchmarking s konkurenco |
| | Testiranje, izdelava poslovnih predvidevanj |
| | Sodelovanje managerjev poslovnega sistema |
| | Dostopnost informacij o novostih (tehničnih, tehnoloških ...) |
| | Redne ocene trga in neodvisne študije |
| | Zanesljivost podatkov za poročanje in odločitve |

Vir: Urh, 2011; Urh in Kern, 2014

Najbolj direkten vpliv na učinkovitost in uspešnost poslovnih procesov poslovnega sistema imajo dejavniki notranjega okolja. Urh (2011) ugotavlja, da je njihova dodana vrednost v ospredju predvsem, ko poslovni sistemi delujejo pod istimi pogoji zunanjega okolja. Hkrati pa je pomembno poudariti, da vpliv dejavnikov notranjega okolja upada v primeru širjenja okolja oziroma v primeru širjenja dejavnikov ožjega in širšega zunanjega okolja (Urh in Kern, 2014). Dejavniki notranjega okolja so prikazani in podrobneje razloženi v tabeli 3.

Tabela 3: Dejavniki notranjega okolja

| Dejavniki notranjega okolja | Dejavniki |
|--|--|
| Dejavniki lastništva poslovnega sistema | Vrsta kapitala |
| | Managersko, notranje lastništvo |
| | Sodelovanje lastnikov pri strateških odločitvah |
| | Odnos lastnikov in managementa poslovnega sistema |
| | Vlaganje dobička v razvoj poslovnega sistema |
| Dejavniki managementa in vodenja | Orodja za management (poslovna strategija, načrti ...) |
| | Podrobni načrti za razvoj poslovnega sistema |
| | Ugled managementa na trgu |
| | Spretnosti in delitev odgovornosti ter funkcij sprejemanja odločitev |
| | Optimalna določitev virov za doseganje poslovnega načrta |
| | Odnos, komunikacija med vodstvom in delovno silo |
| | Uporaba predhodnih študij |
| | Poznavanje strukture, financ in napredovanja poslovnega sistema |
| | Demokratičnost sestankov in upoštevanje sodelavcev |
| | Timsko delo |
| | Odnos, komunikacija z delničarji |
| Dejavniki organiziranosti poslovnega sistema | Število hierarhičnih nivojev v poslovnem sistemu |
| | Velikost poslovnega sistema |
| | Organizacijska navodila, delovni predpisi |
| | Jasnost vlog, nalog in odgovornosti |
| | Prilagodljivost organizacijske strukture novim razmeram |
| Finančni dejavniki | Kapitalska primernost poslovnega sistema |
| | Tekoča likvidnost poslovnega sistema |
| | Stopnja zadolženosti poslovnega sistema |
| | Rast prihodkov |
| | Zmanjšanje stroškov |
| | Izvedba vloženi sredstev v raziskave in razvoj |
| | Plače zaposlenih |
| | Vodenje računovodskega sistema |
| | Dobičkonosnost |

| Dejavniki notranjega okolja | Dejavniki |
|--|---|
| Dejavniki infrastrukture in pogojev dela | Delovne razmere |
| | Možnosti napredovanja |
| | Seznanjenost o dogodkih v poslovnem sistemu |
| | Plače, druge materialne ugodnosti |
| | Odnosi s sodelavci |
| | Stalnost zaposlitve |
| | Možnost razvoja (strokovno) |
| | Samostojnost pri delu |
| | Ugled dela |
| | Soodločanje |
| | Ustvarjalnost dela |
| | Varnost pri delu |
| | Vpliv nadrejenega |
| | Zahtevnost dela (fizična, psihična) |
| | Zanimivost dela |
| | Tehnično-tehnološki dejavniki |
| Tehnološke novosti | |
| Sodobne tehnologije | |
| Investicije | |
| Dostopnost do inovacij, patentov | |
| Dejavniki informacijsko-komunikacijske tehnologije | Informacijska tehnologija (pisarniški programi, internet ...) |
| | Integralna informacijska podpora (SCM, ERP ...) |
| | Specialna informacijska orodja (CAM, CAD ...) |
| | Primerna strojna oprema |
| | Telekomunikacijska tehnologija |
| Dejavniki organizacijske kulture | Pripadnost poslovnemu sistemu |
| | Vedenjske pravilnosti pri interakciji s sodelavci |
| | Skupinske norme |
| | Vrednote v poslovnem sistemu |
| | Formalna filozofija poslovnega sistema |
| | Odnos do pravil |
| | Socialna klima |
| | Utrjene veščine |
| | Mišljenje, mentalni modeli, jezikovne paradigme |
| | Skupni pomeni |
| | Temeljne metafore, integracijski simboli |
| Stopnja stabilnosti v skupini | |
| Dejavniki kakovosti | Oblikovanje vzorcev |
| | Pritožbe strank |
| | Doseganje konstrukcije izdelka |

| Dejavniki notranjega okolja | Dejavniki |
|---|---|
| | Variacije kakovosti izdelkov |
| | Nadziranje kakovosti dobaviteljev |
| | Spremljanje vračil, popravil in odpadkov |
| | Kakovost materiala |
| | Izvajanje kontrole |
| | Doseženi certifikati kakovosti (ISO 9001 ...) |
| Dejavniki ujemanja kompetenc (zaposlenih in opravil v procesih) | Ustreznost izobrazbe zaposlenih |
| | Specifičnost dejavnosti poslovnega sistema |
| | Stopnja tehnološke zahtevnosti proizvodnih procesov |

Vir: Urh, 2011; Urh in Kern, 2014

2.2 Dejavniki učinkovitosti in uspešnosti pristopov izboljševanja poslovnih procesov

Tudi literatura s področja pristopov izboljševanja poslovnih procesov pogosto obravnava kritične dejavnike uspeha. Pregled le-teh je po posameznih pristopih in virih prikazan v nadaljevanju. Tabela 4 predstavlja izsek rezultatov pregleda in zajema različne dejavnike učinkovitosti in uspešnosti pristopov, ki jih izpostavljajo različni avtorji. Podobni ali celo enaki dejavniki se pojavljajo v večini pregledanih pristopov izboljševanja poslovnih procesov. Na koncu poglavja so tako identificirani najpogostejši dejavniki učinkovitosti in uspešnosti pristopov, na podlagi katerih pa je možno predvideti uspeh uporabljenih pristopov.

Tabela 4: Dejavniki pristopov izboljševanja poslovnih procesov

| Pristop | Dejavniki | Opis |
|------------------------------|---|--|
| Obvladovanje sprememb | Ključni dejavniki uspešnih implementacij sprememb | Sprememba miselnosti in stališč, tehnološke ovire (Henrik Jørgensen idr., 2009). |
| | | Obstoj spodbud za spremembe (Kuipers idr., 2014). |
| Stalno izboljševanje procesa | Dejavniki uspešnih implementacij | Finančni dokumenti, vitkost, osredotočenost na temeljne vzroke, obvladovanje dobičkov, dovezetnost za zunanje vložke, reševanje izzivov delovne sile, uporaba tehnik načrtovanja in nabave itn. (Kovach idr., 2011). |
| Digitalna transformacija | Izzivi transformacije | Neustrezni poslovni procesi, visoki stroški (von Leipzig idr., 2017). |

| Pristop | Dejavniki | Opis |
|----------------------------|-------------------------------------|---|
| Kaizen | Dejavniki implementacije in uporabe | Znanje (Malik in YeZhuang, 2006). |
| | | Ustvarjanje učinkovite strukture, analiziranje konkurence, razvoj partnerstev, razvoj fleksibilnosti in hitrosti odzivanja (Singh in Singh, 2009). |
| Prenova poslovnega procesa | Tveganja izvajanja pristopa | Nedelovanje sprememb procesa (O'Neill in Sohal, 1999). |
| | Kritični dejavniki implementacije | Uporaba tehnik za reševanje problemov, spremembe vrednot in prepričanj (Chiarini, 2011). |
| | Dejavniki uspeha | Egalitarno vodstvo (Habib in Shah, 2013). |
| Vitko obvladovanje | Dejavniki neuspeha implementacije | Uporaba neustreznih orodij, uporaba enega orodja za reševanje vseh izzivov, pomanjkanje razumevanja in slabo odločanje (Bhamu in Singh Sangwan, 2014). |
| | Dejavniki uspeha implementacije | Programi ozaveščanja, odnos stranke in dobavitelja, načrtovanje aktivnosti po implementaciji, standardizacija, disciplina in nadzor, veščine in prilagodljivost, skupne vrednote, sistem nagrajevanja (Bhamu in Singh Sangwan, 2014). |
| | | Povezovanje vitkosti in strateške agende, identifikacija in eliminacija odpadkov, sistem nagrajevanja, ujemanje povpraševanja in zmogljivosti (Al-Balushi idr., 2014). |
| Šest-sigma | Dejavniki uspeha implementacije | Povezovanje projektov s poslovnimi cilji, razumevanje ključnih meritev (Antony, 2006). |
| | | Povezovanje pristopa s poslovno strategijo (Zare Mehrjerdi, 2011). |
| | Kritični dejavniki uspeha | Strategija implementacije, organizacijska infrastruktura, pomen odgovornosti (Nonthaleerak in Hendry, 2006). |
| | Izzivi implementacije | Implementacija v neprimernem kontekstu, vedenjske težave, pomanjkanje podatkov, neuspeh v neproizvodnih področjih, pomanjkanje pooblastil (Nonthaleerak in Hendry, 2006). |
| Obvladovanje kakovosti | Ključni dejavniki uspeha | Informacije o kakovosti, krepitev sposobnosti vodstva, občutek nujnosti (Dale in Cooper, 1994). |
| | Dejavniki neuspeha implementacije | Neučinkovit model, uporaba neustreznih metod ali neučinkovita |

| Pristop | Dejavniki | Opis |
|---------|---------------------------------|--|
| | | uporaba metod, neprimerno okolje (Mohammad Mosadeghrad, 2014). |
| | Dejavniki uspeha implementacije | Strateško načrtovanje kakovosti, vizionarsko vodenje, učinkovito obvladovanje zaposlenih, usmerjenost kakovosti v stranke, partnerstva z dobavitelji (Mohammad Mosadeghrad, 2014). |

Vir: Krhač Andrašec, 2022

Za zaključek poglavja na podlagi izvedenih pregledov izpostavimo najpogosteje identificirane dejavnike pristopov izboljševanja poslovnih procesov:

- Odločno vodstvo in predanost managementa (Dale in Cooper, 1994; Shin in Gemella, 2002; Antony, 2006; Malik in YeZhuang, 2006; Nonthaleerak in Hendry, 2006; Henrik Jørgensen idr., 2009; Kovach idr., 2011; Zare Mehrjerdi, 2011; Habib in Shah, 2013; Al-Balushi idr., 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014);
- Izbor projektov in veščine obvladovanja projektov (Antony, 2006; Nonthaleerak in Hendry, 2006; Zare Mehrjerdi, 2011; Bhamu in Singh Sangwan, 2014);
- Osredotočenost na zadovoljstvo strank (Nonthaleerak in Hendry, 2006; Chiarini, 2011; Al-Balushi idr., 2014; Bhamu in Singh Sangwan, 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014);
- Organizacijska kultura (O'Neill in Sohal, 1999; Antony, 2006; Nonthaleerak in Hendry, 2006; Henrik Jørgensen idr., 2009; Singh in Singh, 2009; Zare Mehrjerdi, 2011; Bhamu in Singh Sangwan, 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014; von Leipzig idr., 2017);
- Vzpostavljeni nenehni programi izobraževanja in usposabljanja (Dale in Cooper, 1994; Antony, 2006; Malik in YeZhuang, 2006; Henrik Jørgensen idr., 2009; Zare Mehrjerdi, 2011; Al-Balushi idr., 2014; Bhamu in Singh Sangwan, 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014; von Leipzig idr., 2017);
- Timska komunikacija (Dale in Cooper, 1994; Antony, 2006; Nonthaleerak in Hendry, 2006; Chiarini, 2011; Bhamu in Singh Sangwan, 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014);

- Motivacija, predanost in vključenost zaposlenih (Malik in YeZhuang, 2006; Henrik Jørgensen idr., 2009; Chiarini, 2011; Al-Balushi idr., 2014; Bhamu in Singh Sangwan, 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014);
- Uporaba informacijske tehnologije (Henrik Jørgensen idr., 2009; Kovach idr., 2011; Habib in Shah, 2013; von Leipzig idr., 2017);
- Vzpostavljen sistem stalnega izboljševanja (Henrik Jørgensen idr., 2009; Singh in Singh, 2009; Chiarini, 2011; Bhamu in Singh Sangwan, 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014);
- Sodelovanje delovnega okolja (Antony, 2006; Bhamu in Singh Sangwan, 2014; Habib in Shah, 2013; Kuipers idr., 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014);
- Ustrezni viri (zaposleni, proračun in čas) (Malik in YeZhuang, 2006; Kuipers idr., 2014; Mohammad Mosadeghrad, 2014);
- Vzpostavljen sistem spremljanja in merjenja učinkovitosti in uspešnosti (Malik in YeZhuang, 2006; Nonthaleerak in Hendry, 2006; Chiarini, 2011; Mohammad Mosadeghrad, 2014);
- Vpeljan ustrezen sistem obvladovanja sprememb (Chiarini, 2011; Habib in Shah, 2013);
- Razumevanje metodologij, tehnik in orodij (Antony, 2006; Zare Mehrjerdi, 2011).

3 Rezultati analize

3.1 Analiza dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov

Analiza zajema zadnji sklop anketnega vprašalnika, ki je vseboval dve vprašanji, povezanimi z dejavniki učinkovitosti in uspešnosti izvedenih metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov ter z dejavniki učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov. Na anketna vprašanja so odgovorili respondenti iz 81 poslovnih sistemov.

Pri analizi smo uporabili deskriptivno statistiko (test več možnih odgovorov) ter χ^2 test, namenjen testiranju obstoja povezanosti med dvema spremenljivkama. Predpostavke za izvedbo testa so (Field, 2013):

- neodvisnost podatkov,
- teoretične frekvence morajo biti večje od pet (največ 20 % le-teh je lahko manjših od pet),
- vse teoretične frekvence morajo biti večje od ena.

Rezultat testa zajema značilnosti analize, kontingenčno tabelo, χ^2 test in morebitno moč povezave med 0 in 1 (Klemenčič, 2005).

Najprej je pri obeh vprašanjih izveden test več možnih odgovorov, s katerim so preverjene frekvence vseh možnih odgovorov ter odstotki odgovorov glede na število respondentov. Rezultati izvedenih testov so prikazani v tabelah 5 in 6.

Pri prvem vprašanju o dejavnih metod in tehnik so respondenti lahko izbrali do 5 dejavnikov (izmed 14), ki so po njihovem mnenju ključni za uspešno implementacijo in uporabo metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov. Iz tabele 5 je razvidno, da so respondenti kot ključne dejavnike izbrali:

- odločno vodstvo in predanost managementa (89 %),
- motivacijo, predanost in vključenost zaposlenih (77 %),
- timsko komunikacijo (62 %),
- organizacijsko kulturo (53 %),
- uporabo informacijske tehnologije (40 %).

Po mnenju respondentov so najmanj pomembni dejavniki za uspeh metod in tehnik:

- razumevanje metodologije, tehnik in orodij (27 %),
- izbor projektov in veščine obvladovanja projektov (19 %),
- vzpostavljeni nenehni programi izobraževanja in usposabljanja (16 %),
- vpeljan ustrezen sistem obvladovanja sprememb (15 %),
- drugo (1 %).

Opcija drugo je bila izbrana le enkrat, kjer pa respondent ni dopisal drugih dejavnikov.

Tabela 5: Dejavniki uspeha metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov

| | N | Odstotki | Odstotki primerov |
|---|-----|----------|-------------------|
| Odločno vodstvo in predanost managementa | 72 | 16,0 % | 88,9 % |
| Izbor projektov in veščine obvladovanja projektov | 15 | 3,3 % | 18,5 % |
| Osredotočenost na zadovoljstvo strank | 25 | 5,6 % | 30,9% |
| Organizacijska kultura | 43 | 9,6 % | 53,1 % |
| Vzpostavljeni nenehni programi izobraževanja in usposabljanja | 13 | 2,9 % | 16,0 % |
| Timska komunikacija | 50 | 11,1 % | 61,7 % |
| Motivacija, predanost in vključenost zaposlenih | 62 | 13,8 % | 76,5 % |
| Uporaba informacijske tehnologije | 32 | 7,1 % | 39,5 % |
| Vzpostavljen sistem stalnega izboljševanja | 24 | 5,3 % | 29,6 % |
| Sodelovanje delovnega okolja | 23 | 5,1 % | 28,4 % |
| Ustrezni viri (zaposleni, proračun in čas) | 29 | 6,4 % | 35,8 % |
| Vzpostavljen sistem spremljanja in merjenja učinkovitosti in uspešnosti | 27 | 6,0 % | 33,3 % |
| Vpeljan ustrezen sistem obvladovanja sprememb | 12 | 2,7 % | 14,8 % |
| Razumevanje metodologije, tehnik in orodij | 22 | 4,9 % | 27,2 % |
| Drugo | 1 | 0,2 % | 1,2 % |
| Skupaj | 450 | 100,0 % | 555,6 % |

Sledilo je drugo vprašanje, kjer so respondenti izbrali do 5 ključnih dejavnikov (izmed 20) učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov. Iz tabele 6 je razvidno, da so respondenti kot ključne dejavnike izbrali:

- dejavnike managementa in vodenja (64 %),
- organizacijsko kulturo (56 %),
- finančne dejavnike (47 %),
- organiziranost poslovnega sistema (46 %),
- lastništvo poslovnega sistema (42 %).

Po mnenju respondentov so najmanj pomembni za učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov naslednji dejavniki:

- gospodarsko podokolje; kulturno podokolje (10 %),
- tehnološko podokolje; demografsko podokolje (9 %),
- okoljevarstveno podokolje; trg kapitala (4 %),
- drugo; trg poslovnih in tehničnih informacij (3 %).

Opcija drugo je bila izbrana le dvakrat, kjer pa je isti repondent navedel še nekaj dejavnikov: razpoložljivost časa, investicije in vztrajnost.

Tabela 6: Dejavniki učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov

| | N | Odstotki | Odstotki primerov |
|--|-----|----------|-------------------|
| Lastništvo poslovnega sistema | 34 | 8,6 % | 42,0 % |
| Dejavniki managementa in vodenja | 52 | 13,1 % | 64,2 % |
| Organiziranost poslovnega sistema | 37 | 9,3 % | 45,7 % |
| Finančni dejavniki | 38 | 9,6 % | 46,9 % |
| Infrastruktura in pogoji dela | 24 | 6,1 % | 29,6 % |
| Tehnično-tehnološki dejavniki | 20 | 5,1 % | 24,7 % |
| Informacijsko-komunikacijska tehnologija | 30 | 7,6 % | 37,0 % |
| Organizacijska kultura | 45 | 11,4 % | 55,6 % |
| Dejavniki kakovosti | 9 | 2,3 % | 11,1 % |
| Ujemanje kompetenc (zaposlenih in opravil v procesu) | 31 | 7,8 % | 38,3 % |
| Trg blaga (materiala in proizvodov) | 9 | 2,3 % | 11,1 % |
| Trg delovne sile (dela) | 17 | 4,3 % | 21,0 % |
| Trg kapitala | 3 | 0,8 % | 3,7 % |
| Trg poslovnih in tehničnih informacij | 2 | 0,5 % | 2,5 % |
| Pravno-politično podokolje | 10 | 2,5 % | 12,3 % |
| Demografsko podokolje | 7 | 1,8 % | 8,6 % |
| Kulturno podokolje | 8 | 2,0 % | 9,9 % |
| Okoljevarstveno podokolje | 3 | 0,8 % | 3,7 % |
| Tehnološko podokolje | 7 | 1,8 % | 8,6 % |
| Gospodarsko podokolje | 8 | 2,0 % | 9,9 % |
| Drugo | 2 | 0,5 % | 2,5 % |
| Skupaj | 396 | 100,0 % | 488,9 % |

Iz primerjave rezultatov dveh vprašanj je razvidno, da med najpomembnejše dejavnike lahko uvrstimo dejavnike managementa in vodenja ter organizacijsko kulturo. Prvi dejavnik je v obeh analizah ocenjen kot najpomembnejši dejavnik,

slednji pa je dvakrat izbran med najpomembnejše dejavnike ter je pridobil podoben odstotek pomembnosti (53 % pri prvem vprašanju in 56 % pri drugem vprašanju).

Ista vprašanja so analizirana tudi z χ^2 testom, in sicer v namen, ali se izbor dejavnikov oziroma njihova pomembnost razlikuje glede na lastnosti poslovnih sistemov. V tem primeru smo preverjali povezanost pomembnosti dejavnikov z namembnostjo in velikostjo poslovnih sistemov. V analizo so zajeti odgovori vseh respondentov. V namen pravilne interpretacije rezultatov testov so bili odgovori pri vprašanju o namembnosti poslovnih sistemov nekoliko prilagojeni. Zaradi predpostavk testa smo opciji proizvodnja energije in materialna (fizična) proizvodnja združili ter so v testu preverjane razlike v pomembnosti dejavnikov med proizvodnimi in storitvenimi poslovnimi sistemi. Glede na pridobljen vzorec odgovorov pa je druga primerjava izvedena med srednje velikimi in velikimi poslovnimi sistemi. Rezultati testov se interpretirajo na podlagi p-vrednosti, ki mora biti za potrditev alternativne hipoteze o povezanosti dveh spremenljivk manjša od 0,05. V tem primeru se izračuna še koeficient kontingence, s katerim preverimo stopnjo povezanosti testiranih spremenljivk. Rezultati izvedenih testov so prikazani v tabelah 7 in 8.

Iz tabele 7 je razvidno, da statistično pomembno povezanost lahko potrdimo med velikostjo poslovnih sistemov in:

- osredotočenostjo na zadovoljstvo strank (0,009; 0,302),
- uporabo informacijske tehnologije (0,029; 0,260).

V navedenih dveh primerih torej potrdimo, da se pomembnost dejavnikov razlikuje glede na velikost poslovnih sistemov. Na podlagi izračunanih koeficientov kontingence pa je razvidna nizka povezanost med testiranimi spremenljivkami.

Tabela 7: Rezultati χ^2 testa (a)

| | | Namembnost poslovnih sistemov | Velikost poslovnih sistemov |
|---|--|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Odločno vodstvo in predanost managementa | | x^3 | x^3 |
| Izbor projektov in veščine obvladovanja projektov | p-vrednost $\chi^2;^1$ | 1,000 0,000 | 1,000 0,000 |
| Osredotočenost na zadovoljstvo strank | p-vrednost χ^2 C ² | 0,735 0,115 | 0,009 6,763 0,302 |
| Organizacijska kultura | p-vrednost χ^2 | 0,166 1,917 | 1,000 0,000 |
| Vzpostavljeni nenehni programi izobraževanja in usposabljanja | p-vrednost χ^2 | 0,590 0,291 | x^3 |
| Timska komunikacija | p-vrednost χ^2 | 0,610 0,260 | 0,391 0,735 |
| Motivacija, predanost in vključenost zaposlenih | p-vrednost χ^2 | 0,082 3,033 | 1,000 0,000 |
| Uporaba informacijske tehnologije | p-vrednost χ^2 C | 0,220 1,504 | 0,029 4,753 0,260 |
| Vzpostavljen sistem stalnega izboljševanja | p-vrednost χ^2 | 0,579 0,308 | 0,538 0,379 |
| Sodelovanje delovnega okolja | p-vrednost χ^2 | 1,000 0,000 | 0,815 0,055 |
| Ustrezní viri (zaposleni, proračun in čas) | p-vrednost χ^2 | 0,357 0,849 | 0,228 1,455 |
| Vzpostavljen sistem spremljanja in merjenja učinkovitosti in uspešnosti | p-vrednost χ^2 | 1,000 0,000 | 0,563 0,334 |
| Vpeljan ustrezen sistem obvladovanja sprememb | p-vrednost χ^2 | 0,842 0,040 | x^3 |
| Razumevanje metodologije, tehnik in orodij | p-vrednost χ^2 | 0,131 2,279 | 0,269 1,222 |
| Drugo | | x^3 | x^3 |

¹ χ^2 – vrednost testne statistike.

² C – koeficient kontingence.

³ Test ni zanesljiv (teoretične frekvence so v več kot 20 % celic manjše od 5).

Tabela 8 prikazuje rezultate testov povezanosti dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov in lastnosti poslovnih sistemov. Iz tabele je razvidno, da statistično pomembno povezanost ne moremo potrditi v niti enem od izvedenih testov. Zaključimo lahko, da se pomembnost dejavnikov ne razlikuje glede na lastnosti poslovnih sistemov. Na podlagi tega zaključujemo, da so ključni dejavniki učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov enaki v vseh poslovnih sistemih ne glede na njihovo namembnost ali velikost.

Tabela 8: Rezultati χ^2 testa (b)

| | | Namembnost poslovnih sistemov | Velikost poslovnih sistemov |
|--|------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Lastništvo poslovnega sistema | p-vrednost | 0,319 | 0,905 |
| | χ^2 | 0,992 | 0,014 |
| Dejavniki managementa in vodenja | p-vrednost | 0,988 | 0,219 |
| | χ^2 | 0,000 | 1,514 |
| Organiziranost poslovnega sistema | p-vrednost | 0,496 | 0,739 |
| | χ^2 | 0,464 | 0,111 |
| Finančni dejavniki | p-vrednost | 0,627 | 0,217 |
| | χ^2 | 0,236 | 1,523 |
| Infrastruktura in pogoji dela | p-vrednost | 0,296 | 0,917 |
| | χ^2 | 1,094 | 0,011 |
| Tehnično-tehnološki dejavniki | p-vrednost | 0,102 | 0,444 |
| | χ^2 | 2,671 | 0,587 |
| Informacijsko-komunikacijska tehnologija | p-vrednost | 1,000 | 0,366 |
| | χ^2 | 0,000 | 0,819 |
| Organizacijska kultura | p-vrednost | 0,380 | 0,361 |
| | χ^2 | 0,770 | 0,836 |
| Dejavniki kakovosti | | x^3 | x^3 |
| Ujemanje kompetenc (zaposlenih in opravil v procesu) | p-vrednost | 0,152 | 0,917 |
| | χ^2 | 2,053 | 0,011 |
| Trg blaga (materiala in proizvodov) | | x^3 | x^3 |
| Trg delovne sile (dela) | p-vrednost | 0,117 | 0,829 |
| | χ^2 | 2,457 | 0,047 |
| Trg kapitala | | x^3 | x^3 |
| Trg poslovnih in tehničnih informacij | | x^3 | x^3 |
| Pravno-politično podokolje | | x^3 | x^3 |
| Demografsko podokolje | | x^3 | x^3 |
| Kulturno podokolje | | x^3 | x^3 |
| Okoljevarstveno podokolje | | x^3 | x^3 |
| Tehnološko podokolje | | x^3 | x^3 |
| Gospodarsko podokolje | | x^3 | x^3 |
| Drugo | | x^3 | x^3 |

3.2 Poglobljena analiza dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov

V namen primerjave pridobljenih rezultatov smo analizirali še drugi anketni vprašalnik. Anketni vprašalnik je vseboval predvsem vprašanja o dejavniki učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov. Respondenti so vpliv navedenih dejavnikov ocenjevali s pomočjo 5-stopenjske lestvice, pri tem pa so oceno 1 izbrali, če dejavnik nima nobenega vpliva na učinkovitost in uspešnost

izvajanja poslovnih procesov, ter oceno 5, če ima dejavnik izrazit vpliv na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov. Anketni vprašalnik je izpolnilo 110 respondentov iz treh poslovnih sistemov. Sodelujoči poslovni sistemi so srednje veliki in veliki poslovni sistemi vseh treh namembnosti.

Pri analizi smo uporabili deskriptivno statistiko (povprečne vrednosti), test deleža in test populacijskega povprečja. Test deleža je uporabljen za preverjanje deleža populacije v binarni spremenljivki in kaže ali je le-ta enak zahtevani vrednosti. Izvedba testa zahteva naključni vzorec in neodvisnost podatkov (The University of Texas at Austin, b. d.). Na koncu je uporabljen še test populacijskega povprečja, in sicer za preverjanje domnev o povprečjih spremenljivk. Pri tem smo uporabili t-test za en vzorec (angl. one-sample t-test). Z izbranim t-testom je preverjeno, ali je povprečna vrednost ene spremenljivke enaka določeni vrednosti (Žnidaršič, 2013). Za izvedbo testa morajo pridobljeni podatki zadovoljiti nekaj predpostavk (Field, 2013):

- neodvisnost podatkov,
- numeričnost podatkov,
- normalna porazdelitev podatkov.

Najprej je uporabljena deskriptivna statistika, kjer je s pomočjo povprečnih vrednosti preverjeno, kateri dejavniki izstopajo, in sicer z vidika večjega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov. Rezultate analize prikazuje tabela 9.

Tabela 9: Povprečne vrednosti ocen dejavnikov

| | Dejavniki | Povprečna vrednost vpliva posameznih dejavnikov | Povprečna vrednost vpliva skupine dejavnikov |
|-----------------------------------|--|---|--|
| Dejavniki širšega zunanega okolja | Dejavniki pravno-političnega podokolja | 2,93 | 3,13 |
| | Dejavniki demografskega podokolja | 2,42 | |
| | Dejavniki kulturnega podokolja | 3,13 | |
| | Dejavniki okoljevarstvenega podokolja | 3,53 | |
| | Dejavniki tehnološkega podokolja | 3,45 | |

| | Dejavniki | Povprečna vrednost vpliva posameznih dejavnikov | Povprečna vrednost vpliva skupine dejavnikov |
|-----------------------------------|--|---|--|
| | Dejavniki gospodarskega podokolja | 3,33 | |
| Dejavniki ožjega zunanjega okolja | Dejavniki trga blaga | 3,56 | 3,34 |
| | Dejavniki trga delovne sile | 3,20 | |
| | Dejavniki trga kapitala | 3,13 | |
| | Dejavniki trga poslovnih in tehničnih informacij | 3,46 | |
| Notranji dejavniki | Dejavniki lastništva poslovnega sistema | 3,52 | 3,70 |
| | Dejavniki managementa in vodenja | 3,67 | |
| | Dejavniki organiziranosti poslovnega sistema | 3,66 | |
| | Finančni dejavniki | 3,77 | |
| | Dejavniki infrastrukture in pogojev dela | 3,89 | |
| | Tehnično-tehnološki dejavniki | 3,81 | |
| | Dejavniki informacijsko komunikacijske tehnologije | 3,83 | |
| | Dejavniki organizacijske kulture | 3,45 | |
| | Dejavniki kakovosti | 3,71 | |
| Dejavniki ujemanja kompetenc | 3,69 | | |

Iz tabele 9 je razvidno, da imajo na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov največji vpliv notranji dejavniki (3,70), najmanjši pa dejavniki širšega zunanjega okolja (3,13). Če rezultate primerjamo z rezultati prve ankete, ugotovimo, da so le-ti skladni, saj so pri prvi anketi najpogosteje izbrani notranji dejavniki ter najmanjkrat izbrani dejavniki širšega in ožjega zunanjega okolja. V nadaljevanju je pripravljena tudi primerjalna tabela rezultatov (tabela 10), kjer smo rezultate znotraj posamezne ocene razdelili na tri enakomerne dele. Tako so dejavniki razdeljeni v tri skupine: od tistih z najslabšimi rezultati (v tabeli označenih z *), do tistih z najboljšimi rezultati (v tabeli označenih z ***).

Tabela 10: Primerjava rezultatov obeh anket

| | Odstotki primerov | Povprečna vrednost vpliva posameznih dejavnikov |
|--|-------------------|---|
| Dejavniki pravno-političnega podokolja | 12,3 %* | 2,93** |
| Dejavniki demografskega podokolja | 8,6 %* | 2,42* |
| Dejavniki kulturnega podokolja | 9,9 %* | 3,13** |
| Dejavniki okoljevarstvenega podokolja | 3,7 %* | 3,53*** |
| Dejavniki tehnološkega podokolja | 8,6 %* | 3,45*** |
| Dejavniki gospodarskega podokolja | 9,9 %* | 3,33** |
| Dejavniki trga blaga | 11,1 %* | 3,56*** |
| Dejavniki trga delovne sile | 21,0 %* | 3,20** |
| Dejavniki trga kapitala | 3,7 %* | 3,13** |
| Dejavniki trga poslovnih in tehničnih informacij | 2,5 %* | 3,46*** |
| Dejavniki lastništva poslovnega sistema | 42,0 %** | 3,52*** |
| Dejavniki managementa in vodenja | 64,2 %*** | 3,67*** |
| Dejavniki organiziranosti poslovnega sistema | 45,7 %*** | 3,66*** |
| Finančni dejavniki | 46,9 %*** | 3,77*** |
| Dejavniki infrastrukture in pogojev dela | 29,6 %** | 3,89*** |
| Tehnično-tehnološki dejavniki | 24,7 %** | 3,81*** |
| Dejavniki informacijsko komunikacijske tehnologije | 37,0 %** | 3,83*** |
| Dejavniki organizacijske kulture | 55,6 %*** | 3,45*** |
| Dejavniki kakovosti | 11,1 %* | 3,71*** |
| Dejavniki ujemanja kompetenc | 38,3 %** | 3,69*** |

V nadaljevanju smo se odločili podrobneje analizirati dejavnike, ki so v obeh analizah med najboljše ocenjenimi: dejavnike managementa in vodenja, dejavnike organiziranosti poslovnega sistema, finančne dejavnike ter dejavnike organizacijske kulture. V ta namen sta uporabljena test deleža in test populacijskega povprečja. S prvim testom smo preverjali, ali lahko trdimo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %. Drugi test je namenjen preverjanju moči vpliva dejavnikov na učinkovitost in uspešnost poslovnih procesov, pri izvedbi samega testa pa je za primerjavo izbrana ocena 2,5. Ocena 2,5 je izbrana na podlagi lestvice iz anketnega vprašalnika, kjer le-ta predstavlja vpliv dejavnikov. Rezultati izvedenih testov so prikazani v nadaljevanju v štirih tabelah (tabele 11–14), kjer vsaka tabela

predstavlja posamezno skupino dejavnikov. V tabelah so navedene p-vrednosti, na podlagi katerih interpretiramo rezultate obeh testov.

Tabela 11: Rezultati testov dejavnikov managementa in vodenja

| | Test deleža | Test populacijskega povprečja |
|--|-------------|-------------------------------|
| Priprava in uporaba orodij za management | < 0,001 | < 0,001 |
| Podrobni načrti za razvoj poslovnega sistema | < 0,001 | < 0,001 |
| Izkušen management in njegov ugled na trgu | < 0,001 | < 0,001 |
| Spretnosti in delitev odgovornosti ter funkcij sprejemanja odločitev | < 0,001 | < 0,001 |
| Optimalna določitev virov za doseganje poslovnega načrta | < 0,001 | < 0,001 |
| Odnosi in komunikacija med vodstvom in delovno silo | < 0,001 | < 0,001 |
| Uporaba predhodnih študij | < 0,001 | < 0,001 |
| Poznavanje financ ter strukture in napredka poslovnega sistema | 0,004 | < 0,001 |
| Demokracija vodenja sestankov in upoštevanja sodelavcev | < 0,001 | < 0,001 |
| Usmerjenost k timskemu delu | < 0,001 | < 0,001 |
| Odnosi in komunikacija z delničarji | 0,637 | < 0,001 |

Če je p-vrednost testa deleža manjša od 0,05, lahko trdimo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi posameznega dejavnika prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %. Skladno z navedeno interpretacijo lahko na podlagi rezultatov iz tabele dejavnikov managementa in vodenja zaključimo, da ima večina dejavnikov managementa in vodenja pomemben vpliv na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov:

- Ker je $p = 0,637 > 0,05$, ne moremo trditi, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi odnosov in komunikacije z delničarji prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %.
- Ker je $p = 0,004 < 0,05$, lahko trdimo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi poznavanja financ ter strukture in napredka poslovnega sistema prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %.
- Ker je $p < 0,001 < 0,05$, lahko trdimo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi ostalih dejavnikov managementa in vodenja prišlo do

pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %.

Potrebno je interpretirati še rezultate izvedenih testov populacijskega povprečja. Če je p-vrednost testa manjša od 0,05, lahko trdimo, da je povprečna ocena vpliva dejavnika na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov višja od 2,5. Na podlagi rezultatov tabele lahko zaključimo, da je povprečna ocena vpliva vseh testiranih dejavnikov managementa in vodenja na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov višja od 2,5.

Tabela 12: Rezultati testov dejavnikov organiziranosti poslovnega sistema

| | Test deleža | Test populacijskega povprečja |
|---|-------------|-------------------------------|
| Število hierarhičnih nivojev v poslovnem sistemu | < 0,001 | < 0,001 |
| Velikost poslovnega sistema | 0,013 | < 0,001 |
| Organizacijska navodila in delovni predpisi | 0,003 | < 0,001 |
| Jasnost vlog, nalog in odgovornosti | < 0,001 | < 0,001 |
| Prilagodljivost organizacijske strukture novim razmeram | < 0,001 | < 0,001 |

Na podlagi rezultatov tabele (p-vrednost < 0,05) lahko trdimo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi dejavnikov organiziranosti poslovnega sistema prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %. Prav tako pa je iz tabele razvidno, da je povprečna ocena vpliva vseh testiranih dejavnikov organiziranosti poslovnega sistema na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov višja od 2,5.

Tabela 13: Rezultati testov finančnih dejavnikov

| | Test deleža | Test populacijskega povprečja |
|---|-------------|-------------------------------|
| Kapitalska ustreznost poslovnega sistema | < 0,001 | < 0,001 |
| Tekoča likvidnost poslovnega sistema | < 0,001 | < 0,001 |
| Stopnja zadolženosti poslovnega sistema | < 0,001 | < 0,001 |
| Rast prihodkov | < 0,001 | < 0,001 |
| Zmanjševanje stroškov | < 0,001 | < 0,001 |
| Izvedba vložnih sredstev v raziskave in razvoj | 0,016 | < 0,001 |
| Plače zaposlenih | < 0,001 | < 0,001 |
| Vodenje poslovnih knjig in računovodskega sistema | 0,023 | < 0,001 |
| Dobičkonosnost | < 0,001 | < 0,001 |

Na podlagi rezultatov tabele (p -vrednost $< 0,05$) lahko trdimo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi finančnih dejavnikov prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %. Iz tabele je tudi razvidno, da je povprečna ocena vpliva vseh testiranih finančnih dejavnikov na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov višja od 2,5.

Tabela 14: Rezultati testov dejavnikov organizacijske kulture

| | Test deleža | Test populacijskega povprečja |
|--|-------------|-------------------------------|
| Pripadnost zaposlenih poslovnemu sistemu | $< 0,001$ | $< 0,001$ |
| Vedenjske pravilnosti pri interakciji s sodelavci | $< 0,001$ | $< 0,001$ |
| Skupinske norme | 0,004 | $< 0,001$ |
| Dominantne vrednote v poslovnem sistemu | $< 0,001$ | $< 0,001$ |
| Formalna filozofija poslovnega sistema | 0,044 | $< 0,001$ |
| Odnos do pravil igre | $< 0,001$ | $< 0,001$ |
| Socialna klima | $< 0,001$ | $< 0,001$ |
| Utrjene veščine | $< 0,001$ | $< 0,001$ |
| Navade v mišljenju, mentalni modeli in/ali jezikovne paradigme | 0,004 | $< 0,001$ |
| Skupni pomeni | $< 0,001$ | $< 0,001$ |
| Temeljne metafore ali integracijski simboli | 0,221 | $< 0,001$ |
| Stopnja strukturne stabilnosti v skupini | 0,014 | $< 0,001$ |
| Oblikovanje skupnih vzorcev | 0,376 | $< 0,001$ |

Na podlagi rezultatov tabele lahko zaključimo, da ima večina dejavnikov organizacijske kulture pomemben vpliv na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov:

- Ker je $p = 0,221 > 0,05$, ne moremo trditi, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi temeljne metafore ali integracijskih simbolov prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %.
- Ker je $p = 0,376 > 0,05$, ne moremo trditi, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi oblikovanja skupnih vzorcev prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %.
- Ker je p -vrednost manjša od 0,05, lahko trdimo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi ostalih dejavnikov organizacijske kulture

prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %.

Iz tabele je tudi razvidno, da je povprečna ocena vpliva vseh testiranih dejavnikov organizacijske kulture na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov višja od 2,5.

Na podlagi vseh izvedenih testov deležev torej zaključujemo, da je populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi dejavnikov managementa in vodenja, dejavnikov organiziranosti poslovnega sistema, finančnih dejavnikov ter dejavnikov organizacijske kulture prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, višji od 75 %. Izvedeni so tudi testi populacijskega povprečja, na podlagi katerih pa za vse štiri vrste izpostavljenih dejavnikov lahko zaključimo, da je povprečna ocena njihovega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov višja od 2,5.

4 Diskusija in zaključek

Namen raziskave je bil celovito raziskati in analizirati kritične dejavnike učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov. V raziskavi je bil izveden pregled dostopne literature ter analiza dveh anketnih vprašalnikov v slovenskih poslovnih sistemih. V analizi anketnih vprašalnikov so uporabljeni deskriptivna statistika in trije testi.

V nadaljevanju izpostavljam ključne ugotovitve vseh izvedenih testov:

- Na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov imajo največji vpliv notranji dejavniki (3,70), najmanjši pa dejavniki širšega zunanega okolja (3,13), kar je skladno tudi z rezultati analize prvega anketnega vprašalnika.
- V obeh analizah med najvišje ocenjene dejavnike spadajo: dejavniki managementa in vodenja, dejavniki organiziranosti poslovnega sistema, finančni dejavniki ter dejavniki organizacijske kulture.
- Rezultati dejavnikov managementa in vodenja ter dejavnikov organizacijske kulture so skladni tudi z rezultati odgovorov na vprašanja o dejavnikih učinkovitosti in uspešnosti metod in tehnik izboljševanja poslovnih

procesov, kjer so le-ti prav tako izpostavljeni kot najpomembnejši dejavniki. Navedeni dejavniki so izpostavljeni kot pomembnejši tudi v pregledani literaturi.

- Populacijski delež zaposlenih, ki menijo, da je zaradi štirih izpostavljenih dejavnikov notranjega okolja prišlo do pomembnega vpliva na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov, je višji od 75 %.
- Povprečna ocena vpliva štirih izpostavljenih dejavnikov na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov je višja od 2,5.
- Na učinkovitost in uspešnost izvajanja poslovnih procesov imajo najmanjši vpliv dejavniki širšega zunanjega okolja. Poglobljena primerjava rezultatov o posameznih dejavnikih v dveh anketnih vprašalnikih pa ni rezultirala s popolnoma enotnimi zaključki. Rezultati so delno skladni, saj kot pomembnejše dejavnike z večjim vplivom izpostavljajo dejavnike gospodarskega podokolja, dejavnike tehnološkega podokolja in dejavnike kulturnega podokolja. Rezultati so delno skladni tudi z rezultati Urha in Kerna (2014), ki ocenjujeta, da sta za učinkovito in uspešno poslovanje poslovnega sistema ključni pravno-politično in gospodarsko podokolje.
- Pomembnost dejavnikov se ne razlikuje pomembno glede na lastnosti poslovnih sistemov. Dejavniki učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov so torej enaki v poslovnih sistemih ne glede na njihovo namembnost ali velikost.

Iz navedenega je razvidno, da so rezultati izvedenih raziskav skladni z več ključnimi ugotovitvami s področja dejavnikov učinkovitosti in uspešnosti obvladovanja poslovnih procesov. V prihodnje bi bilo smiselno oblikovati in izvesti kombinirano raziskavo ter nadgraditi trenutno izpostavljene zaključke. Predlagana raziskava bo vsebovala obe vrsti dejavnikov obvladovanja poslovnih procesov in vprašanja o njihovem vplivu. Izvedena bo na večjem vzorcu poslovnih sistemov, posledično pa bo rezultate mogoče nadgraditi tudi z uporabo dodatnih statističnih testov.

Literatura

- Al-Balushi, S., Sohal, A. S., Singh, P. J., Al Hajri, A., Al Farsi, Y. M., & Al Abri, R. (2014). Readiness factors for lean implementation in healthcare settings – a literature review. *Journal of Health Organization and Management*, 28(2), 135-153.
- Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234-248.

- Bai, C., & Sarkis, J. (2013). A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors. *International Journal of Production Economics*, 146(1), 281-292.
- Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940.
- Chiarini, A. (2011). Japanese total quality control, TQM, Deming's system of profound knowledge, BPR, Lean and Six Sigma. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4), 332-355.
- CIPD (2021). *PESTLE analysis*. <http://www.cipd.co.uk/subjects/corpstrtgty/general/pestle-analysis.htm>.
- Dale, B. G., & Cooper, C. L. (1994). Introducing TQM: The Role of Senior Management. *Management Decision*, 32(1), 20-26.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4. izdaja). Thousand Oaks: SAGE Publications Inc.
- Habib, M. N., & Shah, A. (2013, February). Business process reengineering: Literature review of approaches and applications. In *Proceedings of 3rd Asia-Pacific Business Research Conference* (pp. 25-26).
- Henrik Jørgensen, H., Owen, L., & Neus, A. (2009). Stop improvising change management!. *Strategy & Leadership*, 37(2), 38-44.
- Klemenčič, M. M. (2005). Gradivo za kvantitativno obdelavo podatkov: *Pa ne spet SPSS!!!* Ljubljana: Pedagoška fakulteta.
- Kovach, J. V., Cudney, E. A., & Elrod, C. C. (2011). The use of continuous improvement techniques: A survey-based study of current practices. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 3(7), 89-100.
- Krhač Andrašec, E. (2022). *Vpliv uporabe metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov na učinkovitost organizacijskih sistemov* (Doktorska disertacija). Kranj: Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede.
- Kuipers, B. S., Higgs, M., Kickert, W., Tummers, L., Grandia, J., & Van der Voet, J. (2014). The management of change in public organizations: A literature review. *Public administration*, 92(1), 1-20.
- Malik, S. A., & YeZhuang, T. (2006, June). Execution of Continuous Improvement Practices in Spanish and Pakistani industry: A Comparative Analysis. In *IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology* (Vol. 2, pp. 761-765).
- Meglič, J. (2006). *Alokacija človeških virov v procesu razvoja proizvoda glede na poslovno strategijo* (Doktorska disertacija). Kranj: Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede.
- Mohammad Mosadeghrad, A. (2014). Why TQM programmes fail? A pathology approach. *The TQM Journal*, 26(2), 160-187.
- Nonthaleerak, P., & Hendry, L. (2006). Six Sigma: Literature review and key future research areas. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(2), 105-161.
- O'Neill, P., & Sohal, A. S. (1999). Business Process Reengineering: A review of recent literature. *Technovation*, 19(9), 571-581.
- Porter, M. E. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: The Free Press.
- Shin, N., & Jemella, D. F. (2002). Business process reengineering and performance improvement: The case of Chase Manhattan Bank. *Business Process Management Journal*, 8(4), 351-363.
- Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen Philosophy: A Review of Literature. *Journal of Operations Management*, 8(2), 51-72.
- The University of Texas at Austin (b.d.). *Statistics Online Support: Binomial Test*. <http://sites.utexas.edu/sos/guided/inferential/categorical/univariate/binomial/>
- Trkman, P. (2010). The critical success factors of business process management. *International Journal of Information Management*, 30, 125-134.
- Urh, B. (2011). *Predvidevanje uspešnosti poslovnega sistema z vidika obvladovanja učinkovitosti poslovnih procesov* (Doktorska disertacija). Kranj: Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede.

- Urh, B. & Kern, T. (2014). Vplivni dejavniki učinkovitosti izvajanja poslovnih procesov. *Uporabna informatika*, 22(2), 85-103.
- von Leipzig, T., Gamp, M., Manz, D., Schöttle, K., Ohlhausen, P., Oosthuizen, G., ... & von Leipzig, K. (2017). Initialising customer-orientated digital transformation in enterprises. *Procedia Manufacturing*, 8, 517-524.
- Zare Mehrjerdi, Y. (2011). Six-Sigma: methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31(1), 79-88.
- Žnidaršič, A. (2013). Delovno gradivo: *Vodnik po SPSS*. Ljubljana.

OBLIKOVANJE SISTEMA MERJENJA UČINKOVITOSTI IN USPEŠNOSTI IZVAJANJA POSLOVNIH PROCESOV

BENJAMIN URH,¹ EVA KRHAČ ANDRAŠEC,² TOMAŽ KERN³

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija.

benjamin.urh@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija

eva.krhac1@um.si

³ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija

tomaz.kern@um.si

Pred vodilnimi v poslovnih sistemih je vedno bolj zahtevna naloga in sicer, kako v vedno bolj zaostrenih pogojih poslovanja doseči zastavljene poslovne rezultate. Pri reševanju tega problema ima eno izmed pomembnejših vlog obvladovanje učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov. V ta namen predstavljamo pregled pristopov k obvladovanju učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov, ki so bili izoblikovani v zadnjih desetletjih, pomen ustrezno oblikovanih indikatorjev (kazalcev in kazalnikov) učinkovitosti in uspešnosti, pomen razvrstitve indikatorjev v posamezne kategorije (dimenzije) in nekaterih referenčnih modelov. V nadaljevanju pa predstavimo pristop k oblikovanju sistema obvladovanja učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov, temu prilagojenega preoblikovanja poslovnih ciljev v odgovarjajoče procesne cilje, identifikacijo ključnih dejavnikov uspešnosti poslovnih procesov in določitve odgovarjajočih indikatorjev (kazalcev in kazalnikov) učinkovitosti in uspešnosti. Ob tem pa predstavimo tudi nekaj dilem, na katere v trenutno dostopnih raziskavah še ni najti ustreznega oziroma jasnega odgovora.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.7](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.7)

ISBN

978-961-286-821-5

Ključne besede:

poslovni proces,
učinkovitost,
uspešnost,
procesni cilji,
ključni dejavniki,
indikatorji



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.7](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.7)

ISBN
978-961-286-821-5

Keywords:
business process,
efficiency,
effectiveness, process
objectives,
critical factors,
indicators

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR MEASURING THE PERFORMANCE OF BUSINESS PROCESSES

BENJAMIN URH,¹ EVA KRHAČ ANDRAŠEC,² TOMAŽ KERN³

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
benjamin.urh@um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
eva.krhac1@um.si

³ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
tomaz.kern@um.si

Managers in business systems face the increasingly difficult task of achieving desired business results under increasingly stringent conditions. In solving this problem, managing the performance of business processes plays one of the most important roles. To this purpose, we present an overview of the approaches to business process performance management that have emerged in recent decades, the importance of appropriate performance indicators (values and/or indices), the importance of classifying indicators into categories (dimensions), and some reference models. In the following, we present an approach for the development of the business process performance management system, which includes the transformation of business objectives into appropriate process objectives, the identification of critical success factors for processes, and the derivation of responsible performance indicators (values and/or indices). At the same time, we present some dilemmas that have not been solved in the currently available research.



1 Uvod

Merjenje učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov je postalo ena glavnih nalog v poslovnem sistemu, saj se le-ti zaradi vedno ostrejšje konkurence soočajo z izzivom doseganja učinkovitih in uspešnih rezultatov poslovanja. Z uporabo pristopov merjenja učinkovitosti in uspešnosti, ki so bili razviti v zadnjih desetletjih v ta namen, si v poslovnih sistemih zagotovijo obvladovanje zastavljenih ciljev oz. rezultatov poslovnih procesov in njihovo usklajenost z zastavljeno poslovno strategijo (Van Looy in Shafagatova, 2016).

Za obvladovanje poslovnih procesov nekateri avtorji (Davenport in Short, 1990; Dumas idr., 2013) predlagajo uporabo integralnega koncepta vodenja, organiziranja in nadziranja. Namen tega koncepta je vzpostaviti ciljno usmerjen sistem obvladovanja poslovnih procesov. Celotni poslovni sistem mora delovati usklajeno z zahtevami strank oz. kupcev in ostalih deležnikov (Heckl in Moormann, 2010). Definirati je potrebno procesne cilje za vsak posamezen poslovni proces v okviru dobro zasnovanega sistema nadzora poslovnih procesov. Vsak procesni manager bi moral slediti cilju po uspešnem celostnem nadzoru določenega poslovnega procesa.

V osnovi lahko upravljanje procesov razvrstimo v kategorije normativnega, strateškega in operativnega nadzora procesov (Heckl in Moormann, 2010):

- Izhodišče so procesni cilji. Le-te je potrebno preveriti znotraj kontrolnega **normativnega** cikla (Zairi in Sinclair, 1995). Najprej je potrebno razviti vizijo poslovnega sistema, ki opisuje, kaj želi poslovni sistem doseči na dolgi rok. Na podlagi vizije pa je potrebno izpeljati poslovne cilje za celoten poslovni sistem in za vsako poslovno enoto.
- Z vidika učenja, dvojne povratne zanke (Argyris, 1999) je nadzor nad procesi povezan tudi z vidikom **strateškega** nadzora. Zato je pogosto potrebno premisliti in spremeniti strategijo glede na strukturo procesov. Če se doseganje zastavljenih ciljev zdi nedosegljiv dosežek, je potrebno oblikovati popolnoma novo ali izboljšano strukturo procesov – z radikalnim pristopom (Hammer in Champy, 1993) ali z evolucijskim pristopom (Andersson idr., 2006). Na voljo so številni pristopi za izboljšanje procesov.

- V okviru *operativnega* nadzora pa je potrebno procese uspešno obvladovati za doseganje zastavljenih procesnih ciljev. Zato mora procesni manager neprestano meriti trenutno stanje učinkovitosti in uspešnosti izvajanja procesa. V primerjavi z zastavljenimi cilji analizira stopnjo doseganja le teh. V primeru odstopanja, izven dopustnega, procesni manager išče kratkoročne prilagoditve, ki takoj vplivajo na rezultate delovanja procesa. Te aktivnosti morajo biti usklajene z vnaprej določeno strategijo obvladovanja procesov, ki je tudi osnova za organizacijsko strukturo poslovnega sistema (Kueng in Kawalek, 1997).

V poglavju se osredotočamo na operativni nadzor¹ procesov. Za vključitev procesa v operativni nadzor je potrebno definirati indikatorje (kazalce in/ali kazalnike) učinkovitosti in uspešnosti procesa. Merjenje procesov, to je neprestano merjenje vnaprej določenih indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti, z namenom doseganja procesnih ciljev, predstavlja pomembno nalogo operativnega procesnega nadzora. Čeprav je merjenje učinkovitosti in uspešnosti procesov v poslovnem sistemu tema, o kateri se pogosto piše v prispevkih s tega področja, so natančne definicije merjenja učinkovitosti in uspešnosti redko podane. Po mnenju Neely idr. (2005) so meritve indikatorjev opredeljene in vzpostavljene za določitev učinkovitosti in uspešnosti. Usklajen in umerjen niz indikatorjev (kazalcev in/ali kazalnikov) predstavlja merilni sistem, ki je primeren za ovrednotenje učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov.

V nadaljevanju poglavja je naš cilj obravnavati različne pristope k merjenju učinkovitosti in uspešnosti izvajanja procesov in pokazati, kako je mogoče oblikovati poslovnemu sistemu prilagojen sistem indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov. V razdelku 2 merjenje učinkovitosti in uspešnosti procesov obravnavamo z vidika njegove povezanosti z merjenjem poslovne uspešnosti, potrebnih podatkov, kategorij indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti in razvitih referenčnih modelov merjenja učinkovitosti in uspešnosti. Razdelek 3 pa je namenjen predstavitvi možnih pristopov k oblikovanju sistema indikatorjev za merjenje učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov, preko prilagoditve

¹ Burlton (2010) razpravlja o tem vidiku v širšem obsegu »izvajanja poslovne strategije z obvladovanjem procesov« in umešča obvladovanje učinkovitosti in uspešnosti procesa (vključno s strateškim in operativnim nadzorom) v fazo »oblikovanja in umeščanja« poslovnega procesa pri izpeljavi in uvajanju poslovne strategije.

definiranja poslovnih ciljev, identifikacije ključnih dejavnikov in določitve ustreznih indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti.

2 Merjenje učinkovitosti in uspešnosti

Merjenje učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov izhaja iz potrebe po merjenju uspešnosti poslovanja in je tako za poslovni sistem enako pomembno (Dumas idr., 2013). V poslovnih sistemih lahko namreč z obstoječimi viri naredijo znatno več s povečanjem učinkovitosti in uspešnosti svojega načina dela v poslovnih procesih (Sullivan, 2001).

2.1 Pristopi k merjenju učinkovitosti in uspešnosti

V zadnjih desetletjih je bilo razvitih več pristopov in metodologij za ugotavljanje učinkovitosti in uspešnosti poslovnega sistema. Vsak izmed pristopov se osredotoča na različne cilje, poudarja različne karakteristike, vendar so tudi določeni elementi, ki so skupni vsem pristopom (Heckl in Moormann, 2010):

- **Uravnoteženi sistem kazalnikov:** razvila sta ga Kaplan in Norton (1992) kot "orodje" za razjasnitev in operacionalizacijo vizije in strategije poslovnega sistema na podlagi štirih vidikov (finančnega vidika, vidika strank, vidika notranjih poslovnih procesov ter vidika učenja in rasti). Pristop se uporablja za sledenje uspešnosti poslovanja, fokus sledenja pa je usmerjen na nivo poslovnega sistema, posamezne poslovne enote ali/in nadaljnje organizacijske podenote.
- **Samoocenjevanje:** na podlagi vnaprej določenih meril in opredeljenega okvira lahko poslovni sistem opravi samoocenjevanje in analizira možnosti za izboljšave. Takšne okvire so razvila in priporočila združenja za upravljanje kakovosti (npr. Evropska fundacija za upravljanje kakovosti, EFQM). Samoocena poslovne uspešnosti ponuja vrsto prednosti: objektivno prepoznavanje prednosti in slabosti poslovnega sistema, analizo uspešnosti poslovnega sistema z vidika kupca in razvoj strateške vizije za stalno izboljševanje uspešnosti (Hakes, 1996).
- **Kontroling** (tradicionalen): vključuje usmerjanje, obvladovanje in nadzor celotnega poslovanja. Definirati in določiti je treba ključne kazalnike za

oceno dobičkonosnosti, rasti in dejavnikov tveganja. Vodilni v poslovnem sistemu lahko tako opazujejo in usklajujejo doseganje ciljev dobičkonosnosti, rasti in tveganja. Kontroling je torej namenjen podpori managerskim aktivnostim planiranja, proženja, usklajevanja in nadzora (Kueng, 2000).

- **Sistemi merjenja učinkovitosti in uspešnosti procesov:** služijo za ocenjevanje učinkovitosti in uspešnosti posameznega poslovnega procesa ali skupine poslovnih procesov in ne uspešnosti celotnega poslovnega sistema. Na podlagi zastavljenih procesnih ciljev kot izhodišča se vzpostavijo ustrezni kriteriji za vrednotenje rezultatov procesa. Procesni manager je tako v vlogi ocenjevalca učinkovitosti in uspešnosti procesa in tistega, ki določi korektivne ukrepe, v kolikor so potrebni. Na ta način je mogoče zlahka odkriti pomanjkljivosti procesov (Neely idr., 2000).
- **Nadzor na osnovi delotoka:** sistemi spremljanja delotoka omogočajo avtomatsko ali polavtomatsko analizo odstopanja procesov, usklajevanja procesnih aktivnosti in komunikacijo med člani osebja ki so vključeni v oskrbovanje procesa (Kueng, 2000). Stranski rezultat tega pristopa je generiranje množice uporabnih podatkov, ki jih je nato mogoče avtomatsko obdelati in analizirati, kar ima za posledico dragocene informacije o stroških procesa, času obdelave ali zaostankih v procesu (zur Mühlen, 2004).
- **Statistični nadzor procesa:** Juran in Gyrna (1993) definirata ta pristop kot uporabo statističnih metod za merjenje in analizo odstopanj v kateremkoli procesu. Glavni cilj statističnega nadzora procesov je zmanjšanje odstopanj procesov, da se zagotovijo stabilni procesi, ki jih je mogoče ponoviti. Z drugimi besedami, lastnosti procesa in rezultat postanejo predvidljivi. Ta pristop igra ključno vlogo pri načrtovanju kakovosti izdelkov, saj omogoča napovedovanje, ali je mogoče zahteve kupcev izpolniti ali ne.

Lahko povzamemo, da je glavna razlika med posameznimi pristopi v osredotočenosti in širini gledanja na učinkovitost in uspešnost, kot je prikazano na sliki 1. Sistem merjenja učinkovitosti in uspešnosti procesov se osredotoča na posamezen poslovni proces ali skupino poslovnih procesov, ne pa na celoten poslovni sistem ali organizacijsko enoto. Pristop uravnoteženi sistem kazalnikov in samoocenjevanje sta umeščena v isti okvir zaradi skupne osredotočenosti na celoten poslovni sistem in opredelitve uspešnosti v širšem smislu (učinkovitost in uspešnost)

– čeprav je njun pristop k merjenju uspešnosti precej različen. Za merjenje posameznega procesa, ki se osredotoča na vidike učinkovitosti, se običajno uporabljajo statistična kontrola procesa, obračunavanje stroškov na podlagi aktivnosti in nadzor na podlagi delotoka. Tradicionalni controlling pa gleda predvsem na poslovni sistem kot celoto (tu je poudarek na učinkovitosti).

| | Osredotočenje na | |
|--|---|--|
| | ...celoten poslovni sistem ali organizacijsko enoto | ... posamezen poslovni proces ali skupino le-teh (sorodnih) |
| Širši vidik (učinkovitost in uspešnost) | <ul style="list-style-type: none"> • Uravnoteženi sistem kazalnikov • Samoocenjevanje | <ul style="list-style-type: none"> • Sistem merjenja učinkovitosti in uspešnosti procesov |
| Ožji vidik (predvsem merjenje učinkovitosti) | <ul style="list-style-type: none"> • Controlling (tradicionalen) (npr. ROI, dodana vrednost) | <ul style="list-style-type: none"> • Spremljanje stroškov na osnovi aktivnosti • Nadzor na osnovi delotoka • Statistični nadzor procesa |

Slika 1: Osredotočenost sistema merjenja učinkovitosti in uspešnosti procesov

Vir: Prirejeno po Heckl in Moormann, 2010

Procesno gledanje na poslovni sistem torej služi kot izhodišče sistema za merjenje učinkovitosti in uspešnosti procesov. Sistem mora vključevati tako indikatorje učinkovitosti kakor tudi indikatorje uspešnosti poslovnega procesa. Kljub temu posamezni pristopi merjenja učinkovitosti uspešnosti po navadi dajejo le malo smernic o tem, kako je mogoče izbrati in operacionalizirati indikatorje učinkovitosti in uspešnosti poslovanja (procesa) (Shah idr., 2012). Določitev indikatorjev in/ali razvoj merilnega sistema pa pogosto temelji na tradicionalnih, obstoječih pristopih na ravni poslovnega sistema (Heckl in Moormann, 2010).

2.2 Indikatorji (kazalci in kazalniki) učinkovitosti in uspešnosti

Nadzor procesov je del obvladovanja poslovnih procesov in vključuje merjenje, analiziranje in izboljšanje procesov. Predstavlja povratno zanko, ki koordinira izvajanje procesov (Kueng in Kawalek, 1997). Merjenje učinkovitosti in uspešnosti procesa vključuje zajemanje kvantitativnih in kvalitativnih podatkov oz. kazalcev o procesu. Podatke je mogoče pridobiti z neprekinjenim ali periodičnim merjenjem. Kasneje se podatki, pridobljeni z meritvami, lahko pretvorijo v kazalnike učinkovitosti in uspešnosti, ki tako nefiltrirane podatke pretvorijo v informacije o učinkovitosti in uspešnosti procesa. To procesnemu managerju omogoči, da sprejema odločitve o usmerjanju procesa.

Pri določanju učinkovitosti in uspešnosti procesa se uporabljajo različni termini kot so: indikatorji učinkovitosti in uspešnosti, kazalniki učinkovitosti in uspešnosti in kazalci učinkovitosti in uspešnosti. Definicije teh terminov se med avtorji zelo razlikujejo. Primerna se nam zdi naslednja razmejitev teh terminov (Bonča in Tajnikar, 2009):

- **Indikatorji** učinkovitosti in uspešnosti: potrebni so za natančno določitev učinkovitosti in uspešnosti procesa, procesni manager jih mora neprestano spremljati. Opredeljeni so lahko s kazalniki in/ali kazalci, ki temeljijo bodisi na strategiji poslovnega sistema ali drugih ciljnih poslovne učinkovitosti in uspešnosti. Za določitev stopnje doseganja cilja je mogoče npr. identificirati tri indikatorje, dva kazalnika in en kazalec učinkovitosti in uspešnosti.
- **Kazalci** učinkovitosti in uspešnosti: pridobljeni z meritvami in kot taki predstavljajo operacionalizacijo vsakega opredeljenega indikatorja učinkovitosti in uspešnosti in so izraženi z absolutnimi vrednostmi (npr. dejanski čas izvedbe procesa). Potrebno je natančno določiti, kako se bo kazalec meril: to je, odgovoriti na vprašanja, kaj, kako, kdaj, kdo in kje je treba meritve opraviti.
- **Kazalniki** učinkovitosti in uspešnosti: ker na podlagi absolutnih podatkov oziroma kazalcev pogosto ne moremo vedno pravilno sklepati o pomenu podatka, uporabimo relativna števila – kazalnike. Ti so običajno izraženi kot deleži, indeksi ali koeficienti, in so kot taki medsebojno primerljivi (npr.

število ponovitev procesa v določenem času, povprečni čas izvedbe procesa ...).

V primerih, ko ima procesni manager določene ciljne vrednosti posameznih indikatorjev, se pogosto uporabljajo tudi grafične uprizoritve doseganja zastavljenih ciljev (primerjave med ciljno in dejansko učinkovitostjo oz. uspešnostjo). Na ta način je omogočeno povzemanje in prikaz velike količine podatkov na zgoščen in natančen način (Heckl in Moormann, 2010).

2.3 Merjenje učinkovitosti in uspešnosti procesov

Pred začetkom merjenja je potrebno identificirati indikatorje, ki omogočajo podrobno razčlenitev učinkovitosti in uspešnosti poslovnega procesa. V literaturi lahko zasledimo, da so številni avtorji predlagali kategorije indikatorjev (dimenzije), da bi si na ta način omogočili strukturiran pristop. Vendar je med avtorji nesoglasje tako glede števila kategorij, v katere razvrščajo indikatorje, kakor tudi, kateri indikatorji so vključeni v posamezno kategorijo indikatorjev. Večina avtorjev, kot so Dumas idr. (2013), Kueng (2000), Neely idr. (2000), je sprejela procesno usmerjen pogled na indikatorje, kar se je posledično odrazilo v oblikovanju kategorij indikatorjev – dimenzij kakovosti, časa, stroškov in fleksibilnosti. Te štiri dimenzije (kategorije indikatorjev) v nadaljevanju tudi nekoliko podrobneje predstavljamo.

- **Kakovost:** na splošno opisuje stopnjo skladnosti dejanskih atributov in lastnosti izdelka z osnovnimi specifikacijami izdelka. V preteklosti so indikatorji pogosto vključevali stroške, na primer preprečevanje napak, stroške merjenja kakovosti in stroške, povezane s stopnjo napak. Dandanes je zadovoljstvo kupcev merilo za merjenje kakovosti izdelka ali storitve. Posledično metodologije, kot je Six Sigma, opredeljujejo indikatorje na podlagi zahtev strank, povezanih z učinkovitostjo in uspešnostjo (Andersson idr., 2006).
- **Čas:** s proizvodnega vidika velja za indikator konkurenčnosti, učinkovitosti in uspešnosti procesa. Glede na to, da danes velja paradigma ravno ob pravem času, je na časovno dimenzijo mogoče gledati iz različnih zornih kotov. Posledično šteje vse, kar je prezgodaj ali z zamudo, kot izguba časa, glavni cilj pa je minimiziranje procesnega časa. Indikatorji učinkovitosti in

uspešnosti tako vključujejo na primer pretočni čas, dejanski čas obdelave, čakalni čas, čas prevoza in čas dostave.

- **Stroški:** so podlaga za določanje stroškovnih indikatorjev. Različni stroškovni dejavniki zagotavljajo osnovo za indikatorje stroškov: stroški dela, stroški IT, proizvodni stroški, stroški okvar in tako naprej. Vključujejo lahko fiksne in/ali variabilne stroške. Poleg tega so s pojavom obračunavanja stroškov na osnovi aktivnosti prešli v uporabo tudi indikatorji stroškov na osnovi aktivnosti, podprocesa ali procesa.
- **Fleksibilnost:** indikatorji povezani s to dimenzijo vključujejo stopnjo, do katere je mogoče spremeniti proizvodni ali storitveni proces, vključno s časovnim okvirom in stroški, povezanimi s prestrukturiranjem proizvodnega ali storitvenega procesa. Ostali indikatorji fleksibilnosti so povezani npr. s številom komponent izdelka ali storitve, ki jih je mogoče zamenjati v določenem času, prilagajanjem obsega proizvodnje ali zasedenosti virov.

Na voljo je torej veliko indikatorjev, ki jih je mogoče uporabiti in prilagoditi poslovnemu sistemu z namenom merjenja učinkovitosti in uspešnosti procesov. V preteklosti so managerji izbirali indikatorje, ki so bili osredotočeni predvsem na učinkovitost in redkeje na uspešnost. Da pa bi se izognili napakam pri upravljanju procesov, morajo v poslovnih sistemih izbrati indikatorje, ki neposredno izhajajo iz njihove strategije, hkrati pa so povezani tudi z zastavljenimi poslovnimi cilji in viri (Heckl in Moormann, 2010).

2.4 Referenčni modeli merjenja učinkovitosti in uspešnosti procesov

Zaradi velikega števila potencialnih indikatorjev, kazalnikov in kazalcev učinkovitosti in uspešnosti, je očitno, da učinkovitost in uspešnost procesa ni nekaj absolutnega. Učinkovitost in uspešnost določenega procesa se lahko bistveno razlikuje od drugih meritev istega procesa. Ker mora biti za uspešno poslovanje poslovnega sistema delovanje le-tega usklajeno z željami in zahtevami naročnikov in drugih deležnikov, morajo biti tudi indikatorji učinkovitosti in uspešnosti usklajeni s cilji deležnikov. Poleg tega je uspešnost procesa večdimenzionalna, kar pomeni, da učinkovitosti in uspešnosti procesa ni mogoče določiti na podlagi enega samega kazalnika, kot je npr. produktivnost. Učinkovitost in uspešnost procesa lahko izhaja iz številnih različnih kazalnikov in kazalcev, ki jih ni mogoče preprosto povzeti v eno samo številko. Poleg

tega kazalniki in kazalci procesa niso neodvisni drug od drugega. Večina kazalnikov učinkovitosti in uspešnosti procesa kaže razmerje z drugimi kazalniki, to pomeni, da se med seboj dopolnjujejo ali so si v nasprotju (Gillies, 1997).

Posledično so bili razviti sistemi za merjenje učinkovitosti in uspešnosti. Ti sistemi povezujejo posamezne podatke oz. kazalce o učinkovitosti in uspešnosti in so osredotočeni na splošne cilje poslovnega sistema. Nudijo tri prednosti (Heckl in Moormann, 2010):

- upoštevajo vzročno-posledične povezave med posameznimi kazalci učinkovitosti in uspešnosti,
- omogočajo izvajanje podrobnejših analiz in primerjav,
- omogočajo enostavnejšo odkrivanje nasprotujočih si ciljev.

Neely idr. (2000, 2005) so se v svojih raziskavah posvetili predstavljanju novo razvitih merilnih sistemov. Uravnoteženi sistem kazalnikov označijo kot enega izmed najbolj znanih referenčnih modelov za razvoj poslovnemu sistemu prilagojenega sistema za spremljanje učinkovitosti in uspešnosti. Vendar je uravnoteženi sistem kazalnikov le en izmed modelov, kot so: matrika za merjenje učinkovitosti in uspešnosti (Keegan idr., 1989), osnovni tipi indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti (Fitzgerald idr., 1991), piramida učinkovitosti in uspešnosti ((Lynch in Cross, 1991). Vendar so v vseh teh modelih večinoma upoštevani le indikatorji učinkovitosti in uspešnosti na visokem nivoju (skupine procesov, oddelki, službe). Šele Brown (1996) je v svoji raziskavi poudaril potrebo po povečanju pomembnosti indikatorjev iz procesnega vidika.

V večini referenčnih modelov ni zaslediti podrobnejših specifikacij kazalnikov in kazalcev, saj morajo biti le-ti prilagojeni potrebam vsakega posameznega poslovnega sistema (Richard idr., 2009). Referenčni modeli tako managerjem nudijo zgolj smernice za razvoj individualiziranega merilnega sistema, pri čemer je potrebno upoštevati zunanje okolje, strategijo in procesni "ustroj" poslovnega sistema (Heckl in Moormann, 2010).

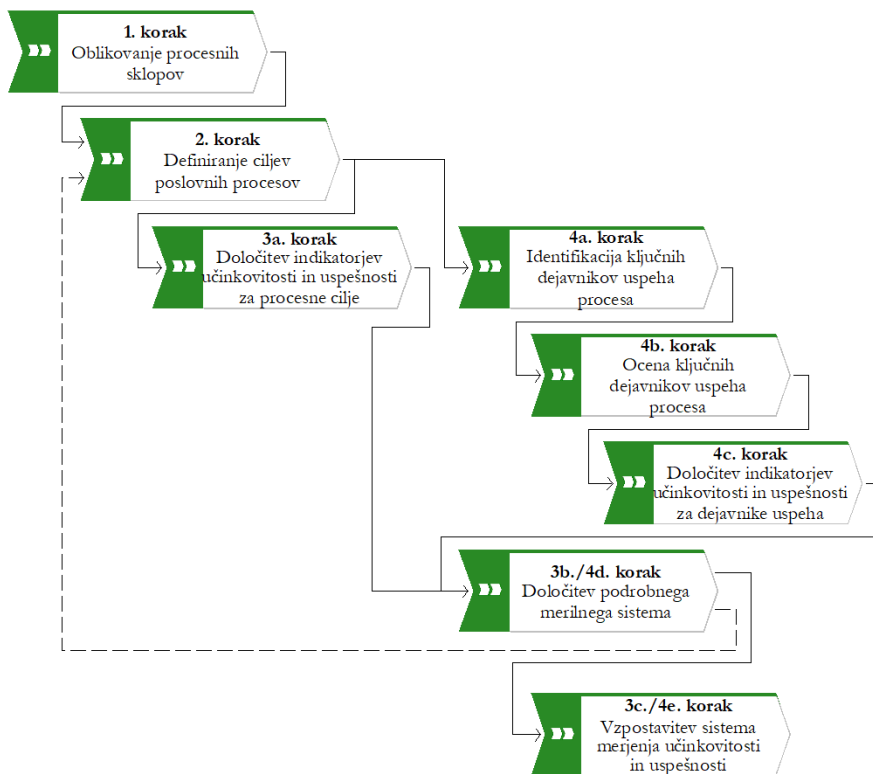
3 Oblikovanje poslovnemu sistemu prilagojenega sistema indikatorjev uspešnosti in učinkovitosti

Iz pregleda obstoječih raziskav lahko razberemo dva različna pristopa za oblikovanje sistema indikatorjev za merjenje učinkovitosti in uspešnosti (Neely idr. 2000, 2005). Prvi pristop predlaga uporabo obstoječih generičnih indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti ali sistemov za merjenje učinkovitosti in uspešnosti. V tem primeru poslovni sistemi gradijo na obstoječih konceptih in izkušnjah, namesto da začnejo od začetka (iz nič), izziv pa vsekakor predstavlja izbira ustreznih indikatorjev iz obsežnega potencialnega nabora. Raziskave namreč kažejo, da ne obstaja "en in edini" primeren nabor indikatorjev. Drugi pristop pa predlaga izbiro indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti na podlagi poslovnih ciljev in dejavnikov uspeha poslovnega sistema. Rezultat tega pristopa pa so indikatorji učinkovitosti in uspešnosti, ki so specifični za poslovni sistem in so bolj usklajeni z njegovimi dejanskimi zahtevami (Richard idr., 2009).

Samo oblikovanje sistema za merjenje učinkovitosti in uspešnosti je možno izvesti po metodologiji, prikazani na spodnji sliki (slika 2). Ta metodologija je bila sicer zasnovana za oblikovanje sistema za merjenje učinkovitosti in uspešnosti na ravni poslovnega sistema (Neely idr., 2000), lahko pa jo uporabimo tudi za merjenje učinkovitosti in uspešnosti na ravni poslovnih procesov.

V prvem koraku je potrebno procese združiti v procesne sklope glede na njihovo strukturo (zgradbo) in njihov cilj oz. namen. Za vsak procesni sklop je potrebno določiti njegove procesne cilje in oceniti dejavnike uspešnosti. Na podlagi tega je v naslednjem koraku možno definirati in izpeljati indikatorje (kazalce in kazalnike) učinkovitosti in uspešnosti. Iz več raziskav izhaja, da je potrebno vključiti tako finančne kot nefinančne indikatorje. Med raziskovalci pa ni enotnega mnenja, ali je primerno združiti objektivne in subjektivne indikatorje, pri čemer večina daje prednost objektivnim indikatorjem (Van Looy in Shafagatova, 2016).

Na podlagi definiranih in izpeljanih kazalnikov je v nadaljevanju potrebno oblikovati in vzpostaviti sistem merjenja za zastavljene cilje in dejavnike. Torej lahko rečemo, da cilji deležnikov poslovnega sistema podajajo osnovo za nadaljnje korake definiranja procesnih indikatorjev. V nadaljevanju zato opisujemo, kako definirati cilje in prepoznati dejavnike uspeha za ključne procese.



Slika 2: Koraki razvoja poslovnemu sistemu prilagojenega merilnega sistema učinkovitosti in uspešnosti procesov

Vir: Prirejeno po Heckl in Moormann, 2010

3.1 Definiranje ciljev poslovnih procesov

V procesih so razporejene aktivnosti poslovnega sistema, ki so potrebne za ustvarjanje želenih rezultatov. Na splošno je cilj vsakega procesa učinkovito in uspešno "produciranje" rezultatov oz. izhodov. Vendar je natančnejšo definicijo učinkovitosti in uspešnosti potrebno izpeljati iz ciljev poslovnega sistema, ki so zapisani v viziji in strategiji poslovnega sistema. Torej je oblikovanje podrobnejših procesnih ciljev odvisno od jasno opredeljenih poslovnih ciljev (Heckl in Moormann, 2010).

Najvišje vodstvo poslovnega sistema se mora vedno znova ukvarjati z oblikovanjem strategije, saj je treba strategijo poslovnega sistema, poslovne enote in/ali procesa nenehno preverjati in prilagajati. Ne glede na izbrano strategijo bo poslovni sistem dosegel uspeh le, če bo ustrezno upravljal in dolgoročno izvajal svojo strategijo. Saj implementacija strategije zajema tudi postavljanje ciljev učinkovitosti in uspešnosti za celoten poslovni sistem, posamezne poslovne enote in poslovne procese. Ali je bila implementacija zastavljene strategije, oziroma stopnja doseganja zastavljenih ciljev, uspešna, ugotavljamo z merjenjem učinkovitosti in uspešnosti ter primerjavo med ciljno in dejansko vrednostjo indikatorjev uspešnosti.

V ta namen mora najvišji management poslovnega sistema, na podlagi izbrane strategije, določiti poslovne cilje za merjenje doseganja zastavljene strategije. V idealnem primeru to dosežejo na podlagi Brownovega modela (1996) za operacionalizacijo poslovne strategije z določitvijo procesnih ciljev in v le-tem določenih sklopov indikatorjev za obvladovanje:

- vhodov v proces,
- prehoda procesa,
- izhodov procesa in
- rezultatov procesa.

Izbrana strategija, poslovni cilji poslovnega sistema in specifični cilji procesov so izhodišča za spremljanje učinkovitosti in uspešnosti izvajanja procesov. Glede na zastavljeno strategijo se lahko posameznim indikatorjem oz. kazalcem in/ali kazalnikom (vhodov, prehoda, izhodov in rezultatov) določi primerna utež, kar predstavlja osnovo za vzpostavitev sistema merjenja učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov (Heckl in Moormann, 2010).

3.2 Identifikacija ključnih dejavnikov procesa

Poleg zastavljenih procesnih ciljev so za določanje indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti procesa pomembni tudi "dejavniki uspešnosti". Zavedati se moramo, da ne moremo upoštevati vseh dejavnikov, ki morebiti vplivajo na uspeh poslovnega sistema. Osredotočiti se moramo zgolj na nekaj "ključnih dejavnikov uspešnosti, ki pomembno vplivajo na uspeh poslovnega sistema.

Za določitev ključnih dejavnikov uspešnosti se lahko uporabita dva pristopa (Heckl in Moormann, 2010):

- neposredni pristop - vključuje spraševanje posameznikov, kot so menedžerji, zaposleni, stranke, dobavitelji in/ali zunanji strokovnjaki, za njihovo mnenje o dejavnikih uspešnosti;
- posredni pristop - vključuje prepoznavanje dejavnikov uspešnosti iz velikega števila spremenljivk s pomočjo intuicije, izkušenj in statističnih metod.

Čeprav sta bila pristopa razvita z namenom uporabe pri določanju ključnih dejavnikov uspešnosti posamezne panoge ali poslovnega sistema, ju lahko uporabimo tudi za identifikacijo ključnih dejavnikov uspešnosti za procese (Heckl in Moormann, 2010). Ključni dejavniki uspešnosti procesa so lahko predstavljeni s parametri zasedenosti in zmogljivosti procesnih virov (vhoda), procesnega toka (prehoda) ali končnega izdelka ali storitve (izhoda ali/in rezultata).

Za obvladovanje procesov je po Heckl in Moormann (2010) nujno prepoznati tiste dejavnike, ki so pomembni za vse ali vsaj za večino procesov, ne glede na značilnosti procesov, ki jih je zato potrebno stalno spremljati (splošni ključni dejavniki uspešnosti). Hkrati je treba identificirati tiste dejavnike uspešnosti, ki so pomembni za določen proces (specifični ključni dejavniki uspešnosti).

Ker stranke oz. kupci pričakujejo izdelke ali storitve ob določenem času, z določenimi lastnostmi in značilnostmi in po razumni ceni, lahko procesi prispevajo k uspešnemu izpolnjevanju takih pričakovanj s hitrim generiranjem izhodov, ustrezne kakovosti in po nizkih stroških. Vendar imajo različni kupci različne zahteve, zato morajo biti procesi oblikovani tako, da so tudi fleksibilni. Rezultat tega je, da med splošne ključne dejavnike uspešnosti procesa prištevamo čas, stroške, kakovost in fleksibilnost (Heckl in Moormann, 2010). Vendar ostaja vprašanje: Kako lahko managerji opredelijo splošne in posebne ključne dejavnike uspešnosti?

Glede na navedeno se lahko postopek opredelitve splošnih in specifičnih ključnih dejavnikov uspešnosti izvede po naslednjih fazah (Heckl in Moormann, 2010):

- V prvi fazi je potrebno predstaviti koncept in analize potencialnih virov ključnih dejavnikov uspešnosti. To se lahko izvede v obliki delavnic, na katerih se analizira in prediskutira dejavnike, ki jih predlagajo različni viri. Faza se zaključi s potrditvijo izbora dejavnikov in določitvijo udeležencev naslednje faze.
- Rezultate prve faze predstavimo deležnikom analiziranega procesa ali skupine procesov. Predlagamo splošne in specifične ključne dejavnike uspešnosti in hkrati preverimo, ali so bili predlagani vsi ključni dejavniki. Pri tem so ključni odgovori na vprašanja, kot so npr.: Katere naloge so pri vašem delu ključne? Na katerih področjih bi imele napake najusodnejši učinek? ...
- "Izluščene" ključne dejavnike uspešnosti je potrebno ustrezno dokumentirati, analizirati in predstaviti vsem deležnikom. V okviru predstavitve/delavnice določimo največ šest ključnih dejavnikov uspešnosti, ki jih razvrstimo po pomembnosti.
- V zadnji fazi je potrebno oblikovati postopek dosledne uvedbe in spremljanja ključnih dejavnikov uspešnosti, glede na pristojnosti managementa procesov.

Po določitvi ključnih dejavnikov uspešnosti je potrebno določiti tudi ustrezne indikatorje, da lahko kontinuirano spremljamo in analiziramo vpliv ključnih dejavnikov na učinkovitost in uspešnost poslovnih procesov in celotnega poslovnega sistema.

3.3 Določitev indikatorjev (kazalcev in kazalnikov) učinkovitosti in uspešnosti

Po oblikovanju indikatorjev, povezanih s procesnimi cilji in določitvi ključnih dejavnikov uspešnosti, je mogoče definirati ustrezne kazalce in kazalnike učinkovitosti in uspešnosti. Indikatorji učinkovitosti in uspešnosti lahko služijo različnim namenom. Lahko jih uporabimo za ugotavljanje stopnje doseganja zastavljenih ciljev procesa, za oceno stopnje upoštevanja ključnih dejavnikov

uspešnosti in za ugotavljanje, katere kazalnike ali/in kazalce je potrebno izbrati in v kolikšni meri jih je potrebno uporabiti, da dosežemo zastavljene procesne cilje. Nabor izbranih indikatorjev omogoča opredelitev učinkovitosti in uspešnosti določenega procesa. Povedano drugače: učinkovitosti in uspešnosti ne določamo na podlagi enega indikatorja, ampak jo določa več indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti, ki so si lahko medsebojno celo nasprotujoči (Heckl in Moormann, 2010).

Za vsak procesni cilj in vsak ključni dejavnik uspešnosti procesa je potrebno določiti vsaj en kazalnik ali kazalec učinkovitosti in uspešnosti. Pri določanju kazalnika oz. kazalca učinkovitosti in uspešnosti posredno odgovorimo tudi na vprašanje, ali je indikator učinkovitosti in uspešnosti merljiv. Kazalnik oz. kazalec mora namreč izpolniti dve zahtevi, in sicer konkretizirati indikator učinkovitosti in uspešnosti in ga narediti merljivega.

Z zbiranjem podatkov (kazalcev) o učinkovitosti in uspešnosti je mogoče za vsak izbrani kazalnik preveriti odstopanje med ciljnim in dejanskimi vrednostmi. Tu se managerji na operativni ravni srečajo z vprašanjem vsakodnevnega vodenja procesov, in sicer: Kakšne so posledice, če analiza pokaže na znatno odstopanje v učinkovitosti in uspešnosti? (Heckl in Moormann, 2010). Pogosto je v ta namen potrebno izvesti nadaljnje raziskave vzrokov za odstopanje v izvajanju. Vzrok za pomanjkljivo doseganje zastavljenih ciljev je lahko v tem, da se zaposleni niso držali formalnih metod in postopkov določenega procesa, bodisi ker jih niso poznali, ali niso imeli ustreznega znanja, da bi jim sledili, ali enostavno niso bili pripravljeni slediti zahtevanim metodam in postopkom. Lahko pa, da specifični dejavniki in pogoji za določen proces niso bili dovolj dosledno upoštevani.

V takem primeru je potrebno, glede na analizo in ugotovitve vzrokov odstopanj od doseganja ciljnih vrednosti, razmisliti o ustreznosti ukrepov za izboljšanje učinkovitosti in uspešnosti. Morda je potrebno spremeniti celo procesne cilje ali metode in postopke dela zaradi sprememb v upravljanju poslovnega sistema in sistemu nagrajevanja, da bi na ta način preprečili negativno vedenje zaposlenih do sprememb. Vse obsežnejše spremembe in prilagoditve pa morajo vključevati študijo primernosti in izvedljivosti organizacijskih sprememb. Na ta način se v poslovnem sistemu vzpostavi proces nenehnih izboljšav poslovanja.

4 Diskusija

Iz pregledane literature izhaja enotno mnenje o tem, da se primernost indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti razlikuje od poslovnega sistema do poslovnega sistema. Primernost indikatorjev mora biti izpeljana iz zastavljenih ciljev, strategije, poslanstva in vizije poslovnega sistema (Van Looy in Shafagatova, 2016).

Kot izhodišče in osnovo za vzpostavitev sistema za ugotavljanje ter spremljanje učinkovitosti in uspešnosti procesov v poslovnih sistemih najpogosteje vzamemo/uporabimo uravnoteženi sistem kazalnikov. Vendar v literaturi ni zaslediti raziskave, ki bi ponudila predstavitev celovitega referenčnega modela merjenja učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnih procesov (Van Looy in Shafagatova, 2016), ki bi ga lahko uporabili kot kontrolni nabor indikatorjev ali kot najboljšo prakso (referenco) pri določanju indikatorjev učinkovitosti in uspešnosti.

Iz raziskav izhaja, da raziskovalci tega področja predlagajo veliko različnih načinov merjenja učinkovitosti in uspešnosti procesov, vendar pogosto ne predstavijo operativne izvedbe predlaganega načina. V nadaljevanju so zato predstavljeni v raziskavi Van Looy in Shafagatova (2016) najpogosteje uporabljeni indikatorji v procesni literaturi najpogosteje predstavljenega "vražjega" kvadranta za merjenje učinkovitosti in uspešnosti procesov (Dumas idr., 2013):

- **Čas:**
 - prehodni čas procesa,
 - izvajalni čas procesa,
 - čas ponovitve procesa,
 - povprečni čas do ponovitve podprocesa, aktivnosti,
 - povprečni čas obdelave,
 - povprečni čas izvedbe naročila,
 - pripravljalno zaključni čas procesa,
 - ...
- **Stroški:**
 - stroški izvedbe aktivnosti,
 - stroški izvedbe procesa,
 - stroški spremljanja kakovosti procesa,
 - stroški na izdelek ali storitev,

- stroški posredovanja informacij,
- ...
- **Kakovost:**
 - odstotek kakovostnih internih/eksternih izdelkov,
 - odstotek pravočasno dokončanih proizvodov,
 - potreben čas za dodelave,
 - čas za dostop in integracijo informacij,
 - ...
- **Fleksibilnost:**
 - število posebnih zahtev,
 - odstotek posebnih zahtev,
 - ...

Navedene indikatorje učinkovitosti in uspešnosti je moč uporabiti za oblikovanje bolj celovitega načina merjenja procesov. Z izbiro indikatorjev iz več perspektiv (dimenzij) je mogoče lažje pridobiti oceno, ki ustreza določenim potrebam. Navedeni seznam je lahko tudi izhodišče za iskanje in uporabo ustreznih indikatorjev za vsako perspektivo učinkovitosti in uspešnosti.

5 Zaključek

V kolikor želi procesni manager oceniti možnosti za izboljšanje učinkovitosti in uspešnosti določenega poslovnega procesa ali skupine procesov, ni dovolj, da zagotovi formalni prikaz – model procesa in opis procesa. Omogočiti mora tudi vpogled v stanje učinkovitosti in uspešnosti procesa. V ta namen je potrebno vnaprej definirati kriterije (indikatorje, kazalnike, kazalce) za ugotavljanje učinkovitosti in uspešnosti procesov. Izbira "ustreznih" kriterijev in indikatorjev pa je izziv, saj v teoriji ali praksi ni dogovora o tem, kako to najbolje narediti.

Na začetku je merjenje učinkovitosti in uspešnosti procesov prikazano v kontekstu operativnega managementa procesov. V nadaljevanju so predstavljeni priljubljeni pristopi merjenja učinkovitosti in uspešnosti, pogosto uporabljeni indikatorji in referenčni modeli. Pregled je pokazal, da procesni managerji pogosto naletijo na problem vzpostavitve poslovnemu sistemu prilagojenega sistema merjenja učinkovitosti in uspešnosti izvajanja poslovnega procesa ali skupine procesov. V ta namen smo v nadaljevanju predstavili pristop oblikovanja poslovnemu sistemu

prilagojenega sistema managementa učinkovitosti in uspešnosti procesov na osnovi procesnih ciljih in dejavnikov uspeha, specifičnih za poslovni sistem. Predstavili smo tudi izpeljavo ustreznih indikatorjev (kazalnikov in kazalcev). S pomočjo predstavljenega pristopa je tako mogoče oblikovati sistem za ugotavljanje ter spremljanje in nadzor učinkovitosti in uspešnosti procesov.

Literatura

- Andersson R, Eriksson H, Torstensson H (2006) Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. *TQM Mag* 18(3):282–296.
- Argyris C (1999) *On organizational learning*, 2nd edn. Blackwell, Oxford.
- Bonča, P. D., & Tajnikar, M. (2009). Model presoje poslovne uspešnosti in izkoriščenosti zmogljivosti v bolnišnicah. *Central European Public Administration Review*, 7(3).
- Brown M (1996) *Keeping score: using the right metrics to drive world class performance*. Quality Resources, New York.
- Burlton R (2010) Delivering business strategy through process management. In: vom Brocke J, Rosemann M (eds) *Handbook on business process management*, vol 2. Springer, Heidelberg.
- Davenport TH, Short JE (1990) The new industrial engineering: information technology and business process redesign. *Sloan Manage Rev* 31(4):11–27.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., in Reijers, H. A. (2013): *Fundamentals of business process management*, letnik 1, str. 2, Heidelberg: Springer.
- Fitzgerald L, Johnston R, Brignall TJ, Silvestro R, Voss C (1991) *Performance measurement in service businesses*. CIMA, London.
- Gillies A (1997) *Software quality: theory and management*, 2nd edn. Thomson Computer, London.
- Hakes C (1996) *The corporate self assessment handbook*, 3rd edn. Chapman & Hall, London.
- Hammer M, Champy J (1993) *Reengineering the corporation. A manifesto for business revolution*. Harper Business, New York.
- Heckl, D. in Moormann, J. (2010) *Process Performance Management*, in: Brocke, J. vom/Rosemann, M. (Hrsg.), *Handbook on Business Process Management*, Bd. 2, Berlin Heidelberg: Springer, S. 115-135.
- Juran JM, Gryna FM (1993) *Quality planning and analysis: from product development through use*. McGraw-Hill, New York.
- Kaplan RS, Norton DP (1992) The balanced scorecard – measures that drive performance. *Harv Bus Rev* 70(1):71–79.
- Keegan DP, Eiler RG, Jones CR (1989) Are your performance measures obsolete? *Manage Account* 71(12):45–50.
- Kueng P (2000) Process performance measurement system – a tool to support process-based organizations. *Total Qual Manage* 11(1):67–86.
- Kueng P, Kawalek P (1997) Goal-based business process models – creation and evaluation. *Bus Process Manage J* 3(1):17–38.
- Lynch RL, Cross KF (1991) *Measure up! Yardsticks for Continuous Improvement*. Blackwell, Cambridge, MA.
- Neely AD, Gregory M, Platts K (2005) Performance measurement system design: a literature review and research agenda. *Int J Oper Prod Manage* 25(12):1228–1263.
- Neely AD, Mills J, Platts K, Richards H, Gregory M, Bourne M, Kennerley M (2000) Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach. *Int J Oper Prod Manage* 20(10):1119–1145.

- Richard PJ, Devinney TM, Yip GS, Johnson G (2009) Measuring organizational performance: towards methodological best practice. *J Manag* 35(3):718–804.
- Shah L, Etienne A, Siadat A, Vernadat F (2012) (Value, Risk)-Based performance evaluation of manufacturing processes. In: INCOM proceedings of the 14th symposium on information control problems in manufacturing, 23–25 May 2012. Bucharest, Romania, pp 1586–1591.
- Sullivan T (2001) Scorecards ease businesses' balance act. *Infoworld*, 8 Jan, str. 32.
- Van Looy, A., & Shafagatova, A. (2016). Business process performance measurement: a structured literature review of indicators, measures and metrics. *SpringerPlus*, 5(1), 1-24.
- Zairi M, Sinclair D (1995) Business process reengineering and process improvement – a survey of current practice and future trends in integrated management. *Manage Decis* 33(3):3–16.
- zur Mühlen M(2004) Workflow-based process controlling. Foundation, design, and application of workflow-driven process information systems. Logos, Berlin.

PRAG RENTABILNOSTI ORGANIZACIJSKIH SPREMEMB

TOMAŽ KERN,¹ BENJAMIN URH,² EVA KRHAČ ANDRAŠEC³

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija.
tomaz.kern@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
benjamin.urh@um.si

³ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
eva.krhac1@um.si

Pri organizacijskih spremembah je pred odločitvijo za izvedbo nujno oceniti pričakovano razmerje med stroški in učinki spremembe. Uveljavljena metodologija, po kateri bi lahko to preprosto izračunali, ne obstaja. Bi pa taka metodologija koristila vsakemu poslovnemu sistemu, ki se spreminjanja organizacije loti. Razvili smo metodo, tehnike in preprosto orodje predvidevanja učinkov organizacijskih sprememb, s katerim merimo trenutne vrednosti in jih primerjamo s pričakovanimi vrednosti operativnih kazalnikov po posameznih poslovnih procesih in po več organizacijskih dimenzijah. Na drugi strani lahko na podlagi predvidenih organizacijskih ukrepov, relativno natančno izračunamo stroške izvajanja vseh aktivnosti, ki so potrebne za uvajanje organizacijske spremembe in stroške managementa projekta. S temi podatki je mogoče izračunati, kdaj (v kateri časovni enoti) se vložena sredstva v organizacijsko spremembo povrnejo. Izračunamo lahko t.i. »prag rentabilnosti organizacijskih sprememb«.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.8](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.8)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
prag rentabilnosti,
organizacijska sprememba,
operativni in strukturni
kazalniki,
študija primera,
projekti



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.8](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.8)

ISBN

978-961-286-821-5

Keywords:

profitability threshold,
organizational change,
operational and structural
indicators,
case study,
projects

THE PROFITABILITY THRESHOLD OF ORGANIZATIONAL CHANGES

TOMAŽ KERN,¹ BENJAMIN URH,² EVA KRHAČ ANDRAŠEC³

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
tomaz.kern@um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
benjamin.urh@um.si

³ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
eva.krhac1@um.si

In the case of organizational changes, assessing the expected relationship between the costs and effects of the change before deciding to implement it, is essential. There is no established methodology by which this could be easily calculated. However, such a methodology would benefit any business system undertaking organizational change. We have developed a method, techniques, and a simple tool for predicting the effects of organizational changes. We measure current values and compare them with the expected values of operational indicators for individual business processes and several organizational dimensions. On the other hand, based on the planned organizational measures, we can relatively accurately calculate the costs of implementing all the activities necessary to introduce organizational changes and project management costs. With this data, it is possible to calculate when (in which time unit) the resources invested in the organizational change will be repaid. We can calculate the so-called "threshold of profitability of organizational changes."



1 Uvod

Proizvodna in storitvena podjetja pa tudi ustanove in druge vrste poslovnih sistemov se permanentno soočajo z vedno novimi zahtevami odjemalcev, hkrati pa se okolje, v katerem delujejo, spreminja in postavlja višje zahteve in strožje omejitve (Kobat, 2023). Časi procesov »od ideje do prototipa«, »od povpraševanja do naročila«, »od naročila do dobave«, »od zaznanega problema, do rešitve« in drugi, morajo biti čim krajši. Obenem mora biti kvaliteta izdelkov in storitev skladna z zahtevami odjemalcev in hkrati ne sme nihati. Poslovni sistemi morajo biti prilagodljivi tudi znotraj formaliziranih pravil. Vse te zahteve morajo biti izpolnjene v okviru pričakovanih stroškov (Krhač Andrašec, 2022).

Upoštevanje teh zahtev je izjemno zahtevna naloga, saj se poslovni sistemi praviloma soočajo z močno konkurenco, kar onemogoča izboljševanje enega vidika organiziranosti na račun kateregakoli drugega. Edina možnost, ki ostane poslovnemu sistemu znotraj konkurenčnega okolja, je, da se organizacijsko izboljša. Gre seveda za izboljšavo na nivoju poslovnih procesov in verig poslovnih procesov, ki prinesejo tudi izboljšave na nivoju poslovnega sistema. To je mogoče storiti z enega ali z več navedenih organizacijskih vidikov. Mogoče je torej izboljšati eno ali več organizacijskih dimenzij, pri tem pa ne smemo poslabšati ostalih.

Ob tem se pojavi nekaj vprašanj. Prvo vprašanje je, ali se organizacijska sprememba izplača, in če se izplača, ali lahko ugotovimo, kdaj. Če želimo odgovoriti na ti dve vprašanji, je potrebno vedeti, kakšen je strošek organizacijske spremembe na eni strani in koliko z organizacijsko spremembo pridobimo v posameznem ciklusu izvedbe procesa, v izbrani časovni enoti in v celoti.

Na vsa ta vprašanja je mogoče odgovoriti. Strošek organizacijske spremembe lahko računovodsko ugotovimo, v kolikor beležimo vse stroške, ki so povezani s pripravo in implementacijo organizacijske spremembe. Prav tako lahko računovodsko ugotovimo neposredni finančni učinek organizacijske spremembe ob posameznem ciklusu izvedbe procesa ali procesov, potem ko se procesi izvedejo. Izmeriti je mogoče tudi posredne učinke skrajšanja pretočnih časov, izboljšanja kvalitete ali povečanja fleksibilnosti. Tega sicer ni mogoče enostavno računovodsko izmeriti na podlagi ene ali več ponovitev izvedbe procesa, je pa mogoče v daljšem časovnem obdobju te izboljšave prav tako finančno ovrednotiti (Kern idr., 2020).

Problem takega pristopa pa je, da je vse to mogoče storiti, ko je organizacijska sprememba že uvedena in šele potem, ko se nekaj ciklusov procesa že izvede. Pogosto je za ugotavljanje vseh dejanskih učinkov treba počakati daljše obdobje, včasih več mesecev ali celo več let (Kern idr., 2019).

To je uporabno za ocenjevanje upravičenosti in uspešnosti organizacijskih sprememb. Prav nobene koristi pa nima za odločevalce, ki se morajo vnaprej odločiti o uvedbi predlagane organizacijske spremembe in jo potrditi ali zavrniti. Odločevalci torej potrebujejo relevantne informacije o tem, ali se bo organizacijska izboljšava izplačala in kdaj se bo izplačala, preden se odločijo za uvedbo!

2 Metodološka izhodišča

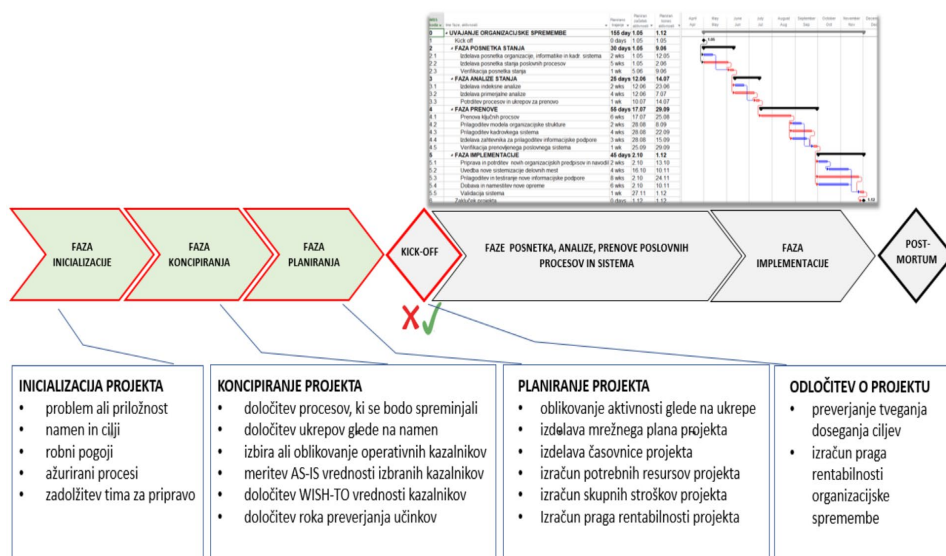
Prvo vprašanje, na katerega je potrebno odgovoriti, je torej: ali je mogoče pred uvedbo, z dovolj veliko mero gotovosti, ugotoviti, ali se bo organizacijska sprememba izplačala? Drugo vprašanje je: če se bo organizacijska sprememba izplačala, ali lahko ugotovimo, kdaj bo to? Če želimo pritrtilno odgovoriti na ti dve vprašanji, je potrebno vnaprej izračunati, koliko bomo z organizacijsko spremembo pridobili na eni strani in na drugi strani planirati strošek organizacijske spremembe.

V nadaljevanju so prikazani odgovori na ta vprašanja. Najprej je opisano, kako morajo biti opredeljene vhodne zahteve za spremembo. Nato je prikazan izračun učinkov organizacijske spremembe. Sledi opis izračuna stroškov organizacijske spremembe. Na koncu je prikazan še način izračuna praga rentabilnosti.

Organizacijska sprememba je enkratna naloga, pri kateri sodeluje večje število deležnikov, je časovno omejena, ima na voljo omejene resurse in je povezana s tveganjem. To je le nekaj lastnosti, ki so značilne za projekte (Kern, 2019; PMI, 2008). Mogoče je seveda poslovne sisteme izboljševati tudi kontinuirano (Krhač Andrašec, 2022). Vendar pa se tudi v tem primeru pojavljajo ciklusi, ki imajo enake lastnosti kot faze v projektu, le spremembe niso radikalne, hkrati pa je tudi tveganje praviloma manjše (Dumas idr., 2013).

Organizacijsko spremembo lahko torej obravnavamo kot projekt, zato jo moramo tudi pripraviti in obvladovati na projektni način. Izvedba projekta ima opredeljen začetek, ki ga predstavlja odločitev o začetku (»kick-off«), vsebuje faze, aktivnosti in

mejnike ter zaključek, ki je opredeljen s potrditvijo odločevalcev, da so zastavljeni cilji doseženi. Ker pa je projekt enkraten proces, torej se v enaki obliki izvede le enkrat, oziroma se vsakič izvede prvič, ga je treba pred začetkom pripraviti. Na projekt med izvajanjem vplivajo motnje iz okolja, zato je treba izvajanje spremljati in periodično sprejemati vodstvene ukrepe. Po vsebinskem zaključku projekta je potrebno projekt tudi organizacijsko zaključiti in po določenem času opraviti po projektno analizo (»post mortum«), s katero preverimo uspešnost izvedbe. Projekt ima torej »izvedbeni del« in »organizacijski del«. Na eni strani govorimo o izvedbi posameznih faz in aktivnosti v projektu (temeljni transformacijski procesi v projektu), na drugi strani pa o planiranju, organiziranju, kontroli in vodenju (procesi projektne managementa (Kern in Urh, 2022).



Slika 1: Procesi projektne managementa v projektu organizacijske spremembe

2.1 Inicijacija projekta: opredelitev zahtev in robnih pogojev

Faza priprave projekta je pogoj, da se projekt organizacijske spremembe lahko začne (Kern, 2003). Pripravljalna faza ima tudi nalogo »change managementa«, saj v pripravo povabimo deležnike, ki bodo kasneje v projektu sodelovali in bodo implementirali organizacijsko spremembo. Zgodnji angažma ključnih deležnikov

pomembno pripomore k zmanjševanju odpora ob uvajanju organizacijskih sprememb.

Prvi delni proces priprave je **inicializacija**. V okviru inicializacije se identificira in opredeli problemsko stanje. Organizacijska sprememba lahko naslovi en sam poslovni proces, več poslovnih procesov, lahko pa tudi del poslovnega sistema, ali poslovni sistem kot celoto. Določanje obsega je pristojnost in naloga odločevalcev, ki zaznajo odstopanja izvajanja procesa in s tem odstopanje učinkovitosti in uspešnosti sistema na eni ali več organizacijskih dimenzijah (v času, stroških, kvaliteti, fleksibilnosti). Na podlagi tega se definira namen organizacijske spremembe. Namen je opredeljen kot stanje, ko bo problemsko stanje razrešeno, torej kot stanje, ko bodo vse organizacijske dimenzije skladne s pričakovanji. Praviloma je namen definiran tako, da naslovi eno od organizacijskih dimenzij in kvantificira njeno vrednost (npr.: pretočni čas od povpraševanja do ponudbe se skrajša za »X« časovnih enot, ocena kvalitete s strani odjemalcev se poveča za »Y«%). Ob tem se določijo tudi robni pogoji, tako da se kvantificirajo še ostale organizacijske dimenzije. Praviloma se organizacijske dimenzije tudi ponderirajo. V fazi inicializacije se opredeli še pričakovani rok zaključka projekta, razpoložljivi resursi in razpoložljiva finančna sredstva. Odločevalci pooblastijo osebo ali tim za pripravo projekta in, v primeru potrditve, za operativno vodenje projekta. Določi se tudi rok, ko mora biti priprava projekta zaključena in morajo biti na voljo vse informacije za odločitve o začetku izvajanja.

| INICIALIZACIJA PROJEKTA | | | | |
|---|--------------------------|--|------|----------|
| Opis trenutnega stanja | | Proces realizacije naročil je neučinkovit predvsem z vidika stroškov in pretočnega časa. | | |
| Opis zahteve | Namen | Zmanjšanje stroškov za 15% in skrajšanje pretočnega časa ob enaki kakovosti za 10%. | | |
| | Področje | Proizvodnje in logistike | | |
| | Organizacijska enota | Sektor proizvodnje | | |
| | Poslovni procesi | Proces od ponudbe do potrditve naročila, proces od potrditve naročila do izdaje v skladišče. | | |
| Kvantifikacija ciljev projekta | Organizacijska dimenzija | Cilj | Utež | Gradient |
| | ČAS | Primarni | 25 | Manjši |
| | STROŠKI | Sekundarni | 35 | Manjši |
| | KAKOVOST | Sekundarni | 20 | Manjši |
| | FLEKSIBILNOST | Sekundarni | 20 | Večji |
| Rok za doseganje ciljnih vrednost Datum preverjanja | | 01.06.2024 | | |

Slika 2: Primer podatkov inicialne faze projekta

2.2 Koncipiranje projekta: opredelitev vsebin organizacijske spremembe

Priprava projekta poteka v okviru dveh procesov projektnega managementa, ki sta lahko sosedna, lahko pa se tudi prepletata. Prvi proces je **koncipiranje**. To je vsebinski proces, kjer se projektni tim na podlagi analize stanja odloča o tem, kateri pristop organizacijske spremembe bo izbran, pa tudi katere metode in katere tehnike bodo uporabljene (Krhač Andrašec, 2022). Iz raziskave (Krhač Andrašec, 2022) izhaja, da se v različnih pristopih pogosto uporabljajo iste metode in tehnike, vendar v različnih kombinacijah. Vendar to za izračun praga rentabilnosti organizacijske spremembe ni relevantno. Če želimo izračunati stroške in koristi, moramo vedeti, kateri procesi v poslovnem sistemu bodo podvrženi organizacijskim spremembam in s katerimi ukrepi.

Pri izbiri procesov si lahko pomagamo z oceno strukturne učinkovitosti procesov (Krhač Andrašec idr., 2019). Iz modelov procesov in atributov poslovnih objektov v procesih je namreč mogoče pridobiti strukturne kazalce učinkovitosti. Z njimi je mogoče izračunati neodvisne faktorje strukturne učinkovitosti in oceniti strukturno učinkovitost posameznega procesa. Primerjava ocen strukturne učinkovitosti med procesi nam pove, kateri od procesov imajo največji potencial za izboljšanje in jih zato praviloma izberemo prioritarno. V primeru, da želimo izboljšati učinkovitost in uspešnost sistema, v katerem poteka veliko procesov, je izbira nujna, ker je tvegano spremembe uvajati v celotnem sistemu hkrati. Pogoj za vse to je, da je na voljo urejen procesni repozitorij in so modeli ter poslovni objekti ažurni (Davis, 2008). V kolikor ta pogoj ni izpolnjen, je potrebno v okviru projekta izvesti tudi posnetek stanja in oblikovanje poslovnega repozitorija. Izbira ključnih procesov glede na potencial za prenovo je v tem primeru težavnejša, saj nimamo podatkov o morebitnih predhodnih organizacijskih spremembah.

Za vsak ključen proces se izberejo ukrepi, s katerimi se bo proces izboljšal. Ukrepi (Urh idr., 2011) so različni in jih je mogoče med seboj kombinirati, da bi dosegli željen rezultat. Od izbire ukrepov je v nadaljevanju v veliki meri odvisen tudi strošek organizacijske spremembe.

V naslednjem koraku priprave se za vsak poslovni proces določijo operativni kazalniki, s katerimi se bodo merili učinki organizacijskih sprememb (Valiris in Glykas, 2004; Van Looy in Shafagatova, 2016). Doseganje operativnih kazalnikov pomeni doseganje operativnih ciljev projekta.

Za vsak poslovni proces so kazalniki razvrščeni v štiri dimenzije (čas, stroški, kakovost in fleksibilnost). Za vsak operativni kazalnik se izbere ali določi:

- naziv kazalnika,
- enota mere (npr.: ure, €, %, ...),
- vir (od kod se pridobi vrednosti za ta kazalnik),
- način pridobivanja vrednosti (ročno, avtomatsko),
- ciljni gradient (zmanjšanje, povečanje, enako).

Za vsak operativni kazalnik se izmeri vrednost pred začetkom projekta (AS-IS vrednost). Za vsak operativni kazalnik se določi tudi vrednost, ki je pričakovana (željena vrednost) po zaključku projekta (WISH-TO vrednost).

Za vsak ključni proces se preveri in po potrebi spremeni pred-definirana utež glede na ostale procese. Enako se uteži določijo tudi med operativnimi kazalniki posameznih organizacijskih dimenzij in med operativnimi kazalniki posamezne organizacijske dimenzije, če je teh več.

2.3 Izračun pričakovanih finančnih učinkov organizacijske spremembe

Pričakovani učinki organizacijske spremembe so razlika med vrednostmi izbranih spremenljivk trenutnega stanja (»AS-IS stanje«) in vrednostmi izbranih spremenljivk pričakovanega stanja (»WISH-TO stanje«). Pričakovani učinki organizacijske spremembe so lahko neposredni (finančni) in posredni (časovni, kvalitativni, učinki spremembe fleksibilnosti). Pričakovani učinki so lahko kombinacija vseh naštetih učinkov.

Če želimo učinke organizacijske spremembe enotno vrednotiti, je potrebno pretvoriti vrednosti za spremenljivke (t.j.: vse organizacijske dimenzije) na isto mersko enoto. Merska enota je enaka tisti, s katero smo izračunali stroške

organizacijske spremembe, če želimo izračunati prag rentabilnosti. To je denarna enota. Ugotoviti je torej potrebno, koliko je v obravnavanem procesu vredna časovna enota spremembe pretočnega časa procesa, koliko je vreden odstotek spremembe kvalitete in koliko je vredna možnost, da se proces izvaja na različne načine. Če poznamo naštete pretvornike, lahko tudi posredne učinke organizacijskih sprememb prevedemo v finančne učinke. To lahko naredimo za eno ponovitev procesa, za vse ponovitve procesa v izbrani časovni enoti ali za vse ponovitve procesa. Enako lahko naredimo tudi za vse obravnavane procese in za celoten poslovni sistem.

Za izračun stroškovne dimenzije organizacijske spremembe lahko uporabimo operativne kazalnike, s katerimi merimo neposredne stroške procesa. Vrednosti kazalnikov pred organizacijsko spremembo lahko izmerimo, pričakovane vrednosti istih operativnih kazalnikov po organizacijski spremembi pa predvidimo, glede na pričakovane učinke organizacijskih ukrepov in skladno s cilji projekta. Na podlagi teh podatkov lahko izdelamo dokaj zanesljivo stroškovno pred-kalkulacijo učinkov organizacijske spremembe. Postopek izračuna učinkov organizacijske spremembe je sledeč:

- Meritev in izračun stroškov izvajanja procesov pred spremembo (AS-IS):
 - meritev operativnega kazalnika neposrednih stroškov izvajanja vsakega procesa za eno ponovitev,
 - meritev števila ponovitev vsakega procesa v izbrani časovni enoti (»n«),
 - izračun neposrednega stroška izvajanja vsakega procesa v izbrani časovni enoti,
 - izračun neposrednih stroškov izvajanja vseh procesov, ki se bodo spreminjali v izbrani časovni enoti.
- Ocena in izračun stroškov izvajanja procesov po spremembi (WISH-TO):
 - predvidevanje stroška izvajanja vsakega procesa za eno ponovitev,
 - predvidevanje števila ponovitev vsakega procesa v izbrani časovni enoti (»m«),
 - izračun neposrednega stroška izvajanja vsakega procesa v izbrani časovni enoti,
 - izračun neposrednih stroškov izvajanja vseh procesov, ki se bodo spreminjali v izbrani časovni enoti.

- Izračun neposrednega učinka (razlike med neposrednimi stroški izvajanja procesov pred spremembo (AS-IS) in po spremembi (WISH-TO)):
 - za eno ponovitev procesa (AS-IS) – (WISH-TO),
 - za izbrano časovno enoto (AS-IS * »n«) – (WISH-TO * »m«),
 - za vse procese, ki se bodo spreminjali.

Za ostale organizacijske dimenzije je prevedba učinkov organizacijske spremembe v denarne enote odvisna predvsem od konteksta, torej razmer, v katerih se izvaja proces. Odvisna je od vrednosti, ki jih ima sprememba kazalnika za lastnike procesov, deležnike v procesih in uporabnike rezultatov procesov.

Za pretvorbo vrednosti operativnih kazalnikov časa, kakovosti in fleksibilnosti v denarne enote običajno uporabimo pretvornike. Ti za vsak operativni kazalnik po vseh organizacijskih dimenzijah, za posamezen proces, določajo vrednost spremembe posamezne organizacijske dimenzije za poslovni sistem v denarnih enotah. Nekaj primerov:

- Sprememba pretočnega časa procesa za »X« časovnih enot, pomeni »Y« spremembo števila ponovitev procesa v izbrani časovni enoti, kar predstavlja »Z« denarnih enot spremembe prihodkov.
- Sprememba ocene kvalitete procesa s strani odjemalcev za »X%« se odraža v »Y%« spremembi povpraševanja, kar pomeni »Z« denarnih enot spremembe prihodkov.
- Zmanjšanje števila slabih izdelkov, ki so rezultat procesa za »X« kosov, pomeni prihranek za »Y« denarnih enot.

V nekaterih primerih je pretvorba vrednosti ostalih operativnih kazalnikov v denarne enote težavnejša, ker preprostih pretvornikov ni mogoče uporabiti. Vendar je pretvorba vselej mogoča. Nekaj primerov:

- Če je zahteva ključnega odjemalca, da se skrajša dobavni rok za »X« časovnih enot in odjemalec s tem pogojuje naročilo, ki je nujno za obstoj podjetja, potem je vrednost pozitivnega učinka te spremembe obratno sorazmerna škodi, ki bi nastala, če spremembe ne bi uvedli.
- Če regulator s področja, kjer deluje podjetje, zahteva dodaten način izvajanja procesa, ki je prilagojen odjemalcem, in morebitno ne-uvredbo kaznuje s

kaznijo v vrednosti »X« denarnih enot, potem je pozitiven učinek te spremembe obratno sorazmeren vrednosti zagrožene kazni.

Za izračun finančnih učinkov organizacijske spremembe je potrebno sešteti neposredne in posredne finančne učinke za vsako ponovitev procesa in na podlagi števila ponovitev izračunati učinke za izbrano časovno enoto in nato za vse procese, ki so predmet organizacijske spremembe.

| | D | E | F | G | I | J | K | L | M | N | O | R | S | T | U | V |
|----|-----------|--|---------------------------|--|------------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|---|---------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|---|
| | | | | | | | | | | | AS-IS VREDNOSTI | WISH TO VREDNOSTI | UČINKI NA PROCES | UČINKI NA ČAS. ENOTO | | |
| | | | | | | | | | | | Datum AS-IS 01.05.2023 | Datum wish 01.06.2024 | Enota: € | Čas. enota: 1 mesec | | |
| | | | | | | | | | | | AS-IS vrednost operativnega kazalnika | WISH TO vrednost operativnega kazalnika | Neposredni finančni učinki | Posredni finančni učinki | Skupni finančni učinki na proces | Skupni finančni učinki na časovno enoto |
| | OE | Proces | Organizacija ka dimenzija | Operativni kazalnik | Enota mere | Ciljni gradient | AS-IS vrednost operativnega kazalnika | AS-IS število ponovitev | WISH TO vrednost operativnega kazalnika | WISH TO število ponovitev | Neposredni finančni učinki | Posredni finančni učinki | Skupni finančni učinki na proces | Skupni finančni učinki na časovno enoto | | |
| 5 | PODIJETJE | | | | | | | 570 | 570 | | | | | 90,00 € | 27.280,00 € | |
| 6 | | Proces od povpraševanja do izdaje ponudbe | | | n | | | 570 | 570 | | | | | 14,00 € | 7.980,00 € | |
| 8 | | STROŠKI | | Neposredni stroški izvajanja procesa | € | Manjši | 55 | 45 | 10,00 € | | | | | | | |
| 10 | | ČAS | | Petočni čas od povpraševanja do izdaje | h | Manjše | 75 | 60 | | | | | 2,00 € | | | |
| 12 | | KAKOVOST | | Delež zahtev po popravku ponudbe | % | Manjši | 75 | 50 | | | | | 2,00 € | | | |
| 14 | | FLEKSIBILNOST | | Število variant procesa | n | Enako | 4 | 4 | | | | | 0,00 € | | | |
| 15 | | Proces od izdaje ponudbe do potrditve naročila | | | n | | | 360 | 360 | | | | | 14,00 € | 5.040,00 € | |
| 17 | | STROŠKI | | Neposredni stroški izvajanja procesa | € | Manjši | 40 | 30 | 10,00 € | | | | | | | |
| 19 | | ČAS | | Petočni čas od ponudbe do potrditve | h | Manjše | 12 | 10 | | | | | 2,00 € | | | |
| 21 | | KAKOVOST | | Delež potrditev naročila | % | Večji | 45 | 70 | | | | | 1,00 € | | | |
| 23 | | FLEKSIBILNOST | | Število variant procesa | n | Večji | 1 | 2 | | | | | 1,00 € | | | |
| 24 | | Proces od potrditve naročila do izdaje v skladišče | | | n | | | 230 | 230 | | | | | 62,00 € | 14.260,00 € | |
| 26 | | STROŠKI | | Neposredni stroški izvajanja procesa | € | Manjši | 320 | 270 | 50,00 € | | | | | | | |
| 28 | | ČAS | | Petočni čas od potrditve do izdaje v skladih | h | Manjše | 75 | 60 | | | | | ##### | | | |
| 30 | | KAKOVOST | | Delež izmeta | % | Manjši | 4 | 2 | | | | | 2,00 € | | | |
| 32 | | FLEKSIBILNOST | | Število variant procesa | n | Enako | 1 | 1 | | | | | 0,00 € | | | |

Slika 3: Primer izračuna pričakovanih učinkov organizacijske spremembe

Pri interpretaciji rezultatov izračuna je treba upoštevati, da so AS-IS vrednosti operativnih kazalnikov izmerjene, medtem ko so WISH-TO vrednosti predpostavljene. Slednje predstavlja tveganje za točnost izračuna. Vendar pa to tveganje lahko zmanjšamo, če za prenavo na podlagi strukturne učinkovitosti izberemo prave procese in na podlagi strukturnih kazalnikov izberemo prave ukrepe.

S tem je koncipiranje projekta organizacijske spremembe končano. Na podlagi koncepta se projektne tim loti oblikovanja plana projekta, katerega del je tudi plan stroškov (stroškovnik) projekta.

2.4 Planiranje projekta organizacijske spremembe

Planiranje projekta je timsko delo. Izhodišče pripravi vodja projekta, potem pa morajo sodelovati člani tima. V timu morajo biti sodelavci, ki sodelujejo v procesih, ki se prenavljajo, poleg njih pa tudi strokovnjaki za področja organizacije, informatike, kadrov in po potrebi drugi strokovnjaki. Obseg in vsebina projekta izhaja iz namena in ciljev, robni pogoji pa predstavljajo okvir plana izvajanja. Izvedbeni del projekta uvajanja organizacijske spremembe običajno razdelimo na naslednje faze (Kern in Urh, 2022):

- faza posnetka stanja (v kolikor še nimamo ustreznega oblikovanega in ažurnega poslovnega repozitorija),
- faza analize stanja,
- faza prenove ključnih procesov z izbranimi ukrepi,
- faza prilagajanja organizacijske strukture, informacijskega sistema in kadrovskega sistema prenovljenim procesom,
- faza implementacije, (ki se lahko izvede samostojno ali v obliki povezanih podprojektov).

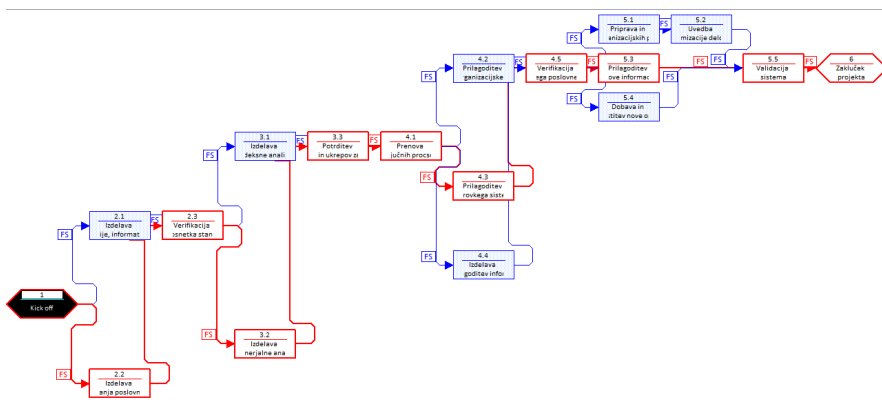
Faze projekta izhajajo iz metodologije. Aktivnosti znotraj faz pa so odvisne od ukrepov, ki jih bomo izvedli. Aktivnosti, ki bodo izvedene v okviru faz, morajo biti natančno definirane. Za vsako aktivnost mora biti opredeljen cilj, način izvajanja in rezultat skupaj s preverjanjem rezultata. Oceniti je potrebno čase trajanja aktivnosti, pred tem pa morajo biti izbrani izvajalci in drugi potrebni resursi ter dodeljeni in razporejeni na aktivnosti. Ob tem mora biti upoštevana dejanska razpoložljivost resursov v planiranem obdobju. Razpoložljivost vsakega vira mora biti večja ali vsaj enaka potrebam v aktivnosti. Upoštevati moramo še delovni koledar poslovnega sistema in morebitne soodvisnosti ali prekrivanja aktivnosti z drugimi projekti ali procesi.

Plan projekta se praviloma izdela z enim od računalniških orodij za podporo mrežnemu planiranju (Urh in Kern, 2014), postopek priprave pa je podprt z enim od PPM orodij (Kern in Roblek, 2007).

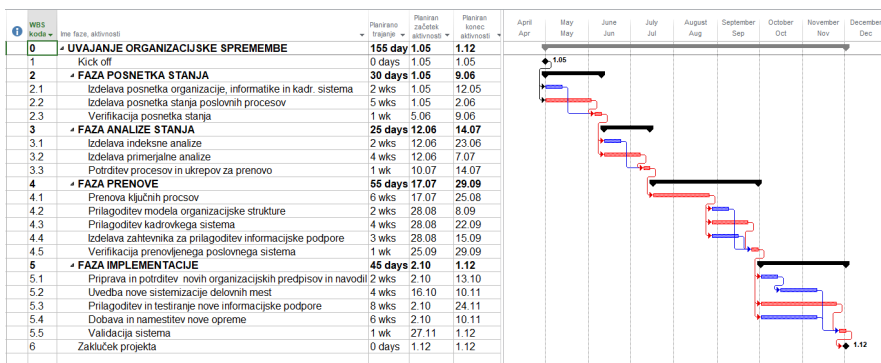
Najprej se izdelata mrežni plan, ki prikaže soodvisnost aktivnosti, nato se oblikuje terminski plan, iz katerega izračunamo čas trajanja projekta, kritično pot in mejnike. Terminski plan projekta je nujno uskladiti z zahtevnikom projekta, predvsem zato, da dosežemo zahtevan rok zaključka. Nato se izračuna še plan virov (ljudi, sredstev za delo in predmetov dela) in preveri njihove obremenitve (potrebe) znotraj projekta in v povezavi z drugimi projekti in procesi (Kolisch, 1995).

| | | | | | | |
|---|------------------------------|-----------------------|--|-------------------------|-------------------|---------------------------|
| Podjetje | Aktivnost | | Datum: 01.04.2023 | | | |
| 000-000-OR-0595-2023 | | | Avtor: KERN Tomaž | | | |
| Aktivnost: 2.2 | | | Stran/Strani: 1/1 | | | |
| Naziv projekta | | | Oznaka projekta | | | |
| Projekt uvajanja organizacijske spremembe | | | 000-000-OR-0595-2023 | | | |
| Naziv aktivnosti | | | Oznaka aktivnosti | | | |
| Izdelava posnetka stanja poslovnih procesov | | | 2.2 | | | |
| Trajanje aktivnosti | | | Datum začetka: 01.05.2023 | | | |
| 25 dni | | | Datum konca: 02.06.2023 | | | |
| Predhodne aktivnosti in povezava | | | Posledične aktivnosti in povezava | | | |
| Naziv | Tip | Zakasnitev | Naziv | Tip | Zakasnitev | |
| 1 Kick off | FS | 0 dni | 2.3 Verifikacija posnetka... | FS | 0 dni | |
| Človeški in materialni viri | | | | | | |
| Id | Naziv vira | Enota | Vrsta vira | Obremenitev vira | Vloga | Variabilni stroški |
| 2 | Tim za uvajanje sprememb | | Delo | 200 | Član tima | 5.000,00 |
| 7 | Vodja službe za organizacijo | | Delo | 40 | Član tima | 1.200,00 |
| Stroški | | | | | | |
| Variabilni stroški | Fiksni stroški | Skupni stroški | | | | |
| 6.200,00 | 200,00 | 6.400,00 | | | | |
| Tip aktivnosti: 1 - Razvojná | | | | | | |
| Cilji aktivnosti | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> Izboljšana učinkovitost poslovnega sistema | | | | | | |
| Opis in potek aktivnosti | | | | | | |
| <p>Posnetek bo izdelan v obliki repozitorija (zbirke poslovnih modelov in poslovnih objektov), ki temelji na relacijah (povezavah) med poslovnimi objekti. Relacije so lahko statične (strukture) ali dinamične (proces). Poslovni objekti so gradniki procesov. Isti poslovni objekt se praviloma pojavi v več procesih, zato moramo zagotoviti, da v repozitorij vpišemo le enkrat, v procesih pa ga (praviloma) uporabimo večkrat. S tem zagotovimo, da se poslovni objekti ne podvajajo, kar omogoča kasnejšo analizo.</p> <p>Poslovne objekte umestimo v eno od struktur: strukturo delovnih mest (delovne vloge, delež vlog) iz trenutne sheme, delovna mesta in osebe s podatki iz sistemizacije, informacijske nosilce iz trenutnega informacijskega sistema, dokumente zberemo po ključnih delovnih mestih, tveganja, glede na ocene deležnikov v procesih.</p> <p>Ocenjujemo obseg cca. 22 poslovnih procesov na poslovnem področju, kamor uvajamo organizacijsko spremembo. Za kakovosten posnetek enega procesa potrebujemo 10 do 12 ur angažmaja tima. Specifikacija angažmaja tima:</p> <ul style="list-style-type: none"> prvi intervju z zaposlenimi traja cca 2 uri (dva člana tima) za posamezen proces, ekspertna obdelava procesa s strani članov tima (cca 1-2 uri/proces), samostojna verifikacija s strani tima zaposlenih (cca 2 uri/proces/član tima), na podlagi prve verifikacije se proces ponovno obdelata in dopolni s strani članov tima (1-2 uri/proces), po potrebi sledi druga verifikacija. običajno sestanek traja 2 uri (dva svetovalca, tim zaposlenih). | | | | | | |
| Rezultat aktivnosti | | | | | | |
| Modeli poslovnih procesov v enotnem poslovnem repozitoriju | | | | | | |
| Zapisniki sestankov | | | | | | |

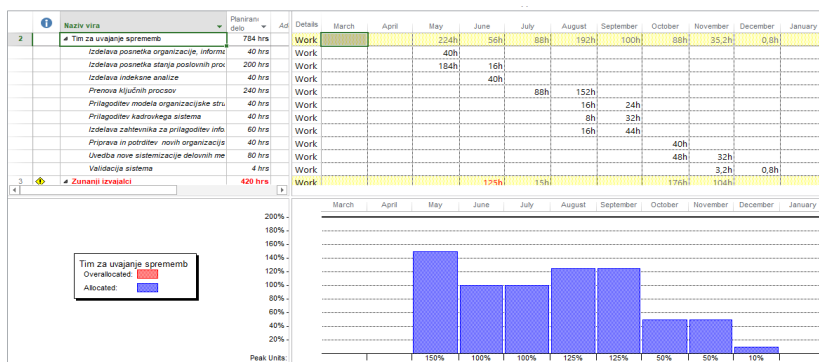
Slika 4: Primer kartice aktivnost projekta organizacijske spremembe z vsemi podatki



Slika 5: Primer mrežnega diagrama projekta organizacijske spremembe



Slika 6: Primer Gantograma projekta organizacijske spremembe



Slika 7: Primer uporabe in obremenitve resursa v projektu organizacijske spremembe

Plan projekta oblikujemo zato, da se člani tima in vodja dogovorijo, kako bo projekt potekal, in zato, da se projekt uskladi z zahtevami naročnika. Če pa želimo izračunati prag rentabilnosti organizacijske izboljšave, pa je nujno pred začetkom izvajanja izračunati skupne stroške projekta. S tem se tveganje projekta bistveno zmanjša.

2.5 Izračun stroškov projekta organizacijske spremembe

Za izračun planiranih skupnih stroškov projekta je potrebno izračunati:

- Variabilne stroške izvajanja projekta, za kar moramo poznati:
 - vse aktivnosti in trajanje vsake aktivnosti,
 - vse resurse in ceno vsakega resursa na časovno enoto ali enoto uporabe,
 - dodelitve in razporeditve dodeljenih resursov na vsako od aktivnosti.
- Fiksne stroške vseh aktivnosti, vseh faz in celotnega projekta.
- Stroške projektnega managementa, kamor spadajo vsi stroški, ki niso neposredno povezani z izvedbo projekta.

Izračun variabilnih stroškov projekta:

V kolikor so resursi opredeljeni z bruto lastno ceno na časovno enoto (oz. enoto), potem lahko izračunamo variabilne stroške izvajanja projekta (Mayer idr., 2009). Variabilni stroški izvajanja projekta so vsota variabilnih stroškov posameznih aktivnosti. Variabilni stroški posamezne aktivnosti so vsota variabilnih stroškov asignacij vseh resursov na tej aktivnosti. Stroški posamezne asignacije so produkt razporeditve (alokacije) resursa na aktivnost ter bruto cene resursa na časovno enoto ali na enoto uporabe. Variabilni stroški so prevladujoči v fazah posnetka stanja, analize in preнове.

Izračun fiksnih stroškov projekta:

Fiksni stroški niso neposredno odvisni od časa ali količine uporabe resursov v aktivnostih, ampak se določijo na podlagi pogodbene vrednosti, nabavne vrednosti ali ocene izrabe (amortizacije) resursa. Fiksni stroški se ne nanašajo na asignacijo, temveč na aktivnost, fazo ali celoten projekt. V projektih uvajanja organizacijskih sprememb so fiksni stroški izraziti v fazi implementacije (uvajanja). V tej fazi (ali

separatnih izvedbenih projektih) je potrebno projekt oskrbeti s tehnologijo, opremo in ostalimi sredstvi, ki omogočajo realizacijo ukrepov.

Izračun stroškov projektnega managementa:

Stroški projektnega managementa so vsi stroški, ki niso neposredno povezani z izvajanjem aktivnosti projekta. Sem ne spadajo stroški inicialne faze in upravljaljskih odločitev, ker so to redni stroški poslovnega sistema, povezani s procesi upravljanja. Med stroške projektnega managementa spadajo stroški priprave (koncipiranja in planiranja), stroški lansiranja aktivnosti, spremljanja aktivnosti in vodenja, pa tudi zaključevanja projekta. Stroški projektnega managementa se izračunajo kot delež celotnih stroškov projekta. Delež je ocenjen izkustveno in je med 9 % in 15% skupnih stroškov projekta. V primeru stohastičnih projektov, kot je uvajanje organizacijskih sprememb, običajno zaradi verjetnih sprememb med projektom in potreb po agilnem prilagajanju, predvidimo najvišji priporočeni delež stroškov projektnega managementa (PMI, 2014).

Skupni stroški projekta:

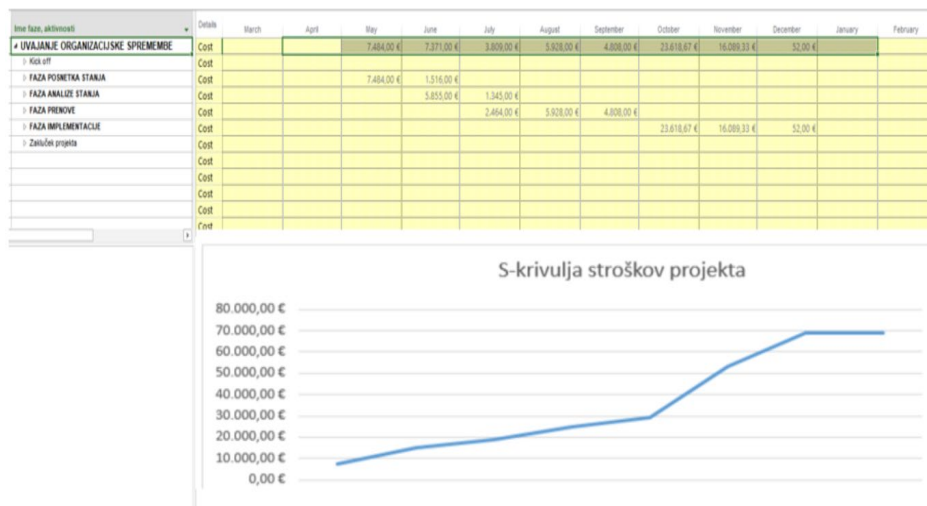
So rezultat »pred-kalkulacije«, ki temelji na eksaktnih podatkih, kadar in v kolikor so ti na voljo. V nasprotnem primeru temelji na predvidevanjih in ocenah. Zato je treba upoštevati tudi tveganje, da bo končna cena projekta drugačna, kot je predkalkulacijska cena. Tveganje lahko zmanjšamo, če upoštevamo priporočila projektnih metodologij in če pridobimo ažurne in točne podatke na podlagi katerih izračunamo stroške.

Tabela 1: Primer izračuna skupnih stroškov v projektu organizacijske spremembe

| WBS | Naziv projekta/faze/aktivnosti | Variabilni stroški | Fiksni stroški | Stroški managementa | Skupni stroški |
|----------|--|--------------------|----------------|---------------------|------------------|
| 0 | UVAJANJE ORG. SPREMEMBE | 64.060,00 | 0,00 | 7.000,00 | 76.160,00 |
| 1 | Kick off | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | FAZA POSNETKA STANJA | 8.000,00 | 0,00 | 0,00 | 9.000,00 |
| 2.1 | Izdelava posnetka org., info. in kadr. sistema | 1.480,00 | 300,00 | 0,00 | 1.780,00 |
| 2.2 | Izdelava posnetka stanja poslovnih procesov | 6.200,00 | 200,00 | 0,00 | 6.400,00 |
| 2.3 | Verifikacija posnetka stanja | 320,00 | 500,00 | 0,00 | 820,00 |
| 3 | FAZA ANALIZE STANJA | 6.700,00 | 0,00 | 0,00 | 7.200,00 |
| 3.1 | Izdelava indeksne analize | 4.280,00 | 0,00 | 0,00 | 4.280,00 |
| 3.2 | Izdelava primerjalne analize | 2.100,00 | 0,00 | 0,00 | 2.100,00 |

| WBS | Naziv projekta/faze/aktivnosti | Variabilni stroški | Fiksni stroški | Stroški managementa | Skupni stroški |
|----------|---|--------------------|----------------|---------------------|------------------|
| 3.3 | Potrditev procesov in ukrepov za preново | 320,00 | 500,00 | 0,00 | 820,00 |
| 4 | FAZA PRENOVE | 12.700,00 | 0,00 | 0,00 | 13.200,00 |
| 4.1 | Prenova ključnih procesov | 6.720,00 | 0,00 | 0,00 | 6.720,00 |
| 4.2 | Prilagoditev modela organizacijske strukture | 1.960,00 | 0,00 | 0,00 | 1.960,00 |
| 4.3 | Prilagoditev kadrovskega sistema | 1.480,00 | 0,00 | 0,00 | 1.480,00 |
| 4.4 | Izdelava zahtevnika za prilagoditev IS | 2.220,00 | 0,00 | 0,00 | 2.220,00 |
| 4.5 | Verifikacija prenovljenega poslov. sistema | 320,00 | 500,00 | 0,00 | 820,00 |
| 5 | FAZA IMPLEMENTACIJE | 36.660,00 | 0,00 | 0,00 | 39.760,00 |
| 5.1 | Priprava in potrditev novih OP in navodil | 1.960,00 | 200,00 | 0,00 | 2.160,00 |
| 5.2 | Uvedba nove sistemizacije delovnih mest | 2.960,00 | 400,00 | 0,00 | 3.360,00 |
| 5.3 | Prilagoditev in testiranje nove info. podpore | 18.560,00 | 1.000,00 | 0,00 | 19.560,00 |
| 5.4 | Dobava in namestitve nove opreme | 12.920,00 | 1.500,00 | 0,00 | 14.420,00 |
| 5.5 | Validacija sistema | 260,00 | 0,00 | 0,00 | 260,00 |
| 6 | Zaključek projekta | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Pri projektih, ki trajajo daljše časovno obdobje, je pomembna tudi dinamika stroškov. Upoštevati moramo namreč »ceno denarja«, ki ga vežemo v projektu, preden se vložek povrne v obliki koristi. V projektih se dinamika stroškov izrazi s krivuljo kumulativnih stroškov projekta, s t.i. S-krivuljo.

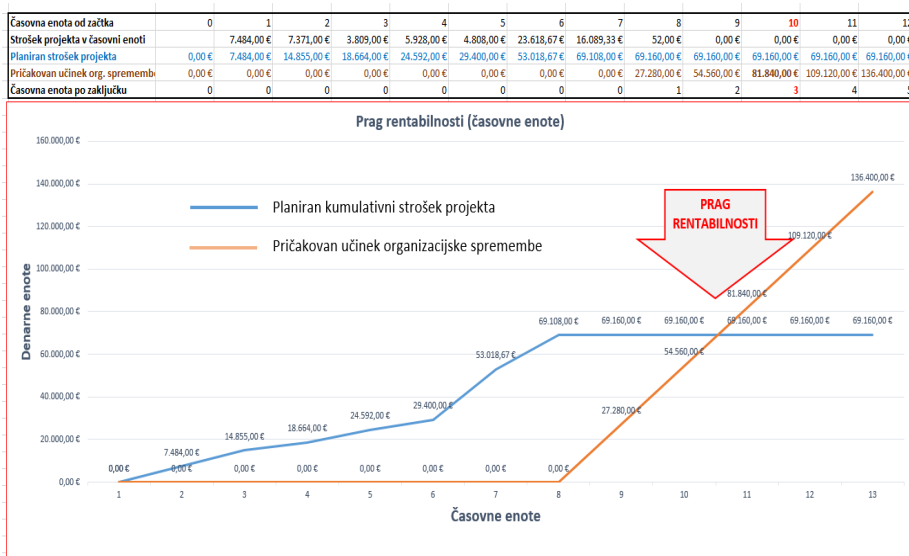


Slika 8: Primer S-krivulje dinamike stroškov projekta organizacijske spremembe

Izračunane skupne stroške je potrebno primerjati in uskladiti s predhodno opredeljenimi omejitvami glede na razpoložljiv proračun projekta. Ob odstopanjih od predvidenih omejitev moramo zmanjšati stroške, kar lahko storimo z zmanjšanjem variabilnih stroškov (s cenejšimi resursi, z manjšim angažmajem resursov), z zmanjšanjem fiksnih stroškov in manjšim deležem stroškov projektnega managementa. Karkoli od tega pa praviloma povečuje tveganje. Zato je v tem primeru racionalno spremeniti tudi cilje ali celo namen projekta. Usklajevanje projekta poteka vse dokler ni soglasno potrjen tako s strani naročnika, kakor tudi udeležencev v projektu.

2.6 Izračun praga rentabilnosti organizacijske spremembe

Prag rentabilnosti organizacijske spremembe izračunamo tako, da celoten planiran strošek projekta uvajanja organizacijske spremembe delimo s pričakovanim učinkom organizacijske spremembe na časovno enoto. Tako dobimo število časovnih enot, v katerih bo pričakovan učinek dosegel ali presegel celotne planirane stroške projekta. Izračunamo lahko tudi število ponovitev procesa, po katerih bo pričakovan učinek organizacijske spremembe višji, kot celotni planirani stroški projekta. Vrednosti vedno zaokrožimo navzgor.



Slika 9: Primer izračuna praga rentabilnosti v časovnih enotah

V kolikor želimo izračunati datum, ko bo pričakovan učinek organizacijske spremembe višji, kot celotni planirani stroški projekta, je potrebno izračunanemu pragu rentabilnosti prišteti tudi čas izvajanja projekta. Čas priprave (inicializacije, koncipiranja in planiranja) se v tem primeru ne prišteje, ker se odločitev o izvajanju projekta organizacijske spremembe sprejme, ko je priprava že končana.

3 Diskusija in zaključek

V raziskavi je predstavljena metoda izračuna praga rentabilnosti organizacijske spremembe. Teoretične in metodološke osnove so povzete iz relevantne strokovne in znanstvene literature. Aplikativni del temelji na izkušnjah več realiziranih projektov uvedbe organizacijskih izboljšav. V raziskavi je kot primer (»Case study«) uporabljen realen projekt prenove in digitalizacije poslovnega sistema z generaliziranimi podatki. Na podlagi študije primera lahko zaključimo, da je predlagana in prikazana metoda uporabna v primeru, da:

- Deležniki v poslovnem sistemu planirajo in uvajajo organizacijske spremembe z namenom povečanja uspešnosti s povečanjem učinkovitosti izvajanja poslovnih procesov. Pri tem uporabljajo tehnološke omogočevalce (»technological enablers«) in prenovljenim procesom prilagajajo organizacijske ter kadrovske strukture v poslovnem sistemu.
- Poslovni sistem, v katerega se uvaja organizacijska sprememba, ima oblikovan poslovni repozitorij, v katerem so ažurni poslovni objekti in modeli poslovnih procesov. Modeli poslovnih procesov so vir podatkov, s katerimi se izračunajo vrednosti strukturnih kazalnikov in ocena strukturne učinkovitost procesov. To je uporabna informacija za izbiro procesov, ki se bodo spreminjali, in izbiro ukrepov, s katerimi bomo spremembo izvedli.
- Poslovni sistem ima vzpostavljen sistem merjenja operativnih kazalnikov, s katerimi meri učinkovitost poslovnih procesov. Pri tem je nujno meriti stroškovni operativni kazalnik, pomembno pa je meriti tudi operativne kazalnike ostalih organizacijskih dimenzij (pretočne čase, stopnjo kakovosti, fleksibilnost) za posamezen poslovni proces in za poslovni sistem kot celoto.

- Poslovni sistem ima vpeljan projektni sistem in katero od metodologij projektne managementa, s katero je mogoče izračunati stroške procesov projektne managementa in stroške izvedbenih aktivnosti projekta.

Ob navedenih predpostavkah, torej ob predpostavki ustrezne organizacijske zrelosti poslovnega sistema (Gartner, 2020; Novak in Janeš, 2017), je predlagana metodologija dobrodošla pomoč poslovodstvu pri odločanju o potrjevanju predlaganih organizacijskih sprememb. Metodologija je del širše metodologije, ki poleg izračuna praga rentabilnosti omogoča tudi merjenje učinkov organizacijskih sprememb po zaključku projekta in dokončni implementaciji spremembe v poslovni sistem.

Ocenjujemo, da bi metodologijo v prihodnosti lahko dopolnili z vključitvijo umetne inteligence (Paullada idr., 2021). V poslovnem repositoriju je namreč veliko število modelov, poslovnih objektov in njihovih atributov. Velika količina podatkov v več časovnih presekih (longitudinalna analiza) s pomočjo strojnega učenja nedvomno omogoča še boljše predvidevanje učinkov organizacijskih sprememb in tudi boljše planiranje stroškov projektov.

Na koncu pa je kljub obetom nadaljnega razvoja metod, tehnik in orodij, ki bodo v pomoč odločevalcem, potrebno poudariti, da je končna odločitev o uvedbi organizacijske spremembe še vedno na strani upravljalca in je izračun praga rentabilnosti samo v pomoč in je le ena od informacij pri odločanju.

Literatura

- Davis, R. (2008). ARIS design platform: advanced process modelling and administration, 1st ed.; Springer: Berlin, Germany, 2008.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2013). Fundamentals of business process management (1st ed.). Springer.
- Gartner, Inc. (2020). Digital business maturity model: 9 essential competencies to assess digital business maturity. www.gartner.com/en/documents/3983264.
- Kobat, L., (2023). Which Macroeconomic Trends Will Impact My Business Model Transformation?. www.gartner.com/document/4147299?ref=solrResearch&refval=362549070, Gartner Inc.
- Kern, T., Urh, B. (2022). Digitalna transformacija multiprojektne okolja v podjetjih in ustanovah. Sodobni pristopi inženiringa poslovnih sistemov. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, Str. 7-36.
- Kern, T., Krhač Andrašec, E., Urh, B., Senegačnik, M. (2020). Digital transformation reduces costs of the paints and coatings development process. *Coatings* 2020, 10, 1–15.

- Kern, T., Krhač Andrašec, E., Senegačnik, M., Urh, B. (2019). Digitalizing the Paints and Coatings Development Process. *Processes* 2019, 7, 539–561.
- Kern, T., Roblek, M., Urh, B. (2007). Prosis - project management support system. Projektni menadžer - profesija budućnosti. Beograd. Udruženje za upravljanje projektima Srbije - YUPMA. Str. 197-204.
- Kern, T., Roblek, M. (2007). Vodenje in upravljanje projektov s sistemom Prosis. Ustvarjalna organizacija. zbornik 26. mednarodne konference o razvoju organizacijskih znanosti. Portorož.
- Kern, T. (2003). Participation of employees in business process improvement projects. *ECON '03*. Ostrava. Technical University of Ostrava. Faculty of Economics.
- Kolisch, R. (1995). The Single-Mode Project Scheduling Problem. *Project Scheduling under Resource Constraints*. Production and Logistics. Physica. Heidelberg.
- Krhač Andrašec, E., (2022). Vpliv uporabe metod in tehnik izboljševanja poslovnih procesov na učinkovitost organizacijskih sistemov. Doktorska disertacija. Univerza v Mariboru.
- Krhač Andrašec, E., Kern, T., Urh, B. (2019). Izbira osnovnih ali izpeljanih strukturnih kazalnikov za ocenjevanje učinkovitosti poslovnih procesov. Ekosistem organizacij v dobi digitalizacije. Konferenčni zbornik. Univerzitetna založba, Maribor.
- Mayer, J., Ban, J., Kern, T. (2009). Rewarding of project work. *Synthesized organization*. Frankfurt am Main. P. Lang, Str. 85-103.
- Novak, R., Janeš, A. (2017). Merjenje zrelosti procesne usmerjenosti. Koper. Založba Univerze na Primorskem.
- Paullada, A., Raji, I. D., Bender, E. M., Denton, E., Hanna, A. (2021). Data and its (dis)contents. A survey of dataset development and use in machine learning research. *Patterns*, Volume 2. Issue 11.
- PMI. (2008). *Vodnik po znanju projektnega vodenja. (PMBOK vodnik)*. Tretja izdaja. Kranj. Moderna organizacija. 2008.
- PMI. (2014). *Project Management: How Much Is Enough? Appropriate Amount*. www.pmi.org/learning/library/project-management-much-enough-appropriate-5072.
- Urh, B., Kern, T. (2014). *Program Microsoft Project Professional 2010*. Hitri vodnik pri pripravi in obvladovanju projekta. Kranj: Moderna organizacija.
- Urh, B., Kokalj, Š., & Zajec, M. (2011). The importance of structural indicators in assessing the efficiency of business process performance. *People and sustainable organization*. 248–270. Peter Lang GmbH.
- Valiris, G., & Glykas, M. (2004). Business analysis metrics for business process redesign. *Business Process Management Journal*. 445-480.
- Van Looy, A., & Shafagatova, A. (2016). Business process performance measurement: a structured literature review of indicators, measures and metrics. *SpringerPlus*, 5(1), 1-24.

IZZIVI OSKRBOVALNIH VERIG STRATEŠKIH MATERIALOV ZA PROIZVODNJO ELEKTRIČNIH VOZIL

MARJAN SENEGAČNIK,¹ DUŠAN MEŽNAR²

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
marjan.senegacnik@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
dusan.meznar@um.si

Čeprav so električni avtomobili znani praktično že vse od začetka razvoja avtomobilizma, pa so več desetletij imeli le obrobni pomen. Ponovno se je, v glavnem iz okoljskih razlogov, zanimanje za električne avtomobile začelo povečevati okrog leta 2000, predvsem pa po letu 2010. Električni avtomobili so postali še posebej aktualni po odločitvi Evropske unije, da bodo po letu 2035 ukinili proizvodnjo avtomobilov z motorji na notranje izgorevanje. Pri uvajanju električnih avtomobilov se pojavlja več problemov, ki so povezani tako z njihovo proizvodnjo kot uporabo ter tudi oskrbo odsluženih avtomobilov. Pričujoči prispevek se osredotoča na fazo proizvodnje električnih avtomobilov. Za njihovo izdelavo so potrebni nekateri materiali, ki jih avtomobili z bencinskimi in dizelskimi motorji ne vsebujejo, ali pa jih vsebujejo v mnogo manjši meri. Predvsem gre za snovi, ki se uporabljajo za izdelavo baterij in magnetov za elektromotorje. Prispevek obravnava strateške, logistične, ekonomske, tehnološke in okoljske vidike problematike pridobivanja in rafiniranja nekaterih od teh materialov: litija, kobalta in kovin iz skupine redkih zemelj.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.9](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.9)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
električni avtomobili,
strateški materiali,
oskrbovalne verige,
litij,
kobalt,
redke zemlje



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.8](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.8)

ISBN
978-961-286-821-5

Keywords:

electric vehicles,
strategic materials,
supply chains,
lithium,
cobalt,
rare earth metals

THE CHALLENGES OF SUPPLY CHAINS FOR STRATEGIC MATERIALS FOR ELECTRIC VEHICLE PRODUCTION

MARJAN SENEGAČNIK,¹ DUŠAN MEŽNAR²

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
marjan.senegacnik@um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
dusan.meznar@um.si

Despite the fact that electric cars have been known since the very beginning of the automotive era, they played only very marginal role for many decades. Interest in electric cars increased again around 2000, mainly for environmental reasons, but especially after 2010. Electric cars have become especially relevant after the European Union's decision to stop the production of vehicles with internal combustion engines after 2035. Several problems arise during deployment of electric cars which are connected with their production, use and end-of-life cars handling. The present paper is concerned with the phase of electric cars production. The production of electric cars requires certain materials, which cars with an internal combustion engine do not contain at all or contain in much smaller quantities. These are mainly materials needed to make batteries and magnets for electric motors. The paper deals with the strategic, logistical, economic, technological and environmental aspects of the extraction and refining of some of these materials: lithium, cobalt and rare earth metals.



1 Izzivi oskrbovalnih verig strateških materialov za proizvodnjo električnih avtomobilov

Oskrbovalna veriga proizvodnje električnih avtomobilov se sooča z več izzivi, med katerimi so:

- **Trajnost:** Za proizvodnjo električnih avtomobilov je potrebna velika količina strateških materialov, kot so litij, kobalt in nikelj, rudarjenje in rafiniranje teh materialov pa ima lahko velik vpliv na okolje. Zagotavljanje trajnosti oskrbovalne verige, vključno z zmanjševanjem vpliva rudarjenja in rafiniranja na okolje ter izvajanjem praks odgovornega pridobivanja predstavlja zelo velik izziv za industrijo (Ali idr., 2017).
- **Zadosten obseg proizvodnje:** Povpraševanje po električnih avtomobilih se hitro povečuje, vendar oskrbovalna veriga za proizvodnjo električnih avtomobilov še ni dosegla stopnje obsega proizvodnje, ki je potrebna za zadovoljitev tega povpraševanja. Sestavni del tega problema so povečanje proizvodnih zmogljivosti za baterijske celice in pakete ter gradnja novih tovarn in infrastrukture za proizvodnjo električnih avtomobilov (Breiter idr., 2022).
- **Stroški:** Stroški električnih avtomobilov so v primerjavi z avtomobili z motorjem z notranjim izgorevanjem še vedno razmeroma visoki. Deloma je to posledica visokih cen baterij, ki so glavni sestavni del električnih avtomobilov.
- **Logistika in prevoz:** Električni avtomobili zahtevajo specializirano logistiko in prevoz, vključno z ravnanjem in prevozom velikih baterijskih sklopov ter namestitvijo polnilne infrastrukture (Dong idr., 2014). To predstavlja veliko oviro, zlasti v regijah, kjer infrastruktura še ni vzpostavljena.
- **Regulativno okolje, zakoni in predpisi:** Vladne politike in predpisi lahko pomembno vplivajo na trg električnih vozil. Pomanjkanje doslednosti predpisov in spodbud zelo močno otežuje načrtovanje prihodnje rasti in naložb.
- **Pridobivanje materialov in varnost oskrbe strateških materialov:** Ker se povpraševanje po električnih vozilih povečuje, sta razpoložljivost in varnost dobave ključnih materialov, kot so litij, kobalt in nikelj, za industrijo skrb vzbujajoča (Nguyen idr., 2021).

- **Recikliranje in upravljanje ob koncu življenjske dobe:** Življenjska doba električnih avtomobilov je krajša od življenjske dobe običajnih avtomobilov, zato je upravljanje ob koncu življenjske dobe, vključno z recikliranjem in odstranjevanjem, zelo pomemben faktor.

2 **Glavna tveganja oskrbovalnih verig strateških materialov za proizvodnjo električnih avtomobilov**

Oskrbovalne verige električnih vozil so izpostavljene kar precejšnjim tveganjem. Politični vidiki oskrbovalne verige električnih vozil se nanašajo na načine, na katere lahko vladne politike in predpisi vplivajo na proizvodnjo, distribucijo in sprejetje električnih vozil. To vključuje vprašanja, kot so vladne spodbude za proizvodnjo in nakup električnih vozil, predpisi o infrastrukturi za polnjenje električnih vozil in tarife za komponente električnih vozil, uvožene iz drugih držav. Poleg tega lahko pride do političnih razprav in lobiranja glede uporabe določenih materialov v baterijah električnih vozil ter morebitnega okoljskega vpliva proizvodnje in odlaganja električnih vozil. S tem je povezanih kar nekaj tveganj, in sicer:

- **Odvisnost od redkih zemeljskih kovin:** Številne komponente električnih vozil, kot so baterije, motorji in elektronski nadzorni sistemi, zahtevajo redke zemeljske kovine, ki se pogosto pridobivajo iz majhnega števila držav. Ta odvisnost od majhnega števila dobaviteljev lahko povzroči tveganja v oskrbovalni verigi in nestanovitnost cen (Meadows idr., 1972).
- **Proizvodnja baterij:** Proizvodnja baterij za električna vozila zahteva precejšnjo količino energije in materialov, obstajajo pa tudi pomisleki glede okoljskega vpliva proizvodnje baterij ter tveganja nestanovitnosti cen surovin.
- **Infrastruktura za polnjenje:** Pomanjkanje infrastrukture za polnjenje je lahko ovira za uvedbo električnih vozil, razvoj in vzdrževanje infrastrukture za polnjenje pa je lahko tudi tveganje za oskrbovalne verige električnih vozil.
- **Proizvodne zmogljivosti:** Povpraševanje po električnih vozilih hitro narašča in obstajajo pomisleki glede sposobnosti proizvajalcev, da bodo sledili povpraševanju in proizvajali vozila po konkurenčnih cenah.
- **Politična in regulativna tveganja:** Vladne politike in predpisi lahko močno vplivajo na industrijo električnih vozil, kot so tarife za uvožene

komponente električnih vozil, lokalne zahteve glede vsebine in predpisi o infrastrukturi za polnjenje.

- **Tveganja kibernetске varnosti:** Vse večja uporaba tehnologije v električnih vozilih, kot so napredni sistemi za pomoč voznikom (ADAS) in povezane avtomobilске storitve, lahko ustvari nove ranljivosti za kibernetске napade.

3 Strateški materiali za proizvodnjo električnih avtomobilov

Proizvodnja električnih avtomobilov je zelo odvisna od strateških materialov, med drugim:

- **Litij:** Litij je ključna sestavina litij-ionskih baterij, ki se uporabljajo za pogon električnih vozil. Litij je razmeroma redka kovina, njegovo rudarjenje in rafiniranje pa imata lahko velik vpliv na okolje, zato je strateški material za industrijo električnih vozil.
- **Kobalt:** Kobalt je še ena ključna sestavina litij-ionskih baterij in se uporablja kot katodni material. Kobalt je, tako kot litij, razmeroma redka kovina, njegovo pridobivanje pa je povezano s kršitvami človekovih pravic in degradacijo okolja.
- **Nikelj:** Nikelj se v nekaterih litij-ionskih baterijah uporablja kot katodni material. Ni tako pomemben, kot sta litij in kobalt, vendar je še vedno pomemben za proizvodnjo električnih vozil.
- **Grafit:** Grafit se uporablja v anodi litij-ionskih baterij in je pomemben za proizvodnjo električnih vozil.
- **Baker:** Baker je bistvena sestavina motorjev električnih avtomobilov in polnilne infrastrukture.
- **Aluminij:** Aluminij se uporablja pri proizvodnji karoserij in okvirjev električnih avtomobilov.
- **Redke zemeljske kovine:** V nekaterih motorjih električnih avtomobilov in polnilni infrastrukturi se uporabljajo redke zemeljske kovine, vključno z neodimom, prazeodimom in disprozijem. Te kovine so ključnega pomena za proizvodnjo električnih avtomobilov, vendar so tudi razmeroma redke in drage.

Zaradi redkosti teh materialov in okoljskih vplivov njihovega pridobivanja gre za strateške materiale, ki so ključnega pomena za proizvodnjo električnih vozil, zato je upravljanje njihove oskrbovalne verige ključni dejavnik za industrijo. Poleg tega je recikliranje teh materialov bistvenega pomena za zmanjšanje vpliva na okolje in zagotavljanje trajnosti industrije.

V naslednjih poglavjih so nekoliko podrobneje predstavljeni nekateri tehnološki, strateški in okoljski vidiki litija, kobalta in kovin iz skupine redkih zemelj.

3.1 Litij

3.1.1 Lastnosti in nahajališča litija

Litij je v elementarnem stanju srebrno-bela kovina. Litij je najlažji izmed vseh kovin oziroma sploh izmed elementov v trdnem agregatnem stanju in ima pri temperaturi 20 °C gostoto 0,534 kg/dm³. V naravi se ne nahaja v elementarnem stanju. V majhnih količinah je prisoten v mnogih magmatskih kamninah in vodah mineralnih virov in slanih jezer. Najpomembnejši minerali, ki vsebujejo litij, so spodumen, petalit, lepidolit in ambligonit, izmed katerih je gospodarsko najpomembnejši spodumen (Di Maria idr.; 2022; Sharp, 1990; Royal Society of Chemistry, 2023). Litij se precej uporablja v zlitinah z magnezijem in aluminijem, saj so tovrstne zlitine lahke in precej trdne. Tudi litijeve spojine se uporabljajo na raznih področjih, npr. v steklu in keramiki, za maziva, pri organskih sintezah, v klimatskih napravah itd. (Sharp, 1990; Royal Society of Chemistry, 2023; U.S. Geological Survey; 2021; Kelly idr., 2021). Najpomembnejše področje uporabe litija pa je v zadnjem obdobju izdelava baterij, za katere se uporabi po podatkih iz leta 2021 kar 71 % litija (U.S. Geological Survey, 2021).

Pridobivanje litija poteka tako z ekstrakcijo iz rudnin kot z izsuševanjem slane vode. Največji svetovni pridelovalec litija je Avstralija, sledijo pa Čile, Kitajska in Argentina. V Avstraliji pridobivajo litij iz rudnin, v Čilu in Argentini iz slanice iz slanih jezer, na Kitajskem pa po obeh postopkih (Fawthrop, 2020; U.S. Geological Survey, 2021). Tako ocenjujejo, da je 65 % svetovne proizvodnje litija pridobljeno iz slanice (Di Maria idr., 2022). Voda slanih jezer vsebuje koncentracije litija med 1000 in 3000 ppm, medtem ko morska voda le 0,17 ppm (Talens Peiró idr., 2013). Svetovna proizvodnja litija v letu 2019 je znašala 86.000 ton, za leto 2020 pa je

ocenjena na 82.000 ton. Proizvodnja po posameznih državah je prikazana v tabeli 1. Iz tabele 1 je razvidno, da med pomembnimi proizvajalkami praktično ni evropskih držav, saj je v tabeli 1 navedena le Portugalska, a z majhno proizvodnjo v primerjavi z največjimi proizvajalkami (U.S. Geological Survey, 2021). V tabeli 1 ni podatkov za ZDA, ki ima sicer samo en objekt za pridobivanje litija v Nevadi (Fawthrop, 2020). Največja nahajališča litija so v Južni Ameriki, v tako imenovanem litijevem trikotniku, ki si ga delijo Bolivija, Argentina in Čile. Izmed teh držav so največje ocenjene zaloge v Boliviji, vendar so ta nahajališča iz različnih, tako tehničnih, geografskih in političnih razlogov zaenkrat praktično neizkoriščena (Fawthrop, 2020). Za razliko od Bolivije pa sta Argentina in predvsem Čile med najpomembnejšimi proizvajalkami. Ocenjene količine zalog litija so podane v tabeli 2 (U.S. Geological Survey, 2021; Fawthrop, 2020).

Tabela 1: Proizvodnja litija po državah v letih 2019 in 2020

| Država | Proizvodnja 2019 (tone) | Proizvodnja 2020 *(tone) |
|-------------|----------------------------|-----------------------------|
| Avstralija | 45.000 | 40.000 |
| Čile | 19.300 | 18.000 |
| Kitajska | 10.800 | 14.000 |
| Argentina | 6.300 | 6.200 |
| Braziliya | 2.400 | 1.900 |
| Zimbabve | 1.200 | 1.200 |
| Portugalska | 900 | 900 |
| Kanada | 200 | - |
| Skupaj | 86.100 | 82.200 |

*vrednosti proizvodnje v letu 2020 so ocenjene

Vir: U.S. Geological Survey, 2021.

Tabela 2: Ocenjene svetovne zaloge litija

| Država | Ocena zalog (milijoni ton) |
|------------|--------------------------------------|
| Bolivija | 21 ^a 21 ^b |
| Argentina | 19,3 ^a 17 ^b |
| Čile | 9,6 ^a 9 ^b |
| ZDA | 6,8 ^b |
| Avstralija | 6,4 ^a 6,3 ^b |
| Kitajska | 5,1 ^a 4,5 ^b |
| DR Kongo | 3,0 ^a |

| Država | Ocena zalog (milijoni ton) |
|---------|----------------------------|
| Kanada | 2,9 ^a |
| Nemčija | 2,7 ^a |

Vir: ^a U.S. Geological Survey, 2021

^b Fawthorp, 2020.

Kot je razvidno iz tabele 2, ima izmed evropskih držav največje ocenjene zaloge litija Nemčija (2,7 milijona ton), sledijo pa Češka republika (1,3 milijona ton), Srbija (1,2 milijona ton), Španija (300.000 ton), Portugalska (270.000 ton) ter Avstrija in Finska (obe po 50.000 ton) (U.S. Geological Survey, 2021).

3.1.2 Litijeve ionske baterije

Litijeve ionske baterije so se izkazale kot izjemno uporabne na najrazličnejših področjih zaradi velike energetske gostote in specifične moči ter tudi dolge življenjske dobe. Razvitih je bilo več vrst litijevih ionskih baterij, ki se med seboj predvsem razlikujejo glede sestave katode. Najpomembnejši tipi litijevih baterij so prikazani v tabeli 3 (Dragonfly Energy, 2022).

Tabela 3: Različne izvedbe litijevih ionskih baterij

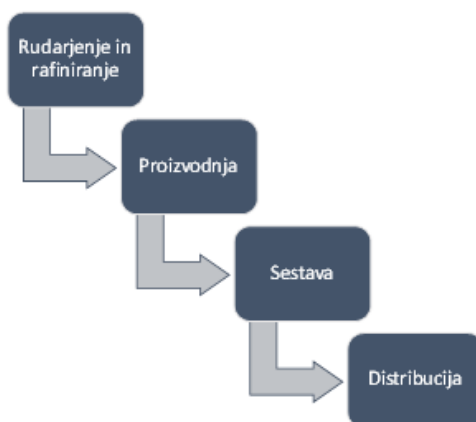
| Vrsta litijeve baterije | Katoda | Anoda |
|---|--|---|
| Litijev železov fosfat (LFP) | Litijev železov fosfat (LiFePO ₄) | Grafit (C) |
| Litijev kobaltov oksid (LCO) | Litijev kobaltov oksid (LiCoO ₂) | Grafit (C) |
| Litijev manganov oksid (LMO) | Litijev manganov oksid (LiMn ₂ O ₄) | Grafit (C) |
| Litijev nikljev manganov kobaltov oksid (NMC) | Zmes oksidov litija z nikljem, manganom in kobaltom (LiNi _x Mn _y Co _z O ₂) | Grafit (C) |
| Litijev nikljev kobaltov aluminijev oksid (NCA) | Zmes oksidov litija z nikljem, kobaltom in aluminijem (LiNi _x Co _y Al _z O ₂) | Grafit (C) |
| Litijev titanat (LTO) | Litijev manganat (LiMn ₂ O ₄) ali litijev nikljev manganov kobaltov oksid (LiNi _x Mn _y Co _z O ₂) | Litijev titanat (Li _x Ti _y O _z) |

Vir: Dragonfly Energy, 2022.

Kot je razvidno iz tabele 3, se baterije med seboj razlikujejo v sestavi katode, medtem ko je anoda iz grafita (modifikacija ogljika). Izjema so le LTO baterije, kjer je anoda iz litijevega titanata, medtem ko je katoda takšna, kot pri LMO ali NMC baterijah (Dragonfly Energy, 2022).

V iskanju najboljših karakteristik so bile razvite različne izvedbe baterij. Pomembne lastnosti baterij so energijska gostota, specifična moč, življenjska doba, cena in varnost. Seveda pa je vedno potrebno izbrati določen kompromis, saj boljše lastnosti na enem področju praviloma pomenijo nekoliko slabše lastnosti na nekem drugem področju (Dragonfly Energy, 2022).

3.1.3 Litijeva oskrbovalna veriga



Slika 1: Litijeva oskrbovalna veriga

Oskrbovalna veriga za litijeve baterije, prikazana na sliki 1, vključuje več stopenj, vključno z rudarjenjem in rafiniranjem surovin, proizvodnjo sestavnih delov baterij, sestavljanjem baterij in distribucijo končnim uporabnikom:

- **Rudarjenje in rafiniranje:** Surovine za litijeve baterije, kot sta litij in kobalt, se pridobivajo na različnih lokacijah po svetu. Ti materiali se nato rafinirajo in predelajo, da nastanejo spojine, ki se uporabljajo pri proizvodnji baterij.

- **Proizvodnja:** Sestavni deli baterije, kot so elektrode in elektroliti, se proizvajajo z uporabo prečiščenih materialov. Te komponente se nato sestavijo v celice, ki so osnovni gradniki baterije.
- **Sestava:** Celice se nato sestavijo v baterijske sklope, ki so končni izdelki, ki se uporabljajo v številnih napravah, kot so pametni telefoni, električna vozila in sistemi za shranjevanje energije.
- **Distribucija:** Dokončani baterijski paketi se nato distribuirajo proizvajalcem naprav, ki uporabljajo baterije, ter distributerjem in trgovcem z baterijami.

3.1.4 Ekološki vidiki in tveganja v okviru oskrbovalnih verig litija

Z oskrbovalno verigo litijevih baterij je povezanih več okoljskih tveganj, in sicer je pridobivanje in rafiniranje litija proces, ki zahteva veliko vode, kar lahko obremeni lokalne vodne vire in povzroči pomanjkanje vode v regijah, kjer je ta že omejena. Prav tako pridobivanje litija lahko povzroči degradacijo tal z odstranjevanjem avtohtone vegetacije in erozijo tal. Pri rafiniranju in predelavi litija in drugih surovin lahko pride do izpusta onesnaževal v zrak in vodo. Poleg tega odlaganje uporabljenih litij-ionskih baterij prispeva k onesnaževanju. Proizvodni proces litij-ionskih baterij in pridobivanje surovin povzročita znatne emisije ogljika, ki prispevajo k podnebnim spremembam, prav tako pa pridobivanje litija in drugih kovin v naravnih habitatih povzroča izgubo biotske raznovrstnosti in razdrobljenost ekosistemov. Obstajajo pa tudi poročila o kršitvah človekovih pravic pri rudarjenju kobalta in drugih kovin, ki se uporabljajo v litij-ionskih baterijah, vključno z delom otrok in nevarnimi delovnimi pogoji.

Te težave je mogoče ublažiti z izvajanjem trajnostnih praks, kot so recikliranje starih baterij, uporaba obnovljivih virov energije za napajanje proizvodnega procesa in večja preglednost v oskrbovalni verigi, da se zagotovi odgovorno pridobivanje materialov.

Pridobivanje litija iz slanic (vode slanih jezer) ima manjši ogljični odtis kot pridobivanje iz rudnin, saj se za izsuševanje vode uporablja večinoma sončna energija, medtem ko se pri pridobivanju iz rudnin uporablja elektrika ali pa energija fosilnih goriv. Po drugi strani pa tudi izsuševanje slanic povzroča veliko porabo vode

in zmanjšanje biotske raznovrstnosti (Di Maria idr., 2022). V tabeli 4 je prikazana primerjava emisij toplogrednih plinov za pridobivanje litija po dveh različnih procesih, iz slanice (podatki za pridobivanje iz vode slanega jezera na območju Salar de Atacama v Čilu) ter iz rude spodumenita v zahodni Avstraliji, kjer pa nadaljnje procese izolacije izvajajo na Kitajskem. Vključeni so podatki za dve litijevi spojini, litijev karbonat (Li_2CO_3) in litijev hidroksid monohidrat ($\text{LiOH} \times \text{H}_2\text{O}$) (Kelly idr., 2021).

Tabela 4: Primerjava okoljskih vplivov pri pridobivanju litija iz slanice in rudnin

| Dejavnost | Pridobivanja iz slanice | Pridobivanje iz rude |
|---|-----------------------------------|----------------------------|
| Koncentriranje* | | |
| Emisije toplogrednih plinov | 0,08 – 0,18 g CO_2 ekv/t | 0,42 t CO_2 ekv/t |
| Poraba energije | 1300-2800 MJ/t | 5500 MJ/t |
| Poraba vode | 2,95-7,30 m^3 /t | 3,4 m^3 /t |
| Proizvodnja Li_2CO_3 | | |
| Emisije toplogrednih plinov | 2,7 - 3,1 t CO_2 ekv/t | 20,4 t CO_2 ekv/t |
| Poraba energije | 30.000 - 36.000 MJ/t | 218.000 MJ/t |
| Poraba vode | 15,5 - 32,8 m^3 /t | 77 m^3 /t |
| Proizvodnja $\text{LiOH} \times \text{H}_2\text{O}$ | | |
| Emisije toplogrednih plinov | 6,9 - 7,3 t CO_2 ekv/t | 15,7 t CO_2 ekv/t |
| Poraba energije | 76.600 – 82.900 MJ/t | 187.200 MJ/t |
| Poraba vode | 31 – 50 m^3 /t | 69 m^3 t |

Vir: Kelly idr., 2021.

*Pri pridobivanju iz slanice je upoštevano izhlapevanje slane vode do koncentrirane slanice s 6 % vsebnostjo litija, pri pridobivanju iz rudnin pa koncentriranje spodumenitne rude.

Kot je razvidno iz tabele 4, so vplivi na okolje – poraba energije in emisije toplogrednih plinov ter tudi poraba vode - kar precej večji pri pridobivanju litija iz rudnin kot pa iz slanice. Se pa karakteristike slanih voda ter tudi pogoji pridobivanja iz različnih nahajališč pri pridobivanju litija iz slanic precej razlikujejo, zato tudi vplivi na okolje varirajo. Upoštevati je treba, da predelava rudnin poteka večinoma na Kitajskem, kjer je tako toplotna kot električna energija večinoma pridobljena iz premoga in bi z uporabo drugih virov bilo možno znižati ogljični odtis (Kelly in sod., 2021). Prednost pridobivanja iz rudnin pa je v tem, da je možno neposredno pridobiti litijev hidroksid ($\text{LiOH} \times \text{H}_2\text{O}$), kar je za proizvodnjo baterij bolj ugodno kot pa v primeru, ko je izhodna spojina Li_2CO_3 . Pri pridobivanju iz slanice pa je nujno potrebno najprej pridobiti litijev karbonat (Li_2CO_3) (Kelly idr., 2021; Di Maria idr., 2022).

Poteka precej raziskav za razvoj novih postopkov za pridobivanje litija iz obeh glavnih virov (Di Maria idr., 2022; Kelly idr., 2021; Flexer idr., 2018) . Čeprav je poraba vode pri pridobivanju litija iz slanice nižja kot pa pri pridobivanju iz rude, izhlapi pri tem postopku zelo velika količina vode. Ob upoštevanju dejstva, da proces poteka v izredno sušnem okolju, to predstavlja precejšnjo obremenitev okolja. Zato so prisotne ideje, da bi litij izločili iz slanice brez izhlapevanja in bi preostanek slane vode izpustili nazaj v slano jezero. Flexer idr. (2018) pa so predstavili idejo, da bi po izolaciji litija iz vode izločili tudi ostale soli in tako pridobili tudi pitno vodo za industrijske, komunalne in kmetijske potrebe.

Pričakovati je, da bo v prihodnosti zelo pomemben vir pridobivanja litija tudi recikliranje, a v sedanjem obdobju je zaradi majhnih količin iztrošenih baterij delež litija iz sekundarnih virov še zanemarljiv (Di Maria idr., 2022).

3.1.5 Recikliranje litija in ekonomski vidiki v okviru oskrbovalnih verig

Recikliranje litijevih baterij je pomembno iz več razlogov, med drugim zaradi zmanjšanja vpliva rudarjenja in pridobivanja novih materialov na okolje, ohranjanja naravnih virov in zmanjšanja količine odpadkov na odlagališčih. Stroškovna učinkovitost recikliranja litijevih baterij je odvisna od več dejavnikov, vključno z vrsto uporabljenega postopka recikliranja, trenutno tržno ceno predelanih materialov in stroški odstranjevanja nerecikliranih baterij.

Litijeve baterije je mogoče reciklirati na več načinov:

- **Mehansko recikliranje:** Ta postopek vključuje razgradnjo baterije na manjše sestavne dele, kot so elektrode in elektrolit, ki se nato obdelajo, da se iz njih pridobijo kovine in drugi materiali za ponovno uporabo. S to metodo je mogoče obnoviti veliko količino materialov, uporabljenih v prvotni bateriji, vendar obnovljeni materiali morda niso enake kakovosti kot prvotni materiali. Na splošno je mehansko recikliranje stroškovno najučinkovitejša metoda za pridobivanje kovin iz litij-ionskih baterij. Stroški te metode se lahko razlikujejo glede na vrsto baterije in stopnjo pridobivanja kovin. Bistveni kriterij ekonomičnosti pa je, da so pridobljene kovine vredne več kot stroški recikliranja baterije.

- **Kemično recikliranje:** Pri tej metodi se s kemičnimi postopki materiali baterije razgradijo na sestavne dele, ki se nato ločijo in očistijo za ponovno uporabo. Pri tem postopku se lahko pridobijo materiali višje kakovosti kot pri mehanskem recikliranju, vendar je postopek bistveno dražji. Kemično recikliranje je praviloma dražje od mehanskega, vendar lahko z njim pridobimo kakovostnejše materiale. Ta metoda je lahko stroškovno učinkovita, če je mogoče predelane materiale prodati po dovolj visoki ceni, da se nadomestijo stroški recikliranja.
- **Termično recikliranje:** Pri tem postopku se baterija segreva v okolju brez kisika, pri čemer kovine in drugi materiali izhlapijo. Izhlapele snovi se nato kondenzirajo in zberejo za ponovno uporabo. S to metodo je mogoče pridobiti visok odstotek prvotnih materialov, vendar zahteva specializirano opremo in ima visoke stroške energije. Termično recikliranje na splošno velja za najučinkovitejšo metodo za pridobivanje materialov iz litij-ionskih baterij, vendar je lahko drago zaradi visokih stroškov opreme in potrebne energije.
- **Hibridno recikliranje:** Ta metoda združuje elemente mehanskega, kemičnega in termičnega recikliranja, da se materiali čim bolj predelajo. Hibridno recikliranje velja za stroškovno učinkovito metodo, saj združuje prednosti različnih postopkov recikliranja, kar lahko poveča stopnjo predelave materialov in zmanjša stroške.

Pomembno je opozoriti, da vseh litijevih baterij ni mogoče reciklirati in da obrati za recikliranje morda ne sprejemajo vseh vrst baterij. Poleg tega morajo postopek recikliranja litijevih baterij izvajati specializirana podjetja z ustrežno opremo in varnostnimi ukrepi za preprečevanje morebitnih nevarnosti.

Poleg stroškov recikliranja je treba upoštevati tudi stroške odstranjevanja nerecikliranih baterij. Odlaganje ali sežiganje izrabljenih baterij je lahko drago in ima lahko tudi negativne vplive na okolje, zato je recikliranje dolgoročno stroškovno učinkovitejša možnost. Na splošno se lahko stroškovna učinkovitost recikliranja litijevih baterij razlikuje glede na vrsto baterije, uporabljeno metodo recikliranja in tržne pogoje za predelane materiale. Z razvojem novih tehnologij in postopkov se recikliranje nenehno spreminja.

3.2 Kobalt

3.2.1 Izzivi oskrbovalne verige kobalta

Oskrbovalna veriga kobalta, ključne sestavine litij-ionskih baterij, se sooča z izzivi, kot so:

- **Kršitve človekovih pravic:** Poročali so o kršitvah človekovih pravic pri pridobivanju kobalta, vključno z delom otrok in nevarnimi delovnimi pogoji. Veliko rudnikov kobalta je v Demokratični republiki Kongo (DRK), kjer obstaja veliko tveganje izkoriščanja in zlorabe delavcev (Moran idr., 2014).
- **Degradacija okolja:** Rudarjenje kobalta povzroča znatno degradacijo okolja, vključno s krčenjem gozdov, erozijo tal in onesnaževanjem vode.
- **Pomanjkanje preglednosti:** Oskrbovalna veriga kobalta je zapletena, zato je težko izslediti izvor kobalta in zagotoviti, da je bil pridobljen odgovorno. Zaradi pomanjkanja preglednosti je težko spremljati in reševati težave v oskrbovalni verigi.
- **Tveganja oskrbovalne verige:** Oskrbovalna veriga kobalta je občutljiva na motnje, kot so spremembe rudarskih predpisov in naravne nesreče, ki lahko vplivajo na razpoložljivost in ceno kobalta.
- **Odvisnost od nekaj držav:** Večina kobalta se izkoplje v DR Kongo, zato je oskrbovalna veriga odvisna od te države. To povečuje tveganje motenj v oskrbovalni verigi in nestanovitnosti cen.
- **Recikliranje in upravljanje ob koncu življenjske dobe.**

Za reševanje teh težav morajo podjetja v oskrbovalni verigi kobalta izvajati odgovorne prakse pridobivanja, kot je zagotavljanje, da kobalt izvira iz rudnikov, ki izpolnjujejo mednarodne standarde na področju človekovih pravic in varstva okolja, ter povečanje preglednosti v oskrbovalni verigi. Poleg tega lahko naložbe v recikliranje in ravnanje z izdelki, ki vsebujejo kobalt, ob koncu njihove življenjske dobe pripomorejo k zmanjšanju onesnaževanja okolja.

3.2.2 Lastnosti in pridobivanje kobalta

Kobalt (s kemijskim simbolom Co) sodi med prehodne elemente periodnega sistema in je kovina sivo-bele barve z nekoliko modrikastim odtinkom ter ima feromagnetne lastnosti. V naravi se nahaja v obliki mineralov smaltita (CoAs_2) in kobaltita (CoAsS). Večinoma pa je kobalt prisoten skupaj z bakrom, nikljem ali svincem in ga je najlaže pridobiti iz preostankov izolacije navedenih kovin (Cotton in Wilkinson, 1972).

V zadnjih letih se največ kobalta uporablja za baterije in se delež uporabe v te namene zaradi uvajanja električnih avtomobilov še povečuje. Velik del litijevih ionskih baterij v katodi vsebuje kobalt (LCO, NMC, NCA in delno tudi LTO baterije). Kobalt je prisoten tudi v nikljevih baterijah (nikelj-kadmijeve in nikljeve kovinsko-hidridne baterije) (Cobalt Institute, 2021). Poleg tega se kobalt uporablja še v mnoge druge namene, v veliki meri za razne zlitine, ki imajo odlično odpornost proti obrabi (U.S. Geological Survey, 2023; Sharp, 1990). Zaradi feromagnetnih lastnosti se kobalt veliko uporablja tudi za proizvodnjo magnetov. Med permanentnimi magneti, ki se uporabljajo v motorjih električnih avtomobilov, so pomembni magneti, ki vsebujejo kobalt in kovino iz skupine redkih zemelj, samarij (First4Magnets, 2023; Magnetpartner, b.d.).

Problem predstavlja visoka cena kobalta, ki predstavlja 25 do 30 % cene baterij. Zato je tudi veliko naporov usmerjenih v razvoj tistih tipov litijevih ionskih baterij, ki v katodi ne vsebujejo kobalta (npr. LFP ali nekatere variante LTO baterij), vendar bo verjetno kobalt ostal vsaj še nekaj časa zelo pomembna sestavina baterij (Green Car Congress, 2023; Muralidharan idr., 2022).

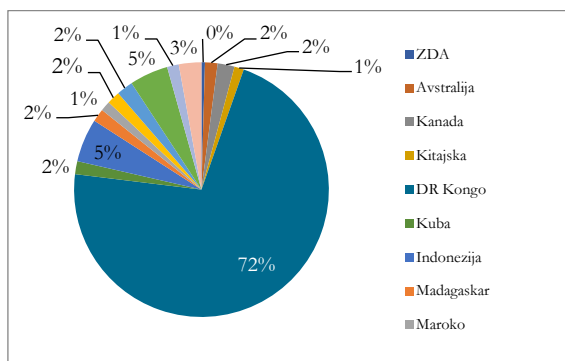
Proizvodnja kobalta je v letu 2022 narasla do rekordnih vrednosti. Predvsem se je povečala v DR Kongo in Indoneziji. DR Kongo je, kot je tudi razvidno iz tabele 5 in slike 2, brez konkurence največji pridelovalec kobalta, saj prispeva okrog 70 % svetovne proizvodnje. Kitajska je največja proizvajalka rafiniranega kobalta, ki pa pretežno izvira iz kobalta, pridobljenega v DR Kongo. Kobalt večinoma pridobivajo kot stranski proizvod pri proizvodnji bakra in niklja, izjeme predstavljajo le pridobivanje kobalta v Maroku, delno v ZDA in ročno pridobivanje kobalta v DR Kongo. Proizvodnjo in ocenjene rezerve kobalta v posameznih državah prikazuje tabela 5 (U.S. Geological survey, 2023).

Tabela 5: Proizvodnja in ocenjene rezerve kobalta v posameznih državah

| Država | Proizvodnja 2021 (t) | Proizvodnja 2022 (t) | Rezerve (t) |
|--------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| DR Kongo | 119.000 | 130.000 | 4.000.000 |
| Avstralija | 5.295 | 5.900 | 1.500.000 |
| Kanada | 4.361 | 3.900 | 220.000 |
| Rusija | 8.000 | 8.900 | 250.000 |
| Kitajska | 2.200 | 2.200 | 140.000 |
| Kuba | 4.000 | 3.000 | 500.000 |
| Indonezija | 2.700 | 10.000 | 600.000 |
| Madagaskar | 2.800 | 3.000 | 100.000 |
| Maroko | 2.300 | 2.300 | 13.000 |
| Papua Nova Gvineja | 2.953 | 3.000 | 47.000 |
| Filipini | 3.600 | 3.800 | 260.000 |
| Turčija | 2.400 | 2.700 | 36.000 |
| Ostale države | 4.567 | 5.200 | 610.000 |
| Skupaj | 165.000 | 190.000 | 8.300.000 |

Vir: U.S. Geological Survey, 2023.

Na sliki 2 je prikazan delež posameznih držav v svetovni proizvodnji kobalta za leto 2022 (U.S. Geological Survey, 2023).

**Slika 2: Deleži svetovne proizvodnje kobalta po posameznih državah v letu 2022.**

Vir: U.S. Geological Survey, 2023.

3.2.3 Okoljski vidiki pridobivanja in obdelave kobalta

Farjana idr. (2019) so opravili sistematično analizo življenjskega cikla (LCA) pridobivanja kobalta v Avstraliji, ki je ena izmed pomembnejših svetovnih proizvajalk kobalta. Ugotovili so, da največjo obremenitev okolja pri pridobivanju kobalta predstavljajo emisije toplogrednih plinov, h katerim predvsem prispeva

porabljena električna energija. Te vplive bi bilo možno zmanjšati z uporabo električne energije iz brezogljčnih virov. Drug pomemben vpliv pa povzroča razstreljevanje, kjer prihaja do emisij dušikovih oksidov in trdnih delcev. Trdni delci vsebujejo med drugim kobalt, kadmij, mangan in arzen, ki predstavljajo nevarnost za razna, tako rakava kot tudi druga obolenja. Do emisij trdnih delcev poleg razstreljevanja prihaja tudi pri kopanju, vrtnanju in pretovarjanju materiala. Ocenjeno je, da pri pridobitvi 1 kg kobalta nastane okrog 20 g emisij delcev PM₁₀ in 2 g delcev PM_{2,5}. To ogroža predvsem delavce, pri katerih lahko, zaradi izpostavljenosti kontaminiranemu zraku, prihaja do težav z dihanjem. Prihaja tudi do kontaminacije zemlje, rastlin in živali. Tako so lahko posredno ogroženi tudi drugi prebivalci, ki sicer niso poklicno izpostavljeni delu s kobaltom (Farjana idr., 2019).

Ker kobalt pogosto predstavlja stranski produkt pridobivanja bakra in niklja, je smiselno primerjati vplive na okolje za vse tri kovine. Iz primerjav je razvidno, da nikelj povzroča precej večje vplive na okolje kot kobalt in baker (Farjana idr., 2019).

Omeniti je potrebno, da so procesi pridobivanja kobalta v Avstraliji skrbno nadzorovani. V DR Kongu, kjer pridobijo večino svetovne proizvodnje kobalta, pa o poteku procesov ni na razpolago podrobnih podatkov. Okrog 80 % kobalta tudi tam pridobijo na industrijski način, ki verjetno poteka podobno kot v Avstraliji, medtem ko 20 % pridobijo v majhnih rudnikih, kjer rudo nabirajo večinoma ročno, brez ustrezne zaščitne opreme, in kjer delajo celo otroci (Nogrady, 2020).

So pa v Kongu bile opravljene raziskave z biomonitoringom prebivalcev na območju Katange, najpomembnejšega svetovnega nahajališče kobalta. Kljub temu, da so bili v raziskavo vključeni ljudje, ki niso poklicno izpostavljeni delu s kobaltom, so bile v vzorcih urina odraslih prebivalcev koncentracije kobalta 4,5-krat, pri otrocih pa 6,6-krat višje kot pri kontrolni skupini oseb. Tudi v vzorcih iz okolja s področja Katange so ugotovili od 6 do 40-krat višje koncentracije kobalta kot pri vzorcih iz kontrolnih območij. Ugotovili so, da vnos kobalta v organizem pri odraslih ljudeh v glavnem poteka s hrano, pri otrocih pa z zaužitjem prahu (Cheyns idr., 2014).

3.3 Izzivi oskrbovalne verige redkih zemelj

Oskrbovalna veriga redkih zemeljskih kovin, ki se uporabljajo v različnih visokotehnoloških proizvodih, vključno z električnimi vozili, vetrnimi turbinami in potrošniško elektroniko, se sooča z veliko izzivi, in sicer:

- **Degradacija okolja:** Rudarjenje in rafiniranje redkih zemeljskih kovin lahko povzroči znatno okoljsko škodo, vključno z onesnaževanjem zraka in vode, krčenjem gozdov in erozijo tal.
- **Kršitve človekovih pravic:** Poročali so o kršitvah človekovih pravic pri rudarjenju redkih zemeljskih kovin, vključno z delom otrok in nevarnimi delovnimi pogoji (Rosen, 2009).
- **Geopolitična tveganja:** Večina redkih zemeljskih kovin na svetu se izkoplje na Kitajskem, kar lahko povzroči geopolitična tveganja, kot je tveganje motenj v dobavi ali sprememb izvoznih politik.
- **Pomanjkanje:** Redke zemeljske kovine so razmeroma redke in bo njihova razpoložljivost po vsej verjetnosti v prihodnosti omejena.
- **Visoki stroški:** Rudarjenje in rafiniranje redkih zemeljskih kovin je lahko drago in energetsko intenzivno, kar lahko poveča stroške končnih izdelkov.
- **Pomanjkanje kapacitet za recikliranje:** Primanjkuje infrastrukture za recikliranje redkih zemeljskih kovin, zato je upravljanje ob koncu življenjske dobe izdelkov, ki vsebujejo te kovine, izziv, s katerim se vedno bolj spopada industrija.
- **Kompleksna dobavna veriga:** Dobavna veriga redkih zemeljskih kovin je zapletena in globalna, zato je težko izslediti izvor kovin in zagotoviti, da so nabavljene na odgovoren način.

Za reševanje teh težav morajo podjetja v oskrbovalni verigi redkih zemeljskih kovin izvajati odgovorne prakse pridobivanja, kot je zagotavljanje, da se redke zemeljske kovine pridobivajo iz rudnikov, ki izpolnjujejo mednarodne standarde za človekove pravice in varstvo okolja, ter povečati preglednost v oskrbovalni verigi. Poleg tega lahko naložbe v recikliranje in upravljanje ob koncu življenjske dobe izdelkov, ki vsebujejo redke zemeljske kovine, pomagajo zmanjšati vpliv rudarjenja na okolje in zagotovijo trajnostno oskrbo s temi kovinami v prihodnosti.

3.3.1 Uporaba redkih zemelj v električnih avtomobilih

Električni avtomobili uporabljajo tri glavne različice motorjev: asinhroni indukcijski motor, sinhroni motor s permanentnim magnetom in električno vzpodbujeni sinhroni motor. Najboljšo učinkovitost izmed vseh (94-95 %) dosegajo sinhroni motorji s permanentnim magnetom (ArenaEV, 2022). Zaradi velike učinkovitosti uporaba motorjev s permanentnimi magneti še vedno močno prevladuje. Po podatkih za leto 2021 so motorji s permanentnim magnetom tako imeli 84 %-ni delež na trgu električnih avtomobilov, v prvi polovici leta 2022 pa se je ta delež še malo zvišal, na 86 % (Edmondson, 2022).

Permanentni magneti pogosto vsebujejo nekatere kovine iz skupine lantanidov, (imenovanih tudi redke zemlje), predvsem neodim (Nd), samarij (Sm), prazeodim (Pr) in disprozij (Dy).

Lantanidi (ali tudi lantanoidi) so skupina kemijskih elementov, ki jih v periodnem sistemu običajno najdemo v posebni vrstici, ki jo pišejo pod glavno tabelo, in obsega elemente od lantana (La) z vrstnim številom 57 do lutecija (Lu) z vrstnim številom 71. Položaj teh elementov v periodnem sistemu je prikazan na sliki 3. Za to skupino kovin se pogosto uporablja tudi izraz redke zemlje, še posebno v angleščini (rare earths), vendar večkrat poleg 15 elementov iz skupine lantanidov med redke zemlje uvrščajo še elementa skandij (Sc) in itrij (Y) (Britannica, b.d.; Lazarini in Brenčič, 1984; Oxtoby idr., 1999; Sharp, 1990). Lazarini in Brenčič (1984) poudarjata, da poimenovanje redke zemlje ni najbolj primerno, saj beseda zemlja izvira iz starega poimenovanja za kemijski element, ki so ga uporabljali v 18. stoletju. Poleg tega pa ti elementi v naravi sploh niso tako redki. Le v mineralih so prisotni v nižjih koncentracijah in jih je težko izolirati (Lazarini in Brenčič, 1984; Nayar, 2021).

PERIODNI SISTEM ELEMENTOV

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | He | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Li | Be | | | | | | | | | | | B | C | N | O | F | Ne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Na | Mg | | | | | | | | | | | Al | Si | P | S | Cl | Ar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | Ca | Sc | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga | Ge | As | Se | Br | Kr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rb | Sr | Y | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In | Sn | Sb | Te | I | Xe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cs | Ba | | Hf | Ta | W | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl | Pb | Bi | Po | At | Rn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fr | Ra | | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Nh | Fl | Mc | Lv | Ts | Og | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tbody> <tr> <td>La</td> <td>Ce</td> <td>Pr</td> <td>Nd</td> <td>Pm</td> <td>Sm</td> <td>Eu</td> <td>Gd</td> <td>Tb</td> <td>Dy</td> <td>Ho</td> <td>Er</td> <td>Tm</td> <td>Yb</td> <td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Ac</td> <td>Th</td> <td>Pa</td> <td>U</td> <td>Np</td> <td>Pu</td> <td>Am</td> <td>Cm</td> <td>Bk</td> <td>Cf</td> <td>Es</td> <td>Fm</td> <td>Md</td> <td>No</td> <td>Lr</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | | La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | Ac | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr |
| La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ac | Th | Pa | U | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md | No | Lr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">Redke zemlje: skandij (Sc), itrij (Y) in lantanidi</div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Slika 3: Položaj redkih zemelj v periodnem sistemu

Od medkovinskih spojin, ki vsebujejo lantanide, je potrebno omeniti predvsem $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, ki ima feromagnetne lastnosti in velja za najmočnejši magnet. Uporablja se za izdelavo permanentnih magnetov, ki so vgrajeni v električne motorje, pa tudi v računalniške trde diske in mikrofone. Nasploh veljajo za najmočnejše magnetne, ki vsebujejo neodim. Za izdelavo permanentnih magnetov sta pomembni tudi medkovinski spojin samarija in kobalta SmCo_5 in $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$. Magnetni, ki vsebujejo samarij in kobalt, so znani dalj časa, kot neodimovi magneti. Čeprav so samarijevi magneti nekoliko manj močni, pa so bolj odporni proti koroziji in lažje obdržijo dobre magnetne lastnosti pri visokih temperaturah v primerjavi z neodimovimi magneti. Tako neodimovim kot samarij-kobaltnim magnetom za izboljšanje lastnosti pogosto dodajo še manjše količine dveh drugih kovin iz skupine lantanidov, disprozija in prazeodima (First4Magnets, 2023; Britannica, n.d.). Neodimovi magneti so uporabni predvsem, kadar je pomembna velika zmogljivost ali pa čim manjše dimenzije motorja (IMA, 2018). Učinkovitost magnetov in posledično tudi zmogljivost in navor motorja z naraščajočo temperaturo upadata, a je to pri neodimovih magnetih bolj izrazito kot pri samarij-kobaltnih magnetih. Tako so neodimovi magneti pri sobni temperaturi močnejši, pri visokih temperaturah (npr. 180 °C), pa so bolj učinkoviti samarij-kobaltni magneti. Zato na odločitev, katero vrsto magneta uporabiti, precej vplivajo temperaturni pogoji delovanja (Arnold

Magnetic Technologies, 2023). Neodimovi magneti so tudi precej občutljivi na korozijo in praviloma potrebujejo zaščitno prevleko, običajno iz niklja ali pa kombinacije niklja in bakra. Samarij-kobaltovi pa so bolj korozijsko odporni in ne potrebujejo zaščitne prevleke (Magnetpartner, b.d.).

Povpraševanje po lantanidih oziroma redkih zemljah močno narašča in je ocenjeno, da se bo, še posebno povpraševanje po neodimu in disproziju, predvsem zaradi proizvodnje električnih avtomobilov in vetrnih elektrarn, v obdobju do leta 2040 močno povečalo (Nayar, 2021). Sicer se ti materiali uporabljajo v mnogih elektronskih napravah in so prisotni tudi v avtomobilih, ki jih poganja motor z notranjim izgorevanjem, vendar električni avtomobil potrebuje šestkrat več surovin mineralnega izvora kot avtomobil z bencinskim motorjem, vetrna elektrarna pa devetkrat več kot termoelektrarna na plin (IEA, 2021; Nayar, 2021). Ocenjujejo, da se je poraba redkih zemelj zaradi proizvodnje vozil povečala s 7.000 ton v letu 2015 na 17.000 ton v letu 2020 (Arnold Magnetic Technologies, 2023).

Za pridobivanje redkih zemelj sta v uporabi predvsem dve metodi, ki pa obe močno obremenjujeta okolje. Pri prvi metodi odstranijo vrhno plast zemlje, jo prepeljejo do izpiralnega bazena in dodajo kemijske reagente za separacijo kovin, kot sta amonijev sulfat ali amonijev klorid. Vendar pa tak proces povzroča obremenjevanje zraka, erozijo in kontaminacijo podtalnice (Nayar, 2021; Earth.Org, 2020). Pri drugi metodi pa v tla izvrtajo luknje, v katere namestijo cevi iz polivinilklorida in gume, ter po njih črpajo raztopine reagentov, da izpirajo zemljo na površino. Tako dobljeno brozgo nato dovedejo v izpiralni bazen, kjer nato poteka ekstrakcija kovin. Škodljivi vplivi na okolje so načeloma enaki kot pri prvi metodi. Pogosto tudi cevi ostanejo v zemlji (Nayar, 2021; Earth.Org, 2020). Pri obeh načinih pridobivanja nastanejo precejšnje količine nevarnih odpadkov. Kot navaja Nayar (2021) pridobivanje 1 tone kovin iz skupine redkih zemelj povzroči nastanek okrog 2.000 ton nevarnih odpadkov. Med procesom rudarjenja pride do emisij 13 kg prahu, 75 m³ odpadnih vod, 9.600 do 12.000 m³ odpadnih plinov in nastane okrog 1 tona radioaktivnih odpadkov. Vzrok je v tem, da so v nahajališčih redkih zemelj pogosto prisotni tudi nekateri radioaktivni elementi, predvsem uran in torij (Nayar, 2021).

Lantanide je mogoče pridobivati sicer tudi na drugačne načine, ki predstavljajo manjšo obremenitev za okolje, vendar pa so precej manj ugodni iz stroškovnega vidika (Earth.Org, 2020). Kot enega izmed razlogov, da je Kitajska praktično

prevzela monopol nad svetovno proizvodnjo lantanidov oziroma kovin iz skupine redkih zemelj, pogosto navajajo razlog, da na Kitajskem ne izvajajo tako dosledno ukrepov za varstvo okolja kot na primer v Severni Ameriki ali Avstraliji. V letu 2016 je Kitajska zagotovila 85 % vseh količin redkih zemelj, Avstralija, kot drugi najpomembnejši proizvajalec, pa le 10 %. Po podatkih za leto 2018 pa je Kitajska proizvedla 120.000 ton teh kovin, ZDA pa le 15.000 ton. Ocenjujejo, da je sicer na Kitajskem le okoli 35 % vseh svetovnih zalog teh kovin. Si je pa Kitajska zagotovila nadzor tudi nad precejšnjim delom zalog teh snovi v več afriških državah (Nayar, 2021). Problemi glede oskrbe s temi kovinami so tako v precejšnji meri strateški in okoljski.

Tako je postala celotna svetovna proizvodnja permanentnih magnetov, ki pa je ključen dejavnik pri proizvodnji električnih avtomobilov in vetrnih elektrarn, bistveno odvisna od Kitajske. Tudi cene lantanidov so v zadnjih letih močno narastle. Predvsem države Evropske unije so močno odvisne od uvoza, saj trenutno deluje le en obrat za ločevanje redkih zemelj v Estoniji, v načrtu je tudi začetek proizvodnje magnetov. Evropa praktično vse redke zemlje uvažja, od tega kar 95 % s Kitajske (DW, 2023). Opaziti je težnje evropskih proizvajalcev avtomobilov po uporabi motorjev, ki ne potrebujejo permanentnih magnetov (ArenaEV, 2022; Edmondson, 2022). Verjetno pa bo na situacijo bistveno vplivalo odkritje velikih nahajališč redkih kovin na severnem Švedskem, predvsem v bližini mesta Kiruna, kjer deluje eden izmed največjih rudnikov železa na svetu (DW, 2023). Sicer to odkritje ni posebno presenetljivo, saj so bili prvi lantanidi sploh konec 18. stoletja odkriti v mineralu ytterbitu, ki so ga našli v bližini mesta Ytterby na Švedskem (Lazarini in Brenčič, 1984). Ocenjujejo, da so v tem območju zaloge okrog 1 milijona ton oksidov redkih zemelj, kar predstavlja največje nahajališče v Evropi, a je v primerjavi z vsemi ocenjenimi svetovnimi zalogami (okrog 120 milijonov ton) precej majhen delež. Kljub temu bi lahko pomembno prispevalo k temu, da Evropa ne bi bila pri teh kovinah popolnoma odvisna od uvoza. Ocenjujejo tudi, da bodo kovine iz tega nedavno odkritega nahajališča lahko na trgu šele čez 10 do 15 let (Euronews.green, 2023). V tabeli 6 so ocenjene svetovne zaloge kovin iz skupine redkih zemelj, izražene v milijonih ton oksidov teh kovin v letu 2021 (Statista, 2021). Ker so bile zaloge na Švedskem odkrite šele v letu 2022, v tabeli 6 še niso upoštevane. Iz tabele 6 pa je razvidno, da pred tem v Evropi omembe vrednih zalog praktično ni bilo, če odštejemo Grenlandijo, ki še vedno delno spada pod Dansko, čeprav ima

visoko stopnjo avtonomije in tudi ni članica Evropske unije (Uradni list Evropske unije, 2006).

Tabela 6: Ocenjene svetovne zaloge kovin iz skupine redkih zemelj v letu 2021

| Država | Ocena zalog (milijoni ton) |
|--------------|----------------------------|
| Kitajska | 44 |
| Vietnam | 22 |
| Braziliija | 21 |
| Rusija | 21 |
| Indija | 6,9 |
| Avstralija | 4,0 |
| ZDA | 1,8 |
| Grenlandija | 1,5 |
| Tanzanija | 0,89 |
| Južna Afrika | 0,79 |

Vir: <https://www.statista.com/statistics/277268/rare-earth-reserves-by-country/>

4 Strategije za izboljšanje stanja in reševanja problemov oskrbovalnih verig strateških materialov za proizvodnjo električnih avtomobilov

Za premagovanje problemov v oskrbovalni verigi električnih vozil je mogoče izvesti več strategij, vsekakor pa so najpomembnejše naslednje možnosti ukrepanja in odzivanja:

- **Odgovorno pridobivanje virov:** Izvajanje odgovornih praks pridobivanja virov, kot je zagotavljanje, da materiali, uporabljeni v proizvodnji električnih vozil, izvirajo iz rudnikov, ki izpolnjujejo mednarodne standarde za človekove pravice in varstvo okolja, lahko pomaga pri reševanju vprašanj, kot so kršitve človekovih pravic in degradacija okolja (Moran idr., 2014).
- **Transparentnost:** Povečanje preglednosti v oskrbovalni verigi lahko pomaga izslediti izvor materialov, uporabljenih v proizvodnji električnih vozil, in zagotoviti, da so nabavljeni odgovorno. To je mogoče doseči z uporabo tehnologije veriženja blokov ali drugih sistemov sledljivosti.
- **Recikliranje in upravljanje ob koncu življenjske dobe:** Naložbe v recikliranje in upravljanje ob koncu življenjske dobe sestavnih delov električnih vozil, kot so baterije in drugi materiali, lahko pomagajo zmanjšati vpliv rudarjenja na okolje in zagotovijo trajnostno oskrbo z materiali za prihodnost.

- **Diverzifikacija dobave:** Diverzifikacija virov materialov, ki se uporabljajo v proizvodnji električnih vozil, pomaga zmanjšati tveganja motenj v dobavi in v spremembi izvoznih politik.
- **Sodelovanje:** Sodelovanje med podjetji, vladami in drugimi zainteresiranimi stranmi pomaga pri reševanju izzivov oskrbovalne verige, kot je gradnja novih tovarn in infrastrukture za proizvodnjo električnih vozil.
- **Inovacije:** Razvoj novih tehnologij in procesov pomaga zmanjšati stroške električnih vozil, izboljšati njihovo zmogljivost in varnost ter povečati razširljivost oskrbovalne verige.
- **Vladne politike in zakonodaja:** Vladne politike lahko imajo ključno vlogo pri reševanju izzivov oskrbovalne verige. Vlade lahko spodbujajo razvoj infrastrukture za recikliranje in upravljanje izrabljenih vozil, vlagajo v raziskave in razvoj ter spodbujajo rast industrije električnih vozil.
- **Obvladovanje tveganja v oskrbovalni verigi:** Nujno je imeti vzpostavljen načrt za obravnavo morebitnih motenj v oskrbovalni verigi in zmanjšanje njihovega vpliva.

Z izvajanjem teh strategij lahko podjetja v oskrbovalni verigi električnih vozil pomagajo pri reševanju okoljskih, socialnih in gospodarskih izzivov proizvodnje električnih vozil ter zagotovijo trajnostno in stroškovno učinkovito dobavo materialov za prihodnost.

Literatura

- Ali, S.H.; Giurco, D.; Arndt, N.; Nickless, E.; Brown, G.; Demetriades, A.; Durrheim, R.; Enriquez, M.A.; Kinnaird, J.; Littleboy, A.; et al. (2017). Mineral supply for sustainable development requires resource governance. *Nature* 2017, Vol. 543 (7645) str. 367–372. doi: 10.1038/nature21359.
- ArenaEV (2022). Different types of electric motors used in EVs. Pridobljeno 12.1. 2023 na https://www.arenaev.com/different_types_of_electric_motors_used_in_evs-news-214.php
- Arnold Magnetic Technologies (2023). Neodymium verse SmCo magnets for hybrid electric vehicles - Permanent magnets dominate EV. Arnold Magnetic Technologies. Pridobljeno 19.1. 2023 na <https://www.arnoldmagnetics.com/blog/neodymium-vs-smco-magnets-for-hybrid-electric-vehicles/>
- Breiter, A., Horetsky, E., Linder, M., Rettig, R. (2022). Power spike: How battery makers can respond to surging demand from EVs. McKinsey & Company. Pridobljeno 27.1. 2023 na <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/power-spike-how-battery-makers-can-respond-to-surging-demand-from-evs>
- Britannica (b.d). Rare-earth Element. Pridobljeno 12.1. 2023 na <https://www.britannica.com/science/rare-earth-element>

- Cheyns, K., Lubaba Nkulu, C.B., Kabamba Ngombe, L., Ngoy Asosa, J., Haufrond, V., De Putter, T., Nawrot, T., Muleka Kimpanga, C., Luboya Numbi, O., Kabyla Ilunga, B., Nemery, B. & Smolders, E. (2014). Pathways of human exposure to cobalt in Katanga, a mining area of D.R. Congo. *Science of the Total Environment*, Vol. 490, str. 313-321.
- Cobalt Institute (2021). Cobalt is used in a wide variety of applications. Cobalt use – (C) Cobalt Institute 2021. Pridobljeno 15.2. 2023 na <https://www.cobaltinstitute.org/about-cobalt/cobalt-life-cycle/cobalt-use/>
- Cotton, F.A., Wilkinson (1972). *Advanced Inorganic Chemistry – A Comprehensive Text (Third Edition)*. John Wiley & Sons, New York etc.
- Di Maria, A., Elgoul, Z. & Van Acker, K. (2022). Environmental assessment of an innovative lithium production process. *Procedia CIRP*, Vol. 105, 672-677. doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.112
- Dong, J., Liu, C., & Lin, Z. (2014). Charging infrastructure planning for promoting battery electric vehicles: An activity-based approach using multiday travel data. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 38, str. 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.11.001>
- Dragonfly Energy (2022). A Guide to the 6 Main Types of Lithium Batteries. Dragonfly Energy®. Pridobljeno 3.2. 2023 na <https://dragonflyenergy.com/types-of-lithium-batteries-guide/>
- DW (2023). Sweden discovers Europe's largest known rare earths deposit. Deutsche Welle. Pridobljeno 20.1 2023 na <https://www.dw.com/en/sweden-discovers-europes-largest-known-rare-earths-deposit/a-64365661>
- Earth.Org (2020). How Rare-Earth Mining Has Devastated China's Environment. Earth-Org. Pridobljeno 16.1. 2023 na <https://earth.org/rare-earth-mining-has-devastated-chinas-environment/>
- Edmondson, J. (2022). The EV Market Doubles Down on Permanent Magnets Despite Material Costs. IDTechEx. Pridobljeno 18.1. 2023 na <https://www.idtechex.com/en/research-article/the-ev-market-doubles-down-on-permanent-magnets-despite-material-costs/28314>
- Euronews.green (2023). Swedish mining company discovers Europe's largest deposit of rare earth elements. Euronews.green. Pridobljeno 23.1. 2023 na <https://www.euronews.com/green/2023/01/13/swedish-mining-company-discovers-europes-largest-deposit-of-rare-earth-elements>
- Farjana, S.H., Huda, N. & Mahmud, M.A.P. (2019). Life cycle assessment of cobalt extraction process. *Journal of Sustainable Mining*, Vol. 18(3), str. 150-161.
- Fawthrop, A. (2020). Top six countries with the largest lithium reserves in the world. NS Energy. Pridobljeno 1.2. 2021 na <https://www.nsenerybusiness.com/features/six-largest-lithium-reserves-world/#>
- First4Magnets (2023). Strongest Magnets. First4Magnets® bring your ideas to life. Pridobljeno 18.1. 2023 na <https://www.first4magnets.com/tech-centre-i61/information-and-articles-i70/strong-magnets-i153>
- Flexer, V., Baspineiro, C.F. & Galli, C.I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Sci.Total.Environ.* 639, str. 1188-1204. doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.05.223.
- Green Car Congress (2023). DOE: Cobalt is the most expensive material used in lithium-ion batteries. Green Car Congress – Energy, technologies, issues and policies for sustainable mobility. Pridobljeno 16.2. 2023 na <https://www.greencarcongress.com/2022/03/20220308-cobalt.html>
- IEA (2021). Clean energy demand for critical minerals set to soar as the world pursues net zero goals. Pridobljeno 13.1. 2023 na <https://www.iea.org/news/clean-energy-demand-for-critical-minerals-set-to-soar-as-the-world-pursues-net-zero-goals>
- IMA (2018). Application of neodymium magnets in electric motors. IMA. Pridobljeno 19.1. 2023 na <https://imamagnets.com/en/blog/applications-neodymium-magnets-electric-motors/>
- Kelly, J.C., Wang, M., Dai, Q. & Winjobi, O. (2021). Energy, greenhouse gas and water life cycle analysis of lithium carbonate and lithium hydroxide monohydrate from brine and ore resources and their use in lithium ion battery cathodes and lithium ion batteries. *Resources, Conservation & Recycling*, 174, 105762 doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105762

- Lazarini, F., Brenčič, J. (1984). *Splošna in anorganska kemija*, DZS, Ljubljana.
- Magnetpartner (b.d.). What Is a Permanent Magnet? Complete List of Perma-Magnets. Magnetpartner Powerfull Magnets. Pridobljeno 20.1. 2023 na <https://magnetpartner.com/what-is-a-permanent-magnet>
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens, W.W. (1972). *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*; Universe Books: New York, NY, USA.
- Moran, C.J., Lodhia, S., Kunz, N.C. & Huisingh, D. Sustainability in mining, minerals and energy: New processes, pathways and human interactions for a cautiously optimistic future. *J. Clean Prod.* 2014, Vol. 84, str. 1–15.
- Muralidharan, N., Self, E.C., Dixit, M., Du, Z., Essehli, R., Amin, R., Nanda, J & Belharouak, I. (2022). Next-Generation Cobalt Free Cathodes – A Prospective Solution to the Battery Industry's Cobalt Problem. *Adv. Energy Mater.* 12, 2103050. <https://doi.org/10.1002/aenm.202103050>
- Nayar, J. (2021). Not So »Green« Technology: The Complicated Legacy of Rare Earth Mining, *Harvard International Review*. Pridobljeno 12.1. 2023 na <https://hir.harvard.edu/not-so-green-technology-the-complicated-legacy-of-rare-earth-mining/>
- Nguyen, R.T., Eggert, R.G., Severson, M.H. & Anderson, C.G. (2021). Global Electrification of Vehicles and Intertwined Material Supply Chains of Cobalt, Copper and Nickel. *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 167, str. 115-138. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105198>
- Nogrady, B. (2020). Cobalt is critical to the renewable energy transition. How can we minimize its social and environmental cost. May, 14, 2020. *Ensia*. Pridobljeno 10.1. 2022 na <https://ensia.com/features/cobalt-sustainability-batteries/>
- Oxtoby, D.W., Gillis, H.P. & Nachtrieb, N.H. (1999). *Principles of Modern Chemistry – Fourth Edition*, Saunders College Publishing, Forth Worth etc.
- Rosen, M.A. (2009). Sustainability: A Crucial Quest for Humanity—Welcome to a New Open Access Journal for a Growing Multidisciplinary Community. *Sustainability*, Vol. 1, str. 1–4. <https://doi.org/10.3390/su1010001>
- Royal Society of Chemistry (2023). Lithium. Royal Society of Chemistry. Explore all Elements,. Pridobljeno 30.1. 2023 na <https://www.rsc.org/periodic-table/element/3/lithium>
- Sharp, D.W.A. (1990). *The Penguin Dictionary of Chemistry*, Penguin Books, London.
- Statista (2021). Reserves of rare earths worldwide as of 2021, by country. Statista. Pridobljeno 23.1. 2022 na <https://www.statista.com/statistics/277268/rare-earth-reserves-by-country/>
- Talens Peiró, L., Villalba Mendéz, G. in Ayres, R.U. (2013). Lithium: Sources, Production, Uses, and Recovery Outlook. *JOM*, Vol. 65, str. 986-996. DOI: 10.1007/s11837-013-0666-4.
- Uradni list Evropske unije (2006). Sklep sveta z dne 17. julija 2006 o odnosih med Evropsko skupnostjo na eni strani ter Grenlandijo in Kraljevino Dansko na drugi strani. Pridobljeno 17.2. 2023 na <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006D0526:SL:HTML>
- U.S. Geological Survey (2021). Lithium. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2021. Pridobljeno 1.2. 2021 na <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-lithium.pdf>
- U.S. Geological Survey (2023). Cobalt. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity summaries 2023. Pridobljeno 15.2. 2023 na <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>

VREDNOTENJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA V INDUSTRIJSKEM OKOLJU

ŠTEFAN ŽUN,¹ DUŠAN MEŽNAR²

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
stefan.zun@guest.um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
dusan.meznar@um.si

Koncept trajnostne proizvodnje se razvija s spremembami, ki jih narekujejo novi industrijski modeli. Za doseganje cilja trajnostne proizvodnje je potrebno slediti opredeljenim načelom, ki opredeljujejo trajnostno proizvodnjo na prehodu krožnega in digitaliziranega gospodarstva in doseganje cilja trajnostnega razvoja 12 (SDG12). To je mogoče doseči tudi s povečanjem učinkovitega obvladovanja snovnih in energijskih tokov v procesih odrezavanja. Pristopi so lahko različni. Osredotočili smo se na metode hlajenja in mazanja postopkov odrezavanja. Obravnavamo kriogene tehnologije obdelave, ki omogočajo znižanje proizvodnih stroškov procesov odrezavanja in izboljšanje konkurenčnosti z zmanjšanjem porabe virov in ustvarjanjem manj odpadkov. Vrednotenje obdelave odrezavanja je povzeto po raziskavah materialov (Inconel 718). Dokazano je, da stroški orodja močno prispevajo k skupnim proizvodnim stroškom in da kriogena obdelava odrezavanja ponuja čisto in stroškovno učinkovito pot za izboljšanje trajnostne učinkovitosti v primerjavi s konvencionalno obdelavo odrezavanja.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.10](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.10)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
doseganje ciljev trajnostnega
razvoja (SDG),
trajnostna proizvodnja,
krožno gospodarstvo,
tehnološki parametri
odrezavanja,
hlajenje in mazanje



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024.10](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024.10)

ISBN
978-961-286-821-5

Keywords:

achieving the goals of
sustainable development
(SDG),
sustainable production,
circular economy,
technological parameters of
cutting,
cooling and lubrication

EVALUATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE INDUSTRIAL ENVIRONMENT

ŠTEFAN ŽUN,¹ DUŠAN MEŽNAR²

¹ University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
stefan.zun@guest.um.si

² University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
dusan.meznar@um.si

The concept of sustainable production is evolving with changes dictated by new industrial models. In order to achieve the goal of sustainable production, it is necessary to follow the defined principles that define sustainable production at the transition of the circular and digitized economy and the achievement of Sustainable Development Goal 12 (SDG12). This can also be achieved by increasing the effective management of material and energy flows in cutting processes. Approaches can be different, we focused on methods of cooling and lubrication of cutting processes. We are dealing with cryogenic processing technologies that allow cutting production costs to be reduced and competitiveness to be improved by reducing resource consumption and creating less waste. The evaluation of the cutting process is based on the material research (Inconel 718). It has been shown that tooling costs are a major contributor to overall manufacturing costs and that cryogenic process offers a clean and cost-effective route to improve sustainable performance compared to conventional cutting processes.



1 Uvod

Predelovalni sektor je pomemben del svetovnega in nacionalnega gospodarstva in služi kot steber industrijskega razvoja. Potrebni so jasni okvirji in kazalniki za doseganje trajnostnega razvoja predelovalne industrije ob upoštevanju dejstva, da se omejitve virov in okolja zaostrejo.

Za doseganje ciljev trajnostne proizvodnje je pomembno spodbujati inovacije, celovito izkoriščati že obstoječo tehnologijo, učinkovito upravljati procese in povečevati konkurenčne prednosti. Osredotočiti se moramo na preoblikovanje modela rasti, izboljšanje učinkovitosti rabe virov in slediti industrijski preobrazbi ter nadgradnji. Razmerja med industrijskim razvojem in varstvom okolja naj bodo v ravnovesju, zato je potrebno spodbujati zeleno proizvodnjo in izboljšati energetske učinkovitost, izboljšati socialno vzdržnost dobavne verige in spodbujati podjetja k proaktivnemu prevzemanju družbene odgovornosti (Quan, 2021).

Z jasno opredeljenimi načeli trajnostne proizvodnje (SP Sustainable Production) lahko prispevamo k doseganju dvanajstih ciljev trajnostnega razvoja (SDG12) »Zagotoviti trajnostne načine proizvodnje in porabe«. Organizacija združenih narodov (United Nations) je opredelila 17 ciljev in jih predstavlja, kot kaže slika 1.



Slika 1: Cilji trajnostnega razvoja

Vir: United Nations.

V EU kazalniki spremljajo in merijo predvsem napredek v ločevanju okoljskih vplivov od gospodarske rasti, napredek v zmanjševanju porabe energije in napredek v reševanju problema nastajanja odpadkov in v ravnanju z njimi. Cilj 12 se nanaša na zagotavljanje vzorcev trajnostne potrošnje in proizvodnje, kar je ključnega

pomena za ohranjanje preživetja sedanjih in prihodnjih generacij. Netrajnostni vzorci potrošnje in proizvodnje povzročajo podnebne spremembe, izgubo biotske raznovrstnosti in povečujejo onesnaževanje okolja.

Politični odločevalci in posamezniki bi morali sodelovati pri povečevanju učinkovite rabe virov, zmanjšanju količine odpadkov in onesnaževanja ter oblikovanju novega krožnega gospodarstva.

Inovacije so gonilna sila za omogočanje trajnostne proizvodnje, osnovni cilj proizvodnega sektorja je doseganje stopnje trajnostne proizvodnje. Intenzivna proizvodnja v predelovalnem sektorju je vir velikih pritiskov na okolje, zato je potrebno takšen pristop spremeniti in sprejeti omejitve virov in okolja ter pri razvoju upoštevati tudi socialne koristi.

2 Načela trajnostne proizvodnje

Načela trajnostne proizvodnje ne zajemajo samo načrtovanja in uporabe tehnoloških procesov, temveč tudi sprejemanje in upravljanje tehnologij, skrb za ljudi in vodenje, medsebojno odvisnost in komunikacijo med proizvajalci in drugimi deležniki vrednostne verige ter prispevek k skupnosti.

Razvoj tehnoloških inovacij in vpliv podnebnih sprememb, skupaj z novim gospodarskim, političnim in družbenim kontekstom, kažejo na potrebo po prožnih proizvodnih sistemih, ki olajšajo in pospešijo razvoj trajnostnih pobud, ki so lahko posledica upoštevanja načel trajnostne proizvodnje (Dwivedi, 2021). Povzetek načel trajnostne proizvodnje predstavljamo v tabeli 1 (Viles, 2022).

Sodobna trajnostna proizvodnja daje poudarek analizi trenutnega stanja, (na primer mehanski obdelavi), s ciljem varčne rabe energije in snovi ter zagotavljanja okolju prijaznejše proizvodnje z uporabo okolju prijaznejših metod hlajenja obdelave odrezavanja, kot so suhi, konvencionalni hladilni sistemi, najmanjša količina maziva (MQL), najmanjša količina hladilnega mazanja (MQCL), nanotekočine, biorazgradljiva rastlinska olja, kriogeno mazanje in visokotlačno hlajenje (HPC). Konstantno je potrebno spremljati sodobne trende okoljsko učinkovitih tehnologij, ki zagotavljajo trajnostno proizvodnjo (zaprti energijski in snovni tokovi).

Tabela 1: Načela trajnostne proizvodnje (Viles, 2022)

| | Cilji | Načelo | Aktivnost |
|---|--|---|--|
| 1 | Izdelki in embalaža so zasnovani tako, da so varni in ekološko neoporečni v celotnem življenjskem ciklu, storitve so zasnovane tako, da so varne in ekološko neoporečne. | Zasnova za krožno gospodarstvo. | Izdelke in proizvodni proces oblikujemo in embaliramo tako, da se porablja minimalno naravnih virov v celotnem življenjskem ciklu, ki naj se po možnosti obnavlja. Pozornost je namenjamo razgradnji im omogočamo: recikliranje, popravilo, predelavo, obnovo ali predelavo. |
| 2 | Energijski in snovni tokovi se ohranjajo. Raba ustreznih virov za doseganje cilja. | Ohranjanje snovnih in energijskih tokov. | Ohranjamo vire in njihovo vrednost. Uporabljamo ustrezne obnovljive vire energije in snovi. Vrednost virov ohranjamo čim dlje v proizvodnih procesih (zaprti energijski in snovni tokovi) in upoštevamo koncept trajnosti pri rabi virov (trajnostno zunanji energijski in snovni tokovi). |
| 3 | Odpadki in ekološko nezdružljivi stranski produkti se stalno zmanjšujejo, izločajo ali reciklirajo. | Trajnostno ravnanje z odpadki. | Trajnostno ravnanje z odpadki v zaprtem in odprtem krogu. Aktivnosti usmerjamo v preprečevanje nastajanja odpadkov, ponovna uporaba virov v zaprtem krogu. Pri ravnanju z odpadki uvajamo strategije po hierarhiji zmanjšanja količine odpadkov, ponovna uporaba in recikliranje. Pri čemer zmanjšujemo poti odlaganja (odpadek obdelamo kjer nastane), vključno z minimalnim odlaganjem na odlagališčih in energijsko izrabo. |
| 4 | Kemične snovi, fizikalni dejavniki, tehnologije in proizvodne procese, ki predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi ali okolje opuščamo ali zmanjšujemo. | Prizadevanje za okolje brez tveganja. | Opustitev ali zmanjšanje rabe kemičnih snovi, fizikalnih dejavnikov in tehnologije, ki predstavljajo tveganje za okolje. Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov s ciljem doseganja stopnje ničelne neto emisije. |
| 5 | Delovna mesta so oblikovana tako, da zmanjšajo ali odpravijo fizične, kemične, biološke in ergonomske nevarnosti. | Skrb za dobro počutje zaposlenih. | V vsakodnevno prakso uvajamo aktivnosti, ki spodbujajo dobro počutje zaposlenih in ohranjajo fizično, funkcionalno in psihološko udobje zaposlenih. |
| 6 | Zavezanost vodstva k odprtemu, participativnemu procesu nenehnega ocenjevanja in izboljševanja trajnostnih proizvodnih procesov, osredotočeno tudi na dolgoročno (ekonomska, okoljska, | Vodstvo je zavezano trajnostni proizvodnji. | Krepitev zavezanosti vodstva k trajnostnim procesom. Vzpostavitev organizacijske kulture, ki omogoča trajnostno uspešnost. Opolnomočenje in motiviranje zaposlenih za razvijanje njihovih sposobnosti in talentov. Spodbujanje raznolikosti, pravičnosti in vključenosti na delovnem mestu. |

| | Cilji | Načelo | Aktivnost |
|----|--|--|--|
| | socialno) uspešnost podjetja. | | |
| | Delo je organizirano tako, da ohranjamo in krepimo učinkovitost in ustvarjalnost zaposlenih. | | |
| | Varnost in dobro počutje vseh zaposlenih sta na prvem mestu ter nenehen razvoj njihovih talentov. | | |
| 7 | Delovna mesta so v lokalni skupnosti, v kateri podjetje deluje, spoštovana. Prisotnost podjetja je vzrok za boljšo ekonomsko, socialno, kulturno in infrastrukturno stanje okolja v skupnosti. Krepi se pravičen odnos do lokalne skupnosti. | Podjetje pozitivno prispeva k skupnosti. | Aktivnosti v podjetju naj pozitivno prispevajo k boljšim ekonomskim, okoljskim, socialnim, kulturnim in infrastrukturnim rezultatom skupnosti, v katerih podjetje deluje. Upoštevanje tudi posrednih vplivov. |
| 8 | Sprejeti vizijo trajnostne oskrbovalne verige. | Trajnostne oskrbovalne verige. | Spodbujati sodelovanje deležnikov v oskrbovalni verigi. Vzpostavite učinkovito komunikacijo in sodelovanje z vsemi deležniki oskrbovalne s ciljem narediti proizvodne procese in izdelke bolj trajnostne. |
| 9 | Meritve, vrednotenje in optimiziranje trajnostnih procesov. | Optimiziranje trajnostnih procesov. | Merjenje in optimizacija (trajnostnih) proizvodnih procesov. Določitev kazalcev uspešnosti za vrednotenje optimizacije proizvodnih procesov. Kratkoročno in dolgoročno spremljanje trajnosti proizvodnega sistema s spodbujanjem digitalizacije. |
| 10 | Pospešeno uvajanje trajnostnih tehnoloških procesov in tehnologij. | Raba trajnostnih tehnoloških procesov in tehnologij. | Izboljšati ali nadomestiti obstoječe tehnologije in tehnološke procese z bolj trajnostnimi. Pridobiti informacije o predvidenih koristih in tveganjih za trajnostno proizvodnjo. Primerjava razpoložljivih tehnologij in tehnoloških procesov, ki vključuje vrednotenje trenutne tehnologije z upoštevanjem celotnega življenjskega kroga. |

Vir: Viles, 2022.

Opomba: Modro so označena načela, katerih cilje neposredno dosegamo z uporabo trajnostnih metod hlajenja in mazanja pri postopkih odrezavanja.

2.1 Opredelitev lastnosti načel trajnostne proizvodnje

Načela morajo odražati osnovne značilnosti trajnostne proizvodnje ob upoštevanju naslednjih področij, ki jih je potrebno spremljati in dopolnjevati (Veleva, 2001):

- raba energije in snovi (virni),
- naravno okolje,
- socialna pravičnost in razvoj družbe kot celote,
- gospodarska uspešnost,
- dobro počutje zaposlenih in
- snovanje in raba izdelkov (življenjski cikel).

V literaturi (Veleva, 2001; Viles, 2022) so ta področja upoštevana in predlagana so načela trajnostne proizvodnje ob upoštevanju principa krožnega gospodarstva.

Okoljska načela so v preteklosti spodbujala zmanjšanje, ponovno uporabo in recikliranje, kar ne zadošča, če sistem obravnavamo v sistemu krožnega gospodarstva. Širše strategije vključujejo tudi možnost opustitve nekaterih izdelkov in po postopku sočasnega inženirstva oblikovanje trajnostnih izdelkov. Koncept trajnostne proizvodnje predvideva, da se proizvodni procesi stalno spremljajo, vrednotijo in posodablajo v smeri trajnostne proizvodnje (Velenturf, 2021). Digitalizacijo trajnostne proizvodnje usmerjamo v doseganje trajnostnih ciljev z uporabo zelenih računalniških sistemov in zelenih algoritmov (Lannelongue, 2021).

Socialno področje trajnosti ne vključuje samo zdravstvenega varstva in krepitev učinkovitosti zaposlenih, temveč tudi stopnjo vključenosti organizacije, glede na delovno mesto, spol, starostno skupino, kulturno identiteto ter upoštevanje primanjkljajev.

Koncept trajnostnega krožnega gospodarstva je potrebno obravnavati s celostnega vidika sistema, ob upoštevanju okoljskih, socialnih in človeških vidikov lokalnega konteksta (Velenturf, 2021). Proizvodnja je del vrednostne verige izdelka ali storitve in je zato nikoli ne bi smeli obravnavati kot ločen sistem od preostale vrednostne verige.

Nekatere tehnologije industrije 4.0 se razvijajo za doseganje bolj trajnostne proizvodnje. Vendar pa tehnologija ni trajnostna, če služi samo doseganju ali učinkovitosti življenjskega kroga izdelka ali procesa ali poskuša zmanjšati porabo virov. Trajnostna tehnologija je skladna s temeljnimi načeli trajnosti na vseh nivojih (snovanje, implementacija, uporaba in razgradnja). Še vedno je premalo poudarka na družbenih vplivih novih tehnologij.

Določitev jasnih ciljev pri določanju definicije trajnosti moti odločevalce v podjetjih, ki so tradicionalno osredotočeni na merjenje ekonomskih rezultatov (Henaó, 2022). Rast novih tehnologij, povezanih z znanostjo o podatkih, bi morala voditi k uporabi merilnih tehnologij in določiti obvladljiv nabor kazalnikov, ki bi vodjem podjetij omogočili, da v postopke odločanja vključijo načela trajnosti in omogočajo spremljanje celotnega sistema v procesu nenehnega izboljševanja.

Predelovalna industrija je v zadnjih treh desetletjih doživela ogromne spremembe v strategijah upravljanja, proizvodni in procesni tehnologiji, pričakovanih potrošnikov, odnosu dobaviteljev in konkurenčnem ravnanju. V celotni verigi so pomanjkljivosti v smislu učinkovite rabe virov, nadzora nad odpadki, varčevanja z energijo, vplivov na okolje in stroškov. To je še posebej izrazito pri konvencionalnih postopkih odrezavanja, zato je potrebno vrednotiti in preoblikovati tehnološke postopke za doseganje trajnostne proizvodnje. Na ta način se bo omejila raba naravnih virov, predvsem fosilnih goriv.

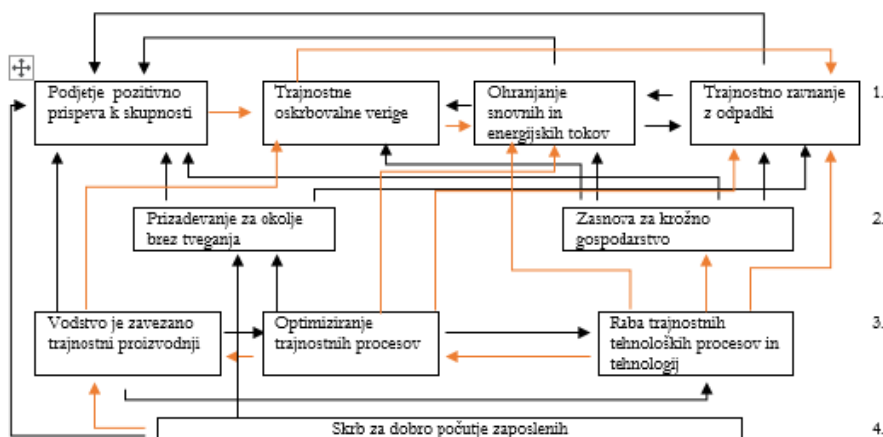
Trajnostna proizvodnja je z družbenega vidika neposredno povezana s področji, kot so kvaliteta življenja, izobraževanja in zdravja. V predelovalni industriji dolgotrajna izpostavljenost nevarnim plinom, strupenim aerosolom in kovinskim delcem ogroža zdravje zaposlenih.

Pri tehnologiji odrezavanja proizvajalci želijo čim bolj učinkovit tehnološki proces. Ob upoštevanju načel trajnostne proizvodnje je poleg ekonomskih in okojskih zahtev potrebno upoštevati še družbene učinke (zaposleni, stranke, deležniki v dobavni verigi in skupnosti), saj tehnološke zahteve lahko vplivajo na socialno interakcijo.

Na sliki 2 prikazujemo povezanost in medsebojni vpliv posameznih načel. Načela so razdeljena na štiri ravni, kar ne pomeni prednostne razvrstitve pri uporabi načel trajnostne proizvodnje, ampak usmeritev, da razvoj nekaterih načel omogoča razvoj ostalih:

- Prva raven: podjetje pozitivno prispeva k skupnosti, trajnostne oskrbovalne verige, ohranjanje snovnih in energijskih tokov, trajnostno ravnanje z odpadki;
- Druga raven: prizadevanje za okolje brez tveganja, zasnova za krožno gospodarstvo;
- Tretja raven: vodstvo je zavezano trajnostni proizvodnji, optimiziranje trajnostnih procesov, raba trajnostnih tehnoloških procesov in tehnologij;
- Četrta raven: skrb za dobro počutje zaposlenih.

Načela na najvišji ravni (1) so najbolj odvisna od ostalih, spodnja raven (4) pa je najbolj gonilno in neodvisno načelo, ki vodi preko posrednih načel na tretji in drugi stopnji k doseganju ciljev, ki jih predstavljajo načela na prvi ravni.



Slika 2: Povezanost in medsebojni vpliv posameznih načel trajnostnega razvoja (ključne povezave so obarvane rdeče)

Vir: Viles, 2022.

Avtonomna načela so: skrb za dobro počutje zaposlenih, optimiziranje trajnostnih procesov, raba trajnostnih tehnoloških procesov in tehnologij.

Močno povezana načela so: zasnova za krožno gospodarstvo, podjetje pozitivno prispeva k skupnosti in trajnostne oskrbovalne verige. Ta načela so odvisna od drugih načel in imajo šibko gonilno vlogo, imajo precejšen vpliv na celotni sistem, vendar ta nanje šibkeje vpliva, občutljivi so pa na aktivnosti vplivnih načel.

Odvisna načela so: ohranjanje snovnih in energijskih tokov in trajnostno ravnanje z odpadki. Ta načela imajo močan vpliv na sistem, vendar sistem nanje nima vpliva. Vsaka aktivnost teh načel močno vpliva na druga načela, ki so od njih odvisna; na primer: skrb za dobro počutje zaposlenih, optimiziranje trajnostnih procesov in raba trajnostnih tehnoloških procesov in tehnologij.

Neodvisni načeli sta: vodstvo je zavezano trajnostni proizvodnji in prizadevanje za okolje brez tveganja.

2.1.1 Povezanost načel

Načela trajnostne proizvodnje, prikazana v tabeli 1 (5, 6, 9, 10), so na videz neodvisna, ker nobeno drugo načelo ne pomaga izpolnjevati teh načel. Vendar pa ta štiri načela delujejo kot gonilne sile trajnostne proizvodnje in pomagajo vzpostaviti idealno okolje za izboljšanje razvoja preostalih načel.

Načela 2, 3 in 7 imajo največ koristi od razvoja drugih načel.

Poudariti je treba, da načela 5 in 6 upoštevajo tudi socialno področje in krepijo ostala načela. V preteklosti je bilo preučevanje na področju proizvodnje bolj usmerjeno v ekonomsko in okoljsko področje. To razmerje upoštevamo za raziskave o tem, kako razvoj socialnega področja trajnosti na področju proizvodnje pomaga doseči razvoj načel, ki so tesneje povezana z okoljsko dimenzijo.

Razvoj načel 6 in 5 spodbuja razvoj načela 8.

Načelo 7 pomaga doseči načelo 8, zato ker načelo 7 izrecno poudarja pomen pozitivnega prispevanja k trajnostnemu razvoju v kraju, kjer podjetje deluje, kot tudi v krajih, na katere vplivajo strateške in operativne odločitve podjetja. To dejstvo proizvajalce spodbujanja k tesnejšemu sodelovanju z deležniki v celotni dobavni verigi.

Razvoj načela 8 pomaga pri izpolnjevanju načela 2 in 3; aktivno sodelovanje z dobavitelji pozitivno vpliva na okoljsko uspešnost organizacij.

Pri obravnavi načela 9 zaključimo, da možnost merjenja procesov pomaga pri izpolnjevanju načela 2, 3 in 6.

Načelo 6 spodbuja vzpostavitev jasne strategije in ciljev za celotno organizacijo v povezavi s trajnostnim razvojem. To načelo je ključno, saj je pomanjkanje podpore upravljanja ovira pri izvajanju trajnostnih praks (Tanco, 2021).

Načelo 10 izhaja iz ugotovitve, da lahko tehnološki razvoj pospeši prehod na sisteme trajnostne proizvodnje. Uvajanje novih trajnostnih tehnologij na področju proizvodnje omogoča izpolnjevanje načel 1, 2, 3 in 9. Na primer (Ghobakhloo, 2021): digitalizacija energetskega sektorja, digitalizacija proizvodne industrije in uvedba novih, pametnejših in bolj trajnostnih izdelkov so glavne priložnosti za doseganje trajnostne rabe energije, ki jo opredeljujemo kot tiste vrste energije, ki je najučinkovitejša in uravnotežena kombinacija gospodarskih, socialnih in okoljskih vplivov.

Pri primerjavi medsebojnih vplivov obravnavanih načel trajnostne proizvodnje s pristopom Evropske komisije, ki spodbuja pristop k industriji 5.0, povzamemo, da je v industriji 5.0 dobro počutje delavca postavljeno v središče proizvodnega procesa ob uporabi novih tehnologij za zagotavljanje blaginje, ki presega zaposlovanje in rast, in ob spoštovanju proizvodnih omejitev planeta (Commission, 2021).

Pri primerjavi cilja trajnostnega razvoja SDG12 (United Nations) ugotovimo, da obravnavana načela trajnostne proizvodnje lahko prispevajo k doseganju trajnostnega upravljanja in učinkovite rabe naravnih virov s strani proizvodnih podjetij (SDG 12.2), k zmanjšanju izpustov onesnaževal, zlasti kemikalij (SDG12.4), in k zmanjševanju odpadkov (SDG 12.5) s spodbujanjem uporabe krožnih in trajnostnih strategij načrtovanja in ravnanja z odpadki po hierarhiji ravnanja z odpadki. Proizvodnje ne smemo obravnavati kot od preostale vrednostne verige izolirane dejavnosti. Proizvodne dejavnosti spodbujajo aktivno sodelovanje vseh deležnikov v vrednostni verigi, upoštevajoč cilja pospeševanja trajnosti z bolj celostno vizijo in zavezo k pozitivnemu prispevku skupnostim, v katerih proizvodna podjetja delujejo. Zavedati se je potrebno, da so potrošniki pomembni dejavnik na

področju trajnosti in krožnega gospodarstva. Upamo, da se bo potrošnja usmerila v okoljsko odgovorno in trajnostno ob zagotavljanju kakovosti novih izdelkov.

Jasna opredelitev načel trajnostne proizvodnje in upoštevanje medsebojnega vpliva lahko pripomore podjetjem razviti prehod proizvodnih procesov na trajnostno proizvodnjo in na ta način prispevati k doseganju SDG 12. Vsa načela naj bodo standardna praksa v podjetju, ker jih je na ta način mogoče stalno vrednotiti. Zato je treba iskati najprimernejši način za merjenje napredka proizvodnih sistemov v smeri bolj trajnostnih modelov, ob zavedanju, da vsa načela trajnostne proizvodnje ne delujejo neodvisno.

2.2 Kazalci trajnostne proizvodnje

Kazalci so razdeljeni v tri nivoje (tabela 2). Vsi, razen emisije odpadne vode, izpustov v zrak in odlaganje odpadkov, so pozitivni. Vrednost podatkov za večje statistično obdelane opazovane sisteme lahko črpamo iz statističnih podatkov SURSa, na manjših opazovalnih skalah pa iz letnih poročil podjetij.

Glede na stopnjo inovativnosti in razvoja proizvodnje na državnem nivoju lahko kazalce trajnostne proizvodnje razvrstimo po šestih področjih (Quan, 2021). Prikazujemo jih v tabeli 2.

- Inovacije so gonilna sila pri trajnostni proizvodnji, spremljamo investicije v inovacije in njihove rezultate.
- Intenzivnost rabe virov je primarni kazalec trajnostne proizvodnje, upoštevamo omejitve rabe virov in učinkovitost rabe virov ter tudi učinkovitost investicij, dela in energije.
- Posodabljanje proizvodnje povezujemo s preходом na trajnostno proizvodnjo z vključitvijo trajnostnih izdelkov in storitev.
- Spremljanje in optimizacija koristi v ekonomskem, socialnem in ekološkem okolju.
- Spremljanje vplivov v okolju, kot so emisije odpadne vode, izpustov v zrak in odlaganje odpadkov.
- Prosta trgovina, spremljanje celotne oskrbovalne verige s pogleda proste trgovine in tujih naložb.

Tabela 2: Kazalci trajnostne proizvodnje

| | 1. nivo | 2. nivo | 3. nivo | Izračun kazalca |
|---|-------------------------------------|-------------------------------|---|---|
| 1 | Inovacije | Vlaganje v inovacije | Investicijska intenzivnost raziskav in razvoja | Število zaposlenih v industrijskih raziskavah in razvoju |
| | | | Talenti | Število zaposlenih v proizvodnji. |
| | | | Investicijska intenzivnost raziskav in razvoja. | Izdatki za industrijske raziskave in razvoj / BDP |
| | | Rezultati vlaganj v inovacije | Število patentov / zaposlenega | Število patentov / število apliciranih patentov |
| | | | Število novih izdelkov / zaposlenega | Prihodek od novih industrijskih izdelkov / celoten prihodek |
| | | Učinkovitost kapitala | Produktivnost kapitala | Dodana vrednost / skupna naložba v proizvodnjo – osnovna sredstva |
| 2 | Intenzivnost rabe virov | Učinkovitost dela | Produktivnost dela | Dodana vrednost / zaposlenega |
| | | Učinkovita raba energije | Energetska produktivnost | Dodana vrednost / porabo energije |
| | | Učinkovita raba površine | Pozidana površina | Dodana vrednost / pozidano površino |
| | | Posodabljanje izdelkov | Število posodobitev izdelka | Število posodobljenih izdelkov |
| 3 | Posodabljanje proizvodnje | Posodabljanje podjetja | Uvajanje novih tehnologij | Vlaganje v nove tehnologije / celoten prihodek |
| | | | Vlaganje v raziskave v podjetju | Vlaganje v raziskave in razvoj / celoten prihodek |
| | | Ekonomске koristi | Dobiček | Dobiček / zaposlenega |
| 4 | Spremljanje in optimizacija koristi | Socialne koristi | Vlaganje v lokalno skupnosti – plačilo davkov | Vlaganje v lokalno skupnost / zaposlenega |
| | | Okoljske koristi | Zapr t življenjski krog izdelka | Delež recikliranih surovin |
| | | Emisije v vode | | Emisije / dodano vrednost |

| | 1. nivo | 2. nivo | 3. nivo | Izračun kazalca |
|---|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---|
| 5 | Spremljanje vplivov v okolju | Emisije v zrak | | Emisije / dodano vrednost |
| | | Odlaganje odpadkov | | Emisije / dodano vrednost Vrednost tujih naložb / vrednost lastnih naložb |
| 6 | Prosta trgovina | Tuje naložbe | Odvisnost od tujih naložb | Vrednost tujih naložb / vrednost lastnih naložb |
| | | | Odvisnost od uvoza | Vrednost uvoza / vrednost proizvodnje |
| | | | Odvisnost od izvoza | Vrednost izvoza / vrednost proizvodnje |

Vir: Quan, 2021.

Opomba: Modro so označeni kazalci, po katerih vrednotimo uporabo kriogene metode hlajenja in mazanja pri postopkih odrezavanja kot trajnostno proizvodnjo.

Pobude za trajnostno proizvodnjo so vzpostavljene na politični ravni znotraj ZN, OECD, EU in na nacionalni ravni. Te pobude so dobro umeščene in promovirane na proizvodni makro ravni, vendar pa primanjkuje izvedbenih praks v proizvodnih sistemih, ki se ukvarjajo s postopki mehanske obdelave. Z uvedbo načel trajnosti na ravni proizvodnega obrata imajo uporabniki potencial, da zmanjšajo stroške in izboljšajo svojo okoljsko in družbeno učinkovitost, ob enakem ali zmanjšanem obsegu proizvodnje.

3 Trajnostna proizvodnja v kovinsko predelovalni industriji

Najpomembnejši vidik trajnosti v proizvodnji je ohranjanje energijskih in snovnih tokov in naravnih virov. Za proizvodnjo je pomembno, da so procesi optimizirani tako, da zmanjšujejo negativne vplive na okolje. To je mogoče doseči z:

- učinkovito rabo obnovljivih virov energije,
- zmanjševanjem onesnaževanja, emisij v okolje in odpadkov,
- z uporabo okolju prijaznejših metod hlajenja v procesu obdelave, z uporabo metod, ki zmanjšajo ali odpravijo potrebo po uporabi konvencionalnih hladilno mazalnih sredstev,
- izboljšanjem energetske učinkovitosti mehanske obdelave in

- določanjem optimalnih rezalnih pogojev, ki zagotavljajo optimalno rabo virov s povečanjem produktivnosti mehanske obdelave ali zmanjšanjem količine odrezkov.

V proizvodnih procesih se za potrebe različnih industrij (npr.: v avtomobilski industriji) veliko sestavnih delov izdelava po tehnoloških procesih mehanske obdelave. Izdelek je zasnovan oblikovno z zahtevano obliko, dimenzijsko natančnostjo, stanjem površine ter fizikalnimi in mehanskimi lastnostmi materiala. Najpomembnejša zahteva pri mehanski obdelavi je izdelava izdelkov z ustrezno dimenzijsko natančnostjo in kvaliteto površine. Te zahteve dosegamo z obvladovanjem procesov, ki zahtevajo porabo virov, kot so: poraba materiala, energija in ostali stroški obdelave (visoke zahteve povečajo stroške izdelave). Vsi parametri izdelave so med seboj povezani in zahtevajo kompleksne in optimalne rešitve, ki zagotavljajo sprejemljivo kvaliteto izdelka (Mori, 2011).

3.1 Ravnanje z viri pri obdelavi z odrezavanjem

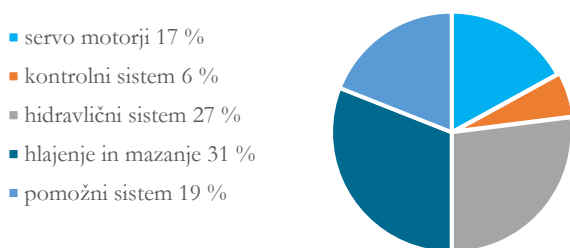
3.1.1 Električna energija

Predelovalni del industrije je velik in nepogrešljiv del svetovnega gospodarstva, kar pomeni, da ta del industrije ustvarja velike pritiske na okolje zaradi porabe energije in snovi. Po izračunih različnih avtorjev (Shokrani, 2016; Bilga, 2016; Pimenov, 2022) je 25 % celotne svetovne industrijske porabe energije pripisanih procesom v predelovalni industriji. Na svetovni ravni je 80 % proizvodnje energije še vedno odvisnih od fosilnih goriv. Povečanje povpraševanja po električni energiji (99%) je bilo predvideno za 1,5 % letno od leta 2007 do leta 2030. Učinkovita raba energije je nujna za zmanjšanje vplivov na okolje. Pri analizi procesa rezkanja na pet osnem obdelovalnem stroju je bilo ugotovljeno (Shokrani, 2016):

- Periferne enote (računalniki, servomotorji, neobremenjeni motorji, hidravlične črpalke) v mirovanju porabijo 1,7 kW moči, kar predstavlja 30 % celotne potrebne moči za napajanje teh komponent.
- 20 – 33 % celotne porabe energije je porabljene za dovod in kroženje hladilno mazalne tekočine. Raziskave kažejo, da uporaba trajnostnih strategij uporabe rezalne tekočine, kot so: mazanja z minimalno količino

hladilne tekočine (MQL), neposredne dobave rezalnega olja v obliki kapljic olja in kriogene rezalne tekočine, zmanjšajo porabo energije v primerjavi s konvencionalnim pristopom oskrbe s hladilno mazalno tekočino.

Energijsko učinkoviti obdelovalni stroji ne znižujejo samo skupnih proizvodnih stroškov z zmanjšano porabo električne energije in povečano produktivnostjo, temveč tudi zmanjšajo vplive na okolje zaradi nižje porabe energije. Povprečna poraba energije obdelovalnih strojev in poraba energije perifernih enot obdelovalnega stroja sta prikazani na sliki 3.



Slika 3: Povprečna raba energije na obdelovalnih strojih po komponentah

Vir: Pimenov, 2022.

Na svetovni ravni je 38 % skupnih emisij CO₂ iz proizvodne dejavnosti (Zhou, 2019). Potrebna energija za postopke odrezavanja je približno 50 % večja kot pri drugih proizvodnih postopkih, kot so preoblikovanje, kovanje in litje. Zato imajo postopki mehanske obdelave velik potencial za zmanjšanje CO₂ emisij. Pristop optimizacije naj bo celosten; začne se z izdelavo strojev, porabo energije med procesom obdelave, obvladovanje hlajenja in mazanja, materialom orodja in uporabe energijsko učinkovitega obdelovalnega sistema za delovanje pri višjih parametrih rezanja z nižjimi zahtevami po moči v mirovanju.

Porabo električne energije obdelovalnih strojev lahko razdelimo na več faz: porabo energije v fazi mirovanja, med nastavljanjem rezalnega orodja in obdelovanca, med obdelavo brez hlajenja in mazanja, med obdelavo s hlajenjem in mazanjem. Skupna moč obdelovalnega stroja je odvisna od moči vretena in vrste obdelovalnega stroja in je vedno večja kot potrebne moči za tehnološko operacijo odrezavanja. Energijska učinkovitost obdelovalnih procesov odrezavanja je nizka. Boljše izkoristke

dosegamo pri visoko hitrostnih obdelavah (glede na volumen odrezanega materiala v časovni enoti, mm³/s).

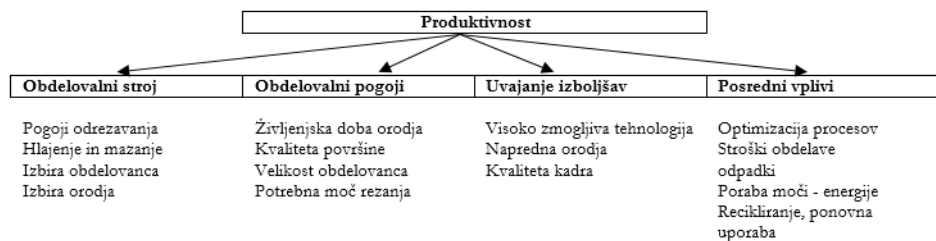
Potrebna moč za postopek odrezavanja brez hlajenja in mazanja je konstantna in je odvisna od hitrosti vretena in hitrosti podajanja. Potrebno moč zmanjšamo z uporabo hladilno-mazalne tekočine med fazo rezanja. S tem se zmanjša koeficient trenja in posledično tudi potrebna moč rezanja. V literaturi so dostopne raziskave na področju hladilno mazalnih tehnologij. Različni avtorji (Markopoulos, 2020; Hegab, 2018; Zhou, 2016) pri različnih postopkih odrezavanja ter različnih metodah hlajenja in mazanja (konvencionalni hladilni sistemi, najmanjša količina maziva (MQL), najmanjša količina hladilnega mazanja (MQCL), nanotekočine, biorazgradljiva rastlinska olja, kriogeno mazanje in visokotlačno hlajenje (HPC)) ugotavljajo, da je z uporabo hladilnih in mazalnih sredstev potrebna moč odrezavanja manjša za 15 %.

Pri ocenjevanju trajnosti proizvodnje po kazalcih, kot so na primer metoda ekoloških sledi (Žun, 2014) ali metoda CO₂ odtisa, pri obravnavi mehanske obdelave upoštevamo neposredno porabo električne energije in vplive na okolje, ki so posledica snovnih tokov (material, transport). Te vplive na okolje lahko zmanjšamo z rabo obnovljivih virov energije in z recikliranjem odpadnih surovin za pridobivanje osnovnega materiala.

3.1.2 Produktivnost

Visoka produktivnost in nizki proizvodnimi stroški sta glavna cilja, ki povečujeta konkurenčnost v svetovni konkurenci. Strožje zakonske zahteve za zmanjšanje vplivov na okolje in uvajanje okolju prijaznih izdelkov so prisilile proizvajalce k novim pristopom za obvladovanje tehnoloških postopkov. Tehnologija odrezavanja se spreminja v smeri trajnostne proizvodnje. Visoka produktivnost zahteva visoke parametre obdelave in učinkovite ter zmogljive obdelovalne stroje, da zadosti zahtevam kakovosti in nizke cene izdelkov. To v praksi pomeni zamenjavo tri osnih obdelovalnih strojev s pet osnimi stroji in uporabo kriogenih tekočin za hlajenje obdelovalnih postopkov. Stroški kapitala in pomanjkanje široko dostopnih tehnologij so izzivi za proizvajalce obdelovalnih strojev za doseganje trajnostne proizvodnje. Želimo, da večja produktivnost ob ohranjanju kakovosti izdelkov znižuje proizvodne stroške in zmanjšuje porabo energije. Kombinacija visoko

produktivnih in trajnostnih tehnoloških procesov prispeva k zmanjšanju negativnega vpliva na okolje. Na produktivnost vplivajo parametri, prikazani na sliki 4.



Slika 4: Vplivni parametri na produktivnost odrezavanja

Vir: Lasten.

Produktivnost, ki je povezana s trajnostno proizvodnjo, lahko definiramo kot razmerje med snovnim tokom na izhodu in vhodu, kar je bistven kazalec tehnoloških procesov odrezavanja. Lahko ga merimo z MRR (metal removal rate) ali številom izdelanih kosov na časovno enoto (Hatim, 2020). Najpogosteje uporabljena strategija za povečanje produktivnosti je povečanje MRR (Abbas, 2019) s povečanjem rezalne hitrosti, podajalne hitrosti ali globine rezanja. Višji MRR ne vodi vedno do višje produktivnosti. Višji MRR vodi do višjih stopenj obrabe orodja, s čimer se poveča število menjav orodja, kar ima za posledico daljši čas izdelave. To pomeni, da je potrebno doseči višji MRR brez povečanja stopnje obrabe orodja. Za doseg tega cilja so bile razvite izboljšave (Pimenov, 2022):

- obdelovalnih strojev,
- geometrije rezalnih orodij in materialov,
- tehnik hlajenja in mazanja: Produktivnost obdelave titanove zlitine se ob uporabi hibridnih kriogenih sistemov in sistemov in z minimalno količino mazanja (MQL), ki so neškodljivi za okolje in delavce, poveča za 10 do 40 % v primerjavi s konvencionalnim hlajenjem in mazanjem (Pimenov, 2022).
- rezalnih strategij, na primer optimizacija poti orodja.

Povečanje produktivnosti v obdelovalnih procesih zmanjša njihove družbene in okoljske vplive in s tem poveča trajnost proizvodnih procesov. S povečanjem izdelanih kosov na časovno enoto se zmanjša potreba po povečanju strojnih

kapacitet, s tem pa je manjša potreba po energiji in proizvodni površini objektov (Schneider, 2019).

Produktivnost in stroški so povezani, zato je potrebno vrednotiti stroške proizvodnje. Nekateri avtorji (Khan, 2020) navajajo, da strošek hladilno mazalnih sredstev predstavlja 7 do 17 % skupnih stroškov; potrebno je poudariti, da tega podatka ni mogoče posplošiti. Delež stroškov rabe različnih virov ni enak pri vseh tehnoloških procesih in za različne materiale. Obdelava trših in zahtevnejših kosov je dražja.

3.1.3 Stroški

Proizvodni stroški so v glavnem odvisni od stroškov energije, stroškov obdelave, režijskih stroškov, stroškov hladilno mazalnih sredstev, stroškov materiala obdelovanca in orodja. Stroški energije so majhen del skupnih stroškov, večji vpliv imajo parametri rezanja, med njimi pa rezalna hitrost in način hlajenja in mazanja. Na primer: cena nano tekočine je manjša od cene običajne emulzije (Balogun, 2018). Gibanje cen električne energije negativno vpliva na izračun stroškov na proizvedeno enoto. Seštevati in optimizirati je potrebno:

- stroške strojne ure in dela,
- stroške orodja,
- stroške hlajenja in mazanja ter
- stroške energije in vplivov na okolje.

Stroški obdelave z odrezavanjem so ključni dejavnik, ki je povezan z ekološkimi vprašanji. Vključujejo stroške časa, surovin in odpadkov. Z usposobljenimi kadri in zmogljivimi obdelovalnimi stroji je potrebno zagotavljati konstantno kvaliteto izdelkov, kar pa v konkurenci svetovnih proizvajalcev lahko predstavlja dodatne stroške. Te dodatne stroške je možno nadomestiti z uporabo naprednih orodij in novih metod hlajenja in mazanja. Odrezke je možno na okolju prijazen način reciklirati ali jih uporabiti pri tehnoloških procesih kompozitnih materialov. Čas obdelave in življenjsko dobo orodja lahko zmanjšamo z uporabo naprednih tehnologij. Povečanje rezalnih parametrov za 20 % zmanjša skupne stroške za 15% (Pimenov, 2022).

3.1.4 Odpadki

Z odpadki je potrebno ravnati po hierarhiji: preprečevati nastanek odpadkov, ponovna uporaba, recikliranje, zmanjševanje količine odloženih odpadkov. Najpomembnejši pristop k zmanjševanju količine odpadkov je učinkovita raba virov, vključno z rezalnimi orodji in materiali za obdelovance. Dobro in učinkovito načrtovanje tehnoloških procesov prepreči nepričakovane zastoje proizvodnje, ki so posledica nesreč in lomov orodja. V praksi lahko količino odpadkov zmanjšamo:

- z uporabo tehnologije (MQL minimum quantity of cooling lubrication), katere namen je zmanjšati uporabo hladilnih in mazalnih sredstev;
- z recikliranjem kovinskih odpadkov (odrezki, slabi kosi, izrabljeno orodje);
- z uvajanjem novih učinkovitih sistemov za spremljanje stanja orodja, ki uporabljajo več senzorjev za spremljanje stanja rezalnih ploščic; to preprečuje premajhno rabo orodja in prezgodnjo menjavo orodja;
- s hladilno mazalnimi sredstvi je potrebno po uporabi ustrezno rokovati.

Zagotavljanje ustrezne oblike odrezka (zmanjšanje odpadnih izmetnih kosov) je pomembno za spremljanje in obvladovanje tehnoloških postopkov odrezavanja, (Yılmaz, 2020), zato je potrebno lomljenje odrezkov, kar lahko dosežemo, na primer, s spreminjanjem parametrov rezanja in posebnimi oblikami na rezalnem orodju.

Dodelava ali popravilo, če je možno, je ponovitev tehnološkega postopka, pri katerem izdelek ni bil izdelan v zahtevanih lastnostih. Zmanjšano število neustreznih kosov je tudi vodilo k trajnostni proizvodnji, saj so ti proizvodni procesi učinkovitejši. Če slabega izdelka ni mogoče popraviti, potem predstavlja odpadek. Vitka proizvodnja predstavlja korak pred trajnostno proizvodnjo. Skupne značilnosti vitke in trajnostne proizvodnje ter njune povezave so prikazane v tabeli 3. Tako vitki kot zeleni pristop delujeta v smeri uresničevanja ciljev odstranjevanja odpadkov v proizvodnih procesih. V konceptu vitke proizvodnje odprava odpadkov pomeni povečevanje dobička, pri pristopu trajnostne proizvodnje pa pomeni zmanjšanje pritiskov na okolje (Vinodh, 2011). Koncept vitke proizvodnje upošteva tudi zmanjšanje porabe materiala, zmanjšanje porabe energije, onesnaževanja okolja in vode, kar so skupne točke s konceptom trajnostne proizvodnje.

Tabela 3: Skupne značilnosti vitke in trajnostne proizvodnje ter njune povezave

| Pristop | Glavni cilj | Načini zmanjševanja količine odpadkov | Orodje za implementacijo |
|--------------------------------|--|---|---|
| Pristop vitke proizvodnje | Konstantno zmanjševanje količine odpadkov za povečanje profita | Zmanjševanje odpadkov v tehnoloških procesih, ki nastanejo zaradi prekomerne proizvodnje, čakanje na transport, napačne obdelave, nepotreben inventar | Minimalizacija zalog, maksimalna izraba virov, just in time, krajši dobavni čas |
| Pristop trajnostne proizvodnje | Odprava ne trajnostne rabe virov za zmanjševanje pritiskov na okolje | Ponovno snovanje izdelka, nadomeščanje, podaljševanje rabe, popravilo, ponovno embalaranje, recikliranje | Učinkovita raba virov, zmanjševanje odpadkov |

Vir: Vinodh, 2011.

3.1.4 Kvaliteta zraka in vode

Kvaliteta zraka in vode vpliva na varnost in zdravje vseh udeleženi v proizvodnem procesu. Med obdelavo se delci in aerosoli suspendirajo v zraku. Le-ti vključujejo kovinski prah in meglo hladilno mazalne tekočine, ki se lahko odlaga v pljuča zaposlenih. Koncentracije trdih, tekočih in plinastih snovi lahko ob daljši izpostavljenosti ogroža zdravje delavcev. Ta izpostavljenost lahko vodi do bolezni, kot so respiratorna insuficienca, bronhitis in astma. Masna koncentracija prahu se povečuje z večjim odvzemom materiala (povečanjem rezalne hitrosti, pomika in globine rezanja). Skrajševanje časa proizvodnje in čistejša proizvodnja si nasprotujeta.

Nastanek prašnih delcev ali aerosolov v zraku je težava v različnih obdelovalnih procesih odrezavanja. Aerosoli so sestavljeni iz mikroskopskih trdnih delcev v kovinskem prahu in tekočih delcih v obliki meglic, ki poslabšajo kakovost zraka in imajo lahko negativen vliv na: zdravje operaterjev strojev, delovno okolje ter dele strojev in orodij. V tabeli 4 predstavljamo vire in načine obvladovanja negativnih vplivov aerosolov in prašnih delcev.

Hladilno mazalna sredstva pripomorejo k učinkovitosti proizvodnje, vendar lahko aerosoli v hladilno mazalni tekočini, razpršeni z območja rezanja, povzročijo kožne bolezni, kot sta rak in draženje kože. Mehanska obdelava brez hladilno mazalnih sredstev je prednostna. Sui postopki mehanske obdelave in MQL predstavljajo okvire zelene proizvodnje.

Tabela 4: Viri in načini obvladovanja negativnih vplivov aerosolov in prašnih delcev na zaposlene in okolje

| Emisije v zraku | Vir nastanka | Vzrok nastanka | Vpliv na zdravje zaposlenih in okolje | Način obvladovanja negativnih vplivov |
|-----------------|--|---|---|--|
| Prašni delci | Mehanska obdelava brez hlajenja in mazanja | Trenje med orodjem in obdelovalcem | Akutni učinki na pljuča, blage bolezni dihal do hude disfunkcije pljuč in rakavih obolenj | Filtri zraka, prezračevalni sistemi, primerno kombinacijo obdelovalnih parametrov rezanja in pogojev mikroklima |
| Oljna megla | Konvencionalna obdelava in uporaba hladilno mazalnih sredstev pod mokrimi pogoji, hlajenje pod visokim pritiskom, MQL obdelava | Uparjanje in kondenzacija, atomizacija rezalnih tekočin | Draženje oči, nosu, grla in kože, kronični bronhitis, astma, pnevmonitis in izguba pljučne funkcije | Mehansko zmanjšanje pršenja, ščitniki proti škropljenju, ohišja, zbiralniki megle, filtri, odsesovalci in ventilatorji ter ustrezna kombinacija obdelovalnih parametrov, Kmrišno zmanjšanje megle, nehlapljiva hladilno mazalna sredstva, organski dodatki proti rosenju |

Vir: Zhao, 2012.

Zmanjšanje onesnaževanja vode v industriji in pri tehnoloških procesih odrezavanja je bistven korak k doseganju trajnostne proizvodnje. Vodo neposredno porabljamo pri pripravi hladilno rezalne tekočine ter pri postopkih čiščenja in razmaščevanja (Zhao, 2012). Potrebno je upoštevati še porabljeno energijo pri črpanju vodnih virov

in pri distribuciji vode. Onesnaževanje vode pri postopkih mehanske obdelave je možno zmanjšati z zamenjavo konvecionalne uporabe hladilno mazalnih sredstev ter recikliranje industrijske vode (zaprt vodni krog).

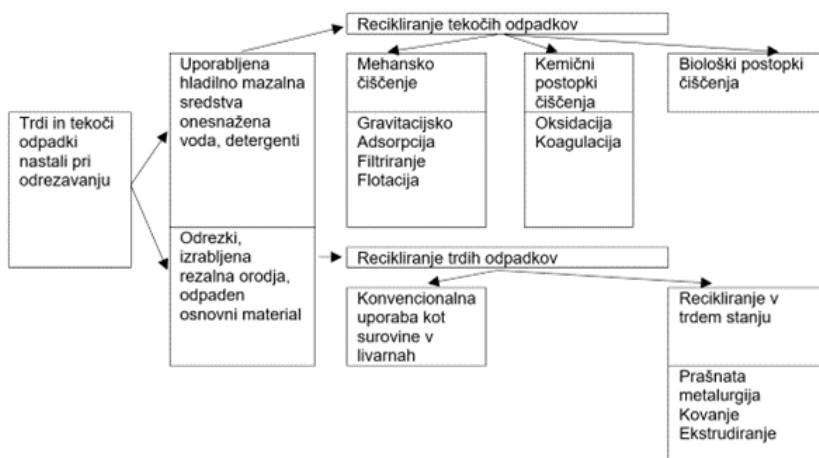
3.1.5 Recikliranje in ponovna uporaba

Po mehanski obdelavi so odrezki in uporabljena hladilna mazalna tekočina primerni za recikliranje. Rezalno orodje pa je v nekaterih primerih mogoče tudi ponovno uporabiti. Rezalne ploščice se na primer uporabijo za manj zahtevne obdelave (Pasko, 2021). Ponovna uporaba predstavlja prihranek ob upoštevanju stroškov orodja glede na skupne stroške obdelave. Pri oplasčenih rezalnih orodjih je mogoče prevleko odstraniti in ponovno naostriti orodje.

Zaradi toksičnosti uporabljenih hladilno mazalnih sredstev se pojavljajo bakterije in neprijeten vonj, ki lahko povzročajo kožne in pljučne bolezni operaterja stroja. Recikliranje hladilno mazalnih sredstev je možno z uporabo čistilnih sistemov ali z ustrezno predelavo v posebnih obratih za recikliranje s postopki filtracije in ločevanja z odpravo kontaminacije.

Obvladovanje snovnega toka industrijskih odpadkov izboljšuje uspešnost krožnega gospodarstva. Recikliranje in ponovna uporaba odpadkov, ki nastanejo med operacijami odrezavanja sta pomembna dejavnika trajnostne proizvodnje v povezavi s postopki mehanske tehnologije. Odpadke lahko razdelimo na trde in tekoče. Trdi odpadki so odrezki, odpadni material in izrabljena rezalna orodja. Uporabljene in razgrajene hladilne in mazalne tekočine ter onesnažena voda so tekoči odpadki. Na sliki 5 prikazujemo odpadke, ki nastajajo pri tehnoloških procesih odrezavanja, in načine ravnanja z njimi.

V odpadnih hladilno mazalnih tekočinah so odrezki, obrabljeni delci orodja, olja in drugi delci. Čiščenje hladilno mazalnega sredstva je pomembno tudi zaradi zagotavljanja optimalnih pogojev rezanja in vzdrževanja stroja, kljub temu pa imajo ta sredstva omejeno življenjsko dobo in jih je potrebno pred odlaganjem ustrezno obdelati (Cheng, 2005).



Slika 5: Ravnanje z odpadki, ki nastanejo pri tehnoloških postopkih odrezavanja

Vir: Pasko, 2021.

Pretaljevanje odrezkov je povezano tudi z izgubo materiala, s stroški energije in z dodatnimi emisijami v okolje, zato optimiziramo tudi postopke SSR (solid state recycling, prašnata metalurgija, ekstrudiranje) (Simon, 2017). Recikliranje in ponovna uporaba materialov pri obdelavi z odrezavanjem prinašata prihranke, zmanjšujeta pritiske na okolje in zaposlene ter zmanjšujeta porabo virov, kar vodi k ciljem trajnostne proizvodnje.

4 Okoljski vidiki in varčevanje z viri pri obdelavi z odrezavanjem

Med samimi tehnološkimi procesi odrezavanja nastajajo odpadki. Snovni in energijski tokovi bi bili lahko boljše (trajnostno) izkoriščeni. Trajnostna proizvodnja ima prednosti in slabosti:

- Izbira rezalnih orodij vpliva na porabo energije in le-to vpliva na optimiziranje proizvodne verige.
- Optimizacija rezalnih parametrov povečuje produktivnost, izboljšuje kvaliteto površine obdelanih kosov, podaljša življenjsko dobo orodja, zmanjša rezalne sile in temperaturo v rezalni coni. Obdelava brez hladilno mazalnih tekočin je najbolj skrajna rešitev za trajnostno obdelavo, vendar je potrebno izbrati kompromisno pot z alternativnimi tehnologijami hlajenja

- in mazanja in doseči ravnovesje med trajnostno proizvodnjo in vplivi na okolje in zaposlene.
- Odpadne materiale, ki nastanejo med postopki odrezavanja razvrstimo na trde in tekoče, ki jih je mogoče reciklirati, ponovno uporabiti ali okoljsko neoporečno odložiti. Recikliranje in ponovna uporaba zmanjšujeta skupne stroške proizvodnje. Tekoči odpadki negativno vplivajo na okolje in zdravje zaposlenih, zato jih je potrebno primerno obdelati.
 - Tehnološki procesi odrezavanja so energijsko potratni. Pri skrbi za učinkovito rabo energije je potrebno upoštevati tudi produktivnost procesov.
 - Obdelava brez hladilno mazalnih sredstev je okolju najbolj prijazna, če vrednotimo tehnološke procese odrezavanja samo iz pogleda hlajenja in mazanja. Potrebno je izbrati kompromisno pot z alternativnimi tehnologijami hlajenja in mazanja in doseči ravnovesje med trajnostno proizvodnjo in vplivi na okolje in zaposlene.

Proizvodnja in poraba hladilno mazalnih tekočin na svetovni ravni narašča. V procesu odrezavanja se več kot 90 % vložene energije pretvori v toploto, posledica je visoka temperatura v rezalni coni, ki ima za posledico neželene učinke: zmanjšanje trdote rezalnega orodja, krajša življenjska doba orodja, slabša kvaliteta površine in dimenzijska nenatančnost obdelovanca.

4.1 Konvencionalni hladilno mazalni sistemi

Konvencionalno hlajenje in mazanje je vbrizgavanje velike količine hladilno mazalnih sredstev v cono rezanja in na ta način hlajenje orodja, odrezka in obdelovanca. Večinoma uporabljamo hladilno mazalna sredstva pridobljena iz nafte, kar predstavlja tveganje za okolje. Po nekaterih podatkih (Pimenov, 2022) do 50 % odpadnih hladilno mazalnih sredstev konča v okolju. Uporaba hladilno mazalnih sredstev zahteva, da se odrezki pred transportom posušijo.

Hladilno mazalna sredstva lahko zamenjamo s sredstvi na osnovi rastlinskega olja, vendar še vedno obstajajo stroški nakupa, vzdrževanja, odlaganja ter tveganja za okolje in zdravje delavcev.

Konvencionalni postopki hlajenja in mazanja so še vedno najbolj robustna in prilagodljiva metoda hlajenja in mazanja. Uporabljajo se lahko v različnih obdelovalnih procesih in so združljivi s skoraj vsemi materiali, kar zagotavlja dobro produktivnost in ustrezno kvaliteto obdelovanca (Ross, 2022). Praktična prednost te metode je, da ima večina strojev že standardno vgrajen konvencionalni sistem za hlajenje in mazanje in ne zahteva nobenih sprememb v obdelovalnem postopku. Na ta način nimamo stroškov prilagajanja na nov sistem hlajenja in mazanja.

4.2 Postopki odrezavanja brez hladilno mazalnih sredstev

Obdelava brez hladilno mazalnih sredstev je najboljša možnost, ko se osredotočamo na varčevanje z viri v obdelovalnih procesih odrezavanja. Takšen način obdelave predstavlja ekonomske, okoljske in družbene prednosti v primerjavi s konvencionalnimi ali alternativnimi metodami hlajenja in mazanja v obdelovalnih procesih odrezavanja. Uporaba hladilno mazalnih sredstev zvišuje proizvodne stroške zaradi nabavnih stroškov in stroškov, povezanih z njihovo pripravo, vzdrževanjem in odstranjevanjem, ki lahko celo presežejo nabavne stroške in skupaj predstavljajo 7–17 % celotne obdelave odrezavanja (Benedicto, 2017). Upoštevati je potrebno še stroške nabave, vzdrževanja in porabe energije sistema za mazanje. Obdelava brez hladilno mazalnih sredstev odpravlja vsa okoljska tveganja, ki so povezana z uporabo maziv.

Obdelava brez hladilno mazalnih sredstev ni mogoča za vse postopke, še posebej pri obdelavi materialov, ki jih je težko rezati, kot so zlitine Ti in Ni (Goindi, 2017). Posledica obdelave brez hladilno mazalnih sredstev je povečanje temperature rezanja in rezalnih sil, ki vplivajo na hrapavost površine in zmanjšajo produktivnost in krajšajo obstojnost orodja.

4.3 Hlajenje in mazanja po metodi MQL

Z načinom hlajenja in mazanja po tehnologiji MQL (minimum quantity of lubricant, MQL) izboljšamo rezalne pogoje, vplivi na okolje pa so manjši v primerjavi z konvencionalnimi metodami. Način hlajenja in mazanja po metodi MQL v primerjavi z metodami: kriogeno, visokotlačno, s trdnimi delci ali plinom, daje dobre rešitve za okoljske probleme (Krolczyk, 2018).

Z uporabo MQL metode za 15 % zmanjšamo celotne stroške, za 62 % zmanjšamo emisije aerosolov in 10 % znižamo temperature v rezalni coni (Zhao-hui, 2020).

Metodo MQL je mogoče nadgraditi z metodo MQCL (minimum quantity of cooling lubrication, MQCL) z dodatkom nanodelcev, ki vodi do tehnologije nanotekočin. Metoda MQCL vključuje enak princip kot MQL ob dodajanju komprimiranega zraka pri kriogeni temperaturi.

Pri metodah MQL in MQCL povečamo toplotno prevodnost, ki nastane zaradi spremembe toplotne prevodnosti medfaznega medija z uporabo nanoflidne tehnologije. Pri uporabi te metode je obraba orodja za 70 % manjša pri struženju in 45 % pri brušenju (Alves, 2018). Povzetek prednosti pri uvajanju trajnostne proizvodnje, ki jih prinaša metoda MQL z izboljšavami, prikazujemo v tabeli 5.

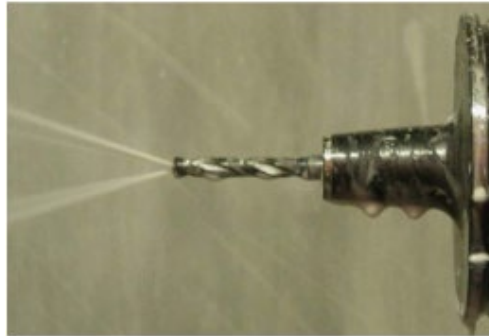
Tabela 5: Prednosti MQL

| MQL | | | | |
|------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| ergonomija in stroški | | obdelava | | |
| stroški hladilno mazalnih sredstev | emisije aerosolov | zmanjšanje temperature v rezalni coni | rezalna sila | zmanjšanje obrabe orodja |
| -15% | -62% | -10% | boljša kvaliteta površine | -30 – 70% |

Vir: Alves, 2018.

4.4 Visokotlačno hlajenje (HPC, High-Pressure Cooling)

Uporaba tehnologije HPC povečuje produktivnost, ker učinkovito zmanjša sile rezanja, porabo energije, temperaturo rezanja in hrapavost površine, poveča lomljivost odrezkov in življenjsko dobo orodja. Poraba hladilno mazalne tekočine je zelo velika, kar predstavlja velike pritiske na okolje. Pri konvencionalnem načinu hlajenja in mazanje je pretok tekočine med 3–6 l/min, pri HPC tehnologiji pa do 94 l/min (Mia, 2016). V primeru pa, da hladilno mazalno sredstvo dovajamo skozi orodje (slika 6, sveder), je zmanjšanje porabe hladilno mazalnih tekočin do 50 % (Kranjc, 2020).



Slika 6: Visokotlačno dovajanje hladilno mazalne tekočine skozi sveder
Vir: lasten.

4.5 Biorazgradljiva rastlinska olja

Zaradi negativnih vplivov hladilno mazalnih sredstev na osnovi nafte obstaja potreba po razvoju trajnostnega pristopa hladilno mazalnih sredstev, ki ne bi zmanjševal produktivnosti mehanske obdelave in ne bi imel negativnega vpliva na okolje in zdravje zaposlenih. Biološko razgradljiva hladilno mazalna sredstva na rastlinski osnovi izpolnijo zahteve trajnostne mehanske obdelave in hkrati izpolnjujejo ekonomske, okoljske in zdravstvene pogoje.

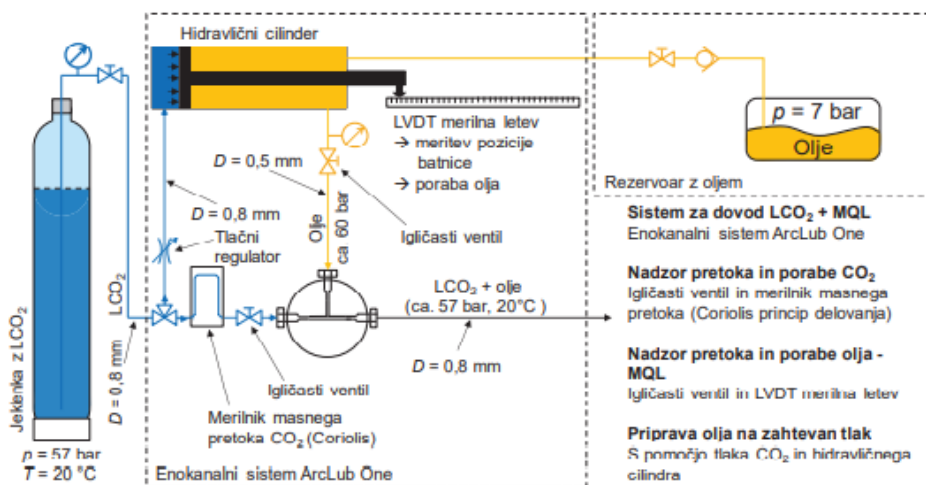
Uporaba hladilno mazalnih sredstev na osnovi rastlinskega olja izboljša zmogljivost obdelave. Za omogočanje rabe hladilno mazalnih sredstev na rastlinski osnovi pa je potrebno upoštevati tudi vpliv na okolje v fazi pridelave (kmetovanja).

4.6 Kriogeno mazanje (CL)

Kriogeno odrezavanje (ang. cryogenic machining) predstavlja alternativo konvencionalnim odrezovalnim procesom v smeri trajnostnega razvoja, kjer se za hlajenje in mazanje namesto emulzij na bazi olja uporabljajo različni kriogeni mediji. Beseda »krio« izhaja iz starogrške besede κρύος (kryos), kar pomeni »hladno«. Pojem »kriogenika« pa na splošno označuje znanost o zelo nizkih temperaturah. Avtorji navajajo, da se kriogeno področje začne pod $-153.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (120 K), drugi pa omenjajo temperature pod $-173.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (100 K) (Grguraš, 2020).

Kriogeno odrezavanje se uveljavlja v industrijskem okolju. Tudi industrija vse bolj podpira razvoj kriogenih sistemov z namenom izboljšanja celostne učinkovitosti procesov odrezavanja in obenem skuša zmanjšati stroške proizvodnje v primerjavi s proizvodnjo, katera uporablja konvencionalna hladilno mazalna sredstva. Če želimo, da je kriogena tehnologija učinkovita, je potrebno (Grguraš, 2020):

- Kriogeni medij dovajamo neposredno in samo na področje, kjer se nahaja izvor generirane toplote, kar se doseže z dovodom kriogenega medija skozi rezalno orodje neposredno v rezalno cono.
- Glede na količino generirane toplote med odrezovalnim procesom varčujemo z energijo s pomočjo adaptivnega krmiljenja dovoda kriogenega medija za doseg optimalne temperature odrezavanja, ko so odrezovalne razmere najugodnejše, ter na ta način minimaliziramo porabo kriogenega medija.
- Naredimo opremo za kriogeno odrezavanje, primerno za nadgradnjo obstoječih strojev, ki je predstavljena na sliki 7.



Slika 7: Shematski prikaz delovanja razvitega enokanalnega sistema CL

Vir: Grguraš, 2020.

5 Pristopi k trajnostnim postopkom odrezavanja zlitine Inconel 718

Pobude za trajnostno proizvodnjo so vzpostavljene na politični ravni znotraj ZN, OECD, EU in na nacionalni ravni. Te pobude so dobro umeščene in promovirane na proizvodni makro ravni, vendar primanjkuje izvedbenih praks v podjetjih, ki se ukvarjajo z obdelavo z odrezavanjem. Z uvedbo načel trajnosti na ravni podjetja imajo uporabniki možnost, da zmanjšajo stroške in izboljšajo okoljsko in družbeno učinkovitost tudi v primeru, ko proizvodnja ostane v enakem ali zmanjšanem obsegu.

Zlitina Inconel 718 je precipitacijska zlitina nikelj-krom-železo, ki vsebuje niobij in molibden. Ima visoko trdnost, dobro žilavost in odpornost proti koroziji pri visokih in nizkih temperaturah pod 650 °C. Kemična sestava je predstavljena v tabeli 6.

Tabela 6: kemična sestava Inconel 718

| element | Ni | Mo | Al | Mg | Cr | Si | Ti | Nb | Co |
|---------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| % | 55 – 56 | 3,7 – 3,9 | 0,3 – 0,4 | 0,1 – 0,2 | 17 – 18 | 0,2 – 2,5 | 0,8 – 0,9 | 4,5 – 4,6 | 0,1- 0,2 |

Vir: Pušavec, 2011.

Zlitina Inconel 718 je zaradi odličnih mehanskih lastnosti, odpornosti proti oksidaciji in odpornosti proti koroziji uporabna v jedrskih elektrarnah in obrambni industriji, zlasti v letalstvu in vesoljski tehniki. Med zlitinami na osnovi niklja je največ uporabljena; Ni-Cr-Fe avstenitna (γ) je super zlitina.

Pri postopkih odrezavanja teh zlitin nastanejo težave, ki se izražajo v nizki obstojnosti orodja, nizki učinkovitosti obdelave in povečani porabi energije, zaradi prekomernega ustvarjanja toplote, povečane rezalne sile, deformacijskega utrjevanja in lomljenja odrezkov. Kljub hitremu napredku nekaterih novih tehnologij, kot je aditivna proizvodnja, je odrezavanje zaradi svoje prilagodljivosti in kvalitetne obdelave površine še vedno pomembno v proizvodnji (Kshitij, 2022).

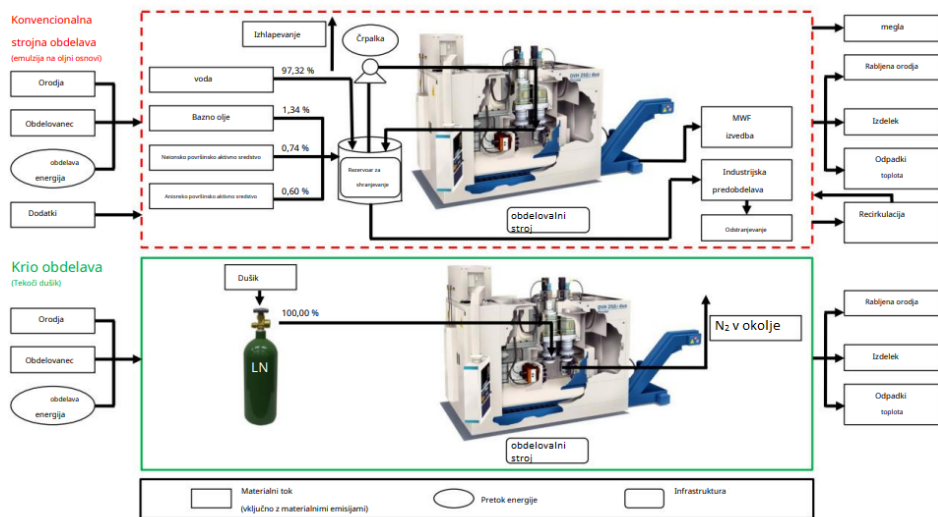
Med odrezavanjem se velik del vložene mehanske energije pretvori v toploto kot posledica trenja med orodjem, obdelovancem in odrezkom ter plastično deformacijo obdelovanca. Približno 60 – 80 % celotne proizvedene toplote je odpadna toplota v odrezkih. V obdelovanec se odvede 10–20 % toplote, v rezalno orodje pa približno

10 % toplote. Kljub temu, da se večino ustvarjene toplote odvede v odrezke, ima lahko preostala toplota negativne posledice za obdelovanec, rezalno orodje in učinkovitost obdelave. Visoke temperature vplivajo na obrabo orodja, na obdelovancu lahko prihaja do dimenzijske netočnosti in oksidacije. Zato je zelo pomembna uporaba visokokakovostnih rezalnih orodij, metod hlajenja in mazanja ter optimizacija pogojev rezanja za doseganje visoke učinkovitosti obdelave.

Rezalne hitrosti se v obdelovalnih procesih odrezavanja povečujejo tudi zaradi napredka v tehnologiji rezalnih orodij. Vendar večja temperatura rezalne cone in večje hitrosti obdelave skrajšajo življenjsko dobo rezalnih orodij in kvaliteto obdelane površine (Imran, 2013), kar pa ima za posledico slabši izkoristek snovnih in energijskih tokov. Vpliv temperature na orodje in obdelovanec je pri Inconel 718 pomemben. Uporaba hladilno mazalnih rezalnih tekočin izboljša kakovost obdelanih delov in podaljša življenjsko dobo rezalnih orodij. Rezalne tekočine na osnovi nafte, ki se še vedno pogosto uporabljajo in predstavljajo precejšen del trga, niso skladne s konceptom trajnosti proizvodnje ob upoštevanju vplivov na okolje in zdravje zaposlenih, kar pomeni, da je uporaba trajnostnih hladilno mazalnih sredstev tekočin v procesih trajnostne proizvodnje odrezavanja nujna. Tekoči dušik (LN_2) in tekoči ogljikov dioksid (LCO_2) sta glede na njune učinke trajnostna alternativa običajnim rezalnim tekočinam (Pušavec, 2011, Khanna, 2022). Primerjavo med kriogenim in konvencionalnim obdelovalnim sistemom prikazujemo na sliki 8 in tabeli 7 (Pušavec, 2011).

Uvajanja kriogene obdelave z odrezavjem je namenjeno prehodu k trajnostni proizvodnji na ravni podjetja. Pri tem moramo upoštevati in optimizirati procese na naslednjih področjih:

- načrtovanje, oblikovanje in razvoj trajnostnih kriogenih tehnologij za različne postopke obdelave,
- optimizacija sistema za dovajanje, kriogene tekočine z nadzorovanim tlakom, masnim pretokom in fazo pretoka (tekočina ali plin),
- optimizacija šob za selektivno doziranje tekoče fazne kriogene tekočine,
- vrednotenje kriogene obdelave v različnih primerih in
- identifikacija prednosti in slabosti.



Slika 8: Primerjava kriogenega in konvencionalnega obdelovalnega sistema
 Vir: Pušavec, 2011.

Tabela 7: Primerjava kriogenega in konvencionalnega obdelovalnega sistema

| Vplivni faktor | Konvencionalni način hlajenja in mazanja | Kriogeni način |
|--|---|---|
| Priprava hladilno mazalnega sredstva | Hladilno mazalna sredstva na osnovi nafte se večinoma uporabljajo kot emulzije, ki vsebujejo mineralno olje in površinsko aktivne snovi na osnovi nafte, proizvodnja teh komponent zahteva destilacijo in predelavo surove nafte, ki ustvarja več stranskih produktov | Tekoči dušik je utekočinjen atmosferski plin, ki se industrijsko proizvaja v velikih količinah s frakcijsko destilacijo zraka, vložek električne energije je približno 0,5 kWh/kg (energetsko intenziven proces) in hladilne vode (50 l/kg pri 15 °C), ni drugih odpadkov, kot so CO ₂ , SO ₂ |
| Zagotavljanje hladilno mazalnega sredstva v rezalno cono | Hladilno mazalna sredstva krožijo v zaprtem krogu | Hladilno mazalna sredstva dovedemo enkratno, takojšnje izhlapevanje ob dovedu |
| | Črpalka z močjo 500 w, ki zagotavlja tlak 0,2 mpa in volumenski pretok v območju od 0 do 8 l/min, poraba je odvisna od pretoka hladilno mazalnega sredstva | Rezervoar tekočega dušika je pod tlakom, zato ni potrebna dodatna črpalka |
| Razgradnja | Dodatno stroški za razgradnjo hladilno mazalnega sredstva in obdelavo odrezkov | Večje porabe energije in čistejši postopek obdelave, trajnostni proces samo v primeru, da |

| Vplivni faktor | Konvencionalni način hlajenja in mazanja | Kriogeni način |
|-----------------------------|---|--|
| | | uporabimo energijo iz obnovljivih virov |
| Vpliv na zdravje zaposlenih | Vdihavanje meglic na osnovi olja predstavlja tveganje za zdravje zaposlenih | Nizka temperatura cevi, ki dovaja tekoči dušik lahko povzroči fizične opekline v primeru stika, vdihavanje kovinskih aerosolov |
| Odpadki | Kopičenje oljne usedline | 0 |
| Čas obdelave | Enak | Enak |

Vir: Pušavec, 2011.

5.1 Analiza objavljenih študij parametrov odrezavanja Inoncel 718

V študiji parametrov odrezavanja (Kshitij, 2022) so se poskusi izvajali na stružnem centru Mac power VX 200 CNC s kriogenem načinom hlajenja (tekoči ogljikov dioksid, LCO₂). LCO₂ se v cono rezanja dovaja z uporabo visokotlačne termoplastične cevi. Ko se LCO₂ dovaja v območje rezanja, pride do fazne transformacije iz tekočega v plinasto stanje. Ta dobava LCO₂ poteka pri zelo nizki temperaturi pri atmosferskem tlaku. Za študijo so bile uporabljene cilindrične palice Inconel 718 premera 50 mm in rezalno orodje, CNMG 120408 PR 1535. Parametri rezanja so predstavljeni v tabeli 8.

Tabela 8: Parametri odrezavnja materiala Inconel 718

| začetni parametri | | | | |
|------------------------|--------|-------|-------|-------|
| hitrost rezanja | m/min | 70 | | |
| podajanje | mm/vrt | 2 | | |
| globina rezanja | mm | 0,2 | | |
| optimizirani parametri | | | | |
| hitrost rezanja | m/min | 60 | 70 | 80 |
| podajanje | mm/vrt | 0,125 | 0,125 | 0,125 |
| globina rezanja | mm | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Vir: Kshitij, 2022.

Pri raziskavi so bili merjeni naslednji parametri:

- obraba orodja se meri z mikroskopom Mitutoyo Toolmaker, z merili ISO3685,
- porabljena energija med postopkom obdelave se beleži s 3-faznim analizatorjem moči Fluke 435 (serija II),

- hrapavost površine (R_z) s kontaktnim merilnikom hrapavosti površine Sutronic S128 Taylor Hobson se uporablja za merjenje vrednosti hrapavosti.

Kot je razvidno iz literature (Kshitij, 2022), so poizkusi izvedeni pri začetnih parametrih materiala Inconel 718 v kriogenem okolju, LCO₂ zniža temperaturo območja rezanja, kar poveča učinkovitost obdelave. Poskusi so se nadaljevali pri parametrih, kot je prikazano v tabeli 7, da bi dosegli boljše rezultate na področju obrabe orodja, porabe energije in hrapavosti površine.

Vrednotenje trajnosti proizvodnje vključuje ekonomske in okoljske vidike trajnosti v smislu skupnih stroškov strojne obdelave in skupnih emisij v okolje.

Obraba orodja neposredno pomaga pri določanju življenjske dobe orodja med procesom obdelave. Prispeva k ekonomskemu vidiku trajnosti, saj ima pomembno vlogo pri določanju skupnih stroškov obdelave. V skladu z merili ISO3685 je bila obdelava izvedena, dokler obraba boka ni dosegla največje vrednosti 0,3 mm, ki je pri eksperimentalnih pogojih dosežena pri dolžini obdelave 50 mm. LCO₂ je znatno znižal temperaturo rezalne cone, kar pomaga povečati življenjsko dobo orodja.

Za doseglo boljše učinkovitosti obdelave materiala Inconel 718, so bili parametri odrezavanja regulirani (zmanjšanje podajanja in globine rezanja). Povprečna obraba orodja 0,3 mm je bila dosežena pri dolžini obdelave 200 mm (hitrost rezanja 70 m/min), 100 mm (hitrost rezanja 80 m/min), oziroma 200 mm (hitrost rezanja 60 m/min), optimalna hitrost rezanja je 70 m/min.

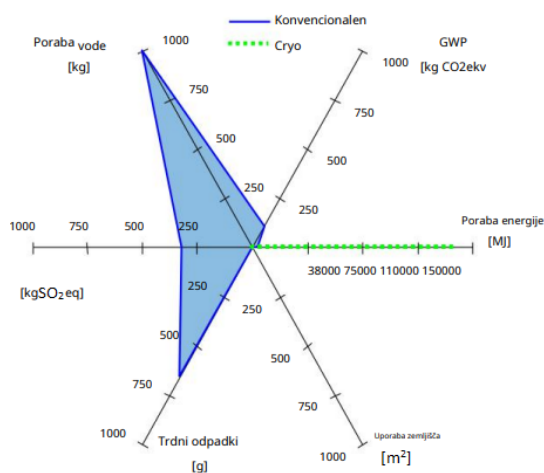
Po vrednosti hrapavosti površine vrednotimo kakovost izdelka in končne obdelave površine. Za raziskavo je bila izmerjena vrednost R_z , ki predstavlja največjo višino vrha do najnižje točke doline znotraj izmerjene dolžine. Vrednosti R_z so za 7 % višje pri obdelavi 80 m/min v primerjavi s 70 m/min in 9 % pri obdelavi 80 m/min v primerjavi s 60 m/min. Povečanje hitrosti rezanja povzroči večjo proizvodnjo toplote in večje trenje, kar povzroči povečanje hrapavosti površine.

Specifična poraba energije se povečuje s povečanjem hitrosti rezanja, vendar to ne pomeni, da bo povečanje porabe energije povzročilo zmanjšanje energetske učinkovitosti. S povečanjem hitrosti rezanja se bo stopnja odstranjevanja odrezkov

povečala, kar bo sorazmerno povečalo energijsko učinkovitost. Takšno vrednotenje porabe energije glede na specifično porabo energije zagotavlja učinkovito vrednotenje trajnosti obdelave. V študiji (Kshitij, 2022) je razvidno, da se s povečevanjem rezalne hitrosti specifična poraba energije zmanjšuje. Specifična poraba energije se zmanjša za približno 14 % (hitrost rezanja 70 m/min) in 25 % (hitrost rezanja 80 m/min), v primerjavi s hitrostjo rezanja 60 m/min.

Vrednotenje trajnosti proizvodnje vključuje ekonomske in okoljske vidike trajnosti pri upoštevanju skupnih stroškov obdelave z odrezavanjem in skupnih emisij v okolje. Skupni stroški obdelave so nižji pri rezalni hitrosti 70 m/min in 60 m/min za približno 35 % oziroma 26 % v primerjavi s hitrostjo rezanja 80 m/min. Emisije iz LCO₂ vrednotimo kot nične, saj se LCO₂, ki se uporablja med odrezavanjem, ne proizvaja ločeno, delovni prostori pa morajo biti ustrezno prezračeni. Odrezki, ki nastanejo pri kriogenem odrezavanju, so primernejši za nadaljnjo predelavo. Količina energije, potrebna za recikliranje Inconela 718 v mokrem okolju, je 92,97 kWh/kg, v kriogenem okolju 26,03 kWh/kg (Kshitij, 2022).

Z optimizacijo parametrov odrezavanja materiala Inconela 718 je ugotovljeno, da so emisije v okolje nižje pri hitrosti rezanja 70 m/min in 60 m/min za približno 10 %, oziroma 7 % v primerjavi s hitrostjo rezanja 80 m/min (slika 9).



Slika 9: Obremenitve na okolje konvencionalen način hlajenja in mazanja / kriogeni način

Vir: Pušavec, 2011.

Obdelava brez hladilno mazalnih sredstev zaradi ekonomskih razlogov ni mogoča.

Pri izračunu stroškov proizvodnje odrezavanja, prikazanih v tabeli 9, je življenjska doba orodja ključni dejavnik. Izvedeni so bili poskusi (Pušavec, 2011) struženja palic Inconel 718 s premerom 40 mm in dolžino 100 mm. Pri obdelavi so bili uporabljeni orodni vložki iz karbidne trdine razreda SANDVIK GC 1105, oznaka geometrije orodja CNMG120408-23 ISO. Življenjska doba orodja je bila ocenjena v skladu s standardom ISO3685, ki ureja povprečno merilo življenjske dobe orodja, $VB_{max} = 0,4$ mm. Obraba orodja je bila merjena z optičnim mikroskopom. Konvencionalni način hlajenja in mazanja je bil izveden z oljem na rastlinski osnovi (6,7 % emulzija), s pretokom 6 l/min. Kriogena obdelava je bila izvedena z uporabo LN pod tlakom 1 MPa in hitrostjo pretoka približno 0,6 kg/min.

Iz predstavljenih rezultatov (Pušavec, 2011) je razvidno, da je konvencionalna obdelava bistveno dražja od kriogene obdelave, pri manjših rezalnih hitrostih je konvencionalna obdelava lahko najcenejša, vendar ta proizvodnja ni optimalna. Kriogeni način obdelava omogoča visoko učinkovitost in visoko produktivnost.

Tabela 9: Primerjava stroškov konvencionalen in kriogene proizvodnje odrezavanje zlitine Inconel 718

| stroški | konvencionalni način hlajenja in mazanja | kriogeni način |
|-------------------------------------|--|--|
| urna postavka | 31,13 (€/h) | 36,54 (€/h) |
| stroški hladilno mazalnega sredstva | 0,17 (€/h) | 7,51 (€/h) |
| | | kriogena obdelava je kljub temu, da je priprava LN energetsko zelo intenziven proces, energetsko učinkovitejša od konvencionalne obdelave na račun podaljšanja življenjske dobe orodja in s tem manjše porabe rezilnega orodja |
| odpadki | ločevanje olja in odrezkov | 0 |
| | ločevanje ne emulgiranih olj s posnemanjem, ločevanje trdih delcev s filtracijo, ločevanje emulzije in obdelavo odpadne vode | 0 |
| | transport odrezkov | transport odrezkov |
| | stiskanje odrezkov | stiskanje odrezkov |

| stroški | konvencionalni način hlajenja in mazanja | kriogeni način |
|---|--|----------------|
| stroški / kos rezalna hitrost $v_c = 90$ m/min podajanja $f=0,25$ mm/vrt globina rezanja $a_p=1,2$ mm | 4,69 (€/kos) | 1,45 (€/kos) |
| število kosov / življenjski dobo orodja | 1 | 6 |
| čas menjave orodja (s/kos) | 180 | 30 |
| čas obdelovalnega cikla (s/kos) | 243,6 | 93,5 |
| število izdelanih kosov (kos/uro) | 14,8 | 38,5 |
| cena strojne ure na kos (€/kos) | 2,11 | 0,95 |
| cena orodja na kos (€/kos) 2,50 | 0,42 | |
| cena hladilno mazalnega sredstva na kos (€/kos) | 0,002 | 0,07 |
| čas priprave na kos (s/kos) | 210 | 66 |
| raba električne energije na kos (kWh/kos) | 0,076 | 0,055 |
| čiščenje kosa (€/kos) | 0,063 | 0 |
| obdelava odrezkov (€/kos) | 0,015 | 0,004 |

Vir: Pušavec, 2011

6 Zaključki

Trajnostno vrednotenje proizvodnega procesa podaja ugotovitev, da bo prihodnost trajnostne proizvodnje vključevala uporabo kriogene tehnologije obdelave za zmanjšanje okoljskih obremenitev in zdravstvenih tveganj, hkrati pa povečala zmogljivost in stroškovno učinkovitost obdelave z odrezavanjem.

Trajnostna kriogena tehnologija obdelave ima velik potencial za znižanje proizvodnih stroškov in izboljšanje konkurenčnosti z zmanjšanjem porabe virov in ustvarjanjem manjše količine odpadkov. Iz predstavljenih rezultatov je razvidno, da je konvencionalna obdelava bistveno dražja od kriogene obdelave. Pri manjših rezalnih hitrostih je konvencionalna obdelava lahko najcenejša, vendar ta proizvodnja ni optimalna. Kriogeni način obdelave omogoča visoko učinkovitost in visoko produktivnost.

Vrednotenje obdelave z odrezavanjem, ki je predstavljeno v eksperimentalni študiji (Pušavec, 2011; Kshitij, 2022), ki se nanaša na obdelavo visokotemperaturne Nizlitine (Inconel 718), dokazuje, da stroški orodja močno prispevajo k skupnim proizvodnim stroškom in da kriogena obdelava ponuja čisto in stroškovno učinkovito pot za izboljšanje trajnostne učinkovitosti v primerjavi s konvencionalno obdelavo z odrezavanjem.

Ugotavljamo, da je kriogeni način hlajenja postopkov odrezavanja trajnostna tehnologija v primerjavi z uporabo konvencionalnih načinov hlajenja in mazanja odrezovalnih postopkov, saj je opustitev hladilno mazalnih sredstev na osnovi nafte premik k trajnostni proizvodnji.

Upoštevati je potrebno, da je priprava tekočega dušika energijsko potraten proces. Primerjalne analize in izračun celotne porabe energije pa kažejo, da je lahko kriogena obdelava energijsko učinkovitejša od klasične obdelave, kar je posledica drastičnega zmanjšanja porabe rezilnega orodja.

Kljub večjim začetnim stroškom in pripravam, povezanih s sistemom kriogene obdelave, takšen način odrezavanja predstavlja trajnostne koristi s krajšimi proizvodnimi cikli in nižjimi stroški, potrebnimi za obdelavo izdelka, ter poveča produktivnost zaradi večje proizvodnje. Kriogeni način obdelave poveča zanesljivost obdelave odrezavanja (Pušavec, 2011), ohranja tolerance dimenzij in izboljša kvaliteto obdelane površine. Potrebna je industrijska implementacija kriogenega sistema, ki zmanjšuje porabo (stroške), okoljske obremenitve in zdravstvena tveganja ob hkratnem povečanju zmogljivosti strojev.

V primerjavi s proizvodnimi postopki, kot so problikovanje, kovanje in litje, obdelava po postopkih odrezavanja porabi več energije in s tem povzroča večje vplive na okolje. Optimizacija postopkov odrezavanja in obvladovanje snovnih in energijskih tokov v teh postopkih predstavlja izzive in pot k trajnostni proizvodnji.

Aktivnosti za doseganje trajnostne proizvodnje je potrebno usmeriti v:

- snovanje izdelkov (manjša raba osnovnega materiala), upoštevajoč celotni življenjski cikel izdelka,
- izbiro rezalnih materialov, uvajanje okolju prijaznejših tehnologij hlajenja in mazanja,
- po metodi sočasnega inženirstva sprotno optimiziranje tehnoloških procesov,
- usposabljanje zaposlenih, kar je bistvenega pomena pri doseganju tega cilja trajnostne proizvodnje,

- obratno sorazmerje med visoko produktivnostjo in trajnostno (zeleno) proizvodnjo, kar je potrebno upoštevati pri določevanju rezalnih parametrov in uporabi hladilno mazalnih tekočin,
- pri uvajanju novosti je potrebno upoštevati prednosti in slabosti, ki jih nova tehnologija prinaša na področja produktivnosti, okolja in zaposlenih,
- povečanje produktivnosti tehnološkega procesa odrezavanja mora povečati obseg proizvodnje ob zmanjšanju porabe virov, kar vodi k trajnostnim proizvodnim procesom.

Pri vrednotenju postopka kriogenega načina hlajenja pri postopkih odrezavanja glede na doseganje načel trajnostne proizvodnje, predstavljenih v tabeli 1 (Načela trajnostne proizvodnje, Viles, 2022), ugotovimo, da takšen način proizvodnje neposredno ustreza načelom: 2, 3, 4, 5, 9 in 10. Na ostala načela ima posredne vplive.

Vrednotenje postopka kriogenega načina hlajenja pri postopkih odrezavanja glede na doseganja kazalcev trajnostne proizvodnje, predstavljenih v tabeli 2 (Kazalci trajnostne proizvodnje, Vir: Quan, 2021), podaja zaključke, da je po kazalcih: 1, 2, 3, 4 in 5 takšna proizvodnja trajnostna.

Literatura

- Abbas, A.T., Pimeno, D.Y., Erdako, I.N., Micolajczyk, T., Soliman, M.S., Rayes, M.M. (2019). Optimization of cutting conditions using artificial neural networks and the Edgeworth-Pareto method for CNC face-milling operations on high-strength grade-H steel. 2019, *Int J Adv Manuf Technol* 2019;105:2151–65. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-019-04327-4>
- Alves, S.M., Silva e Mello, V., Sinatora, A. (2018), Nanolubrication mechanisms: influence of size and concentration of CuO nanoparticles. *Mater Perform Charact* 2018;7: 20170064. <https://www.astm.org/mpc20170064.html> and case study, *Sustainable Materials and Technologies* Volume 34, December 2022, e00507, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221499372200121X?via%3Dihub>
- Balogun, V.A., Edem, I.F., Gu, H., Mativenga, P.T. (2018), Energy centric selection of machining conditions for minimum cost. *Energy* 2018. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.020>
- Benedicto, E., Carou, D., Rubio, E.M. (2017). Technical, economic and environmental review of the lubrication/cooling systems used in machining processes. *Procedia Eng* 2017;184:99–116. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.075>
- Bilga PS., Singh S., Kumar R. (2016). Optimization of energy consumption response parameters for turning operation using Taguchi method. *Journal Clean Prod* 2016;137: 1406–17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.220>
- Cheng, C., Phipps, D., Alkhabdar, R.M., (2005). Treatment of spent metalworking fluids. *Water Res* 2005;39:4051–63. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.07.012>

- Commission E, (2019). A Clean Planet for All. A European Long-term Strategic Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy. <https://europa.eu/capacity4dev/policy-forum-development/documents/european-commission-communication-clean-planet-all-european-strategic-long-term-vision>
- Dwivedi, A., Agrawal, D., Jha, A., Gastaldi, M., Paul, S.K., D'Adamo, I. (2021). Addressing the challenges to sustainable initiatives in value chain flexibility: implications for sustainable development goals. *Glob. J. Flex. Syst. Manag.* <https://doi.org/10.1007/s40171-021-00288-4>
- Ghobakhloo, M., Fathi, M. (2021). Industry 4.0 and opportunities for energy sustainability. *Journal Clean. Prod.* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126427>
- Goindi, G.S., Sarkar, P. (2017). Dry machining: a step towards sustainable machining – challenges and future directions. *J Clean Prod* 2017;165:1557–71. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.235>
- Grguraš, D. (2020). *Odrezovalne razmere pri procesu kriogenega freziranja z uporabo tekočega CO₂* [na spletu]. Doktorska disertacija. Ljubljana : Univerza v Ljubljani. [Dostopano 28 januar 2023]. Pridobljeno s: <https://repositorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=113709>
- Hatim, Q.Y., Saldana, C., Shao G., Kim, D.B., Morris, K.C., Witherell, P. (2020). A decision support methodology for integrated machining process and operation plans for sustainability and productivity assessment, *Int J Adv Manuf Technol* 2020;107: 3207–30. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04268-y>
- Hegab, H., Umer, U., Deiab, I., Kishawy, H. (2018), Performance evaluation of Ti–6Al–4V machining using nano-cutting fluids under minimum quantity lubrication. *Int J Adv Manuf Technol* 2018;95:4229–41. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1527-z>
- Henao, R., Sarache, W. (2022). Sustainable performance in manufacturing operations: the cumulative approach vs. trade-offs approach. *Int. J. Prod. Econ.* 244, 108385. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108385>
- Imran, M., Mativenga, P.T., Gholinia, A., Withers, P.J.(2013), Comparison of tool wear mechanisms and surface integrity for dry and wet micro-drilling of nickel-base superalloys, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 76 (2014) 49–60, <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2013.10.002> industry within the framework of the green economy concept: An overview
- Khan, A.M., Gupta, M.K, Hegab, H., Jamil M., Mia, M., He, N. (2020). Energy-based cost integrated modelling and sustainability assessment of Al-GnP hybrid nanofluid assisted turning of AISI52100 steel. *J Clean Prod* 2020;257. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120502>
- Khanna, N., Agrawal, C., Pimenov, D.Y., Singla, A.K., Machado, A.R., da Silva, L.R.R., Gupta, M.K., Sarikaya, M., Krolczyk, G.M., (2022) Review on design and development of G. Kshitij et al. *Sustainable Materials and Technologies* 34 (2022) e00507 21 cryogenic machining setups for heat resistant alloys and composites, *J. Manuf. Process.* 68 (2021) 398–422, <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.05.053>
- Kranjc, U. (2020), *Vrtanje z uporabo visokotlačnega hlajenja skozi orodje* [na spletu]. Diplomsko delo. Ljubljana : Univerza v Ljubljani. [Dostopano 28 januar 2023]. Pridobljeno s: <https://repositorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=118040>
- Krolczyk, G.M., Maruda, R.W., Krolczyk, J.B., Nieslony, P., Wojciechowski, S., Legutko, S. (2018). Parametric and nonparametric description of the surface topography in the dry and MQCL cutting conditions. *Measurement* 2018;121:225–39. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.02.052>
- Kshitij, G. Khanna, N., Vakkas Yildirim Ç.V., Daglı, S., Sarikaya, M. (2022). Resource conservation and sustainable development in the metal cutting
- Lannelongue, L., Grealey, J., Inouye, M. (2021). Green algorithms: quantifying the carbon footprint of computation. *Adv. Sci.* <https://doi.org/10.1002/adv.202100707>
- Markopoulos, A.P., Karkalos, N.E., Mia, M., Pimenov, D.Y., Gupta, M.K., Hegab, H.. (2020). Sustainability assessment, investigations, and modelling of slot milling characteristics in eco-

- benign machining of hardened steel. *Metals* 2020;10:1650.
<https://doi.org/10.3390/met10121650>
- Mia, M., Dhar, N.R. (2016). Prediction of surface roughness in hard turning under high pressure coolant using Artificial Neural Network. *Measurement* 2016;92:464–74,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224116303402>
- Mori, M., Fujishima, M., Inamasu, Y., Oda Y. (2011). A study on energy efficiency improvement for machine tools. *CIRP Ann* 2011;60:145–8. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.03.099>
- Pasko, N.I., Antsev, A.V., Antsev, V.Y. (2021). Resource management of a cutting tool in case of its reuse. *Mater Today Proc* 2020.,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320360090>
- Pimenov, D.Y., Mia, M., Gupta, M.K., Machado, A. R., Pintaude, G., Unune, D. R., Khanna, N., Khan, A.M., Tomaz, I., Wojciechowski, S., Kuntoğlu, M. (2022), Resource saving by optimization and machining environments for sustainable manufacturing: A review and future prospects, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 166, September 2022, 112660, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032122005524>
- Pušavec, F., Kopač, J. (2011), Sustainability assessment: cryogenic machining of inconel 718, *Stroj. Vestnik/Journal, Mech. Eng.* 57 (2011) 637–647, <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2010.249>
- Quan, Z., Renyan, M., Yue, H., Lu, Z., Zhen, Z., Chunjiao, L. (2021). Measurement of sustainable development index in China's manufacturing industry based on Er-xiang Dual theory, *Alexandria Engineering Journal*, Volume 60, Issue 6, December 2021, Pages 5897-5908,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016821002453>
- Ross, N.S., Gopinath, C., Nagarajan, S., Gupta, M.K., Shanmugam, R., Kumar, M.S. (2022), Impact of hybrid cooling approach on milling and surface morphological characteristics of Nimonic 80A alloy. *J Manuf Process* 2022;73:428–39. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.11.018>
- Sangwan, K.S., Sihag, N. (2019). Multi-objective optimization for energy efficient machining with high productivity and quality for a turning process. *Procedia CIRP* 2019;80: 67–72.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.022>
- Schneider, F., Das J., Kirsch, B., Linke, B., Aurich, J.C. (2019). Sustainability in ultra precision and micro machining: a review. *Int J Precis Eng Manuf Technol* 2019;6:601–10.
<https://doi.org/10.1007/s40684-019-00035-2>
- Shokrani, A., Dhokia, V., Newman, S.T. (2016), Energy conscious cryogenic machining of Ti-6Al-4V titanium alloy. *Proc Inst Mech Eng Part B J Eng Manuf* 2018;232: 1690–706.
<https://doi.org/10.1177/0954405416668923>
- Simon, J., Moraes, C.A.M., Modolo, R.C.E, Vargas, M., Calheiro, D., Brehm, F.A. (2017), Recycling of contaminated metallic chip based on eco-efficiency and eco-effectiveness approaches. *J Clean Prod* 2017;153:417–24. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.058>
- Tanco, M., Kalemkerian, F., Santos, J. (2021). Main challenges involved in the adoption of sustainable manufacturing in Uruguayan small and medium sized companies. *Journal Clean. Prod.* 293, 126139. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126139>
- Theorizing the Principles of Sustainable Production in the context of Circular Economy and Industry 4.0, Sustainable Production and Consumption,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550922002305>
- United Nations, 17 Goals to Transform Our World, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
- Velenturf, A.P.M., Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustain. Prod. Consum.* 27, 1437–1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>
- Veleva, V., Ellenbecker, M. (2001). Indicators of sustainable production: framework and methodology. *Journal Clean. Prod.* [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(01\)00010-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(01)00010-5)
- Viles, E., Kalemkerian, F., Garza-Reyes, J., Antony, J., Santos J. (2022). Theorizing the Principles of Sustainable Production in the context of Circular Economy and Industry 4.0, Sustainable Production and Consumption,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550922002305>

- Vinodh, S., Arvind, K.R., Somanaathan, M. (2011). Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. *Clean Technol Environ Policy* 2011;13: 469–79. <https://doi.org/10.1007/s10098-010-0329-x>
- Yılmaz, B. S., Karabulut, Güllü, A. (2020). A review of the chip breaking methods for continuous chips in turning. *J Manuf Process* 2020;49:50–69. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.10.026>
- Zhao, F., Ogaldez, J., Sutherland, J.W. (2012). Quantifying the water inventory of machining processes. *CIRP Ann - Manuf Technol* 2012;61:67–70. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.03.027>
- Zhao-hui, L., Wei-min, Z., Zhong-yue, X., Jia-bin, S., Dongdong, L. (2020). Research on extended carbon emissions accounting method and its application in sustainable manufacturing. *Procedia Manuf* 2020;43:175–82. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.132>
- Zhou, G., Lu, Q., Xiao, Z., Zhou, C., Tian, C. (2019), Cutting parameter optimization for machining operations considering carbon emissions. *Journal Clean Prod* 2019;208: 937–50. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965261833213X>
- Zhou, L., Li J., Li F., Meng, Q., Li J., Xu, X. (2016). Energy consumption model and energy efficiency of machine tools: a comprehensive literature review. *Journal Clean Prod* 2016;112:3721–34. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.093>,
- Žun, Š., 2014, Sistemska okoljsko vrednotenje trajnostnega razvoja poselitvenih območij Mestne občine Kranj = Systemic environmental evaluation of sustainable development of settlement areas in Kranj urban municipality, Dela, <https://journals.uni-lj.si/Dela/article/view/dela.42.2.21-49/2784>

O AVTORJIH



Zvone Balantič

je redni profesor na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru in predavatelj predmetov Človek v delovnem procesu. Njegovo dodiplomsko raziskovalno področje je bilo povezano z energetiko in alternativnimi viri energije. Izzivi zdravja in transformacije snovi ga pripeljejo do povezave z novimi interdisciplinarnimi raziskovalnimi področji strojništva in medicine. V podiplomskem obdobju se je osredotočil na raziskave fiziologije dihal. Delovni pogoji, humanizacija in ergonomija so danes njegovo poklicno delovno področje. Njegovo trenutno znanstveno delo je povezano z razvojem interaktivnih struktur v ergonomiji (človeški dejavniki). Je predstojnik Oddelka za podjetniški inženiring na Univerzi v Mariboru.

is a full professor at the University of Maribor, Faculty of organizational sciences, and lecturer of 'Human in working process' courses. His undergraduate research field was connected with energetics and alternative energy sources. The challenge of health and substance transformation leads him to the connection with new interdisciplinary mechanical engineering and medicine research fields. In the postgraduate period, he focused on respiratory physiology research. Working conditions, humanization, and ergonomics are his professional work field nowadays. His recent scientific work is connected with interactive structure development in ergonomics (human factors). He is Head of the Enterprise engineering department at the University of Maribor.

Alenka Brezavšček

je izredna profesorica na Fakulteti za Organizacijske vede Univerze v Mariboru. Njeno raziskovalno delo je osredotočeno na študij stohastičnih procesov (teoretični aspekti in aplikacije), analizo zanesljivosti in razpoložljivosti ter optimiranje vzdrževanja tehničnih sistemov, kakor tudi na informacijsko/kibernetsko varnost. Na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru je predstojnica katedre za metodologijo.

is an Associate Professor at the Faculty of Organizational Sciences, the University of Maribor in Slovenia. Her research interests are stochastic processes (theory and applications), system reliability and availability, maintenance optimization as well as information/cyber security. At the Faculty of Organizational Sciences, she is a chair of Methodological Department.

Branka Jarc Kovačič

je višja predavateljica in je na Univerzi v Mariboru habilitirana za predmetno področje »inženiring poslovnih in delovnih sistemov«. Zaposlena je na Višji strokovni šoli, ŠC Kranj, kjer poučuje predmete s področja varnosti in zdravja pri delu ter varstva okolja in vodi praktično izobraževanje študentov. Zadnjih šest let, kot zunanja sodelavka Fakultete za organizacijske vede, sodeluje pri izvajanju vaj pri predmetih Ergonomija, Osnove varstva okolja, Okoljevarstveni inženiring, Fiziologija dela ter Design inženirskih sistemov. S strokovnimi prispevki se udeležuje domačih in mednarodnih konferenc. Je mentorica mnogim diplomantom višješolskih in visokošolskih študijskih programov.

is a Senior Lecturer with a habilitation degree at the University of Maribor in the field of "business and work systems engineering". She is employed at the School centre Kranj, Higher Vocational College, where she teaches subjects in the field of safety and health at work and environmental protection and leads the practical education of students. For the last six years, as an external associate of the Faculty of Organizational Sciences, she has been participating in exercises for the subjects Ergonomics, Fundamentals Of Environmental Protection, Engineering Of Environmental Protection, Work Physiology and Engineering Systems Design. She participates in domestic and international conferences with her professional contributions. She is a mentor to many graduates of Professional Oriented Study Programs.

Tomaž Kern

je redni profesor na področju organizacije in informatike. Je diplomirani inženir strojništva, magister informatike in doktor s področja organizacijskih znanosti. Od leta 1990 je redno zaposlen na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru. Predava management poslovnih procesov in multiprojektni management. Vodi laboratorij za Inženiring poslovnih sistemov. Bil je prodekan in predstojnik Inštituta. Bil je prorektor in član upravnega odbora univerze. Trenutno je član senata univerze. Tomaž Kern je avtor ali soavtor več kot 500 člankov in drugih publikacij, vabljeni predavatelj na mednarodnih konferencah in vodja raziskovalnih projektov. Vodil je tudi projekte na področju BPM in PM v gospodarstvu in ustanovah. Je ustanovni član slovenskega združenja PMI.

is a full professor in organization and informatics. He has a degree in mechanical engineering, a master's degree in informatics, and a doctorate in organizational sciences. Since 1990 he has been employed at the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor. He lectures on business process management and multi-project management. He runs the Business Systems Engineering Laboratory. He was vice-dean and head of the Institute, vice-rector, and a member of the university's board. He is a member of the University Senate. Tomaž Kern is the author or co-author of more than 500 articles and other publications, and invited lecturer at international conferences, and a leader of research projects. He has also led projects in BPM and PM in many companies. He is a founding member of the Slovenian PMI association.

Eva Krhač Andrašec

je asistentka na Katedri za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov. V letu 2016 je magistrirala iz področja organizacije in managementa poslovnih in delovnih sistemov na Univerzi v Mariboru, Fakulteti za organizacijske vede. V letu 2023 je uspešno zagovarjala doktorsko disertacijo o metodah in tehnikah izboljševanja poslovnih procesov in njihovem vplivu na učinkovitost organizacijskih sistemov. Njena glavna raziskovalna področja sta management poslovnih procesov in management kakovosti. Aktivno sodeluje na mednarodnih znanstvenih konferencah in raziskovalnih projektih ter je soavtorica več znanstvenih člankov o managementu poslovnih procesov.

is a Teaching Assistant in the Department of Enterprise Engineering. She received her master's degree in organization and management of business and working systems at the University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, in 2016. In 2023, she successfully defended her doctoral dissertation on business process improvement methods and techniques and their impact on the efficiency of organizational systems. Her main research interests are business process management and quality management. She actively participates in international scientific conferences and research projects and is the co-author of several scientific articles on business process management.

Damjan Maletič

je docent na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Je tudi član Evropskega odbora za obvladovanje premoženja (EAMC) pri Evropskem združenju nacionalnih društev vzdrževalcev (EFNMS) in član Mednarodnega združenja za obvladovanje premoženja (ISEAM). Njegova interesna področja so: obvladovanje premoženja, management vzdrževanja in kakovosti. Diplomiral je na oddelku za lesarstvo (Univerza v Ljubljani) in Fakulteti za organizacijske vede (Univerza v Mariboru). Na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru je doktoriral s področja managementa kakovosti.

is an Assistant Professor at the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor. He is also a member of European Asset Management Committee (EAMC) at the European Federation of National Maintenance Societies (EFNMS) and a member of International Society of Engineering Asset Management (ISEAM). His areas of interest are: asset management, maintenance and quality management. He holds a bachelor degree in Wood Science and Technology (University of Ljubljana) and Organization (University of Maribor). He obtained his PhD degree in Quality Management from the University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences.

Matjaž Maletič

je docent na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Njegovi raziskovalni interesi se osredotočajo na boljše razumevanje procesa razvoja in uvajanja sistemov managementa, zlasti v povezavi s standardizacijo in s ciljem reševanja širših trajnostnih poslovnih izzivov. Sisteme managementa povezuje z različnimi raziskovalnimi paradigami, kot so kakovost, inovativnost in obvladovanje premoženja. Doktoriral je s področja menedžmenta kakovosti na Univerzi v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede. Sodeloval je pri več raziskovalnih projektih in je član različnih strokovnih združenj, vključno s tehničnim odborom Slovenskega inštituta za standardizacijo.

is an Assistant Professor at the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor. His research interests focus on better understanding the process of developing and deploying management systems, particularly in relation to standardization and with the goal of solving broader sustainable business challenges. He intends to link management systems to different research paradigms such as quality, innovation and asset management. He obtained his Ph.D. degree in Quality

Management from the University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences. He has been involved in several research projects and is a member of various professional associations, including the technical committee of the Slovenian Institute for Standardization.

Tilen Medved

je asistent na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru, na področju Inženiringa poslovnih sistemov. Diplomiral in magistriral je na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru, obakrat iz tem, ki vključujeta raziskave iz področja ergonomije. V obdobju svojega študija se je izpopolnjeval tudi izven formalnih okvirov in sodeloval pri raziskovalnih projektih. Je soavtor znanstvene monografije. Ima tudi izkušnje z aktivnim sodelovanjem na mednarodni konferenci. Poleg tega je doktorski študent programa Organizacija in management poslovnih in delovnih sistemov na zgoraj navedeni fakulteti.

is an assistant at the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor, in the field of Enterprise Engineering. He holds a bachelor's and a master's degree from the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor, both in the field of ergonomics research. During his studies, he also studied outside the formal framework and participated in research projects. He is the co-author of a scientific monograph. He also has experience of active participation in an international conference. In addition, he is a doctoral student in the Organization and Management of Business and Work Systems programme at the aforementioned faculty.

Dušan Mežnar

je bil večji del poslovne poti v industriji na vodilnih položajih. Ukvarjal se je z upravljanjem in prestrukturiranjem v največjih slovenskih podjetjih. Kot član je sodeloval v več nadzornih svetov v Sloveniji in tujini. Od leta 2017 je deloval kot neodvisni svetovalec na področju prevzemov ter prestrukturiranja podjetij. Sodeloval je na številnih mednarodnih konferencah in objavil več kot 80 člankov v mednarodnih znanstvenih publikacijah na temo kriznega upravljanja in prestrukturiranja podjetij ter upravljanja oskrbovalnih mrež. Od leta 2017 je predavatelj predmetov s področja upravljanja nabavnih verig ter proizvodnih in poslovnih sistemov na FOV Univerze v Mariboru.

has been in the industry for most of his career, where he has held senior positions. He has been involved in management and restructuring in the largest Slovenian companies. He has been a member of several supervisory boards in Slovenia and abroad. Since 2017, he has acted as an independent advisor on acquisitions and corporate restructurings. He has participated in numerous international conferences and published more than 80 papers in international scientific publications on crisis management, corporate restructuring and supply network management. Since 2017, he has been a lecturer in the field of supply chain management and production and business systems at the University of Maribor's Faculty of Organizational Sciences.

Marjan Senegačnik

je od leta 1996 zaposlen kot asistent oziroma v zadnjih letih kot docent na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Sodeluje pri raziskavah s področja varstva okolja in fizikalne kemije raztopin ter biofizikalne kemije.

is employed at the Faculty of Organizational Sciences University of Maribor since 1996. He participates in researches from the fields of environmental protection, physical chemistry of solutions and biophysical chemistry.

Benjamin Urh

je docent za področje inženiringa poslovnih in delovnih sistemov. Od leta 2001 je redno zaposlen na Fakulteti za organizacijske vede Univerze v Mariboru. Predava o razvoju novih produktov in produkcijskih procesov ter managementu produkcijskih procesov. Je avtor ali soavtor več kot sto znanstvenih in strokovnih člankov in prispevkov. Poleg tega izvaja raziskovalno delo v okviru Laboratorija za inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov, predvsem pri razvoju novih izdelkov in obvladovanju poslovnih procesov.

is an assistant professor in the field of engineering of business and working systems. Since 2001 he has been a full-time employee of the University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences. He lectures on new products and production processes development and production processes management. He is the author or co-author of more than a hundred scientific and professional articles and papers. In addition, he conducts research work within the Laboratory of Enterprise Engineering, especially in new product development and business process management.

Nenad Vladič

je podjetnik, ki deluje na področju razvoja človeških potencialov, spodbujanja inovativnosti in trajnostnega vodenja v cilju izgradnje zdravih in učinkovitih organizacijskih kultur. Avtor je strokovnih člankov doma in v tujini. Leta 2006 je diplomiral na Fakulteti za organizacijske vede, Univerze v Mariboru, smer organizacija in management. Trenutno je doktorand iste fakultete, smer inženiring poslovnih in produkcijskih sistemov. V fokusu njegovega raziskovanja je preučevanje interakcij med inovacijsko sposobnostjo organizacij in trajnostnim poslovanjem. Še posebej ga zanima pomenljivost karakteristik trajnostnega vodenja ter njihov vpliv na različne determinante inovacijske sposobnosti.

is an entrepreneur who works in the field of developing human potential, encouraging innovation and sustainable leadership with the aim of building healthy and efficient organizational cultures. He is the author of expert articles at home and abroad. In 2006, he graduated from the Faculty of Organizational Sciences, University of Maribor, majoring in organization and management. He is currently a PhD student at the same faculty, majoring in business and production systems engineering. The focus of his research is exploring interactions between the innovation capability of organizations and sustainable business operations. He is particularly interested in the significance of the characteristics of sustainable leadership and their impact on various determinants of innovation capability.

Štefan Žun

je diplomiral Fakulteti za strojništvo v Mariboru, interdisciplinarni magistrski študij varstva okolja je zaključil na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, na Filozofski fakulteti v Ljubljani pridobil znanstveni naziv doktor znanosti. Kot predavatelj je zaposlen na višji strokovni šoli na Šolskem centru Kranj, v programih mehatronika, elektroenergetika in varovanje, predava tudi na programu strojništvo. Leta 2022 je bil prvič izvoljen v naziv predavatelj za predmetno področje Inženiring poslovnih in delovnih sistemov. Znanstveno raziskovalna dela in strokovna dela publicira v revijah, monografijah, zbornikih mednarodnih in domačih znanstvenih ter strokovnih konferenc in so tako dostopna širši znanstveni in strokovni javnosti.

graduated from the Faculty of Mechanical Engineering in Maribor, completed an interdisciplinary master's degree in environmental protection at the Faculty of Mechanical Engineering in Ljubljana, and obtained the scientific title of Doctor of

Science from the Faculty of Arts in Ljubljana. He is employed as a lecturer at the higher professional school at the School Center Kranj, in the programs of mechatronics, electrical energy and security, he also teaches in the program of mechanical engineering. In 2022, he was elected for the first time to the title of lecturer for the subject area of Business and Work Systems Engineering. Scientific research works and professional works are published in magazines, monographs, proceedings of international and domestic scientific and professional conferences, and are thus accessible to a wider scientific and professional public.

RAZISKOVALNI TRENDI IN TRAJNOSTNE REŠITVE V INŽENIRINGU POSLOVNIH SISTEMOV

BENJAMIN URH, MATJAŽ MALETIČ (UR.)

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
benjamin.urh@um.si, matjaz.maletic@um.si

V želji po oblikovanju trajnostno učinkovitega, uspešnega in stabilnega poslovnega okolja, so managerji v organizacijah v veliki meri odvisni od poznavanja ustreznih pristopov, metod in tehnik, ki jih bodo vodila k izbiri ustreznih ukrepov za doseg želenih rezultatov. V ta namen avtorji v tej monografiji predstavljamo raziskovalne trende in trajnostne rešitve v inženiringu poslovnih sistemov, ki organizacijam omogočajo dodatno podporo pri doseganju zastavljenih ciljev. Obvladovanje inoviranja, optimiranje vzdrževanja, vključevanje proaktivne ergonomije, obvladovanje učinkovitosti in uspešnosti poslovnih procesov in organizacijskih sprememb in obvladovanje trajnostnih oskrbovalnih verig so le nekateri izzivi, ki jim bodo managerji v organizacijah morali v prihodnje posvetiti več pozornosti v želji po ustvarjanju bolj trajnostne prihodnosti. Poleg teoretičnih predstavitev trendov uporabe posameznih pristopov, so predstavljeni tudi posamezni primeri njihove uporabe v praksi.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024)

ISBN
978-961-286-821-5

Ključne besede:
organizacija,
poslovni procesi,
trajnostni razvoj,
pristopi izboljševanja,
model,
dejavniki,
inoviranje,
vzdrževanje,
kazalniki



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2024](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2024)

ISBN
978-961-286-821-5

Keywords:

organization,
business processes,
sustainable development,
improvement approaches,
model,
factors,
innovation,
maintenance,
indicators

RESEARCH TRENDS AND SUSTAINABLE SOLUTIONS IN ENTERPRISE ENGINEERING

BENJAMIN URH, MATJAŽ MALETIČ (UR.)

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
benjamin.urh@um.si, matjaz.maletic@um.si

In an effort to create a sustainably efficient, successful, and stable business environment, organizational leaders rely heavily on knowledge of appropriate approaches, methods, and techniques to assist them in selecting appropriate actions to achieve desired outcomes. To this end, in this monograph, the authors present research trends and sustainable solutions in enterprise engineering that provide additional support to organizations in achieving their goals. Managing innovation, optimizing maintenance, incorporating proactive ergonomics, managing business process efficiency and effectiveness, and organizational change, as well as managing sustainable supply chains, are just a few of the challenges that managers in organizations need to pay more attention to in order to create a more sustainable future. In addition to the theoretical presentation of trends and the application of individual approaches, individual examples from practice are also presented.



University of Maribor Press



Univerza v Mariboru

Fakulteta za organizacijske vede

Monografija "Raziskovalni trendi in trajnostne rešitve v inženiringu poslovnih sistemov" celovito in zaokroženo ter kritično predstavlja obvladovanje poslovnih sistemov. Slednji temeljijo na obvladovanju poslovnih procesov, katere organizacije načrtujejo, organizirajo, usmerjajo in nadzirajo za trajnostno učinkovit in uspešen pristop stabiliziranja in izboljševanja okolja, družbe in gospodarstva.

Vsebina poglavij je slogovno odlična, strokovna ter celovito zaokrožuje obravnavano znanstveno področje.

Monografija je izjemen in koristen prispevek slovenskemu, evropskemu in globalnemu znanstvenemu področju organizacije in managementa. Ravno tako je odlično gradivo za študente vseh stopenj, raziskovalce in strokovnjake ter vse ostale zainteresirane, ki spremljajo, razvijajo in delujejo na področju inženiringa poslovnih sistemov.

Izr. prof. dr. Aleksander JANEŠ
Univerza na Primorskem

Teoretična odstiranja in rezultati raziskav, ki jih v knjigi predstavljajo avtorice in avtorji, bodo akademsko-raziskovalni javnosti v oporo pri nadaljnjih raziskavah inženiringa poslovnih procesov. Na drugi strani aplikativno usmerjeni zaključki ponujajo veliko odgovorov na aktualna vprašanja stroke teh hkrati odpirajo nova za nadaljnji razvoj področja pomembna vprašanja, s čemer ima knjiga širšo uporabno vrednost.

Izr. prof. dr. Andrej KOHONT
Univerza v Ljubljani

