

AKCIJSKI NAČRT - SRIP ToP

1. Analiza in identifikacija prednosti in priložnosti SRIP na izbranem prednostnem področju pametne specializacije

SRIP Tovarne prihodnosti (SRIP ToP) je najbolj kompleksen SRIP, saj vsebuje tako horizontalne mreže/ključne omogočitvene tehnologije kot vertikalne verige vrednosti. SRIP ToP se je na slovenskem, kot tudi na mednarodnem nivoju dobro umestil in se uspešno uveljavlja kot prepoznavna blagovna znamka. Poudarek je dan na povezovanju slovenskega raziskovalno in inovacijskega potenciala in strategij med industrijo in akademskimi institucijami, s ciljem pridobitve novih izdelkov, storitev in sistemov, ki vodijo v nadaljnje spodbujanje tehnološkega razvoja in gospodarske rasti ter s tem h krepitvi in povečanju konkurenčnosti slovenskega gospodarstva na področju tovarn prihodnosti. Identificirane so naslednje ključne razvojne prioritete SRIP ToP, na katerih podajamo analizo obstoječih zmogljivosti, konkurenčnih prednosti in potencialnih priložnosti.

Robotika in Napredni robotski sistemi in komponente: Slovenija je po gostoti robotov na zaposlenega v industriji uvrščena zelo visoko (284 robotov na 10.000 zaposlenih v proizvodnji, to je 11. mesto na svetu in 4. v Evropi po podatkih IFR za leto 2022). Dejavnosti zajemajo področja razvoja in proizvodnje robotov, robotskih komponent, področje integracije robotov v najrazličnejše aplikacije ter razvoj in vpeljavo metod umetne inteligence in naprednega strojnega vida v inteligentne robotske sisteme. Osnova za nadaljnji razvoj robotike v Sloveniji so ljudje s strokovnimi znanji, ki so deležni kakovostnega izobraževanja in sodelovanja z močnimi raziskovalnimi skupinami z odmevnimi mednarodnimi rezultati. Zato robotika, ki zajema tudi avtomatizacijo, predstavlja pomemben del ekonomskega učinka slovenskega gospodarstva. Sinergijsko sodelovanje podjetij z akademskimi institucijami je zelo dobro, kar se izraža tudi v prenosu tehnologij iz raziskav v prakso. Robotika spada med osnovne gradnike paradigme I4.0/I5.0 in je zaradi svoje fleksibilnosti zelo odporna na ekonomske krize. V SRIP ToP je umeščena horizontalna mreža/ključna omogočitvena tehnologija Robotika, ki se smiselno dopolnjuje in nadgrajuje z vertikalno verigo Naprednih robotskih sistemov in komponent. Vseeno potencial robotike v slovenski in tudi v svetovni industriji še ni v celoti izkoriščen. Roboti so še vedno neprilagodljivi, nesodelujoči, nezdružljivi, neavtonomni in nekonfigurabilni. Izziv predstavlja ekonomska upravičenost avtomatizacije maloserijske proizvodnje z roboti, ki delujejo v nestrukturiranih okoljih. Zato vidimo priložnosti predvsem v pospešitvi raziskav, razvoja, inovacij in uvajanja robotizacije na vsa prednostna področja/SRIPe. To bomo dosegli z raziskavami, razvojem in inovacijami na osnovi kakovostnega znanja in izkoriščanja stanja tehnike najnovejših dognanj obstoječe robotike v okviru horizontalne mreže/ključne omogočitvene tehnologije Robotike na področjih rekonfigurativnih konceptov, uvajanjem novih tehnologij na osnovi sodelovanja med človekom in strojem, kognitivnega učenja in programiranja, strojnega vida, senzorskega otipa, zaznavanja sile in navora s podporo orodij umetne inteligence in uvajanjem brezžičnih povezovalnih tehnologij kot je 5G ali 6G tako v stacionarno kot mobilno robotiko, novih logističnih dognanj decentraliziranega pristopa vpeljave robotizacije, nadalje z uvajanjem postopkov eksplicitnega, implicitnega in kognitivnega programiranja, uvajanjem enostavnih simulacijskih metod in digitalnih dvojčkov. Izsledke, dognanja, na novo razvite produkte, storitve in sisteme, ki logično izhajajo iz horizontalne mreže Robotika, bodo naši člani nadalje implementirali, vključevali/umeščali, povezovali in tržili v okviru vertikalne verige vrednosti Napredni robotski sistemi in komponente na vsa relevantna področja znotraj ToP, kot tudi na vsa ostala prednostna področja/SRIPe v smislu implementacije naprednih robotskih sistemov kot so krmilniki, manipulatorji in ostali robotski sistemi, naprednega strojnega vida in inteligentne senzorike, naprednih robotskih komponent, napredne robotske tehnologije in digitalizacije industrije. Pri tem zavzemajo številni slovenski integritorji robotske in avtomatizacijske tehnologije posebno mesto.

Vertikalna veriga vrednosti (VVV) **Napredni laserski sistemi in komponente** je trenutno sestavni del skupne vertikalne verige vrednosti Napredni robotski in laserski sistemi in komponente in je tesno povezana s horizontalno mrežo/ključno omogočitveno tehnologijo Fotonika. VVV se smiselno nadgrajuje in dopolnjuje z namenom, da se umesti v relevantna področja znotraj ToP, kot tudi na vsa ostala prednostna področja/SRIPe. Tradicija fotoniskih tehnologij, z izjemno učinkovitim prepletom raziskav in razvoja na tem področju, je skozi desetletja prerasla v eno redkih panog, v katerih se Slovenija lahko pohvali z razvojem, proizvodnjo in trženjem visokotehnoloških produktov končnim strankam. Razvoj številnih novih fotoniskih komponent ter sistemov s področij industrijskih in

medicinskih laserskih aplikacij, ki jih naši člani načrtujejo v bližnji prihodnosti, bo omogočil nadaljevanje in nadgradnjo te bogate tradicije. Prav za fotoniko je značilno učinkovito sodelovanje slovenskih akademskih institucij in podjetij čez celoten inovacijski cikel od raziskovalcev do upjalcev na globalni trg. V to področje štejemo predvsem lasersko podprte sisteme za aditivno prototipiranje s funkcionalnimi materiali, laserski sistemi za selektivno iluminacijo z nanometrsko resolucijo pri 3D pretvorbi struktur iz digitalne v materialno obliko, robotizirani terapevtski medicinski sistemi, pametne, učinkovite in varne terapevtske medicinske naprave z integriranimi detekcijskimi sistemi v povratni zanki in nove generacije aktivnih in pasivnih optičnih vlaken, povezovali pa se bodo tudi z ostalimi prednostnimi področji/SRIPI.

Tehnologije vodenja je področje, ki komplementarno povezuje horizontalno mrežo/ključno omogočitevno tehnologijo Tehnologije vodenja (ToP HOM TV) in vertikalno verigo vrednosti Inteligentni sistemi vodenja (ToP VVV ISVOD). Pri tem je fokus ToP HOM TV razvoj novih pristopov in postopkov vodenja, cilj ToP VVV ISVOD pa je prenos rezultatov razvoja v realizacijo novih inovativnih produktov in storitev.

Ključna primerjalna prednost deležnikov na področju Tehnologije vodenja (ToP HOM TV in ToP VVV ISVOD) je dolgoletna tradicija na področju sodelovanja inženirskih podjetij z akademskimi institucijami po eni strani in po drugi strani tesna navezanost obojih na končne uporabnike torej na podjetja, ki uporabljajo sisteme in storitve, ki so predmet raziskav in razvoja na tem področju. Za podjetja, ki so na tem področju prisotna na mednarodnih trgih, je tudi značilna velika prilagodljivost in relativno dobra kadrovska struktura, kar pomeni dobro osnovo za učinkovitejši nastop v globalnem konkurenčnem boju. Sodelovanje več visokotehnoloških storitvenih/inženirskih podjetij s področja tehnologije vodenja in podjetij-uporabnikov rezultatov ToP HOM TV in ToP VVV ISVOD zagotavlja produktno usmeritev dela in s tem izredno velik interes za poslovno izkoriščanje rezultatov in to ne samo v SRIP ToP temveč na vseh relevantnih prednostnih področjih/SRIPIh. Vključena storitvena podjetja so pretežno prilagodljiva mala in srednja podjetja (MSP), ki so v zadnjih 20-tih letih vodilna pri implementaciji rešitev s področij avtomatizacije, informatizacije in racionalizacije proizvodnje v slovenski industriji, saj so skupaj do sedaj izvedla preko 1000 tovrstnih projektov in pokrivajo cca. 70 % tovrstnega trga v Sloveniji. Omenjena storitvena podjetja imajo velike ambicije na področju uvajanja konceptov, namenskih orodij ter gradnikov za tovarne prihodnosti v Sloveniji in tujini. Ta podjetja imajo že več let izrazito višjo BDV od povprečja v Sloveniji, povečujejo prodajo, večino prihodka ustvarijo v tujini in so tudi razvojno naravnana.

Z ozirom na Strategijo pametne specializacije Slovenije, sodobne trende Industrije 4.0, v iskanju novih alternativnih energetskih virov ter zahtev po razogljičenju in oceno kapacitet in kompetenc članov, ki sodelujejo na področju Tehnologij vodenja, se bomo v tej fazi posvetili raziskavam in razvoju na področjih učinkovitega vodenja proizvodnih podjetij, na uporabi digitalizacije, vključevanju metod umetne inteligence in uvajanju obnovljivih virov v energetsko oskrbo podjetij, kjer je predvideno tesno sodelovanje s horizontalno mrežo/ključnimi omogočitevni tehnologijami na področju informacijsko komunikacijskih tehnologij (IKT npr. v SRIP GoDigital). Največji poudarek razvojnih raziskav v okviru ToP HOM TV bo namenjen (i) zasnovi novih gradnikov, ki bodo prispevali k močnejši integraciji fizikalnega in digitalnega sveta v tovarnah prihodnosti, (ii) razvoju novih postopkov za sprotni nadzor in upravljanje proizvodnih procesov ter (iii) tehnologijam vodenja za zeleno energetsko oskrbo. V okviru ToP VVV ISVOD bo največji poudarek namenjen (i) umetni inteligenci pri vodenju in optimizaciji sistemov, (ii) digitalnim dvojčkom v tehničnih procesih, (iii) energetiki v kompleksnih sistemih, (iv) prediktivnem vzdrževanju – prognostiki in ocenjevanju stanja proizvodnih naprav in strojev, (v) industrijskem internetu stvari, (vi) integriranem MES-u, (vii) avtonomnim mobilnim sistemom.

Vrednost globalnega trga na področju sistemov vodenja je ocenjena na 18.716,37 milijonov USD v letu 2023. Vrednost industrijskih sistemov vodenja naj bi zrasla iz 20.325,98 milijonov USD v letu 2024 na 39.326,93 milijonov USD do leta 2032, s povprečno letno stopnjo rasti (CAGR) 8,61 % v napovedanem obdobju (2024–2032). Naraščajoči stroški dela, skupaj z velikim pritiskom na proizvajalce, da izpolnjujejo roke, so povzročili povečano uporabo avtomatizacije v tovarnah, kar so ključni tržni dejavniki, ki spodbujajo rast trga.

Eden od globalnih novih trendov, ki se že pojavlja, je Industrija 4.0/5.0. Le-ta predvideva sodelovanje hitre, natančne, prilagodljive in avtomatske proizvodnje s kognitivnimi veščinami kritičnega mišljenja človeka. Namesto, da bi tehnologija nadomestila ljudi, bo povečala njihovo vlogo v proizvodnji. Odgovornost ponavljajočih se nalog bo na visoko prilagodljivih avtomatiziranih in sodelovalnih robotskih proizvodnih sistemih, zaposleni pa bodo prevzeli odgovornost na višji ravni pri nadzoru teh sistemov, sprejemanju odločitev v realnem času in iskanju možnosti za dvig kakovosti izdelkov in načina proizvodnje.

Fotonika je področje z izjemnim ekonomskim potencialom, svetovni trg fotonike je že dosegel 600 milijard € v letu 2022 in izkazuje hitro rast. V Sloveniji imamo izjemno gostoto visokotehnoloških podjetij, ki se ukvarjajo z razvojem (pametnih) laserskih naprav za industrijo in medicino (LPKF, Fotona, Optotek, Aresis, miDALIX, Lumentum, Plasil, itd). Našteta podjetja so tesno povezana z akademskimi institucijami, predvsem z Univerzo v Ljubljani, Institutom Jožef Stefan in Univerzo v Mariboru. Tradicionalno dobro sodelovanje vpletenih deležnikov v okviru učinkovitih vertikalnih verig vrednosti predstavlja ključno mednarodno primerjalno prednost slovenske fotonike, ki bo še naprej usmerjena v razvoj visokotehnoloških produktov in tehnologij, namenjenih končnim kupcem.

Prihajajoče tehnologije na področju fotonike bodo osnovane na razvoju naprednih unikatnih laserjev za nišne aplikacije ter na uporabi laserjev kot digitalnega in maksimalno prilagodljivega orodja za različne aplikacije na področju industrije, medicine in druge. Prilagodljivo digitalno procesiranje tako omogoča uresničevanje povsem novih zahtev na področju izdelovalnih tehnologij. Nove laserske tehnologije s področja medicine in biomedicine pa odpirajo priložnosti glede na sinergije med obstoječimi partnerji denimo za izdelavo bio-integriranih čipov za personalizirano diagnostiko.

Plazemske tehnologije predstavljajo okolju prijazne tehnološke postopke, saj se z njihovo uporabo lahko izognemo marsikaterim zamudnim in okolju neprijaznim mokrim kemijskim postopkom in to ne samo na področju tovarnih prihodnosti, temveč na vseh relevantnih prednostnih področjih/SRIPIh kot so npr. materiali, hrana, medicina, itd. Fokus raziskav, razvoja in inovacij, ki jih izvaja horizontalna mreža/ključna omogočevalna tehnologija Plazemske tehnologije se smiselno dopolnjuje z realizacijo novih produktov in storitev v vertikalni verigi vrednosti Naprednih zelenih tehnologij. Pri tem so vključeni pametni plazemski sistemi, napredni senzorji in materiali. Z uporabo plazemskih tehnologij lahko le-tem bistveno dvignemo funkcionalnost hkrati pa tudi povečamo delež okolju prijaznih tehnoloških postopkov. Z uporabo plazemskih tehnologij se dviguje raven inovacij tekom samega proizvodnega procesa, kot tudi pri končnih produktih, ki imajo zaradi vpeljave plazemskih tehnologij višjo dodano vrednost, boljšo kakovost in na trgu predstavljajo bistveno večjo konkurenčno prednost. Poleg tega se z razvojem in uporabo plazemskih tehnologij v različnih panogah lahko doseže popolnoma nove načine izdelave/obdelave materialov ali hrane, ki pripomorejo k doseganju več ciljev Evropske unije; (i.) Evropski zeleni dogovor, kjer vpeljava plazemskih tehnologij predstavlja okolju prijazen tehnološki postopek, omogoča krožno gospodarstvo z razvojem inovativnih izdelkov ter pripomore k trajnostnemu kmetijstvu, (ii.) pobuda od vil do vilic (Farm to Fork) se nanaša na uporabo plazemskih tehnologij, s katerimi se lahko izognemo nevarnim kemičnim postopkom za obdelavo in pridelavo hrane, obenem dosežemo večjo produktivnost v poljedelstvu in varni hrani, (iii.) direktiva o industrijskih emisijah, saj se ob uporabi plazemskih tehnologij emisije zaradi zmanjšanja drugih okolju neprijaznih postopkov zmanjšajo, poleg tega pa z vpeljavo plazemskih obdelav lahko tudi bistveno zmanjšamo število klasičnih obdelovalnih postopkov, (iv.) direktiva o energetski učinkovitosti, (v.) direktiva RoHS o omejevanju nevarnih snovi, (vi.) direktiva o pitni vodi, (vii.) direktiva o trajnostnem razvoju in krožnem gospodarstvu, (viii.) varovanju zdravja in (ix.) strategija EU za inovacije in raziskave. Z naštetimi ukrepi lahko bistveno prispevamo k dvigu konkurenčne prednosti slovenske industrije.

Uporaba plazemskih tehnologij naj bi od leta 2022 do 2030 rasla s 15 % letno rastjo (CAGR), zato uporaba plazemskih tehnologij v različnih vejah industrije za Slovenijo predstavlja ključno konkurenčno prednost in velik doprinos pri razvoju novih tehnologij in produktov z visoko dodano vrednostjo. Predvideva se, da se bodo te predvsem uveljavile na področjih avtomobilske, elektro in polprevodniške industrije, procesiranja hrane in pakiranja, medicine, letalstva in polimernih materialov. Uporaba tovrstnih tehnologij je z vidika prepoznanih potreb slovenske industrije predvsem na področjih: obdelave materialov za izboljšanje adhezije, hidrofobizacije in oleofobizacije površin, plazemskega elektrolitskega poliranja in protikorozijske zaščite, uporabe plazme za medicino (plazemska medicina) in na področju kmetijstva (plazemska agrikultura).

Ključna prednost slovenskih deležnikov je v znanju s področja plazemskih tehnologij v raziskovalnih organizacijah in velika težnja in možnost inovacij na tem izrazito interdisciplinarnem področju (pozitivne izkušnje pri prijavi EU in/ali USA patentov s področja plazemskih tehnologij). S povezovanjem različnih slovenskih podjetij in identificiranjem njihovih potreb se omogoča prenos znanja v industrijsko prakso. S tem bistveno prispevamo k preseganju globokega prepada med aplikativnimi in industrijskimi raziskavami. Z izvedbo predloženega akcijskega načrta bomo dali celotni panogi bistven zagon za realizacijo nadaljnjega tehnološkega in industrijskega preboja.

Sodobne proizvodne metode za materiale ter nano in kvantne tehnologije je horizontalna mreža/ključna omogočevalna tehnologija. Le-ta se smiselno nadgrajuje v fokusno področje Naprednih zelenih tehnologij. Raziskave, razvoj in inovacije na tem področju predstavljajo pomembno vlogo pri izboljševanju kvalitete življenja. Omogočajo tehnološki napredek na vseh področjih družbe tako v domačem bivalnem okolju kot tudi v industriji, prometu, pri hrani, zdravstvu ter obdelavi informacij.

Na podlagi preteklih aktivnosti smo v okviru SRIP ToP identificirali številna tehnološka področja, ki se nadgrajujejo v fokusnih področjih in produktih smereh v sklopu naprednih zelenih tehnologij in to povsod tam, kjer imamo v Sloveniji kompetence in kapacitete, tako v raziskovalno-razvojni kot industrijski sferi. Le-te se dotikajo širših področij elektronike, energetike, gradbeništva in inženirskih materialov ter predstavljajo pomemben proizvodni program Slovenije. Program rezultira v najrazličnejših izboljšanih ali novih produktih na primer na področju novih materialov, senzorjev ali senzorskih tehnologij. Zaradi interdisciplinarne narave se navedena nišna tehnološka področja in produktne smeri pomembno prepletajo z drugimi prednostnimi področji/SRIPi. Nekatere od ključnih omogočevalnih tehnologij s področja novih materialov, nanotehnologij in kvantnih tehnologij, ki zavzemajo v Sloveniji posebno mesto, povzemamo v točkah, ki sledijo.

Magnetni materiali: Evropa je gonilna sila Zelenega prehoda, katerega uspeh temelji na trajnostnih energetskih in mobilnostnih rešitvah. Naslavljammo izzive, ki so tesno povezani s cilji »Evropskega zelenega dogovora« in »Akta o kritičnih surovinah«. Prispevamo k podnebni nevtralnosti z razvojem z viri gospodarne in okolju prijazne e-mobilnosti. Hkrati spodbujamo boljšo krožno ekonomijo pri uporabi materialov z njihovim recikliranjem, kar vodi k zmanjšani odvisnosti EU od uvoza kritičnih surovin. V ta namen snujemo rešitve glede zasnove, proizvodnje in uporabe kritičnih surovin ter trajnih magnetov z izboljšanimi magnetnimi lastnostmi in učinkovito uporabo materialnih virov.

Materiali za elektroniko: Področje vključuje razvoj materialov z izboljšanimi funkcijskimi lastnostmi, ki presegajo obstoječe stanje razvoja in raziskav za uporabo v elektroniki in energetiki. Gre za fero/piezoelektrične keramične materiale brez svinca, ki bi v čim večji meri nadomestili komercialno najbolj razširjeno, a za človeka in okolje škodljivo svinčevo piezoelektrično keramiko, relaksorske feroelektrike, antiferoelektrike, oksidne (pol-)prevodnike. Raziskujemo materiale in komponente za kalorično hlajenje in za pretvorbo ter shranjevanje energije. Pri razvoju in izdelavi varistorske keramike je za doseganje ustreznih tokovno-napetostnih (I-U) karakteristik (nazivne oz. prebojne napetosti, koeficienta nelinearnosti in toka puščanja) in sposobnosti visoke energijske absorpcije ključno obvladovanje njene fazne sestave, mikrostrukture in elektronskih stanj v zrnih ZnO in na mejah med zrnji.

Izolacijski materiali ter funkcionalni premazi: Trendi pri toplotnoizolacijskih fasadnih sistemih kažejo na potrebo po zmanjšanju skupne debeline sistema ETICS z uporabo še bolj energijsko učinkovitih toplotnoizolacijskih materialov, ob tem pa se želi ohraniti dobre aplikativne lastnosti in cenovno dostopnost, kar je pogosto problem pri današnjih super-izolacijskih materialih. Toplotno-izolacijski materiali so eden od osnovnih elementov za doseganje energijske učinkovitosti v stavbah in industriji. Novi izolacijski materiali imajo izboljšano učinkovitost, tako s stališča njihovih lastnosti kot njihove proizvodnje. Funkcionalni ali pametni premazi ponujajo rešitve za številna področja, od medicine do gradbeništva. Natančneje, zaščitni antibakterijski premazi imajo velik potencial na področju tekstila, stavb in opreme. Prav tako pa zaradi vse večje odpornosti bakterij narašča potreba po antibakterijski zaščiti površin tako v domači kot industrijski rabi (stene, sanitarne površine, ipd.).

Materiali za zeleno energijo in baterije: Globalna prizadevanja za prehod na brezogljično gospodarstvo v veliki meri spodbujajo obnovljiva goriva in vire energije. Tehnologije, ki temeljijo na zelenem vodiku, so nepogrešljiv del tega prehoda in ponujajo možnost razogljičenja več komercialnih sektorjev. Zeleni vodik je tudi pomemben vidik strategij razogljičenja, vključenih v pobude EU Green Deal in REPowerEU, ki sta ključni za energetske neodvisnosti EU. Zeleni vodik se proizvaja predvsem z elektrolizo vode, a imajo vse tehnologije elektrolizerjev svoje izzive, ki omejujejo njuno širitev na zeleno "teravatno" lestvico. Na področju baterij se priložnosti kažejo na razvoju litij-ionskih baterij z elektrolitom v trdnem stanju, ki omogočajo predvsem njihovo bolj varno in stabilno delovanje. Priložnosti se odpirajo tudi na področju razvoja tankoplastnih baterij, ki jih je možno neposredno integrirati z elektronskimi vezji.

Kvantne tehnologije: Te predstavljajo prelomnico v načinih za obdelavo podatkov, njihovega pomnjenja in izmenjave ter v načinih zaznavanja. Slovenija ima odlično teoretično in eksperimentalno izhodišče za razvoj kvantnih tehnologij zahvaljujoč dolgi tradiciji kvantne fizike na številnih področjih, od superprevodnih tehnologij in kvantnih naprav do hladnih atomov, kvantne optike, teorije kvantnih informacij, večdelčne kvantne fizike in še posebej kvantnih materialov. Kvantne tehnologije prepletajo raziskovalne discipline (fizika, optika, elektrotehnika, računalništvo, uporabna matematika, kriptografija)

ter industrijske dejavnosti (merjenje in testiranje, kontrolni sistemi, laserska tehnika, komunikacije, računalniška strojna in programska oprema).

Navedena ključna omogočitvena tehnologija/horizontalna mreža se smiselno nadgrajuje v fokusnem področju **Naprednih zelenih tehnologij**. Pri tem so trenutno v vodstvu napredni sintezni postopki, ki vključujejo recikliranje materialov in manjšo porabo energije, kakor tudi shranjevanje energije in prehod na obnovljiva goriva in nove vire energije. Na področju novih materialov se prednost daje uvajanju tehnologij brez strupenih težkih kovin in redkih zemelj ter povezavi preko IoT vmesnikov in senzorskih sistemov. Izvaja se identifikacija, raziskave in razvoj ter demonstracija ključnih senzorskih konceptov, ki naslavljajo konkretne potrebe partnerjev na področju miniaturnih procesnih senzorjev. Opravljajo se raziskave in eksperimentalni razvoj novih senzorskih konceptov, ki bodo temeljili na ključnih omogočitvenih tehnologijah, zlasti na mikro in nano-tehnologijah, fotonjskih konceptih ter naprednih materialih kakor tudi na kvantnih tehnologijah. V okviru EU projekta Greene, katerega partner je Institut "Jožef Stefan", se postavlja prvo raziskovalno pilotno linijo za proizvodnjo NdFeB magnetov, ki bo omogočal lažji prehod novega materiala iz laboratorijskega nivoja v industrijo. Laboratorij bo pomembno prispeval k boljšemu prenosu tehnologije iz teorije v prakso, oziroma iz laboratorija v industrijo in bo predstavljal pomemben člen instrumenta distribuiranega Nacionalnega demonstracijskega centra Pametne tovarne (NDC PT).

Pametna mehatronska orodja: Orodjarstvo predstavlja eno ključnih strateških gospodarskih panog v Sloveniji. Slovenski orodjarji na leto ustvarijo okoli 310 milijonov EUR prihodkov in povprečno izvozijo kar 85 odstotkov orodij. Orodjarska panoga sicer res dosega nizek delež BDP, manjši od 1%, vendar je od kakovostne orodjarske podpore odvisnih kar 42% celotne predelovalne industrije, ocenjuje pa se, da je multiplikativen učinek orodjarstva vsaj 100-kratnik njihovega vložka. V Sloveniji je v 170 podjetjih zaposlenih okrog 3.500 - 4.000 orodjarjev, ki letno ustvarijo več kot 300 milijonov EUR prometa.

Najpomembnejše prednosti/priložnosti orodjarstva, ki jih moramo v okviru SRIP ToP še naprej izpopolnjevati so zelo široka. Najpomembnejši so ljudje in njihova tehnično-strokovna podkovanost, kakovost in dolgoletna tradicija orodjarske panoge (v Sloveniji obstajajo orodjarne z več kot stoletno tradicijo), velika prilagodljivost in hitra odzivnost (večina slovenskih orodjarn je manjših, taka podjetja pa so izredno prilagodljiva in odzivna). Slovenija ima zaradi ugodne geografske lege velike prednosti (Faktor bližine - proximity value - je v orodjarskem poslu zelo pomemben, saj kupci v primeru dodelav orodij, popravil poškodb ali obnov pričakujejo, da bo sodelujoči partner-orodjarna čim hitreje odpravil nepričakovane zastoje v proizvodnji liniji). Pomemben je dober strojni park in sposobnost izdelovanja zelo natančnih obdelav, specializiranost za posamezne tehnologije (preoblikovanje pločevine, tlačno litje kovin, brizganje plastike, kovanje, hladno preoblikovanje itd.). Zaradi tradicije, kakovosti in zanesljivosti je značilna prepoznavnost slovenskega orodjarstva pri številnih globalnih OEM proizvajalcih, ki se nadalje krepi in širi na nova področja z diverzifikacijo produktov. Velike priložnosti na področju novih tehnologij, prenosov inovacij in sodelovanja z akademskimi institucijami so vidne predvsem na področju aditivnih tehnologij, plastike in izboljšanja prilagodljivosti orodij, kar izredno vpliva tudi na prehod v krožno gospodarstvo, zmanjšanje izmeta v proizvodnji.

Največje težave/pomanjkljivosti slovenskih orodjarn se v primerjavi z drugimi državami odražajo v vse višji konkurenci držav z nizkimi stroški delovne sile. Pomanjkljivosti so tudi v nezadostnih kapacitetah za prevzem celovitih rešitev/večjih industrijskih projektov, kjer tudi največje orodjarne ne morejo prevzeti največjih poslov (npr. izdelava seta orodij za izdelavo karoserije posameznih modelov). Trend se obrača v smer, da dobavitelji orodij prevzamejo celotne koncepte. Pri tem pa se pojavljajo omejitve strojnega parka pri proizvodnji velikih orodij, še posebej na področju predelave plastike. Zaostanek je tudi na področju povezovalnih aktivnosti in tradicionalno prevelika individualnost tako pri razvoju, kakor tudi nastopih na trgih. Tu gre za občutljivost na nove trende, predvsem od večjih trgovinskih partnerjev, od katerih so slovenski orodjarji odvisni (predvsem sektor avtomobilske industrije), pomanjkanje primerno izobraženega kadra (na vseh področjih – od visoko izobraženih inženirjev do orodjarskih izvedencev in operaterjev strojev) in neustrezen šolski sistem oz. izobraževalni programi. Še vedno ni rešitev pri usposabljanju mladega kadra, kljub že najmanj 10 letnemu zavedanju problematike. Opažamo tudi zaostanek pri sledenju modernim trendom, predvsem na področju aditivne proizvodnje in krožnem gospodarstvu. Predvsem pogrešamo sodelovanja malih orodjarjev (teh je več kot 80% od vseh orodjarjev) z akademskimi institucijami in njihovo vključevanje v nacionalne in mednarodne verige vrednosti, ter prenos tehnologij v ta podjetja. Navedene pomanjkljivosti želimo z delovanjem v SRIP

ToP izboljšati z nadaljnjo ponudbo izobraževanj, povezovanjem in prenosom raziskovalnih rezultatov in inovacij iz akademskih institucij v industrijo. Zato menimo, da je povezovanje z ostalimi relevantnimi prednostnimi področji/SRIPI pomembno, še posebej pa naj poudarimo idejo o realizaciji instrumenta distribuiranega Nacionalnega demonstracijskega centra Pametne tovarne v sklopu SRIP ToP, ki je za fokusno področje pametnih mehatronskih orodij ključnega pomena.

Pametne tovarne predstavljajo ključni razvojni korak v smeri Industrije 4.0 in prehoda v Industrijo 5.0, kjer tehnologija nadgrajuje človeške veščine in ne le nadomešča delovne procese. Nekatera slovenska podjetja se na tem področju uveljavljajo kot napredna, saj vključujejo integracijo naprednih tehnologij, kot so umetna inteligenca, digitalni dvojčki, IoT (Internet stvari) in kognitivno vodenje v proizvodne procese. Pri tem je pomembno tudi sodelovanje z ostalimi horizontalnimi mrežami znotraj (robotika, tehnologije vodenja, fotonika, plazma, novi materiali) in zunaj (KET IKT, HOM krožna ekonomija) ToP. Osnova pametnih tovarn je povezovanje in avtomatizacija celotnih proizvodnih verig, ki vključujejo inteligentne sisteme vodenja, prediktivno vzdrževanje, digitalizacijo in avtomatizacijo procesov. To omogoča optimizacijo proizvodnje, povečanje učinkovitosti in prilagodljivosti ter zmanjšanje izpadov. Digitalni dvojčki, ki se vedno bolj uporabljajo, omogočajo simulacije in optimizacijo v realnem času, kar zmanjšuje tveganja in omogoča hitrejše odzivanje na tržne spremembe.

Pomembno vlogo pri razvoju pametnih tovarn imajo akademske institucije, ki so tesno povezane z globalnimi trendi in inovacijami. Sinergije med industrijo in akademskimi institucijami so ključne za prenos tehnologij v prakso, kar vodi k ustvarjanju novih produktov in storitev, ki so konkurenčni na svetovnem trgu. Sodelovanje bo potrebno še bolj okrepiti, da bo gospodarstvo dobilo človeške vire z ustreznimi kompetencami potrebnimi za sodobne tehnologije, ki so vključene v tovarne prihodnosti.

Prihajajoče tehnologije na področju pametnih tovarn bodo osredotočene na nadaljnjo integracijo umetne inteligence, avtomatizacije in robotizacije, zlasti v maloserijski in personalizirani proizvodnji in to v sodelovanju z ostalimi KETi. Razvoj novih metod za sprotni nadzor in upravljanje proizvodnih procesov bo omogočil hitrejše prilagajanje potrebam trga in izboljšanje kakovosti proizvodov. Pomembno področje bo tudi nadaljnji razvoj tehnologij za zeleno energetske oskrbo, kar bo povečalo trajnost in ekonomsko upravičenost proizvodnje.

Cilj fokusnega področja pametnih tovarn v SRIP ToP je spodbujanje razvoja pametnih tovarn v Sloveniji, kar bo omogočilo hitrejši tehnološki napredek ter dolgoročno konkurenčnost slovenskega gospodarstva na globalnem trgu.

Skupne storitve zajemajo področje razvoja človeških virov, trajnostne pametne tovarne in storitve na področju spodbujanja podjetništva.

Razvoj človeških virov za pametne tovarne: Za razvoj pametnih tovarn je nujno potreben kader z ustreznim znanjem, saj brez kompetenc pametnih tovarn ni mogoče načrtovati, organizirati in tudi ne upravljati. Na področju človeških virov bomo nadaljevali aktivnosti za identifikacijo potreb po kompetencah in profilov prihodnosti, v kolikor želimo slediti razvojnim trendom in prihajajočim tehnologijam ter orodjem. Raziskati in uvesti bo potrebno nove metode za identifikacijo potreb po kompetencah ter izboljšati oz. prilagoditi procese usposabljanja.

Trajinostne pametne tovarne: Nadaljevati želimo s spodbujanjem h krepitvi sodelovanja med različnimi SRIP-i. To bo omogočilo boljše izkoriščanje skupnih kapacitet in kompetenc ter prispevalo k bolj celostnemu pristopu pri reševanju izzivov zelenega prehoda.

Spodbujanje podjetništva: Tako MGTŠ, preko agencij SPIRIT in Slovenskega podjetniškega sklada, kot tudi MVZI, financirajo spodbujanje podjetništva in prenosa tehnologij. V ta namen se bomo v okviru SRIP ToP povezali s tistimi inštitucijami, ki prejemajo finančna sredstva v tem okviru in z vsemi ostalimi inštitucijami, katerih cilj je spodbujati razvoj prednostnega področja ToP.

2. Načrt razvoja prednostnega področja za obdobje 2025 do 2030 z naborem aktivnosti partnerstva in skupnih projektov članov

Sodelovanje v upravljanju in članstvu SRIP ToP je usmerjeno k izboljšanju konkurenčne sposobnosti Slovenije na globalnih trgih. To zagotavljamo z odprtostjo vključevanja, uravnoteženostjo pri upravljanju, povezovanjem in združevanjem gospodarstva, akademskih institucij, države in ostalih deležnikov na področju ToP, v smeri zelenega prehoda in digitalizacije, kar je strateški cilj S5. Člani sodelujejo v organih upravljanja kot so skupščina, upravni odbor, programski svet, poslovni odbor in direktor. Programski svet uravnoteženo tvorijo koordinatorji in njihovi namestniki, ki so vpeti tudi v

horizontalne mreže in preko SRIP ToP delujejo za vse SRIPe. Na ta način stalno in osredotočeno poteka proces podjetniškega odkrivanja, proces uvedbe instrumenta distribuiranega Nacionalnega demonstracijskega centra Pametne tovarne (NDC PT) in vključevanja tako v domače kot tudi mednarodne verige. Nenazadnje je ena od ključnih usmeritev, krepitev blagovne znamke SRIP ToP tako v slovenskem kot tudi evropskem prostoru. Bolj podroben opis usmeritev v upravljanju in članstvu je razviden iz vloge za izbor operacij "Podpora strateškim razvojno inovacijskim partnerstvom (SRIP) za obdobje 2023 - 2026" v obrazcu št. 3 - Dispozicija SRIP.

V procesu odkrivanja prioriteten raziskovalno razvojnih usmeritev, SRIP ToP upošteva naslednje kriterije: aktivno članstvo v SRIP ToP, tehnološki potencial, obstoj kompetenc in kapacitet tako v industriji kot v raziskovalnih ustanovah, obstoj vodilnega nosilca znanja s skupino strokovnjakov, jasni tržni cilji znotraj področja, izvozni potencial, visoka dodana vrednost in donosnost. Pri pripravi akcijskih načrtov smo se osredotočali na konkretne produkte, storitve, sisteme ali tehnologije, za katere vemo kdo jih bi izvajal, ob podpori javnih sredstev pa lahko zanje določimo časovno in stroškovno komponento za realizacijo.

Načrt razvoja bomo v AN opredelili po identificiranih ključnih razvojnih prioritetah ToP, kjer bomo za vsako identificirano ključno razvojno prioriteto podali nabor aktivnosti z nakazanim prepletanjem in opredeljenimi skupnimi aktivnostmi partnerstva članov SRIP ToP. Identificirane ključne razvojne prioritete bomo podali za posamezne horizontalne mreže/ključne omogočitvene tehnologije in za fokusna področja ter produktne smeri v vertikalnih verigah vrednosti. Na koncu bomo za celotno prednostno področje ToP opredelili še skupne storitve kot so usmeritve izobraževanj, delavnic, izmenjav dobrih praks, človeških virov, zelenih tehnologij, podjetništva in internacionalizacije. Horizontalne mreže/ključne omogočitvene tehnologije so zastavljene na način, da se vključujejo na vsa ostala relevantna prednostna področja/SRIPe v Sloveniji. V ta namen smo že v fazi priprave (Forum IRT, Portorož 10.6.2024) izvedli delavnico kot javno predstavitev akcijskih načrtov SRIP ToP z vabilom vsem ostalim SRIPom, da sodelujejo pri nastajanju, usmerjanju in dopolnjevanju vsebin horizontalnih mrež/ključnih omogočitvenih tehnologij zajetih v SRIP ToP.

Robotika je v Sloveniji zelo dobro razvita in uveljavljena. Zato smo na področju robotike identificirali več perspektivnih tehnoloških področij, kjer imamo v Sloveniji potrebne kompetence in kapacitete tako v RO kot tudi v podjetjih, ki s skupnimi aktivnostmi rezultirajo v novih produktih, procesih, sistemih ali tehnologijah, ki so sposobni doseči preboje na najrazličnejših prednostnih področjih/SRIPIh. Robotika v Sloveniji obsega široko področje znanstveno raziskovalne, razvojne in inovacijske dejavnosti, proizvodnjo robotov in robotskih komponent ter integracijo robotov. Sem spada tudi področje avtomatizacije, strojnega vida in naprednih laserskih sistemov in komponent. Vse skupaj zaokrožajo številni uporabniki navedenih tehnologij tako doma kot v tujini.

Smeri razvoja področja **HOM Robotika** so:

Aadaptivna, rekonfigurabilna in kolaborativna robotika: področje obsega razvoj nove stacionarne/mobilne robotike za področja uporabe v zraku, na zemlji in v vodi, razvoj robotskih sistemov namenjenih sodelovanju človeka in robota, razvoj postopkov intuitivnih načinov učenja robotov in uporabniške interakcije človeka z robotom pri skupnem delu, razvoj umetne inteligence za nove generacije robotov razvoj in vpeljava novih večnamenskih, rekonfigurabilnih, modularnih konceptov za hitro produkcijo maloserijskih in personaliziranih produktov ter sprotno spremljanje kakovosti, nove metode adaptivnega vodenja robotov z optičnimi senzorji, strojnim vidom in senzorji sile, prilagodljivi prijemalni sistemi in mehka robotika, razvoj novih robotskih platform za specifična nestrukturirana okolja, samodejna rekonfiguracija robotiziranih delovnih okolij.

Napredni robotski vid in inteligentna senzorika: področje obsega avtomatsko prilagajanje na spremembe v okolju ter rekaliibracijo na nove naloge, vizualni nadzor kakovosti, ki temelji na podatkih v obliki strojnega oz. globokega učenja, vizualni sistemi za večjo transparentnost proizvodnih procesov, visokonivojski kognitiven računalniški vid za razvoj kolaborativne robotike in širše, širitev strojnega vida v delno kontrolirana in nekontrolirana okolja, kot so kmetijstvo, transport, videonadzor, medicina, široka potrošnja, itd, umeščanje naprednega strojnega vida v tovarne prihodnosti, mesta in skupnosti, transport, zdravje in okolje, razvoj in raziskave na področju tipalne senzorike, senzorjev sile in navora in ostalih senzorjev zaznavanja (vonj, prisotnost delcev in snovi) v robotiko in napredne aplikacije v strukturiranem in nestrukturiranem okolju.

Napredne robotske komponente: področje obsega napredne robotske komponente, kot so senzorji, aktuatorji in ostale robotske komponente v povezavi z novimi materiali, programskimi metodami, načini podatkovnega prenosa in umetno inteligenco, razvoj novih naprednih senzorjev za zaznavanje lege, sile in navora in predvidevanja vzdrževanja razvoj algoritmov za spremljanje in nadzor pogonskih

sistemov aktuatorjev s krmiljenjem navora razvoj algoritmov temperaturne in podajne kompenzacije robotskih sklopov in sistemov, razvoj robotskih komponent za delo v čistih prostorih z izvedbo certifikacije, napredno konstruiranje in razvoj metod za analizo in odpravo vibracij mehanskih prenosnikov.

Napredne robotske tehnologije in digitalizacija industrije: področje obsega razvoj in integracijo samodejne rekonfiguracije za variabilno proizvodnjo majhnih serij, samodejno krmiljenje kakovosti, samodejno prilagajanje količinam, razvoj naprednih robotiziranih decentraliziranih logističnih sistemov in procesov s podatkovno optimizacijo in povečanjem stopnje digitalizacije, povezovanje robotskih sistemov, medsebojne komunikacije in vključevanje robotskih sistemov v Internet stvari z vključevanjem novih brezžičnih prenosnih tehnologij, nadzorni sistemi v robotiki in inovativne senzorsko podprte aplikacije, povezovanje robotskih tehnologij z logistiko, simulacijskimi in poslovnimi modeli, razvoj in uvajanje naprednih fleksibilnih robotskih sistemov kot sestavni del novih poslovnih modelov digitaliziranih pametnih tovarn na osnovi samoorganizacije, razvoj poslovno-raziskovalnega povezovanja med raziskovalno in izobraževalno dejavnostjo, proizvajalci robotov, sistemskimi integratorji, uporabniki na vseh področjih in ponudniki podpornih storitev, razvoj farmacevtskih, medicinskih, agro in okoljskih (gradbenih) robotskih sistemov.

Produktne smeri področja **VVV Napredni robotski in laserski sistemi in komponente** so:

Napredni robotski sistemi: področje obsega implementacijo in trženje novih stacionarnih/mobilnih robotov za področje uporabe v zraku, na zemlji in v vodi, implementacijo in trženje robotskih sistemov namenjenih sodelovanju človeka in robota, implementacijo in trženje postopkov intuitivnih načinov učenja robotov in uporabniške interakcije človeka z robotom pri skupnem delu, implementacijo in trženje novih pristopov kognitivnega vodenja za nove generacije robotov, integracijo 3D laserskih sistemov in sistemov strojnega vida v robote in robotske aplikacije, nove metode adaptivnega vodenja robotov s strojnimi vidom in senzorji sile, rešitve s kompleksnimi robotskimi merilnimi in prijemalnimi sistemi, implementacijo in trženje novih mobilnih robotskih platform za specifična nestrukturirana okolja, implementacijo in trženje, farmacevtskih, medicinskih, agro in okoljskih (gradbenih) robotskih sistemov.

Napredni robotski vid in senzorika: področje obsega samodejno prilagajanje in rekalkulacijo, kar pomeni avtomatsko prilagajanje robotskih funkcij na spremembe v delovnem okolju brez ročnih posegov, vizualni nadzor kakovosti z uporabo strojnega in globokega učenja za avtomatsko vizualno preverjanje kakovosti proizvodov, zagotavljanje transparentnosti proizvodnje z vključevanjem vizualnih sistemov za spremljanje in optimizacijo proizvodnih procesov v realnem času, kognitiven računalniški vid za napredne sodelovalne funkcije med roboti in ljudmi za izboljšanje varnosti in učinkovitosti, širitev strojnega vida na nova področja uporabe npr. v kmetijstvu, transportu, videonadzoru, medicini in široki potrošnji ter implementacija naprednega strojnega vida v pametne tovarne, mesta, transportne sisteme, zdravstvo in okolje z vključevanjem napredne tipalne senzorike za zaznavanje fizikalnih lastnosti v strukturiranih in nestrukturiranih okoljih.

Napredne robotske komponente: področje obsega napredne robotske komponente, kot so senzorji, aktuatorji in ostale robotske komponente v povezavi z novimi materiali, programskimi metodami, načini podatkovnega prenosa in umetno inteligenco, implementacijo in vpeljavo na tržišče novih naprednih senzorjev za zaznavanje lege, sile in navora ter predvidevanja vzdrževanja, implementacijo in vpeljavo na tržišče rešitev za spremljanje in nadzor pogonskih sistemov aktuatorjev s krmiljenjem navora, implementacijo in vpeljavo na tržišče robotskih komponent za delo v čistih prostorih z izvedbo certifikacije, napredno konstruiranje in implementacijo ter vpeljavo na tržišče metod za analizo in odpravo vibracij mehanskih prenosnikov.

Napredne robotske tehnologije in digitalizacija industrije: področje obsega implementacijo in trženje samodejne rekonfiguracije za variabilno proizvodnjo majhnih serij, samodejno krmiljenje kakovosti, samodejno prilagajanje količinam, implementacijo in trženje naprednih robotiziranih decentraliziranih logističnih sistemov in procesov s podatkovno optimizacijo in povečanjem stopnje digitalizacije, povezovanje robotskih sistemov, medsebojne komunikacije in vključevanje robotskih sistemov v Internet stvari z vključevanjem novih brezžičnih prenosnih tehnologij, nadzorni sistemi v robotiki in inovativne senzorsko podprte aplikacije, povezovanje robotskih tehnologij z logistiko, simulacijskimi in poslovnimi modeli, razvoj in uvajanje naprednih fleksibilnih robotskih sistemov kot sestavni del novih poslovnih modelov digitaliziranih pametnih tovarn na osnovi samoorganizacije, razvoj poslovno-raziskovalnega povezovanja med raziskovalno in izobraževalno dejavnostjo, proizvajalci robotov, sistemskimi integratorji, uporabniki na vseh področjih in ponudniki podpornih storitev.

Napredni laserski sistemi in komponente: področje obsega razvoj lasersko-podprtih sistemov za aditivno 3D prototipiranje s funkcionalnimi materiali na področju večplastne elektronike, brizganih

povezovalnih vezij (MID) in bio-senzorike, razvoj laserskih sistemov za hladno ablacijo naprednih materialov na mikrometrski skali, vključujoč lasersko procesiranje stekla kot alternativnega materiala polimerom v proizvodnji vmesnikov med čipi in makro svetom (v sodelovanju s Kompetenčnim centrom za čipe in polprevodniške tehnologije – Čip.si), razvoj nano-proizvodnih sistemov za direktno (brez maskovno) lasersko litografijo na področju razvoja in proizvodnje prihodnjih generacij elektronskih, bio-medicinskih, nanorobotskih in drugih sistemov, implementacijo laserskih sistemov nove generacije v različne konfigurabilne proizvodnje linije s ciljem omogočanja hitrih sprememb proizvodnih procesov, njihove nadaljnje miniaturizacije, zmanjševanja porabe materiala in izmeta, prijaznosti okolju, sodelovanja in avtonomnosti, razvoj robotiziranih terapevtskih in kirurških laserskih medicinskih sistemov za visoko natančno terapijo, kirurgijo in telemedicino, razvoj in implementacijo pametnih medicinskih naprav z integriranimi detekcijskimi sistemi v povratni zanki za varne in učinkovite terapevtske postopke, razvoj novih generacij aktivnih in pasivnih optičnih vlaken za uporabo v industrijskih in medicinskih laserskih sistemih in komunikacijskih sistemih novih generacij ter modularno CAD/CAM programsko opremo in kontrolno elektroniko za nadzor pametnih laserskih sistemov nove generacije (tako industrijskih, kot medicinskih), temelječo na naprednem strojnem vidu in AI-podprtem strojnem učenju, ki se osredotoča na tesnejše sodelovanje med ljudmi in tehnologijo z namenom doseganja trajnostnih, prilagojenih in družbeno odgovornih proizvodnih in medicinskih procesov in s tem omogočala integracijo teh sistemov v koncepte industrije 4.0/5.0 in personalizirane medicine.

HOM Tehnologija vodenja je izrazito infrastrukturna omogočitvena tehnologija, ki je vključena v praktično vseh sodobnih napravah, strojih, procesih in sistemih z nalogo zagotavljanja njihove funkcionalnosti, zanesljivosti, varnosti in učinkovitosti delovanja. Zato je smiselno, da nova sodobna znanja s tega področja pridobivamo sistematično v okviru horizontalne mreže Tehnologija vodenja - HOM TV in se tudi vključuje v vsa relevantna področja znotraj SRIP ToP kot tudi v ostale SRIPe. Glede na izbrane raziskovalno razvojne usmeritve v okviru SRIP ToP smo ocenili, da je potrebno pridobiti nova znanja predvsem na naslednjih razvojnih smereh:

Zasnovi novih gradnikov, ki bodo prispevali k močnejši integraciji fizičnega in digitalnega sveta v tovarnah prihodnosti (razvoj gradnikov, ki temeljijo na novi generaciji senzorjev, razvoj komunikacijskih vmesnikov, razvoj avtonomnih programskih agentov z možnostjo učenja, raziskave na področju podatkovnih prostorov za varen prenos in deljenje podatkov med deležniki). Na raziskavah s področja podatkovnih prostorov se bomo predvidoma povezali s SRIPom GoDigital.

Razvoju novih postopkov za sprotni nadzor in upravljanje proizvodnih procesov (razvoj novih postopkov rudarjenja podatkov z namenom ekstrakcije dodatnih ključnih skritih informacij ter uporabe merjenih podatkov za (sprotno) identifikacijo matematičnih modelov, razvoj novih postopkov za sprotni nadzor in upravljanje proizvodnih procesov). Osredotočili se bomo na tri sklope razvojnih raziskav: (i) razvoj proizvodnega modela za določen segment izdelkov, (ii) razvoj agentov za vpogled v nemerljiva (skrita) stanja procesa, kot so npr. neposredno nemerljive veličine v procesu, napake na strojih in izdelkih ter (iii) razvoj postopkov za prediktivno vodenje in optimizacijo.

Tehnologijam vodenja za zeleno energetske oskrbo (zasnova gradnikov za nizkoogljčne tehnologije, ki jih bomo uporabljali pri zasnovi in izvedbi procesnega laboratorija za zelene procesne tehnologije, Raziskave na področju čiste energetske oskrbe s poudarkom na elektrifikacijo tehnoloških procesov ter uporabi vodikovih tehnologij za shranjevanje, pretvorbo, distribucijo in energetske oskrbo in razvoj postopkov za upravljanje z energijo, predvsem na področjih vodenja sistemov z vključenimi trajnostnimi energetskimi viri, vključno s pretvorbo, distribucijo in upravljanjem energije).

Rezultate bomo uporabili pri delu na vseh identificiranih tehnoloških področjih Tehnologije vodenja. Ker tehnologija vodenja predstavlja tipično horizontalno tehnologijo, ki svojo uporabo najde na zelo različnih področjih uporabe, bodo izvedene raziskave koristne tudi pri realizaciji aktivnosti v drugih tehnoloških področjih znotraj SRIP Tovarne prihodnosti (predvsem Robotski in laserski sistemi in komponente, Pametna mehatronska orodja, Napredne zelene tehnologije, Pametna tovarna, itd.).

Zaradi izrazite infrastrukturnosti te horizontalne mreže/ključne omogočitvene tehnologije so znanja s področja tehnologije vodenja potrebna tudi pri izvajanju projektov in aktivnosti v ostalih SRIP-ih. Zato se bomo prizadevali tudi za prenos na novo pridobljenih znanj v druge SRIPe (predsem SRIP Mreže za prehod v krožno gospodarstvo, SRIP Pametna mesta in skupnosti, SRIP Materiali kot končni produkti, SRIP Pametne stavbe in dom z lesno verigo in SRIP GoDigital). V omenjenih SRIPih bomo sodelovali kot aktivni člani njihovih struktur, ki so odgovorne za pripravo akcijskih načrtov (programski in tehnološki sveti) in pri organizaciji in izvedbi njihovih aktivnosti in dogodkov, ter na ta način umeščali HOM Tehnologije vodenja na druga prednostna področja/SRIPe.

V okviru **VVV Inteligentni sistemi vodenja za tovarne prihodnosti (ISVOD)** smo za prihodnje obdobje opredelili sedem produktnih smeri, od katerih šest predstavlja nadaljevanje in nadgradnjo usmeritev, ki so bile aktualne v preteklem obdobju, ena produktna smer pa je nova.

Umetna inteligenca pri vodenju in optimizaciji sistemov: Digitalizacija kompleksnih procesov (v npr. tovarnah prihodnosti) omogoča sprotno zajemanje velikih količin najrazličnejših podatkov. Za učinkovito interpretacijo teh podatkov v določenih primerih lahko uporabimo algoritme umetne inteligence in omogočimo učinkovitejši nadzor procesa, analizo trenutnega stanja, odkrivanje in diagnosticiranje nepravilnosti v delovanju procesa, sprejemanje ustreznih ukrepov za nadzor, vodenje in optimiranje delovanja procesa. Področje obsega algoritme za avtomatizacijo proizvodnje, rešitve za kakovost in nadzor procesov, inteligentne sisteme za prediktivno vzdrževanje strojne opreme, optimizacijo energetske učinkovitosti s pomočjo umetne inteligence, sisteme za prilagodljivo proizvodnjo ter sisteme za upravljanje delovne sile.

Digitalni dvojčki v tehničnih procesih: Z izrazom digitalni dvojčki (angleško digital twins) označujemo replike dejanskih naprav, prostorov ali procesov. Najpogostejše so to kar proizvodni procesi, kjer koncept prinaša najhitrejši povratek investicije. Sprejem podatkov iz vseh strojev in naprav, povezanih v internet stvari (IoT), namreč omogoča izgradnjo zgodovine, iz katere se lahko s pomočjo umetne inteligence in modeliranja napoveduje prihodnje obnašanje. Dejansko lahko virtualno podvojimo (zgradimo digitalni dvojček) realne situacije in najdemo načine, kako jih bolje reorganizirati in predelati ter s tem optimizirati. Področje obsega digitalne dvojčke za interno logistiko in razvrščanje, digitalne dvojčke za optimizacijo proizvodnih procesov ter povezljivost digitalnih dvojčkov s procesom.

Energetika v kompleksnih sistemih: Učinkovito upravljanje energije je v industriji eden od temeljev za uspešnost proizvodnih podjetij. Digitalizacija danes omogoča sprotno analizo energetskih procesov in identifikacijo potencialov, podatkovno integracijo energetskih sistemov z drugimi informacijskimi tehnologijami, (npr. MES, MOM, digital twin) v podjetju, tehno-ekonomsko optimizacijo (npr. H2 CHP) in vključevanje industrije v višje nivoje optimizacije upravljanja z energijo, kjer podjetja lahko nastopajo kot t.i. "prosumerji". Področje obsega energetiko v tovarnah, energetiko v pametnih omrežjih ter gradnike vodikovega prosumerja in obnovljivih virov.

Prediktivno vzdrževanje – prognostika in ocenjevanje stanja proizvodnih naprav in strojev: Prediktivno vzdrževanje je tehnologija, ki na podlagi ocenjenega notranjega stanja delujoče opreme omogoča optimalno načrtovanje in izvajanje vzdrževalnih posegov. Glavna stebra prediktivnega vzdrževanja sta diagnostika in prognostika. Diagnostika na podlagi obratovalnih podatkov določa trenutno stanje opreme, medtem ko je namen prognostike napovedati čas do njene odpovedi. Gre za sodobna koncepta, ki slonita na zmogljivih postopkih obdelave signalov, digitalnih dvojčkov, podatkovnih znanosti, informacijskih in komunikacijskih tehnologij in domenskih znanosti, ki se ukvarjajo s fiziko nastajanja poškodb. Prediktivno vzdrževanje gre skozi proces visoke stopnje digitalizacije na globalnem nivoju. Glavni učinki njegove implementacije se kažejo v popolnem odpravljanju nenadejanih odpovedi, maksimalni učinkovitosti in razpoložljivosti strojev in opreme, njene zanesljivosti in varnosti, sproten vpogled v stanje opreme in znatne ekonomske prihranke v poslovanju. Področje obsega zaznavanje sprememb v funkciji opreme, spremljanje stanja opreme/strojev in kazalnikov njihove iztrošenosti ter podporo planiranju vzdrževalnih posegov.

Industrijski internet stvari: Industrijski internet stvari (IIoT) je sestavni del koncepta Industrija 4.0 in lahko bistveno izboljša povezljivost gradnikov, poveča njihovo učinkovitost, prilagodljivost in zniža stroške poslovanja proizvodnih podjetij. IIoT omogoča tudi daljinsko (oddaljeno) vodenje, nadzor in vzdrževanje procesov, podpira uvajanje metod umetne inteligence ter zagotavlja dostop do podatkov za digitalizacijo tovarn prihodnosti. Področje obsega nadgradnjo IIoT rešitev za zbiranje, analizo in distribucijo podatkov.

Integrirani MES: Integrirani MES zagotavlja podatkovno in operativno povezavo strojev in drugih proizvodnih sredstev preko enotne infrastrukture in predstavlja temelj digitalizacije proizvodnih procesov. Podroben realnočasni vpogled v proizvodno dogajanje omogoča razvoj novih rešitev za upravljanje proizvodnih operacij, po drugi strani pa preko povezljivosti z drugimi informacijskimi sistemi zagotavlja podporo preostalem življenjskim ciklom proizvodnega procesa (življenjski cikel produkta, tovarne, naročil). Področje obsega podatkovno integracijo in upravljanje s podatki ter nove podporne funkcionalnosti sistemov MES.

Avtonomni mobilni sistemi (v tesnem sodelovanju in koordinaciji s horizontalno mrežo/ključno omogočitveno tehnologijo Robotika): Avtonomni sistemi omogočajo avtomatizacijo opravil z večjim dosegom in prilagodljivostjo v industriji, skladiščih in pri terenskih opravilih. Avtomatizacija interne logistike v naprednih tovarnah in skladiščih je prepoznana kot konkurenčna prednost, saj bistveno zmanjšuje čakalne čase, zmanjšuje potrebo po zalogah ter izboljšuje izrabo prostora in strojev. V

Sloveniji se po eni strani vse več podjetij odloča za vpeljavo avtomatizirane interne logistike oz. mobilnih avtonomnih rešitev, po drugi strani pa obstajajo podjetja, ki ponujajo komercialno dosegljive strojne in programske rešitve ter raziskovalno razvojne skupine, ki jih razvijajo. Področje obsega interno logistiko in avtonomne prilagoditve proizvodnih linij v industriji, avtonomno logistiko v prostorsko omejenih območjih ter okoljski monitoring.

Znotraj področja Tehnologij vodenja (HOM TV in VVV ISVOD) bodo potekale naslednje aktivnosti: spremljanje regionalnih in evropskih razpisov, priprava predlogov za skupne projekte, angažiranje partnerjev, organizacija tematskih delavnic s področja izobraževanja in promocija rezultatov projektov in dobrih praks, sodelovali pa bomo tudi na relevantnih področjih ostalih SRIPov. V okviru distribuiranega Nacionalnega demonstracijskega centra Pametne tovarne (NDC PT) bomo kot vsebinski in izvedbeni partner skupaj z našimi člani sodelovali pri pripravi študije izvedljivosti, pripravi gradnikov vsebin, povezovanja in upravljanja predvidenega koncepta instrumenta NDC PT znotraj SRIP ToP, s poudarkom na vzpostavitvi, organiziranju in sodelovanju v pilotnih razvojnih centrih NDC PT na identificiranih fokusnih tematskih področjih. V sodelovanju z ostalimi partnerji bomo koordinirali naša znanja s področij industrije 4.0/5.0 in komplementarna znanja ostalih partnerstev s področja umetne inteligence, masovnih podatkov ter zelenih tehnologij na področju energetike v industriji.

HOM Fotonika: Slovenska fotonika želi v prihodnosti še bolje izkoristiti in nadgraditi svoje potencialne, tako v obliki nadaljnega razvoja uveljavljenih proizvajalcev, ki že igrajo vodilno vlogo na nišnih svetovnih trgih na katerih nastopajo, kot v obliki razvoja novih podjetij, ki bodo komercializirala znanja, ki se generirajo v okviru intenzivnega sodelovanja med gospodarstvom in centri znanja.

Ključni projekti v naslednjem obdobju v okviru Fotonike bodo na področjih novih konceptov specialnih in/ali visoko prilagodljivih laserskih izvorov in komponent, novih principov digitalnega laserskega procesiranja industrijskih materialov, razvoja pametne diagnostike in digitalno-nadzorovane terapije, fotonski diagnostični sistemi „on-chip“, novi koncepti senzorskih sistemov temelječih na optičnih vlaknih in razvoj novih postopkov in tehnologij za izdelavo posebnih optičnih vlaken.

Cilji za obdobje so vezani na področja projektov, ki sledijo iz sedanjega uspešnega dela in sodelovanja. Razvoj specialnih in/ali visoko prilagodljivih laserjev za posebne nišne aplikacije v industriji, medicini in raziskavah in drugih področjih, ter prav tako komponent za laserske izvore na osnovi optičnih vlaken predstavlja tudi cilj, kot tudi vzpostavitev validacijskih sistemov in pilotnih proizvodnih in drugih zmogljivosti laserjev za demonstracijo, testiranja in razvoj novih fotonskih tehnologij v partnerstvu med podjetji in akademskimi institucijami. Le-te obsegajo tehnologije za digitalizirano lasersko-podprto prototipiranje in proizvodnjo v elektroniki, fotovoltaiki in drugih proizvodnih področjih, visoko natančne laserske obdelovalne sisteme in aditivne tehnologije, tehnologije za razvoj in proizvodnjo laserskih naprav z najvišjimi zmogljivostmi in največjo zanesljivostjo, razvoj laserskih izvorov in sistemov za oftalmologijo, tehnologije za fotonske sisteme z aplikacijo v bio-medicini (mikrofluidika), razvoj novih fotonskih senzorskih tehnologij kot je razvoj novih vlakenskih senzorskih struktur za uporabo v zahtevnih industrijskih okoljih, zelenem prehodu in obrambnih sistemih, razvoj vlakenskih komponent za spektralno signalno razločevanje v senzorskih sistemih ter razvoj tehnologij za izdelavo posebnih optičnih vlaken.

Plazemske tehnologije v Sloveniji uporabljajo različni deležniki od kmetijstva do elektro industrije. Na področju plazemskih tehnologij obstaja več perspektivnih tehnoloških področij, kjer imamo v Sloveniji primerjalne prednosti. Usmerjena so k zelenim tehnologijam z uporabo inovativnih postopkov obdelave in sprotim spremljanjem kakovosti tehnoloških postopkov. Interdisciplinarnost področja raziskav in širok spekter delovanja na različnih prednostnih področjih, uspešno umešča plazemske tehnologije v ostala fokusna področja ToP, kot tudi na druga prednostna področja/SRIPe (hrana, materiali, zdravje itd). Na fokusnih področjih in produktih smereh se plazemske tehnologije umeščajo v vertikalno verigo vrednosti naprednih zelenih tehnologij. Tako so znanstveno-raziskovalne in inovativne rešitve primerne za oblikovanje in trženje novih produktov, storitev, sistemov in tehnologij za globalni trg.

Smeri razvoja področja **HOM Plazemske tehnologije** so:

Obdelava materialov s plazemskimi tehnologijami za izboljšanje adhezije, ki so pomembne v različnih panogah (barve, kovinski izdelki, tekstil, usnje, kompoziti, biokompatibilni materiali). Na tem področju smo identificirali naslednja pomembna podpodročja nadaljnega razvoja: doseganje boljše adhezije s kovinskimi materiali (s premazi, barvami, lepili...), izdelava funkcionalnih nanosov za biomedicinske aplikacije, metalizacija tekstilij in tkanine s funkcijo maskiranja, doseganje želenih lastnosti kovinskih materialov, izboljšanje trdnosti kompozitnih materialov (trdnost kompozitnih spojev, izboljšanje vezave polnil v (polimerni) matrici, pri čimer so lahko polnila tudi reciklirani materiali ali kateri drugi materiali

(npr. saje), s katerimi izboljšamo funkcionalne lastnosti materialov, tudi razvoj proti-gorljivih nanosov z uporabo plazemskih tehnologij za nanašanje magnetnih materialov na jeklo.

Hidrofobizacija in oleofobizacija različnih površin z uporabo nanosov: hidrofobnost in oleofobnost površin sta pomembni za izdelavo končnih produktov v različnih industrijskih vejah. Z uporabo plazemske polimerizacije ali plazemske obdelave za doseganje želenih funkcionalnih skupin na površini izdelkov je mogoče doseči različne vrste nanosov, ki omogočajo hidrofobne in/ali oleofobne lastnosti površin. Sem šteje izdelava tankih plasti s plazemsko polimerizacijo (depozicijo), kjer je največji potencial v embalažni industriji (hkrati tudi za doseganje neprepustnosti za zrak in vodo oz. vodno paro) ter izdelava oleofobnih lastnosti papirja, hidrofobizacija tekstilij in farmacevtskih pripomočkov (epic) za shranjevanje bio-vzorcev in depozicija nanosov, ki trajno spremenijo-izboljšajo drsne lastnosti (medicina - npr. katetri).

Plazemsko elektrolitsko poliranje in plazemska obdelava za doseganje želenih lastnosti površin: v tem sklopu je namen preučiti različne možnosti za obdelavo materialov za doseganje nanostrukturiranja, poliranja, funkcionalizacije, omočljivosti in kristaliničnosti različnih vrst kovinskih materialov, ki so pomembni za industrijo: plazemsko elektrolitsko poliranje notranjih površin npr. cevi (razvoj metode plazemskega poliranja za ta namen), kombiniranje procesov plazemskega elektrolitskega poliranja z uporabo nanosov tankih plasti, nanostrukturiranje površin za aplikacije v senzorskih tehnologijah, baterijah itd.

Plazemska agrikultura: v tem sklopu se vidi velik potencial plazemskih tehnologij, ki lahko nadomestijo uporabo kemijskih mokrih postopkov dekontaminacije kmetijskih pridelkov, kot tudi doseganje boljše kaljivosti in hitrejše rasti poljščin. Glavne veje so: plazemska dekontaminacija poljščin, biofortifikacija semen z uporabo plazme v tekočini in plazemska obdelava poljščin za povečano kaljivost in hitrejšo rast ter večji pridelek.

Plazemska obdelava tekočin: na tem področju se ponujajo rešitve za čiščenje vode. Čista voda je ključna za ekološko primernost uporabe kakor tudi recikliranje kontaminirane vode. Inovativne rešitve znotraj horizontalne mreže/ključne omogočitvene tehnologije (HOM) plazemske tehnologije bodo omogočile široko uporabnost tako za dekontaminacijo odpadne vode iz bioloških čistilnih naprav kot za razgradnjo pesticidov v vodi, ki se uporablja za pranje površin in tehnološke vode v farmacevtski industriji ter medicini. Prav tako plazemska obdelava tekočin lahko pripomore k inovativnim izdelkom, saj lahko mokre kemijske postopke v določenih mejah nadomestimo z uporabo plazemsko aktiviranih tekočin. Primer je čiščenje voda in plazemska aktivacija tekočin za bolj okolju prijazno izdelavo inovativnih izdelkov.

Fokusno področje **Plazemskih tehnologij** se umešča v vertikalno verigo vrednosti **Napredne zelene tehnologije**. Skozi proces podjetniškega odkrivanja smo identificirali naslednje produktne smeri:

Obdelava semen (ang. seed priming): Semena pred setvijo se vselej obdelajo, s čimer se zagotovi enakomerna in hitra kaljivost po setvi. Plazemske tehnologije počasi prodirajo tudi v ta segment, vendar pomanjkanje znanja za optimalno obdelavo onemogoča hiter napredek in uporabo v kmetijski praksi. Razvili bomo postopek za hitro in okolju prijazno aktivacijo semen do nivoja super hidrofilnosti. Takšno stanje površine omogoči takojšen navzem vode in s tem hitro kaljivost, tako da imajo kulturne rastline prednost pred plevelom. Plazemska obdelava semen omogoča tudi dezinfekcijo. V okviru tega akcijskega načrta bomo razvili postopek za doseg sterilnosti, torej koncentracijo mikroorganizmov (predvsem spor bakterij in plesni) pod detekcijsko mejo. Gre za zelene tehnologije, ki imajo izredno perspektivo ne le v Sloveniji ampak tudi globalno. Plazemska obdelava omogoča tudi ustrezno stanje površine semen za oplaščenje z biološkimi prevlekami, ki dodatno omogočijo boljšo rast kulturnih rastlin. Razvili bomo postopek za plazemsko obdelavo, ki bo uporaben v slovenskem kmetijstvu. Pri tem bomo omogočili prenos tehnoloških postopkov z univerz in raziskovalnih inštitutov v podjetja in kmetijstvo.

Nadgradnja plazemskih reaktorjev za čiščenje vode: Klasične metode za čiščenje vode, ki je kontaminirana z organskimi toksini in mikroorganizmi, je mogoče strniti v tri skupine: prekuhanje, kemijska dezinfekcija in sevanje. Nobena ni univerzalno uporabna, zaradi česar imajo v tem segmentu plazemske tehnologije izreden potencial. Razvili bomo napravo za obdelavo vode, ki jo pretakamo v plazemskem reaktorju. Plazma seveda ne vsebuje dodanih kemikalij, ampak razmeroma kratkožive delce, ki hitro reagirajo z organskim materialom pri sobni temperaturi in ne pustijo nobenih stranskih produktov. Tehnološki izziv pa je nadgradnja. Z različnimi deležniki bomo razvili in izdelali napravo za razgradnjo, ki bo omogočila uporabo v manjših čistilnih napravah in sterilizacijo oziroma detoksikacijo tehnoloških vod. Pri tem bomo izvajali prenos metod in tehnologij i univerz in raziskovalnih organizacij

k izdelovalcem naprav za čiščenje vode, proizvajalcem komponent za plazemske sisteme in uporabnikom.

Razgradnja toksinov na površninah in sadju: razvili bomo napravo za razgradnjo ostankov toksinov in pesticidov. Uporabili bomo kombinacijo kratkovalovnega sevanja in radikalov. Vir obojega bo plinska plazma, katere parametre bomo prilagodili za razgradnjo toksinov, ki jih izločajo nekatere vrste plesni, in pesticidov, ki ostanejo na površini sadnja in zelenjave, ker spontana razgradnja od zadnjega pršenja ni popolna. Prototip reaktorja za razgradnjo toksinov bomo razvili in izdelali ob sodelovanju deležnikov iz akademskih organizacij, aplikativno usmerjenih raziskovalnih ustanov, proizvajalcev vakuumске opreme in specialnih generatorjev za vzbujanje plazme pri specifičnih pogojih, ki so značilni za obdelavo povrtnin in sadja. Pri tem bomo izvajali prenos tehnoloških postopkov iz akademskih raziskovalnih organizacij in zasebnih zavodov k proizvajalcem opreme in v kmetijstvo.

Senzorji kakovosti živil: plazemske tehnologije so ključne za izdelavo kakovostnih senzorjev, posebej tistih, ki se tiskajo na embalažo s ciljem spremljanja ustreznosti pogojev v verigi med proizvajalcem živil in uporabnikom. V okviru akcijskega načrta v tej niši se bomo posvetili tiskanim senzorjem temperature na pakiranjih, v katerih so živila. Prototipe senzorjev je že razvilo slovensko podjetje, ki je odcepljeno podjetje Kemijskega inštituta, verifikacijo plazemske obdelave pa je pripravilo slovensko podjetje, ki je odcepljeno podjetje Instituta »Jožef Stefan«. Cilj je nadgradnja do nivoja pilotske proizvodnje. Optimizirali bomo parametre dveh plazemskih tehnologij, ki sta potrebni za proizvodnjo tiskanih senzorjev, in sicer tehnologijo za optimalen oprijem tiskanih senzorjev in tehnologijo za zaščito površine teh senzorjev, ki je potrebna za uporabo v realnem okolju. Izvajali bomo prenos tehnologije iz akademskih institucij v odcepljena podjetja in ostalo industrijo, ki uporablja velike plazemske sisteme ter k izdelovalcem opreme.

Sodobne proizvodne metode za materiale ter nano in kvantne tehnologije obsegajo raziskave, razvoj, inovacije in nadaljnjo komercializacijo v podjetjih, ki se razprostirajo od področij elektronike, energetike, okolja pa vse do inženirskih materialov in predstavljajo pomemben proizvodni program Slovenije, ki se umešča v številna nišna fokusna področja s produktivnimi smermi **Naprednih zelenih tehnologij** na najrazličnejša prednostna področja/SRI Pe. Raziskovalne skupine so močno vpete v svetovne in evropske verige (EU projekti in EIT projekti). Rezultati raziskav, razvoja in inovacij se izražajo s sodelovanjem z industrijo predvsem v okviru aplikativnih ARIS in industrijskih projektov (bodisi RRI programi, ali direktno preko pogodb).

HOM Sodobne proizvodne metode za materiale ter nano in kvantne tehnologije povezuje procesiranje, strukturne in funkcionalne lastnosti materialov ter končno kvaliteto proizvodov. Ima ključno vlogo v številnih vertikalnih verigah vrednosti, kjer poteka razvoj in proizvodnja različnih materialov, kot so elektronske komponente, magneti, baterije, izolacija, itd. Osnova za razvoj horizontalne mreže/ključne omogočitvene tehnologije je postavitve ustreznih pilotnih linij za pripravo tehnološko naprednih materialov, vključno z izdelavo čiste sobe s pripadajočimi tehnologijami. HOM Sodobne proizvodne metode za materiale ter nano in kvantne tehnologije se osredotoča na dve razvojni področji z naslednjimi razvojnimi smermi: nanotehnologije (magnetni materiali, materiali za elektroniko, izolacijski materiali in funkcionalni premazi, materiali za zeleno energijo in baterije, trdne prevleke), in kvantne tehnologije (kvantne komunikacije, kvantno računalništvo, kvantna senzorika).

Magnetni materiali: na področju magnetnih materialov želimo razvoj in inovacije vršiti tudi na višjih tehnoloških stopnjah pripravljenosti. Spodbujal se bo razvoj inovacij v celotni vrednostni verigi t.i. kritičnih materialov, predvsem redkih zemelj kot so npr: Nd, Pr, Tb, Dy ter Co. Cilj bo ustvarjanje dinamičnega prostora, kjer je mogoče razvijati, testirati in izpopolnjevati nove ideje, tehnologije in metodologije v realnih pogojih, kar bistveno premostiti vrzel med laboratorijskimi raziskavami v zgodnji fazi (TRL 1-3) in industrijsko ustreznimi tehnologijami (TRL 3-5). Pokrili bomo razvoj, inovacije kot tudi proizvodnje tehnologije kritičnih materialov redkih zemelj z ekstrakcijo ter z elektrolizo iz taljenih soli ter podobnimi elektro in kemijskimi procesi. V ospredju bodo tudi najbolj zmožljivi trajni magneti na osnovi sistema Nd-Fe-B. Raziskovali bomo tudi sorodne sisteme na osnovi Sm, Co in Fe. Nadalje bomo uvajali nove tehnologije v področje trajnih magnetov in sicer preko dodajalnih tehnologij, metod hitre konsolidacije in sintranja ter inženiringa mej med zrni.

Materiali za elektroniko: podpora trajnostnemu razvoju materialov za elektroniko so tehnologije, ki omogočajo izrazito manjšo porabo energije, kot so nizkotemperaturne metode zgoščevanja volumenske keramike in debelih plasti. Slednje omogočajo kreiranje novih funkcionalnosti, ki jih omogočajo kombinacije materialov, ki jih ne moremo izvesti s konvencionalnimi pristopi, kot so recimo kompoziti polimerov in keramike. Podobno tudi tehnologija LTCC ("Low-Temperature Cofired Ceramics" - keramika z nizko temperaturo žganja) omogoča izvedbo tridimenzionalnih keramičnih

struktur. Težišče razvoja na področju varistorske keramike zajema raznolika podpodročja in sicer optimizacijo sestave keramike v smeri zmanjšanja dodatka varistorskih dopantov, kontrolo nečistoč v izhodnih oksidnih prahovih, optimizacijo režima žganja in znižanju temperature sintranja, možnost kontrole koeficienta nelinearnosti varistorske keramike in podobno.

Izolacijski materiali in funkcionalni premazi: na področju proizvodnje in razvoja formulacij za pripravo mineralne volne ter njihove strukturne in funkcionalne karakterizacije imajo slovenska podjetja (Knauf Insulation d.o.o., URSA) pomembno vlogo v evropskem merilu. Osnova za to, je dolgoletno sodelovanje z akademskimi institucijami, ki je pri razvoju novih kompozitnih ali izboljšanih materialov še kako pomembno. Šibka točka super-izolacijskih materialov je mehanska stabilnost, zato se na trgu pojavljajo v kompozitih z vlaknastimi materiali. Razvoj kompozitov mineralne volne in aerogelov je alternativa, ki lahko zapolni vrzel med konvencionalnimi in super-izolacijskimi materiali.

Druga smernica pri razvoju izolacijskih materialov pa je izboljšanje učinkovitosti proizvodnje z vključevanjem sekundarnih surovin, recikliranjem in zmanjšano porabo fosilnih goriv. Vse to vpliva na kemijske, fizikalne in proizvodne lastnosti materialov, ki jih je potrebno optimizirati. Tudi recikliranje polistirenskih izolacijskih materialov in razvoj negorljivih kompozitov iz reciklata bi zelo pripomogla k reševanju okoljskih problemov.

Na področju biomaterialov se v sodelovanju s številnimi podjetji (Helios, JUB, Calcit ter drugi) osredotočamo na razvoj človeku prijaznih antibakterijskih komponent ter nadalje v razvoj končnih produktov. Na področju se predvideva močan preplet različnih omogočitev tehnologij, kar tvori osnovo skupnih raziskovalno-razvojnih aktivnosti – od proizvodnih postopkov antibakterijskih materialov in potrebnih nanotehnologij, do tehnologij vodenja in robotizacije na višjih TRL vrednostih. Kot bolj pomemben dosežek v preteklih letih velja izpostaviti EP patent 2863751.

Materiali za zeleno energijo in baterije: višji stroški proizvodnje zelenega vodika so neposredno povezani z nižjo učinkovitostjo elektrokatalizatorjev, visoko ceno materialov za elektrode in degradacijo katalizatorja. Eden večjih izzivov je najti pravo ravnovesje med zmogljivostjo, ceno in stabilnostjo elektrokatalizatorskih materialov, ki se uporabljajo v vodnih elektrolizerjih. Elektrolizator z anionsko izmenjevalno membrano omogoča uporabo nizkocenovnih elektrodnih materialov, hkrati pa ponuja vse druge prednosti prvotnih tehnologij. Naši raziskovalni cilji so usmerjeni v odkrivanje in razvoj novih elektrodnih materialov. Naš cilj je preučiti tudi vidike nanokatalizatorjev, da prilagodimo njihove dejavnosti in pridobimo največjo elektrokemijsko učinkovitost in stabilnost. Prav tako si prizadevamo za uporabo naravne morske vode kot vodne surovine.

Področje baterij obsega razvoj novih litij-ionskih baterij v trdnem stanju, kjer bi zamenjali klasični tekoči elektrolit za keramičnega. To bi omogočilo bolj zmogljive in bolj varne baterije, hkrati pa se lahko baterije s trdnim elektrolitom direktno integrira s polprevodniškimi materiali. Priprava baterijskih materialov temelji na sodobnih tehnikah priprave, ki omogočajo kontrolirano združitev posameznih komponent. Osredotočili se bomo tudi na pripravo tankoplastnih baterij, ki služijo za dolgotrajnejše shranjevanje energije v mikroelektronskih napravah.

Trdne prevleke: na področju uvajanja sodobnih tehnologij v industrijo želimo izpostaviti trde zaščitne PVD-prevleke, ki so že uveljavljene v posameznih segmentih slovenske industrije, denimo na področju rezalnih orodij. Tako predlagamo razvoj v smeri uporabe prevlek predvsem v segmentu orodjarstva, kjer bomo postopno nadomeščali klasičnih prevleke s sodobnimi (nanoplastne, nanokompozitne).

Kvantne tehnologije: V okviru kvantnih tehnologij se bomo osredotočili na sintezo večplastnih stikov magnetnih materialov z različnimi jakostmi sklopitve spin-tir usmerjenostmi magnetnih momentov, ki vodi do interakcije Dzyaloshikii-Moriya, potrebne za obstoj magnetnih skyrmionov. Primer: Ir/Co/Pt ali PdFe/Ir. Na izdelavo večfaznih sklopov med skyrmionskimi ter npr. feromagnetnimi, prevodnimi itd. materiali za kontrolirano manipulacijo (kreacijo, anihilacijo, spremembo stanja itd.) skyrmionov s pomočjo geometrije in/ali zunanjih dejavnikov kot sta npr. magnetno polje ali spinski tok. Končni cilj je izdelava kvantnih logičnih vrat, katerih vhod in izhod predstavljajo stanja magnetnih skyrmionov kot nosilcev kvantne informacije - qubitov.

Na področju kvantne komunikacije načrtujemo naslednje aktivnosti: nadaljnja vključenost v evropsko inicijativo EuroQCI, vzpostavitev zmogljivosti za izdelavo ključnih komponent za kvantne komunikacije (denimo izvori prepletenosti), izboljšava infrastrukture (visoko občutljivi detektorji za posamezne fotone), vzpostavitev knjižnice programskih gradnikov za postprocesiranje (usklajevanje baze, korekcija napak, ojačevanje zasebnosti), razvoj orodij za načrtovane in simulacije omrežij, miniaturizacija komponent (proti integriranim fotonskim vezjem, integracija v svetlobna vlakna), pridobitev neosvetljenih optičnih vlaken za pomembne krajevne in medkrajevne povezave, postavitve satelitske optične postaje za satelitske kvantne komunikacije, vzpostavitev državnega kvantnega komunikacijskega omrežja, raziskovanje primerov uporabe v kritični infrastrukturi (energetika, promet,

diplomacija, državni organi), sinhronizacija natančnih ur na različnih lokacijah, vzpostavitev povezav s sosednimi državami, integracija klasičnih in kvantnih komunikacijskih sistemov, industrializacija lastnih komunikacijskih rešitev, začetek uporabe "post-kvantnih" klasičnih algoritmov, akreditacija kvantnih komunikacijskih sistemov.

Načrtovane aktivnosti na področju kvantnega računalništva zajemajo: vzpostavitev dostopa do kvantnih računalnikov (v obliki oblačnih storitev za velike računalnike, nakup lastnega manjšega računalnika za raziskovalne in izobraževalne namene, konzorcijska nabava velikega kvantnega računalnika v okviru razpisov EuroHPC, vzpostavitev in okrepitev raziskovalnih skupin za uporabno kvantno računalništvo, vzpostavitev nabora razvojnih orodij (nizko in visokonivojski programski jeziki, knjižnice algoritmov, klasični simulatorji), vzpostavitev infrastrukture za eksperimentiranje z različnimi platformami za kubite (superprevodni transmonski in novejši topološko zaščiteni kubiti, Rydbergovi atomi), vzpostavitev zmogljivosti za koherentno kontrolo kvantnih sistemov (hitra elektronika na skali 10-100 GHz, mikrovalovne komponente, mikrovalovna merilna oprema), izboljšanje infrastrukture za nizkotemperaturne meritve (nakup dilucijskega hladilnika).

Na področju kvantne senzorike načrtujemo okrepitev obstoječih laboratorijev na področju magnetometrije ter vzpostavitev laboratorijev za kvantno metrologijo.

Na področju **VVV Napredne zelene tehnologije** je bistvena prednost slovenskih deležnikov visoka izobraženost kadra, fleksibilnost in uspešnost podjetij na EU trgu. Sodelovanje z industrijo se izraža predvsem v okviru aplikativnih ARIS in industrijskih projektov. Premoremo številna mala podjetja, ki so uveljavljena ne samo na slovenskem trgu, pač pa tudi v svetu. Verige vrednosti povezujejo predvsem poslovne subjekte (business-to-business value chain), njihova povezava s končnim kupcem (business-to-customer value chain) pa je lahko najbolj učinkovita s povezavo verig v mednarodne strategije pametnih specializacij. Izvoz omenjenih industrijskih partnerjev predstavlja glavni del njihovih prihodkov od prodaje in znaša več kot 80%. Visok delež izvoza pa istočasno omogoča tudi nadpovprečno dodano vrednost na zaposlenega, ki znaša približno 60.000 EUR in se nanaša na podjetja, vključena v opisano vertikalno verigo vrednosti.

Magnetni materiali: Sodelovanje z industrijo bo ključnega pomena. Delo temelji na aktivnih partnerstvih s podjetji v Sloveniji (Magnetni Ljubljana, Kolektor, Talum) in EU. Ta partnerstva omogočajo prenos raziskav v praktične aplikacije, učinkovito integracijo inovacij v industrijske procese.

Izolacijski materiali in funkcijski premazi: V regiji imamo tehnološko visoko razvita podjetja (Helios in druga), ki se ukvarjajo z najrazličnejšimi premazi in posedujejo veliko znanja, nujnega za razvoj novih premazov ter prenos le-teh v industrijo.

Materiali za elektroniko: v regiji imamo uveljavljena podjetja, ki so močno odvisna od rezultatov raziskav s področja keramike, ki ključno vplivajo na lastnosti materiala in porabo energije. Vpeljuje pa se tudi nove tehnološke postopke in nove materiale z možnostjo sledenja samemu postopku izdelave.

Trde prevleke: v sodelovanju z vertikalno verigo vrednosti Pametna mehatronska orodja bomo uvajali prevleke v tistih segmentih orodjarstva, kjer uporaba še ni razširjena (obdelava neželeznih kovin, oblikovanje plastike). Posluževali se bomo uporabe pilotnih sistemov za preizkušanje primernosti prevlek v realnem okolju, izvajali analitiko obrabe prekritih orodij in s tem pridobili povratne informacije za nadaljnji razvoj in prodor novih spoznanj v industrijsko prakso.

Senzorje, ki so ključni in nepogrešljiv del slehernega avtonomnega sistema, prav tako obravnavamo v sklopu fokusnega področja naprednih zelenih tehnologij. Razvoj vseh avtonomnih sistemov, ne glede na področje delovanja ali poimenovanja (od avtonomnih vozil, proizvodnih sistemov, sodelovalnih robotov, pametnih stavb, pametne infrastrukture, pametnih medicinskih naprav in sistemov, pa vse do pametne zabavne elektronike) je tesno in neizogibno vezan na možnosti za zaznavanje fizikalnih in kemijskih veličin okolice oziroma različnih parametrov v procesu. Novi industrijski koncepti, ki nastajajo v raziskovalnih institucijah in se realizirajo v slovenskih podjetjih rezultirajo v produktih na področju kot so industrijski internet stvari (IIOT), Industrija 4.0/5.0 in napovedljivo vzdrževanje (predictive maintenance) tako za področje tovarn prihodnosti, kot tudi za vsa ostala relevantna prednostna področja/SRI Pe. Pri tem mislimo na razvoj prototipov senzorjev, demonstracijo delovanja senzorjev v realnem okolju ter na optimizacijo senzorskih zasnov z razvojem podpornih mikro-elektronskih vezij za različne končne uporabnike na trgu.

VVV Pametna mehatronska orodja: Večina slovenskih orodjarjev so mala in srednja podjetja. Le ta so razdrobljena, med seboj nepovezana in nepovezana v verige vrednosti, obenem pa jim njihova še vedno delno obrtniška struktura ne omogoča aktivno vključevanje v povezave, in projekte. Sodelovanje v članstvu SRIP ToP je namenjeno predvsem: povezovanju, izmenjavi znanj in izkušenj, vključevanju

v verige vrednosti, prepoznavanju mednarodnih trendov in prenosu tehnologij iz ostalih ključnih omogočitvenih tehnologij v pametna mehatronska orodja. SRIP ToP in fokusno področje Pametna mehatronska orodja sta odprta, vključujoča in povezujejo vse deležnike vijačnice v smeri zelenega prehoda, digitalizacije in uvajanja novih tehnologij kot so aditivne tehnologije. Člani sodelujejo z organi upravljanja kot so skupščina, upravni odbor, programski svet, poslovni odbor in direktor. Programski svet uravnoteženo tvorijo koordinatorji in njihovi namestniki, ki so vpeti tudi v horizontalne mreže in preko SRIP ToP delujejo za vse SRIPe. Na ta način stalno in osredotočeno poteka proces podjetniškega odkrivanja, proces uvedbe instrumenta distribuiranega Nacionalnega demonstracijskega centra Pametne tovarne (NDC PT) in vključevanja v mednarodne verige. Nenazadnje je ena od ključnih usmeritev, krepitev blagovne znamke SRIP ToP tako v slovenskem kot tudi evropskem prostoru. Skozi članstvo v SRIP ToP in fokusnem področju pametna mehatronska orodja člani dobijo možnost sledenja mednarodnim orodjarskim trendom, prav tako aktivno sodelujemo v mednarodnih organizacijah, kot so ISTMA, Vanguard, Smart Regions, itd.

V okviru VVV Pametna mehatronska orodja, smo si zastavili naslednje naloge in cilje: nadaljevanje celovitega tehnološkega prestrukturiranja gospodarstva z dvigom dodane vrednosti in vključevanje v mednarodne verige vrednosti, povečanje izvoza avtomatiziranih industrijskih sistemov in opreme, spodbujanje in podpora članom pri vključevanju v nacionalne in mednarodne projekte s ciljem uvajanja novih tehnologij, povezovanja med podjetji in akademskimi institucijami, uveljavljanju novih pristopov aditivne proizvodnje (razpisi kot so RRI, I3, Horizon, Eureka...), spodbujanje izmenjave izkušenj med podjetji, med podjetji in akademskimi institucijami, uveljavljanje in izkoriščanje možnosti mladih raziskovalcev v malih podjetjih, mednarodne izmenjave, spodbujanje inovacij in njihov prenos v podjetja iz akademskih institucij, spodbujanje in sodelovanje z start-up skupnostjo pri uveljavljanju novih tehnologij tudi preko NDC PT ter vključevanje NDC PT v start up okolje.

Skupna usmeritev v omenjene tehnologije, osvojitve znanj za nove produkte ter povezovanje in sodelovanje v verigi z drugimi deležniki ter predvsem institucijami znanja se bo odražala v doseženih konkretnih tehnoloških ciljih: zmanjšanje časovnega intervala za zagonsko fazo orodja od vgradnje do proizvodnje funkcijsko in estetsko ustreznih izdelkov za 30%, kot posledica vgrajenih samoučočih se algoritmov, zmanjšanje končne cene izdelka za 12% zaradi nižje količine izmeta, podaljšanja življenjske dobe in znižanja stroškov popravil, 10% nižji skupni stroški proizvodnje zaradi integriranega delovanja v informacijskem ekosistemu podjetja (just-in-time naročanje materiala, točno predviden čas servisa, avtomatska rezervacija prostih kapacitet strojev in optimizacija zasedenosti strojev, daljinska regulacija stroja in orodja...), 8% povečanje učinkovitosti proizvodnje zaradi prilagajanja procesnih parametrov v realnem času (real-time adjustment), bistveno izboljšanje procesov kontrole kakovosti zaradi popolne sledljivosti tehnoloških informacij med postopkom predelave, 17% povečanje prometa zaradi osvojitve novih (zgoraj naštetih) tehnologij kot so npr. mikro orodja, ena od možnosti za povečanje konkurenčnosti je specializacija orodjarne (v izdelavo velikih orodij, majhnih orodij, orodij za predelavo strukturnih pločevinskih delov ipd.). Takšne orodjarne bodo lahko svojo opremo, način dela in znanje prilagodili eni vrsti izdelkov, za katero bodo boljši od konkurence.

Z vpeljavo vseh teh izboljšav se v naslednjih 7ih letih pričakuje tako dvig dodane vrednosti v verigi za 25%, kot tudi povečanje izvoza za še dodatnih 25%. Zelo pomemben je tudi podatek, da se pričakuje za 20% višja stopnja zaposlitve v orodjarskem sektorju ter vsaj 10% povečanje zaposlenosti v podjetjih, ki so vpeti v orodjarsko verigo vrednosti.

Skozi vertikalno verigo je mogoče predvideti sodelovanje z naslednjimi horizontalnimi mrežami/ključnimi omogočitvenimi tehnologijami: robotika, tehnologije vodenja, nanotehnologija, plazemske tehnologije in novi materiali.

Strategija **VVV Pametne tovarne** do leta 2030 bo ciljno usmerjena v dejavnosti, ki se osredotočajo na inovacije, digitalizacijo, zeleno preobrazbo, prenosu znanja in krepitev sodelovanja med gospodarstvom, akademskimi institucijami in državo.

Pametne tovarne: nadaljevali bomo s spodbujanjem k razvoju in uporabi naprednih tehnologij, ki podpirajo prehod v nizkoogljično gospodarstvo in digitalizacijo proizvodnih procesov. Te tehnologije bodo tovarnam omogočile bolj učinkovite in prilagodljive procese. Pametne tovarne morajo vključiti v svoje procese tehnologije za energetsko učinkovito proizvodnjo, kot so sistemi za upravljanje z energijo, vključno z uporabo obnovljivih virov energije ter optimizacija procesov z uporabo digitalnih dvojčkov, umetne inteligence in povezljivosti. Digitalizacija industrije z razvojem tehnologij za avtomatizacijo in nadzor procesov, implementacijo naprednih senzorjev in strojnega vida, ter integracija teh tehnologij v proizvodne procese za večjo prilagodljivost in učinkovitost. Izvajali bomo širjenje znanja in dobrih praks v slovensko industrijo. S tem želimo spodbuditi prehod v Industrijo 4.0 / 5.0. tudi pri manjših podjetjih

(SME). Spodbujamo tudi sodelovanje med akademskimi institucijami in industrijo za pospeševanje inovacij in prenosa znanja v prakso.

Skupne storitve na področju SRIP ToP so usmerjene predvsem v razvoj človeških virov, na izzive s področja zelenega prehoda, podjetništva in intelektualne lastnine.

Razvoj človeških virov za pametne tovarne: za razvoj pametnih tovarn je nujno potreben kader z ustreznim znanjem, saj brez kompetenc pametnih tovarn ni mogoče načrtovati, organizirati in tudi ne upravljati. Na področju človeških virov bomo nadaljevali aktivnosti za identifikacijo potreb po kompetencah in profilov prihodnosti, v kolikor želimo slediti razvojnim trendom in prihajajočim tehnologijam ter orodjem. Raziskati in uvesti bo potrebno nove metode za identifikacijo potreb po kompetencah ter izboljšati oz. prilagoditi procese usposabljanja. S pomočjo prilagoditve izobraževalnih programov, mikrodokazil in izvajanjem delavnic namenjenih izpopolnjevanju in prenosu znanja, bodo zadoščene kompetenčne potrebe za Pametne tovarne. Načrtovati je potrebno tudi usposabljanja za mentorje in HR strokovnjake ter izvajati promocijo poklicev prihodnosti povezanih z Industrijo 4.0 in 5.0, da bi spodbudili zanimanje pri mladih za tehnološke kariere. V procese na področju zaposlovanja in kadrovanja bo potrebno vpeljati orodja na osnovi umetne inteligence. To je zahteven proces, pri katerem bo potrebno nuditi ustrezno podporo z izvajanjem delavnic in seminarjev.

V Sloveniji se trenutno uvajajo mikrodokazila na visokošolski ravni, kar predstavlja pomemben korak v izobraževanju in razvoju kompetenc. V okviru pregleda skupnih kompetenc bomo v sodelovanju z Univerzo v Ljubljani najprej so-razvili dva pilotna programa. Ti programi bodo služili kot temelj za nadaljnje aktivnosti na tem področju, s ciljem ustrezno opremiti že zaposlene v slovenskem gospodarstvu z novimi znanji in veščinami. Mikrodokazila bodo omogočila fleksibilno in ciljno usmerjeno pridobivanje kompetenc, kar bo pripomoglo k večji prilagodljivosti in konkurenčnosti delovne sile.

Trajnostne pametne tovarne: Nadaljevati želimo s spodbujanjem in krepitvi sodelovanja med različnimi SRIP-i. To bo omogočilo boljše izkoriščanje skupnih kapacitet in kompetenc ter prispevalo k bolj celostnemu pristopu pri reševanju izzivov zelenega prehoda. Za prehod v trajnostno tovarno bo potrebno spremljati in analizirati nove tehnološke in zakonodajne trende ter pomagati pri prilagajanju industrije glede na te spremembe. Aktualna bodo izobraževanja in svetovanja na področju ESG, zakonodajnih sprememb (EU Green Deal). V okviru evropskega združenja tehnoloških industrij ORGALIM, katerega član smo, aktivno sodelujemo v delovni skupini za zeleni prehod, ki sledi in pripravlja predloge na zakonodajnem področju povezanim z zelenim prehodom. Skupaj s kolegi iz Evrope tako zastopamo industrijo z namenom vpeljave politik, ki so skladne tako s tehnološkim, kot tudi zelenim prebojem pametnih tovarn. Nadaljevati želimo tudi s predstavitvami rešitev in primerov dobrih praks na največjem gospodarskem okoljskem dogodku: Okoljskem dnevu gospodarstva.

Za uspešen prehod bomo organizirali izobraževalne delavnice za prenos znanja in dobrih praks, kjer bomo slovenskim podjetjem, vključno z manjšimi in srednje velikimi podjetji (SME), omogočili dostop do najnovejših tehnologij in metodologij. S temi izobraževalnimi delavnicami bomo spodbujali prehod v Industrijo 4.0/5.0, hkrati pa bomo okrepili sodelovanje med izobraževalnimi in akademskimi institucijami ter industrijo za pospešitev inovacij in prenosa znanja v prakso.

Delavnice bodo omogočile povezovanje podjetij s strokovnjaki in raziskovalci ter zagotavljale podporo pri uvajanju naprednih rešitev, kot so digitalizacija industrije, avtomatizacija, robotizacija, napredni senzorji in strojni vid, kar bo prispevalo k večji prilagodljivosti in učinkovitosti v proizvodnih procesih.

Spodbujanje podjetništva: SRIP ToP bo sodeloval z domačimi in mednarodnimi institucijami, ki spodbujajo podjetništvo v širšem smislu. Institucije bomo vključevali v delovanje SRIP ToP in na ta način posredovali storitve teh institucij starupom in podjetjem, ki bodo izrazili povpraševanje glede potreb po npr. zaščiti intelektualne lastnine, osnovnih storitvah o podjetništvu, pridobitvi virov financiranja, pridobitvi vlagateljev, ipd. Organizirali bomo tudi srečanja podjetnikov s potencialnimi domačimi in tujimi investitorji, razvojnimi bankami, poslovnimi angeli.

Izobraževanja, delavnice, izmenjava najboljših praks: izziv področja Tovarn prihodnosti je predvsem vzgojiti, vpeljati in zadržati ustrezen strokoven kader v podjetjih in RO. Za celotno prednostno področje Tovarn prihodnosti je ključnega pomena in prva prioriteta realizacija distribuiranega Nacionalnega demonstracijskega centra Pametne tovarne (NDC PT), kjer se bodo vključevale vse identificirane ključne omogočevalne tehnologije.

Na področju **Robotike** bomo s strani HOM/KET organizirali in izvajali, člani VVV in tudi člani ostalih SRIPov pa se bodo udeleževali izobraževalnih delavnic s področja uvajanja robotizacije po posameznih prednostnih področjih glede na njihove posebnosti. Izvajali bomo B2B dogodke, organizirali večje odmevne mednarodne dogodke z udeležbo članov VVV in ostalih SRIPov, organizirali povezovanje in

sodelovanje v delovno ekspertnih skupinah, združenjih, platformah (primer združenja robotikov, sekcije slovenskih integratorjev robotske in avtomatizacijske tehnologije, fotonikov itd).

V okviru opredelitve usmeritev za kakovostno izobraževanje in usposabljanje deležnikov SRIP ToP, so na področju **Tehnologije vodenja** predvidene aktivnosti, kot so podelitev nagrad mreže TP, promocija izstopajočih mladih diplomantov, sledenje njihovi karieri, sodelovanje pri reševanju kadrovske problematike za člane grozda, organizacija predstavitvenih seminarjev dobrih praks podjetij in projektov.

Fotonika bo na področju izobraževanja in delavnic realizirana izmenjava znanj, inovacij, rešitev in dobrih praks z izvedbo strokovnih konferenc, izobraževalnih delavnic za kadre iz industrije in predstavitvami trendov v industriji.

Plazemske tehnologije bodo organizirale izobraževanja pri industrijskih deležnikih ter tematske delavnice, ki bodo fokusirane na aktualne izzive plazemske znanosti, tako znanstvene kot tehnološke. Posebej bomo predstavili primere dobre prakse pri uvajanju zelenih plazemskih tehnologij v kmetijstvu in živilstvu ter medicini. Vezano na izobraževanje bomo v okviru **Sodobnih proizvodnih metod za materiale ter nano in kvantne tehnologije ter Naprednih zelenih tehnologij** izvedli tematske delavnice in konference, v okviru katerih bomo predstavili mednarodne trende na področju uvajanja novih tehnologij, kot tudi dogodke, ki bodo omogočili poglobitev znanja s področja sinteze in karakterizacije materialov.

Na področju **Pametnih mehatronskih orodij** bomo izobraževanja in usposabljanja fokusirali na ciljne skupine kot so orodjarji, razvojniki in vodilni kadri. Izvajali bomo izobraževanja s področja prenove poslovnih modelov, socialnih aspektov, uvajanja aditivne proizvodnje, vizualne podobe, ter uvedbe digitalizacije vodenja proizvodnje.

V okviru **Pametnih tovarnah** bodo organizirani dogodki, kot so konference, sejmi in delavnice, kjer se lahko podjetja, vključno z manjšimi in srednje velikimi podjetji (SME), seznanijo z najnovejšimi trendi, novimi tehnološkimi rešitvami, primeri dobrih praks v pametnih tovarnah in industriji 4.0/5.0. Cilj je informiranje podjetij o prednostih digitalne transformacije, uporabi naprednih tehnoloških rešitev, kot so digitalni dvojčki, umetna inteligenca in povezljivost, ter pomoč pri prenosu teh rešitev v prakso, hkrati pa bomo okrepili sodelovanje med izobraževalnimi in akademskimi institucijami ter industrijo za pospešitev inovacij in prenosa znanja v prakso. Delavnice bodo omogočile povezovanje podjetij s strokovnjaki in raziskovalci ter zagotavljale podporo pri uvajanju naprednih rešitev na področju pametnih tovarn, kot so digitalizacija industrije, avtomatizacija, robotizacija, napredni senzorji in strojni vid, kar bo prispevalo k večji prilagodljivosti in učinkovitosti v proizvodnih procesih.

Mednarodno sodelovanje je glede na prednostno področje Tovarn prihodnosti zelo specifično. Pri tem imamo tako področne krovne mednarodne organizacije, kot bolj specifične področno usmerjene organizacije.

Na področju **Robotike** je mednarodni pretok informacij in aktivnosti zelo pomemben. To bomo izvajali preko izbranega predstavnika v združenju EFFRA, ki bo opravljal storitev izmenjave v obe smeri za vse člane SRIP ToP. Nadalje je za robotiko pomemben pretok informacij glede izobraževalnih, inovativnih in poslovnih aktivnosti evropske institucije EIT Manufacturing, saj obstaja možnost prijave članov na inovativne projekte v sodelovanju z IJS kot jedrnim članom te institucije. Možna pa je tudi ostala ponudba te institucije. Pomembno je tudi sodelovanje v organizaciji World Manufacturing Forum (WMF), sodelovanje pri svetovnem robotskem tednu v sodelovanju z ULFE, sodelovanje z MZZ, sodelovanje z agencijo SPIRIT pri mednarodnih dogodkih, nenazadnje pa tudi razširitev članstva SRIP ToP s področja robotike, na tuje relevantne partnerje.

Na področju **Tehnologije vodenja** je SRIP ToP vpet v večje število mednarodnih interesnih združenj na področju tovarn prihodnosti, kot npr. EFFRA, A.SPIRE, Clean Hydrogen Partnership, Vanguard Initiative, EIT Manufacturing, CIRP, UNIDO AIM. V sklopu sodelovanja v omenjenih združenjih je naš cilj vključenost v strukture teh združenj, ki so odgovorne za aktivnosti pri pripravi strateških dokumentov in razpisov. Aktivno se bomo udeleževali dogodkov v okviru teh združenj in k udeležbi spodbujali tudi naše člane.

V okviru **Fotonike** so predvidene dejavnosti s področja internacionalizacije, kar vključuje aktivno članstvo v S5 strategiji na področju fotonike s sodelovanjem pri razpisih in vplivom na usmeritve področja v EU, obisk članov in predstavitev dela na mednarodnih konferencah, vključno z aktiviranjem članov iz razvojnih timov podjetij.

Plazemske tehnologije sodijo med prioritete nekaterih evropskih politik, posebej zelenega prehoda in eko-kmetijstva v okviru EU programa AgroServ. Deležniki bodo nudili storitve plazemske obdelave za različne uporabnike plazemskih tehnologij od obdelave semen, biomaterialov, tekstilij ter kovinskih in

kompozitnih materialov. Nekateri deležniki so že več kot desetletje aktivni člani EuroFusion in izvajajo relevantne projekte, kar bomo nadaljevali v okviru tega akcijskega načrta. Nekateri deležniki so člani mednarodne zveze IUVSTA, kjer med drugim vodijo posamezne aktivnosti kot so akcijski načrti za plazemsko znanost in tehnologijo kakor tudi organizacija tematskih delavnic o plazemskih tehnologijah in organizacija konferenc in kongresov.

Sodobne proizvodne metode za materiale ter nano in kvantne tehnologije ter Napredne zelene tehnologije: Vezano na mednarodno sodelovanje je predvideno povezovanje podjetij in ostalih deležnikov v združenja kot so European Ceramic Society, International Ceramic Federation, European Biomaterials Society, International Commission on Glass ter European Lightweight Cluster Alliance. Predvideno je povezovanje tudi v različne COST akcije, povezane s različnimi aspekti sinteze in uporabe materialov.

Pametna mehatronska orodja: Na področju orodjarstva, smo član mednarodnega združenja orodjarjev ISTMA, Vanguard initiative, Smart regions initiative in drugih. TECOS kot ena najuspešnejših slovenskih institucij gradi prepoznavnost Slovenije v okviru instrumenta I3, gradi prepoznavnost slovenskih orodjarjev na ravni EU, kjer v konzorcije tudi vključujemo slovenska podjetja. Tu smo prepoznavni tudi na področju zelenega prehoda orodjarstva, in uvajanja novih tehnologij.

Pametne tovarne: Na področju mednarodnega sodelovanja je v okviru Pametnih tovarn predvideno povezovanje podjetij v mednarodni prostor preko članstva v združenju Orgalim in ETIM International. Člane bomo obveščali o novostih na zakonodajnem področju, ki so pomembne za razvoj Pametnih tovarn ter razvojnih novostih na področju digitalizacije tehničnih produktov in digitalnega dvojčka produkta. V okviru skupnih storitev v SRIP ToP bomo spodbujali povezovanje slovenskih podjetij z mednarodnimi mrežami in institucijami, ki delujejo na področju digitalizacije proizvodnje, avtomatizacije, robotizacije in razvoja pametnih tovarn.

Podpora Startupom: SRIP ToP podpira umeščanje zagonskih podjetij v svoje članstvo in jim daje priložnosti za izpostavljanje njihovega sodelovanja, razvoja, povezovanja tako znotraj partnerstva (tehnološki parki, posredništva, nudenje storitev, partnerstva z našimi člani pri mednarodnih projektih), kot tudi z mednarodnimi institucijami (EIT Manufacturing, UNIDO). Partnerji SRIP ToP, v sodelovanju s specializiranimi institucijami, organiziramo delavnice za sodelovanje s podjetji in izmenjavo najboljših praks startupov.

3. Časovni okvir in ocena finančnih sredstev aktivnosti SRIP in skupnih projektov za obdobje 2025 - 2030

Za področje **Robotike** za obdobje nadaljnjih 5 let ocenjujemo finančno potrebo za HOM in VVV 12,8 mio EUR. Pri tem vključujemo instrument distribuiranega Nacionalnega demonstracijskega centra Pametne tovarne (NDC PT) na področju robotike, RRI programe in projekte, projekte z vključevanjem HOM iz TOP Robotika v ostale SRIPe, projekte komercializacije novih produktov, sistemov in tehnologij izvedenih kot rezultat HOM Robotika in VVV Napredni robotski in laserski sistemi in komponente. Pri tem računamo na sredstva kohezije in na ostale mednarodne instrumente (MKRR), sredstva s področja razvoja in inovacij (MVZI, MOPE), na sredstva komercializacije rezultatov v industrijo višjih stopenj TRL (MGTŠ, MDP) ter udeležbo finančnih sredstev podjetij po načelu PPP.

Za področje **Tehnologij vodenja** ocenjujemo, da bomo v celotnem obdobju do leta 2030 potrebovali skupno okoli 36 mio EUR sredstev (23.6 mio EUR javnih sredstev ter 12.4 mio EUR privatnih sredstev). V obdobju do leta 2026 bomo potrebovali skupno približno 14.35 mio EUR sredstev (9.25 mio EUR javnih in 5.10 mio EUR privatnih sredstev). Privatna sredstva bomo pridobili s prispevki članov (članarine, lastna finančna udeležba članov v projektih), javna sredstva pa s subvencijami v projektih. Pri tem predvidevamo naslednje programe in projekte v naslednjih časovnih obdobjih: RRI program TRL3-6: 3 letni program, vzpostavitev in izvajanje instrumenta NDC PT na področju tehnologij vodenja za obdobje 5 let, izvajanje mednarodnih projektov s trajanjem 3-4 leta ter ostali RRI projekti s trajanjem 1-2 leti.

Ključni finančni viri za aktivnosti na področju **Fotonike** v 2025 – 2030 so vezani na pridobivanje domačih projektov (aplikativni in temeljni projekti ARIS, industrijski projekti vezani na neposredno financiranje s strani industrijskih partnerjev) in mednarodnih projektov (EU Horizon, M-Era.net, Eureka in drugi). Ciljni finančni okvir je pridobitev približno 10 mio € sredstev v petletnem obdobju, odvisen od pridobljenih projektov. Prednost članov konzorcija Fotonike so tudi že vzpostavljene povezave s tujimi akademskimi institucijami in podjetji, kar omogoča lažje in bolj uspešno konkuriranje na evropskih razpisih.

Plazemske tehnologije so predmet številnih projektov. V obdobju tega akcijskega načrta je realna ocena okoli 25 mio €, ki jih bomo potrebovali za izvedbo aktivnosti HOM (pretežno nižji TRL) in VVV (TRL 4 – 8). Financiranje je predvideno skladno z aktivnostmi, torej okoli 10 mio € za raziskave do TRL 4, 10 mio € za raziskave in razvoj TRL 4 – 6 in 5 mio € za optimizacijo industrijskih sistemov (TRL 7 – 8). Sredstva bomo dobili preko slovenskih financerjev aplikativnih raziskav, razvoja in industrijskih raziskav, EU projektov in slovenske industrije.

Sodobne proizvodne metode za materiale ter nano in kvantne tehnologije ter Napredne zelene tehnologije: Na področju proizvodnje sodobnih materialov so za dvig TRL vrednosti iz 4 na 6 ključne nove pilotne linije, ki omogočajo pripravo sodobnih materialov na pilotni skali ter v nadaljevanju preizkušanje testnih produktov v realnem okolju. Tovrstnih pilotnih linij v slovenskem prostoru ni, so pa za prenos tehnologije materialov v aplikativno okolje izjemnega pomena. V obdobju do leta 2030 je predvidena ocena potrebnih sredstev 35 mio EUR. Sredstva bomo poskušali pridobiti preko domačih in mednarodnih projektov, vključno s sredstvi kohezije, kakor tudi neposredno od slovenske industrije. Ključni finančni viri na področju **Pametna mehatronska orodja** bodo odvisni od pridobivanja nacionalnih in mednarodnih sredstev. Ciljni finančni okvir je pridobitev vsaj 12,5 mio EU sredstev v petletnem, pri čemer pomembnejši del predstavljajo sredstva za nakup opreme in dokončno vzpostavitev NDC PT dela na TECOSu, sredstva za mednarodno povezovanje in mreženje, in sredstva za aplikativne raziskave. Pri tem računamo tako na nacionalna sredstva RRI, in EU instrumente kot so I3, Horizon, Eureka, Interreg.

Aktivnosti **Pametnih tovarn** za obdobje od 2025 do 2030 so predvsem vezana na finančna sredstva, ki bodo direktno dodeljena s strani domačih in mednarodnih projektov. Pri tem računamo na sredstva kohezije in na ostale mednarodne instrumente (MKRR), sredstva s področja spodbujanje digitalizacije v proizvodnji (MGTŠ) ter udeležbo finančnih sredstev podjetij po načelu PPP. Izjemno pomembna je tudi vzpostavitev instrumenta Nacionalni demonstracijski center Pametne tovarne. Nekatere aktivnosti bodo financirane tudi z lastnimi sredstvi Gospodarske zbornice Slovenije.

4. Cilji za doseganje načrtovanih rezultatov v obdobju 2025 do 2030

Cilje za doseganje načrtovanih rezultatov bomo opredelili v spodnji tabeli ločeno in sicer za obdobje delovanja 4. faze operacije SRIP do 30.9.2026 in za obdobje do leta 2030.

Aktivnost:	Rezultat:	Vrednost: do 30.9.2026	Vrednost: do leta 2030
Strateško povezovanje določeno z jasnimi in merljivimi cilji	Število aktivnosti sodelovanja usposabljanja in mreženja (dogodki mreženja, konference in simpoziji, izobraževanja, seminarji in delavnice, sejmi in razstave, druge aktivnosti)	87	100
Mednarodno sodelovanje	Število mednarodnih povezav (število članstev v mednarodnih partnerstvih in združenjih in število pričetih mednarodnih projektov članov SRIP iz delovanja SRIP)	22	25
Povezovanje deležnikov po horizontalni in vertikalni osi	Število povezav (novih tehnoloških rešitev razvitih v skupnih razvojnih projektih, predstavljenih prototipov razvitih v skupnih razvojnih projektih, novih produktov razvitih v skupnih razvojnih projektih, novih storitev razvitih v skupnih razvojnih projektih, novih poslovnih modelov razvitih v skupnih razvojnih projektih, elementov novo nastale intelektualne lastnine, novoustanovljenih podjetij članov SRIP, zaposlenih v novoustanovljenih podjetjih članov SRIP)	55	63
Prihodki iz naslova tehnoloških rešitev razvitih v	Vrednost vseh prihodkov iz naslova prodaje tehnoloških rešitev razvitih v skupnih projektih (v EUR) *	10.000,00	11.500,00

skupnih projektih (v EUR)			
Ključne omogočitvene tehnologije S5 povezane v vertikalno verigo ali horizontalno mrežo	Število ključnih omogočitvenih tehnologij povezanih v vertikalno verigo ali horizontalno mrežo s tržnim izdelkom, storitvijo ali procesom	7	7
Znanstvene in strokovne objave	Število znanstvenih in strokovnih objav	90	120

**Vrednosti, navedene v rubriki prihodki iz naslova tehnoloških rešitev razvitih v skupnih projektih (v EUR) so ocenjene vrednosti prihodkov partnerjev SRIP ToP (IJS, GZS, TECOS, KCSTV). Prihodki članov glede na oceno finančnih vrednosti iz točke 3 so ocenjeni na mnogokratnik le-tega, vendar podatki niso javno dostopni in podležejo poslovni skrivnosti podjetij, zato jih ne moremo navesti.*

Zastavljeni cilji za doseganje rezultatov naslavljaajo cilje ReZrIS30 in S5, pri čemer bodo cilji prispevali predvsem k izpolnjevanju ciljev S5: Produktivnost dela in Evropski inovacijski indeks ter k naslednjim ciljem ReZrIS30: Cilj 5 Pospešeno sodelovanje med znanostjo in gospodarstvom, prenos znanja in inovacije (Ukrep 5.3 Spodbujanje in promocija sodelovanja raziskovalnih organizacij in gospodarstva za prenos znanja, Ukrep 5.4 Povezovanje sektorjev prek skupnih projektov med akademskimi institucijami, gospodarstvom, javnim sektorjem in drugimi deležniki, Ukrep 5.12 Spodbujanje strateških raziskovalno-razvojnih projektov podjetij v sodelovanju z akademskimi institucijami in državo za izdelke in storitve novih generacij in prebojnih inovacij), Cilj 6 Horizontalni cilji (Ukrep 6.1 Odprtost in sodelovanje v mednarodnem prostoru).

Predstavljeni cilji naslavljaajo tudi glavna cilja iniciative STEP (The Strategic Technologies for Europe Platform), ki sta: (i) podpiranje razvoja ali proizvodnje kritičnih tehnologij po vsej Uniji ali zaščita in okrepitev njihovih dobavnih verig (sektorji: digitalne tehnologije, čiste in z viri gospodarne tehnologije, biotehnologije), ter (ii) obravnavanje pomanjkanja delovne sile in spretnosti, ki so ključnega pomena za vse vrste kakovostnih delovnih mest.

Spremljanje napredka in izvajanja akcijskega načrta bo potekalo na dveh nivojih. Najprej bo spremljanje napredka in izvajanja akcijskega načrta potekalo na nivoju posameznih partnerjev v sodelovanju s koordinatorji vertikal in horizontal. Aktivnosti bodo potekale po utečenih postopkih iz preteklosti. Glavno vlogo pri izvajanju akcijskega načrta bodo prevzeli nosilci posameznih aktivnosti. Nadalje bo izvajanje akcijskega načrta poročano organom SRIP ToP, kjer bodo svojo vlogo odigrali direktor SRIP ToP, Programski svet in Upravni odbor.

Za večino aktivnosti so ti nosilci določeni in sicer na področju priprave strateških usmeritev, povezovanja partnerjev in priprave skupnih projektov. To so koordinatorji posameznih fokusnih področij in horizontalnih mrež/ključnih omogočitvenih tehnologij. Na področju internacionalizacije so to osebe, ki so s strani SRIP ToP izbrane kot člani določenih teles v mednarodnih združenjih. Za druge aktivnosti, kot so organizacija dogodkov, delavnic, seminarjev in podobno, pa bodo nosilci in skupine določeni sproti.

Spremljanje aktivnosti oziroma nivo doseženih rezultatov bo potekalo v okviru sestankov ožjih koordinacijskih skupin, kar se je izkazalo za učinkovit model v preteklosti. Sicer pa načrtujemo spremljanje in pregled sprotne stanja izvajanja akcijskega načrta tudi v okviru letnih delavnic članov SRIP ToP in anket med člani. Stanje partnerji poročajo direktorju SRIP ToP in Upravnemu odboru, poročilo pa se poda tudi na skupščini.

Operacija SRIP je dinamičen proces. Pretekle izkušnje kažejo, da so spremembe akcijskega načrta smiselne predvsem v delu, ki se nanaša na produktne smeri in smeri razvoja. Prioritetne produktne smeri in smeri razvoja, ki so trenutno del akcijskega načrta, so nastale v procesu podjetniškega odkrivanja na področjih, kjer je obstajal skupen interes podjetij in akademskih inštitucij z ustreznimi

kompetencami in kapacitetami. Ker je ta proces stalen, se zaradi spremenjenih razmer na trgu in drugih okoliščin lahko prioritete sčasoma spreminjajo. V preteklih fazah delovanja SRIP smo že dopolnjevali, osredotočali in spreminjali akcijske načrte, podobno prilagajanje pa načrtujemo tudi v prihodnje. Postopek morebitne dopolnitve ali spremembe akcijskega načrta se začne z identifikacijo novih idej za produkte, storitve ali procese ter s preverjanjem možnosti za povezovanje in doseganje kritične mase kompetenc in kapacitet.

Ključno je najti nosilca prioritete produktne smeri in smeri razvoja, ki je sposoben in pripravljen voditi aktivnosti na novem področju. Te aktivnosti se v prvi fazi osredotočajo na pripravo vsebinskih in organizacijskih okvirov ter utemeljitev za novo prioriteto produktne smeri in smeri razvoja. Partner, ki predlaga dopolnitev ali spremembo, pripravi pisni predlog, ki ga predstavi organom SRIP ToP, kot so direktor, Programski svet in Upravni odbor. Le-ti ga obravnavajo in podajo mnenje glede primernosti in zrelosti. Če predlog dobi pozitivno mnenje, se pripravi vloga na ustrezne državne organe (npr. MKKR, MVZI).

Kraj, datum	Žig	Ime in priimek zakonitega zastopnika SRIP