



Learner Centric Advanced Manufacturing Platform

MORFOLOGIJA TOVARN SKUPNEGA UČENJA LCAMP

WP6 Absorpcija tehnologij Industrije 4.0 preko
tovarn skupnega učenja



Co-funded by
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Podpora Evropske komisije pri pripravi te publikacije ne pomeni odobritve vsebine, ki izraža izključno stališča avtorjev. Komisija ne prevzema odgovornosti za kakršno koli uporabo informacij, vsebovanih v publikaciji.



To delo je licencirano s strani partnerstva LCAMP pod licenco Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International.

LCAMP partnerji:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIFE MIGUEL ALTUNA Centro Integral de Formación Profesional; DHBW Heilbronn – Duale Hochschule, Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, Da Vinci College, AFM – Spanish Association of Machine Tool Industries, EARLALL – European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning, FORCAM, CMQE: Association campus des métiers et des qualifications industrie du future, MV: Mecanic Vallée, KIC: Knowledge Innovation Centre, MADE Competence Centre Industria 4.0; AFIL: Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia, SIMUMATIK AB; Association HVC Association of Slovene Higher Vocational Colleges; TSCMB: Tehniški šolski centre Maribor, KPDoNE: Kocaeli Directorate Of National Education; GEBKİM OIZ in CAMOSUN college.



Povzetek dokumenta

Vrsta dokumenta:	Javno poročilo
Naslov	Morfologija tovarn skupnega učenja LCAMP
Avtorji	Unai Ziarsolo, Esther Trebolazabala Liher Errasti, Irati Zabaleta, Josu Etcheverry Mateo Barbarossa, Chiara Bonelli, Maria Rossetti Klaus Dieter Rupp, Lea Schmitt, Jan Stenzel Alexander Schliessmann, Marc Fröschl Camile Leonard Samo Čretnik Arvid Carlsson Daniel Eriksson, Mikel Ayani Richard Gale, Misha Handman, Imtehaze Heerah Abdullah Goceer, Volkan Alparslan, Firat Arslan, Hasan Burcin Mentis
Recenzent	Iñigo Araiztegui
Datum	December 2023
Stanje dokumenta	0,8
Raven dokumenta	Zaupno do objave
Opis dokumenta	Ta dokument opisuje glavne značilnosti tovarn skupnega učenja.
Citiraj ta rezultat kot:	LCAMP (2023). Morfologija tovarn skupnega učenja LCAMP (izročilo LCAMP D6.1 2. del. december 2023)
Raven dokumenta	Morfologija tovarn skupnega učenja LCAMP

Upravljanje različic

Različica	Datum	Akcija
0,1	2023-06-15	Osnutek različice, tloris definiran
0,5	2023-09-15	Osnutek različice s prispevki partnerjev
0,8	2023-10-30	Končna različica za notranjo revizijo
0,9	2023-11-14	Končna različica za postopek revizije
0,95		Odobritev s strani usmerjevalnega odbora
1		Različica, ki bo naložena na EU portal



Kratice in slovar

Kratice

AGV - Avtomatsko vodena vozila
AR – razširjena resničnost
CLF – Tovarne skupnega učenja
CoVE – centri poklicne odličnosti
DFMA - Analiza načina in učinka napak pri načrtovanju
EXAM4.0 - Excellence Advanced Manufacturing 4.0
EQF - Evropsko ogrodje kvalifikacij
ERP - Načrtovanje virov podjetja
HVET - Višje poklicno izobraževanje in usposabljanje
I4.0 - Industrija 4.0
I5.0 - Industrija 5.0
IALF - Mednarodno združenje učnih tovarn
IKT - Informacijska komunikacijska tehnologija
IoT - Internet stvari
IT - Informacijske tehnologije
JBS - Razčlenitev delovnega mesta
KPI – ključni kazalniki uspešnosti
LCA - Ocena življenjskega cikla
LCAMP - napredna proizvodna platforma, osredotočena na učence
LF - Tovarna učenja
MES - Manufacturing Execution System
MS - Vzdrževalni list
PCB - tiskano vezje
PCP - načrt nadzora procesov
PFD - Diagram poteka procesa
PFMA - Orodje za analizo načina napake in učinka procesa
PLC - Programabilni logični krmilnik
PLM - Upravljanje življenjskega cikla izdelka
OZO - Osebna zaščitna oprema
QFD – uvedba funkcije kakovosti
QR - hiter odziv
RFID – radiofrekvenčna identifikacija
ROS - robotski operacijski sistem
SBC - Računalnik z eno ploščo
SIM - upravljanje s kratkimi intervali
MSP - Mala in srednje velika podjetja
SS - Varnostni list
STEM – pomeni znanost, tehnologijo, inženirstvo in matematiko
SWOT – Prednosti, slabosti, priložnosti in nevarnosti
VET - Poklicno izobraževanje in usposabljanje
VPN – navidezno zasebno omrežje
VR - Virtualna resničnost
WP - Delovni paket



Slovar

Napredna proizvodna tehnologija vključuje uporabo inovativne tehnologije za izboljšanje izdelkov ali procesov, ki spodbujajo inovacije. Zajema dve vrsti tehnologij: procesno tehnologijo, ki se uporablja za proizvodnjo katere koli druge napredne tehnologije, in procesno tehnologijo, ki temelji na robotiki, tehnologiji avtomatizacije ali računalniško integrirani proizvodnji. Za prvo se takšna procesna tehnologija običajno nanaša na proizvodne aparate, opremo in postopke za proizvodnjo posebnih materialov in komponent. Za slednje procesna tehnika vključuje merilne, krmilne in preskusne naprave za stroje, obdelovalne stroje in različna področja avtomatizirane ali na informacijski tehnologiji temelječe proizvodne tehnologije (European Commission, n.d.).

Napredni materiali vodijo tako do novih nadomestkov za obstoječe materiale po nižjih stroških kot do novih izdelkov in storitev z višjo dodano vrednostjo. Advanced Materials ponuja velike izboljšave na najrazličnejših področjih, npr. v letalstvu, prometu, gradbeništvu in zdravstveni negi. Omogočajo recikliranje, znižujejo ogljični odtis in povpraševanje po energiji ter omejujejo potrebo po surovinah, ki jih v Evropi primanjkuje (European Commission, n.d.).

Umetna inteligenca (AI) je izraz, ki se uporablja za opisovanje strojev, ki izvajajo človeške kognitivne funkcije (npr. učenje, razumevanje, razmišljanje ali interakcija). Vključuje različne oblike kognicije in razumevanja pomena (npr. prepoznavanje govora, obdelava naravnega jezika) in človeške interakcije (npr. zaznavanje signalov, pametni nadzor, simulatorji). Kar zadeva svojo tehnološko osnovo, je AI zelo heterogeno področje. Medtem ko se nekateri vidiki, kot so senzori, čipi, roboti, pa tudi določene aplikacije, kot so avtonomna vožnja, logistika ali medicinski instrumenti, nanašajo na komponente strojne opreme, je pomemben del umetne inteligence zakoreninjen v algoritmi in programski opremi (European Commission, n.d.).

Razširjena resničnost prekriva digitalne informacije ali predmete s trenutnim pogledom osebe na resničnost. Kot tak lahko uporabnik vidi svojo okolico, hkrati pa vidi vsebino AR. Naprave za navidezno resničnost postavljajo končne uporabnike v popolnoma novo realnost in zastirajo pogled na njihovo obstoječo realnost. Razširjena resničnost je izboljšana z računalniško ustvarjenimi zaznavnimi informacijami v več senzoričnih, vizualnih ali slušnih modalitetah. Uporabniška izkušnja je tesno prepletena s fizičnim svetom in se dojema kot poglobljeni vidik realnega okolja (European commission, n.d.).

Tovarne sodelovalnega učenja: mednarodna mreža ponudnikov PIU/HVET, ki povezujejo svoje regionalne avtonomne LF ali proizvodne laboratorije za vzpostavitev skupne infrastrukture za proizvodnjo izdelkov in zagotavljanje usposabljanja v sodelovanju. Na podlagi načel odprtih inovacij je v tovarni sodelovalnega učenja skupni izdelek razdeljen na podproizvode. Proces razvoja, proizvodnje in sestavljanja vsakega podizdelka vodi neodvisen LF in se deli z omrežjem. Končna montaža vseh podproizvodov poteka v končni montažni liniji, ki se nahaja v partnerjevem laboratoriju. Struktura omogoča različne vrste udeležencev kot tudi sodelovanje v različnih fazah vrednostne verige, vključno z:

- Sooblikovanje izdelka(-ov)
- Sodefinicija proizvodnih procesov
- Soustvarjanje digitalnih delovnih postaj
- Postavitev in povečanje LF-jev, Integracija tehnologij I4.0 v obstoječe LF-je
- Izdelava didaktičnega gradiva in izobraževalnih vsebin
- Sodelovanje študentov v skupnih projektih, ki vključujejo katerega koli LF-ja: izdelava delov, spreminjanje procesov, prilagajanje lastnosti izdelka, izmenjava podatkov
- Vključitev dejavnosti kooperativne mobilnosti kot možnosti.

Center poklicne odličnosti (CoVE) : Večnamensko središče poklicnega izobraževanja in usposabljanja, ki poleg usposabljanja vpliva na interakcijo z drugimi akterji in na



konkurenčnost regije (glede na konkurenčnost v smislu preseganja BDP) znotraj svojega regionalnega (in predvsem lokalni) sistema.

Povezljivost: nanaša se na vse tiste tehnologije in storitve, ki končnim uporabnikom omogočajo povezavo s komunikacijskim omrežjem. Zajema vse večji obseg podatkov, brezžičnih in žičnih protokolov in standardov ter kombinacij znotraj enega primera uporabe ali lokacije. *Standardno povezljivost* vključuje fiksne in mobilne govorne telekomunikacijske storitve, ki omogočajo fiksno ali mobilno govorno komunikacijo, pa tudi fiksne in mobilne podatkovne storitve za dostop in prenos podatkov prek omrežja. *Napredna povezljivost*, ki je v središču projekta LCAMP, se nanaša na vzpon scenarijev interneta stvari, kjer se meje tehnologije povezljivosti širijo onkraj žičnih in mobilnih (npr. 4G, 5G) storitev na prostrana omrežja z nizko porabo energije (LPWAN), satelite in Brezžične tehnologije kratkega dosega (npr. Bluetooth, ZigBee) (European Commission, n.d.).

Industrija 4.0: Uporaba digitalizacije (umetna inteligenca, veliki podatki, internet stvari, internet strojev itd.) in najsodobnejši proizvodni razvoj (3D-tiskanje, aditivna proizvodnja, visoko precizna obdelava itd.) v proizvodnih procesih z cilj povečanja fleksibilnosti, produktivnosti in učinkovitosti.

Industrija 5.0 : Industrija 5.0 priznava moč industrije za doseganje družbenih ciljev, ki presegajo delovna mesta in rast, da postane vzdržljiv ponudnik blaginje, tako da proizvodnja spoštuje meje našega planeta in dobro počutje delavca v industriji in to postavi v središče proizvodnje. (European Commission, n.d.)

Internetne storitve (IoT) se nanašajo na omrežje pametnih, med seboj povezanih naprav in storitev, ki so sposobne zaznati ali celo poslušati zahteve. IoT je skupek končnih točk, ki jih je mogoče enolično prepoznati in ki dvosmerno komunicirajo preko omrežja z uporabo oblike avtomatizirane povezljivosti. Internetne storitve se opirajo na omrežne senzorje za oddaljeno povezovanje, sledenje in upravljanje izdelkov, sistemov in omrežij. Industrijske internetne storitve (IIoT) – podmnožica večjega interneta stvari – se osredotočajo na specializirane zahteve industrijskih aplikacij, kot so proizvodnja, nafta in plin ter javne službe (European Commission, n.d.).

Znanje : upoštevana bo Lundvallova klasifikacija štirih vrst ekonomsko pomembnega znanja (Lundvall, 2016):

- Vedeti kaj: Znanje o dejstvih, ki jih lahko obravnavamo kot "informacije". Čeprav je na splošno pomen *vedeti kaj* zmanjšan zaradi enostavnega dostopa (v smislu truda in denarja) do velike količine informacij prek interneta, še vedno velja, da je *vedeti kaj* lahko pomembno za nekatere poklice, kot so zdravniki ali odvetniki. Primeri znanja *vedeti kaj* so na primer ime prvega kralja Francije, temperatura, pri kateri voda zavre, število prebivalcev nekega mesta in številna druga dejstva.
- Vedeti zakaj: znanstveno spoznanje o načelih in vzrokih naravnih, družbenih ali človeških pojavov. Obstajajo organizacije, kot so univerze, specializirane za reprodukcijo tovrstnega znanja. Čeprav je res, kot je navedeno v razpravi o znanosti o takih modelih inovacij, ta vrsta znanja ni tako pomembna, kot so mislili v prejšnjem stoletju, je tudi res, da je bila in je še vedno zelo pomembna v nekaterih industrijah (kemična industrija, elektroindustrija, elektronska industrija in druge).
- Vedeti kako: veščine dela, praktično znanje. Čeprav je bilo tovrstno znanje tradicionalno povezano s proizvodnjo in proizvodnjo, je res tudi, da vsa prizadevanja vključujejo veliko znanja in izkušenj: upravljanje, raziskovanje in celo potrošnja.
- Vedeti kdo (kje in kdaj): poznati ključne osebe in biti povezan z omrežji. To je eden od ključnih elementov za inovacije, če jih obravnavamo kot sistemske, razumljene kot družbeni sistem, kjer različni elementi medsebojno delujejo okoli znanja.

Tovarna učenja: Mednarodno združenje učečih se tovarn opredeljuje učno tovarno kot učno okolje, kjer procesi in tehnologije temeljijo na resnični industrijski lokaciji, ki omogoča neposreden pristop k procesu ustvarjanja izdelka (razvoj izdelka, proizvodnja, upravljanje



kakovosti, logistika). Učne tovarne temeljijo na didaktičnem konceptu, ki poudarja eksperimentalno in problemsko učenje. Filozofijo nenehnega izboljševanja spodbujajo akcije in interaktivna vključenost udeležencev (IALF, 2021).

Robotika je tehnologija, ki zajema načrtovanje, izdelavo, izvedbo in delovanje robotov. Robotika vključuje aplikacije, zasnovane za izvajanje določene naloge ali niza nalog v komercialne namene. Ti roboti so lahko stacionarni ali mobilni, vendar so v funkciji omejeni, kot jih določa predvidena aplikacija. Večnamenski roboti so sposobni izvajati različne funkcije in gibe, ki jih določi uporabnik, ki programira robota za naloge, gibanje, doseg in druge funkcije ter lahko spremeni izvršilni element glede na zahtevano nalogo. Ti roboti delujejo avtonomno znotraj parametrov svojega programiranja za izvajanje nalog za komercialne aplikacije in so lahko fiksni, "premični" ali mobilni. Kognitivni roboti so sposobni odločanja in sklepanja, kar jim omogoča delovanje v kompleksnem okolju (European Commission, n.d.).

Varnostni izdelki so orodja, zasnovana z uporabo najrazličnejših tehnologij za izboljšanje varnosti omrežne infrastrukture organizacije – vključno z računalniki, informacijskimi sistemi, internetnimi komunikacijami, omrežji, transakcijami, osebnimi napravami, velikim računalnikom in "cloudom" – ter pomagajo pri zagotavljanju napredne vrednosti - dodane storitve in zmogljivosti. Izdelki kibernetske varnosti se uporabljajo za zagotavljanje zaupnosti, celovitosti, zasebnosti in zagotovila. Z uporabo varnostnih aplikacij lahko organizacije zagotovijo upravljanje varnosti, nadzor dostopa, avtentikacijo, zaščito pred zlonamerno programsko opremo, šifriranje, preprečevanje izgube podatkov (DLP), zaznavanje in preprečevanje vdorov (IDP), oceno ranljivosti (VA) in obsežno obrambo, med drugimi zmogljivostmi.

Spretnosti/kompetence

- **Spretnosti** Sposobnost uporabe znanja in uporabe znanja in izkušenj za dokončanje nalog in reševanje problemov. Lahko jih opišemo kot kognitivne (vključujejo uporabo logičnega, intuitivnega in ustvarjalnega mišljenja) ali praktične (vključujejo ročne spretnosti in uporabo metod, materialov, orodij in instrumentov) (European Commission, n.d.).
- **Kompetenca** pomeni dokazano zmožnost uporabe znanja, veščin in osebnih, socialnih in/ali metodoloških sposobnosti v delovnih ali študijskih situacijah ter v strokovnem in osebnem razvoju. Opisujejo jih v smislu odgovornosti in avtonomije (European Commission, n.d.).

MSP: Kategorijo mikro, malih in srednje velikih podjetij (MSP) sestavljajo podjetja, ki zaposlujejo manj kot 250 oseb in imajo letni promet, ki ne presega 50 milijonov EUR, in/ali letno bilančno vsoto, ki ne presega 43 milijonov evrov (European Commission, n.d.).

Poklicno izobraževanje in usposabljanje (VET) : Zveza LCAMP bo sprejela definicijo poklicnega izobraževanja in usposabljanja iz [*Council Recommendation on vocational education and training for sustainable competitiveness, social fairness and resilience* \(The Council of the European Union, 2020\)](#): Poklicno izobraževanje in usposabljanje je treba razumeti kot izobraževanje in usposabljanje, katerega cilj je opremiti mlade in odrasle z znanjem, spretnostmi in kompetencami, ki jih v posameznih poklicih ali širše zahtevajo na trgu dela. Lahko se izvaja v formalnem in neformalnem okolju na vseh ravneh evropskega ogrodja kvalifikacij (EQF), vključno s terciarno, če je primerno.



VSEBINSKA TABELA

POVZETEK	10
1. UVOD	12
1.1. Kako brati ta dokument	12
1.2. Opredelitev tovarn učenja	13
1.3. Opredelitev tovarne skupnega učenja	14
1.4. Pričakovani rezultati	15
2. DIDAKTIKA TOVARN SKUPNEGA UČENJA	16
2.1. Področja znanja, vključena v tovarno sodelovalnega učenja	16
2.2. Kompetenčni okvir za napredno proizvodnjo	18
3. GENERIČEN OPIS DIGITALNIH DELOVNIH MEST	19
3.1. Pregled digitalnega delovnega mesta	19
3.2. Zgodovina digitalnih delovnih mest	19
3.3. Metode digitalnega sodelovanja	20
3.3.1. Digitalno sodelovanje na delovnem mestu	20
3.3.2. Digitalno sodelovanje med organizacijami	20
3.4. Izzivi digitalnih delovnih mest	21
4. SMERNICE ZA USTVARJANJE TOVARN UČENJA	22
4.1. Začetni načrt projekta	22
4.2. Postopek oblikovanja izdelka	22
4.3. Procesno inženirstvo in načrtovanje dobavne verige	23
4.4. Oblikovanje proizvodnega procesa	24
5. ARHITEKTURA TOVARN SKUPNEGA UČENJA LCAMP	26
5.1. Dizajn izdelka	26
5.1.1. Lastnosti in funkcije	26
5.1.2. Ekološko oblikovanje	27
5.1.3. Tehnične specifikacije	28
5.1.4. Navodila za preverjanje	31
5.2. Oblikovanje proizvodnega procesa	32
5.2.1. Konfiguracija prodajnega prostora	33
5.2.2. Povezani delovni dokumenti	35
5.2.3. Opis delovne postaje Wheels Assembly	36
5.2.4. Opis delovne postaje za sestavljanje šasije	37
5.2.5. Opis končne montažne delovne postaje	38
5.2.6. Opis celice senzorske škatle	40
5.2.7. Opis delovne postaje Warehouse	41
5.2.8. Opis strojne obdelave komponent delovnih postaj	43
5.2.9. Opis delovnih postaj za 3D tiskanje	44
5.2.10. Tehnologije industrije 4.0	45
5.3. Digitalna infrastruktura	46
5.3.1. Digitalni dvojček CLF	47
5.3.2. Digitalni dvojnik izdelka - Virtual Robot	48
5.3.3. Delovne postaje in povezava s stroji	50
5.4. Spremljanje izvajanja	50
6. SODELOVANJE MED UČNIMI TOVARNAMI	51
6.1. Sodelovalna proizvodnja robotov	52
6.2. Tečaji v CLF	52
6.3. Virtualni CLF	53
6.4. Mobilnost študentov in osebja	53
6.5. Zveza LCAMP	53
7. ZAKLJUČEK IN OBETI	54
7.1. Izzivi v življenjski dobi LCAMP	54
7.2. Dejavniki uspeha v življenjski dobi LCAMP	54



7.3. Trajnost	55
8. LITERATURA	55
9. KAZALO SLIK	59
10. KAZALO TABEL	59
11. PRILOGE	60
11.1. Kvalifikacije za prihodnost, povezane s področji znanja, vključenimi v tovarno sodelovalnega učenja	60
11.2. Lastnosti Forcam Edge	65
11.3. Kompetenčni okvir LCAMP	67
11.4. Tečaji, ki se izvajajo v CLF	69
11.5. Predloge povezanih delovnih dokumentov	74





Co-funded by
the European Union

POVZETEK

Dobavljiva enota z naslovom »Morfologija LCAMP-ovih Tovarn skupnega učenja« (D6.1, 2. del) opisuje glavne značilnosti fizičnega učnega okolja za izobraževanje o napredni proizvodnji, imenovanega Tovarne skupnega učenja. Dokument temelji na **treh** (3) stebrih: **pedagoških vidikih**, ki so lastni temu učnemu okolju, potrebni **tehnični in operativni infrastrukturi** tovarn skupnega učenja ter **priložnostih za sodelovanje centrov** za poklicno izobraževanje in usposabljanje (PIU) v tem sektorju.

Napredni proizvodni sektor se sooča z večplastnimi izzivi ob hkratnem povpraševanju po kvalificirani delovni sili, ki je sposobna obvladati in se prilagajati hitrim tehnološkim, okoljskim, organizacijskim in družbenim spremembam.

V tem kontekstu ekosistemi spretnosti postajajo strateški, povezujejo ustrezne akterje in na novo opredeljujejo paradigme spretnosti. Centri poklicne odličnosti (CoVE) so v ospredju sistemov poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET), saj spodbujajo povezavo med industrijo, izobraževanjem in družbo, hkrati pa ponovno razvijajo pedagoške pristope izobraževalnih sistemov po vsej EU. Kaj pomeni prenoviti pedagoške pristope? Tradicionalno je za poklicno izobraževanje in usposabljanje značilen neizbežen praktični značaj, ki temelji na učinkovitosti pridobivanja kompetenc pri učenju na podlagi dejanj. Zato je izziv, kako ustvariti na dejanjih temelječa učna okolja, usklajena z večplastnimi izzivi naprednega proizvodnega sektorja.

Potopljen v evropsko leto spretnosti, ki krepi strategijo spretnosti EU, LCAMP vodi načrtovanje in ustvarjanje **tovarn skupnega učenja (CLF)** za centre poklicnega izobraževanja in usposabljanja, razvoja klasičnega koncepta tovarne učenja, ki ga pogosto uporabljajo številne univerze v EU.

Collaborate Learning Factory posnema avtentične industrijske procese v izobraževalnih okoljih, tj. v laboratorijih centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje. CLF sestavljajo obstoječe in razvijajoče se tovarne učenja, ki se nahajajo v sedmih geografsko različnih središčih poklicnega izobraževanja in usposabljanja, kjer ima vsak center posebno vlogo pri izdelavi končnega skupnega izdelka. Medsebojne povezave znotraj in med porazdeljenimi učnimi tovarnami tvorijo delovno ureditev celotnega CLF. Ta konfiguracija omogoča:

- 1) učenje na podlagi prakse z vgrajenimi tehnologijami I4.0 za študente poklicnega izobraževanja in usposabljanja
- 2) pridobitev specifičnih delovnih in transverzalnih spretnosti napredne proizvodnje
- 3) krepitev sodelovanja med organizacijami poklicnega izobraževanja in usposabljanja.

Trije stebri, ki sestavljajo tovarno sodelovalnega učenja, so: pedagoški vidiki, tehnična in operativna infrastruktura ter možnosti sodelovanja.

Pedagoški vidiki, značilni za to učno okolje

CLF izkorišča prednosti LF in jih prilagaja ključnim značilnostim poklicnega izobraževanja in praktičnega usposabljanja v resničnem okolju, hkratnemu pridobivanju spretnosti, specifičnih za delo, in transverzalnih spretnosti, prilagajanju tečajev potrebam študentov poklicnega izobraževanja in usposabljanja. Poleg tega CLF zagotavlja orodja in aplikacije, ki usklajujejo

učenje med sodelavci, kar prinaša kolektivno razumevanje v podporo učenju študentov in inovacijam pri poučevanju. To vključuje združevanje naprednih proizvodnih tečajev v domenah znanja Industrije 4.0 (I4.0) kot tudi jasno opisan enoten okvir kompetenc.

Tehnična in operativna infrastruktura CLF

Koncept CLF sledi smernicam, ki jih je navdihnila zasnova in implementacija dejanskih proizvodnih linij, in je osredotočen na štiri področja: oblikovanje izdelka, procesni inženiring, dobavna veriga in proizvodnja. Obsežen nabor rezultatov, ustvarjenih na teh štirih področjih, služi kot osnova za ustvarjanje celotnega CLF. Izbrani izdelek za naš model CLF je mobilni robot; vzpostavljene so delovne postaje za izdelavo komponent, montaža pa je izvedena z uporabo štirih namenskih primarnih digitalnih delovnih postaj. Ker so nekatere delovne postaje geografsko porazdeljene, je bila posebna pozornost namenjena dobavni verigi in logistiki proizvodnje. Za začetno natančno nastavitev našega prvega CLF bosta na voljo dve lokaciji, kjer bo nameščena celotna proizvodna linija. Ker CLF deluje kot pametna tovarna, je povezljivost ključna; ta digitalna plast zagotavlja ne le pravilno koordinacijo decentraliziranih proizvodnih mest, temveč tudi implementacijo tehnologij I4.0. Digitalizacija proizvodnih linij ponuja priložnosti za virtualizacijo izdelka in procesa prek digitalnih dvojčkov.

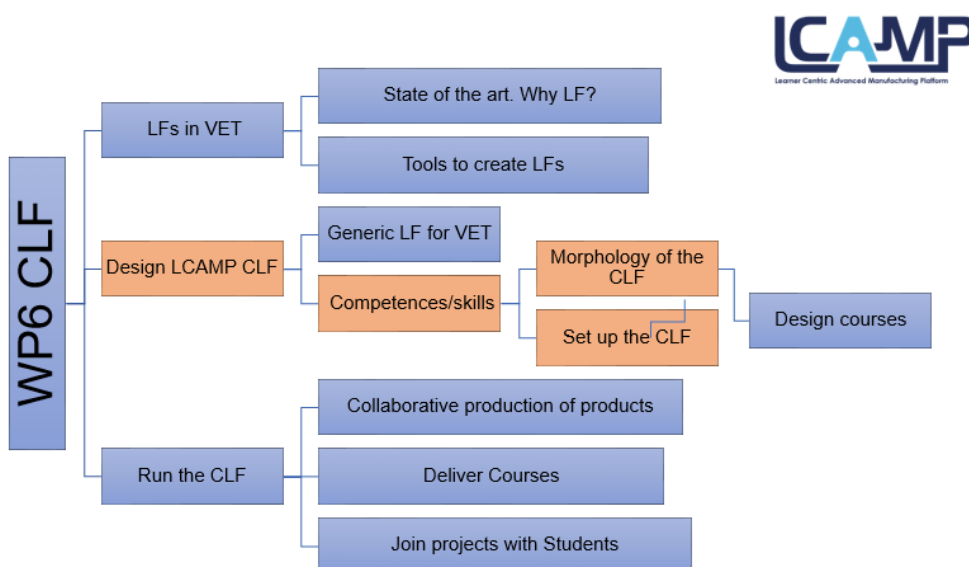
Možnosti sodelovanja za centre za poklicno izobraževanje in usposabljanje so temelj projekta LCAMP

CLF odpira nove perspektive in možnosti za mednarodno sodelovanje, ki obsega več razsežnosti, ki vključujejo tako učitelje kot učence. Omogoča prostor za artikulacijo sodelovalnih dejavnosti na 4 ravneh: skupna proizvodnja robotov, kooperativni razvoj tečajev CLF, kolektivna udeležba v virtualnem CLF in povezljivost brez primere, ki vodi do izboljšane mobilnosti študentov in osebja. Osrednji del tega vidika je potencial za edinstvene povezave med partnerji, ki bi sicer imeli bolj omejene možnosti za izboljšanje učenja študentov; ko je več zainteresiranih strani vključenih v skupno oblikovanje, proizvodnjo in usposabljanje, se odpre svet priložnosti, ki si jih sami po sebi ne bi mogli niti predstavljati.



1. UVOD

Delovni paket 6 (WP6) projekta Learner-Centric Advanced Manufacturing Platform (LCAMP), "Industry 4.0 technology absorption through the Collaborative Learning Factory" se posveča oblikovanju in vzpostavitvi **tovarn skupnega učenja (CLF)** za napredno proizvodnjo. Delo je razdeljeno na tri sklope: konceptualizacija, načrtovanje in izvedba. Konceptualizacija obravnava raziskave okolij tovarne učenja (LF) za centre poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET). Ugotovitve so vključene v predhodno predloženo poročilo »D6.1part 1 Role of LF in VET Education« (LCAMP, 2023). Ta trenutni dokument zajema drugi sklop načrta, fazo načrtovanja v "D6.1 del 2 Morfologija tovarn skupnega učenja LCAMP".



Slika 1. Osnovna shema WP6

Ta dokument temelji na treh stebrih: **pedagoških vidikih**, ki so značilni za učno okolje, potrebni **tehnični in operativni infrastrukturi** CLF ter priložnostih za **sodelovanje med vključenimi centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje**. Pobudo izvaja 9 centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter visoko poklicno izobraževanje in usposabljanje (HVET): CIFP MIGUEL ALTUNA (Baskija), TKNKA (Baskija), DHBW (Nemčija), CMQ (Francija), MADE (Italija), CNG (Švedska), TSCMB (Slovenija), Camosun College (Kanada) in GEBKIM VET (Turčija). Pri oblikovanju CLF sodelujeta še podjetji Simumatik (Švedska) in Forcam (Nemčija).

1.1. Kako brati ta dokument

Ta rezultat je drugi korak v WP6 »Absorbicija tehnologije industrije 4.0 preko tovarn skupnega učenja«. Služi kot "referenčni dokument" za nastavitev in zagon CLF.

Poglavje 2 raziskuje didaktiko za CLF, predstavlja področja znanja o napredni proizvodnji in predlaga okvir kompetenc.

Poglavje 3 se osredotoča na nedavne spremembe na delovnem mestu, ki jih je prinesla digitalizacija, s posebnim poudarkom na spremembah proizvodnih linij, povezanih z značilnostmi CLF.



Poglavje 4 podaja smernice o tem, kako zgraditi LF po industrijskih vzorcih, od začetnega načrta projekta prek načrtovanja izdelka, procesnega inženiringa, dobavne verige in načrtovanja proizvodnega procesa.

Poglavje 5 obravnava arhitekturo CLF, ki pokriva glavne značilnosti in tehnične vidike produkta, procesa in digitalne infrastrukture.

Poglavje 6 obravnava možnosti sodelovanja, ključne aktivnosti sodelovanja v projektu.

Poglavje 7 nudi kratek povzetek tega, kako se bo CLF razvijal.

Dodatne poglobljene informacije so na voljo v prilogah.

1.2. Opredelitev tovarn učenja

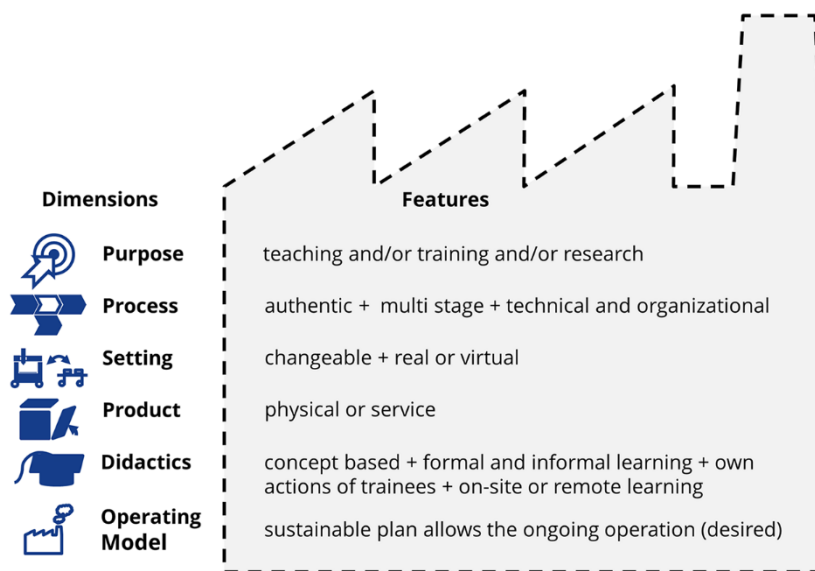
Tovarne učenja omogočajo praktičen način poučevanja, saj ponujajo specializirana učna okolja, ki posnemajo industrijske nastavitve in študentom nudijo praktične učne izkušnje. Zasnovani so tako, da simulirajo industrijske procese in študentom omogočajo uporabo pridobljenega znanja v praktičnem, na učenje osredotočenem okolju. (Abele E. et al., 2015).

Prisotnost in razvoj LF na univerzitetni ravni sta v literaturi obširno zajeta (Belinski, Peixe, Frederico, & Garza-Reyes, 2020) (Enke et al., 2018) (Pittich 2020) vendar je pozornost LF v PIU omejena (Roll & Ifenthaler, 2021) (Scheid, 2018). Kljub temu,

številne značilnosti LF-jev, tj. praktični načini poučevanja v okoljih, ki jih izvajajo v praksi, replike resničnih industrijskih okolij, celotne vrednostne verige proizvodnih procesov, priložnosti za uporabo spretnosti in znanja v resničnem okolju, naredijo LF koncept zelo primeren tudi za okolja PIU. (LCAMP, 2023).

Dimenzije učne tovarne

Mednarodno združenje učnih tovarn (IALF) opisuje LF na podlagi šestih dimenzij, ki so jih predlagali Abele et al. (Abele E. et al., 2015) in so prikazane spodaj v **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.** (IALF, 2021).



Slika 2. Dimenzija, ki jo je podala IALF za opis LF. Vir (Abele E. et al., 2015)

Ta struktura se začne z **namenom** in učnimi žarišči poučevanja, usposabljanja in raziskovanja. Nato pride potreba po avtentičnem večstopenjskem **procesu**, ki je tako tehničen kot organizacijski. Postavitev učne tovarne, fizične ali virtualne, mora biti vsestranska in odprta za



spremembe . **Čeprav je izdelek** na splošno fizična dobava, je lahko tudi neke vrste storitev. Kot mesto za formalno in priložnostno učenje mora **didaktika** temeljiti na konceptu in dejanju, čeprav je delo mogoče opraviti na kraju samem ali na daljavo. Nazadnje, **operativni** model bi moral težiti k trajnosti z načrtom, ki zagotavlja prostor, čas in vire za tekoče delovanje kot odgovor na potrebe industrije. Kar ni vključeno v ta model, so metrike, poznejše razprave o tovarni učenja pa so poudarile nujnost vključitve tega kot sedme dimenzije za razumevanje in primerljivost. Ta sedem dimenzionalni model je naveden spodaj v tabeli 1

Tabela 1. Dimenzije LF, opredeljene v knjigi Learning Factories: Concepts, Guidelines, Best-Practice Primers

Operativni model	Opisuje, kako subjekti upravljanja učinkovito zagotavljajo stalno funkcionalnost LF, vključno s finančno, vsebinsko in osebno vzdržnostjo.
Cilji in namen	Temeljni cilji LF so izobraževanje študentov, usposabljanje industrijskih kadrov in izvajanje raziskav, povezanih s proizvodnjo.
Proces	Proizvodni procesi, prikazani v LF, so podrobneje opisani.
Nastavitev	Fizično tovarniško okolje, kjer lahko učenci raziskujejo in sodelujejo pri praktičnem eksperimentiranju, medtem ko so lahko digitalne in virtualne predstavitve tovarniškega okolja prav tako priznane kot alternativa temu. Poleg tega lahko tovarniška nastavitev uporablja opremo v naravni velikosti, ki reproducira tisto, kar se uporablja v dejanskih tovarnah, ali pomanjšano tovarniško opremo. Pri slednjem gre za manjše modele, ki jih konceptualno navdihuje njihova oprema v naravni velikosti.
Izdelek	Značilnosti izdelkov, ki se bodo sestavljali v LF.
Didaktika	Temeljni element pri razumevanju konceptov LF, ki obravnava glavne cilje izobraževanja in usposabljanja.
Metrike	Merljivi vidiki konceptov LF, vključno s številom udeležencev na učni modul, povprečnim trajanjem posameznih učnih modulov in razpoložljivim učnim prostorom.

Čeprav bo ta sedem dimenzionalni model uporabljen za CLF, bo sodelovalna narava našega podjetja zahtevala razširitev na osmo dimenzijo.

1.3. Opredelitev tovarne sodelovalnega učenja

LCAMP predlaga opredelitev ključnih značilnosti proizvodnih prostorov (praktičnih laboratorijev) v šolah poklicnega izobraževanja in usposabljanja za učinkovito obravnavanje razvijajočega se povpraševanja po trenutnih veščinah, ki jih sprožita digitalna in zelena transformacija, z uporabo modela Tovarn skupnega učenja (CLF). CLF posnema sodobne industrijske procese za izdelavo specifičnega izdelka za izobraževalne aplikacije in okolja (tj. laboratorije centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje), vendar znotraj strukture, ki je geografsko porazdeljena med sedem centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje, pri čemer ima vsak center posebno vlogo pri izdelavi skupnega končnega izdelka. Medsebojne povezave med LF in med njimi tvorijo delovne ureditve CLF. Ta konfiguracija omogoča izvedbo:

- Na praksi temelječa učna okolja za študente poklicnega izobraževanja in usposabljanja z vgrajenimi tehnologijami I4.0
- Pridobivanje specifičnih delovnih in prečnih spretnosti za napredno proizvodnjo.
- Okrepljeno sodelovanje med mednarodnimi organizacijami poklicnega izobraževanja in usposabljanja.



Dimenzije CLF

Po osmih dimenzijah v razdelku **Napaka! Vira sklicevanja ni bilo mogoče najti.**, je CLF značilen po dimenzijah, opisanih v Tabela 2, ki vključuje dodatno 8. dimenzijo za opis sodelovalnih vidikov CLF.

Tabela 2. Dimenzije LCAMP CLF

Dimenzija	Kje najti opis teh dimenzij
Operativni model	Zavezništvo LCAMP (izdelki WP2)
Cilji in namen	Dijaki poklicnega izobraževanja in usposabljanja, delavci, mednarodno sodelovanje
Proces	Oddelek 5.2
Nastavitev	Oddelek 5.2 in 5.3
Izdelek	Oddelek 5.1
Didaktika	Oddelek 2
Metrike	Oddelek 1.5
Sodelovanje	Oddelek 6

Razlikovalni element LCAMP CLF v primerjavi s standardnimi definicijami LF je njegova porazdeljena geografska in organizacijska narava. To zahteva bistveno usklajevanje in sodelovanje. Poleg tega je uspešno izvajanje oddaljenega in sodelovalnega dela v tem okviru odvisno od uspešnosti (EXAM 4.0, 2020)^[OBJ.].

1.4. Pričakovani rezultati

Namen WP6 CLF zajema naslednje rezultate:

- **Ustvarjanje sodelovalnega delovnega okolja**, v katerem vrednostna veriga proizvodnje blaga uporablja napredne proizvodne tehnologije. To okolje se oblikuje v **fizičnem prostoru** z implementacijo oprijemljivih LF v laboratorijih centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje ter v **virtualnem okolju** za tiste centre za poklicno izobraževanje in usposabljanje, ki nimajo fizičnih virov.
- **Didaktična odprto dostopna učna gradiva in viri** so na voljo vsem članom LCAMP Alliance (LCAMP, 2023) in končno širši napredni proizvodni skupnosti, brez omejitev za njihovo uporabo in izkoriščanje.
- Izdelava **časovnega načrta**, akcijskega načrta, ki temelji na izkušnjah, pridobljenih pri oblikovanju CLF. Ta načrt bo služil kot vodilo za druge ustanove, ki želijo posnemati in vzpostaviti lastne CLF, ter spodbujati širjenje in sprejemanje tega izobraževalnega pristopa.

Doseganje rezultatov se spremlja z nizom metrik, ki opisujejo določljive kvantitativne mere, ki so prikazane v razdelku 5.4 *Spremljanje izvajanja*.



2. DIDAKTIKA TOVARN SKUPNEGA UČENJA

LCAMP CLF je bil zasnovan za pospešitev razvoja kompetenc, povezanih z napredno proizvodnjo, s spodbujanjem optimalnega učnega okolja. Posledično je celotna morfologija CLF tesno prepletena s temi kompetencami. Didaktična struktura LCAMP-ovega CLF je torej neločljivo povezana s temi kompetencami, njena kompleksnost pa izhaja iz potrebe po prilagajanju tako pridobivanju veščin s strani učencev kot tudi raznolikosti vključenih izobraževalnih okvirov. Predvsem CLF zajema oddaljene laboratorije v sedmih državah v različnih centrih poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter na univerzah. Izobraževalno delujejo CLF na dveh različnih ravneh: **regionalno**, kjer vsak center za poklicno izobraževanje in usposabljanje prilagodi lastnosti CLF, da se uskladijo z lokalnimi programi, učnimi načrti in kompetencami svojih izobraževalnih struktur; in na **ravni konzorcija**, ki potrebuje enoten pristop k kompetencam, ki se spodbujajo s sodelovanjem v okviru CLF, kar omogoča brezhibno integracijo v poseben sistem poklicnega izobraževanja in usposabljanja vsakega izobraževalnega subjekta (Ziarsolo, 2023).

CLF omogoča tečaje, ki se izvajajo v celotnem konzorciju, in ponuja prilagodljivost v načinih izvajanja, vključno s sinhronimi, asinhronimi in večjezičnimi možnostmi. Tako na regionalni ravni kot na ravni konzorcija didaktika vključuje razvoj **učnih rešitev**, prilagojenih vnaprej določenim kompetencam v naprednem proizvodnem izobraževanju. Nadaljnje mednarodno soglasje o teh učnih rešitvah je nujno za kohezivne opise tečajev. Okvir za skupno besedilo kompetenc za napredno proizvodnjo je razporejen v razdelku 2.2.

Ključni vidiki teh didaktičnih rešitev vključujejo:

- Prilagajanje in/ali soustvarjanje posebnih tečajev, ki se izvajajo v regionalnih LF.
- Modularizacija vsebine za zagotovitev integracije v različne nacionalne sisteme kvalifikacij.
- Opredelitev ustreznih mehanizmov dostave znotraj LF okolja na podlagi vsebine in občinstva, ki vključuje metode aktivnega učenja, igrifikacijo, mikro učenje, mobilno učenje in virtualno usposabljanje.
- Vzpostavitev delovnih metod za skupne naloge med mednarodnimi študenti.

Pri definiranju morfologije CLF je konzorcij LCAMP identificiral ustrezna **področja znanja** znotraj I4.0, ki so pomembna za ciljno občinstvo. Izbrana območja so navedena v spodnjem razdelku (2.1).

2.1. Domene znanja, vključene v tovarne skupnega učenja

Kot je navedeno zgoraj, LF pomeni celovito učno okolje, ki študentom omogoča pridobivanje kompetenc na različnih področjih znanja. Med pokrajino I4.0 je konzorcij LCAMP CLF izbral **posebne tehnološke domene**, povezane z nacionalnimi sistemi kvalifikacij iz partnerskih organizacij, ki so povezane z ugotovitvami Observatorija LCAMP (WP3) in sodelovanja VET-SME (WP7).

V tem razdelku so navedene **domene, naslovljene v CLF**.



CLF pokriva različna področja. Zlasti WP3 je izvedel temeljit pregled menjav delovnih mest v naprednem proizvodnem sektorju v sodelujočih državah in natančno določil bistvena znanja in spretnosti, ki so potrebna v industriji. Zato bodo tečaji skrbno organizirani za spodbujanje teh kritičnih kompetenc. Poleg tega je izbira tečajev odvisna od strateških ciljev in posebnih lokalnih okoliščin partnerskih ustanov, kar zagotavlja, da so izobraževalne ponudbe ustrezne in ugodne za strateško združenje LCAMP, ki mu služijo.

Če se obrnemo na drugo točko poudarka, je priznan pomen ravnovesja med netehničnimi in poklicno specifičnimi veščinami, kot je dokumentirano v (ETHAZI, 2016). Posledično oris tečaja, predstavljen v WP5, pojasnjuje, kako se razvije obsežen sklop spretnosti, s podrobnostmi o **vsebini, učnih metodah in inovativnih strategijah ocenjevanja**. Glede na edinstvene prilike, ki jih ponuja CLF za obravnavo različnih ključnih netehničnih (transverzalnih) veščin, je pomembno, da so **mehanizmi izvajanja**, ki se uporabljajo za uvedbo tečajev, ključnega pomena.

Izbrana področja znanja so naslednja:

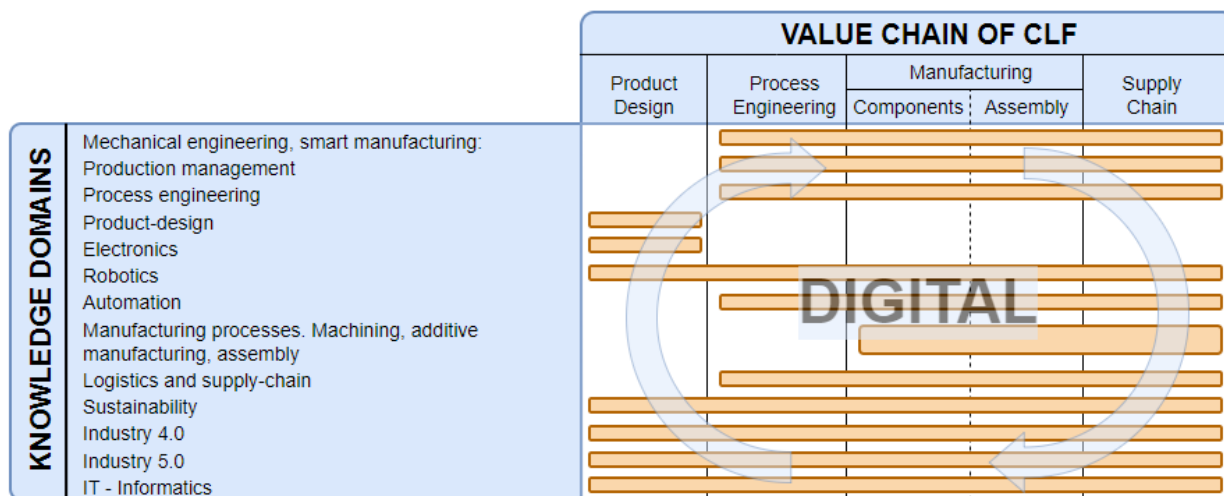
- Strojništvo, pametna proizvodnja:
- Vodenje proizvodnje
- Procesno inženirstvo
- Oblikovanje izdelkov
- elektronika
- Robotika
- Avtomatizacija
- Proizvodni procesi. Strojna obdelava, aditivna proizvodnja, montaža
- Logistika in dobavna veriga
- Trajnost
- Industrija 4.0
- Industrija 5.0
- IT Računalništvo

Priloga 11.1 zagotavlja zbirko kvalifikacij LCAMP za preverjanje prihodnosti, povezanih z izbranimi področji.

Neposredna korelacija med izbranimi domenami znanja in vrednostno verigo CLF je prikazana na sliki 3, ki ponazarja štiri medsebojno povezane procese: oblikovanje izdelka, inženiring procesov, proizvodnjo in dobavno verigo. Vse to je podprto z digitalno infrastrukturo, kjer se učne dejavnosti odvijajo na različnih področjih (glej prilogo 11.4).

Tečaji, ki se izvajajo v okviru izobraževalnih dejavnosti CLF, bodo podobno usklajeni s temi področji znanja. (glej prilogo 11.4)





Slika 3. Navzkrižno sklicevanje na področja znanja z vrednostno verigo procesov CLF

2.2. Kompetenčni okvir za napredno proizvodnjo

Pri opredeljevanju tečajev v okviru CLF sta potrebna skupen izobraževalni pristop in terminologija, in tu postane pomemben okvir kompetenc LCAMP za napredno proizvodnjo, vzpostavljen v WP5. To ogrodje partnerjem pomaga sprejemati informirane odločitve glede specifičnih tehničnih in prečnih sklopov spretnosti, vsebine tečajev, načinov izvajanja in metod ocenjevanja za izbrane tečaje.

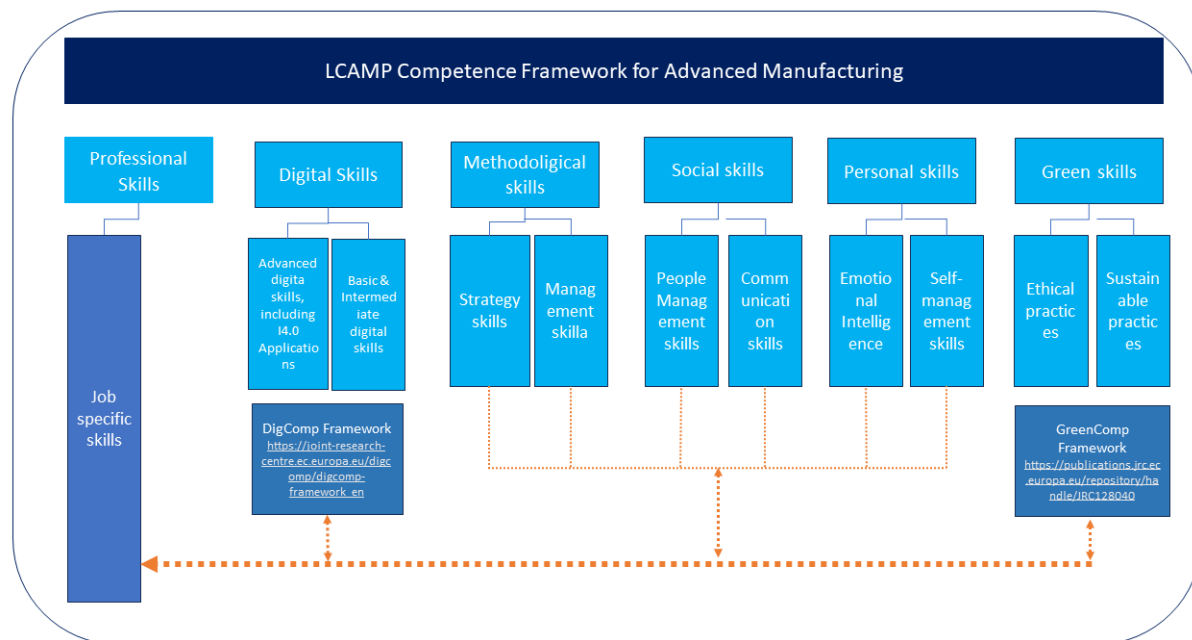
Ta okvir predlaga združitev z drugimi obstoječimi kompetenčnimi okviri, zlasti kompetenčnim okvirom EXAM4.0 za napredno proizvodnjo (EXAM 4.0, 2020) in Beyond 4.0 (Clara R. Behrend, 2022). Ker se zahteve in zahteve trga dela razvijajo zaradi vplivov več megatrendov, okvir ostaja dinamičen in odraža spreminjajoče se zahteve delodajalcev in vplive tekoče industrijske transformacije.

Okvir, ki je shematično prikazan na sliki 4, je organiziran v šest kategorij znanj in spretnosti, ki se štejejo za bistvenega pomena za prihodnjo delovno silo v napredni proizvodnji, nadalje pa so razdeljene na podkategorije. Kategorizacija predstavlja začetni niz spretnosti, specifičnih za delo, povezanih z oprijemljivimi delovnimi nalogami, običajno tehnološke spretnosti, ki jim sledijo štiri kategorije transversalnih spretnosti – digitalne, osebne, socialne in metodološke spretnosti. Šesta kategorija je povezana z zelenimi veščinami.

Digitalne spretnosti so nadalje razvrščene kot napredne spretnosti in osnovne/srednje spretnosti. Napredne digitalne veščine so vedno bolj potrebne pri nalogah, povezanih z IT in aplikacijami I4.0, medtem ko številni drugi poklici zahtevajo osnovna ali srednja digitalna znanja. V nekaterih primerih se te napredne digitalne veščine lahko štejejo tudi za spretnosti, specifične za delo. V vsakem primeru se ogrodje opira na evropski okvir digitalnih kompetenc za državljane (DigComp) (Vuorikari & Punie, 2022) za opis celotnega sklopa digitalnih veščin.

Kar zadeva nedigitalne transversalne sklope spretnosti, so bile razvrščene kot metodološke, socialne in osebne spretnosti. Nazadnje, kar zadeva spretnosti, ki se nanašajo na okoljsko trajnost, gospodarstvo recikliranja in ohranjanje virov, neposredno vplivajo na spretnosti v vseh kategorijah, saj je treba vzpostaviti miselnost za trajnostno, iznajdljivo in odgovorno delovanje. Kompetence Framework LCAMP povzema okvir GreenComp (Bianchi, Pisiotis, & Cabrera Giraldez, 2022), ki spodbuja učenje o okoljski trajnosti v Evropski uniji za opis zelenih veščin.





Slika 4. Kompetenčni okvir LCAMP za napredno proizvodnjo.

3. GENERIČEN OPIS DIGITALNIH DELOVNIH MEST

3.1. Pregled digitalnega delovnega mesta

Digitalno delovno mesto v kontekstu tega poročila se nanaša na digitalno preoblikovana delovna mesta in tovarn proizvodnih podjetij zaradi integracije tehnologij I4.0. Pojem "transformacija" pomeni tudi bistveno spremembo funkcij delavcev v delavnici, izraz "digitalno" pa se nanaša na uporabo novih digitalnih tehnologij in digitalne opreme. Digitalno delovno mesto in njegove posledice predstavljajo pomembno značilnost CLF, saj lahko samo z digitalnimi sredstvi poteka načrtovanje, oblikovanje, izvedba in ocenjevanje med partnerji, ki sodelujejo v sodelovalnih dejavnostih, ki temeljijo na LF. Od skupnih namenov do skupne programske opreme, kooperativnega oblikovanja do načrtovane izvedbe, kooperativnega sestavljanja do integrativne kritike, CLF je digitalni sistem, ki zahteva robustno infrastrukturo za prilagajanje potrebam posameznih partnerjev in težnjam pedagoškega sistema.

3.2. Zgodovina digitalnih delovnih mest

Medtem ko imajo tako računalniki kot delo na daljavo svoje korenine v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, se je sodobno digitalno delovno mesto rodilo leta 1993 z izdajo tako America Online kot Microsoft Outlooka (Harvard Business Review, 2020). Uvedba e-pošte na delovnem mestu je ustvarila temelje za digitalno interakcijo, ki je zaposlenim omogočila preprosto elektronsko izmenjavo datotek in korespondence. Hitro širjenje digitalne infrastrukture je



privedlo do razvoja interneta stvari (IoT), izraza, ki ga je prvi uvedel Kevin Ashton leta 1999. Ko se je procesna moč izboljšala, je sposobnost organizacije za zbiranje in obdelavo podatkov skokovito rasla; istočasno so bili razviti senzorji, ki so lahko spremljali široko paleto informacij v realnem svetu. S to kombinacijo je postalo mogoče daljinsko spremljati in slediti vsemu, od kmetijskih podatkov do industrijske robotike, kar je omogočilo delavcem, da nadzirajo in prilagajajo razmere v realnem času, spremljanje strojev iz povezanih računalnikov, namesto da bi morali neposredno in ročno upravljati opremo. Rast digitalne infrastrukture v tem času je povečala tudi hitrost, s katero lahko podatki potujejo med napravami, kar je posledično omogočilo hitro širitev količine podatkov, ki jih je mogoče varno shraniti in digitalno deliti.

Stanje digitalnega delovnega mesta je zaradi pojava pandemije Covid-19 leta 2020 doživelo obsežno preobrazbo. Ko je vse več odraslih začelo delati od doma, bodisi s polnim delovnim časom bodisi na hibridni osnovi, je bila vzpostavljena industrijska infrastruktura, ki je hkrati spodbudila porast v medresorskem in medorganizacijskem digitalnem sodelovanju. Razvita je bila nova infrastruktura, da bi posameznikom omogočili sodelovanje na daljavo, pa tudi za povečanje produktivnosti in medsebojne povezanosti v delovnih okoljih. Podatki o nadzoru v delavnici omogočajo delavcem spremljanje in obdelavo digitalnih informacij neposredno v proizvodni ali predelovalni opremi, brez težavnega ali zapletenega ročnega programiranja.

3.3. Metode digitalnega sodelovanja

3.3.1. Digitalno sodelovanje na delovnem mestu

Ključni vidik digitalnega delovnega mesta je enostavnost, s katero spodbuja digitalno sodelovanje znotraj in med organizacijami. Najbolj neposreden način sodelovanja je prek skupnih skladišč informacij. Ustrezen repozitorij podatkov zagotavlja, da so ažurni in točni podatki na voljo vsem, ki jih potrebujejo.

Številne organizacije se za varovanje podatkov, izboljšanje produktivnosti in upravljanje sodelovanja na delovnem mestu zanašajo na virtualno delovno okolje. Navidezna delovna okolja združujejo shranjevanje v oblaku in programe z aplikacijami za oddaljeno namizje, ki delavcem omogočajo prijavo v varne strežnike s katere koli lokacije, kar zaposlenim omogoča delo od doma ali med službenim ali osebnim potovanjem. Ta okolja izboljšujejo fleksibilnost delavcev, pri čemer lahko številni zaposleni delajo na daljavo delno ali s polnim delovnim časom.

Za organizacije, osredotočene na proizvodnjo, lahko oddaljena avtomatizacija preseže digitalno procesno delo, kot je bilo razloženo zgoraj, in zagotavlja neposreden virtualni dostop do vmesnikov človek-stroj in industrijskih omrežij. To lahko delavcem omogoči spremljanje in programiranje zapletenih nalog avtomatizacije, ne da bi morali iti na lokacijo, in je še posebej dragoceno za daljinsko spremljanje obsežnih proizvodnih procesov.

V nekaterih primerih delavci na kraju samem komunicirajo z digitalnimi napravami pri svojih vsakodnevnih opravilih, komunikacijah in procesih sodelovanja z drugimi akterji v organizaciji. V drugih primerih delavci na kraju samem zagotavljajo, da so stroji naloženi s potrebnimi komponentami, in odgovarjajo na opozorila, medtem ko se delavci na daljavo osredotočajo na ustvarjanje digitalnih navodil za proizvodne procese in spremljajo napredek v tovarni. V zadnjem primeru lahko proizvodni sistemi celo delujejo, ko v proizvodnem območju ni prisoten noben človek, če je nekdo dežuren, da se odzove na avtomatizirana opozorila.

3.3.2. Digitalno sodelovanje med organizacijami

Vzpon digitalnega delovnega mesta omogoča znatno izboljšanje digitalnega sodelovanja z zagotavljanjem nabora orodij, ki organizacijam omogočajo začasno ali trajno izmenjavo



informacij med seboj, kot je potrebno za kritične projekte. Osebe ali raziskovalci lahko hitro sodelujejo v virtualnih pogovorih in odprejočasne skupne delovne skupine in repozitorije podatkov, kar ekipam omogoča, da uskladijo svoja prizadevanja in združijo vire za skupne izzive. Ta sodelovanja nudijo izjemno priložnost za raziskovalce, oblikovalce in inženirje vseh področij. Različne organizacije imajo dostop do specializirane opreme za spremljanje in izdelavo, do katere drugi morda ne bodo mogli dostopati, vendar jo je mogoče uporabiti na daljavo za združevanje prizadevanj. Poleg tega lahko skupine strokovnjakov iz več organizacij drug drugemu zagotovijo edinstvene perspektive in izkušnje, zlasti z visoko usposobljenimi strokovnjaki, katerih strokovno znanje je težko ali nemogoče reproducirati v organizaciji gostiteljici. Z oddaljenim dostopom, virtualnimi konferencami in skupnimi repozitoriji podatkov lahko strokovnjaki v različnih mestih, državah ali celo celinah združijo svoja prizadevanja za razvoj edinstvenih pristopov k reševanju kompleksnih izzivov. V aplikativnih raziskovalnih situacijah lahko fizično proizvodnjo upravlja ena sama gostiteljska organizacija, medtem ko partnerski strokovnjaki prilagajajo parametre in spremljajo rezultate na daljavo ali zagotavljajo lastne stroje za hkratno ponavljanje, razvoj modelov in prototipov skupaj z drugimi institucijami in terensko testiranje več modelov hkrati.

Medtem ko medorganizacijsko sodelovanje prinaša veliko koristi, lahko preprostost tega paradoksalno vodi do edinstvenih izzivov. Pravice intelektualne lastnine so posebna skrb, saj lahko brez trdnih pogodb raziskovalci nehoti povzročijo pravno zmedo glede tega, kdo je lastnik rezultatov skupnih raziskav in razvoja. Varnostni pomisleki so prav tako kritično pomembni. Uhajanje podatkov in kršitve varnosti so še ena kritična skrb. Z velikim številom zaposlenih, ki si izmenjujejo podatke v več organizacijah, se povečajo možnosti, da bo ena oseba podlegla vdoru v podatke ali pomotoma delila nepooblaščenke informacije, zaradi česar so vsi v nevarnosti, da bodo njihovi podatki ukradeni ali odkupljeni (Schumann, 2022). Drug izziv, povezan z morebitnim poslabšanjem delovnih pogojev za številne delavce, je algoritemsko upravljanje, »uporaba programskih algoritmov za avtomatizacijo organizacijskih funkcij, ki jih tradicionalno izvajajo človeški menedžerji« (Wood, AJ, Algoritemsko upravljanje: posledice za organizacijo dela in delovne pogoje, Sevilla : Evropska komisija, 2021, JRC124874), ki bo le še bolj razširjena z rastjo umetne inteligence. Nazadnje, ko raste število organizacij, vključenih v sodelovanje, raste tudi število konkurenčnih standardov shranjevanja podatkov, uporabe programov in najboljših praks.

3.4. Izzivi digitalnih delovnih mest

Digitalno delovno mesto v svojih različnih oblikah spreminja vse vrste delovnih okolij. Digitalno delovno mesto predstavlja vznemirljivo priložnost in zastrašujoč izziv za številne delavce. Ti izzivi predstavljajo nov sklop spretnosti za delovno silo. Z razumevanjem njegovih edinstvenih prednosti in omejitev imajo organizacije potencial za razvoj novih procesov in programov sodelovanja, ki bodo omogočili učinkovito in uspešno raziskovanje in razvoj informacij. Treba je paziti na morebitne pasti in ranljivosti, ki spremljajo digitalna delovna mesta, organizacije pa bodo morale sodelovati, da zagotovijo, da bo množica edinstvenih možnosti programske in strojne opreme, ki so bile razvite, sposobna učinkovito komunicirati med seboj. To je še posebej pomembno za udeležence CLF.

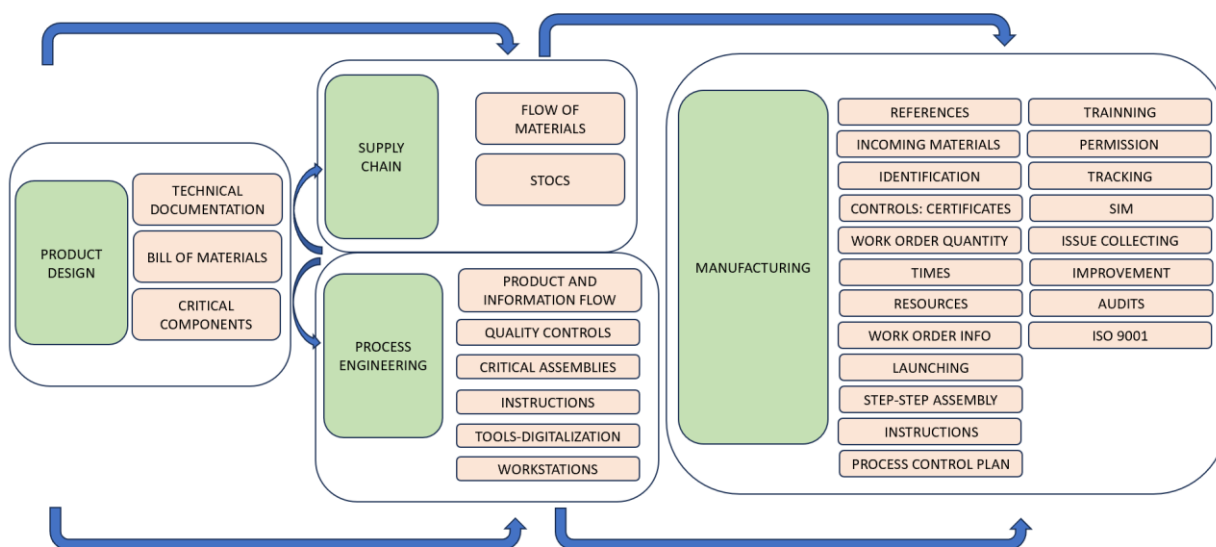


4. SMERNICE ZA USTVARJANJE TOVARN UČENJA

4.1. Začetni načrt projekta

Če so bila v prejšnjih poglavjih določena temeljna načela CLF. Zdaj se fokus preusmerja na določitev smernic za izvajanje LF. Te smernice temeljijo na zasnovi in izvedbi dejanske proizvodne linije (Kumar Agarwal & Kumar, 2020). Da bi dosegli pravi pristop, so bili izbrani štirje procesi, namesto da bi poskušali vključiti večje število procesov, opisanih v literaturi. Ta strateška odločitev je usklajena s ciljem prilagoditve CLF, da bo ustrezal posebnim prilagoditvam, potrebnim za razvoj področja znanja in kompetenc, opisanih v 2. poglavju .

Slika 5na poenostavljen način prikazuje štiri izbrane procese (zeleno) in glavne rezultate, ki prihajajo iz teh procesov (oranžno). Celotna shema predstavlja osnovo **za zasnovo** CLF, ki se nadalje razvija.



Slika 5. Zasnova LF. Lastni vir.

Glede na kompleksnost vsakega procesa naslednja raven vključuje podrobnejšo razčlenitev na posebne naloge, ki jih je treba obravnavati.

Na tej točki in preden gremo naprej, se pojavi potreba po določitvi **začetnega konteksta** za integracijo tehnologij in **prihodnjega razvoja** . (glej 5.2.10).

4.2. Postopek oblikovanja izdelka

V procesu oblikovanja izdelka (glej Slika 5) se je bistveno osredotočiti na tri ključne vložke, od katerih sta dva posebej kritična:



- Specifikacije kupca: te vodijo ustvarjanje izdelka, ki učinkovito izpolnjuje potrebe kupca. V primeru CLF morajo specifikacije izpolnjevati zahteve opredeljenega znanja, veščin in kompetenc
- Poznavanje proizvodnega procesa: To zagotavlja, da je izdelek mogoče vključiti v proizvodni proces, zaradi česar je proizvodnja bolj gladka in učinkovita.

Poleg tega obstaja še tretji pomemben vložek, ki je še pomembnejši zaradi naraščajočega vpliva: ekološko oblikovanje ali upoštevanje okoljskih dejavnikov v procesu načrtovanja izdelka (glejte 5.1.2).

Po fazi oblikovanja izdelka in interakciji z zainteresiranimi stranmi sledi doseganje rezultatov (glej Slika 5):

- Analiza kritičnih komponent: Identifikacija kritičnih komponent na podlagi kakovosti, varnosti, nabave na podlagi meril, kibernetske varnosti, trajnosti itd.
- Tehnična dokumentacija: Zagotavljanje imena, risb in specifikacij za vsako komponento vseh različic izdelka in sam izdelek.
- Seznam materialov (BOM): Identifikacija ustreznega seznama komponent za vsako različico.

4.3. Procesno inženirstvo in načrtovanje dobavne verige

Po dokončanju prej omenjenih rezultatov ali po sočasnem delu na njih, če je to izvedljivo, je ključnega pomena, da nadaljujete z naslednjimi koraki, da dosežete celovito razumevanje izvajanja dobavne verige in procesnega inženiringa.

Rezultati, povezani z dobavno verigo:

- Opredelitev materialnega toka (komponente, podsestavi in končni izdelek): To vključuje podrobnosti o tem, kako se predmeti premikajo od dobavitelja do tovarne, znotraj tovarne in naprej do stranke, kot je primerno.
- Opredelitev inventarja: To vključuje specifikacijo količine in embalaže sestavnih delov, podsestavov in končnega izdelka, ko se transportirajo od dobavitelja, znotraj objekta in do kupca.

Rezultati, povezani s procesnim inženiringom:

- Opredelitev procesa poteka izdelka: znan tudi kot diagram poteka procesa (PFD), prikazuje napredovanje izdelka korak za korakom in je še posebej dragocen pri definiranju virov, potrebnih za izdelavo in sestavljanje robota.
- Opredelitev procesa pretoka informacij: To ponazarja, kako se informacije premikajo od sistema do delovnih postaj in obratno. Vključuje Manufacturing Execution System (MES), Enterprise Resource Planning (ERP), navodila, risbe, tehnične informacije itd.
- Opredelitev normativnega in nenormativnega nadzora kakovosti: To vključuje konsolidacijo različnih ukrepov nadzora kakovosti in ustvarjanje načrta nadzora procesa (PCP), da se zagotovi dosledno izpolnjevanje zahtev procesa.
- Analiza kritičnih sklopov: To je pomembno za prepoznavanje temeljnega vzroka kritike s tehnološkega, varnostnega ali kakovostnega vidika, da se izvedejo akcijski načrti, ki preprečujejo morebitne težave. Oceno je mogoče izvesti z orodjem za analizo načina napake in učinka procesa (PFMEA).
- Prva različica varnostnih navodil: S tem se začne projekt z izdelavo prototipa od začetka do konca, medtem ko se ustvari začetna različica sestavljanja ali proizvodnega procesa.



- Prva različica navodil za sestavljanje: To se začne s proizvodnjo in/ali sestavljanjem enega samega prototipa od začetka do konca za začetno revizijo.
- Prva različica navodil za kakovost: Ta prva izdaja informacij vključuje izdelavo in/ali sestavljanje enega prototipa.
- Opredelitev sredstev izdelave (orodja, stopnja digitalizacije...): To vključuje določitev potrebnih orodij in metod za izvedbo vsakega koraka proizvodnega in/ali montažnega procesa, ki vključuje ročna in digitalna orodja, avtomatsko ali polavtomatsko montažo, umetno sistemi vida, metode zbiranja podatkov itd.
- Načrtovanje delovnih postaj: To vključuje fizično načrtovanje postavitve obrata, vključno z razporeditvijo delovnih postaj in lokacijo elementov, kot so deli, podsestavi, orodja, stroji, digitalni mediji itd., ob upoštevanju varnostnih in ergonomskih načel.

4.4. Načrtovanje proizvodnega procesa

Naslednja faza se nanaša na preostale osnove, ki so potrebne za dokončanje proizvodnega procesa.

Rezultati, povezani z materiali (sestavni deli, podsestavi, končni izdelek):

- Ustvarjanje proizvodnih referenc za uporabo v delovnih nalogih.
- Definicija vhodnega materialnega sistema, ki komunicira z zalogami in delovnimi nalogi.
- Opredelitev vsake komponente, podsklopa in končnega izdelka skupaj z vrsto identifikacije (če je potrebno).
- Opredelitev nadzora dobavitelja in certificiranja, ki se zahtevata v primeru kritičnih materialov.

Izhodi, povezani s proizvodnim nalogom:

- Opredelitev količine delovnega naloga.
- Opredelitev proizvodnih časov.
- Opredelitev povpraševanja in analiza človeških in drugih potrebnih virov.
- Opredelitev, kako proizvodno naročilo doseže proizvodnjo in informacije, ki jih nosi.
- Opredelitev standardnih informacij, ki morajo prispeti do operaterja, bo v primeru kritičnih sklopov podrobnejša.
- Ugotovitev, kako bo potekal zagon proizvodnje.

Izhodi, povezani z delovnimi postajami:

- Izvedba sestavljanja po korakih, prepoznavanje referenc sestavljanja, orodij in drugih proizvodnih sredstev ter upoštevanje metodologij vitke proizvodnje.
- Izdelava navodil za proizvodnjo, montažo, varnost, kakovost in okolje.
- Izdelava navodil za vzdrževanje za proizvodno linijo in/ali delovne postaje ter za oddelek za vzdrževanje in listov, ki jih je treba izpolniti.
- Izdelava kakovostnega PCP lista.
- Identifikacija nevarnih proizvodov, virov itd., ki izhajajo iz proizvodnega procesa, in vzpostavitev ravnanja v skladu z okoljskimi predpisi.
- Identifikacija odpadkov, ki nastanejo v proizvodnji, in upoštevanje ravnanja z odpadki.

Rezultat, povezan z usposabljanjem:

- Identifikacija in razvoj usposabljanja za kritične delovne postaje.
- Omejitve dostopa za določene položaje na podlagi dovoljenj, ustvarjenih z usposabljanjem operaterja.



Rezultat, povezan z upravljanjem proizvodnje:

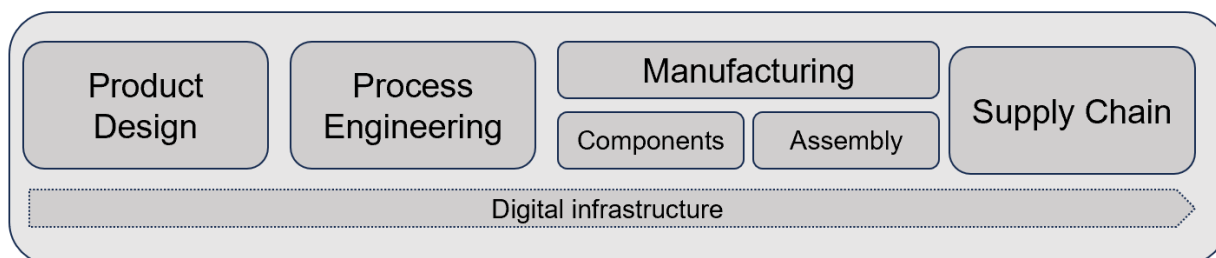
- Vzpostavite celotno in delno sledenje proizvodnje.
- Vzpostavite sistem za spremljanje proizvodnje v kratkih intervalih (SIM).
- Vzpostavite sistem za zbiranje vprašanj glede varnosti, kakovosti, proizvodnje in povratnih informacij, incidentov in/ali nesreč.
- Vzpostavite kazalnike spremljanja in načrte izboljšav.
- Vzpostavite presoje nadzora zdravja in varnosti, okolja in procesov.
- Vzpostavite sistem kakovosti ISO 9001.



5. ARHITEKTURA TOVARN SKUPNEGA UČENJA LCAMP

V skladu s smernicami, opisanimi v prejšnjem poglavju, so podrobno opisane glavne značilnosti zasnove CLF LCAMP. Predlagana vrednostna veriga za CLF zajema štiri procese: oblikovanje izdelka, procesno inženirstvo, proizvodnjo in dobavno verigo. Vsi ti so med seboj povezani z digitalno infrastrukturo (glej Slika 6).

Value Chain of the CLF



Slika 6. Vrednostna veriga CLF.

V razdelku 4so 4 štirje procesi opisani in dopolnjeni z opisom metrik, predlaganih za spremljanje izvajanja v razdelku 5.4.

5.1. Dizajn izdelka

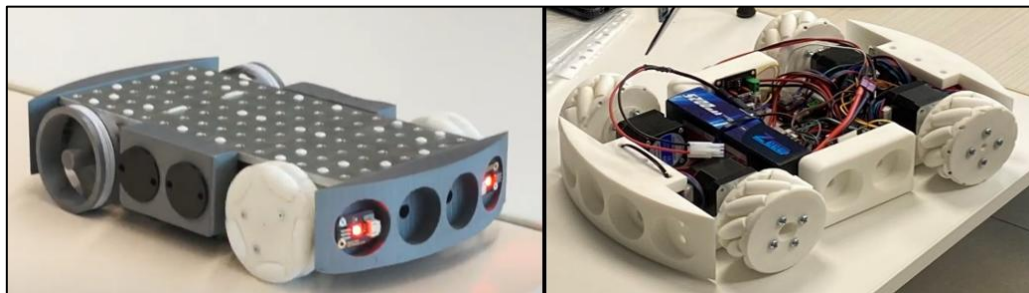
V tem razdelku bo zagotovljen celovit in aktualen pregled robota CLF s poglobljenim vpogledom v enega od gradbenih procesov vrednostne verige CLF, in sicer zasnovo izdelka. Podrobno so raziskane značilnosti in funkcije robota ter načela ekološkega dizajna, ki vodijo njegov trajnostni razvoj. Nato se posredujejo podrobne informacije o tehničnih specifikacijah, ki opredeljujejo delovanje in zmogljivost tega robota, in na koncu se izvede ocena izvedljivosti robota (Ziarsolo, Araiztegui, Irazabal, Errasti, & Rupp, 2023).

5.1.1. Lastnosti in funkcionalnosti

Izdelek je avtomatski robot, ki se šteje za primerne (razloženo v 4, saj izpolnjuje potrebne specifikacije, ki omogočajo razvoj CLF.

Treba je omeniti, da je predmet opremljen s senzorji, ki ga naredijo inteligentnega, in s komunikacijskimi orodji, ki omogočijo sodelovanje. Robot je sestavljen iz dveh glavnih plošč, ene zgornje in ene spodnje, ki skupaj tvorita ogrodje. Vse komponente, kot so baterija, motorji in računalnik z eno ploščo (SBC) bodo nameščeni na spodnji plošči. Na zgornjo ploščo je mogoče dodati dodatne elemente, kot so majhne robotske roke ali 360-stopinjske kamere. Obstajata dve glavni različici robota:

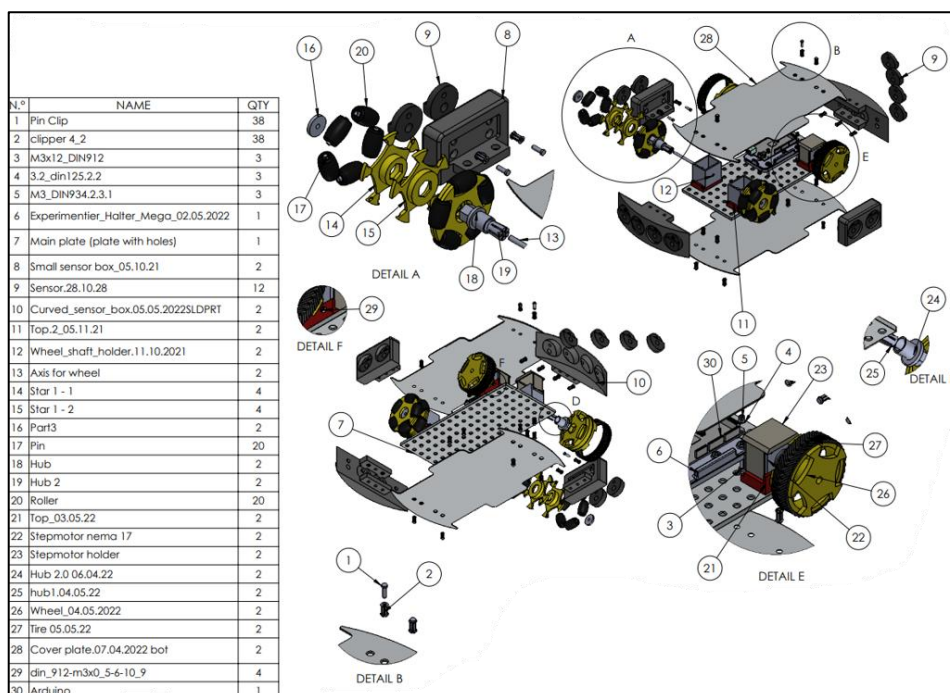




Slika 7. Prvi in drugi prototip

- Prvi je sestavljen iz dveh koles Omni in dveh navadnih koles, s samo dvema motorjema za dve navadni kolesi kot robot za diferencialni pogon.
- Drugi je sestavljen iz štirih koles Mecanum z enim motorjem na kolo.

Obstaja potencialna možnost vstavljanja različnih senzorjev za različna področja uporabe ali namene. Poleg tega je robot opremljen s komunikacijskimi sistemi za izmenjavo podatkov in sprejemanje ukazov od operaterja prek Bluetooth ali Wi-Fi.



Slika 8. Eksplozivna risba prve različice robota .

5.1.2. Ekološko oblikovanje

Ekološko oblikovanje je strategija za vključevanje okoljskih zahtev v proces razvoja novih izdelkov. Lahko obravnava 17 sedemnajst ciljev trajnostnega razvoja, ki so jih določili Združeni narodi, ter pomaga zmanjšati emisije toplogrednih plinov in upočasniti podnebne spremembe (Schäfer & Löwer, 2020). Eko-dizajn, kot ga opredeljuje standard UNE 150301:2003, je nov



pristop k oblikovanju izdelkov. Vključuje upoštevanje vplivov na okolje na vseh stopnjah načrtovanja in razvoja izdelka. Cilj je ustvariti izdelke, ki imajo najmanjši možni vpliv na okolje v celotnem življenjskem ciklu (Sierra-Pérez 2014).

Za ekološko oblikovanje so značilni trije pomembni vidiki: osredotoča se na načrtovanje in razvoj izdelkov, upošteva celoten življenjski cikel izdelka in želi zmanjšati splošni vpliv na okolje. Uvedba okoljskega dizajna vpliva na celotno organizacijo in zahteva spremembo v miselnosti, odmik od blaga za enkratno uporabo k bolj trajnostnemu poslovnemu modelu (Schäfer & Löwer, 2020).

Vendar pa se najvplivnejše izbire v **življenjskem ciklu izdelka** zgodijo v fazi načrtovanja. Različne medsebojno povezane faze proizvodnega sistema, začenši od pridobivanja surovin ali njihovega pridobivanja iz naravnih virov do njihove morebitne odstranitve, skupaj tvorijo tisto, kar se običajno imenuje življenjski cikel. Ta življenjski cikel obsega fazo načrtovanja, fazo proizvodnje, fazo distribucije, fazo uporabe izdelka in končne faze uporabe. V tem primeru CLF je treba poudariti fazo načrtovanja in proizvodnje.

Najpogostejše uporabljeno orodje za predhodno analizo okoljskega dizajna je ocena življenjskega cikla (LCA). Njegov temelj je zbiranje vhodnih in izhodnih podatkov o energiji, materialih, emisijah in odpadkih v obliki popisa. Nato se baze podatkov, ki temeljijo na teh vseh in izhodih, uporabijo za ovrednotenje morebitnih vplivov na okolje in pretvorbo podatkov v ekoindikatorje, ki služijo kot orodje za primerjavo in ocenjevanje alternativnih izdelkov.

Poleg tega so bile te baze podatkov vključene v programe za računalniško podprto načrtovanje, kot je 3D design Solid Works, vključen v 3D Experience, kar omogoča poznavanje okoljskih značilnosti modela v različnih fazah načrtovanja (Sierra-Pérez 2014).

Skratka, robot, ki bo izdelan v tem CLF, vključuje izraze, omenjene v okoljskem oblikovanju, in ga je zato treba analizirati z okoljskega vidika.

Glede na to, da je faza načrtovanja ključna za zmanjšanje vpliva na okolje, robot vključuje elemente, ki jih je mogoče odstraniti in jih ni za enkratno uporabo, da lahko reproducira sestave z uporabo istih delov, ne da bi ustvaril odpadke, kar zadeva izdelek, in ga je mogoče zložiti in poslano kot en paket.

Treba je omeniti, da so vsi sestavni deli in potrošni material v skladu s predpisi o omejevanju nevarnih snovi (ROHS) in registraciji, evalvaciji, avtorizaciji in omejevanju kemikalij (REACH).

Cilj CLF je spodbujati usposabljanje in sodelovanje študentov, tako da je cilj izvedba LCA, podprta s podatki, ki jih zagotavlja orodje za upravljanje življenjskega cikla izdelka (PLM), 3D Experience. Od tu se določijo cilji zmanjšanja vpliva na okolje, pri čemer se daje prednost vidikom, ki najbolj onesnažujejo okolje, in nato tistim, ki jih je mogoče rešiti hitro in s komaj kakršnimi koli naložbami, čeprav je njihov vpliv majhen.

Tovrsten študij pogloblja poznavanje novih tehnologij, ki iščejo zmanjšanje odpadnega materiala in proizvodnega časa ter s tem porabe energije ter izboljšave v logistiki, vključno s krožnim gospodarstvom. Vse to prevajamo kot zmanjšanje emisij toplogrednih plinov.

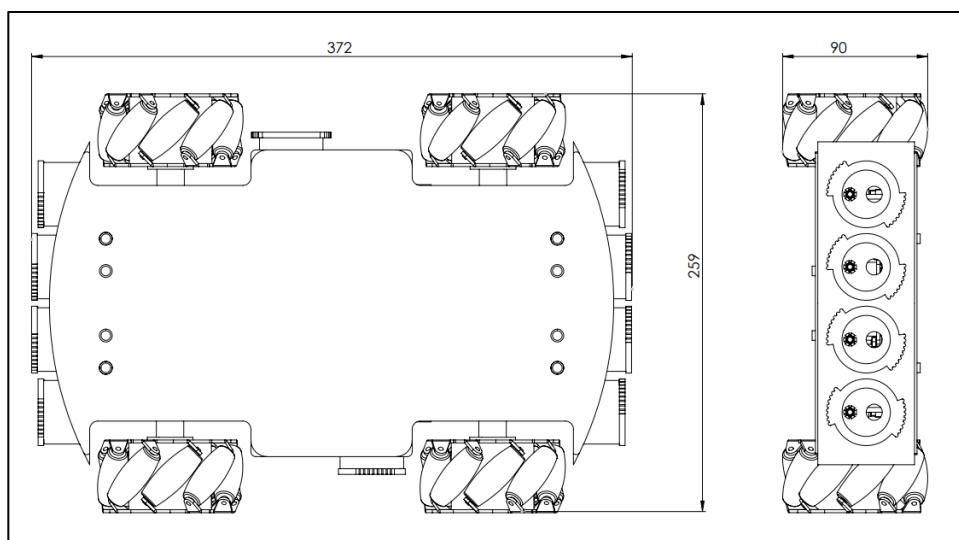
5.1.3. Tehnične specifikacije

V tem razdelku je opravljena podrobna analiza tehničnih specifikacij robota. Te specifikacije so usmerjevalni list, ki opisuje značilnosti, zahteve, funkcije in videz izdelka.

Ustrezne specifikacije za pravilno razumevanje robota so navedene spodaj:



- **Funkcija** : Robot je avtomatsko vozilo z različnimi izobraževalnimi funkcijami. Glavna funkcija tega robota je vsestransko in učinkovito prilagajanje različnim spreminjajočim se aplikacijam in scenarijem. Za zagotovitev tega mora:
 - Zagotovite idealno učno okolje za obravnavo in izboljšanje veščin in kompetenc, potrebnih na področju napredne proizvodnje.
 - Bodite primerne velikosti za delo z izobraževalnimi orodji in tehnologijo. Robot je zasnovan tako, da je primeren za uporabo v izobraževalnih okoljih. To omogoča praktično in učinkovito interakcijo z izobraževalno tehnologijo, kar olajša učni proces na področjih, povezanih z napredno proizvodnjo in avtomatizacijo.
 - Bodite modularni za ustvarjanje različnih različic. Različne komponente robota je mogoče sestaviti na različne načine, kar omogoča izdelavo več različic, prilagojenih posebnim potrebam. Zaradi tega je vsestransko orodje za aplikacije na različnih področjih.
 - Bodite razstavljivi za ponovno uporabo delov. Zmožnost enostavnega razstavljanja robota je obvezna za spodbujanje ponovne uporabe njegovih komponent. To ne le prihrani vire, ampak tudi olajša nadgradnjo in vzdrževanje robota, kar podaljša življenjsko dobo.
 - Bodite pripravljeni na integracijo tehnologije I4.0. Ta robot je bil zasnovan s prilagodljivostjo, ki je potrebna za vključitev tehnologij I 4.0. Zaradi svoje zmožnosti prilagajanja senzorjem, komunikacijskim sistemom in naprednim položajem avtomatizacije je orodje pripravljeno na trenutne in prihodnje tehnološke zahteve.
- **Mere** : Velikost robota je približno 370 mm x 250 mm x 90 mm, odvisno od konfiguracije. To pomeni, da je precej kompakten izdelek in dovolj velik, da vključuje vse elektronske komponente in ga je mogoče sestaviti z majhnimi, izdelanimi kosi. Posledično omogoča enostavno elektronsko in mehansko ročno sestavljanje ter predvidevanje avtomatizacije procesa.

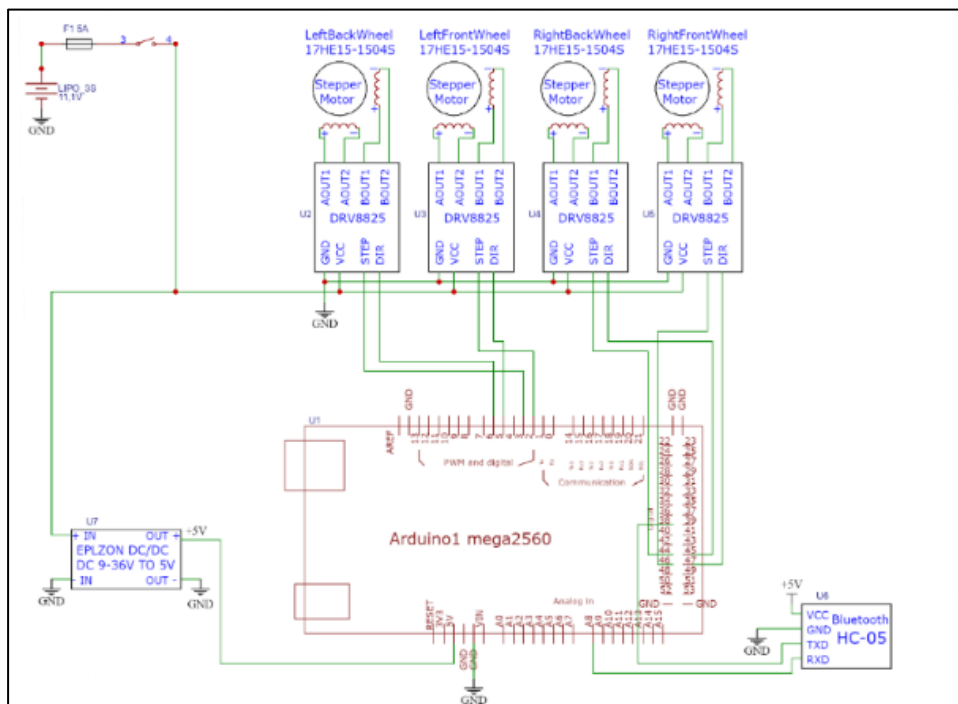


Slika 9. Splošne mere ene različice robota

- **Premiki** : Zaradi koles Mecanum in Omni se lahko robot premika v vse smeri (v vodoravni ravnini):
 - Mecanum kolesa: zagotavljajo večjo vsestranskost pri večsmernih gibih, vključno z diagonalnimi gibi in vrtenjem okoli lastne osi.
 - Omni kolesa: poganjajo jih prednja običajna kolesa in so optimalna za okretne prečne premike in obračanje nase, zdrs.



- **Napajanje in elektronsko vezje:** Robota napaja tricelična LiPo baterija z nazivno napetostjo 11,1 V. V vezju je vgrajena varovalka za zaščito celotnega elektronskega sistema. Poleg varovalke je stikalo, ki omogoča vklop in izklop elektronike. Osrednja komponenta elektronike je mikrokrmilnik, natančneje razvojna plošča mikrokrmilnika Arduino. Vezje ima zadostno zmogljivost za sprejemanje signalov iz predvidenih senzorjev in ponuja dovolj povezav za nadzor vseh krmilnikov moči za elektromotorje. Krmilniki moči DRV8825 so vključeni za pogon koračnih motorjev, ki so ustrezno močni za uporabljene koračne motorje 17HE15-1504S. Poleg tega se HC-05 Bluetooth (BT) modul uporablja za brezžično komunikacijo z mobilnimi napravami.



Slika 10. Električna shema robota

- **Signali in nadzor:** Prototip robota nadzira krmilnik sejne plošče (SBC). Razvojna plošča mikrokrmilnika Arduino UNO R4 je uporabljena za zelo osnovno različico in Arduino Mega 2560 za naprednejši nadzor. V svoji osnovni različici je SBC povezan prek BT (ali Wi-Fi) s pametnim telefonom, da deluje kot avtomobil na daljinsko vodenje, da se premika v prostoru in se lahko premika v vse smeri. Avto ima do 4 ultrazvočne senzorje za preprečevanje trkov, zato je treba upoštevati naslednje vidike:
 - Arduino je mogoče naložiti s katerim koli drugim odprtim uporabniškim programom in uporabiti je mogoče različne senzorje. Zato lahko robota štejemo za večnamenskega.
 - Povezava med osebnim računalnikom in Arduino poteka prek kabla USB. Robot ima stransko vtičnico za priključitev USB tipa B.
 - Robot prek BT komunicira z daljinskim upravljalnikom – pametnim telefonom. Prav tako lahko preklopi na Wi-Fi.

Prednostni komunikacijski protokol senzorja je I2C. Preizkušajo se tudi štirijilni, SPI, analogni, PWM, IRQ in celo CAN Bus (za različne aplikacije).

- OPC-UA; Vozlišče rdeče; Komunikacije MQTT je mogoče dodatno razviti na robotu za naprednejše naloge.



Kasneje, v evoluciji izdelka do višjega tehnološkega robota, je predvidena uporaba:

- Nadzor odkrivanja STM32 z uporabo mikro-ROS na prostem RTOS
- Raspberry Pi Zero WH ali Pi5 prek sistema Linux z ROS
- **Materiali:** Materiali, uporabljeni pri prvem prototipu izdelka, so:
 - Aluminij za tri plošče
 - Plastični material, kot je PLA, ABS, najlon ali PETG za preostale komponente.

Novi materiali bodo uporabljeni pri izdelavi robota po načelih analize LCA in v poskusu ohranitve lahkotnosti brez žrtvovanja robustnosti.

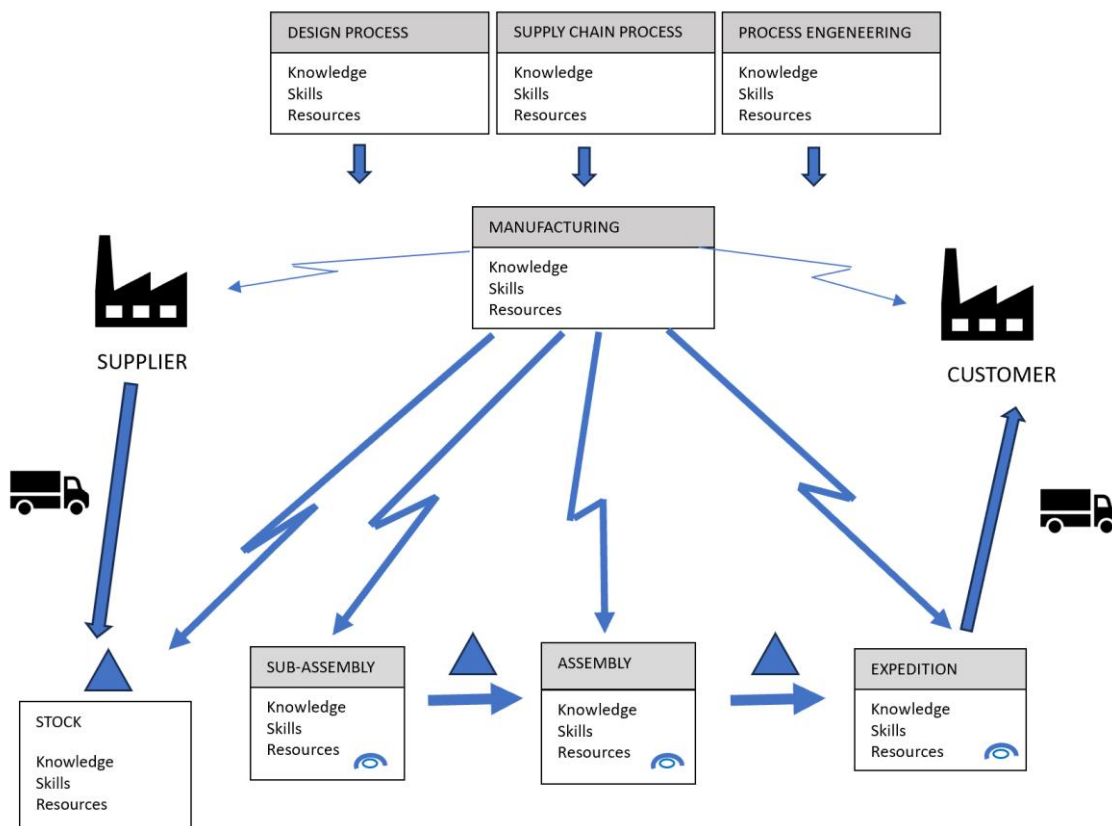
- **Izdelava in montaža:** Glede na proizvodnjo delov bosta glavna procesa strojna obdelava in 3D-tiskanje. Po drugi strani pa bodo za montažo uporabljene digitalne delovne postaje. Cilj je, da je postopek čim bolj avtomatiziran in digitalen za pridobivanje in izkoriščanje podatkov (glejte [razdelek 5.2](#)).
- **Dokumentacija izdelka:** Dokumentacija, potrebna za robota, je navedena spodaj (Cervera, 2018):
 - Oblikovalska dokumentacija
 - Tehnični list
 - Inženirski in proizvodni načrti in strukture (E-BOM, M-BOM) in sistem komercialne konfiguracije.
 - Etikete
 - Priročniki za namestitve, delovanje in vzdrževanje
 - Smernice in postopki izdelave

Upoštevajte, da so vsi povezani z izhodi procesov načrtovanja in izdelave (glejte 4).

5.1.4. Smernice za preverjanje

Implementacija CLF vključuje predhodno analizo njegove izvedljivosti, to je zavedanje o **znanju, spretnostih in virih** za oblikovanje izdelka in celotnega procesa implementacije LF.





Slika 11. Analiza izvedljivosti

Prvič, kar zadeva **zasnovo izdelka**, del analize izvedljivosti vključuje proces načrtovanja samega izdelka. Ekipa **za oblikovanje izdelka** (partnerji konzorcija LCAMP) mora preveriti, ali ima potrebne veščine, znanja in sredstva za razvoj izdelka, in če ne, jih pridobiti. Za analizo je priporočljivo uporabiti orodje DFMEA (Design Failure Mode & Effect Analysis).

Drugič, analiza, ki jo bodo izvedli **partnerji konzorcija LCAMP**, vključuje kompetence, znanje in sredstva, potrebna za **predhodno zasnovo in izvajanje dobavne verige in proizvodnega procesa**. To je mogoče storiti z orodjem SWOT (prednosti, slabosti, priložnosti, grožnje in priložnosti) in/ali QFD za uvajanje funkcije kakovosti, pri čemer je hiša kakovosti dokončana z orodjem PFMEA.

Končno bi morali **udeleženci** (partnerji konzorcija LCAMP) preučiti izvedljivost **razvoja in izvajanja učnih tečajev** v svojih šolah. Priporočljivo je, da se izvede z analizo SWOT.

Analize bodo podale pregled prednosti, slabosti in vrzeli v razvoju CLF ter omogočile usmeritev prizadevanj v pridobivanje znanj in kompetenc na področjih, kjer jih primanjkuje, da bi projekt uspešno izpeljali.

5.2. Oblikovanje proizvodnega procesa

Potem ko smo v prejšnjem razdelku obravnavali teoretične in konceptualne temelje proizvodnje, to poglavje opisuje praktično uporabo teh konceptov v CLF. Osredotoča se



na specifično izvedbo proizvodnih procesov s poudarkom na potrebni tehnični dokumentaciji, podrobnem opisu delovnih mest in digitalni infrastrukturi, ki igra ključno vlogo v proizvodnji.

5.2.1. Konfiguracija prodajnega prostora

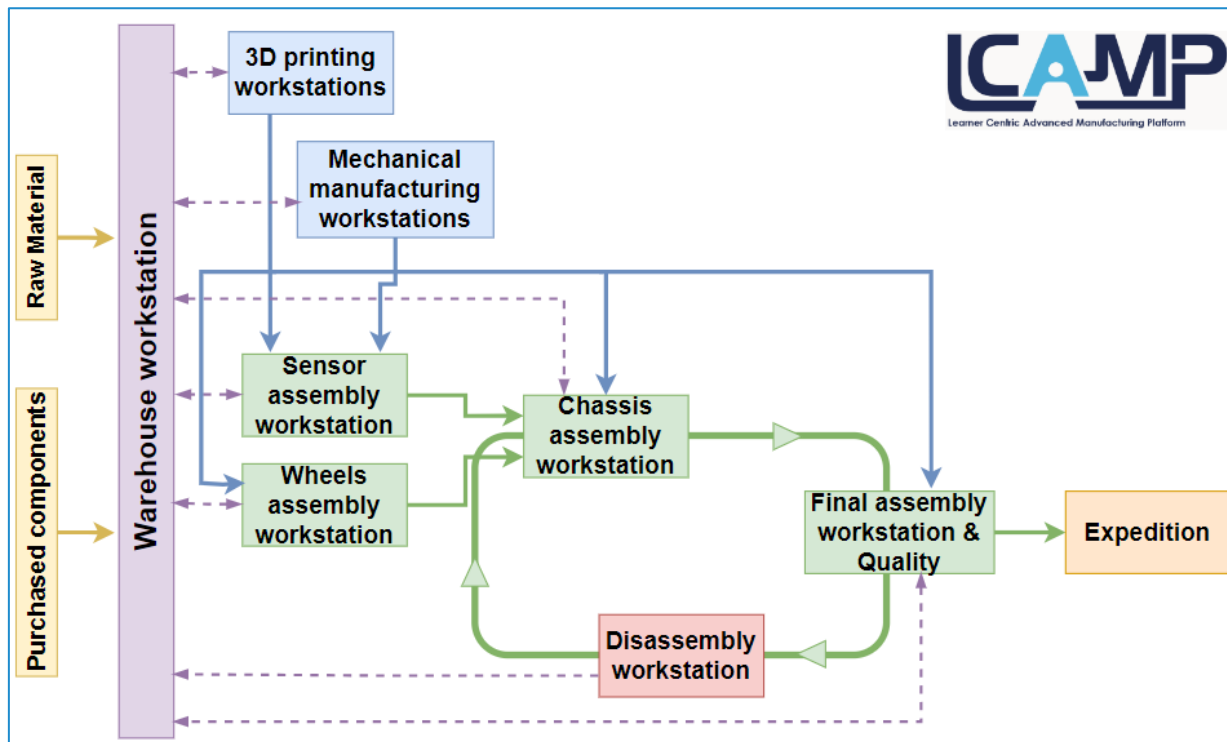
Ta razdelek nudi pregled načrta za izdelavo izdelka LCAMP.

1. Postopek sestavljanja

Začetna konfiguracija postavitve CLF LCAMP, ob upoštevanju inherentnih značilnosti izdelka, obsega štiri primarne digitalne delovne postaje s potencialno vključitvijo dodatne delovne postaje za prihodnjo uporabo (glejte Slika 12). Glavna funkcija teh delovnih postaj je poučevanje in učenje, medtem ko potekata izdelava in zagotavljanje kakovosti robota.

Začetni dve delovni postaji, *delovna postaja za montažo senzorjev* in *delovna postaja za montažo koles*, delujeta neodvisno in sočasno, vsaka pa je namenjena različnim nalogam montaže. *Delovna postaja Sensor Assembly* se osredotoča na namestitev senzorjev v ohišja senzorjev, *delovna postaja Wheels Assembly* pa obravnava sestavo treh vrst koles (Regular, Omni in Mecanum). Nato se komponente, sestavljene na teh začetnih delovnih postajah, s krožnim transportnim sistemom prenesejo na delovno postajo za sestavljanje ogrodja, ki se nahaja znotraj krožnega transportnega sistema, kjer poteka zaporedno sestavljanje mehanskih delov na ogrodje.

Po zaključku mehanske montaže na delovni postaji za sestavljanje ogrodja se ogrodje premakne naprej po transportnem traku do delovne postaje za končno montažo. Ta delovna postaja je odgovorna za namestitev vseh elektronskih komponent, pritrditev pokrovov in izvedbo celovite kontrole kakovosti pred odpremo.



Slika 12. Postopek izdelave CLF



Poudariti je treba, da postavitve omogoča morebitno vključitev *delovne postaje za razstavljanje* v transportni sistem. To je zamišljeno kot delovna postaja, zasnovana za razstavljanje robotov, ki ne prestatnejo pregledov nadzora kakovosti ali so vrnjeni po pretečeni življenjski dobi. Namen tega postopka razstavljanja je pridobiti in ponovno uporabiti komponente, ki ostanejo v optimalnem stanju, v skladu s cilji trajnosti.

Za podrobnejšo razčlenitev funkcij posameznih delovnih postaj glejte naslednji razdelek. Nujno je treba poudariti, da morajo tako proizvodni proces kot konfiguracije delovnih postaj izkazovati prožnost, da se lahko prilagodijo morebitnim preoblikovanjem ali spremembam izdelka.

2. Izdelava komponent

Proizvodni proces za komponente izdelkov CLF bo ostal avtonomen, ne glede na raznolike tehnološke vire, ki so na voljo v vsakem centru. Omeniti velja, da so tehnološke zmogljivosti vsakega centra tesno povezane s ponudbo kurikuluma in posledično s kompetencami, ki jih obravnavajo. Zato obstaja občutek odpora do centrov, da bi vlagali v tehnologijo, ki dolgoročno morda ne bo ustvarila znatne vrednosti. Poleg tega diverzifikacija tehnologij po centrih ustvarja spekter izdelkov, za katere so značilni različni atributi, ki vključujejo mehanske lastnosti, materiale, barve in drugo.

Glede na lastnosti, ki so neločljivo povezane s sodelujočimi centri, se predvideva, da bodo na voljo tri možnosti za nabavo teh komponent:

- **Mehanska proizvodnja:** Delovne postaje lahko vključujejo običajne stroje, vključno s CNC stroji. Medtem ko lahko obe vrsti strojev opravljata naloge, je priporočljivo uporabljati CNC stroje ali opremo, ki lahko zagotovi vnos podatkov za Manufacturing Execution System (MES). Nujno je upoštevati cilj zagotavljanja dodane vrednosti v okviru napredne proizvodnje.
- **Dodatna proizvodnja:** Delovne postaje bodo pretežno sestavljene iz različnih vrst 3D tiskalnikov, ki se bodo razlikovali po načinu tiskanja, materialih, mehanskih lastnostih in drugih specifikacijah.
- **Nakup:** Komponente, ki ne spadajo v obseg lastnih proizvodnih zmogljivosti CLF, je treba pridobiti. V tem kontekstu sta izvedljivi dve možnosti: prvič, možnost nabave določenih komponent od drugih CLF znotraj konzorcija, in drugič, možnost pridobitve komercialnih komponent od zunanjih dobaviteljev.

Vsaka izdelana komponenta mora vzdrževati minimalno raven zaloga, ki služi kot rezervoar za kasnejšo dopolnitev delovne postaje po potrebi.

3. Skladišče(a)

Znotraj mehanskega proizvodnega procesa je nujno, da se vse kupljene ali izdelane komponente, vključno s surovinami in opremo, shranijo v določenem skladišču. V idealnem primeru bi moral ta prostor za shranjevanje imeti inteligentno ali celo polavtomatsko/samodejno delovanje, predvsem za pridobivanje podatkov za omogočanje optimalne funkcionalnosti CLF. V ta namen mora biti natančno zasnovan, da zagotovi operativno učinkovitost in natančno upravljanje zaloga. Sledi nekaj idej o funkcijah, potrebnih za skladišče.

Glede na zasnovo in razporeditev je treba čim bolj optimizirati prostor in poskušati segmentirati skladiščne površine, ločiti cone za surovine, orodja, polizdelke in končne izdelke. Po drugi strani pa je pri pregledu skladiščnega sistema priporočljivo vključiti vsaj mehanizme za identifikacijo izdelkov, kot so črtne kode, RFID ali QR kode.



To bi odprlo možnost vključevanja tehnologij za upravljanje podatkov; kot je programska oprema za upravljanje zalog ali integracija v proizvodne sisteme.

Nazadnje se lahko na eni strani razmisli o možnosti avtomatizacije procesa z vključitvijo robotike, uvedbo robotskih sistemov ali AGV-jev (avtomatiziranih vodljivih vozil) za avtomatizacijo premikov znotraj skladišča. Na drugi strani pa se lahko raziskuje vzpostavitev samodejnega zbiranja podatkov in nadzora dostopa prek senzorjev in naprav interneta stvari (IoT).

5.2.2. Povezani delovni dokumenti

Naslednji razdelek opisuje predloge za ustvarjanje pridruženih dokumentov za vsako postajo CLF. Predloge so na voljo v prilogi 11.5.

Job Breakdown Sheet (JBS): je dokument, ki se uporablja pri izdelavi in sestavljanju CLF za zagotavljanje strukturirane razčlenitve nalog, korakov in odgovornosti, vključenih v določeno delo ali projekt. JBS je pomemben sestavni del širšega koncepta standardnega dela za izboljšanje učinkovitosti.

To vsebuje:

- Podrobnosti dokumenta, ki dajejo informacije o dokumentu, kot je opis postopka in število korakov.
- Procesni simboli, ki prikazujejo zahtevano osebno zaščitno opremo (PPE), kritični pregled kakovosti, količino nedokončanega dela (WIP) in simbole kakovosti.
- Seznam opreme, ki prikazuje orodja in opremo, potrebno za sestavljanje CLF.
- Montažni koraki, ki prikazujejo vse korake sestavljanja CLF, s slikami, opisi, razlago, osebno zaščitno opremo in njeno razlago ter kakovostjo.

Varnostni list (SS): je ključen dokument, ki zagotavlja informacije o varnem ravnanju in uporabi materialov s postopkom CLF. Služi kot dragocen vir za zagotavljanje varnosti delavcev in skladnosti z varnostnimi predpisi.

To vsebuje:

- Podrobnosti dokumenta, ki dajejo informacije o dokumentu, kot je delovna postaja.
- Pozor, ki daje kratek opis pomembnosti upoštevanja varnostnih navodil.
- Varnostna navodila, ki prikazujejo korake, opis dela, razlago dela in OZO.
- Simboli, potrebni za razlago uporabljene osebne zaščitne opreme.

Načrt nadzora procesa (PCP): je podroben dokument, ki se uporablja pri izdelavi in sestavljanju CLF. Uporablja se za zagotovitev, da proizvodnja CLF izpolnjuje standarde kakovosti in učinkovitosti. Je bistveni del metodologij upravljanja kakovosti in izboljšanja procesov.

Vsebuje:

- Podrobnosti dokumenta, ki zagotavljajo informacije, kot so delovni nalog, številka izdelek/serija, obseg projekta z začetnim in končnim datumom ter številom korakov.
- Koraki procesa, ki prikazujejo serijsko številko senzorjev, postopke, pregled kakovosti, ime operaterja in opombe za razlago simbolov osebne zaščitne opreme.

List vzdrževanja (MS): je dokument, ki se uporablja za sledenje in beleženje vzdrževalnih dejavnosti, popravil, pregledov in drugih nalog, povezanih z opremo in stroji. Namen MS je zagotoviti, da se vzdrževanje izvaja redno, natančno in na dobro dokumentiran način, kar pomaga ohranjati zanesljivost, varnost in učinkovitost sredstev.



To vključuje:

- Podrobnosti dokumenta, ki zagotavljajo informacije, kot sta namen MS in število korakov.
- Koraki procesa, ki prikazujejo slike korakov vzdrževanja, opis dela, kdo je odgovoren za delo, pogostost dela in specifikacije.

Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki).

Vse opisane predloge so vključene v prilogi 11.5.

5.2.3. Opis delovne postaje Wheels Assembly

Naslednja tabela povzema glavne značilnosti delovne postaje za sestavljanje koles:

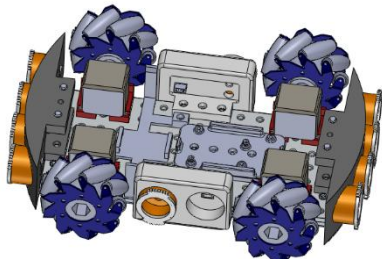
Ime: Delovna postaja za montažo koles	
Didaktični namen: 1) Fizična nastavev za obravnavanje naslednjih področij znanja 1. vodenje proizvodnje, 2. Vitka proizvodnja 3. Zagotavljanje kakovosti 4. Tehnologije pomoči 5. Ergonomija 6. Tehnologije avtomatizacije 7. Digitalno delovno mesto 2) Projekti za študente, ki temeljijo na izzivih, za izboljšanje organizacijskih vidikov in dejavnosti odločanja.	
Opis: Ta digitalizirana postaja za ročno sestavljanje je nastavljena za razvoj pravilnega sestavljanja treh vrst koles, ki jih robot zdaj lahko prenaša. Podporne tehnologije so neobvezne in bodo opisane kasneje. Različice izdelka za montažo niso odvisne le od treh vrst koles, ampak tudi od materiala , na katerega bodo nameščena, in barve , v kateri bodo nameščena. Tri vrste za sestavljanje: - Omni kolo (A): kolesa z majhnimi diski (imenovanimi valji) po obodu, ki so pravokotni na smer vrtenja. Učinek je, da se kolo lahko poganja s polno silo, vendar bo z veliko lahkoto drselo tudi bočno. - Običajno kolo (B): standardna valjasta kolesa z gumo na zunanjem robu za oprijem - Mecanum kolo (C): glavna razlika med Omnijem in Mecanumom je smer, v katero so obrnjena kolesa na zunanjem robu. Namesto da bi bila pravokotna na glavno kolo, so kolesa Mecanum narejena iz stožčastih koles, ki so obrnjena pod kotom 45° glede na glavno kolo.	
Slika podizdelka: A) B) C)	
	
Opis nastavitve delovne postaje	
Ergonomija	Standardna mehanska montažna miza
Montažno območje	Delovna miza s tablo z držali za pladnje, potrebno orodje in podstavek za navodila
Orodja	Klešče
Mere (pribl.)	1 kvadratni meter. Za določitev konfiguracije delovne postaje bo izvedena ergonomska ocena.



Število škatel (pribl.)	10 oštevilčenih polj (brez barve) za: zvezda 1-1, zvezda 1-2, del 3, zatič, pesto, pesto 2, valj, os za kolo, nosilec gredi kolesa, vrh) Velikost: 20-10 cm Shranjeno na plošči v skladu z vrstnim redom montaže
Sorodne tehnologije / Novi trendi	Papirnata navodila ali uporaba obogatene resničnosti (slušalke)
Naloge: 1. Preverite, ali je minimalna zaloga pravilna 2. Prilagodite mizo ali stol 3. Vzemite potrebna orodja 4. Preverite navodila (za vsako različico) 5. Za navodila uporabite slušalke AR 6. Sestavite dele po navodilih 7. Preverite kakovost 8. Končno montažo odložite v odhodno škatlo	
Povezani dokumenti: 1. Naročila za proizvodnjo 2. Navodila za sestavljanje, razčlenitev dela a. Sklop kolesa Omni b. Običajni sklop koles c. Sklop kolesa Mecanum 3. Načrt kontrole procesa navodil za kakovost 4. Standard vzdrževanja 5. Varnostni list 6. Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki) 7. List materiala 8. Risbe	

5.2.4. Opis delovne postaje za sestavljanje šasije

Naslednja tabela povzema glavne značilnosti delovne postaje za montažo šasije:

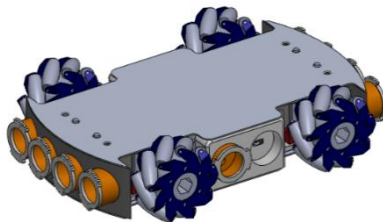
Ime: Delovna postaja za sestavljanje ogrodja	
Didaktični namen: 1) Fizična postavitev za obravnavanje naslednjih področij znanja 1. vodenje proizvodnje, 2. Vitka proizvodnja 3. Zagotavljanje kakovosti 4. Tehnologije pomoči 5. Ergonomija 6. Tehnologije avtomatizacije 7. Digitalno delovno mesto 2) Na izzivih temelječi projekti za študente za izboljšanje organizacijskih vidikov in dejavnosti odločanja	
Opis: Ta digitalizirana postaja za ročno sestavljanje je nastavljena za izboljšanje natančnega sestavljanja mehanskih delov robota. Vrste izdelkov, ki jih je mogoče sestaviti, vključujejo tri vrste koles, senzorsko škatlo, ki se namesti na glavno telo robota, držalo za koračni motor in druge materiale, ki se namestijo na glavno telo.	Slika podizdelka: 
Opis nastavitve delovne postaje	



Ergonomija	Standardna mehanska montažna miza
Montažno območje	Montažna miza z delovno postajo s potrebnim orodjem in podporo za navodila
Mere (pribl .)	Dva metra širok, en meter visok, en meter širok
Število škatel (pribl .)	12 škatel, vključno z glavno ploščo, kolesom, nosilcem koračnega motorja, ukrivljeno senzorsko škatlo, majhno senzorsko škatlo, pokrovno ploščo, koračnim motorjem Nema 17, strižnikom, pestom, senzorji, elektronskimi karticami itd.
Povezane tehnologije	Papirnata navodila ali uporaba obogatene resničnosti (slušalke)
Naloge: 1. Preverite, ali je minimalna zaloga pravilna 2. Zberite potrebna orodja 3. Preverite navodila (za vsako različico) 4. Sestavite dele v skladu z navodili 5. Izvedite nadzor kakovosti na vsakem koraku 6. Testirajte in preverite funkcionalnost izdelka po montaži 7. Končni sklop postavite v izhodno polje 8. Pripravite delovno postajo za naslednjo montažo 9. Izvajajte stalne izboljšave za povečanje učinkovitosti delovne postaje	
Povezani dokumenti: 1. Naročila za proizvodnjo 2. Navodila za montažo 3. Dokumenti tehnične risbe delov, ki jih je treba sestaviti 4. Navodilo za zaporedje montaže 5. Navodila za kakovost 6. Standard vzdrževanja 7. Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki)	

5.2.5. Opis končne montažne delovne postaje

Naslednja tabela povzema glavne značilnosti delovne postaje za končno montažo:

ime: Delovna postaja za končno montažo	
Didaktični namen: 1) Fizična nastavitve za obravnavanje naslednjih področij znanja 1. Vodenje proizvodnje 2. Vitka proizvodnja 3. Zagotavljanje kakovosti 4. Tehnologije pomoči 5. Ergonomija 6. Tehnologije robotike in avtomatizacije 7. Digitalno delovno mesto 2) Projekti za študente, ki temeljijo na izzivih, za izboljšanje organizacijskih vidikov in dejavnosti odločanja	
Opis: Ročno sestavljanje elektronskih komponent in ožičenje s pomožnimi tehnologijami (izbirno) Testiranje končnega izdelka	



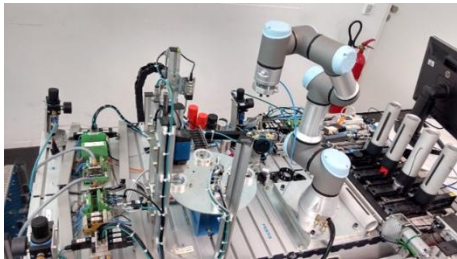
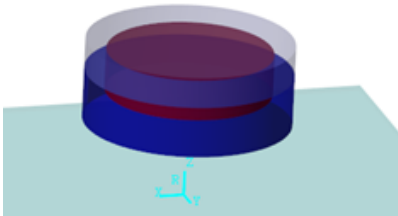
Opis nastavitve delovne postaje	
Ergonomija	Za določitev konfiguracije delovnih postaj bo izvedena ergonomska ocena
Delovno območje	Razdeljen na 2 oddelka: - Področje montaže: postopek montaže elektronike in šasije - Testno območje, validacijske ocene za robota
Montažno območje:	Delovna miza s tablo z držali za pladnje, potrebno orodje in podstavek za navodila Materiali so razvrščeni v dve kategoriji: materiali za stene in materiali za mize
Mere (pribl.)	1 kvadratni meter
Orodja	Izvijač, spajkalnik, škarje
Testno območje:	Stojte, da dvignete robota
Mere (pribl.)	1 kvadratni meter
Oprema za testiranje	Multimeter, osciloskop, 12V napajalnik Računalnik z Arduino Workbench (ali ST-Studio) in BT napravo
Število škatel (barve, velikosti itd.) in postavitve	Stenski materiali (lahki in nelomljivi predmeti) 12 oštevilčenih škatel velikosti 20-10 cm za: - Kabli - Upori - Kondenzatorji - Stikala - Terminali - Bluetooth modul HC-05 - I2C multiplekser - Čip DRV8825 Materiali za mizo (težji in lomljivi materiali) 6 oštevilčenih škatel velikosti 20-40 cm za: - Baterije - Arduino - Ultrazvočni senzorji Vse shranjeno po naročilu za montažo
Sorodne tehnologije / Novi trendi	1. Digitalna delovna navodila 2. AR 3. RFID/črna koda/QR Več možnosti: tehnologija pick-to-light, roboti, avtomatsko vodena vozila in manipulatorji, spremljanje gibanja
Naloge: - Preverite, ali je minimalna zaloga pravilna - Prilagodite mizo ali stol - Preverite, ali so potrebna orodja pravilna - Preverite navodila (za vsako različico) - Za navodila uporabite slušalke AR - Sestavite elektronske sisteme po navodilih - Preverite kakovost izdelka - Končno montažo odložite v odhodno škatlo	
Povezani dokumenti: - Naročila za proizvodnjo - Navodila za sestavljanje, razčlenitev dela - Načrt kontrole procesa navodil za kakovost - Standard vzdrževanja	



5. Varnostni list
6. Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki)
7. List materiala
8. Risbe

5.2.6. Opis celice senzorske škatle

Naslednja tabela povzema glavne značilnosti delovne postaje senzorske celice:

Ime: Delovna postaja za sestavljanje senzorjev	
Didaktični namen: 1) Fizična postavitev za obravnavanje naslednjih področij znanja 1. vodenje proizvodnje, 2. Vitka proizvodnja 3. Upravljanje kakovosti 4. Prediktivno vzdrževanje 5. Tehnologije robotike in avtomatizacije 6. Digitalno delovno mesto (I4.0) 7. Senzorski sistemi in testna oprema	
Opis: Samodejno sestavljanje senzorskih komponent in ožičenja s pomožnimi tehnologijami (izbirno). Testiranje sklopov senzorjev	
Opis nastavitve delovne postaje	
Mere (pribl.)	6m ²
Delovno območje	Združevanje didaktičnih modelov za razvoj naloge na zaporedni avtomatiziran način: 1. Na podlagi naročila se ustvari seznam delov za senzorje. 2. Orodje za določeno naročilo je nastavljeno v montažni celici. 3. Shema ožičenja se ustvari v študentskem tečaju ali samodejno 4. Ustvari se sestavno zaporedje za MPS. Od tega zaporedja se konfigurirata program PLC in Robot. 5. Skladišča v montažni postaji so pripravljena z zaporednimi deli.
Zaporedje namestitve senzorja:	1. Vsaka komponenta senzorja je sestavljena iz osnovne komponente, PCB senzorja in zgornje komponente.  2. Vsaka komponenta senzorja je priključena na eno od štirih senzorskih omaric. 3. Po montaži se senzorske škatle prenesejo v testni in kalibracijski sistem
Senzorski moduli:	Ultrazvočni senzor na osnovi HC-SR04



	Okoljski senzor, ki temelji na BME280 Cam-senzor Enotočkovni lidarski senzor
Moduli igralca:	Svetlobni modul z belo Power-LED in RGB LED Komponenta stikala za vklop s stikalom za vklop in statusno LED USB priključek in polnilnik baterij Zvočni modul z zvočnikom in ojačevalcem
Sorodne tehnologije / Novi trendi	MES, upravljanje konfiguracije, identifikacija (RFID, podatkovna matrična koda), avtomatizacija in robotika, sistem SCADA, sistem za zajemanje podatkov in kalibracijo, industrijska komunikacija.
Povezani dokumenti: 1. Konfiguracije senzorjev izdelka 2. Navodila za sestavljanje, razčlenitev dela 3. Načrt kontrole procesa navodil za kakovost 4. Navodila za uporabo delovne celice 5. Standard vzdrževanja 6. Varnostni list 7. Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki) 8. List materiala 9. Risbe	

5.2.7. Opis delovne postaje Warehouse

Naslednja tabela povzema glavne značilnosti delovne postaje Warehouse:

ime: Skladišče	
Didaktični namen: 1) Fizična nastavev za obravnavanje naslednjih področij znanja 1. vodenje proizvodnje, 2. Vitka proizvodnja 3. Zagotavljanje kakovosti 4. Tehnologije pomoči 5. Ergonomija 6. Tehnologije avtomatizacije 2) Projekti za študente, ki temeljijo na izzivih, za izboljšanje organizacijskih vidikov in dejavnosti odločanja	
Opis: Polavtomatizirano ali avtomatizirano skladišče, kjer se zbirajo podatki in hranijo surovine, deli ali polizdelki ter končni izdelki. To je prostor, namenjen uravnavanju pretoka zaloga.	
Opis nastavitve delovne postaje	
Ergonomija	Elementi za upoštevanje gibanja in ocene teže; varno gibanje in skladnost; higienski standardi; smetnjaki, prilagojeni dejavnosti; ergonomska oprema za pobiranje; optimizacija prostora in prihranek pri regalih; modularni prostori znotraj skladišča; varno pakiranje; dobra osvetlitev; osebno opremo in osnovno varnostno opremo
Orodja	Rezalnik, podajalnik hitrega lepilnega traku, tehtnice, držala za zvitke in valje za raztegljivo folijo, napenjalec traku in končna varnostna končna kapica, med drugim
Mere (pribl .)	Približno 20 kvadratnih metrov.



Število škatel (pribl.)	Število škatel bo odvisno od vrste proizvodnih delovnih postaj, saj se bodo materiali spreminjali, in števila montažnih delovnih postaj zaradi različnih stranskih proizvodov
Sorodne tehnologije / Novi trendi	ERP, sistem za upravljanje skladišč, RFID, QR, črna koda, avtomatizacija in robotika, sistem za zajemanje podatkov, tehnologije za ravnanje z materialom
Opraviła: (seznam opravil, ki jih delavec opravlja na tem delovnem mestu) 1. Prevzem, skladiščenje in odprema blaga iz skladišča 2. Razkladanje in sortiranje blaga 3. Kontrola kakovosti izdelkov in pregled naročil 4. Namestitev izdelkov na njihove ustrezne lokacije v skladišču 5. Preverjanje stanja zalog in dopolnjevanje zalog blaga 6. Priprava naročila 7. Organiziranje odpreme naročil	
Povezani dokumenti: 1. Naročilnica (izda jo podjetje in pošlje dobavitelju) 2. Popolna evidenca izdanih naročil 3. Zahtevni list za blago (med skladišči ali med oddelki podjetja) 4. Dobavnica (dokument prejet skupaj z blagom) 5. Prejemni list (interni dokument z namenom evidentiranja naročil in blaga, prejetega v skladišče) 6. Standard vzdrževanja 7. Varnostni list 8. Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki)	



5.2.8. Opis strojne obdelave komponent delovnih postaj

Naslednja tabela povzema glavne značilnosti delovnih postaj za obdelavo komponent:

ime: Delovna postaja za obdelavo	
Didaktični namen: 1) Fizična nastavitev za obravnavanje naslednjih področij znanja 1. Pametna proizvodnja 2. vodenje proizvodnje, 3. Vitka proizvodnja 4. Zagotavljanje kakovosti 5. Tehnologije pomoči 6. Ergonomija 7. Tehnologije avtomatizacije 2) Projekti za študente, ki temeljijo na izzivih, za izboljšanje organizacijskih vidikov in dejavnosti odločanja	
Opis: Obdelovalne postaje so večnamenska strojna orodja, ki delujejo z odvzemanjem odrezkov in izvajajo različne vrste operacij (struženje, rezkanje, vrtanje, vrtanje itd.) na istem kovinskem delu. Operater krmili stroj in spremlja izdelavo delov samodejno, na podlagi vnaprej pripravljenega programa, z vnosom obdelovalnih podatkov v numerično krmiljenje. Tukaj bodo izdelani različni deli.	Slika podizdelka (primer dela): 
Opis nastavitve delovne postaje	
Ergonomija	Končno tveganje bo odvisno od vrste stroja, na katerem se dela. Področja, ki jih je treba analizirati, vključujejo: • Posturalna raven: Vse vrste gibov, ki jih operater izvaja z istim telesnim predelom • Frekvenca: Število gibov, ki jih operater izvaja z istim telesnim delom znotraj posamezne posturalne ravni • Napor: Teža, ki jo operater podpira pri izvajanju giba s telesnim območjem znotraj vsake posturalne ravni
Orodja	Potrebna orodja so odvisna od vrste stroja. Vendar pa je mogoče identificirati naslednje skupine: • Orodja za nastavitev • Orodja za rezanje • Orodja za merjenje in preverjanje
Mere (pribl.)	Približno 6 kvadratnih metrov
Število škatel (pribl.)	Odvisno od delov, ki jih je treba izdelati na določenem stroju. Približno 3 škatle na proizvodno naročilo
Sorodne tehnologije / Novi trendi	Zaslони HMI za prikaz informacij o proizvodnji, čitalniki RFID za beleženje uporabnikov in sistemi MES so med vrhunci
Naloge: 1. Pripravite delovno postajo za izdelavo dela v skladu s podatki, ki jih zagotovi proizvodni oddelek 2. Pripravite surovino 3. Izberite potrebna orodja 4. Izvaja in nadzoruje strojne operacije 5. Zagotovite, da so deli skladni s stopnjami kakovosti, navedenimi v tehničnih specifikacijah proizvodnih naročil	
Povezani dokumenti:	



1. Naročila za proizvodnjo
2. Razčlenitev delovnega mesta
3. Načrt kontrole procesa navodil za kakovost
4. Standard vzdrževanja
5. Varnostni list
6. Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki)
7. List materialov
8. Risbe

5.2.9. Opis delovnih postaj za 3D tiskanje

Naslednja tabela povzema glavne značilnosti delovne postaje za 3D-tiskanje:

Ime: Delovna postaja za 3D tiskanje	
Didaktični namen : 1) Fizična postavitev za obravnavanje naslednjih področij znanja 1. Pametna proizvodnja 2. Vodenje proizvodnje 2. Vitka proizvodnja 3. Zagotavljanje kakovosti 4. Tehnologije pomoči 5. Ergonomija 6. Tehnologije avtomatizacije 2) Na izzivih temelječi projekti za študente za izboljšanje organizacijskih vidikov in dejavnosti odločanja	
Opis: 3D-tiskanje je aditivni proizvodni proces, pri katerem se predmeti ustvarijo z zaporedjem plasti, ki se nalagajo ena na drugo, dokler ni dosežen želeni del. Čeprav so najpogostejše uporabljeni materiali pri tej vrsti proizvodnje običajno mešanice termoplastov, jih je mogoče izdelati iz več različnih materialov. Med prednostmi tega postopka so zmanjšanje količine odpadkov, personalizacija delov in zmanjšanje teže	Slika podizdelka (primer dela): 
Opis nastavitve delovne postaje:	
Ergonomija	Končno tveganje bo odvisno od vrste stroja, na katerem se dela. Področja, ki jih je treba analizirati, so: • Posturalna raven: Vse vrste gibov, ki jih operater izvaja z isto telesno cono • Frekvenca: Število gibov, ki jih operater izvaja z istim telesnim delom znotraj posamezne posturalne ravni • Napor: Teža, ki jo operater podpira pri izvajanju giba s telesnim območjem znotraj vsake posturalne ravni
Orodja	Potrebna orodja so odvisna od vrste stroja. Vendar pa je mogoče identificirati naslednje skupine: • Pripomočki za nastavitev: modri slikarski trak, alkohol, klešče itd. • Orodja za merjenje in preverjanje
Mere (pribl.)	Približno 2 kvadratna metra
Število škatel (pribl.)	Odvisno od delov, ki bodo izdelani na tem stroju
Sorodne tehnologije / Novi trendi	Čitalniki RFID za beleženje uporabnikov in sisteme MES
Naloge:	



1. Uvozite datoteko, ki bo izdelana v formatu STL
2. Odprite datoteko s programom za laminiranje
3. Izvozite datoteko s pripono G-code
4. Naložite datoteko v 3D tiskalnik
5. Prevezmite del in ga po potrebi naknadno obdelajte

Povezani dokumenti:

1. Naročila za proizvodnjo
2. Razčlenitev delovnega mesta
3. Načrt kontrole procesa navodil za kakovost
4. Standard vzdrževanja
5. Varnostni list
6. Podporno gradivo (videoposnetki za usposabljanje, videoposnetki za vzdrževanje, podporni videoposnetki)
7. List materialov
8. Risbe

5.2.10. Tehnologije industrije 4.0

V tem razdelku je prikazan pregled tehnologij, ki so vključene v CLF. Začetna točka se začne junija 2024, kar je ključni trenutek v razvoju LCAMP, saj so prvi prototipi CLF v celoti sestavljeni. Vendar pa končna točka projekta ne bo dosežena do junija 2026, ko naj bi bili doseženi cilji, zastavljeni za projekt, vključno z integracijo tehnologij I4.0 v CLF.

To ni naključna izbira tehnologij; vsak dodatek je bil narejen z natančno opredeljenim namenom. Področja načrta znanja za poučevanje, trenutne tehnologije, ki jih obvladajo, procesna zasnova CLF in nenazadnje izdelek, ki bo ustvarjen v tem kontekstu: robot. V tem razdelku bodo analizirane izbrane tehnologije za to uvedbo in predlagani bodo prihodnji dodatki, ki bodo prispevali k uspehu CLF.

Začetno stanje junija 2024

- Podporne tehnologije - Digitalna delovna postaja
- RFID, QR, črtna koda
- AR
- KOBOTI
- PLM
- MES
- Digitalni dvojček
- Omrežne tehnologije/tehnologije virtualnega sodelovanja
- Senzorske tehnologije
- Nadzor pogona
- Analitika podatkov

Prihodnji razvoj

V naslednjih 2 letih, ko je potek projekta nastavljen proti njegovemu zaključku junija 2026, bo vključen seznam prihodnjega razvoja.

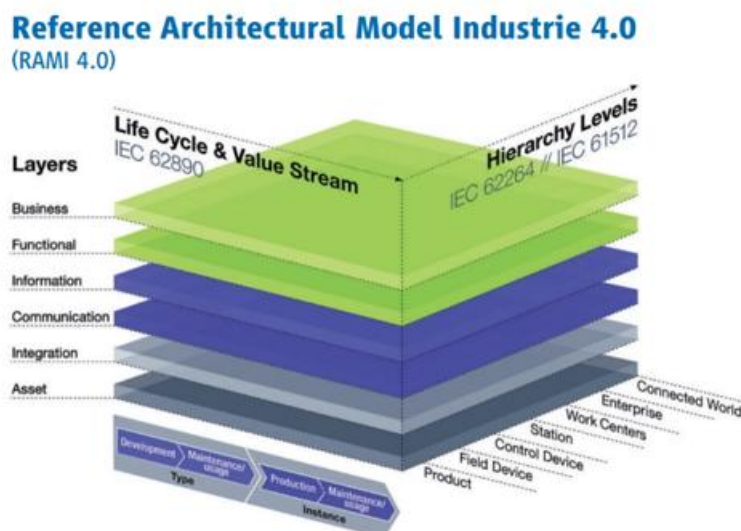
- Integracija tehnologije v izdelek (robotski operacijski sistem ROS, dodatni senzorji s senzorsko fuzijo in SLAM)
- Tehnologije za zmanjšanje vpliva na okolje
- Ocena življenjskega cikla (LCA)
- Eksoskelet
- Umetni vid



- Avtomatsko vodena vozila AGV
- AI-integracija

5.3. Digitalna infrastruktura

Glede na model RAM I4.0 (Plattform Industrie 4.0, 2018) so v CLF tri tipične stopnje.



Slika 13. Industrija arhitekturnih modelov 4.0. Vir: Platformska industrija 4.0

Organizacija deluje na treh ključnih ravneh: tehnični ravni, ki se ukvarja s sredstvi in fizično integracijo; operativna raven, osredotočena na komunikacijo in informacije; in raven upravljanja, kjer imajo prednost funkcionalno upravljanje in naloge, povezane s poslovanjem.

Vodstvena raven

Mednarodno digitalno poslovanje
Operativna odličnost



Operativna raven

Učinkovito upravljanje, Proizvodni nalog
MES-sistem, Oskrbovalna veriga, Upravljanje
življenjskega cikla



Tehnična raven

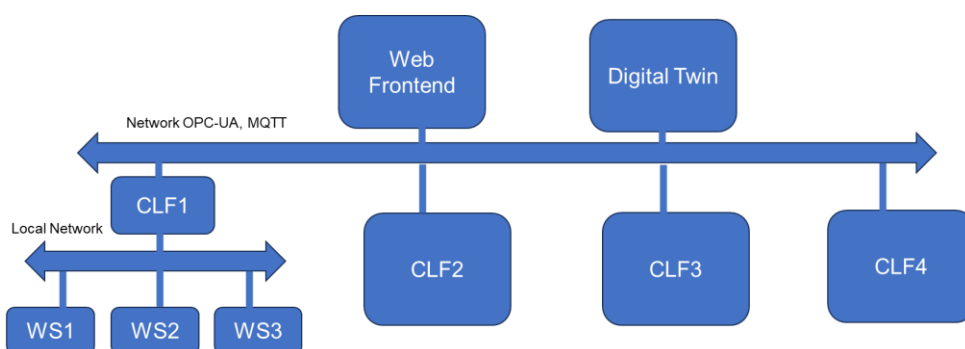
Industrijska komunikacija, Platforma
Montažna linija, Avtomatizacija, Izdelek



Slika 14. Stopnje v skladu z modelom RAM Industrija 4.0



Te tri temeljne ravni je mogoče neodvisno opredeliti, vsaka pa služi določenim funkcijam znotraj organizacije. Tehnična raven vključuje porazdeljene ekipe po različnih državah, kar omogoča izvajanje nalog, povezanih s sredstvi in fizično integracijo. Na operativni ravni se lahko aktivnosti izvajajo sinhrono ali asinhrono, z uporabo tako prave tovarne kot njenega digitalnega dvojčka, ki sta medsebojno povezana preko sistema MES. Upravljalvske dejavnosti pa se lahko izvajajo na kraju samem ali asinhrono, na podlagi podatkov CLF. Izobraževalni tečaji so ustrezno strukturirani, pri čemer je večina usklajena s tehnično ravno, ki spada v EQF 3-5. Nekateri tečaji so namenjeni operativni ravni, ki zajema EQF 5 in 6, drugi pa so posebej zasnovani za vodstveno raven na EQF Level 6.



Slika 15. MES sistem CLF.

Sistem MES služi kot osrednji neksus, ki povezuje vse lokalne CLF. Digitalna dvojčka posnemata povezljivost dejanskih tovarn in zagotavljata, da delujeta na način, ki je zelo podoben delovanju v resničnem svetu. Poleg tega ima navidezni LF zmožnost konsolidacije več lokalnih delovnih postaj v podtovarno, kar izboljša operativno učinkovitost in koordinacijo.

5.3.1. Digitalni dvojček CLF

Ustvarjanje digitalnih dvojčkov za CLF prinaša večjo prilagodljivost in dostopnost za spekter izobraževalnih dejavnosti. Z uporabo tehnologije emulacije, zlasti tiste, ki jo ponuja partnerska organizacija Simumatik (Simumatik, 2020), bodo ti digitalni dvojčki zvesto posnemali tako mehatronsko funkcionalnost kot videz svojih fizičnih primerkov. Ta digitalna emulacija omogoča študentom in učiteljem, da se vključijo v virtualno delo, kar zmanjša izključno odvisnost od fizične opreme. Rezultat je znatno zmanjšanje stroškov, povezanih z materiali, opremo in prostorom, ki so običajno potrebni za izobraževanje na podlagi CLF. Ta prehod na digitalno predstavitev bo prinesel znatne prihranke in hkrati razširil obseg izobraževalnih možnosti.

Virtualne proizvodne linije, ki so trenutno v preliminarni fazi definiranja, bodo deležne digitalne transformacije v transformatorske postaje. Vsaka transformatorska postaja bo opremljena s svojim PLC-jem. Vhodi in izhodi bodo povezani z namenskimi V/I karticami z različnimi preslikavami. Ta strateški pristop omogoča uporabnikom, da upravljajo sistem v skladu z vnaprej določenimi stopnjami izdelave ali ga ponovno konfigurirajo za proizvodnjo elementov v prilagojenem zaporedju ali za proizvodnjo drugega izdelka. Podpostaje so lahko ročne postaje, ki se uporabljajo s podpornimi tehnologijami, kot je VR, ali popolnoma avtomatizirane s stroji in roboti.

Standardiziran PLC bo integriran v sisteme, vključno z MES. Ta integracija bo okrepila splošno učinkovitost in koordinacijo proizvodnega procesa.

Glavna prednost teh digitalnih dvojnih proizvodnih linij je v njihovi zmožnosti spodbujanja sodelovanja med različnimi centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje. Z eno proizvodno



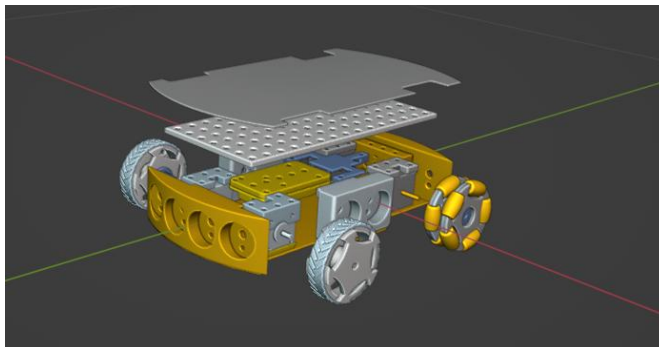
linijo, ki se lahko nahaja v drugi regiji ali celo državi, lahko uporabniki na daljavo nadzirajo in upravljajo operacije iz svojih računalnikov. To ne samo izboljša razumevanje faz izdelave, ampak uporabnike tudi izpostavi raznolikemu naboru proizvodnih rešitev. Takšna dostopnost na daljavo širi obzorja in omogoča bolj celovito razumevanje robotovega proizvodnega procesa in raznolikih proizvodnih metodologij.

5.3.2. Digitalni dvojček izdelka – Virtualni Robot

Morfologija robota zajema več ključnih lastnosti in funkcij. Razvit bo v okviru Simumatik Digital Twin Platform, odprtega emulacijskega okolja, prilagojenega za virtualno zagon (Simumatik, 2020). Emulacija se v tem kontekstu nanaša na sistem, ki posnema vedenje drugega sistema, medtem ko ostaja združljiv z njegovimi vhodi in izhodi.

Ogrodje platforme za modeliranje temelji na paradigmi, ki temelji na komponentah, kjer sistem sestoji iz ene ali več posameznih komponent.

3D model robota bo strukturiran v različne elemente, ki obsegajo osnovno strukturo, zgornji del, ploščo z luknjami in kolesa (glejte [Slika 16](#)). Ta klasifikacijski sistem bo olajšal preprosto prepoznavanje in razumevanje specifičnih elementov, ki bodo sestavljali robota. Poleg tega bo robot vključeval virtualne motorje, ki bodo omogočali neodvisen nadzor nad vsemi štirimi kolesi, s čimer bo izboljšana njegova okretnost in prilagodljivost.



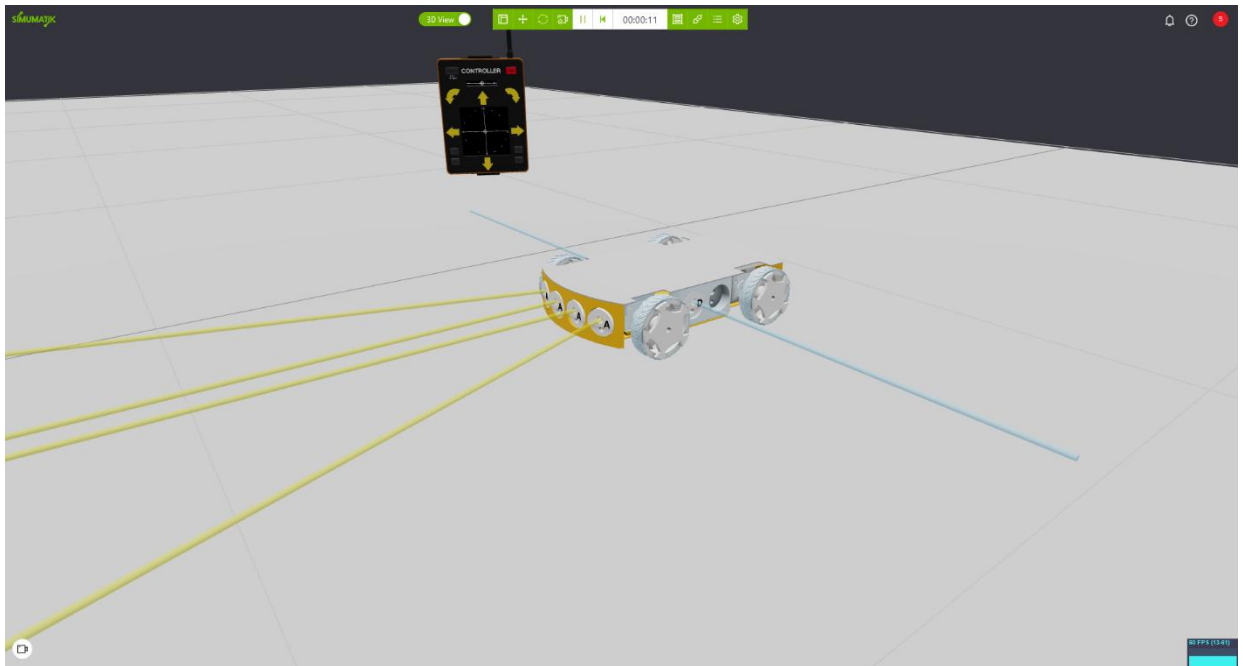
Slika 16. Deli virtualnega robota

Poleg tega bo robot vključeval do 10 senzorjev, kot je prikazano na [Slika 16. Deli virtualnega robota](#). Ta zasnova omogoča, da je robot opremljen s hibridno kombinacijo analognih in digitalnih tipov senzorjev. Virtualizacija senzorjev daje možnost testiranja senzorjev, preden jih vključimo v katalog pravega robota. Te senzorje je mogoče varno pritrditi na robotovo telo, kar uporabnikom omogoča fleksibilnost prilagajanja konfiguracije po potrebi.

Seveda je mikrokrmilnik tudi virtualiziran. Pravzaprav gre za dvojčke več kot enega krmilnika (Arduino, STM32, Raspberry Pi...), kar daje možnost izvedbe testov in programiranja modelov pred vgradnjo v fizični model robota.

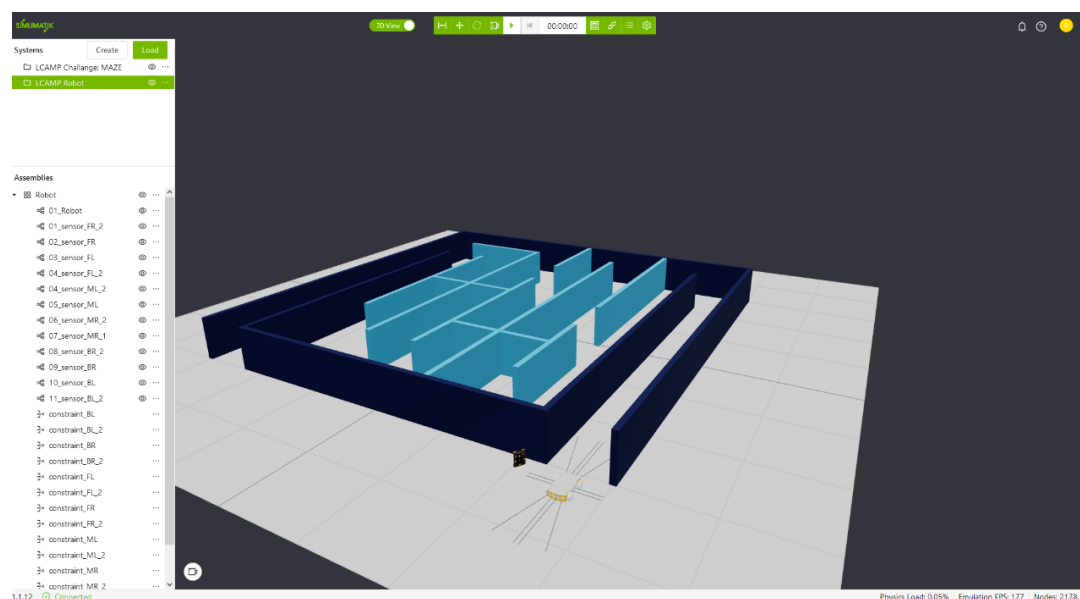
V razvoju sta dve različni ponovitvi robota: ena je opremljena s kombinacijo običajnih koles in koles Omni, druga pa ima samo kolesa Mecanum. Ta modularni pristop zagotavlja brezhibno medsebojno zamenljivost in uporabnikom zagotavlja izjemno priročnost. Poleg tega bo robot vseboval ročni krmilnik, ki bo zrcalil funkcionalnost aplikacije, ki se uporablja s fizičnim robotom. Ta krmilnik uporabnikom omogoča navigacijo robota v virtualnem okolju brez potrebe po programiranju.





Slika 17. virtualni robot, opremljen s senzorji in ročnim krmilnikom

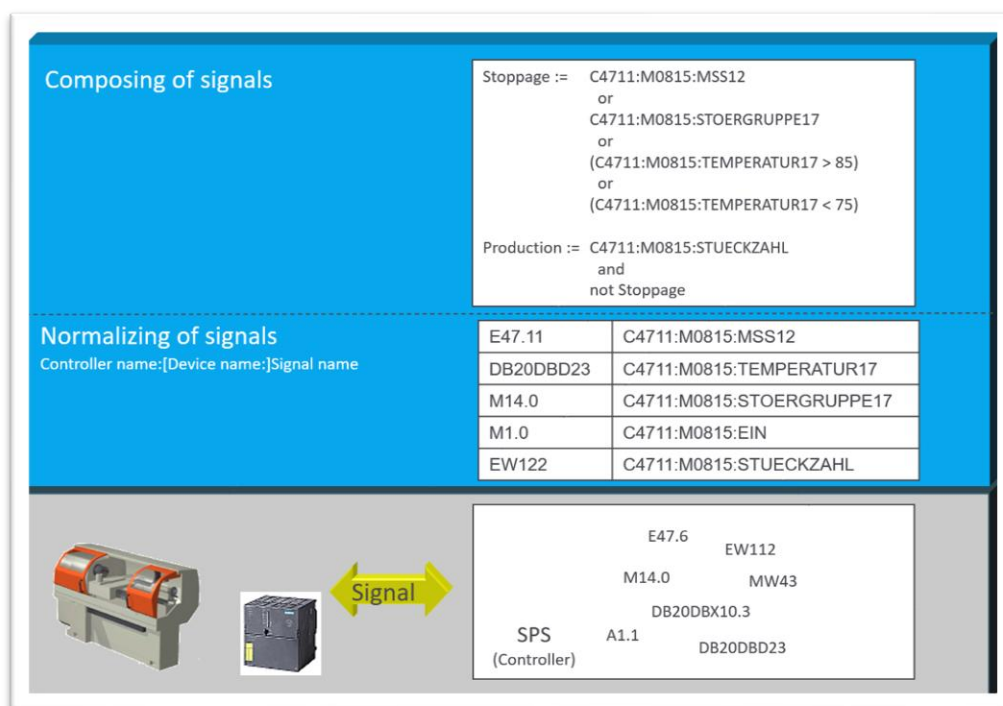
V povezavi z robotom bo v okolju digitalnega dvojčka ustvarjena vrsta namenskih prostorov. Osnovni koncept za temi prostori je omogočiti, da se robotove aplikacijske domene organsko širijo brez omejitev, ki jih zahteva dodatna oprema ali fizično območje. Ta področja bodo premišljeno oblikovana tako, da bodo služila kot dinamična vozlišča za izzive interaktivnega kodiranja, brezhibno vključena v različne izobraževalne učne načrte, kot so tečaji programiranja in nadzora. Spekter zapletenosti krmiljenja robota se bo raztezal od zapletenih algoritmov do preprostih skriptov, ki bodo ustrezali učencem vseh stopenj. Poleg tega poteka raziskovanje integracije senzorjev lidar za robota. Ti senzorji lidar predstavljajo napredno alternativo običajnim senzorjem, ki obljublajo znatno izboljšanje zmogljivosti robota, ciljajoč na AGV s kombinacijo ROS in odometrije.



5.3.3. Povezava delovnih postaj in strojev

Osnovna ideja CLF je sodelovanje in učenje. V ta namen je treba integrirati vmesno programsko opremo, ki enotno obdeluje najrazličnejše strojne signale z najrazličnejšimi semantikami in različnimi protokoli ter jih daje na voljo za nadaljnjo obdelavo v standardizirani obliki.

bo uporabljeno (Aegilmez, 2021) strojno orodje za transformacijo sporočil **Force Edge**. Vključuje široko paleto strojnih naprav (roboti, senzorji itd.). S komunikacijskega vidika so lahko protokoli in formati sporočil preprost signal +5 V DC, lastniški linijski protokoli ali celo protokoli na visoki ravni, ki temeljijo na TCP.



Slika 19. Pot pretvorbe iz strojnega signala v proizvodnjo relevantnih informacij.

V prilogi 11.2so opisane značilnosti rešitve Forcam Force Edge.

5.4. Spremljanje izvajanja

V tem razdelku so določeni kazalniki, KPI (Key Performance Indicators) in spremljanje njihovega razvoja.

Kot je podrobno opisano v razdelku 1.4, obstaja vrsta meritev, katerih izpolnitev je povezana z doseganjem pričakovanih rezultatov v WP6 CLF. Kazalniki so zato ustvarjeni za merjenje teh metrik. V spodnji tabeli so navedeni KPI-ji in razložena merila za izračun ali ocenjevanje:

Tabela 3. Seznam KPI-jev z njihovimi merili za ocenjevanje

KPI	Kako izračunati	Tarča
Število tehnologij I4.0	Število tehnologij I4.0/20	≥1
Količina skupnega razvoja izdelkov med projektnimi partnerji LF	Količina skupnega razvoja izdelkov/8	≥1



Količina študentov iz različnih držav, ki delajo skupaj v CLF	Število študentov/80	≥1
Izdelava digitalnega dvojčka za CLF	Stopnja uspešnosti naloge/100	1
Vzpostavitev tečajev za usposabljanje pilotov	Število tečajev usposabljanja pilotov/10	≥1
Izvedba sodelovalnih tečajev med študenti iz različnih držav	Število tečajev/5	≥1
Vzpostavite pilotne tečaje usposabljanja, prilagojene delavcem	Število tečajev usposabljanja pilotov/10	≥1
Stopnja zadovoljstva med študenti naprednega poklicnega izobraževanja in usposabljanja v proizvodnji/HVET	Anketa o zadovoljstvu	≥8

Kar zadeva spremljanje razvoja kazalnikov, je glavni cilj jasno pravočasno zagotoviti skladnost z nizom meritev, vendar je za doseg tega bistvenega pomena analizirati razvoj KPI-jev, da bi poznali vzroke, upočasni napredovanje in v tem primeru sodelovati s partnerji pri doseganju zadovoljive izvedbe LF.

Poleg tega mora projekt slediti smernicam, ki jih določa časovni načrt, ki določa ne le najpomembnejše mejnike za izvedbo, ki bo potekala do junija 2024, ampak se bo nadaljevala do zaključka projekta junija 2026.

Izpolnjevanje akcijskih načrtov je treba dokazati z ustreznimi izsledki, vključenimi in opredeljenimi v načrtu, in mora biti povezano z doseganjem ciljev, določenih v KPI. Ta načrt se bo začel razvijati decembra v sodelovanju s partnerji in bo vzpostavljen do januarja 2024.

Treba je opozoriti, da se po vzpostavitvi LF njegova pot na tej točki ne bo končala, saj bo njeno nadaljevanje podprto s sistemom stalnih izboljšav, metodo za izvajanje stalnih izboljšav. Projekt LCAMP predvideva razvoj tega vidika v WP8.

6. SODELOVANJE MED UČNIMI TOVARNAMI

Sodelovanje med organizacijami poklicnega izobraževanja in usposabljanja je ključni element projekta LCAMP. CLF odpira nove perspektive za mednarodno sodelovanje, ki obsega več razsežnosti, ki vključujejo tako učitelje kot učence.

CLF daje prostor za razvoj sodelovalnih dejavnosti na različnih stopnjah vrednostne verige in za različne vrste udeležencev. V fazi izvajanja poteka sodelovanje med partnerji konzorcija, predvsem raziskovalci in učitelji. V fazi delovanja, ko bo CLF popolnoma operativen, bo imel do CLF dostop širši spekter uporabnikov. Če povzamemo, so bili opredeljeni naslednji **ciljni upravičenci in uporabniki CLF**:

- Centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje iz konzorcija LCAMP. Neposredno odgovorni za ustanovitev CLF, njihovo sodelovanje je vzpostavljeno kot del nalog LCAMP.
- Centri poklicnega izobraževanja in usposabljanja iz združenja LCAMP. Kot prvi zunanji uporabniki CLF bodo ti zgodnji uporabniki služili kot proksimalni partnerji.

Vzpostavljeni so štirje nivoji sodelovanja:



- Proizvodnja robotov
- Izdelava tečaja CLF
- Virtualni CLF
- Mobilnost študentov in zaposlenih

Poleg tega Open Innovation Community (WP4) LCAMP ponuja še več možnosti za interakcijo med centri za poklicno izobraževanje in usposabljanje.

6.1. Sodelovalna proizvodnja robotov

CLF je bil ustvarjen za izdelavo končnega izdelka, natančneje robota, v povezavi z zahtevanim teoretičnim znanjem ali didaktičnimi nameni. Proizvodnja robotov je vgrajena v vrsto sodelovalnih in usklajenih učnih dejavnosti, ki vključujejo študente poklicnega izobraževanja in usposabljanja iz različnih držav in regij, pri čemer vsak prispeva k specifičnim nalogam. Ta proizvodni proces obravnava kompetence, opisane v razdelku 2.1, z različnimi izkustvenimi učnimi dejavnostmi, ki jih ponujajo tečaji, skupni projekti in proizvodna linija CLF.

Izmenjava informacij in podatkov : Medsebojne povezave med CLF-ji omogočajo učencem mednarodno izmenjavo informacij in podatkov, vključno s podatki o proizvodnih dejavnostih ter izobraževalnih virih in gradivih.

Skupni projekti. S skupnimi projekti in predanim sodelovanjem bodo dijaki različnih šol imeli priložnost sodelovati pri reševanju specifičnih izzivov, vključno z oblikovanjem izdelkov, vitko proizvodnjo in vodenjem proizvodnje. Nenehne izboljšave CLF omogočajo spremembe v vrednostni verigi CLF.

Tekmovanja in učenje na podlagi izzivov: okolje CLF, kjer so replike istih delovnih postaj na voljo na različnih lokacijah, omogoča organizacijo tekmovanj in izzivov, ki vključujejo študente iz različnih geografskih lokacij.

6.2. Tečaji v CLF

CLF bo izvajal praktične učne dejavnosti za izboljšanje spretnosti in znanja za bodoče strokovnjake na področju napredne proizvodnje ter usklajeval dejavnosti poučevanja in učenja, predvsem prek formalnih tečajev. Kooperativna narava CLF je primerna za ponujanje skupnih tečajev za mednarodno ali regionalno občinstvo, s široko paleto možnosti dostave, vključno z osebno, spletno (sinhrono in asinhrono), mešano dostavo in drugimi. Predhodni seznam je na voljo v prilogi 11.4, vendar se bo še naprej širil s prispevki partnerjev in dodatnimi vpogledi iz WP3 in WP7, pa tudi s širitvijo učnih ciljev iz posameznih učnih tovarn. Celoten opis tečajev, opisanih v 11.4, sledi skupnim merilom, razvitim v delovnem paketu, namenjenem usposabljanju za napredno proizvodnjo (WP5). Tečaji obravnavajo naslednja merila:

- Relativno kratko trajanje (10 do 30 ur ali 1 do 3 ECTS).
- Na voljo kot del uradnega kurikuluma nacionalnih kvalifikacij ali kot izven šolski tečaji, prilagojeni potrebam ciljnega občinstva (delavci, dodiplomski študenti itd.).
- Dobavljeno z uporabo CLF, fizično ali virtualno, čeprav preoblikovan glede na učne cilje vsake učne tovarne.

Dobava se začne v 3. in 4. letu življenjske dobe LCAMP (2024 - 2026).



6.3. 11.4 Virtualni CLF

Posebne značilnosti CLF bodo omogočile široki paleti učencev in drugih uporabnikov platforme mednarodno sodelovanje z uporabo virtualne različice CLF. Digitalna infrastruktura, opisana v razdelku 5.3, omogoča uporabnikom, da povežati prek CLF ali virtualne različice njegovih funkcij. Različne rešitve so na voljo ne samo za člane konzorcija LCAMP, temveč tudi za člane zaveznitva LCAMP, vključno s tistimi, ki morda nimajo na voljo opreme CLF v svojih lokalnih šolah za poklicno izobraževanje in usposabljanje. Primeri možnega mednarodnega sodelovanja z uporabo virtualnega CLF vključujejo:

- Ustvarjanje učnih aktivnosti na podlagi digitalnega dvojčka izdelka.
- Sodelovanje v skupnih simulacijah in virtualnih vajah v nadzorovanem okolju.
- Uporaba didaktičnega gradiva virtualnih učnih tovarn.

6.4. Mobilnost študentov in zaposlenih

Mobilnost študentov in osebja predstavlja dodatno možnost neposrednega sodelovanja, ki je del posebnih značilnosti CLF. Učenci in delavci so odprti za sodelovanje na tistih lokacijah, kjer delujejo podružnice CLF. Neposredna interakcija in sodelovanje med mednarodnimi študenti in delavci je nedvomno ena od ključnih prednosti, ki jih bo LCAMP CLF izkoristil.

Programi mobilnosti Erasmus+ so, saj izpolnjujejo prejšnje značilnosti, dobra priložnost za takšne ukrepe mobilnosti:

- **Mobilnost osebja**, ki jo podpira Erasmus+: opazovanje pri delu, naloge poučevanja ali usposabljanja, tečaji in usposabljanje.
- **Mobilnost študentov**, ki jo podpira Erasmus+: udeležba na tekmovanjih v spretnostih poklicnega izobraževanja in usposabljanja, kratkoročna učna mobilnost učencev poklicnega izobraževanja in usposabljanja, dolgoročna učna mobilnost udeležencev poklicnega izobraževanja in usposabljanja.

6.5. Zveza LCAMP

Zveza LCAMP skupaj s svojo skupnostjo za odprte inovacije predstavlja osrednji prehod za zunanje subjekte, zlasti centre poklicnega izobraževanja in usposabljanja, ki še niso povezani s konzorcijem, da sodelujejo in izkoristijo dejavnosti CLF. Ključnega pomena je poudariti zagotavljanje **odprtih izobraževalnih virov** (OER), pomemben vidik teh pobud. Rast sklada CLF vključuje skrb za didaktično gradivo, organizirano na štirih glavnih področjih: Izdelek, ki ga je treba izdelati (robot LCAMP).

- Proizvodni proces, vključno z izdelavo in montažo.
- Digitalizacija CLF
- Virtualna okolja (CLF digitalni dvojček).

Te domene skupaj prispevajo k bogastvu virov, ki bodo vsi na voljo prek dostopnega repozitorija. Platforma LCAMP v tem primeru zagotavlja edinstveno infrastrukturo, ki omogoča univerzalni dostop do tega skladišča za vse člane zaveznitva. To ne le olajša replikacijo procesov in izdelkov, temveč omogoča tudi modifikacije za ustvarjanje novih izdelkov ali procesov. Poleg tega skupnost, oblikovana znotraj platforme, spodbuja neposredno interakcijo z ustvarjalci, s čimer zabriše konvencionalno ločnico med ustvarjalci vsebine in uporabniki.

Ta prizadevanja vodijo do več pomembnih prednosti:

- Ustvarjanje posebnega repozitorija odprtih izobraževalnih virov I4.0.



- Ustvarjanje in izboljšanje izobraževalnih vsebin, vključno z najboljšimi didaktičnimi in metodološkimi praksami.
- Spodbujanje distribucije in ponovne uporabe materialov.
- Pospešeno vključevanje podpornih tehnologij v posamezne učne tovarne.

7. ZAKLJUČEK IN POGLEDI

CLF predstavlja ambiciozno in kompleksno pobudo, ki vključuje **pedagoške cilje**, **tehnično in operativno infrastrukturo** ter **center za poklicno izobraževanje in usposabljanje sodelovanje**.

- **Pedagoški cilji** podpirajo CLF, ki obravnava široko paleto področij znanja iz okolja napredne proizvodnje. Predlagani so tečajji za različne ravni EQF, združeni v skupine za ta področja. Opisi učnih dejavnosti sledijo taksonomiji, podani v okviru kompetenc LCAMP.
- **Tehnična in operativna infrastruktura** posnema obstoječe industrijske standarde. Študenti izdelajo robota z uporabo geografsko porazdeljenih procesnih linij. Poročilo podrobno opisuje arhitekturo elementov, ki sestavljajo nastavitve, in pristop za njihovo digitalno povezavo in virtualizacijo.
- **VET center sodelovanje** je posebna značilnost predloga. Morfologija zagotavlja podrobnosti o priložnostih za sodelovanje in o tem, kako bodo ta sodelovanja artikulirana, ko se bo pilot začel izvajati.

7.1. Izzivi v življenjski dobi LCAMP

Glede realizacije pobude je še kar nekaj odprtih vprašanj, naslednji izzivi pa bodo rešeni pred junijem 2026.

- Obogatitev obsega sodelovanja LCAMP z uporabo mehanizmov sodelovanja za posebne akcije.
- Razširitev zemljevida kompetenc z identifikacijo in obravnavo novih znanj, potrebnih v industriji napredne proizvodnje.
- Odpiranje koncepta CLF za vse zainteresirane centre za poklicno izobraževanje in usposabljanje; obravnavati je treba ne le operativne vidike, temveč tudi tehnične, da bi olajšali vključitev dodatnih centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje.
- Privabljanje podjetij, zlasti malih in srednjih podjetij iz različnih držav EU, k sodelovanju pri usposabljanju delovne sile v CLF.
- Vključevanje prihodnjega tehnološkega razvoja, kot so:
 - Operacije z avtomatiziranim vodenim vozilom (AGV).
 - Ublažitev vplivov na okolje (EIM)
 - Ocena življenjskega cikla (LCA)
 - Strojni vid (MV) in druge uporabe umetne inteligence (AI) robotskih operacijskih sistemov (ROS)

7.2. Dejavniki uspeha v življenjski dobi LCAMP

LCAMP se opira na različne dejavnike uspeha, vključno z:

- Doseganje KPI-jev, opredeljenih v razdelku 5.4



- Povečanje števila vključenih zunanjih centrov za poklicno izobraževanje in usposabljanje.
- Uporaba virtualiziranega CLF
- Uporaba zmogljivosti CLF s strani učiteljev v centrih za poklicno izobraževanje in usposabljanje.
- Dodatek več vsebine in tehničnih lastnosti v CLF.
- Razvoj in dostava mikro poverilnic za napredne udeležence proizvodnje prek CLF.

7.3. Trajnost

CLF prinašajo velik potencial skupnosti poklicnega izobraževanja in usposabljanja, vendar zahtevajo tudi pozornost do dolgoživosti in sposobnosti partnerjev, da ohranijo svoje zaveze in dobro delo zunaj časovnega okvira začetnega projekta. Velik del tega dela bo opravljenega prek zavezništva LCAMP. LCAMP Alliance je evropsko referenčno omrežje za ustvarjanje in izmenjavo znanja, sodelovanje in zagotavljanje storitev za centre poklicnega izobraževanja in usposabljanja, podjetja in druge deležnike, ki delajo v sektorju napredne proizvodnje. Zavezništvo je namenjeno razvoju talentov, zmanjševanju vrzeli v spretnostih v industriji, prenosu znanja in izgradnji trajnostne prihodnosti napredne proizvodne skupnosti, pri čemer so učenci vedno v središču. Ponudniki poklicnega izobraževanja in usposabljanja v sektorju napredne proizvodnje iz vse Evrope se lahko pridružijo zavezništvu in sodelujejo pri predlaganih pobudah. Za zagotovitev kontinuitete po obdobju dodelitve je konzorcij LCAMP uvedel več trajnostnih pobud, vključno z:

- Ustvarjanje in razširitev zavezništva LCAMP, opisano v WP2 (LCAMP, 2023).
- Krepitev platforme LCAMP, izražene v WP8.
- Vzpostavitev načrta sodelovanja deležnikov v DP9 (LCAMP, 2023).
- Razvijanje projektov sodelovanja prek Open Learning Community v WP4 (LCAMP, 2023).
- Povečanje števila tečajev, povezanih s CLF prek WP3 in WP5.
- Spodbujanje dobrega dela in vztrajnega vpliva partnerjev LCAMP, posamezno in kolektivno.

Z zgoraj navedenimi dejavnostmi in drugimi, ki se bodo razvili v prihodnjih letih, bodo dosežki LCAMP in zavezništvo LCAMP dosegli vztrajnost in trajnost, ki prispevata k naprednim proizvodnim sektorjem več držav in regij. K temu prispeva še notranja krepitev z razvojem orodij in vzpostavitvijo inovativnih dejavnosti. Na splošno bo skupno delo partnerjev LCAMP, zavezništva LCAMP in industrijskih partnerjev, ki jih vključi vsak od udeležencev, povzročilo trdno mrežo učenja in inovacij, ki bo trajala še vrsto let.

8. REFERENCE

- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., ElMaraghy, H., . . . Ranz, F. (2015). Učne tovarne za raziskave, izobraževanje in usposabljanje. *Procedia CIRP*, 32 , 1-6.
- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., ElMaraghy, H., . . . Ranz, F. (2015). Učne tovarne za raziskave, izobraževanje in usposabljanje. *Postopek CIRP*. 32 , 1-6. doi org/ 10. 1016/j. procir. 2015. 02. 187
- Aegilmez, S. (2021). *Priročnik za Forcam Force Edge* . (F. <https://forcam.com/app/uploads/2021/11/Manual-FORCAM-FORCE-EDGE.pdf>



- Belinski, R., Peixe, A., Frederico, G., & Garza-Reyes, J. (2020). Organizacijsko učenje in industrija 4.0: ugotovitve iz sistematičnega pregleda literature in raziskovalnega programa. *Primerjalna analiza*, 27 , 2435–2457. doi 1108/BIJ- 04- 2020- 0158
- Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp Evropski trajnostni kompetenčni okvir*. Luxembourg: Punie, Y. in Bacigalupo, M. urednik (ur.), EUR 30955 EN, Urad za publikacije Evropske unije. 10.2760/821058, JRC128040, ISBN 978-92-76-53201-9
- https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/144051/5/Diseno%20y%20fabricacion%20inteligente_Modulo2.3_Definicion%20de%20especificaciones%20del%20producto%20o%20servicio.pdf
- Clara R. Behrend, AG (2022). *Razumevanje prihodnjih veščin in obogatitev razprave o spretnostih (BEYOND4.0 rezultat D6.1)*. Dortmund: BEYOND4.0. https://beyond4-0.eu/storage/publications/D6.1%20Understanding%20future%20skills%20and%20enriching%20the%20skills%20debate/BEY4.0_WP06_Task_6.1-%203rd%20Update%2008.2022.pdf.
- Enke, J., Glass, R., Kreß, A., Hambach, J., Tisch, M., & Metternich, J. (2018). Industrija 4.0: kompetence za sodoben proizvodni sistem: kurikulum za učenje tovarn. *Procedia Manuf* 23 (2017) , 267–272. org/ 10. 1016/j. promfg.2018. 04. 028
- ETHAZI. (2016). ETHAZI: <https://tknika.eus/eu/cont/proyectos/ethazi-2/>
- Evropska komisija. (nd). *Napredne tehnologije za industrijo* . Obogatena virtualna resničnost: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/augmented-virtual-reality>
- Evropska komisija. (nd). *Napredne tehnologije za industrijo* .
- Evropska komisija. (nd). *Napredne tehnologije za industrijo* . Napredni materiali: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/advanced-materials>
- Evropska komisija. (nd). *Napredne tehnologije za industrijo* .
- Povezljivost: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/connectivity>
- Evropska komisija. (nd). *Napredne tehnologije za industrijo* . Robotika: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/robotics>
- Evropska komisija. (nd). *Napredne tehnologije za industrijo* .
- Evropska komisija. (nd). *ESCOpedia* . Kompetence: <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/escopedia/escopedia/competence>
- Evropska komisija. (nd). *ESCOpedia* . Spretnost: <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/escopedia/escopedia/skill>
- Evropska komisija. (nd). *Notranji trg, industrija, podjetništvo in MSP* . MSP: https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes/sme-definition_en
- Evropska komisija. (nd). *Raziskave in inovacije* . <https://examhub.eu/>
- IZPIT 4.0. (2020). *Metodologije za analiziranje in predvidevanje potreb po spretnostih v sektorju napredne proizvodnje*. examhub.eu: https://examhub.eu/wp-content/uploads/2021/04/WP_2_3.pdf
- Harvard Business Review. (2020). *Kratka zgodovina sodobne pisarne*. <https://hbr.org/2020/07/a-brief-history-of-the-modern-office>
- IALF. (2021). *Mednarodno združenje učnih tovarn* . <https://ialf-online.net/index.php/home.html>



- Kumar Agarwal, A. in Kumar, R. (2020, 9, 30). *Navodila za načrtovanje proizvodnje in sistem nadzora proizvodnje: matematična evolucija z vidika fleksibilnosti*.
- LCAMP. (2023). *Zveza LCAMP. Strateški načrt*. lcamp.eu: https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/03/D2.2_Strategic-Plan-of-the-LCAMP-Alliance_Final-Version.pdf
- LCAMP. (2023). *Odprta skupnost Innocation*. lcamp.eu: https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D4.1_Open-Innovation-Community-Model.-Applied-Research-and-Innovation-in-the-OIC_Final-različica-1.pdf
- LCAMP. (2023). *Vloga tovarn učenja v poklicnem izobraževanju*.
https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/9.6_Stakeholder-Engagement-Plan_Final-version.pdf
- Lundvall, B.-Å. (2016). Učeča se ekonomija in ekonomija upanja. V *Učeča se ekonomija in ekonomija upanja* (str. 112–115). Anthem Press. .26530/OAPEN_626406
- Pittich, D., Tenberg, R., & Lensing, K. (2020). Učne tovarne za kompleksno pridobivanje kompetenc. *European Journal of Engineering Education*, 45:2 , 196-213. 10.1080/03043797.2019.1567691
- PLATFORMA INDUSTRIE4.0: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- Priffi, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Kremar, H. (2017). Model kompetenc za zaposlene v "industriji 4.0". *Wirtschaftsinformatik (WI) 2017* , (str. 46-60). St. Gallen, Švica.
- Roll, M., & Ifenthaler, D. (2021). Učne tovarne 4.0 v tehničnih poklicnih šolah: ali lahko spodbujajo razvoj kompetenc?. *Empirični Res Voc Ed Train* 13 , 20. <https://doi.org/10.1186/s40461-021-00124-0>
- Schäfer, M., & Löwer, M. (2020, 12, 31). *Okoljsko primerna zasnova—Pregled ocen*. MDPI: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/315>
- Scheid, R. (2018). Tovarne učenja v poklicnih šolah. V R. Scheid, *Digitalno učenje na delovnem mestu* (str. 271-289). Geelong, Avstralija: Springer Cham.
- Schumann, J. (2022, 12, 2). *Pomen zaščite orodij za sodelovanje pred kibernetскими napadi*. Forbes: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/12/02/the-importance-of-protecting-collaboration-tools-from-cyberattacks/?sh=289946d61ae7>
- Sierra-Pérez, J., Domínguez, M., & Espinosa, M. d. (2014, 11 18). El ecodiseño en el ámbito de la ingeniería del diseño (Ekodizajn v inženiringu oblikovanja). ResearchGate: <https://www.tecnicaindustrial.es/el-ecodiseno-en-el-ambito-de-la-ingenieria-de/>
- Simumatik. (2020). *Simumatik* . <https://simumatik.com>
- Svet Evropske unije. (2020, 2. december). Priporočilo Sveta o poklicnem izobraževanju in usposabljanju (VET) za trajnostno konkurenčnost, socialno pravičnost in odpornost. *Uradni list Evropske unije* , str. 4. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.cedefop.europa.eu/files/cele_x_32020h120201_en_txt.pdf
- Tisch, M., Ranz, F., Abele, E., Metternich, J., & Hummel, V. (2015, 08 27). Morfologija učeče se tovarne: študija o obliki in strukturi inovativnega učnega pristopa na področju proizvodnje. *Turški spletni časopis za izobraževalno tehnologijo, posebna izdaja* , 356-363.



- Vuorikari, RK in Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: Ogradje digitalnih kompetenc za državljane - z novimi primeri znanja, veščin in odnosov*. Luksemburg: 31006 EUR, Urad za publikacije Evropske unije. 10.2760/115376, JRC128415 ISBN 978-92-76-48882-8, .2760/115376, JRC128415 ISBN 978-92-76-48882-8,
- Ziarsolo, U., Araiztegui, I., Irazabal, J., Errasti, L. in Rupp, K.-DR (2023). Tovarna sodelovalnega učenja kot integracijsko orodje za napredno proizvodno platformo, osredotočeno na učence. *Zbornik 13. konference o učečih se tovarnah (CLF 2023)* .



9. KAZALO SLIK

Slika 1. Osnovna shema WP6	12
Slika 2. Dimenzija, ki jo daje IALF za opis LF. Vir (Abele E. et al., 2015)	13
Slika 3. Navzkrižno sklicevanje na področja znanja z vrednostno verigo procesov CLF	18
Slika 4. Kompetenčni okvir LCAMP za napredno proizvodnjo.	19
Slika 5. Zasnova LF. Lastni vir.	22
Slika 6. Vrednostna veriga CLF.	26
Slika 7. Prvi in drugi prototip	27
Slika 8. Eksplozijska risba prve različice robota.	27
Slika 9. Splošne meritve ene različice robota	29
Slika 10. Električna shema robota	30
Slika 11. Analiza izvedljivosti	32
Slika 12. Postopek izdelave CLF	33
Slika 13. Industrija arhitekturnih modelov 4.0. Vir: Platform Industry 4.0	46
Slika 14. Ravni glede na model	46
Slika 15. MES sistem CLF.	47
Slika 16. Deli virtualnega robota	48
Slika 17. virtualni robot opremljen s senzorji in ročnim krmilnikom	49
Slika 18. Primer območja za robota	50
Slika 19 . Pot pretvorbe iz strojnega signala v proizvodnjo relevantnih informacij.	50
Slika 20 : Povzetek funkcij FORCE EDGE	66
Slika 21 : Pregled arhitekture FORCE EDGE	66
Slika 22. Kompetenčni okvir LCAMP za napredno proizvodnjo.	67

10. KAZALO TABEL

Tabela 1. Dimenzije LF, opredeljene v knjigi Learning Factories: Concepts, Guidelines, Best-Practice Primeri	14
Tabela 2. Mere LCAMP CLF	15
Tabela 3. Seznam KPI-jev z njihovimi merili za ocenjevanje	50
Tabela 4. Kvalifikacije za prihodnost, povezane z izbranimi področji znanja, vključenimi v CLF	60
Tabela 5. Tečaji, povezani z izbranimi področji znanja, vključenimi v CLF	69



11. PRILOGE

Pri izpolnjevanju ustreznih tabel bo zelena barva označena, da v tem razdelku ustreza označenemu polju.

11.1. Kvalifikacije za prihodnost, povezane s področji znanja, vključenimi v tovarno skupnega učenja

Tabela Tabela 4, povezane z izbranimi domenami, ki so na voljo v državah partnerjev. Podrobne informacije o teh kvalifikacijah najdete v dokumentu »Identifikacija kvalifikacij in profilov delovnih mest, specifičnih za industrijo 4.0 v različnih industrijskih sektorjih«, ki je bil izdelan v LCAMP.

Tabela 4. Prihodnje dokazne kvalifikacije, povezane z izbranimi področji znanja, vključenimi v CLF



Država	Povezane nacionalne kvalifikacije	Domene znanja												ravni EQF
		Strojništvo, pametna	Vodenje proizvodnje	Procesno inženirstvo	Ekološko oblikovanje	elektronika	Robotika	Avtomatizacija	Proizvodni procesi.	Logistična in dobavna	Trajnost	Industrija 4.0	Računalništvo	
Baskija	Načrtovanje proizvodnje v strojništvu													5
	Industrijska mehatronika													5
	Specializacijski tečaj za pametno proizvodnjo													5
	Oblikovanje mehanske proizvodnje													5
	Avtomatizacija in industrijska robotika													5
	Elektrotehnični in avtomatizirani sistemi													5
	Elektronsko vzdrževanje													5
	Računalništvo in telekomunikacijski sistemi													5
	Specializacijski tečaj za sodelovalno robotiko													5
	Programiranje proizvodnje v strojništvu													5
	Strojna obdelava													4
	Specializacijski tečaj za pametno proizvodnjo													5
	Specializacija za umetno inteligenco in velike podatke													5
	Specializacija iz aditivne proizvodnje													5
	Specializacija za digitalizacijo industrijskega vzdrževanja													5
	Specializirani tečaj za kibernetsko varnost v operativnih tehnoloških okoljih													5
	Specializacija za namestitev in vzdrževanje sistemov, povezanih z internetom (IoT)													5
Francija	Vzdrževanje povezanih proizvodnih sistemov													4
	Program usposabljanja strojni tehnik													4



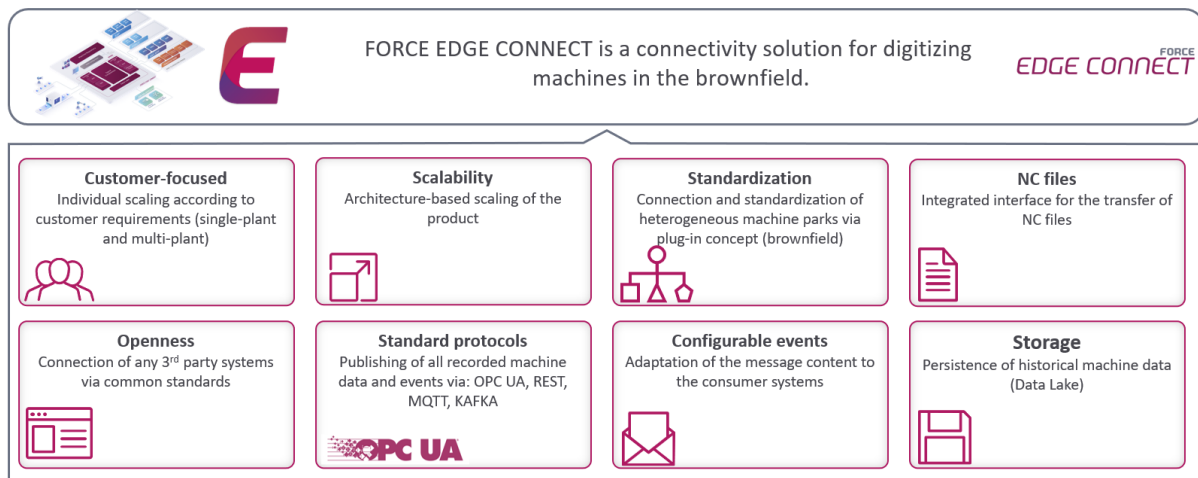
11.2. Lastnosti Forcam Edge

Povzetek funkcij

Rešitev EDGE je skrbno zasnovana za izpolnjevanje številnih kritičnih zahtev na področju industrijske avtomatizacije in strojne komunikacije. Ti bistveni argumenti pomagajo zagotoviti njegovo učinkovitost in prilagodljivost v sodobnem industrijskem okolju:

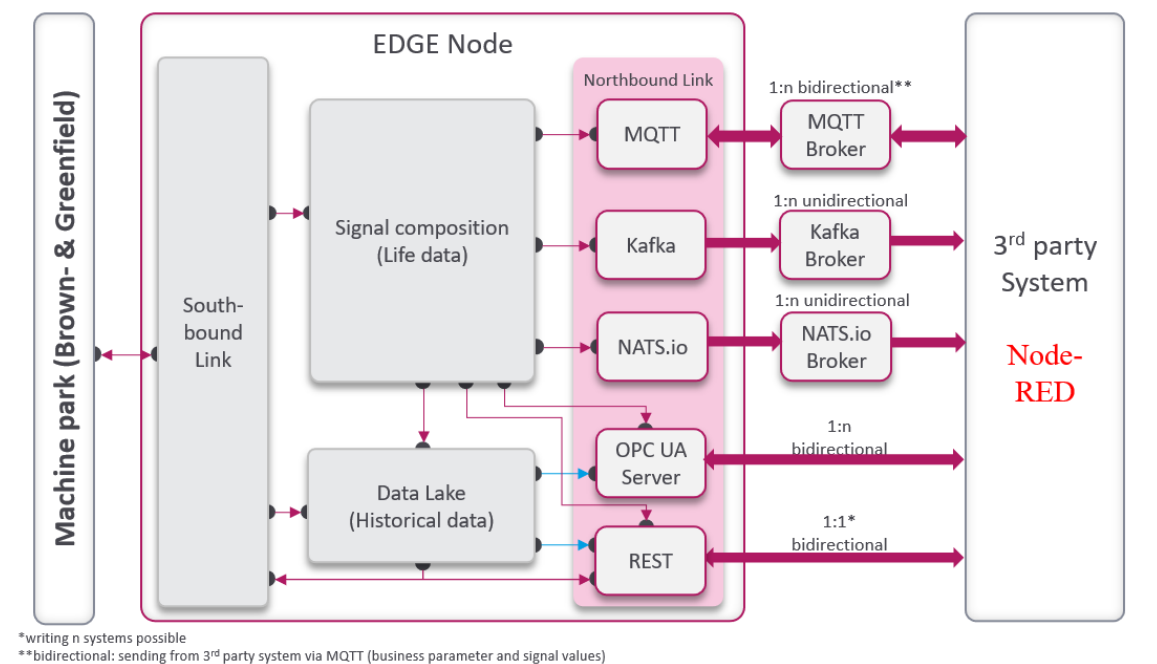
- **Veliko število razpoložljivih PLC vtičnikov in protokolov za strojno komunikacijo:** rešitev EDGE se mora ponašati z obsežno knjižnico PLC vtičnikov in podporo za različne komunikacijske protokole. Ta raznolikost zagotavlja, da se lahko nemoteno povezuje in komunicira s široko paleto industrijskih strojev, ne glede na njihove osnovne tehnologije.
- **Uporabniku prijazen uporabniški vmesnik z vgrajenim čarovnikom za voden postopek za povezavo s strojem:** Za poenostavitev postopka povezovanja s strojem je uporabniku prijazen vmesnik z vgrajenim čarovnikom nepogrešljiv. To ne le skrajša učno krivuljo za operaterje, ampak tudi poenostavi konfiguracijo novih strojev.
- **Grafična sestava signala za izgradnjo standardiziranega modela strojnega dogodka:** Funkcija grafične sestave signala je ključnega pomena za izgradnjo standardiziranega modela strojnega dogodka. To omogoča jasno in dosledno predstavitev strojnih podatkov, kar olajša spremljanje in analizo delovanja stroja.
- **Odprtost za sisteme drugih proizvajalcev prek REST, OPC UA, MQTT, KAFKA in NATS.io:** Interoperabilnost je ključnega pomena v današnjem industrijskem okolju. Rešitev EDGE mora zagotavljati odprte vmesnike za sisteme tretjih oseb prek splošno sprejetih protokolov, kot so REST, OPC UA, MQTT, Kafka in NATS.io, kar zagotavlja brezhibno integracijo z obstoječo infrastrukturo.
- **Repozitorij stroja za izgradnjo knjižnice povezlivosti za hitrejšo povezovanje strojev:** Centralni repozitorij stroja je bistvenega pomena za gradnjo knjižnice povezlivosti. Ta repozitorij poenostavlja postopek povezovanja novih strojev tako, da operaterjem omogoča ponovno uporabo uveljavljenih konfiguracij in nastavitev.
- **Dvosmerna komunikacija med OT in IT za prenos strojnih podatkov in NC-datoteke:** rešitev EDGE bi morala olajšati dvosmerno komunikacijo med sistemi operativne tehnologije (OT) in informacijske tehnologije (IT). To omogoča učinkovit prenos in analizo podatkov ter izmenjavo datotek NC (numerično krmiljenje) za proizvodne procese.
- **Razširljiva arhitektura s primerkom centralne konfiguracije:** Razširljivost je ključnega pomena za prilagajanje razvijajočim se potrebam industrijskega okolja. Razširljiva rešitev EDGE bi morala podpirati dodajanje novih strojev in funkcionalnosti, medtem ko centralna instanca konfiguracije zagotavlja enotnost in enostavnost upravljanja v celotnem sistemu.

Če povzamemo, idealna rešitev EDGE bi morala imeti te ključne funkcije za zagotavljanje učinkovite, uporabniku prijazne in prilagodljive komunikacije med stroji v industrijskem okolju. Ti argumenti poudarjajo pomen dobro zaokrožene rešitve, ki lahko zadosti zahtevam današnje industrijske avtomatizacije.



Slika 20: Povzetek funkcij FORCE EDGE

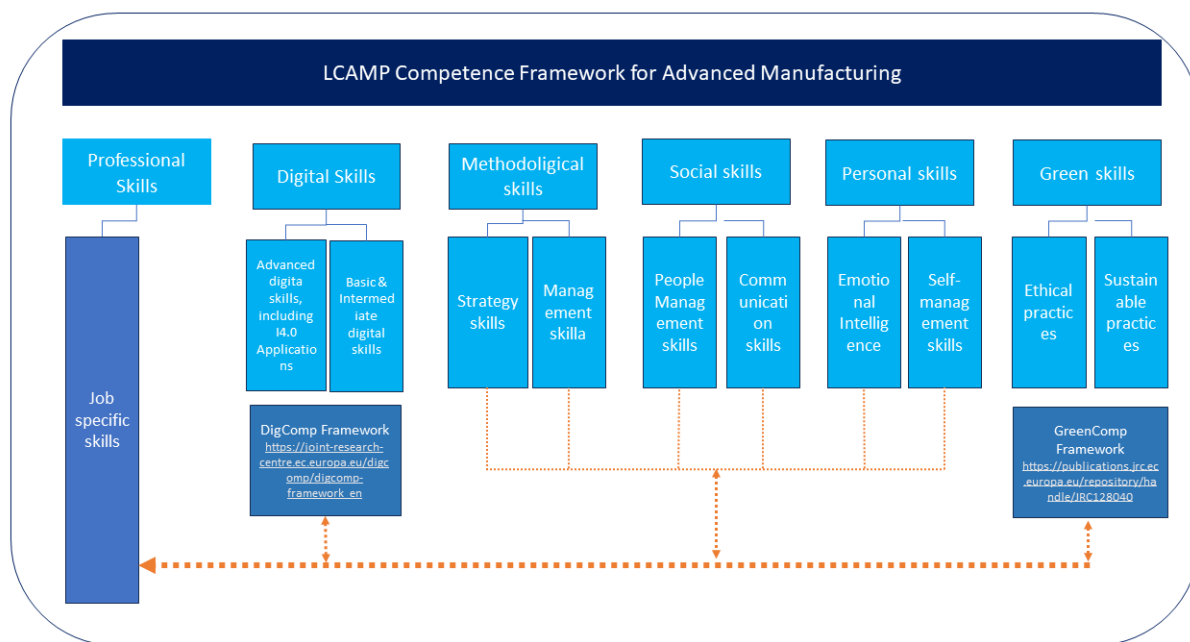
Za izvedbo te zahteve je potrebna več nivojska arhitektura. Stroji in senzorji imajo zelo različne možnosti povezovanja. Dobro znani standard OPC-UA najdemo le v zelo redkih primerih, zato obstaja univerzalna podatkovna povezovalna enota na najnižji ravni (South Bound Link) z razširljivim vtičnikom za integracijo različnih protokolov. Od serijske komunikacije do protokolov, specifičnih za nadzor, do OPC-UA, vse je mogoče ali razširljivo. Sledi procesni modul (Signal Composition), ki pripravi signale za nadaljnjo obdelavo. Vzporedno se vsi vhodni signali in obdelani podatki začasno shranijo za daljše časovno obdobje. Na ta način je mogoče medpomniti prekinitev linije v smeri "sistema tretje osebe" ali pa je mogoče izvesti oceno neposredno na podatkih EDGE z orodji za poročanje, kot je Grafana. V smeri "3rd party" so podatki pripravljeni tako, da jih je mogoče prenašati z uporabo protokolov, ki se danes običajno uporabljajo. Za nadaljnjo obdelavo se zanašamo na odprtokodni izdelek Node-RED.



Slika 21: Pregled arhitekture FORCE EDGE

11.3. Kompetenčni okvir LCAMP

Kompetenčni okvir LCAMP za napredno proizvodnjo je organiziran v šest kategorij veščin, ki se štejejo za bistvene za prihodnjo delovno silo v napredni proizvodnji, ki se nadalje razlikujejo v podkategorijah, vključno z ustreznimi veščinami.



Slika 22 . Kompetenčni okvir LCAMP za napredno proizvodnjo.

Kompetenčni okvir LCAMP združuje kategorije klasičnih spretnosti po Heyse/Erpenbecku, ki se uporabljajo v izobraževalnem okolju, (Priffi, Knigge, Kienegger, & Kremar, 2017) tj. poklicne spretnosti, metodološke spretnosti, socialne spretnosti in osebne spretnosti. Za boljše predstavitev kompetenc okvir LCAMP dodaja kategorije digitalnih veščin in zelenih veščin. Ker so zahteve in zahteve za zaposlene odvisne in se spreminjajo z nenehnim razvojem in transformacijskim procesom, se bo tudi kompetenčni okvir ustrezno prilagodil prikazovanju aktualnih potreb trga dela. Poleg tega je glede na trenutno dvojno tranzicijo v gospodarstvu vse večji pomen razumevanje zaposlenih in posedovanje zelenih veščin. V zvezi s tem trendom imajo veščine, ki se nanašajo na trajnost, ekonomijo recikliranja in ohranjanje virov, neposreden vpliv na vse kategorije, saj je treba vzpostaviti miselnost za trajnostno, iznajdljivo in odgovorno delovanje. Kategorija strokovne veščine vključuje osnovna znanja s področja STEM, pa tudi systemske analize, interdisciplinarno razumevanje procesov in organizacij, kompetence v proizvodnji, modeliranju in simulaciji ter varnosti opreme. V zvezi z napredno proizvodnjo je za zaposlene, ki delajo v tem sektorju, pomembno, da imajo tiste osnovne in temeljne veščine, da lahko opravljajo svoje predvsem tehnične naloge. Poleg tega ta kategorija ogrođa kompetenc LCAMP vključuje dodatne tehnične spretnosti.

Znotraj kategorije digitalnih kompetenc se razlikujejo kompetence, ki se nanašajo na aplikacije I4.0, ter kompetence, ki se nanašajo na podatke in informacije. Slednja podkategorija vključuje kompetence, kot so upravljanje podatkov, varnost in varnost podatkov, kibernetska varnost, digitalna etika in podatkovna pismenost. Poleg tega ta podkategorija prikazuje različne pomožne spretnosti in podveščine, potrebne za uporabo kompetence. Spretnosti (npr. programiranje,



računalništvo ali upravljanje z IKT, vmesniki človek-stroj in tehnologije velikih podatkov) so združene v podkategorijo aplikacij I4.0. Spretnosti in podveščine te kategorije so pretežno zelo specifične za delo. Podveščine, ki se nanašajo na določen tehnološki napredek, so še posebej potrebne za zaposlene, ki delajo v določenih industrijskih sektorjih ali s posebnimi tehnologijami v posameznih nekaj podjetjih. Vsebina te kategorije je bila dopolnjena z najnovejšimi rezultati modela DigComp (Vuorikari 2022), ki zagotavlja skupno razumevanje trenutnih potreb državljanov po digitalnih kompetencah.

Podkategoriji, ki se nanašata na metodološke veščine, vključujeta strategijo in upravljanje. Veščine, kot so usmerjenost k strankam, skrb za zdravje, industrijska higiena, sposobnost abstrakcije, kompleksno reševanje problemov, kritično mišljenje, oblikovanje, načrtovanje, analitično, pa tudi strateško ali inovativno razmišljanje, so združene med strateške metodološke veščine. Poleg tega so upravljanje projektov, časa, tveganja in sprememb povezani z vodstvenimi veščinami znotraj metodološke kategorije. Spretnosti, ki se nanašajo na upravljanje intelektualne lastnine, osebnih ali finančnih virov, pogajanja o poslih, vodenje, sprejemanje odločitev ter obvladovanje konfliktov in kakovosti, ustrezajo tej podkategoriji.

Socialne veščine predstavljajo četrto kategorijo ogrodja kompetenc LCAMP. Ta kategorija vključuje veščine, ki se nanašajo na upravljanje ljudi (npr. timsko delo, sodelovanje in vodenje), pa tudi tiste, ki se nanašajo na komuniciranje. Veščine slednje podkategorije so povezane z vsemi oblikami medosebne komunikacije, vključno z digitalnimi interakcijami.

Peta kompetenčna kategorija so osebne veščine. Znotraj te kategorije so spretnosti in veščine združene v veščine, ki se nanašajo na čustveno inteligenco in samoupravljanje.

Pričakuje se, da bodo spretnosti, vključene v prvih pet kategorij (strokovne, digitalne, metodološke, socialne in osebne), spodbujale sistemsko in človeško odpornost. Nenehni transformacijski proces povzroča nenehne spremembe in razvoj. Zaposleni in delavci se morajo prilagajati prihajajočim spremembam in obvladovati razvojne zahteve, zlasti glede tehničnega napredka in inovacij. Poleg tega transformacijski proces in dvojni prehod povzročata tudi spremembe v proizvodnih procesih in državni ali okoljski ureditvi. Zato bo za zaposlene ključen nabor veščin, ki definirajo odpornost.

Te kategorije ogrodja kompetenc LCAMP imajo na človeka osredotočen pristop, v katerem so ljudje v središču procesa reševanja problemov. Zelene kompetence na drugi strani obsegajo veščine predvsem iz trenutnih študij okvira GreenComp (Bianchi, Pisiotis, & Cabrera Giraldez, 2022), ki spodbuja učenje o okoljski trajnosti v Evropski uniji. Te zelene kompetence in veščine, povezane s trajnostjo, naj bi učencem pomagale razumeti trajnost in okoljsko ozaveščenost. Konec koncev se večina spretnosti v tej kategoriji poučuje tudi v drugih kategorijah spretnosti, kot so: reševanje problemov, sistemsko razmišljanje, kritično mišljenje, prilagodljivost ali inovativnost, ki se nanašajo na kategorijo metodoloških spretnosti.



11.4. Tečaji, ki se izvajajo v CLF

Tabela 5. Tečaji, povezani z izbranimi področji znanja, vključenimi v CLF

Baskija	Država
Orodja PLM za preoblikovanje izdelkov v CLF s pomočjo Eco-designa	Naslov tečaja
Vodenje proizvodnje v CLF.	Strojništvo, pametna proizvodnja
Analiza dela nalog sestavljanja robota z vitko proizvodnjo.	Vodenje proizvodnje
Sledljivost kritičnih elementov na tekočem traku	Procesno inženirstvo
	Ekološko oblikovanje
	elektronika
	Robotika
	Avtomatizacija
	Proizvodni procesi. Strojna obdelava, aditivna proizvodnja, montaža
	Logistična in dobavna veriga
	Trajnost
	Industrija 4.0
	Industrija 5.0
	Računalništvo
	ravni EQF
	Trajanje (ure /ECTS)
	Uradni kurikulumi/izvenšolski program

	Osnove ocene življenjskega cikla.															5	20	O
	Digitalna elektronika z Arduino.															4	20	O
	Avtomatizacija in robotika, uporabljena v CLF															5	20	O
	Nadgradnja sistema senzorskega sklopa s kolaborativnim programiranjem robota															5	20	E
	Razširjena resničnost v CLF															5	20	E
	Izdelava digitalnih navodil z uporabo obogatene resničnosti.															5	20	E
	Analitika podatkov, uporabljena za LF															5	20	O
	Odločanje v LF okoljih.															5	20	O
Francija	Arduino programiranje															4	10-20	O
	Kombinatorična logika															4	10-20	O
	Osnova IT številčenja															4	10-20	O
	3D tisk na plastiko															4	10-20	O
	Analiza življenjskega cikla izdelka															4	10-20	O
	Ozaveščenost o trajnostnem razvoju															4	10-20	O
	Digitalna pretvorba in analogija															4	10-20	O
	Oblikovanje sistema															4	10-20	O
	Izdelava in upravljanje robotske sponke															4	10-20	O
	Varnost															4	10-20	O
Ne	Vitko, agilno vodenje proizvodnje za CLF															6		



	Upravljanje naročil za zelo raznoliko porazdeljeno proizvodnjo														6		
	Senzorski sistemi z Arduino														6		
	ROS – Usposabljanje –														6		
	Seminar robotike														6		
	Avtonomna konfiguracija montažnih celic														6		
	Distribuirana logistika														6		
	Z viri učinkovita realizacija robota														6		
	Zmanjšanje izgube moči v proizvodnem procesu														6		
	Kontroling proizvodnje v porazdeljenem okolju														6		
	Upravljanje vrednosti strank, ki ga podpirajo CLF														6		
	Seminar obvladovanja tveganj in sprememb														6		
	Seminar tehničnega komuniciranja														6		
Italija	Proizvodnja 4.0														4	16	E
	Digitalne in trajnostne tovarne														4	16	E
	Dizajn 4.0														4	16	E
	Sodelovalna robotika														4	16 - 32	E
	Zdravje in varnost: Sodelujoča robotika in tovarne 4.0														4	16	E
	Pametni povezani izdelki														4	16	E
	Dodatna proizvodnja za digitalni in zeleni prehod														4	16	E



	Proizvodnja 4.0															4	16	E
	Intralogistika 4.0															4	8	E
	Zelene tovarne															4	16	E
	Veliki podatki in poslovna inteligenca															4	8	E
	Kibernetska in industrijska varnost															4	8	E
Turčija	Tečaj prenove robota Exam 4.0 z uporabo programa Solid works															4	16	O
	Tečaj o izdelavi robotskih delov s 3D tiskalnikom															4	16	E
	Računalniško podprto načrtovanje 4.0															4	24	O
	Integracija obnovljivih virov energije															4	8	E
	Tečaj o internetu stvari															4	24	O
	Uporaba senzorskih sistemov z Arduino															4	36	O
	Zagotavljanje zdravja in varnosti v proizvodnji-															4	8	E
	Oblikovanje elektronskih kartic in tehnike spajkanja															4	24	O
	Industrijske komunikacije s PLC															4	12	O
Kanada	Inženirska grafika in modeliranje																	
	Proizvodni procesi 3 in kontrola kakovosti															5	48	O
	Elektrika in stroj															4	60	O
	Elektronika za mehaniko															5	48	O
	Robotika in avtomatizacija															5	60	O



Slovenija	Proizvodni procesi I															4	60	O
	Proizvodni procesi II															5	60	O
	Projektno vodenje in družbena odgovornost															5	60	O
	Programiranje industrijskih robotov FANUC															4	40	E
	Napredno 3D modeliranje v Creo Parametric 10															5	32	E
	3D modeliranje v Solidworks 2023															4	32	E
	Osnove avtomatizacije PLK															4	24	E
	Usposabljanje operaterja CNC stroja															5	64	E
	Robotika in avtomatizacija															5	48	O
	Kakovost in zanesljivost procesov															5	36	O
	Priprava in vodenje proizvodnje															5	54	O
	Računalniško podprta proizvodnja 4.0															5	48	O



11.5. Predloge povezanih delovnih dokumentov

- **Razčlenitev delovnega mesta**

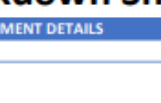
Job Breakdown Sheet

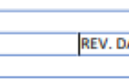


Institute for Creative Advanced Manufacturing Pathways

DOCUMENT DETAILS					
PROCESS DESCRIPTION: Station 1				DOC NO.: XX	
				REV: X	REV. DATE: XX-XX-XX
				NUMBER OF STEPS: X	

PROCESS SYMBOLS									
	VISUAL INSPECTION				CRITICAL QUALITY INSPECTION				WIP QUANTITY
PPE REQ'D									
								QUALITY SYMBOLS	
									ACCEPTED
									REJECTED

EQUIPMENT LIST
 Screwdriver flathead

ASSEMBLY STEPS					
Step	Image	Description	Explanation	PPE - Quality	PPE - Explanation
1.		[Description of work]	[Explanation of work]	[Insert PPE symbols]	Explain the PPE symbols
2.					



- Varnostni list

Safety Sheet					 LearninG Center for Advanced Manufacturing Platform
DOCUMENT DETAILS					
WORKSTATION: xx			DOC NO.: XX		
			REV: X		
			REV. DATE: XX-XX-XX		

CAUTION	
Welcome to this Safety Sheet. We prioritize safety in all our operations, and we are pleased to provide you this Safety Sheet to assist you in your work responsibly. Please follow the safety instructions to eliminate the risks and please use the right PPE before you start your work.	

SAFETY INSTRUCTIONS					
No.	Image	Description	Explanation	PPE	PPE - Explanation
1.		[Description of work]	[Explanation of work]	[Insert PPE symbols]	Explain the PPE symbols
2.					
3.					
4.					



- Načrt nadzora procesa



Process Control Plan

DOCUMENT DETAILS					
WORK ORDER: XX			DOC NO.: XX		
NUMBER OF THE PRODUCT/ BATCH: XX					
PROJECT SCOPE:	Start:	End:	REV: X	REV. DATE: XX-XX-XX	
			NUMBER OF STEPS: X		

PROCESS STEPS					
Step	Serial Number	Process step	CTQ	Operator	Notes
1.		[Ex. clean the wheels]	[Quality inspection]	[Name of operator]	Explain the PPE symbols
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					



- Vzdrževalni list

Maintenance Sheet		LCAMP Leoben Center for Advanced Manufacturing Platform
DOCUMENT DETAILS The purpose of this MS is to ensure that maintenance is performed regularly, accurately, and in a well-documented manner, which helps maintain the reliability, safety, and performance of the assets.		DOC NO.: XX REV: X REV. DATE: XX-XX-XX NUMBER OF STEPS: X

PROCESS STEPS					
Step	Image	Description	Worker	Frequency	Specifications
1.		[Description of work]	[Who will do the work? Ex. operator]	[How often?]	
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					





Learner Centric Advanced Manufacturing Platform



Co-funded by
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

