

Digitalne tehnologije 4.0 in vpliv zelenega prehoda na upravljanje dobavnih verig

WP3 – Observatory - D3.2 - M36 - SCM report



**Co-funded by
the European Union**

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



Co-funded by
the European Union

Projekt financira Evropska unija. Mnenja in stališča, izražena v tem dokumentu, so izključno mnenja avtorjev in ne odražajo nujno stališč Evropske unije ali Izvajalske agencije za izobraževanje in kulturo (EACEA). Evropska unija in EACEA ne moreta biti odgovorni za vsebino.



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

LCAMP partnerji:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIFP Miguel Altuna LHII, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, AFM – Špansko združenje proizvajalcev strojev, EARLALL – Evropsko združenje regionalnih in lokalnih oblasti za vseživljenjsko učenje, FORCAM, CMQE: Združenje kampusa za poklice in kvalifikacije industrije prihodnosti, MV: Mecanic Vallée, KIC: Knowledge Innovation Centre, MADE Competence Centre Industria 4.0; AFIL: Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia, SIMUMATIK AB; Združenje HVC – Združenje slovenskih višjih strokovnih šol; TŠCMB: Tehniški šolski center Maribor, KPDoNE: Direktorat za nacionalno izobraževanje Kocaeli; GEBKİM OIZ in CAMOSUN College.



Povzetek dokumenta

Vrsta dokumenta	Javno poročilo
Naslov	Digitalne tehnologije 4.0 in vpliv zelenega prehoda na upravljanje dobavnih verig
Avtorji	Pascal Pichoutou
Soodgovorni avtorji	Ralf Steck, Camille Leonard, Jesus Rebolledo
Sodelujoči	Vesna Novak, Mikel Ayani, Eda Ipek
Recenzent	Hervé Danton
Datum	Marec 2025
Status dokumenta	0.5
Raven dokumenta	Zaupno do objave
Opis dokumenta	Ta dokument opisuje glavne vplive novih tehnologij na področju upravljanja dobavnih verig 4.0 (SCM 4.0) in njihove posledice za prilagajanje organizacij ter potreb po znanjih in spretnostih.
Kako citirati dokument:	Pichoutou et al., 2025. WP3 – Observatory - D3.2 - M36 - SCM report - Digital technologies 4.0 and green transition impacts on Supply Chain Management
Raven dokumenta	Javno

Upravljanje različic

0.1	2025-03-21	Draft version, lay out defined
0.5	2025-04-08	Draft version with partners contributions
0.8	2023-04-22	Final version for expert review
0.9	2023-05-08	Final version for revision process
0.95		Approval by the steering committee
1		Version to be uploaded to the EU portal



SLOVAR IN/ALI SEZNAM KRATIC

AFDET - Francosko združenje za razvoj tehničnega izobraževanja
AFM - Združenje proizvajalcev obdelovalnih strojev (Asociación de Fabricantes de Máquina Herramienta)
AFNOR - Francosko združenje za standardizacijo
AI - Umetna inteligenca
AR - Obogatena resničnost
CAGR - Povprečna letna stopnja rasti
CAM - Računalniško podprta proizvodnja
CMMS - Računalniško voden sistem vzdrževanja
CNC - Računalniško numerično krmiljenje
CoVE - Centri odličnosti v poklicnem izobraževanju
EaaS - Oprema kot storitev (*Equipment-as-a-Service*)
EQF - Evropski kvalifikacijski okvir
ESCO - Evropske spretnosti, kompetence, kvalifikacije in poklici
FCS - Razporejanje s končno kapaciteto (*Finite Capacity Scheduling*)
GSCM - Zelena oskrbovalna veriga
HVET - Višje poklicno izobraževanje in usposabljanje
ICS - Razporejanje z neskončno kapaciteto (*Infinite Capacity Scheduling*)
IoT - Internet stvari
IT - Informacijska tehnologija
IUT - Inštitut za univerzitetno tehnologijo (*University Institute of Technology*)
LCAMP - Učečim prilagojena platforma za napredno proizvodnjo
LLM - Velik jezikovni model
MPS - Glavni proizvodni načrt
MRP - Načrtovanje potreb po materialu
MV - Mecanic Vallée
NLP - Obdelava naravnega jezika
PdM - Prediktivno vzdrževanje



KAZALO VSEBINE

POVZETEK	6
UVOD	7
2.1 Namen poročila	7
2.2 Metodologija	8
OBSEG IN DEFINICIJE SCM	18
KONTEKST SCM	21
4.1 Globalni gospodarski in geopolitični izzivi	21
4.2 Programska oprema in trg umetne inteligence	23
DIGITALNE REŠITVE ZA SCM 4.0	25
5.1 Računalništvo na robu (Edge) vs. računalništvo v oblaku	25
5.2 Internet stvari (IoT) v SCM 4.0	26
5.3 Umetna inteligenca, robotika in avtomatizacija	27
5.4 Kibernetika varnost in veriženje blokov	27
5.5 AI-podprte tehnike orodij SCM 4.0	29
IZKORIŠČANJE DIGITALNIH TEHNOLOGIJ ZA SCM 4.0	40
6.1 Načrtovanje dobička z umetno inteligenco	40
6.2 Načrtovanje prodaje in proizvodnje z umetno inteligenco	43
6.3 Glavni proizvodni načrt z umetno inteligenco	45
6.4 MRP z umetno inteligenco	47
6.5 Razporejanje kapacitet z umetno inteligenco	50
6.6 Pričakovane izboljšave	54
6.7 Študija primera – Nadzorni stolp oskrbovalne verige	54
VPLIV SCM 4.0 NA MSP	58
7.1 Notranji izzivi pri uvajanju digitalnih tehnologij	59
7.2 Vpliv na organizacije	63
7.3 Vpliv na delovno silo	65
7.4 Rezultati ankete med MSP	66
7.5 Prihodnje perspektive in priporočila	81
7.6 Zaključek	82
VPLIV SCM 4.0 NA IZOBRAŽEVANJE IN CENTRE ZA USPOSABLJANJE	83
8.1 Programi usposabljanja in povezana poklicna področja	83
8.2 Izzivi in priložnosti za izobraževalne centre	84
8.3 Novi predmeti in področja v učnih programih SCM	86
8.4 Vpliv tehnologij na pedagoške metode	89
8.5 Rezultati ankete med VET centri	90
8.6 Zaključek in pogled naprej	101
SCM 4.0 KOT GONILO ZELENE TRANSFORMACIJE	102
9.1 Vzpon zelene oskrbovalne verige	102
9.2 SCM 4.0 kot katalizator industrijskih sprememb	104
EVALVACIJA STROKOVNJAKOV	105
ZAKLJUČEK IN POGLED V PRIHODNOST	106
VIRI	107
KAZALO SLIK	127
KAZALO TABEL	129
PRILOGA	130



PRILOGA 1 – CILJNA PUBLIKA ANKET	130
PRILOGA 2 – PRIMERI IZOBRAŽEVALNIH PROGRAMOV POVEZANIH S SCM	136



POVZETEK

Projekt LCAMP (Learner-Centric Advanced Manufacturing Platform), ki poteka v okviru pobude CoVE (Centri odličnosti v poklicnem izobraževanju in usposabljanju), si prizadeva za krepitev regionalnih ekosistemov znanja na področju napredne proizvodnje z uporabo sodelovanja, odpornosti in inovacij. To poročilo, ki ga je pripravila LCAMP Opazovalnica, vodi pa ga francoski grozd Mecanic Vallée skupaj s Campus des Métiers et des Qualifications Industrie du Futur, je bilo razvito s podporo partnerjev iz Nemčije, Italije, Slovenije ter s sodelovanjem Turčije.

V poročilu je preučeno, kako tehnologije industrije 4.0 in trendi trajnosti vplivajo na upravljanje dobavnih verig 4.0 (SCM 4.0) in prilagajanje delovne sile, pri čemer je poseben poudarek namenjen usklajevanju programov poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET) s potrebami po znanjih in spretnostih v proizvodnji.

To poročilo, ki temelji na pregledu literature, intervjujih in anketah s centri poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET) ter industrijskimi podjetji, raziskuje, kako nastajajoče digitalne tehnologije in zahteve po trajnosti preoblikujejo upravljanje dobavnih verig (SCM), s posebnim poudarkom na strateških in operativnih procesih, kot so načrt dobička (PP), načrtovanje prodaje in proizvodnje (S&OP), glavni proizvodni načrt (MPS), načrtovanje potreb po materialu (MRP) in razporejanje proizvodnje (FCS/ICS). Poročilo osvetljuje trenutno stanje uvajanja SCM 4.0, ključne izzive in trende, ki bodo oblikovali njegov nadaljnji razvoj.

Ključne ugotovitve vključujejo:

- **Digitalna preobrazba se pospešuje:**
Umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT), računalništvo v oblaku in veriženje blokov (blockchain) so prepoznani kot ključni dejavniki sprememb v procesih SCM, kot so sodelovanje med deležniki, napovedovanje, načrtovanje proizvodnje in nadzor zalog. Ta orodja omogočajo večjo agilnost, odločanje na podlagi podatkov in znižanje stroškov.
- **MSP se soočajo s strukturnimi ovirami:**
Mnoge male in srednje velike organizacije težko uvajajo orodja SCM 4.0 zaradi visokih stroškov uvedbe, pomanjkanja notranjih znanj in omejene strateške usmeritve.
- **Preobrazba delovne sile je že v teku:**
Prehod na SCM 4.0 zahteva nova hibridna znanja, ki združujejo podatkovno pismenost, sistemsko razmišljanje in trajnostno znanje. Trenutni izobraževalni programi pogosto zaostajajo za industrijskimi potrebami.
- **Poklicno izobraževanje in usposabljanje (VET) se mora nujno prilagoditi:**
Anketirani VET centri poročajo o težavah pri sledenju hitremu tehnološkemu razvoju. Novi učni pristopi morajo vključevati digitalno upravljanje dobavnih verig, načrtovanje na osnovi umetne inteligence in zelene logistične pristope.
- **Zeleni prehod dodaja nove plasti kompleksnosti:**
Podjetja morajo vse bolj spremljati emisije tretjega obsega (Scope 3), uvajati krožne modele dobavne verige in upoštevati okoljsko zakonodajo - kar dodatno poudarja strateško vlogo SCM 4.0.

Z vlaganjem v nadgradnjo znanj, posodobitev učnih načrtov in sprejemanjem digitalne preobrazbe se lahko tako mala in srednje velika podjetja kot izobraževalni centri uveljavijo kot ključni akterji odpornega, učinkovitega in trajnostnega industrijskega ekosistema.



1. UVOD

1.1. NAMEN POROČILA

Ker se industrijski ekosistemi soočajo z naraščajočo kompleksnostjo in nestanovitnostjo, je upravljanje dobavnih verig s preciznostjo, prilagodljivostjo in trajnostjo postalo strateška nuja. Tradicionalni modeli oskrbovalnih verig – pogosto razdrobljeni, ročno vodeni in reaktivni – težko zadostijo zahtevam povezanega, hitro spreminjajočega se globalnega gospodarstva. V odziv na to doživlja upravljanje dobavnih verig (SCM) globoko preobrazbo, ki jo poganjata digitalna inovacija in zeleni prehod.

Pojav tehnologij industrije 4.0 – vključno z umetno inteligenco (AI), internetom stvari (IoT), veriženjem blokov (blockchain), računalništvom v oblaku in velikimi podatki – je tlakoval pot za SCM 4.0: inteligentnega, integriranega in podatkovno podprtega pristopa k upravljanju dobavnih verig. Istočasno nove trajnostne zahteve silijo podjetja, da ponovno razmislijo o logistiki, nabavi, proizvodnji in distribuciji z vidika krožnosti in nizkoogljičnosti. V tem kontekstu SCM 4.0 ni zgolj digitalna nadgradnja – je strateški omogočevalec odpornosti, agilnosti in okoljske odgovornosti.

Za mala in srednje velika podjetja (MSP) uvedba SCM 4.0 prinaša ključne prednosti: boljše napovedovanje, izboljšano načrtovanje zalog in virov, nižje stroške in večjo odzivnost na motnje. Kljub temu pa ostajajo pomembne ovire, vključno z omejenimi investicijskimi zmožnostmi, razdrobljeno digitalno zrelostjo in pomanjkanjem znanj.

Ustanove poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET) igrajo ključno vlogo pri obravnavi teh izzivov, saj pripravljajo delovno silo na nove paradigme oskrbovalnih verig. Ker vloge v oskrbovalni verigi vedno bolj zahtevajo digitalno pismenost, sposobnosti za analizo podatkov in medsektorsko sodelovanje, se morajo programi usposabljanja prilagoditi novim zahtevam.

To poročilo raziskuje, kako SCM 4.0 spreminja prakse upravljanja dobavnih verig po Evropi, analizira vpliv na MSP ter razvoj delovne sile in ponuja strateška priporočila za MSP, ponudnike VET usposabljanja in oblikovalce politik. Na podlagi dejanskih podatkov, strokovnih vpogledov in meddržavnih primerjav ponuja načrt za prihodnost trajnostnih in digitalno podprtih oskrbovalnih verig.

To poročilo raziskuje, kako nastajajoče digitalne tehnologije (Industrija 4.0) in trendi zelenega prehoda preoblikujejo koncepte, orodja, dejavnosti in zahteve po znanjih v okviru upravljanja dobavnih verig (SCM 4.0). Posebej preučuje vpliv na tradicionalne in sodobne procese SCM, vključno z načrtom dobička (PP), načrtovanjem prodaje in proizvodnje (S&OP), glavnim proizvodnim načrtom (MPS), načrtovanjem potreb po materialu (MRP II) ter vlogo razporejanja s končno in neskončno kapaciteto v razvijajočem se industrijskem okolju. Poleg tega študija obravnava tudi vpliv teh sprememb na delovno silo in poti v poklicnem izobraževanju in usposabljanju (VET).

To poročilo si prizadeva zagotoviti uporabne primerjalne smernice in strateške vpogleda za dve ključni ciljni skupini:

- **Za MSP:** Ponuja načrt za uvedbo novih konceptov in orodij upravljanja dobavnih verig, imenovanih SCM 4.0, obravnava izzive ter prikazuje, kako lahko z uporabo nastajajočih digitalnih tehnologij izboljšajo učinkovitost upravljanja dobavne verig.
- **Za institucije poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET):** Prikazuje, kako je mogoče programe usposabljanja uskladiti s potrebami industrije, da bodo delavci opremljeni z novimi kompetencami, povezanimi s koncepti in orodji SCM, ki podpirajo cilje industrije 4.0 in zelenega prehoda.



1.2. METODOLOGIJA

Metodologija opazovalnice LCAMP je opisana v poglavju **Procesni cikel opazovalnice** (vključenem v dokument *D3-1-Observatory-Methodology-Final-Version-1-1.pdf*)

Vključuje:

- metodologijo za izbor delovnih mest za analizo
- metodologijo za analizo vplivov
- metodologijo za validacijo podpora

Letos je bilo dodano dodatno merilo za utemeljitev izbire opazovanega področja:

- **Ustreznost »opazovanega področja«** na podlagi šestih meril, opisanih v metodologiji (obstoječa delovna mesta, vpliv trendov, zaposljivost, strateška tematika, izobrazbena raven, vpliv na ponudbo izobraževanja).
- **Dodana vrednost za industrijske procese:** tema je vključena v vsaj eno od sedmih transformacij, analiziranih v okviru pobude WP7, ki obravnava napredne proizvodne procese (*pregledi napredne proizvodnje: pobuda LCAMP za podporo transformaciji MSP – povezava MSP–VET*).

In order to clarify the objectives of each stage and to control the planning and the main deadlines of the process, the methodology has been clarified compared to previous years. As shown in this diagram, stages 3 and 4 have been divided into 4 distinct phases:

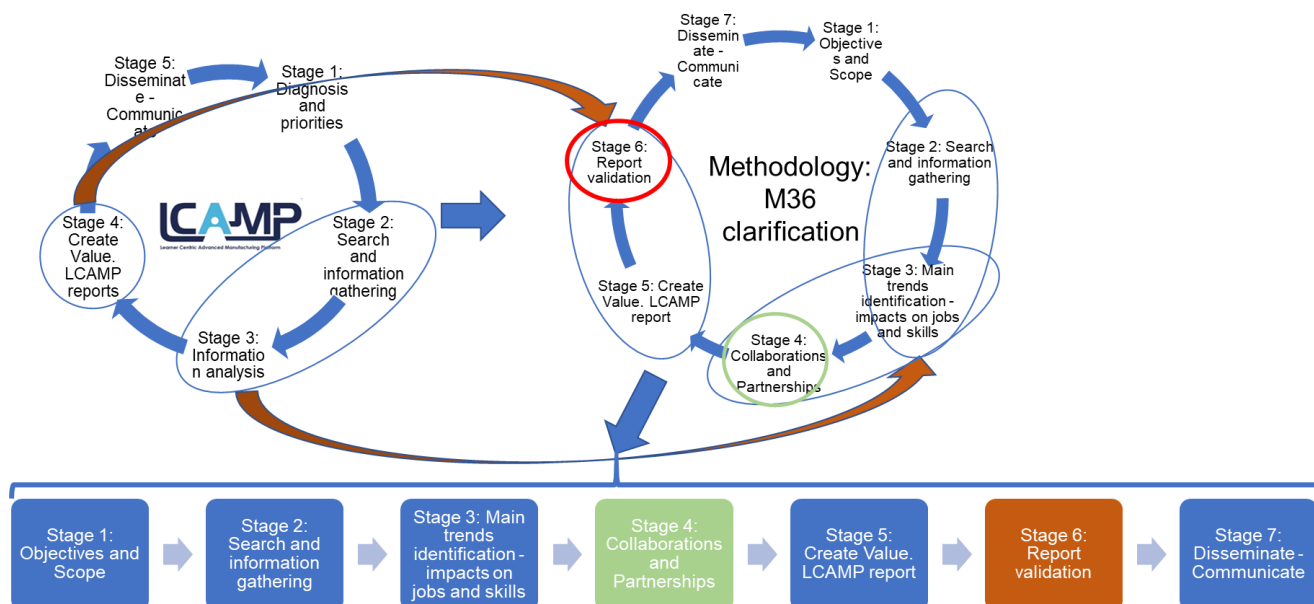


Figure 1. LCAMP Observatory methodology

Faza 4: Ugotovitve, predstavljene v tem poročilu, temeljijo na poglobljeni analizi, ki vključuje:

- **pregled literature o novih konceptih, orodjih, trendih, tehnologijah in tržnih podatkih s področja SCM**
- **podatke anket med MSP in VET ponudniki iz različnih evropskih regij.**

Tak strukturiran pristop zagotavlja, da poročilo ponuja tako strateške uvide kot tudi praktična

priporočila, zaradi česar je dragocen vir za deležnike v MSP in izobraževalnem sektorju.

Poleg pregleda literature in razprav s strokovnjaki s področja SCM je bila sprejeta odločitev, da se izvede tudi anketa med MSP in VET centri, s katero se potrjujejo in dopolnjujejo vpogledi iz literature.



1.2.1. FAZA 1 – UTEMELJITEV CILJEV IN OBSEGA

Ta študija, izvedena v okviru opazovalnice LCAMP in podprta s strani partnerjev iz Francije, Nemčije, Turčije, Italije in Slovenije, raziskuje presek novih digitalnih tehnologij 4.0, zelenih prehodnih trendov in upravljanja dobavnih verig (SCM), s poudarkom na njihovem vplivu na industrijo, delovno silo in izobraževalne programe:

- Kako digitalne tehnologije in zeleni trendi vplivajo na koncepte, orodja in delovanje SCM?
- Kakšni so vplivi na poklicne vloge in kompetence delovne sile?
- Kako naj se učni načrti VET prilagodijo za podporo tem prehodom?

Prva skupna analiza, izvedena s francoskimi, nemškimi, turškimi, italijanskimi in slovenskimi partnerji, je opredelila glavne razloge za izbor te tematike; to poročilo podaja natančne informacije in potrjuje začetne ugotovitve.

Ustreznost:

- **Obstoječa delovna mesta:** Operaterji SCM delujejo znotraj industrijskih podjetij.

Tabela 1. Primer seznama poklicev ESCO, vključenih v dejavnosti SCM (Professions, brez datuma.).

Esco code	Esco Code	Occupation	Esco Occupation Description
1213.2.2	Vodja strateškega načrtovanja	Vodje strateškega načrtovanja skupaj z vodstveno ekipo oblikujejo strateške načrte podjetja kot celote ter zagotavljajo usklajevanje njihove izvedbe po posameznih oddelkih. Pomagajo razlagati splošni načrt in pripraviti podrobne načrte za vsak oddelek in poslovno enoto. Skrbijo za doslednost pri izvajanju.	
1324.8	Vodja oskrbovalne verige	Vodje oskrbovalne verige načrtujejo, upravljajo in usklajujejo vse dejavnosti, povezane z nabavo in pridobivanjem virov, potrebnih za izvajanje proizvodnih procesov – od pridobivanja surovin do distribucije končnih izdelkov. Dobave lahko vključujejo surovine ali gotove izdelke za notranjo ali zunanjo uporabo. Poleg tega načrtujejo in nadzorujejo vse dejavnosti, ki se izvajajo v proizvodnih obratih, ter prilagajajo delovanje spreminjajočemu se povpraševanju po izdelkih podjetja.	
1324.8.1	Vodja napovedovanja	Vodje napovedovanja dobro poznajo delovanje podjetja, raven zaloga, proizvodne serije, potrebe in stroške proizvodnje na enoto ter trende v povpraševanju. Vse te podatke uporabljajo v kombinaciji s programsko opremo za napovedovanje z namenom določanja proizvodnih naročil za doseganje najučinkovitejših proizvodnih kombinacij.	
3343.1.7	Pomočnik v oskrbovalni verigi	Pomočniki v oskrbovalni verigi tesno sodelujejo z vodji v operativnih procesih, zlasti pri nabavi, proizvodnji in distribuciji. Pomagajo pri administrativnem in praktičnem spremljanju aktivnosti, kot so izdajanje računov, priprava pogodb in naročil, usklajevanje zaloga z dokumentacijo ter komunikacija z distribucijskimi kanali.	



3323.2.3	Načrtovalec nabave	Načrtovalci nabave organizirajo nemoteno oskrbo z blagom iz obstoječih pogodb.
3122.4	Nadzornik proizvodnje	Nadzorniki proizvodnje usklajujejo, načrtujejo in vodijo proizvodne procese. Odgovorni so za pregledovanje proizvodnih urnikov ali naročil ter za delo z osebjem v proizvodnih oddelkih.
1324.3	Vodja logistike in distribucije	Vodje logistike in distribucije sprejemajo odločitve glede logističnih storitev, operacij in oskrbe. Upoštevajo notranje in zunanje dejavnike za učinkovito izvajanje logistike znotraj organizacije. Nudijo ustrezno podporo vsem dejavnostim oskrbovalne verige od začetka do konca. Organizirajo skladiščenje in distribucijo blaga ter zagotavljajo, da so pravi izdelki pravočasno dostavljeni na pravo lokacijo po ugodni ceni.

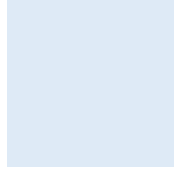
- **Vpliv trendov:** Spremembe poganjajo številne nastajajoče digitalne tehnologije 4.0, kot so IoT, umetna inteligenca (AI), strojno učenje, računalništvo v oblaku in analitika velikih podatkov, ki preoblikujejo tradicionalne koncepte in orodja SCM.
- **Povečuje trajnost, zmanjšuje ogljični odtis.** Umetna inteligenca in analitika podatkov v realnem času spreminjata sprejemanje odločitev v upravljanju dobavnih verig, digitalna orodja za sodelovanje ...
- **Zaposljivost:** Široko povpraševanje po kadrih v letalski, avtomobilski in energetski industriji ter v industriji 4.0.

Table 2. SCM zaposljivost

DRŽAVA	VIR	KLJUČNA BESEDA	ŠTEVILO PONOVI TEV
Francija	France Travail. Recherche d'offres - GPAO. France Travail. Retrieved March 12, 2025, from https://candidat.francetravail.fr/offres/recherche?motsCles=GPAO&offresPartenaires=true&range=0-19&rayon=10&tri=0	GPAO (CAPM): Computer-Aided Production Management	4186
	France Travail. Recherche d'offres - Responsable d'approvisionnement. France Travail. Retrieved March 12, 2025, from https://candidat.francetravail.fr/offres/recherche?motsCles=Responsable+d%27approvisionnement&offresPartenaires=true&range=0-19&rayon=10&tri=0	Supply Manager	5887
	APEC. Recherche d'emploi - Supply Chain. APEC. Retrieved March 18, 2025, from https://www.apec.fr/candidat/recherche-emploi.html/emploi?motsCles=Supply%20Chain&typesConvention=143684&typesConvention=143685&typesConvention=143686&typesConvention=143687&typesConvention=143706&page=0	Supply Chain	8633
	LesJeudis. Technicien Supply Chain - Offres d'emploi. LesJeudis. Retrieved March 18, 2025, from https://lesjeudis.com/jobs?title=Technicien+Supply+Chain&page=0&limit=20	Technicien Supply Chain	371
Italija	Offerte di lavoro supply chain manager Adecco	Supply chain Manager	578



	Più di 400 annunci per Supply Chain Manager (28 marzo 2025) Indeed	Supply chain Manager	more than 400
	Offerte di lavoro logistica Adecco	Logistics	563
	supply chain Jobs LinkedIn	Supply chain	7793



	supply chain manager Jobs LinkedIn	Supply chain Manager	254
Slovenija	Mojedelo.com	Transport, purchasing, logistics	543
	ESS. Iskanje dela. Slovenian Employment Service. Retrieved March 14, 2025, from https://www.ess.gov.si/iskalci-zaposlitve/iskanje-zaposlitve/iskanje-dela/#?drzava=SI&pokPod=0025,&iskalniTekst=&iskalnaLokacija=	Mechatronics and logistics	309
	Careerjet. Delovna mesta - Logistika v Sloveniji. Careerjet. Retrieved March 14, 2025, from https://www.careerjet.si/delovna-mesta?s=logistika&l=Slovenija	Logistics	25
	Deloglasnik. Iskanje zaposlitve. Deloglasnik. Retrieved March 18, 2025, from https://www.deloglasnik.si/Iskanje-zaposlitve/?searchWord=&keyword=&job_title=&job_title_id=&area=&category=22	Warehousing and logistics	2
Turčija	Kariyer.net (https://www.linkedin.com/jobs/search/?currentJobId=4183257011&keywords=tedarik%20zinciri&location=Turkey&originalSubdomain=tr)	Supply Chain Specialist	48
	LinkedIn (https://www.kariyer.net/is-ilanlari?kw=tedarik+zinciri+uzmani)	Logistics and Supply Chain Manager	65

- **Ustreznost za strategijo pametne specializacije:** 11 od 21 francoskih regij uvršča dejavnosti SCM med prednostna področja.
- **Široko področje uporabe,** kot so: letalstvo, avtomobilska industrija, energetika, logistika in industrija 4.0
- **Izobrazbena raven:** Usposabljanja s področja SCM so identificirana na ravneh EQF od 4 do 6

Tabela 3. Primeri usposabljanj za SCM (izvleček celotnih podrobnosti, ki so na voljo v Prilogi 2)

Država	Vir	Opis izobraževalnega programa	EQF raven
Francija	https://maforpro-occitanie.fr/nos-formations/licence-professionnelle-sciences-technologies-sante-mention-metiers-de-l-industrie-conception-et-amelioration-de-processus-et-procedes-industriels-parcours-process-de-fabrication-0	Licence Pro CAPPI: Višješolski strokovni program za načrtovanje in izboljševanje industrijskih procesov in postopkov: Izobražuje strokovnjake za izboljšanje proizvodnih operacij ob upoštevanju standardov, kakovosti, stroškov in rokov. Program vključuje sodobne proizvodne tehnologije, kot je aditivna proizvodnja, in njihov vpliv na proizvodne procese. Diplomanti so usposobljeni za vodenje industrijskih projektov, načrtovanje aktivnosti ter podpora pri optimizaciji proizvodnje tako v MSP kot v velikih podjetjih.	6
	https://www.onisep.fr/ressources/univers-formation/formations/post-bac/bts-management-commercial-operationnel	BTS MCO: Višja nacionalna diploma iz operativnega komercialnega vodenja: Ta program usposablja operativne vodje za vodenje ekip, poslovno administracijo in odnose s strankami. Učeči se razvijajo spretnosti na področju prodaje, upravljanja zalog, proračuna in poslovne analitike ter opravijo 14 do 16 tednov praktičnega usposabljanja v podjetjih.	5
	https://joseph-gallieni.mon-ent-occitanie.fr/nos-formations/bac-pro-logistique--29113.htm	Poklicna matura iz logistike: Imetnik te poklicne mature iz logistike upravlja sprejem, skladiščenje, pripravo naročil in odpremo blaga. Optimizira skladiščne prostore in obvlada upravljanje viličarjev. Prav tako lahko sodeluje pri nadzoru cestnih prevozov. Njegovo delo poteka v skladu s predpisi o varnosti, kakovosti in varovanju okolja. Zaposluje se predvsem v logističnih podjetjih, distribucijskih centrih in logističnih službah znotraj podjetij.	4



Slovenija	Mechanical, Traffic, and Woodworking School Nova Gorica School Centre Secondary Vocational and Technical School Bežigrad, Ljubljana	Tehnik mehatronike: Program združuje znanja s področij strojništva, elektrotehnike in računalništva, vključno z osnovami avtomatizacije in robotike, ki so ključnega pomena za industrijo 4.0.	4
	Higher Vocational School, Ljubljana School Centre (visjasola.sclj.si)	Inženir logistike: Program zajema napredne teme s področja logistike, upravljanja dobavnih verig in optimizacije procesov.	5
Nemčija	https://www.haufe-akademie.de/7867	Upravljanje dobavnih verig – Metode in orodja za povečanje vrednosti: Program obravnava ključne koncepte SCM in logistike skozi praktične vaje. Teme vključujejo vpliv stroškov, učinkovitost, zadovoljstvo strank, strukturiranje dobavne verige, strategijo in model SCOR. Poudarek je tudi na strategijah zalog, napovedovanju povpraševanja, upravljanju dobaviteljev in kazalnikih uspešnosti. Program je osredotočen na optimizacijo vrednostne verige in reševanje konfliktov za praktično izvedbo.	5 & 6
	https://www.haufe-akademie.de/34087	Osnove – Trajnost v upravljanju dobavnih verig: Program zajema ključne vidike vzpostavljanja socialno, ekološko in ekonomsko trajnostnih dobavnih verig. Teme vključujejo regulativne zahteve (Zakon o skrbnem pregledu v dobavni verigi, direktive EU), merjenje trajnosti, strategije transparentnosti in vključevanje trajnosti v poslovno načrtovanje. Poudarek je na globalnem vplivu, konkurenčnosti in neprestanem izboljševanju. Vsebuje primere dobrih praks, študije primerov in spletne vire.	5 & 6
	https://www.haufe-akademie.de/5357	Strateško upravljanje oskrbe – Načrtovanje in upravljanje logističnih omrežij: Program je usmerjen v oblikovanje prilagodljivih, na trg usmerjenih dobavnih verig v nestanovitnih trgih. Vključuje preglednost procesov, zmanjševanje stroškov in optimizacijo obratnega kapitala. Ključne teme so integracija poslovnih procesov, nabava, proizvodnja, logistična strategija, napovedovanje, upravljanje zalog in optimizacija distribucije. Praktična uporaba vključuje upravljanje ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI), nadzor stroškov (EVA, ciljno usmerjeno stroškovno računovodstvo) in primerjalno analizo (benchmarking). Program vključuje delavnice s simulacijami, primere dobrih praks in spletne učne vire.	6
Italija	https://www.24orebs.com/formazione/professional-master/master-supply-chain-logistica-e-operations	Dobavne verige, logistika in operacije: Ta program strokovnjakom nudi ključne veščine upravljanja dobavnih verig na področju, ki postaja vse bolj strateško in trajnostno usmerjeno. Vsebinsko zajema optimizacijo logističnih tokov, upravljanje zalog ter načrtovanje virov podjetja (ERP, MRP). Udeleženci se seznanijo tudi z nastajajočimi tehnologijami, kot so veriženje blokov (blockchain), internet stvari (IoT), avtomatizacija, robotika, umetna inteligenca (AI) in strojno učenje. Kurikulum krepi analitične in odločevalske sposobnosti, s poudarkom na analizi podatkov, strateškem odločanju v kompleksnih situacijah ter upravljanju tveganj v celotni dobavni verigi.	6
	https://www.egos.it/corsi-formazione/operations/supply-chain-management	Upravljanje dobavnih verig: Poslovna konkurenčnost se vse bolj seli iz tekmovanja med izdelki v tekmovanje med dobavnimi verigami, ki usmerjajo in vodijo distribucijo ter dostavo blaga – bodisi surovin, polizdelkov ali končnih izdelkov. Celostno upravljanje pridobivanja materiala, proizvodnje in distribucije izdelkov – tako znotraj posameznega podjetja kot, kar je še pomembneje, med njegovimi dobavitelji in kupci – ni več le priložnost, temveč nujna potreba. Sprejemanje celostne strategije od začetka do konca, ki vključuje več podjetij, se mora neizogibno opirati na nove modele korporativnega upravljanja.	4
Turčija	Istanbul University - AUZEF (Open and Distance Education Faculty)	Diplomski študij logistike: Program se osredotoča na upravljanje dobavnih verig, nadzor zalog, distribucijo in informacijske sisteme v logistiki. Diplomanti se lahko zaposlijo na vodstvenih položajih v logističnih podjetjih in proizvodnem sektorju.	6



	Istanbul University - AUZEF	Associate Degree in Logistics: Covers fundamental knowledge in storage, transportation, customs procedures, and inventory management. Graduates can work as operators or logistics support personnel.	5
	Ministry of National Education - Vocational and Technical Anatolian High Schools	Vocational High School Program in Logistics: Provides practical training in shipment, warehousing, storage, and logistics software. Includes internships in companies. Graduates can work as warehouse supervisors or shipment staff.	4

Vpliv izobraževalnih programov:

- Nastajajoče digitalne tehnologije 4.0 preoblikujejo tradicionalne pristope k SCM, zato jih je treba vključiti v izobraževalne programe.
- Učeče se je treba usposobiti za digitalno upravljanje dobavnih verig, vključno z načrtovanjem, podprtim z umetno inteligenco, in trajnostnimi praksami. To delavce pripravi na vodenje okolju prijaznih, podatkovno podprtih operacij.

Dodana vrednost za industrijske procese:

- Novi koncepti in orodja SCM izpolnjujejo vsaj eno merilo metodologije ADMA: **Transformacija 2: Digitalna tovarna**, digitalne zmožnosti, preglednost statusa na proizvodni liniji, vrednotenje 4.0.
- Agilnost, trajnost, napovedovanje s pomočjo umetne inteligence, metodologija ADMA (**Transformacija 6: Pametna proizvodnja**, načrtovanje in vodenje proizvodnje, vrednotenje).
- **Modulacija:** Tema SCM 4.0 je prepoznana kot zanimiva, vendar ni prednostna naloga, saj so številna MSP trenutno še daleč od njene uvedbe (*glej rezultate ankete SCM, poslano MSP-jem*).

1.2.2. STAGE 2 & 3 - ISKANJE IN ZBIRANJE INFORMACIJ

Fazi 2 in 3 sta vključevali pregled literature in analizo področja opazovanja, kar nam je omogočilo opredelitev najnovejših in ustreznih virov, vključno z znanstvenimi in akademskimi članki, industrijskimi poročili in belimi knjigami, standardi in predpisi, patenti in tehnično dokumentacijo, študijami primerov in dejanskimi aplikacijami ter spletnimi članki, blogi in odprtokodnimi projekti.

Vsi ti viri so navedeni v poglavjih „Reference“.

1.2.3. PRILAGODITEV IN POTRDITEV PODROČJA OPAZOVANJA

Tako uporabljena revidirana metodologija nam je omogočila izpopolnitev in potrditev končnega opisa področja opazovanja: Kako nastajajoče digitalne tehnologije 4.0 in trendi zelenega prehoda vplivajo na koncepte in orodja upravljanja oskrbovalne verige 4.0 (SCM 4.0), kako vplivajo na dejavnosti SCM v industriji, na trgu in na delovnih mestih, v centrih poklicnega izobraževanja in usposabljanja ter na učno pot.

1.2.4. FAZA 4 - SODELOVANJE IN PARTNERSTVA

V fazah od 1 do 3 so bile opredeljene glavne ugotovitve, ki so nam omogočile potrditev obsega študije, prehod na fazo 4 - sodelovanje in partnerstva - ter pripravo dveh raziskav za MSP in centre poklicnega izobraževanja in usposabljanja.

1.2.4.1. IZDELAVA RAZISKAVE



Vsebina anket je bila pregledana in potrjena z osebnimi razgovori z vodji MSP in učitelji v centrih poklicnega izobraževanja in usposabljanja, nazadnje pa še z vsemi vključenimi notranjimi partnerji projekta LCAMP. Vodilo pri oblikovanju anket je bilo obravnavanje naslednjih točk.



Prepoznavanje in sledenje trendov

- **Cilj:** Spremljanje stopnje sprejetja praks SCM v MSP in razumevanje nujnosti ali zamude pri sprejemanju novih konceptov in tehnologij SCM.
- **Vpogled za MSP:** Zagotavlja informacije o tem, kje so v primerjavi s podobnimi podjetji pri sprejemanju novih konceptov in orodij SCM, ter jim pomaga pri ugotavljanju vrzeli in priložnosti.
- **Vpogled za poklicno izobraževanje in usposabljanje:** razkriva trendne tehnologije in procese, po katerih je povpraševanje, kar omogoča prilagajanje učnih načrtov potrebam industrije.

Stopnje sprejemanja tehnologij in procesov

- **Cilj:** Oceniti raven uvajanja ključnih tehnologij in metod v nove koncepte in orodja SCM, kot so senzorji in internet stvari, podatkovna analitika in veliki podatki, modeli globokega učenja...
- **Vpogled za MSP:** Omogoča jim primerjavo njihovega napredka pri sprejemanju novih trendov in ugotavljanje, kje so morda potrebne dodatne naložbe.
- **Vpogled za podjetja s področja poklicnega izobraževanja in usposabljanja:** Podaja informacije o trendih sprejemanja tehnologij in pomaga pri vključevanju teh trendov v programe praktičnega usposabljanja in simulacije.

Premiki na trgu in konkurenčni položaj

- **Cilj:** Razumeti, kako novi koncepti in orodja SCM vplivajo na dinamiko trga, vključno s povpraševanjem strank, pritiski predpisov in konkurenčnim okoljem.
- **Vpogled za MSP:** ponuja pogled na tržne priložnosti v novih konceptih in orodjih SCM ter spodbuja strategije za izpolnjevanje novih zahtev ali tržnih niš + prilagoditev procesov in organizacije SCM v MSP.
- **Vpogled za poklicno izobraževanje in usposabljanje:** Omogoča poklicnemu izobraževanju in usposabljanju, da se osredotočijo na usposabljanje za kompetence, povezane z nastajajočimi tržnimi potrebami, in pripravijo študente na področja z velikim potencialom.

Izzivi in ovire pri prehodu

- **Cilj:** Ugotoviti glavne ovire, s katerimi se soočajo MSP pri sprejemanju novih konceptov in orodij SCM, kot so stroški, pomanjkanje strokovnega znanja ali regulativni izzivi.
- **Vpogled za MSP:** Izpostavlja posebna področja, na katerih bi zunanja podpora (npr. financiranje, svetovanje) lahko pospešila njihov prehod.
- **Vpogled za poklicno izobraževanje in usposabljanje:** Podatke o tem, kje bi lahko bila potrebna dodatna izobraževalna podpora, kot je na primer usposabljanje o skladnosti z zakonodajo ali postopkih prijave za financiranje.

Ocena učinka na delovna mesta in spretnosti

- **Cilj:** Oceniti, kako novi koncepti in orodja SCM vplivajo na obstoječe vloge in pojav novih delovnih funkcij v proizvodnji.
- **Vpogled za MSP:** Pomaga ugotoviti, katere vloge bodo zastarele ali se razvijale, kar podpira načrtovanje delovne sile in prizadevanja za prekvalifikacijo.
- **Vpogled za poklicno izobraževanje in usposabljanje:** Podaja informacije o nastajajočih poklicnih profilih, kar jim omogoča posodobitev ponudbe tečajev in programov usposabljanja, da ustrezajo trenutnim zahtevam trga dela.



Analiza vrzeli v spretnostih in kompetencah

- **Cilj:** ugotoviti, katerih specifičnih znanj in kompetenc primanjkuje sedanji delovni sili, tako tehničnih kot človeških, in ki so potrebna za podporo razvoju novih konceptov in orodij SCM.
- **Vpogled za MSP:** Zagotavlja jasno razumevanje potreb po usposabljanju v organizaciji in panogi, kar olajša ciljno usmerjene pobude za izpopolnjevanje.



- **Vpogled za poklicno izobraževanje in usposabljanje:** Podpira razvoj učnih načrtov s poudarkom na prednostnih veščinah, bodisi tehničnih (npr. analiza podatkov, upravljanje energije) bodisi netehničnih (npr. trajnostna pismenost, reševanje problemov).

Potrebe po usposabljanju in želeni načini učenja

- **Cilj:** Odkrijte vrste usposabljanja, ki jih potrebujejo MSP, in želene oblike izvajanja, kot so spletno, osebno ali hibridno usposabljanje.
- **Vpogled za MSP:** Zagotavlja, da so možnosti usposabljanja dostopne in praktične ter podpirajo razvoj njihove delovne sile na prilagodljiv način.
- **Vpogled za poklicno izobraževanje in usposabljanje:** omogoča ustanovam poklicnega izobraževanja in usposabljanja, da oblike usposabljanja prilagodijo željam in omejitvam MSP, zaradi česar so programi dostopnejši in učinkovitejši.

Pričakovane prihodnje potrebe in nastajajoči trendi

- **Cilj:** pridobiti vpogled v prihodnje perspektive MSP glede novih konceptov in orodij SCM, vključno z načrtovanimi naložbami, pričakovanimi tehnologijami in zahtevami po znanju in spretnostih.
- **Vpogled za MSP:** Pomaga podjetjem uskladiti prihodnje načrtovanje delovne sile in naložbene odločitve s pričakovanimi tržnimi in tehnološkimi spremembami.
- **Vpogled za poklicno izobraževanje in usposabljanje (vpogled za VET):** usmerja prihodnji razvoj programov usposabljanja, da bi sledili potrebam industrije, in zagotavlja, da se učenci usposabljaajo za najnovejše kompetence in nastajajoče prakse.

1.2.4.2. IZVAJANJE RAZISKAVE

Vzorec MSP in centrov poklicnega izobraževanja in usposabljanja, s katerimi so se opravila posvetovanja Ankete so bile naslovljene na:

- MSP: naši stiki v organizaciji (odgovorni za SCM, načrtovanje, storitve za izvajanje proizvodnje ali odgovorni v podjetju)
- Centri poklicnega izobraževanja in usposabljanja: naši stiki v organizaciji, odgovorni za učne poti.

Table 4. Organisations consulted

CILJNA SKUPINA	DRŽAVA	ŠT. ORGANIZACIJ, S KATERIMI SO SE POSVETOVALI
SME	FR	118
	GER	39
	IT	1
	SI	11
	TR	7
Total SME		176
VET	FR	14
	GER	31
	IT	2
	SI	15
	TR	8
Total VET		70



Skupaj	246
--------	-----

1.2.4.3. ANALITA IN ZANESLJIVOST RAZISKAVE

Analiza kakovosti raziskave



- **Cilj raziskave:** Namen raziskave je zbrati podatke za razumevanje trenutnega stanja, izzivov in trendov na področju upravljanja oskrbovalne verige (SCM) za MSP. V njej so zastavljena posebna vprašanja o tehnologijah, strategijah izvajanja, ovirah in prihodnjem razvoju.
- **Izbor vzorca:** Raziskava je namenjena podjetjem in centrom poklicnega izobraževanja in usposabljanja v različnih sektorjih in državah (vključno s Francijo, Nemčijo, Italijo, Slovenijo in Turčijo). Uporabljena je neverjetnostna metoda, imenovana „priročno vzorčenje“ (吳麗珍 et al., 2014), saj je vzorec ciljno usmerjen in osredotočen.
- **Metodologija:** Raziskava temelji na obsežnem pregledu literature o stanju na področju novih konceptov in orodij SCM. Zasnovana je kot presečna študija, ki zbira podatke v določenem časovnem trenutku. Anketa vsebuje večinoma zaprta vprašanja (npr. več izbir, Likertove lestvice) in le nekaj odprtih vprašanj.

Rezultati in ugotovitve:

- Tehnologije in strategije izvajanja: Raziskava dokumentira trenutno stanje procesov SCM in njihovo izvajanje v različnih panogah.
- Izzivi: Ugotavlja ključne izzive pri uvajanju novih konceptov in orodij SCM.
- Prihodnji razvoj: Raziskava zagotavlja vpogled v prihodnji razvoj in potrebe po usposabljanju za odpravo pričakovanih vrzeli v znanju in spretnostih.

Kategorizacija:

- (Silva, 2008): V njej so dokumentirani trendi, izzivi in obstoječe stanje v procesih SCM.
- Metoda brez verjetnosti: Vzorčenje po naključju, brez dokazov o naključnem ali stratificiranem vzorčenju.
- Presečna študija (Hemmerich, n.d.): Enkratno zbiranje podatkov brez ponavljajočih se procesov ali dolgih obdobj opazovanja.
- Kvantitativna metoda: Vprašanja zaprtega tipa s strukturiranimi, številčno ovrednotenimi podatki

Priporočila:

- -Za izboljšanje veljavnosti raziskave in zmanjšanje pristranskosti bi lahko izvedli prilagoditve, kot je uvedba verjetnostnih metod vzorčenja.

Analiza reprezentativnosti raziskave

Predpostavka:

- Izbrana podjetja, ki so neposredno povezana s to temo ter so strokovno in vsebinsko priznana, nam brez zadržkov pomagajo pri zagotavljanju visokokakovostnih odgovorov na naše ankete. To velja tudi za centre za usposabljanje.

Izvajanje:

- Stopnja odzivnosti je pokazala, da je zelo težko pridobiti odgovore na takšne ankete. Na koncu je bilo treba za pridobitev rezultatov ankete uporabiti hladno klicanje.

Teoretična ocena rezultatov:

- Stopnja odzivnosti v raziskavi se razlikuje glede na številne dejavnike, vključno s ciljno populacijo, distribucijskim kanalom in zasnovo vprašalnika. Pri internih raziskavah, kot so tiste, ki se izvajajo med zaposlenimi v podjetju, je povprečna stopnja odzivnosti na splošno med 30 % in 40 %. Po drugi strani je pri zunanjih raziskavah, namenjenih zunanjim ciljnim



skupinam, povprečna stopnja odzivnosti nižja, pogosto med 10 % in 13 %. (Bhat, 2018; hubspot, 2023).

- V posebnem kontekstu proizvajalcev in centrov za usposabljanje se lahko stopnja odzivnosti razlikuje glede na zavezanost anketirancev in zaznano pomembnost ankete. Ena od študij je na primer pokazala, da ankete o zadovoljstvu strank na splošno dosegajo 33-odstotno stopnjo odzivnosti, čeprav se ta številka razlikuje glede na zaznano vrednost za anketiranca. (Bhat, 2018).
- Pomembno je opozoriti, da na stopnjo odgovorov vplivata tudi dolžina in zapletenost vprašalnika. Ankete z manj kot 12 vprašanji imajo povprečno 83-odstotno stopnjo odzivnosti, medtem ko imajo daljše ankete lahko nižjo stopnjo odzivnosti (Le Sphinx, 2024).

1.2.5. STAGE 6 – POTRJEVANJE POROČILA

Poročilo so potrdili strokovnjaki na sestanku o sodelovanju.



2. SCM – PODROČJE UPORABE IN OPREDELITVE POJMOV

Upravljanje oskrbovalne verige (SCM) usklajuje pretok blaga, informacij in finančnih sredstev od pridobivanja surovin do dobave končnega izdelka. Združuje nabavo, proizvodnjo, distribucijo in logistiko za povečanje učinkovitosti in zmanjšanje stroškov. SCM zagotavlja ustvarjanje vrednosti z dostavo pravih izdelkov na pravo mesto, ob pravem času in v pravem stanju (Chopra & Meindl, 2007; kiwop, 2021).

Načrtovanje oskrbovalne verige temelji na 5 ravneh časovnega obzorja in hierarhije kompleksnosti, ki so povzete v naslednjem grafu; razumevanje teh obzorij načrtovanja SCM je bistveno za učinkovito usklajevanje in optimizacijo (Dr. Muddassir Ahmed, 2016).

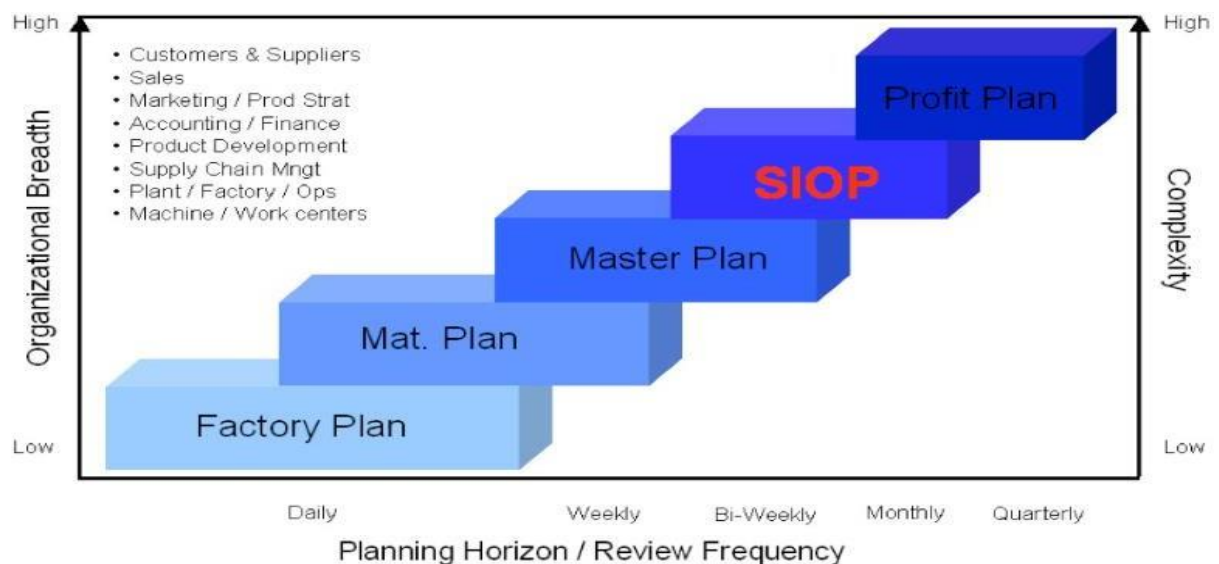


Figure 2. Supply Chain Planning - 5 Levels of Time Horizon and Complexity Hierarchy

Teh pet ravni je mogoče razvrstiti v naslednje skupine (Vinay Rajani, Preeti AryaCrossman, 2023):



Figure 3. Planning along two dimensions - detail and time horizon



Te opredelitve so povzete v naslednji preglednici:

Tabela 5. S&OP vs S&OE - Execution level

Načrtovalna plast	Postopek/metoda	Nemen dobička
Profit Plan (finančni in strateški)	Optimizacija dobavne verige, usmerjena v dobiček	Usklajuje odločitve v dobavni verigi s finančnimi cilji, z namenom maksimiranja dobičkonosnosti, donosnosti naložb (ROI) in denarnega toka. Uporablja napredno analitiko za modele stroškov postrežbe, cenovne strategije in rast prihodkov.
S&OP (strateški in taktični)	Glavni proizvodni načrt (MPS)	Pretvarja napovedi povpraševanja v visokonivojski proizvodni načrt, običajno za nekaj mesecev vnaprej.
S&OE (operativni in izvedbeni)	Načrtovanje potreb po materialu (MRP)	Razčleni MPS na konkretne potrebe po materialih in komponentah za proizvodnjo.
	Razporejanje v proizvodnji: razporejanje s končno kapaciteto (FCS) / razporejanje z neskončno kapaciteto (ICS)	FCS: Ustvari realistične proizvodne urnike, omejene z razpoložljivimi viri. ICS: Predpostavlja neomejene kapacitete, vendar zahteva ročne prilagoditve za zagotovitev izvedljivosti.

- Načrt dobička ali strateško/finančno načrtovanje je najvišja raven načrtovanja dobavne verige, ki traja do 12 mesecev in se običajno pregleduje četrtno. Služi kot osnova za finančno načrtovanje in podjetjem omogoča, da predvidijo potrebe po naložbah na področjih, kot so terjatve, zaloge, uvajanje novih izdelkov, širitev delovne sile, kapitalske naložbe in objekti. (Dr. Muddassir Ahmed, 2016)
- S&OP je proces strateškega in taktičnega načrtovanja, ki se običajno izvaja mesečno ali četrtno in ki usklajuje napovedi povpraševanja s proizvodnimi zmogljivostmi in finančnimi cilji. Zagotavlja, da so vzpostavljene srednje- do dolgoročne strategije proizvodnje in dobavne verige. Glavni proizvodni načrt (Master Production Schedule - MPS) je ključni rezultat S&OP, ki načrte na visoki ravni pretvori v podroben načrt proizvodnje končnih izdelkov za prihodnje mesece. V njem je opisano, kaj je treba proizvesti, kdaj in v kakšnih količinah, običajno na podlagi naročil in napovedi strank. (Takyar, 2024).
- Po drugi strani pa S&OE deluje v kratkoročnem časovnem obdobju (dnevno do tedensko), da prilagodi proizvodnjo in izvajanje dobavne verige spremenljivosti v realnem svetu. Z izpopolnjevanjem razporedov na podlagi dejanskega povpraševanja, razpoložljivosti materiala in operativnih omejitev zapolnjuje vrzel med S&OP in proizvodnjo v realnem času.
 - Načrtovanje materialnih potreb (MRP II) podpira S&OE s prenosom MPS v natančne zahteve po sestavnih delih in surovinah, kar zagotavlja, da proizvodni procesi pravočasno prejmejo potrebne vložke. MRP II uporablja podatke o zalogah, podatke o proizvodnih naročilih in računih materialov (BOM) za izračun količine in časovnega razporeda nakupov dodatnega vhodnega blaga (Siemens, n.d.-b).
 - Na izvedbeni ravni končna zmogljivost načrtovanja (FCS) in neskončna zmogljivost načrtovanja (ICS) določata, kako se dodelijo proizvodni viri.
 - Načrtovanje končne zmogljivosti (FCS): Ta pristop pri načrtovanju proizvodnje upošteva dejanske omejitve virov, kot so stroji, delovna sila in materiali. Zagotavlja, da se operacije načrtujejo le, ko so potrebni viri na voljo, s čimer se oblikujejo



realistični in izvedljivi proizvodni razporedi. Ta metoda pomaga preprečevati preobremenitev virov in zmanjšuje ozka grla v proizvodnem procesu (Everhour Blog - Maria, 2025; PlanetTogether, 2019).

- Načrtovanje z neskončno zmogljivostjo: Pri načrtovanju neskončnih zmogljivosti se predpostavlja, da je za proizvodnjo na voljo neomejeno število virov. Načrtuje operacije izključno na podlagi povpraševanja in dobavnih rokov, ne upošteva pa trenutne razpoložljivosti virov. To sicer lahko poenostavi začetno načrtovanje, vendar pogosto privede do preobremenitve virov in nerealnih urnikov proizvodnje, saj ne upošteva obstoječih delovnih obremenitev ali omejitev zmogljivosti. (Everhour Blog - Maria, 2025; Sapot, 2021).
- Načrtovanje neskončnih zmogljivosti je hitrejše za vzpostavitev z manjšo natančnostjo podatkov, vendar zahteva pozneje precejšen ročni napor za prilagajanje delovnih obremenitev in izogibanje prevelikim obveznostim. Načrtovanje končne zmogljivosti zagotavlja izvedljiv razpored vnaprej s skrbnim upravljanjem omejitev virov, vendar zahteva natančno nastavitev podatkov v sistemu ERP. Izbira je odvisna od tega, ali imate raje natančnost pred načrtovanjem ali popravke po načrtovanju.

S povezovanjem načrtovanja dobička, S&OP, S&OE, MPS, MRP, FCS in ICS SCM zagotavlja uravnoteženo, odzivno in učinkovito dobavno verigo, ki se lahko prilagaja strateškim ciljem in operativni realnosti.



development points to an increasing demand for skilled workers in the SCM sector, which has a

3. SCM – KONTEKST

Leta 2025 se bo upravljanje oskrbovalne verige (SCM) še naprej soočalo s hitro spreminjajočim se globalnim okoljem. Vse večja kompleksnost mednarodnih trgov skupaj s spreminjajočimi se pričakovanji strank, geopolitično negotovostjo in razvijajočimi se regulativnimi okviri predstavlja velik izziv za podjetja, ki si prizadevajo ohraniti konkurenčne dobavne verige. Hkrati globalna težnja k trajnosti in zelenemu prehodu povzroča dodaten pritisk na podjetja, da sprejmejo okolju prijazne prakse in hkrati optimizirajo učinkovitost.

Nove digitalne tehnologije so bile opredeljene kot ključne za reševanje številnih od teh izzivov. Tehnologije, kot so umetna inteligenca, internet stvari, strojno učenje in veriženje blokov, so pripravljene revolucionirati SCM ter ponuditi nove načine za izboljšanje vidljivosti, racionalizacijo poslovanja in izboljšanje odločanja. Te inovacije obljublajo, da bodo izboljšale agilnost dobavne verige, zmanjšale stroške in spodbujale boljše napovedovanje povpraševanja, kar bo organizacijam pomagalo izpolnjevati spreminjajoče se potrebe njihovih strank in trgov.

Poleg tega zeleni prehod ostaja osrednji cilj v poslovnem svetu, saj morajo organizacije svoje strategije dobavne verige uskladiti s trajnostnimi cilji. Od zmanjševanja ogljičnega odtisa do sprejemanja načel krožnega gospodarstva se mora SCM razvijati tako, da bo vključevala bolj trajnostne prakse, ne da bi pri tem ogrozila operativno uspešnost. Digitalna orodja ponujajo zanimive priložnosti za uskladičev SCM s cilji zelenega prehoda, kot so izboljšanje energetske učinkovitosti, optimizacija ravnanja z odpadki in krepitev trajnostne oskrbe.

V tem poglavju bo raziskan mednarodni kontekst SCM v letu 2025 in preučene globalne sile, ki oblikujejo njegovo prihodnost. Obravnavalo bo tudi obetavno vlogo nastajajočih tehnologij pri preoblikovanju SCM, s posebnim poudarkom na njihovem potencialu za doseganje ciljev zelenega prehoda, ki postajajo vse bolj ključni za uspeh industrije. Z razumevanjem te dinamike lahko podjetja bolje krmarijo po izzivih, ki so pred njimi, in izkoristijo digitalni napredek za ustvarjanje bolj odpornih, učinkovitih in trajnostnih oskrbovalnih verig.

3.1. SVETOVNI GOSPODARSKI IN GEOPOLITIČNI IZZIVI

Globalna oskrbovalna veriga se je v zadnjih letih soočila s precejšnjimi motnjami, zaradi katerih se morajo podjetja prilagoditi in uvesti inovacije, da bi ohranila operativno učinkovitost in zadovoljstvo strank.

3.1.1. IZZIVI DOBAVNE VERIGE (2021–2022)

V letih 2021 in 2022 so globalne dobavne verige močno ovirali zastoji v pristaniščih, pomanjkanje delovne sile, zamude v proizvodnji in ekstremni vremenski dogodki, kar je še poslabšalo logistične izzive. Stalni vpliv različic COVID-19, zaustavitev tovarn in večjih incidentov, kot je bila blokada Ever Given v Sueškem kanalu, so še dodatno obremenili delovanje.

Podjetja so se na to odzvala tako, da so se prilagodila s prehodom na prodajne modele z rezervnimi naročili, dajanjem prednosti domačim dobaviteljem, da bi zmanjšala zamude, in optimizacijo učinkovitosti, da bi obvladala nestanovitnost brez primere (Extensiv, 2025).

3.1.2. IZZIVI DOBAVNE VERIGE (2023–2024)

Med letoma 2022 in 2023 so se globalne dobavne verige soočale z vse večjimi izzivi, saj so geopolitične napetosti, vključno s konfliktom v Ukrajini in nestabilnostjo na Bližnjem vzhodu, prisilile podjetja, da so preusmerila



development points to an increasing demand for skilled workers in the SCM sector, which has a

motnje, kot so ekstremne temperature in orkani, pa so dodatno obremenile svetovni tovarni promet in proizvodnjo. Naraščajoča inflacija je povečala stroške surovin, energije in logistike, kar je okrepilo finančne pritiske. Podjetja so v odgovor okrepila logistična partnerstva, pospešila prizadevanja za nearhoring in optimizirala stroškovne strukture, da bi ohranila dobičkonosnost ob nenehni nestanovitnosti (Extensiv, 2025).

3.1.3. GLOBALNI EKONOMSKI IN GEOPOLITIČNI IZZIVI V LETU 2025

Leta 2025 bodo mednarodno trgovino zaznamovali vse večji protekcionizem in spreminjajoče se trgovinske politike, ki podjetja silijo k iskanju alternativnih možnosti pridobivanja virov in proizvodnje. Podjetja raziskujejo logistične rešitve, da bi se učinkovito spopadla s temi izzivi (Inagaki et al., 2025; Vartabedian, 2025).

Spodaj je pregled glavnih izzivov v dobavni verigi leta 2025, ki so jih analizirali (Extensiv, 2025; Matt Stekier, 2025; Uma Mahesh, 2024).

- **Globalne gospodarske motnje:** Na dobavne verige vplivajo spremembe trgovinskih politik, gospodarska nestabilnost, naraščajoči stroški in trgovinski sporazumi (npr. Brexit), zaradi česar morajo podjetja ponovno razmisliti o strategijah oskrbe in finančnem načrtovanju.
- **Preusmerjanje in bližnje usmerjanje:** Podjetja selijo proizvodnjo bližje domu, da bi zmanjšala tveganja in stroške, čeprav visoki stroški vzpostavitve in pomanjkanje talentov predstavljajo izziv.
- **Odpornost in prilagodljivost dobavne verige:** Za izboljšanje prilagodljivosti podjetja sprejemajo prožne strategije, kot so skupno načrtovanje, diverzifikacija dobaviteljev in spremljanje tveganj v realnem času, vendar je upravljanje zalog še vedno težavno zaradi nestanovitnosti povpraševanja in nedoslednih dobaviteljev.
- **Pomanjkanje delovne sile in razvoj delovne sile:** Stalno pomanjkanje usposobljenih delavcev na področju tovarnega prometa, skladiščenja in logističnega načrtovanja upočasnjuje poslovanje, staranje delovne sile pa povzroča dodatne težave.
- **Grožnje kibernetске varnosti:** Povečana digitalizacija dobavnih verig prinaša vse večja tveganja za kibernetско varnost, vključno z napadi izsiljevalske programske opreme, kar zahteva naložbe v močnejšo infrastrukturo za kibernetско varnost.
- **Tehnološke napake:** Kljub prednostim umetne inteligence, interneta stvari in strojnega učenja se podjetja soočajo s tveganji tehnoloških napak, vključno z okvarami sistemov in programskimi napakami, kar zahteva strogo testiranje in varovanje pred odpovedmi.

3.1.4. KAKO REŠITI TEŽAVE V DOBAVNI VERIGI V LETU 2025

Kljub nenehnim motnjam so dobavne verige priložnost. Da bi se spoprijeli s ključnimi izzivi na področju upravljanja dobavnih verig (SCM) v letu 2025, nedavni članki, kot so (KPMG, 2024; Pullen, 2025; Uma Mahesh, 2024), pojasnjujejo, da morajo podjetja izkoristiti nastajajoče tehnologije in izvajati strategije, ki povečujejo odpornost, operativno učinkovitost in trajnost. V nadaljevanju je povzetek ključnih rešitev:

- **Uvajanje digitalnih oskrbovalnih omrežij (DSN):** Tradicionalne dobavne verige so pogosto razdrobljene, kar vodi v neučinkovitosti. Digitalna oskrbovalna omrežja združujejo napredne tehnologije, kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT) in veriženje blokov (blockchain), da ustvarijo medsebojno povezana ekosisteme v realnem času, ki omogočajo odločanje na podlagi podatkov. Takšen pristop izboljšuje preglednost in koordinacijo v dobavni verigi ter podjetjem omogoča večjo odpornost in prilagodljivost ob motnjah.



development points to an increasing demand for skilled workers in the SCM sector, which has a

- **Integracija naprednih tehnologij:** Umetna inteligenca (AI) in strojno učenje spreminjata upravljanje dobavnih verig z izboljševanjem upravljanja zalog, napovedne analitike in optimizacije poti. Te tehnologije organizacijam pomagajo predvidevati motnje, proaktivno optimizirati dobavne verige in sprejemati bolj utemeljene odločitve. Podobno internet stvari (IoT) omogoča sledenje blagu in sredstvom v realnem času ter tako zagotavlja večjo preglednost, medtem ko veriženje blokov (blockchain) z izboljšano varnostjo transakcij v dobavni verigi zagotavlja večjo transparentnost in zaupanje.
- **Poudarek na odpornosti dobavne verige:** Napredne tehnologije, zlasti umetna inteligenca (AI) in napovedna analitika, omogočajo dobavnim verigam hitro odzivanje na spremembe tržnih trendov in nihanja povpraševanja. Z vključevanjem orodij za optimizacijo poti lahko podjetja zmanjšajo stroške, porabo goriva in emisije, hkrati pa izboljšajo skladnost z razvijajočo se zakonodajo.
- **Trajnost in krožne dobavne verige:** V okviru zelenega prehoda podjetja vse bolj uvajajo krožne dobavne verige z namenom zmanjšanja odpadkov in emisij. Umetna inteligenca (AI) in internet stvari (IoT) imata ključno vlogo pri sledenju ponovno uporabnim materialom in zagotavljanju etične nabave. Organizacije, ki dajejo prednost trajnostni nabavi, energetske učinkoviti logistiki in krožnemu gospodarstvu, ne izpolnjujejo le regulativnih zahtev, temveč tudi krepijo svoj ugled in zadostijo pričakovanjem potrošnikov.
- **Vloga upravljanja podatkov:** Učinkovito upravljanje podatkov je ključno za sodobno upravljanje dobavnih verig. Razdrobljeni ali neakovostni podatki lahko ovirajo sprejemanje odločitev. Organizacije se morajo osredotočiti na zagotavljanje razpoložljivosti, doslednosti in zanesljivosti podatkov. Na uporabi temelječ pristop k upravljanju podatkov, dopolnjen z neprestanimi izboljšavami, omogoča, da se dobavne verige prilagajajo motnjam in hkrati optimizirajo svoje delovanje.
- **Platforme z malo programiranja za večjo agilnost:** Platforme z malo programiranja podjetjem omogočajo hitro avtomatizacijo procesov in povezovanje različnih sistemov, s čimer skrajšajo čas razvoja in povečajo agilnost. Te platforme dajejo moč poslovnim uporabnikom – tudi tistim z omejenim tehničnim znanjem – da ustvarjajo in uvajajo aplikacije, ki podpirajo odzivne in prilagodljive dobavne verige.
- **Poudarek na emisijah tretjega obsega (Scope 3):** Ob vse večjem regulativnem pritisku za obravnavo emisij tretjega obsega (tj. emisij, ki nastajajo v celotni dobavni verigi) podjetja uvajajo digitalne platforme za zbiranje in vključevanje podatkov o emisijah s strani dobaviteljev. Ti podatki so ključni za vzpostavitev natančnih izhodišč za emisije in za zagotavljanje skladnosti z okoljskimi cilji.
- **Nadgradnja znanja delovne sile in digitalna pripravljenost:** Ker dobavne verige vključujejo umetno inteligenco (AI), internet stvari (IoT) in avtomatizacijo, morajo podjetja svoje zaposlene ustrezno usposobiti za učinkovito uporabo in upravljanje novih tehnologij. Kultura neprestanega učenja in nadgrajevanja znanja je ključna za premostitev vrzeli v digitalnih veščinah, povečanje operativne učinkovitosti in nemoteno uvedbo tehnologije. Organizacije bi morale določiti tehnološko usposobljene zaposlene, ki bodo preizkušali nove sisteme, vodili usposabljanja in podpirali prizadevanja za digitalno preobrazbo.

Skratka, da bi podjetja uspešno obvladovala izzive v dobavnih verigah, morajo vlagati v agilnost dobavne verige, digitalno varnost, usposabljanje delovne sile in trajnostna prizadevanja. Umetna inteligenca, avtomatizacija in napovedna analitika bodo imele ključno vlogo pri krepitvi odpornosti in učinkovitosti.

3.2. TRG PROGRAMSKE OPREME IN UMETNE INTELOGENCE V UPRAVLJANJU DOBAVNIH VERIG



development points to an increasing demand for skilled workers in the SCM sector, which has a

Naslednja statistika (Statista, 2024a, 2024b, 2024c) o razvoju trga kaže, da je trg programske opreme za upravljanje dobavnih verig (SCM) obetaven tako z vidika rasti kot zaposlitvenih priložnosti. V Evropi naj bi trg programske opreme za SCM do leta 2025 dosegel 4,70 milijarde ameriških dolarjev, s povprečno letno stopnjo rasti (CAGR) 3,26 % med letoma 2025 in 2029. V državah skupine G7 naj bi bil trg še večji – dosegel naj bi 15,40 milijarde ameriških dolarjev, s povprečno letno stopnjo rasti 3,62 %. Nemčija se vse bolj uveljavlja kot vodilni trg za programsko opremo SCM, saj se nemška podjetja vse pogostejše zatekajo k digitalnim rešitvam za izboljšanje učinkovitosti svojih dobavnih verig. To pozitivno vpliva na zaposljivost in ustvarja nove delovne priložnosti v tem sektorju.

Analiza dveh tržnih segmentov – umetne inteligence (AI) v dobavni verigi in programske opreme za upravljanje dobavnih verig (SCM) – razkriva jasno medsebojno povezanost in usklajeno dinamiko rasti znotraj digitalne preobrazbe globalnih oskrbovalnih sistemov.

Umetna inteligenca (AI) v dobavni verigi poudarja vse večjo integracijo AI-tehnologij v procese upravljanja oskrbe. Predvidena rast tržne vrednosti s 9,15 milijarde USD v letu 2024 na 40,53 milijarde USD do leta 2030 (CAGR: 28,2 %) odraža izrazito potrebo po podatkovno vodenih, avtomatiziranih in odpornih dobavnih verigah. Zlasti pandemija COVID-19 je povečala pomen upravljanja tveganj s pomočjo umetne inteligence in poudarila vlogo inteligentnih sistemov pri napovedovanju in odzivanju na motnje v dobavni verigi (MarketsandMarkets, 2025).

Tabela 6. Scope of the study

Atribut poročila	Podrobnosti
Ocenjena velikost trga	USD 9.15 milijarde USD
Napovedana velikost trga	USD 40.53 milijarde USD
Stopnja rasti	CAGR of 28.2%
Na voljo podatki o velikosti trga za leta	2020–2030
Osnovno leto analize	2023
Obdobje napovedi	2024–2030
Enote napovedi	USD Million/milijarde USD
Zajeti segmenti	Razvoj, uvedba in uporaba inteligentnih tehnologij za optimizacijo in avtomatizacijo ključnih industrijskih procesov. Orodja, kot so strojno učenje, napovedna analitika in obdelava podatkov v realnem času.
Zajete regije	Severna Amerika, Evropa, Azijsko-pacifiška regija in preostali svet

Tudi programska oprema za upravljanje dobavnih verig (SCM) kaže na nadaljnjo rast trga SCM programske opreme, zlasti v gospodarsko močnih regijah, kot sta Evropa in države skupine G7. Napovedana vrednost trga v višini 15,4 milijarde USD v državah G7 do leta 2029, ob stabilni povprečni letni stopnji rasti (CAGR) 3,62 %, kaže na vse večje povpraševanje po digitalnih rešitvah – vključno z aplikacijami, ki temeljijo na umetni inteligenci.

To je posledica dejstva, da sodobne programske rešitve za SCM vse pogostejše vključujejo komponente umetne inteligence, ki omogočajo napovedno analitiko, avtomatizirano odločanje in dinamično optimizacijo. Širitev trga umetne inteligence v dobavni verigi, kot je opisano v poglavju *Umetna inteligenca (AI) v dobavni verigi*, je tako ključni dejavnik funkcionalnega razvoja in privlačnosti programske opreme za SCM, kot je opisano v poglavju *Programsko upravljanje dobavnih verig (SCM)*.

Poleg tega ta tehnološka konvergenca ne preoblikuje zgolj sistemov, temveč pomembno vpliva tudi



development points to an increasing demand for skilled workers in the SCM sector, which has a na trg dela: vse večje povpraševanje po SCM programski opremi, ki vključuje AI, spodbuja potrebo po strokovnjakih z interdisciplinarnimi znanji – zlasti s področij podatkovne znanosti, umetne inteligence, logistike in upravljanja procesov.

Dejavniki rasti umetne inteligence v dobavni verigi ne poganjajo le tehnološkega razvoja trga SCM programske opreme, temveč tudi povečujejo povpraševanje po specializiranih strokovnjakih. SCM programska oprema pa nasprotno zagotavlja poslovno platformo za uvajanje in širitev uporabe rešitev na osnovi umetne inteligence. Tako nastaja samoojačitveni cikel inovacij med razvojem tehnologij in tržnimi potrebami – s pomembnimi posledicami za gospodarstvo, zaposlovanje in konkurenčnost.



4. DIGITALNE REŠITVE ZA SCM 4.0

Tehnologije industrije 4.0 – kot so umetna inteligenca (AI), strojno učenje (ML), internet stvari (IoT), veriženje blokov (blockchain) ter robno in oblačno računalništvo – revolucionarno spreminjajo upravljanje dobavnih verig (SCM) in načrtovanje dobička (PP), saj izboljšujejo napovedovanje, optimizirajo razporejanje virov in avtomatizirajo sprejemanje odločitev. Spodaj so predstavljeni ključni vpogledi v vpliv teh tehnologij.

4.1. ROBNO VS OBLAČNO RAČUNALNIŠTVO

4.1.1. KAJ JE ROBNO RAČUNALNIŠTVO?

Robno računalništvo je decentraliziran pristop k obdelavi podatkov, pri katerem se obdelava izvaja bližje viru nastanka podatkov, kar zmanjšuje zakasnitev in porabo pasovne širine. To je v nasprotju s tradicionalnim oblačnim računalništvom, kjer je treba podatke poslati v centralizirane podatkovne centre za obdelavo.

4.1.2. KAKO ROBNO RAČUNALNIŠTVO PREOBLIKUJE UPRAVLJANJE DOBAVNIH VERIG?

Hitrejše odločanje v realnem času

- Robno računalništvo skrajša čas, potreben za analizo podatkov v dobavni verigi, saj jih obdeluje lokalno – v distribucijskih centrih, skladiščih in prometnih vozliščih.
- **Primer:** Podjetje Maersk uporablja robno računalništvo za skoraj takojšnjo analizo podatkov, kar jim omogoča hiter odziv na zahteve v dobavni verigi (Paula Rooney, 2022).

Odpornejše delovanje dobavne verige

- Robno računalništvo zagotavlja nemoteno poslovanje tudi v primeru motenj pri dostopu do oblaka.
- **Primer:** V maloprodajnem okolju robno računalništvo omogoča sprotno spremljanje zalog in sledenje pošilk. Lokalna obdelava podatkov omogoča takojšen odziv na težave, kar zmanjšuje motnje in ohranja nemoteno delovanje (Uchechukwu Christopher Anozie et al., 2024).

Izboljšana varnost in zasebnost podatkov

- Ker se ključni podatki dobavne verige obdelujejo lokalno, robno računalništvo zmanjšuje tveganja, povezana s prenosom občutljivih informacij prek interneta.
- **Primer:** Podjetje Attabotics uporablja robno računalništvo za povečanje varnosti v svojih avtomatiziranih sistemih za shranjevanje in pridobivanje blaga, s čimer zmanjšuje tveganja pri prenosu podatkov (Attabotics, 2025).

Znižanje stroškov oblačnega računalništva

- Z lokalno obdelavo podatkov je potrebne manj pasovne širine in manj prostora za shranjevanje v oblaku, kar znižuje obratovalne stroške za podjetja, ki se ukvarjajo z SCM.
- **Primer:** Podjetje DHL uporablja robno računalništvo za optimizacijo razporejanja virov, s čimer zmanjšuje odvisnost od centraliziranih oblačnih storitev (*Edge Computing*, brez datuma).



4.1.3. OBLAČNO RAČUNALNIŠTVO?

Hkrati nedavni članki (George Maksimenko, 2024; Ruchundre Reid, 2024) poudarjajo, da **oblačno računalništvo** preoblikuje upravljanje dobavnih verig (SCM) z izboljšanjem učinkovitosti, razširljivosti in sodelovanja v realnem času v globalnih omrežjih.

- **Trendi uvajanja:** Podjetja se vse pogosteje selijo na oblačne platforme, da bi izkoristila razširljive računalniške vire in zmanjšala stroške IT infrastrukture.
- **Integrirano načrtovanje:** Oblačne rešitve omogočajo sodelovanje med oddelki in zagotavljajo usklajenost prodaje, operativnega delovanja in financ s strateškimi cilji (Whitney Gillespie, 2024).
- **Integracija umetne inteligence:** Oblačno računalništvo je ključno za uvajanje storitev umetne inteligence, saj zagotavlja potrebno infrastrukturo za shranjevanje in obdelavo podatkov.
- **Izboljšana varnost:** Napredki na področju varnosti v oblaku odpravljajo skrbi glede zasebnosti podatkov in skladnosti, kar spodbuja širšo uporabo v reguliranih panogah.

4.2. INTERNET STVARI (IOT) IN SCM

4.0

Naprave interneta stvari (IoT) omogočajo sledenje v realnem času in spremljanje okoljskih pogojev blaga med prevozom, kar zagotavlja kakovost izdelkov in skladnost s predpisi. Digitalni dvojčki dobavne verige simulirajo proizvodne procese z namenom optimizacije delovanja, izboljšanja nadzora kakovosti in zmanjšanja odpadkov (Navin Kumar Parthiban, 2023; Pullen, 2025).

4.2.1. KAKO INTERNET STVARI (IoT) PREOBLIKUJE UPRAVLJANJE ZALOG

- **Pregled zalog v realnem času**
 - IoT-podprte RFID oznake, oddajniki in senzorji omogočajo sledenje zalogam v realnem času.
 - **Primer:** Walmart uporablja pametne police z IoT-tehnologijo, ki obvestijo vodstvo, ko je potrebno ponovno napolniti zaloge (Joaquim Cervera, 2024).
- **Avtomatizirano obnavljanje zalog**
 - Umetna inteligenca analizira podatke o zalogah, ki jih ustvarjajo IoT-naprave, in samodejno sproži ponovno naročilo na podlagi napovedi povpraševanja.
 - **Primer:** Amazonovi logistični centri uporabljajo IoT za avtomatizirano obdelavo naročil in zmanjšanje primerov pomanjkanja zalog.
- **Spremljanje pogojev v dobavni verigi**
 - IoT senzorji spremljajo temperaturo, vlago in izpostavljenost udarcem pri občutljivih pošiljkah (npr. farmacevtski izdelki, prehrambene dobavne verige).
 - **Primer:** Podjetja, ki se ukvarjajo s hladno verigo, uporabljajo IoT-naprave za ohranjanje optimalnih pogojev skladiščenja med prevozom (*Elpro, brez datuma*).



- **IoT in robno računalništvo za pametna skladišča**

- IoT-naprave, povezane z robnim računalništvom, omogočajo avtomatizirano sortiranje, pobiranje in kartiranje skladišč za optimalno učinkovitost.
- **Primer:** DHL-ovo pametno skladišče uporablja robote z IoT-tehnologijo za avtomatizirano izpolnjevanje naročil (*DHL, 2024*).



4.3. UMETNA INTELIGENCA, ROBOTIKA IN AVTOMATIZACIJA SCM 4.0

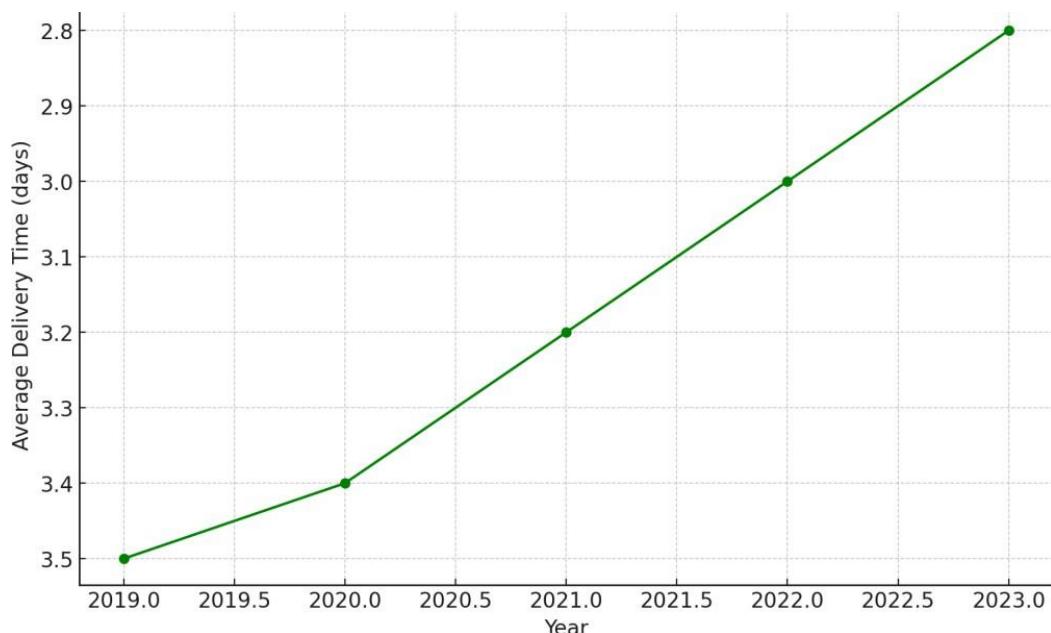
Umetna inteligenca (AI) revolucionarno spreminja področji robotike in avtomatizacije v upravljanju dobavnih verig (SCM), saj povečuje učinkovitost, natančnost in prilagodljivost na področjih logistike, skladiščenja in proizvodnje.

Avtomatizacija skladišč: Podjetja, kot je Amazon, vse bolj vključujejo robotiko v skladiščne operacije, da bi povečala učinkovitost in skrajšala čas dostave. Ta premik v smer avtomatizacije podjetju omogoča zmanjševanje stroškov – ocene kažejo, da bi lahko nova robotska skladišča Amazonu do leta 2030 prihranila do 10 milijard USD letno (Uddin, 2025).

Programska oprema, podprta z umetno inteligenco, analizira ogromne količine podatkov iz dobavnih verig z namenom izboljšanja napovedovanja, odločanja in operativne učinkovitosti.

Primer Amazon:

- **Integracija robotike in umetne inteligence je privedla do pomembnih prihrankov**, pri čemer projekcije ocenjujejo letno zmanjšanje stroškov v višini **10 milijard USD do leta 2030** (Krause, 2024).
- **Izboljšana učinkovitost in hitrejši dobavni roki** so povečali zadovoljstvo strank ter dodatno okrepili tržni položaj podjetja Amazon.



Slika 4. Vpliv umetne inteligence na hitrost dostave pri Amazonu – Vir: Carsten Krause, CDO TIMES Research & Amazon



4.4. KIBERVARNOST IN TEHNOLOGIJA VERIŽENJA BLOKOV V SCM 4.0

Integracija digitalnih tehnologij – kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT), oblachno računalništvo in veriženje blokov (blockchain) – je bistveno preoblikovala upravljanje dobavnih verig (SCM), saj je izboljšala operativno učinkovitost, preglednost skozi celotno verigo ter odločanje v realnem času.



However, this digital evolution also introduces new cybersecurity risks, requiring organisations to zaščititi sisteme, podatke in transakcije ter s tem ohraniti zaupanje in odpornost. Med temi tehnologijami izstopa **veriženje blokov (blockchain)** kot specifičen in strateški dejavnik, zlasti pri obravnavi izzivov varnosti in sledljivosti. Za razliko od drugih tehnologij blockchain ustvarja **decentralizirano in nespremenljivo knjigo transakcij**, ki zagotavlja, da imajo vsi udeleženci v dobavni verigi dostop do zaupanja vrednih in neponarejenih podatkov. Njegova zmožnost zagotavljanja **integritete podatkov in preglednosti** je posebej dragocena v kompleksnih, večdeležniških dobavnih omrežjih (Sarah Shelley, 2024).

4.4.1. VARNOSTNI VIDIKI KIBERVARNOSTI V DIGITALIZIRANIH DOBAVNIH VERIGAH

Ker postajajo dobavne verige vse bolj povezane s pomočjo digitalnih tehnologij, so tudi vse bolj izpostavljene kibernetiskim grožnjam. Ključne skrbi vključujejo:

- **Napredne trajne grožnje (APT – Advanced Persistent Threats):** Sofisticirani in dolgotrajni kibernetiski napadi, usmerjeni v občutljive informacije znotraj dobavnih verig.
- **Zastrupitev dobavne verige:** Namenoma vnesene ranljivosti ali zlonamerne komponente v procese dobavne verige, kar lahko ogrozi celovitost izdelkov ali storitev.
- **Vdori v podatke:** Neavtoriziran dostop do zaupnih podatkov, ki povzroči finančne izgube in škodo ugledu podjetja.

4.4.2. NAJPOGOSTEJŠE KIBERNETSKE GROŽNJE V DIGITALNIH DOBAVNIH VERIGAH:

Združevanje umetne inteligence (AI), interneta stvari (IoT), oblračnega računalništva in tehnologije veriženja blokov (blockchain) v okviru SCM prinaša določene ranljivosti:

- **Ranljivosti IoT:** Široka uporaba IoT-naprav povečuje površino za napade, zaradi česar so dobavne verige bolj dovzetne za kibernetiske napade, ki lahko motijo delovanje.
- **Tveganja oblračnega računalništva:** Čeprav oblračne storitve omogočajo razširljivost in učinkovitost, prinašajo tudi izzive, povezane z varnostjo podatkov in skladnostjo s predpisi – zlasti kadar sodelujejo zunanji ponudniki storitev.
- **Varnostna vprašanja veriženja blokov:** Čeprav blockchain obljublja večjo varnost zaradi decentralizacije, ni imun na grožnje, kot so napadi na pametne pogodbe in pomisleki glede zasebnosti (Alajlan idr., 2023).

4.4.3. NAJBOLJŠE PRAKSE ZA ZMANJŠEVANJE TVEGANJ NA PODROČJU KIBERVARNOSTI

Za zaščito digitalnih dobavnih verig bi morale organizacije uvesti naslednje strategije:

- **Integrirani varnostni okviri:** Uvesti usklajene ukrepe za kibernetisko varnost, ki zagotavljajo odpornost v kompleksnih oskrbovalnih verigah, temelječih na IoT-tehnologijah (Masip-Bruin et al., 2021).



However, this digital evolution also introduces new cybersecurity risks, requiring organisations to

- **Izboljšana preglednost:** Uporabljati napredne tehnologije za vpogled v dejavnosti v dobavni verigi v realnem času, kar omogoča pravočasno prepoznavanje in odzivanje na morebitne grožnje (IBM, 2024).
- **Upravljanje tveganj pri dobaviteljih:** Vzpostaviti stroge varnostne protokole za zunanje partnerje, da se preprečijo varnostni vdori iz strani tretjih oseb.
- **Neprekinjeno spremljanje:** Uvesti stalni nadzor omrežnih aktivnosti za zaznavanje in obravnavo anomalij, še preden prerastejo v resne varnostne incidente.

Z aktivnim pristopom k reševanju teh kibernetских izzivov lahko organizacije v celoti izkoristijo prednosti digitalnih tehnologij v SCM, hkrati pa zaščitijo svoje poslovanje in ohranijo zaupanje deležnikov.



4.5. TEHNIKE, PODPRTE Z UMETNO INTELIGENCO, V ORODJIH SCM 4.0

Integracija umetne inteligence (AI), interneta stvari (IoT), oblachnega racunalnistva in tehnologije veriženja blokov (blockchain) preoblikuje dobavne verige v inteligentne, na podatkih temelječe ekosisteme. Te tehnologije skupaj izboljšujejo analitiko in operativno učinkovitost ter podjetjem omogočajo hiter odziv na tržne spremembe.

Umetna inteligenca obdeluje ogromne količine podatkov v realnem času in ustvarja uporabne vpogleda, ki proizvajalcem omogočajo hitro prilagajanje spreminjajočim se razmeram (Deskera, 2023; PlanetTogether, 2024; Rootstock Software, 2024). Z optimizacijo delovnih tokov, izboljševanjem odločanja in zagotavljanjem preglednosti v realnem času AI revolucionarno spreminja upravljanje dobavnih verig. Poleg tega rešitve, podprte z umetno inteligenco, napovedujejo morebitne motnje in predlagajo proaktivne strategije, s katerimi podjetja učinkovito zmanjšujejo tveganja (Sarah Shelley, 2024).

V naslednjem poglavju so podrobno predstavljeni načini, kako se SCM preoblikuje s pomočjo nabora tehnologij, temelječih na umetni inteligenci in podatkih, vključno s strojnim učenjem (ML), globokim učenjem (Deep Learning), obdelavo naravnega jezika (NLP) in naprednimi algoritmi za optimizacijo.

- **Modeli strojnega učenja (ML)**, kot so odločitvena drevesa in podporni vektorski stroji (SVM), izboljšujejo napovedovanje, nabavo in načrtovanje.
- **Nevronske mreže in modeli Transformer** (npr. LSTM, BERT, GPT) revolucionarno spreminjajo napovedno razporejanje in analizo neurejenih podatkov.
- **Optimizacijske tehnike**, kot sta genetski algoritem in optimizacija s pomočjo rojev delcev (PSO), izboljšujejo razporejanje virov in proizvodni tok v kompleksnih in dinamičnih okoljih.
- **Obdelava naravnega jezika (NLP)** dodaja plast inteligence z izluščanjem uporabnih vpogledov iz besedilnih podatkov ter podpira prepoznavanje tveganj in operativno odločanje.
- Za zagotovitev preglednosti in zaupanja v sisteme, ki jih poganja umetna inteligenca, postajata **razložljiva umetna inteligenca (XAI)** in **interpretabilno strojno učenje (iML)** ključna, saj omogočata človeku prijazno, zanesljivo in prilagodljivo odločanje v celotni dobavni verigi.

4.5.1. STROJNO UČENJE (ML – MACHINE LEARNING)

Strojno učenje (ML) je temelj sodobne avtomatizacije dobavnih verig, saj izboljšuje natančnost napovedovanja, odločitve o nabavi, finančno načrtovanje in razporejanje proizvodnje.

Z zaznavanjem vzorcev povpraševanja, optimizacijo nabave in dinamičnim prilagajanjem urnikov **strojno učenje pomembno povečuje odzivnost dobavne verige**.

Algoritmi strojnega učenja napovedujejo nihanja povpraševanja, optimizirajo nabavne urnike ter zmanjšujejo pomanjkanje materiala z analizo preteklih gibanj zalog in proizvodnih podatkov.

4.5.1.1. ODLOČITVENA DREVESEA IN NAKLJUČNI GOZDOVI



Opis (Random Forests, 2023; Sruthi, 2021)

- **Odločitvena drevesa:** To so modeli v obliki dreves, ki se uporabljajo za podporo odločanju. Podatke razdelijo v podskupine glede na vrednosti posameznih značilnosti ter ustvarijo hierarhijo odločitev, ki vodijo do končnega izida. Vsako vozlišče predstavlja odločitev na podlagi ene značilnosti, veje pa predstavljajo možne izide. Z umetno inteligenco podprta odločitvena drevesa analizirajo zgodovinsko porabo zalog, dobavne roke dobaviteljev in proizvodne trende za optimizacijo naročil materiala.

Naključni gozdovi (Random Forests): Gre za metodo ansambelskega učenja, ki ustvari več odločitvenih dreves in združi njihove rezultate za večjo natančnost in zmanjšanje prenaučeniosti. Metoda združuje napovedi posameznih dreves za sprejetje končne odločitve, kar povečuje zanesljivost in robustnost. Naključni gozdovi izboljšujejo stabilnost dobave, saj upoštevajo več nabavnih scenarijev in prepoznajo dejavnike tveganja.

4.5.1.2. PODPORNİ VEKTORSKI STROJI (SVM)

Ta model nadzorovanega učenja se uporablja za klasifikacijske in regresijske naloge. Deluje tako, da poišče **hiperravnino**, ki najbolje ločuje podatke med različnimi razredi. **SVM je učinkovit v visoko-dimenzijskih prostorih** in se uporablja za naloge, kot so napovedovanje povpraševanja in klasifikacija zalog (Jang, 2025).

4.5.1.3. PREDNOSTI:

- **Povečuje natančnost napovedovanja** za potrebe dobavne verige in finančnega načrtovanja.
- **Znižuje stroške** z optimizacijo nabave in razporejanja.
- **Avtomatizira razporejanje virov**, prihrani čas in zmanjšuje napake.
- **Razložljivi modeli** za optimizacijo financ in dobavne verige.
- **Visoka natančnost pri napovedovanju nihanj** v dobavni verigi.
- **Zanesljivo napoveduje tveganja** v zvezi s ponudbo in povpraševanjem.

4.5.1.4. SLABOSTI:

- **Zahteva velike količine podatkov za učenje** (Vaswani et al., 2023).
- **Računsko zahtevna metoda** (T. Chen & Guestrin, 2016).
- **Lahko pride do prenaučeniosti**, kadar model obravnava preveliko število spremenljivk (T. Chen & Guestrin, 2016).

4.5.2. GLOBOKO UČENJE – NEVRONSKE MREŽE ZA NAPOVEDNO RAZPOREJANJE

Nevronske mreže modelirajo kompleksne podatke dobavne verige in finančne podatke ter izboljšujejo napovedovanje časovnih vrst.

Kot podmnožica strojnega učenja so **nevronske mreže**, še posebej **rekurentne nevronske**



mreže (RNN) in modeli Transformer, ključnega pomena za **napovedno razporejanje** v upravljanju dobavnih verig.

RNN-ji in LSTM-ji (Long Short-Term Memory) napovedujejo prihodnjo prodajo, proizvodno povpraševanje in finančno uspešnost.

4.5.2.1. REKURENTNE NEVRONSKE MREŽE (RNN) IN MREŽE Z DOLGIM KRATKOROČNIM SPOMINOM (LSTM)

Opis:

- **RNN (rekurentne nevronske mreže):** Te nevronske mreže so zasnovane za obdelavo zaporednih podatkov, zaradi česar so primerne za napovedovanje časovnih vrst. Ohranjajo obliko »spomina«, ki jim omogoča upoštevanje prejšnjih vhodov pri oblikovanju napovedi (Gołabek et al., 2020).

LSTM (dolgi kratkoročni spomin): Gre za posebno vrsto RNN, ki se lahko uči dolgoročnih odvisnosti. Še posebej učinkovite so pri modeliranju podatkov časovnih vrst, kot so proizvodni cikli, saj zadržujejo informacije skozi daljša zaporedja.

4.5.2.2. TRANSFORMERSKI MODELI ZA DINAMIČNO RAZPOREJANJE

Opis:

Transformerski modeli: Ti modeli, kot sta BERT in GPT, obdelujejo velike podatkovne nize in zaznavajo anomalije v razporejanju v realnem času. Še posebej učinkoviti so pri obravnavi dolgoročnih odvisnosti v podatkih, kar jih naredi primerne za dinamične prilagoditve razporejanja (Vaswani et al., 2023).

Ti transformerski modeli predstavljajo temelj za razvoj **velikih jezikovnih modelov (LLM – Large Language Models)**. Odlikujejo se v obdelavi obsežnih podatkovnih nizov in zaznavanju odstopanj v razporedih v realnem času. Zaradi svoje zmožnosti obvladovanja dolgoročnih povezav v podatkih so idealni za upravljanje napovedi in dinamične prilagoditve razporejanja. **LLM-ji lahko analizirajo neurejene podatke**, kot so komunikacija z dobavitelji in tržna poročila, ter nudijo vpoglede, ki izboljšujejo procese odločanja (Vinay Rajani & Preeti AryaCrossman, 2023).

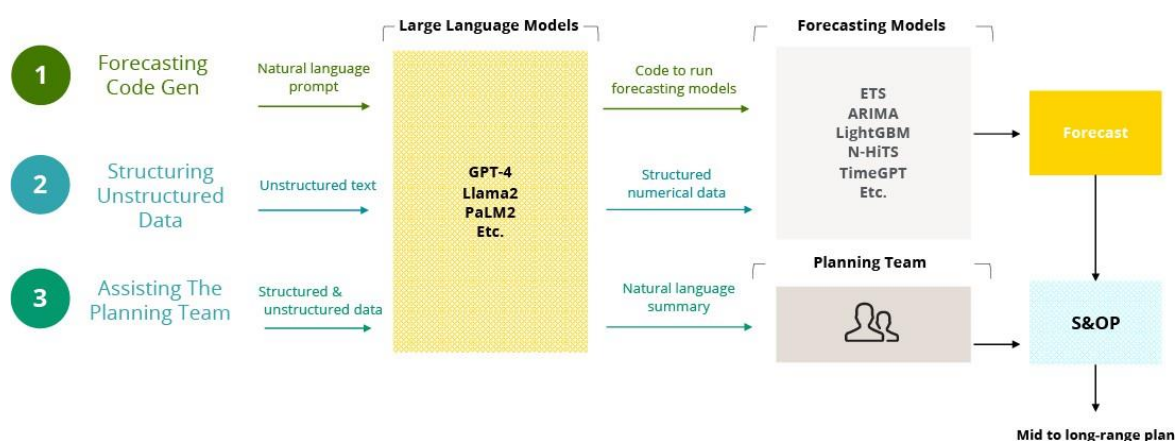


Figure 5. How LLMs Support Better Forecasting & Planning



4.5.2.3. PREDNOSTI:

- **Zelo učinkoviti za finančno in operativno napovedovanje.**
- **Transformerski modeli**, vključno z velikimi jezikovnimi modeli (LLM-ji), kot sta **BERT** in **GPT**, lahko učinkovito obdelujejo ogromne količine podatkov. Odlikujejo se pri obdelavi **neurejenih podatkov**, kot so besedila iz komunikacije z dobavitelji in tržnih poročil, kar je ključno za celovito analizo.
- Ti modeli **zaznavajo anomalije v razporejanju v realnem času**, kar omogoča hitre prilagoditve in zmanjšuje motnje v dobavni verigi.
- **Jezikovni modeli (LM-ji)** razumejo kontekst in pomenske nianse v besedilnih podatkih, zato nudijo bolj poglobljene napovedi in analize v primerjavi s tradicionalnimi modeli.
- Z analizo neurejenih podatkov lahko **LLM-ji zagotovijo dragocene vpoglede**, ki izboljšujejo procese odločanja in vodijo k bolj premišljenim in strateškim odločitvam.

4.5.2.4. SLABOSTI:

- **Transformerski modeli in LLM-ji zahtevajo veliko računalniških virov** za učenje in izvajanje, kar je lahko drago in energetsko zahtevno (Lam et al., 2024).
- **Učinkovitost LLM-jev močno temelji na kakovosti vhodnih podatkov.** Nedoslednosti ali pristranskosti v podatkih lahko vodijo do netočnih napovedi in napačnih odločitev.
- **Integracija LLM-jev v obstoječe sisteme SCM je lahko zapletena** in pogosto zahteva večje prilagoditve delovnih tokov in infrastrukture.
- Čeprav LLM-ji ponujajo močne vpoglede, so **njihovi procesi odločanja pogosto netransparentni**, kar otežuje razumevanje in zaupanje deležnikov brez uporabe tehnik razločljive umetne inteligence.
- **Uvajanje in vzdrževanje LLM-jev zahteva usposobljen kader in stalno spremljanje**, kar lahko vpliva na celotni donos naložbe (ROI).



4.5.3. ALGORITMI ZA GROZDENJE ZA OPTIMIZACIJO

4.5.3.1. K-MEANS

K-Means grozdenje je široko uporabljen algoritem nenadzorovanega učenja za združevanje podobnih podatkovnih točk.

Opis:

K-Means Clustering: Ta algoritem razdeli podatke na vnaprej določeno število gruče (k) na podlagi podobnosti značilnosti. Iterativno dodeljuje podatkovne točke gručam in posodablja težišča (centroide), da bi zmanjšal varianco znotraj gruče. Na ta način pomaga optimizirati procese, kot so upravljanje zalog in zaporedje opravil (Sharma, 2025).

Vendar pa ima K-Means nekatere omejitve: Težje se spoprijema z visoko-dimenzionalnimi podatki in odstopajočimi vrednostmi. Privzema, da so gruče sferične oblike, kar ne odraža vedno dejanske dinamike v dobavnih verigah (Gupta et al., 2023).

4.5.3.2. DBSCAN IN GMM

Alternativni pristopi k grozdenju, kot sta **DBSCAN** (*Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise*) in **Gaussovi mešani modeli (GMM – Gaussian Mixture Models)**, so pogosto potrebni za **nelinearno in na gostoti temelječe grozdenje**. Ti pristopi omogočajo prepoznavanje gruč **poljubnih oblik** ter obravnavo **šuma v podatkih**, kar je lahko posebej uporabno za **tržno segmentacijo** (Choi et al., 2022; Ester et al., 1996).

4.5.3.3. PREDNOSTI:

- **Enostavna izvedba:** K-Means je preprost za implementacijo in razumevanje, zato je dostopen za različne namene in uporabe v različnih panogah (ifttt-user, 2022).
- **Preprostost in učinkovitost:** Zaradi svoje preprostosti in računske učinkovitosti K-Means omogoča hitro obdelavo tudi večjih podatkovnih nizov (K-Means Pros & Cons, brez datuma; Optimove, brez datuma).
- **Razširljivost:** Algoritem se dobro prilagaja velikim podatkovnim nizom, kar ga naredi primerne za uporabo v upravljanju dobavnih verig, kjer je treba obdelovati velike količine podatkov (K-Means Pros & Cons, brez datuma; Optimove, brez datuma).
- **Vsestranskost:** K-Means je uporaben za širok spekter vrst podatkov in področij – od segmentacije trga do upravljanja zalog –, saj zna združevati podatke glede na podobnost značilnosti (ifttt-user, 2022; Optimove, brez datuma).
- **Razložljivost:** Nastale gruče in težišča (centroidi) so enostavni za razlago, kar zagotavlja jasne vpoglede v strukturo podatkov (Optimove, brez datuma).

4.5.3.4. SLABOSTI:

- **Občutljivost na začetno izbiro:** Izbira začetnih centrov lahko bistveno vpliva na končne gruče. Slaba inicializacija lahko vodi do podoptimalnih rezultatov grozdenja (ifttt-user, 2022).



- **Vnaprej določeno število gruče (k):** Število gruče (k) mora biti določeno vnaprej, kar je lahko zahtevno brez predhodnega poznavanja podatkov (ifttt-user, 2022).
- **Privzema sferične gruče:** K-Means predvideva, da so gruče sferične in podobne velikosti, kar pa pogosto ne drži v realnih podatkovnih nizih. Ta predpostavka lahko vodi do netočnega grozdenja pri kompleksnih podatkih (ifttt-user, 2022; Ilyas Karim et al., 2024).
- **Občutljivost na odstopanja:** Odstopajoče vrednosti lahko nesorazmerno vplivajo na izračun centroidov, kar vodi do popačenih gruče. Ta občutljivost je pomembna omejitev pri podatkih z veliko šuma (ifttt-user, 2022; somakaushik98, brez datuma).



4.5.4. OPTIMIZACIJSKI ALGORITMI ZA RAZPOREJANJE VIROV IN NAČRTOVANJE PROIZVODNJE

4.5.4.1. GENETSKI ALGORITMI (GA) ZA UČINKOVITO RAZPOREJANJE

Genetski algoritmi temeljijo na navdihu iz naravne selekcije in se uporabljajo za reševanje kompleksnih optimizacijskih problemov.

Opis:

- **Genetski algoritmi (GA):** Ti algoritmi posnemajo proces evolucije s tem, da ustvarjajo in izboljšujejo več rešitev z namenom najti najbolj optimalno. Še posebej so učinkoviti pri iskanju rešitev v kompleksnih, večdimenzionalnih prostorih in pri uravnoteževanju več ciljev hkrati (Dennis Kallina, 2021; Mehta, 2022).

4.5.4.2. OPTIMIZACIJA Z MRAVLJIŠČNO KOLONIJO (ACO) ZA OPTIMIZACIJO PROIZVODNEGA TOKA

Optimizacija z mravljiščno kolonijo (ACO) je z naravo navdihnjen algoritem, ki se uporablja za reševanje kompleksnih kombinatoričnih optimizacijskih problemov.

Opis:

- **ACO (optimizacija z mravljiščno kolonijo):** Navdihnjena z iskanjem hrane v resničnih mravljiščih, ACO uporablja umetne mravlje za iskanje optimalnih poti skozi prostor problemov. Učinkovita je pri optimizaciji poti in razporejanju, kjer dinamično prilagaja proizvodne zaporedja glede na omejitve v realnem času (Mihai Andrei, 2024).

4.5.4.3. OPTIMIZACIJA Z ROJEM DELCEV (PSO) RAZPOREJANJE VIROV

Optimizacija z rojem delcev (PSO) je računska metoda, navdihnjena z družbenim vedenjem ptic v jatah ali rib v jatah.

Opis:

- **PSO:** Ta algoritem uporablja inteligenco roja za optimizacijo izrabe virov in uravnoteženje delovne obremenitve. Simulira kolektivno inteligenco za dinamično prilagajanje razporejanja in porazdelitve virov, pri čemer uravnava obremenjenost strojev in zmanjšuje porabo energije (Kennedy & Eberhart, 1995).

4.5.4.4. PREDNOSTI:

- **Visoka učinkovitost:** GA, PSO in ACO so sposobni hitro reševati obsežne, kompleksne probleme razporejanja in dodeljevanja virov (Zhi Chen et al., 2025).
- **Prilagodljivost spremembam v realnem času:** ACO in PSO dinamično prilagajata urnike v negotovih okoljih, kot so motnje v proizvodnji in zamude dobaviteljev (Zhi Chen et al., 2025).
- **Večciljna optimizacija:** GA in PSO hkrati optimizirata več omejitev, na primer zmanjšanje stroškov ob hkratnem povečanju učinkovitosti (Ziang Liu et al., 2024).
- **Razširljivost:** Ti algoritmi delujejo tako za majhne kot tudi za srednje in velike aplikacije na področju upravljanja dobavnih verig.



4.5.4.5. SLABOSTI:

- **Računska zahtevnost:** GA in ACO zahtevata veliko računsko moč, še posebej pri obravnavi obsežnih omrežij dobavnih verig (Qi Liu et al., 2022).
- **Počasnejša konvergenca v dinamičnih okoljih:** PSO se lahko sooča s prezgodnjo konvergenco in pogosto zahteva natančno prilagajanje parametrov za uporabo v dinamičnih sistemih dobavnih verig (Shaqarin & Noack, 2023).
- **Občutljivost na parametre:** GA in PSO zahtevata skrbno izbiro mutacijskih stopenj, verjetnosti križanja in velikosti roja, kar lahko oteži implementacijo (Mewael Isiet & M. S. Gadala, 2020).
- **Odzivnost na podatke:** ACO in PSO za optimalne rezultate potrebujejo visokokakovostne zgodovinske podatke, kar omejuje njuno uporabnost v okoljih z malo podatki (Saptarshi Sengupta et al., 2018).

4.5.5. OBDELAVA NARAVNEGA JEZIKA (NLP) ZA VPOGLEDE V PROIZVODNJO

4.5.5.1. ANALIZA SENTIMENTA IN Z AI PODPRTO RAZPOREJANJE

Uvod: Tehnike obdelave naravnega jezika (NLP), kot je analiza sentimenta, so ključne za pridobivanje vpogledov iz besedilnih podatkov v upravljanju dobavnih verig.

Opis:

- 5 • **Analiza sentimenta:** Analiza sentimenta, ki temelji na NLP, pridobiva vpogleda iz poročil operaterjev, zapisov o odzivih strojev in komunikacije z dobavitelji. Pomaga razumeti raven zadovoljstva strank ter prepoznati področja, kjer so možne izboljšave (Ideamaker, 2024).
- 6 • **BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers):** BERT je na transformerjih temelječ model, ki razume kontekst in jezikovne nianse v besedilu, zato je posebej primeren za natančnejšo analizo sentimenta in z umetno inteligenco podprto razporejanje.

6.5.5.1. KLEPETALNI ROBOTI ZA KOMUNIKACIJO Z DOBAVITELJI:

- Klepetalni roboti, podprti z obdelavo naravnega jezika (NLP), **avtomatizirajo interakcije z dobavitelji in deležniki**, poenostavijo komunikacijo ter zmanjšajo ročno delovno obremenitev (Ihnatchyck, 2024; Lintermans, 2022).

6.5.5.2. PREPOZNAVANJE IMENOVANIH ENTITET (NER):

- **Modeli za prepoznavanje imenovanih entitet (NER)** razvrščajo besedilo v kategorije, kar omogoča organizacijo neurejenih podatkov – to pa je ključno za učinkovito delovanje procesov v upravljanju dobavnih verig (Ihnatchyck, 2024).

6.5.5.3. MODELOVANJE TEM IN LATENTNA DIRICHLETOVA RAZDELITEV (LDA):



- **Te tehnike nenadzorovanega učenja** analizirajo velike podatkovne nize za prepoznavanje vzorcev in trendov, kar pomaga pri analizi tržnih gibanj in strateškem odločanju (Ihnatchyck, 2024).

6.5.5.4. SEMANTIČNA RAZČLENITEV:

- Ta tehnika pretvarja poizvedbe v naravnem jeziku v strukturirane poizvedbe za baze podatkov, kar uporabnikom omogoča interakcijo z bazami brez obsežnega programerskega znanja in tako povečuje dostopnost do podatkov (Ihnatchyck, 2024).



6.5.5.5. PREPOZNAVANJE TVEGANJ:

- NLP analizira neurejene podatke iz virov, kot so novice in družbena omrežja, za odkrivanje morebitnih tveganj in trendov, ki vplivajo na dobavitelje, s čimer izboljšuje strategije upravljanja tveganj (*measuredrisk*, *brez datuma*).

6.5.5.6. ZAZNAVANJE NAPAK V PODATKOVNIH NIZIH:

- NLP prepozna neskladja in napake v podatkovnih nizih, kar zagotavlja kakovost in zanesljivost podatkov v operacijah dobavne verige (Ihnatchyck, 2024).

6.5.5.7. PREDNOSTI:

- **Izboljšano odločanje:** NLP pretvarja neurejene podatke v strukturirane vpogledе, kar podpira informirano odločanje v okviru funkcij upravljanja dobavne verige (SCM) in načrtovanja dobička (PP) (Ihnatchyck, 2024).
- **Večja učinkovitost:** Avtomatizacija nalog analize podatkov z uporabo NLP zmanjša potrebo po ročnem delu, kar vodi do hitrejših in natančnejših rezultatov (Lintermans, 2022; Nikhil Koranne, 2024).
- **Zmanjševanje tveganj:** Zgodnje odkrivanje morebitnih težav prek NLP (npr. iz finančnih poročil, družbenih omrežij in globalnih dogodkov) omogoča pravočasne in proaktivne ukrepe, s čimer se zmanjšajo motnje v dobavni verigi (*measuredrisk*, *brez datuma*).

6.5.5.8. SLABOSTI:

- **Skrbi glede zasebnosti podatkov:**
 - Obdelava občutljivih informacij z uporabo NLP sproža **vprašanja zasebnosti**, zato so potrebni zanesljivi ukrepi za zaščito podatkov (Rotenberg, 2024).
 - **Uporaba klepetalnih robotov in modelov za prepoznavanje tveganj**, podprtih z NLP, predstavlja tveganje za zasebnost podatkov, saj ti sistemi obdelujejo velike količine **zaupnih informacij dobaviteljev in finančnih podatkov** (Rotenberg, 2024).
- **Izzivi pri integraciji:** Vključevanje NLP-tehnologij v obstoječe sisteme je lahko zapleteno in pogosto zahteva obsežne prilagoditve delovnih tokov (Ihnatchyck, 2024; packageX, 2023).
- **Odvisnost od kakovosti podatkov:** NLP-modeli za zaznavanje napak zahtevajo kakovostne vhodne podatke, saj lahko nedoslednosti ali pristranskosti v zgodovinskih podatkih vodijo do napačnih napovedi v dobavni verigi (Ihnatchyck, 2024).
- **Zahtevnost z vidika virov:** Modeliranje tem (LDA) in napredna napovedna analitika, ki temelji na NLP, zahtevata znatne računalniške vire in usposobljeno osebje za uspešno uvedbo, kar lahko vpliva na skupni donos naložbe (Ihnatchyck, 2024).

4.5.6. RAZLOŽLJIVOST IN RAZUMLJIVOST ZA IZBOLJŠANO ODLOČANJE

Integracija umetne inteligence (AI), interneta stvari (IoT) in vmesnikov med človekom in strojem povezuje strojne in programske sisteme z namenom optimizacije avtomatiziranih procesov v upravljanju dobavnih verig (SCM). Z razvojem industrije proti paradigmi **Industrije 5.0** se pozornost preusmerja z operacij, usmerjenih v stroje, na **človeku osredotočeno umetno inteligenco**, kjer AI-tehnologije dopolnjujejo človekovo odločanje za večjo produktivnost. V tem kontekstu sta **razložljiva umetna inteligenca (XAI)** in **razumljivo strojno učenje (iML)** ključnega pomena za zagotavljanje preglednosti v procesih odločanja v SCM. Omogočata, da deležniki razumejo, zaupajo in učinkovito ukrepajo na podlagi vpogledov, ki jih ustvari umetna inteligenca.

Sistemi SCM, podprti z umetno inteligenco, temeljijo na sprotni obdelavi podatkov, napovedni



analitiki in avtomatizaciji z namenom povečanja operativne učinkovitosti. Vendar pa brez ustrezne **razložljivosti** ostajajo postopki odločanja umetne inteligence netransparentni, kar zavira zaupanje uporabnikov in širšo uvedbo.

Razlika med razložljivostjo in razumljivostjo v kontekstu umetne inteligence je pogosto predmet razprav. Nekateri raziskovalci ti pojma uporabljajo izmenično, medtem ko drugi menijo, da se razložljivost (npr. metode SHAP, LIME) nanaša na **pojasnjevanje izhodov modela**, razumljivost pa na **notranjo transparentnost samega modela** (npr. odločitvena drevesa, logistična regresija).

Študija (El Oualidi & Assar, 2024) ponuja strukturiran pregled **razložljive umetne inteligence (XAI)** in **razumljivega strojnega učenja (iML)** ter njun vpliv na procese v upravljanju dobavnih verig, s čimer postanejo vpogledi, ki jih ustvarja umetna inteligenca, bolj uporabni in izvedljivi na različnih ravneh upravljanja SCM.

4.5.6.1.1. KLJUČNI KONCEPTI: RAZLOŽLJIVOST, RAZUMLJIVOST IN UMETNA INTELIGENCA V SCME Explainable Artificial Intelligence (XAI)

Razložljiva umetna inteligenca (XAI) izboljša zaupanje in širšo uvedbo sistemov za podporo odločanju v dobavnih verigah, ki temeljijo na umetni inteligenci, saj naredi izhode AI razumljive. Ključne metode XAI vključujejo:

- **Metode, neodvisne od modela** (npr. SHAP, LIME) – Razlagajo različne AI modele, vključno z globokim učenjem.
- **Metode, specifične za model** (npr. Class Activation Mapping za CNN) – Prilagojene specifičnim arhitekturam.
- **Lokalna proti globalnim razlagam** – Lokalna pojasnila se osredotočajo na posamezne odločitve AI, medtem ko globalna pojasnila nudijo celovit pogled na model.

4.5.6.1.2. RAZUMLJIVO STROJNO UČENJE (iML)

Razumljivo strojno učenje (iML) zagotavlja, da so odločitveni modeli v SCM od samega začetka transparentni, kar uporabnikom omogoča sledenje in razumevanje napovedi, ki jih ustvari umetna inteligenca. Za razliko od **razložljive umetne inteligence (XAI)**, ki nudi pojasnila po tem, ko je odločitev že sprejeta, iML daje prednost modelom, ki so od začetka razumljivi, kot so:

- **Odločitvena drevesa**
- **Generalizirani aditivni modeli (GAM)**
- **Razložljive krepilne naprave (EBM)**

Z integracijo tehnik **iML** v sisteme SCM, podprte z umetno inteligenco, organizacije izboljšajo odločanje v realnem času, oceno tveganj in operativno učinkovitost.

4.5.6.2. APLIKACIJE SCM, PODPRTE Z UMETNO INTELIGENCO, IN IZZIVI RAZLOŽLJIVOSTI



Procesi SCM zahtevajo odločanje v realnem času, ki temelji na umetni inteligenci, v različnih področjih:

- • **Napovedovanje povpraševanja:** AI napoveduje prihodnja nihanja povpraševanja na podlagi zgodovinskih podatkov o prodaji.
- • **Optimizacija zalog:** AI uravnava nivoje zalog, da zmanjša pomanjkanje ali presežek zalog.
- • **Upravljanje tveganj v dobavni verigi:** AI ocenjuje motnje v dobavni verigi z uporabo zunanjih podatkov (vreme, tržni pogoji, geopolitična tveganja).
- • **Optimizacija poti:** AI-podprta logistika optimizira transportna in distribucijska omrežja.
- • **Izbor dobaviteljev in nabava:** AI ocenjuje dobavitelje na podlagi stroškov, zanesljivosti in trajnosti.

Vendar pa te AI-aplikacije prinašajo izzive, povezane z razločljivostjo:

- • **Kako AI model določi točke za ponovni nakup zalog?**
- • **Zakaj AI priporoča določenega dobavitelja namesto drugega?**



- Kateri dejavniki vplivajo na izbiro poti v logistiki, ki jo poganja umetna inteligenca?

Zagotavljanje, da deležniki v SCM razumejo odločitve, ki jih poganja umetna inteligenca, je ključno za gradnjo zaupanja, skladnosti in operativne učinkovitosti.

4.5.6.3. METODE RAZLOŽLJIVOSTI, SPECIFIČNE ZA MODELE, V SCM

AI modeli, ki se uporabljajo v SCM, zahtevajo tehnike razložljivosti, prilagojene specifičnim funkcijam dobavne verige. Naslednje metode povečujejo transparentnost modelov pri napovedovanju, optimizaciji in logistiki:

4.5.6.3.1. MAPIRANJE AKTIVACIJE KLAZE (CAM) IN GRADCAM

- Uporabljeno v vizualnih AI sistemih za avtomatizacijo skladišč.
- Izpostavi ključne značilnosti v modelih strojnega vida, kar omogoča logističnim managerjem, da interpretirajo napovedi AI, ki temeljijo na slikah.

4.5.6.3.2. DIFFI (DOLŽINSKO TEMELJEN IZOLACIJSKI GOZD ZA POMEMBNOST ZNAČILNOSTI)

- Uporabljeno pri zaznavanju anomalij za optimizacijo zalog.
- Pomaga pri prepoznavanju motenj v dobavni verigi z razlago odstopanj v vzorcih gibanja zalog.

4.5.6.3.3. LIONFORESTS

- Izboljša analizo tveganj v dobavni verigi.
- Generira IF-THEN odločitvena pravila, kar naredi napovedi AI bolj razumljive.

4.5.6.3.4. KARTOGRAFIJA POMEMBNOSTI

- Uporabljeno pri optimizaciji poti v logistiki, ki temelji na umetni inteligenci.
- Izpostavi ključne geografske in operativne omejitve, ki vplivajo na AI-predlagane transportne poti.

4.5.6.3.5. ARCANA (ANALIZA KORENINSKIH POMANJKLJIVOSTI, KI TEMELJI NA AVTOENCODERJIH)

- Uporabljeno pri analizi napak v dobavni verigi.
- Prepozna ključne šibke točke v omrežjih dobaviteljev in logističnih vozliščih.



Te metode izboljšujejo razumljivost, kar omogoča strokovnjakom v dobavni verigi, da zaupajo in ukrepajo na podlagi vpogledov, ki jih zagotavlja umetna inteligenca.

4.5.6.4. KOMBINIRANJE METOD RAZLOŽLJIVOSTI ZA OPTIMIZACIJO SCM

Nedavne raziskave nakazujejo, da bi bilo treba kombinirati več metod razložljivosti, da se zagotovi, da odločevalci v SCM prejmejo celovite vpoglede, podprte z umetno inteligenco:



- **Kombinirani pristop:**
 - Metode se uporabljajo zaporedno, da ustvarijo vpoglede v dobavno verigo, ki jih poganja umetna inteligenca.
 - **Primer:** SHAP v kombinaciji z XGBoost za oceno tveganja dobaviteljev.
- **Hkratni pristop:**
 - Več metod nudi različne poglede na AI-podprte odločitve.
 - **Primer:** LIME + SHAP za napovedovanje povpraševanja, podprto z umetno inteligenco.
- **Primerjava metod:**
 - Ocenjuje metode razložljivosti glede na skladnost in zanesljivost.
 - **Primer:** Ferraro et al. sta primerjala SHAP in LIME za optimizacijo dobavnih verig, podprto z umetno inteligenco.
- **Integracija AutoML:**
 - Povezuje AutoML z orodji za razložljivost za avtomatizirano odločanje v dobavni verigi.
 - **Primer:** LIME + SHAP znotraj AutoML za optimizacijo nabave, podprto z umetno inteligenco.

Z integracijo teh metod lahko strokovnjaki v SCM izboljšajo preglednost umetne inteligence in zagotovijo informirano, podatkovno podprto odločanje.

4.5.6.5. IZZIVI IN BODOČE USMERITVE V RAZLOŽLJIVI UMETNI INTELEGENCIJI ZA SCM

Kljub napredku v **razložljivi umetni inteligenci (XAI)** in **razumljivem strojnem učenju (iML)** še vedno obstaja več izzivov pri aplikacijah SCM, ki temeljijo na umetni inteligenci:

4.5.6.5.1. NAMEN RAZLOŽITEV

Različni deležniki v SCM zahtevajo različne ravni preglednosti umetne inteligence:

- **Vodje dobavnih verig** potrebujejo uporabne vpoglede z minimalno kompleksnostjo.
- **Podatkovni znanstveniki** potrebujejo podrobno diagnostiko modelov za optimizacijo učinkovitosti.

4.5.6.5.2. RAZLOŽITEV STANDARDIZACIJE METRIK

Za razliko od tradicionalnih metrik učinkovitosti SCM (stroški, dobavni roki, učinkovitost) razlage umetne inteligence nimajo enotnih industrijskih standardov.

4.5.6.5.3. SODELOVANJE ČLOVEKA IN UMETNE INTELEGENCE V SCM

- **AI modeli bi morali biti zasnovani za dopolnitev človeškega odločanja.**
- **Pristopi "človek v zanki" (Human-in-the-loop)** zagotavljajo, da AI modeli ostanejo prilagodljivi na kompleksnosti resničnega sveta v upravljanju dobavnih verig (SCM).

4.5.6.5.4. RAZLOŽLJIVOST UMETNE INTELEGENCE V ZELENIH DOBAVNIH VERIGAH



Ko postaja trajnostna naravnost prioriteta, lahko razločljiva umetna inteligenca izboljša ocene okoljskega vpliva, kar organizacijam omogoča:

- • **Optimizacijo ogljičnih odtisov v logistiki.**
- • **Zmanjšanje porabe energije s pomočjo AI-podprte optimizacije dobavnih verig.**



4.5.6.6. SKLEP

Povečanje uporabe umetne inteligence v SCM zahteva ravnovesje med avtomatizacijo in človeškim nadzorom. **Razložljiva umetna inteligenca (XAI)** in **razumljivo strojno učenje (iML)** sta ključnega pomena za gradnjo zaupanja v sisteme dobavnih verig, podprte z umetno inteligenco.

Prihodnje raziskave bi se morale osredotočiti na:

- **Standardizacija metrik razložljivosti umetne inteligence v SCM.**
- **Razvijanje razlag umetne inteligence, prilagojenih specifičnim skupinam uporabnikov v dobavni verigi.**
- **Izboljšanje sodelovanja med človekom in umetno inteligenco za bolj prilagodljive in odporne dobavne verige.**

S reševanjem teh izzivov lahko sistemi SCM, podprti z umetno inteligenco, dosežejo večjo preglednost, učinkovitost in zaupanje, kar odpira pot k bolj trajnostnim in človeku osredotočenim dobavnim verigam.



5. IZKORIŠČANJE NASTOPAJOČIH DIGITALNIH TEHNOLOGIJ ZA SCM 4.0

Naslednje poglavje podrobno opisuje, kako lahko rešitve, podprte z umetno inteligenco, pomembno izboljšajo upravljanje dobavnih verig (SCM) na strateških in operativnih ravneh (PP, S&OP, MPS, MRP in I/FCS), ter povzema njihove vloge, prednosti, omejitve in ključne vire.

5.1. AI-PODPRTO NAČRTOVANJE DOBIČKA SCM

Nastajajoče tehnologije Industrije 4.0 – kot so umetna inteligenca (AI), velika podatkovna analitika, internet stvari (IoT), veriženje blokov (Blockchain) in oblačno računalništvo – so preoblikovale načrtovanje dobička z izboljšanjem natančnosti napovedovanja, avtomatizacijo finančnih procesov in optimizacijo dodeljevanja virov.

Tukaj je, kako te tehnologije lahko prispevajo.

5.1.1. IZBOLJŠANA ZBIRKA IN ANALIZA PODATKOV

Odločanje, podprto s podatki, je osrednjega pomena za sodobno načrtovanje dobička, pri čemer tehnologije umetne inteligence izboljšujejo kakovost, hitrost in globino finančnih analiz.

- **Strojno učenje (ML):**
 - **ML modeli napovedujejo trende prihodkov, nihanja stroškov in dejavnike dobičkonosnosti**, kar omogoča proaktivno finančno načrtovanje (Sam Phipps, 2025).
 - **Ocene, podprte z ML**, pomagajo kvantificirati finančni vpliv in tveganja različnih poslovnih strategij (Colback, 2024).
- **Globoko učenje in nevronske mreže:**
Simulacije dobička, podprte z umetno inteligenco, pomagajo organizacijam oceniti različne finančne scenarije in njihov dolgoročni vpliv (Colback, 2024).
- **IoT za zajem podatkov v realnem času:**
 - **IoT naprave spremljajo operativno učinkovitost**, zagotavljajo sprotne posodobitve o zalogah, proizvodnih stroških in motnjah v dobavni verigi, da optimizirajo finančno uspešnost.

5.1.2. IMPROVED DECISION-MAKING

- **UI omogoča napovedno in predpisano analitiko, kar podjetjem omogoča sprejemanje na podatkih temelječih, v prihodnost usmerjenih odločitev pri načrtovanju dobička.**
 - **Napovedna analitika:**
 - Modeli umetne inteligence predvidevajo tržne trende, vedenje potrošnikov in gospodarska nihanja, kar podjetjem omogoča dinamično prilagajanje cen, zalog in obratovalnih stroškov (Colback, 2024).
 - **Simulacija scenarijev in napovedovanje tveganj:**



Simulacije, podprte z UI, analizirajo različne finančne strategije v različnih gospodarskih razmerah, kar izboljšuje upravljanje tveganj in strateško odločanje.

- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za analizo stroškov in napovedovanje:**

- o Algoritmi NLP obdelujejo zgodovinska finančna poročila, tržne novice in pogodbe z dobavitelji, da napovejo prihodnje stroškovne trende ter izboljšajo natančnost proračunskega načrtovanja (Ihnatchyck, 2024).
- o Tematsko modeliranje, ki temelji na NLP (LDA), prepozna vzorce stroškov v pogodbah z dobavitelji, finančnih izkazih in poročilih iz industrije, kar pripomore k natančnejšemu napovedovanju stroškov (Krishnan & Majumdar, 2021).

- **Analiza tržnega razpoloženja:**

- o Prepoznavanje imenovanih entitet (NER), podprto z UI, pridobiva vpogled iz finančnih poročil, novic in ocen strank, kar izboljšuje naložbene in cenovne odločitve (Bridget Rice, 2024).

5.1.3. OPERATIVNA UČINKOVITOST PRI NAČRTOVANJU DOBIČKA

UI izboljšuje stroškovno učinkovitost, odpornost oskrbovalne verige in avtomatizacijo procesov, kar vodi k večji dobičkonosnosti.

- **Avtomatizacija rutinskih finančnih nalog:**

- o Robotska procesna avtomatizacija (RPA), podprta z umetno inteligenco, zmanjšuje ročne napake, avtomatizira izdajanje računov, finančno poročanje in analizo tveganj ter znižuje obratovalne stroške.

- **Optimizacija oskrbovalne verige:**

- o Sistemi za sledenje z omogočenim internetom stvari (IoT) spremljajo pošiljke v realnem času, kar zmanjšuje zamude in stroške presežnih zalog.
- o Segmentacija dobaviteljev na podlagi UI optimizira nabavo z razvrščanjem dobaviteljev glede na dobavne roke, variabilnost stroškov in ocene kakovosti (Fran Quilty, 2022).

- **Optimizacijski algoritmi za razporejanje virov:**

- o **Genetski algoritmi (GA):** Prepoznajo najbolj dobičkonosne kombinacije izdelkov in cenovne strategije s simulacijo različnih finančnih scenarijev (Faizatulhaida Md Isa et al., 2023).
- o **Optimizacija s pomočjo rojev delcev (PSO):** Modeli razporejanja virov, podprti z UI, optimizirajo finančno in operativno porabo za maksimiranje dobičkonosnosti (Sahar Khajesaeedia et al., 2025).

5.1.4. IZBOLJŠANI VPOGLEDI V STRANKE IN DOBIČKONOSNOST

Analitika, podprta z UI, izboljšuje cenovne strategije, segmentacijo strank in optimizacijo prihodkov.

- **Gružčenje za segmentacijo izdelkov in strank (Mahya Seyedan & Fereshteh Mafakheri, 2020):**

- o Metoda K-means razvršča proizvodne linije glede na dobičkonosnost, kar omogoča ciljno usmerjene promocije.
- o Segmentacija strank izboljšuje cenovne strategije in povečuje stopnjo konverzije (Ivanov et al., 2017).



- **Analiza podatkov za vpoglede v vedenje strank:**
 - o Analiza vedenja strank, podprta z UI, pomaga pri izboljševanju personaliziranih marketinških strategij, kar povečuje ponovne nakupe in zvestobo blagovni znamki.
- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za analizo tržnega razpoloženja** (Bridget Rice, 2024):
 - o UI pridobiva vpoglede iz finančnih poročil, novic in povratnih informacij strank ter s tem izpopolnjuje napovedi prodaje in promocijske strategije.



- **Algoritmi gručenja za segmentacijo glede na dobičkonosnost:**
 - o **Strojno učenje za dinamično določanje cen** (Jang, 2025): Cenovni modeli, ki temeljijo na umetni inteligenci, prilagajajo cene izdelkov glede na povpraševanje, konkurenco, sezonskost in razpoložanje potrošnikov (Adam Hayes, 2025).
 - o UI razvršča izdelke z visoko in nizko maržo, kar podjetjem omogoča izboljšanje cenovnih modelov in promocijskih strategij (C. Chen et al., 2023).
 - o Segmentacija dobaviteljev pomaga optimizirati pogajanja o stroških in maržah z razvrščanjem dobaviteljev glede na cenovne trende, dobavne roke in kakovost storite.

5.1.5. FINANČNE INOVACIJE IN NALOŽBE, PODPRTE Z UI

UI in digitalne tehnologije preoblikujejo finančno načrtovanje, naložbene strategije in upravljanje tveganj v oskrbovalnih verigah.

- **Digitalni plačilni sistemi in veriženje blokov:**
 - o Pametne pogodbe, ki temeljijo na tehnologiji veriženja blokov, avtomatizirajo finančne transakcije, zmanjšujejo goljufije in poenostavljajo upravljanje denarnega toka (Adam Hayes, 2025).
- **Algoritemsko trgovanje in naložbene strategije, podprte z UI:**
 - o UI izboljšuje avtomatizirane strategije trgovanja, optimizira naložbene portfelje in maksimira donose.
- **Prepoznavanje tveganj z NLP in UI:**
 - o Modeli NLP pregledujejo pogodbe z dobavitelji, finančne izkaze in svetovne trgovinske politike ter zaznavajo finančna tveganja, še preden se ta stopnjujejo (measuredrisk, n.d.).
 - o UI obdeluje gospodarske novice, tržne podatke in vladna poročila za napovedovanje morebitnih finančnih motenj (Krishnan & Majumdar, 2021).

5.1.6. ORODJA ZA PRIČAKOVANJE IZDELKOV, KI JIH VODI UČENJE, IN PREPRIČANJE O UPORABI UČENJA V EVROPI

Med 210 analiziranimi orodji za načrtovanje dobička (Gartner, 2024) so v Evropi najbolj prepoznane naslednje rešitve:

- **Anaplan** (Anaplan, n.d.)
 - o Finančna platforma za načrtovanje, podprta z umetno inteligenco, namenjena napovedovanju, proračunskemu načrtovanju in analizi scenarijev.
- **Workday Adaptive Planning**
 - o Orodje za finančno modeliranje in optimizacijo stroškov na ravni podjetja, široko uporabljeno v korporativnih financah in upravljanju oskrbovalne verige (Prophix, 2024).

5.1.7. SKLEP

Integracija UI, strojnega učenja (ML), interneta stvari (IoT) in digitalnih finančnih tehnologij je preoblikovala načrtovanje dobička ter podjetjem omogočila boljše odločanje, optimizacijo finančne uspešnosti in predvidevanje tržnih tveganj.

- Napovedna analitika, gručenje in optimizacijski algoritmi povečujejo dobičkonosnost in blažijo tveganja.
- Avtomatizacija in inovacije na področju digitalnih financ poenostavljajo upravljanje stroškov in razporejanje virov.
- Vpogledi v stranke, podprti z UI, ter dinamično določanje cen povečujejo dobičkonosnost in prilagodljivost trgu.



- **Sentiment Analysis** gauges consumer confidence and industry trends, adjusting

Prihodnji napredki na področju razložljive umetne inteligence (XAI), avtomatiziranega finančnega modeliranja in načrtovanja financ na osnovi tehnologije veriženja blokov bodo še dodatno izboljšali preglednost, razširljivost in odpornost strategij načrtovanja dobička, podprtih z umetno inteligenco.

5.2. AI-DRIVEN S&OP V SCM

Umetna inteligenca (UI) je pomembno preoblikovala načrtovanje prodaje in proizvodnje (S&OP), saj izboljšuje natančnost napovedovanja, optimizacijo zalog in procese odločanja. S pomočjo strojnega učenja (ML), globokega učenja, gručenja, optimizacijskih algoritmov in obdelave naravnega jezika (NLP) UI izboljšuje napovedovanje povpraševanja, razporejanje virov in sprotne prilagoditve oskrbovalne verige.

To poglavje obravnava ključne metode, podprte z UI, ki se uporabljajo pri S&OP, njihove prednosti in primere uporabe v praksi.

5.2.1. NAPOVEDOVANJE IN NAČRTOVANJE POVPRASEVANJA

Napovedovanje povpraševanja, podprto z umetno inteligenco, povečuje natančnost, prilagodljivost in odzivnost ter podjetjem omogoča predvidevanje tržnih trendov in optimizacijo ravni zalog.

- **Strojno učenje (ML) za napovedovanje povpraševanja** (Jang, 2025; Random Forests, 2023; Sruthi, 2021):

- Umetna inteligenca in strojno učenje se vse pogosteje uporabljata v okviru S&OP za izboljšanje natančnosti napovedi in poenostavitev odločanja (Vinay Rajani, Preeti AryaCrossman, 2023).

- Drevesa odločanja in naključni gozdovi (Random Forests) zaznavajo povezave med prodajnimi trendi, sezonskostjo in gospodarskimi kazalniki ter tako povečujejo natančnost napovedi (Banoth, 2024).

- Podporni vektorski stroji (SVM) razvrščajo vzorce povpraševanja ter prepoznavajo nihanja in spremembe v povpraševanju (Jang, 2025).

- Metode Gradient Boosting Machines (GBM) in XGBoost izboljšujejo natančnost napovedi pri velikih podatkovnih nizih in presegajo tradicionalne statistične metode (T. Chen & Guestrin, 2016).

- **Nevronske mreže za napovedovanje časovnih vrst** (Gołąbek et al., 2020):

- LSTM (Long Short-Term Memory) modeli zajemajo dolgoročne odvisnosti v povpraševanju ter obvladujejo sezonskost in makroekonomske trende.

- Transformerji (npr. BERT, T5) presegajo LSTM pri večspremenljivskem napovedovanju, saj izboljšujejo prilagodljivost na zunanje motnje (Vaswani et al., 2023).

- Veliki jezikovni modeli (LLM) lahko pomagajo netehničnim uporabnikom pri ustvarjanju kode za napovedovanje ali razlaga obstoječih modelov. Trenutni splošni modeli so še omejeni, vendar bi lahko namensko prilagojeni LLM postali učinkoviti sodelavci za načrtovalce povpraševanja (Vinay Rajani & Preeti AryaCrossman, 2023).

- LLM lahko pretvarjajo neurejeno besedilo (npr. ocene izdelkov) v uporabne numerične ali kategorialne podatke.

- Takšno strukturirano izhodno vsebino je mogoče vključiti v napovedne modele – čeprav je uporaba v praksi na večji ravni trenutno še redka.

- LLM lahko povzemajo in urejajo strukturirane in nestrukturirane podatke ter podpirajo dejavnosti, kot so:

- povzemanje predpostavk s prejšnjih načrtovalnih sestankov,
- izpostavljanje sprememb v napovedih,
- spremljanje statusov projektov (npr. lansiranje izdelkov).

- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za signale povpraševanja** (Filipsson, 2024; Ihnatchyck, 2024):



- **Sentiment Analysis** gauges consumer confidence and industry trends, adjusting
 - Umetna inteligenca izlušči ocene strank, prodajne pogovore in tržne informacije (t. i. market chatter), da izboljša natančnost napovedi.

5.2.2. POVZEMANJE SESTANKOV IN PODPORA PRI ODLOČANJU

Avtomatizacija, podprta z UI, na S&OP sestankih zagotavlja usklajenost, odgovornost in strateško izvajanje.

- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za povzemanje sestankov** (Ihnatchyck, 2024):
 - UI izlušči ključne vpoglede iz razprav na sestankih S&OP, elektronske pošte in komunikacije z deležniki.
 - UI za sledenje odločitvam dodeljuje naloge, kar preprečuje neusklajenost pri izvajanju.
- **Nadzorne plošče S&OP v realnem času** (AIMMS, n.d.):
 - Nadzorne plošče, podprte z UI, vizualizirajo napovedi, prodajno uspešnost in operativna tveganja.

5.2.3. ORODJA, KI JIH POGANJA AI, V S&OP

Naslednji primeri orodij, podprtih z UI, izboljšujejo odločanje, avtomatizacijo in učinkovitost na ključnih operativnih področjih:

- **AIMMS:** AIMMS ponuja platformo za predpisno analitiko, ki omogoča modeliranje in optimizacijo v različnih panogah ter izboljšuje procese odločanja pri upravljanju oskrbovalne verige (AIMMS, n.d.).
- **Alta:** Alta, zagonsko podjetje na področju UI, je razvila agente umetne inteligence, ki avtomatizirajo prodajne naloge, vključno z iskanjem potencialnih strank, raziskovanjem, navezovanjem stikov in načrtovanjem sestankov, pri čemer se povezujejo z več kot 50 poslovnimi orodji (Webb, 2025)

5.2.4. INDUSTRIJSKE APLIKACIJE ORODIJ, KI JIH POGANJA AI, V S&OP

Načrtovanje prodaje in proizvodnje (S&OP), podprto z umetno inteligenco, preoblikuje globalne oskrbovalne verige, pri čemer se v praksi uporablja v številnih panogah:

- **Foxconnov FoxBrain:** Foxconn je razvil lasten model umetne inteligence, imenovan FoxBrain, namenjen izboljšanju proizvodnje in upravljanja oskrbovalne verige s pomočjo analize podatkov in sposobnosti sklepanja (Reuters, 2025; Yang Jie, 2025).
- **Amarra:** Amarra, distributerka svečanih oblek, uporablja UI za upravljanje zalog, kar je privedlo do 40-odstotnega zmanjšanja presežnih zalog (Satta Sarmah Hightower, 2025).

5.2.5. SKLEP

Načrtovanje prodaje in proizvodnje (S&OP), podprto z umetno inteligenco, je preoblikovalo agilnost, natančnost in učinkovitost oskrbovalnih verig.

Ključne ugotovitve:

- Strojno učenje in globoko učenje izboljšujeta napovedovanje povpraševanja in načrtovanje prodaje.



- **Sentiment Analysis** gauges consumer confidence and industry trends, adjusting
- Hibridni modeli UI združujejo več metodologij za večjo natančnost, prilagodljivost in podporo pri odločanju.

Prihodnji trendi:

- Razločljiva umetna inteligenca (XAI) za sprotne vpogled v S&OP.
- Avtonomno odločanje, podprto z UI, v mrežah oskrbovalnih verig.
- Integracija digitalnih dvojčkov, podprtih z UI, za napovedne simulacije.



and gain competitive advantages in global markets.

5.3. AI-DRIVEN MPS V SCM

Glavno proizvodno načrtovanje (MPS) ima ključno vlogo pri upravljanju oskrbovalne verige, saj pretvarja napovedi povpraševanja v podrobne proizvodne načrte.

Tradicionalno se je MPS soočal z izzivi, kot so negotovost glede povpraševanja, neučinkovito razporejanje virov in togost pri načrtovanju.

Tehnologije, podprte z umetno inteligenco, danes izboljšujejo natančnost, prilagodljivost in učinkovitost MPS z uporabo strojnega učenja, optimizacijskih algoritmov, sprotne obdelave podatkov in napovedne analitike. Te tehnologije proizvajalcem omogočajo optimizacijo razporejanja, zmanjševanje izpadov, učinkovito razporejanje virov in izboljšano odločanje.

Spodaj so predstavljene ključne zmožnosti, podprte z UI, ki preoblikujejo MPS:

5.3.1. NAČRTOVANJE PROIZVODNJE NA PODLAGI POVPRASEVANJA

Načrtovanje proizvodnje, podprto z umetno inteligenco, usklajuje proizvodne razporede s predvidenim povpraševanjem, zmanjšuje neučinkovitosti in skrajšuje dobavne roke.

- **Nadzorne plošče z umetno inteligenco za optimizacijo razporejanja (AIMMS, n.d.):**
 - o Zagotavljajo sprotne posodobitve razporedov ter zaznavajo ozka grla in neučinkovitosti.
 - o UI avtomatizira prilagajanje razporedov, kar zagotavlja minimalno človeško posredovanje.
- **Strojno učenje za napovedovanje ozkih grl pri razporejanju (Gołąbek et al., 2020):**
 - o UI napoveduje okvare strojev, preobremenitve kapacitet in pomanjkanje virov ter tako omogoča pravočasne prilagoditve razporeda.
- **Nevronske mreže za napovedovanje razpoložljivosti strojev (Vaswani et al., 2023):**
 - o LSTM-mreže napovedujejo razpoložljivost strojev na podlagi zgodovinskih vzorcev uporabe in podatkov senzorjev v realnem času, kar zmanjšuje čas mirovanja.

5.3.2. USKLAJEVANJE DOBAVITELJEV IN RAZPOLOŽLJIVOST MATERIALA

Komunikacija z dobavitelji in sledenje materialom, podprta z UI, zagotavljata stalen dotok surovin.

- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za komunikacijo z dobavitelji in zaznavanje težav (Lintermans, 2022):**
 - o Klepetalni roboti, podprti z umetno inteligenco, avtomatizirajo povpraševanja dobaviteljev, sledijo pošiljkam in hitreje rešujejo spore.
 - o Analiza razpoloženja zazna morebitne zamude dobaviteljev z analizo e-poštnih sporočil, pogodb in finančnih poročil (Ihnatchyck, 2024).
- **Napovedna analitika za pomanjkanje materiala (Filipsson, 2024):**
 - o UI napoveduje motnje v oskrbovalni verigi ter dinamično prilagaja urnike nabave.

5.3.3. SLEDENJE ODLOČITVAM IN NENEHNO IZBOLJŠEVANJE



Intelligentno odločanje, podprto z umetno inteligenco, zagotavlja usklajenost, sledenje in natančnost izvajanja S&OP.

- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za avtomatizirano povzemanje sestankov** (Ihnatchyck, 2024):
 - o UI izlušči ključne odločitve s sestankov načrtovanja, kar zagotavlja nadaljnje ukrepanje in odgovornost.
 - o Semantična razčlenitev pretvori razprave v strukturirane akcijske točke ter usklajuje proizvodne in operativne ekipe.
- **Nadzorne plošče UI v realnem času za spremljanje učinkovitosti** (AIMMS, n.d.):
 - o Nadzorne plošče, podprte z UI, omogočajo sproten vpogled v razporejanje ter zaznavajo zamude in neučinkovitosti.
 - o Modeli stalnega učenja izboljšujejo proizvodne strategije na podlagi zgodovinskih podatkov in sprotne analitike.

5.3.4. AI-DRIVEN TOOLS V MPS

Glavno proizvodno načrtovanje (MPS) zahteva rešitve, podprte z umetno inteligenco, ki napovedi povpraševanja pretvorijo v izvedljive proizvodne razporede ter zagotavljajo učinkovito razporejanje virov, zaporedje serij in optimizacijo proizvodnega toka. Lahko omenimo orodje, že izbrano za S&OP:

- **AIMMS predpisna analitika za MPS** (AIMMS, n.d.):
Platforma za glavno proizvodno načrtovanje, podprta z umetno inteligenco, ki optimizira zaloge in časovnice proizvodnje.

5.3.5. INDUSTRIJSKE APLIKACIJE ORODIJ, KI JIH POGANJA AI, V MPS

Rešitve za glavno proizvodno načrtovanje (MPS), podprte z umetno inteligenco, se široko uvajajo v različnih panogah za izboljšanje učinkovitosti razporejanja in operativne agilnosti.

- **Foxconnov FoxBrain** (Reuters, 2025; Yang Jie, 2025):
Model za optimizacijo proizvodnje, podprt z UI, ki dinamično prilagaja proizvodne razporede.
- **Amarra AI za zaloge in razporejanje** (Satta Sarmah Hightower, 2025):
UI, ki temelji na gručanju naročil in razporejanju proizvodnih serij, kar je privedlo do 40-odstotnega zmanjšanja presežnih zalog.

5.3.6. SKLEP

Glavno proizvodno načrtovanje (MPS), podprto z umetno inteligenco, zagotavlja sprotno prilagodljivost, učinkovitost in optimizirano uporabo virov ter revolucionarno spreminja proizvodne procese.

Ključne ugotovitve:

- Strojno učenje in nevronske mreže napovedujejo ozka grla pri razporejanju in optimizirajo razpoložljivost strojev.
- NLP za komunikacijo z dobavitelji in zaznavanje težav.
- Napovedna analitika za pomanjkanje materiala.



- Hibridni modeli UI izboljšujejo večciljno razporejanje s kombiniranjem učinkovitosti in stroškov.

Prihodnji trendi:

- Digitalni dvojčki, podprti z UI, za simulacije MPS.
- Samoučni modeli razporejanja na podlagi okrepljenega učenja.
- Popolnoma avtonomni proizvodni nadzorni sistemi, podprti z UI.

Z integracijo umetne inteligence v delovne tokove MPS podjetja povečujejo proizvodno agilnost, zmanjšujejo operativne stroške in ohranjajo odpornost v nestanovitnih trgih.



5.4. AI-DRIVEN MRP V SCM

Načrtovanje materialnih potreb (MRP) je ključna funkcija v upravljanju oskrbovalne verige, saj zagotavlja, da so surovine, komponente in deli na voljo ob pravem času, v ustreznih količinah in po najnižjih stroških.

Tradicionalni MRP-sistemi so se pogosto soočali z nihanjem povpraševanja, neravnovesjem zalog in motnjami v oskrbovalni verigi, saj so temeljili na statičnih napovedih, ki se niso prilagajale dejanski spremenljivosti v okolju.

Z integracijo tehnologij, podprtih z umetno inteligenco, se je MRP razvil v dinamičen in prilagodljiv sistem, zmožen odločanja v realnem času. UI omogoča hitrejši odziv, saj neprestano obdeluje signale dejanskega povpraševanja, posodobitve dobaviteljev in proizvodne omejitve, kar zagotavlja pravočasne in proaktivne prilagoditve v nabavi in zalogah.

To vodi do:

- Boljše napovedi povpraševanja, kar zmanjšuje pomanjkanje materiala in presežne zaloge.
- Avtomatiziranih prilagoditev oskrbovalne verige, ki se dinamično odzivajo na motnje.
- Izboljšane učinkovitosti nabave, z manj zamudami in manjšim tveganjem pri dobaviteljih.
- Optimizacije pretoka materiala v realnem času, kar zagotavlja kontinuiteto proizvodnje.

Spodaj so predstavljene ključne zmožnosti, podprte z umetno inteligenco, ki preoblikujejo MRP.

5.4.1. NAČRTOVANJE MATERIALA GLEDE NA POVPRÁŠEVANJE

UI izboljšuje odzivnost MRP s tem, da dinamično usklajuje strategije nabave in upravljanja zalog s sprotnimi spremembami v proizvodnji in povpraševanju.

- **Strojno učenje za napovedovanje povpraševanja in nadzor zalog** (Banoth, 2024; Pedro R., 2024):
 - o UI napoveduje pomanjkanje materialov in tveganje presežnih zalog ter tako preprečuje motnje v oskrbovalni verigi.
 - o Drevesa odločanja in naključni gozdovi analizirajo zgodovinsko porabo zalog, dobavne roke dobaviteljev in sezonske trende povpraševanja.
- **Globoko učenje za natančnost v nabavi** (Pedro R., 2024):
 - o LSTM-mreže in transformatorji napovedujejo sprotne potrebe oskrbovalne verige ter izboljšujejo natančnost nabave.
 - o Prilagodljivi modeli UI dinamično prilagajajo naročila surovin glede na proizvodne trende.
- **Gručenje za določanje prioritet pri materialih** (Danaka M. Porter, 2018):
 - o UI razvršča surovine glede na variabilnost povpraševanja, zanesljivost dobaviteljev in nujnost proizvodnje.
 - o S tem zagotavlja, da imajo ključni materiali prednost, hkrati pa optimizira obračanje zalog.

5.4.2. IZBIRA DOBAVITELJEV IN OPTIMIZACIJA NABAVE

Umetna inteligenca izboljšuje ocenjevanje dobaviteljev, pogajanja o pogodbah in učinkovitost nabave ter zmanjšuje tveganja in zamude.



- **Strojno učenje za ocenjevanje dobaviteljev** (Banoth, 2024; Jang, 2025):
 - o UI razvršča dobavitelje glede na stroške, zanesljivost in dobavne roke ter avtomatizira postopke izbire.
 - o Podporni vektorski stroji (SVM) prepoznajo dobavitelje z visokim tveganjem ter tako izboljšujejo nabavne odločitve.
- **Gručenje K-means za optimizacijo nabavne strategije** (Danaka M. Porter, 2018):
 - o UI razdeli dobavitelje v strateške skupine in s tem optimizira urnike nabave.
 - o Zagotavlja razpršeno bazo dobaviteljev ter zmanjšuje tveganje odvisnosti od posameznega vira.
- **Optimizacijski algoritmi za usklajevanje z večstopenjskimi dobavitelji** (Chauhan et al., 2023; Kallina, 2021):
 - o Genetski algoritmi (GA) dinamično prilagajajo naročila materialov in zagotavljajo usklajenost nabave s sprotnimi potrebami proizvodnje.
 - o PSO (optimizacija z rojem delcev) in ACO (optimizacija s pomočjo kolonij mravelj) optimizirata izbiro dobaviteljev in tok materiala, kar zmanjšuje odpadke in neučinkovitosti pri nabavi (Boute & Udenio, 2021).

5.4.3. UPRAVLJANJE IN DOPOLNJEVANJE ZALOG

Optimizacija zalog, podprta z umetno inteligenco, zmanjšuje stroške skladiščenja, preprečuje pomanjkanje in zagotavlja nemoten potek proizvodnje.

- **Gručenje za optimizacijo zalog** (Danaka M. Porter, 2018):
 - o UI razvršča dele glede na cikle povpraševanja ter s tem zagotavlja učinkovito zalaganje materialov.
 - o Pomaga preprečevati motnje v oskrbovalni verigi s tem, da daje prednost ključnim materialom.
- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za avtomatizirano optimizacijo zalog** (Filipsson, 2024):
 - o UI ocenjuje kataloge dobaviteljev in urnike dostav ter optimizira raven zalog.
 - o Klepetalni roboti avtomatizirajo zahteve za dopolnitev zalog in zagotavljajo sprotne posodobitve stanja (Ihnatchyck, 2024).
- **PSO za dinamično uravnoteženje zalog** (Kennedy & Eberhart, 1995):
 - o UI dinamično prilagaja raven zalog med skladišči in tako zmanjšuje prekomerno naročanje.

5.4.4. LOGISTIKA IN OPTIMIZACIJA PRETOKA MATERIALA

Logistične rešitve, podprte z umetno inteligenco, zagotavljajo učinkovit prevoz materialov in zmanjšujejo motnje v oskrbovalni verigi.

- **Optimizacija poti z algoritmom kolonije mravelj (ACO)** (Mihai Andrei, 2024):
 - o UI optimizira dostavne poti za materiale ter s tem zmanjšuje čas prevoza in ozka grla pri dobaviteljih.
 - o Dinamično preusmerja pošiljke glede na zamude, vremenske razmere ali omejitve skladišč.
- **Genetski algoritmi za razporejanje skladišč** (Chauhan et al., 2023):
 - o UI uravnava izkoriščenost skladiščnega prostora, preprečuje prekomerno skladiščenje in hkrati zagotavlja neprekinjeno oskrbo.



- **UI v realnem času za prilagoditve v nabavi** (PlanetTogether, 2024; Rootstock Software, 2024):
 - o UI obdeluje podatke o uspešnosti dobaviteljev v realnem času, kar nabavnim ekipam omogoča takojšnje prilagajanje naročil.

5.4.5. UPRAVLJANJE ODNOSOV Z DOBAVITELJI IN ZMANJŠEVANJE TVEGANJ

UI izboljšuje spremljanje dobaviteljev, ocenjevanje tveganj in sledenje skladnosti.

- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za analizo komunikacije z dobavitelji** (Ihnatchyck, 2024; Lintermans, 2022):
 - o Klepetalni roboti, podprti z UI, avtomatizirajo interakcije z dobavitelji, povpraševanja in reševanje sporov.
- **Analiza razpoložanja za ocenjevanje dobaviteljev** (Ideamaker, 2024):
 - o UI pridobiva vpogled iz pogodb, cenovnih trendov in ocen dobaviteljev ter s tem izboljšuje izbor dobaviteljev.
- **Prepoznavanje tveganj v odnosih z dobavitelji** (measuredrisk, n.d.):
 - o UI analizira zgodovino dobaviteljev, evidence o skladnosti in ocene uspešnosti ter označuje dobavitelje z visokim tveganjem.

5.4.6. OBVEŠČANJE O ODLOČITVAH ZA MRP

Sistemi za podporo odločanju, podprti z umetno inteligenco, izpopolnjujejo strategije MRP in načrtovanje nabave.

- **Nadzorne plošče UI za podporo odločanju v MRP** (AIMMS, n.d.):
 - o Zagotavljajo sprotne vpogled v raven zalog, nabavna tveganja in motnje v oskrbovalni verigi.
- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za povzemanje sestankov in sledenje nalogam** (Ihnatchyck, 2024):
 - o UI pretvarja razprave o nabavi v strukturirane ukrepe ter zagotavlja usklajenost med MRP in proizvodnimi ekipami.

5.4.7. AI-DRIVEN TOOLS V MRP

MRP temelji na rešitvah, podprtih z umetno inteligenco, ki zagotavljajo razpoložljivost surovin in komponent ob pravem času in v ustreznih količinah. Izbrana orodja izboljšujejo upravljanje dobaviteljev, napovedovanje povpraševanja in učinkovitost nabave ter tako zagotavljajo optimalne ravni zalog in preprečujejo pomanjkanje ali presežke.

Spodaj sta predstavljena dva primera orodij za načrtovanje materialnih potreb (MRP), ki vključujeta rešitve z umetno inteligenco in podpirata večstopenjske kosovnice (BOM):

- **Streamline:** platforma, podprta z umetno inteligenco, ki ponuja napredno napovedovanje povpraševanja, optimizacijo zalog in načrtovanje materialnih potreb. Združuje napovedi povpraševanja z večstopenjskimi kosovnicami za ustvarjanje natančnih proizvodnih razporedov in potreb po materialih. (Streamline, n.d.)
- **ketteQ:** rešitev za načrtovanje oskrbe, ki izkorišča prilagodljivost v realnem času, podprto z UI,



za izboljšanje proizvodnih in distribucijskih operacij. Podpira večstopenjske kosovnice, načrtovanje dopolnjevanja na podlagi omejitev in dinamično analizo scenarijev, kar omogoča proaktivne prilagoditve spreminjajočim se razmeram in optimizacijo delovanja oskrbovalne verige. (ketteQ, n.d.)

Ti orodji sta priznani zaradi svoje sposobnosti izboljšanja načrtovanja materialov in proizvodnih procesov ter sta primerna za podjetja različnih velikosti in potreb.

5.4.8. INDUSTRIJSKE APLIKACIJE ORODIJ, KI JIH POGANJA AI, V MRP

Industrije vse bolj uporabljajo umetno inteligenco za izboljšanje MRP, s poudarkom na nabavi v realnem času, uravnoteženju zalog in optimizaciji dobaviteljev.

- **BMW-jevo usklajevanje z dobavitelji, podprto z UI** (BMWGroup, n.d.):
 - o BMW uporablja svoj sistem Connected Supply Chain (CSC) za izboljšanje usklajevanja z dobavitelji. Sistem vsake 15 minut posodobi materialne planerje in logistične strokovnjake o lokaciji blaga v oskrbovalni verigi in ocenjenem času dostave. Sistem CSC predstavlja osnovo za napovedno analitiko in umetno inteligenco pri upravljanju oskrbovalne verige.
- **Siemensov digitalni dvojček za MRP v realnem času** (Siemens, n.d.-a):
 - o Siemens ponuja celovito rešitev digitalnega dvojčka, ki združuje podatke v realnem času, simulacije in modeliranje za posnemanje vedenja, značilnosti in zmogljivosti fizičnih sistemov. Ta tehnologija proizvajalcem omogoča, da v digitalnem okolju načrtujejo, simulirajo in optimizirajo izdelke, stroje, proizvodnjo in celotne obrate, še preden spremembe uvedejo v resničnem svetu.
- **BASF-ovo načrtovanje kemijskih surovin, podprto z UI** (BASF, n.d.):
 - o UI optimizira raven kemijskih zalog, zmanjšuje odpadke in izboljšuje učinkovitost uporabe materialov.

5.4.9. SKLEP

Načrtovanje materialnih potreb (MRP), podprto z umetno inteligenco, zagotavlja sprotno prilagodljivost, učinkovitost in obvladovanje tveganj ter revolucionarno spreminja tok materialov v oskrbovalni verigi.

Ključne ugotovitve:

- Strojno in globoko učenje izboljšujeta napovedovanje povpraševanja in ocenjevanje dobaviteljev.
- Gručenje in optimizacijski algoritmi izboljšujejo segmentacijo zalog, nabavno strategijo in usmerjanje logistike.
- Avtomatizacija, podprta z NLP, izpopolnjuje komunikacijo z dobavitelji, oceno tveganj in pogajanja o pogodbah.
- Modeli ACO in PSO optimizirajo tok materiala ter zmanjšujejo motnje v oskrbovalni verigi.
- Hibridni modeli umetne inteligence izboljšujejo odločanje v MRP z uravnoteženjem stroškov, učinkovitosti in upravljanja tveganj.

Prihodnji trendi:

- Avtonomni sistemi nabave, podprti z UI, za samodejno prilagajanje naročil materialov.
- Integracija digitalnih dvojčkov za simulacije scenarijev v MRP.
- Razložljiva umetna inteligenca (XAI) pri podpori odločanju v nabavi.

Z vključitvijo UI v procese MRP podjetja povečujejo prilagodljivost pri načrtovanju materialov, zmanjšujejo operativne stroške in ohranjajo odpornost na nestanovitnih trgih.



5.5. AI-DRIVEN FCS & ICS V SCM

Načrtovanje s končno zmogljivostjo (FCS) in načrtovanje z neskončno zmogljivostjo (ICS) sta ključna elementa proizvodnega načrtovanja in razporejanja virov v okviru upravljanja oskrbovalne verige.

FCS upošteva omejitve virov, kot so razpoložljivost strojev, kadrovske omejitve in ozka grla v proizvodnji ter zagotavlja, da so razporedi izvedljivi glede na dejanske omejitve. Nasprotno pa ICS predpostavlja neomejene zmogljivosti in ustvarja teoretične razporede, ki jih je treba ročno prilagoditi dejanskim proizvodnim omejitvam.

Zgodovinsko gledano so se tako FCS kot ICS sistemi soočali z neučinkovitostjo, nepredvidljivimi spremembami v povpraševanju in ozkimi grli pri virih zaradi togih metod načrtovanja in statičnih modelov napovedovanja. Vendar pa je integracija tehnologij, podprtih z umetno inteligenco, preoblikovala FCS in ICS v dinamične sisteme, ki se odzivajo v realnem času, proizvajalcem pa omogoča:

- Napovedovanje ozkih grl in optimizacijo razporejanja virov ter zagotavljanje uravnoveženih obremenitev.
- Dinamično prilagajanje razporedov z odzivom na okvare strojev, pomanjkanje delovne sile ali motnje v oskrbovalni verigi.
- Izboljšanje odločanja s sprotimi vpogledi, kar zmanjšuje potrebo po ročnih posegih.
- Izboljšanje splošne učinkovitosti proizvodnje z zmanjševanjem izpadov in povečevanjem pretoka.

S sprotno obdelavo, podprto z UI, FCS postaja bolj prilagodljiv, saj omogoča samodejne prilagoditve razporedov glede na dejanske razmere na proizvodnih tleh. Tudi ICS postaja bolj uporaben, saj UI izpopolnjuje teoretične razporede, da so skladni z dejanskimi zmogljivostnimi omejitvami.

Spodaj so predstavljene ključne zmožnosti, podprte z umetno inteligenco, ki preoblikujejo FCS in ICS:

5.5.1. DINAMIČNO RAZPOREJANJE OPRAVIL IN NAČRTOVANJE ZMOGLJIVOSTI

Načrtovanje, podprto z umetno inteligenco, izboljšuje razporejanje virov, uravnoveženost delovne obremenitve in zaporedje proizvodnih nalog pri načrtovanju s končno (FCS) in neskončno zmogljivostjo (ICS).

- **Strojno učenje za dinamične prilagoditve razporedov** (Deskera, 2023; Rootstock Software, 2024):
 - o UI dinamično prilagaja razporede glede na sprotne proizvodne omejitve.
 - o Drevesa odločanja in naključni gozdovi prepoznajo najučinkovitejše zaporedje proizvodnih nalog ter s tem optimizirajo potek dela z napovedovanjem ozkih grl (Mehta, 2022).
- **Globoko učenje za načrtovanje izmen in optimizacijo delovne sile** (Mehta, 2022):
 - o LSTM modeli napovedujejo razpoložljivost strojev in produktivnost delovne sile ter zmanjšujejo konflikte v razporejanju.
 - o Na transformatorjih temelječi UI modeli (npr. BERT, GPT) analizirajo poročila o delovni sili in proizvodne dnevnike ter zaznavajo morebitne neučinkovitosti.



- **Optimizacija zaporedja delovnih nalog z UI** (Mehta, 2022):
 - o UI določa optimalni vrstni red opravil, kar zmanjšuje čase prehodov med nalogami in neizkoriščenost virov.
 - o Podporni vektorski stroji (SVM) razvrščajo naloge glede na prioriteto, razpoložljivost virov in dobavne roke ter tako omogočajo avtomatizirano razporejanje v realnem času (Jang, 2025).

5.5.2. DODELJEVANJE VIROV IN OPTIMIZACIJA PROIZVODNEGA TOKA

Umetna inteligenca dinamično optimizira obremenjenost strojev, razporeditev delovne sile in proizvodni pretok.

- **Optimizacija z rojem delcev (PSO) za načrtovanje zmogljivosti** (Kennedy & Eberhart, 1995):
 - o UI učinkovito razporeja proizvodne zmogljivosti in uravnava obremenitve za preprečevanje ozkih grl.
 - o PSO zmanjšuje čas mirovanja in izpade strojev ter izboljšuje operativno učinkovitost.
- **Genetski algoritmi (GA) za večciljno razporejanje** (Dennis Kallina, 2021; Mehta, 2022):
 - o UI razvija več različnih scenarijev razporejanja in izbere najbolj optimalno razporeditev virov.
 - o GA dinamično uravnava obremenjenost strojev, razpoložljivost delovne sile in razporejanje izmen.
- **Optimizacija s pomočjo kolonij mravelj (ACO) za proizvodni pretok** (Mihai Andrei, 2024):
 - o Razporejanje, podprto z UI, sprti prilagaja zaporedje proizvodnje glede na dejanske razmere na proizvodnih tleh.
 - o Routanje, izboljšano z ACO, zagotavlja nemoteno zaporedje nalog, kar zmanjšuje čase nastavitve in dobavne roke.

5.5.3. ZAPOREDJE OPRAVIL IN GROZDENJE SKLADIŠČA

Modeli gručenja, podprti z umetno inteligenco, izboljšujejo razporejanje nalog, klasifikacijo zalog in razporejanje skladiščnega prostora.

- **Gručenje K-means za optimizacijo nalog** (Sharma, 2025):
 - o UI razvršča proizvodne naloge glede na odvisnosti od virov, vrsto izdelka ali zahteve strojev ter tako zmanjšuje zamude pri prehodih med postopki.



Zagotavlja učinkovito zaporedje opravil ter zmanjšuje nepotrebne nastavitve strojev.

- **ABC analiza za klasifikacijo zalog** (Skander Kacem, 2021):
 - o UI kategorizira posamezne enote blaga (SKU) glede na vzorce povpraševanja ter optimizira raven zalog in lokacije skladiščenja.
- **Gručenje skladiščnih lokacij** (Qlik Help, 2024):
 - o UI razvršča skladiščne lokacije glede na pogostost naročil, kar optimizira poti prevzemanja in zmanjšuje razdalje premikov.
- **Hibridni modeli UI za optimizacijo skladišč** (Hassani et al., 2022):
 - o PSO optimizira razporeditev skladiščnih prostorov z uravnoteženjem hitro in počasno gibajočih se zalog.
 - o ACO in GA izboljšujeta učinkovitost postavitve tovora, pri čemer zmanjšujeta razdalje za prevzem za 41,60 % ter dosegata stopnje zmanjšanja zalog v višini 10,38 %, 30,88 %, 51,78 % in 88,49 % (Zhi Chen et al., 2025).

5.5.4. PRILAGODLJIVO RAZPOREJANJE V REALNEM ČASU IN OPTIMIZACIJA PROIZVODNE HALE

Načrtovalni sistemi v realnem času, podprti z umetno inteligenco, neprestano obdelujejo proizvodne podatke in prilagajajo razporede glede na sprotne omejitve.

- **Načrtovalni sistemi, podprti z UI, za sprotne prilagoditve** (PlanetTogether, 2024; Rootstock Software, 2024):
 - o UI dinamično prerazporedi naloge, kadar pride do motenj (npr. okvare strojev, zamude v dobavi).
 - o Samodejne nadzorne plošče za razporejanje, podprte z UI, zagotavljajo sprotno podporo pri odločanju.
- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za optimizacijo proizvodnih tal** (Ideamaker, 2024):
 - o UI obdeluje povratne informacije operaterjev, proizvodne dnevnik in poročila o razporejanju ter napoveduje neučinkovitosti.
 - o Analiza razpoloženja zaznava trende uspešnosti delovne sile ter optimizira načrtovanje izmen in razporeditev nalog.
- **Napovedna UI za razporejanje glede na povpraševanje** (Takyar, 2023):
 - o NLP analizira zgodovinske prodajne podatke in tržne trende ter izboljšuje natančnost napovedovanja.
 - o Tematsko modeliranje (LDA) pomaga kategorizirati sezonska nihanja povpraševanja in zagotavlja, da se proizvodni razporedi ujemajo s potrebami trga (Ihnatchyck, 2024).

5.5.5. INTELIGENCA ODLOČANJA ZA RAZPOREJANJE IN NAČRTOVANJE ZMOGLJIVOSTI

Sistemi za podporo odločanju, podprti z umetno inteligenco, izboljšujejo proizvodne razporede in načrtovanje virov.

- **Nadzorne plošče UI za optimizacijo razporejanja** (AIMMS, n.d.):
 - o Zagotavljajo sprotne posodobitve razporedov ter zaznavajo ozka grla in neučinkovitosti.
 - o UI avtomatizira prilagajanje razporedov in zagotavlja minimalno človeško posredovanje.
- **Obdelava naravnega jezika (NLP) za povzemanje sestankov in sledenje ukrepom** (Ihnatchyck, 2024):



- o UI izlušči ključne odločitve o razporejanju s proizvodnih sestankov in zagotovi natančno izvedbo.
- o Semantična razčlenitev pretvori razprave v strukturirane akcijske točke ter usklajuje načrtovalske ekipe.



5.5.6. ORODJA, KI JIH POGANJA UMETNA INTELIGENCA, V SISTEMIH ICS IN FCS

FCS in ICS zahtevata orodja, podprta z umetno inteligenco, ki optimizirajo proizvodne razporede glede na sprotne omejitve zmogljivosti in variabilnost povpraševanja.

Načrtovalna orodja, podprta z UI, se vse pogosteje vključujejo v obe metodi, da bi učinkoviteje obvladovala kompleksne proizvodne scenarije in nepričakovane motnje (Li et al., 2024).

Izbrana orodja so bila izbrana zaradi svoje sposobnosti prilagajanja dejanskim omejitvam virov, zmanjševanja ozkih grl in izboljšanja proizvodne učinkovitosti.

- **PlanetTogether:** Dinamično razporejanje, ki omogoča hitro prilagajanje spremembam v povpraševanju, dobavi ali omejitvah zmogljivosti (PlanetTogether, n.d.).
- **Eyelit Technologies:** Rešitev za načrtovanje s končno zmogljivostjo, podprta z UI, ki ocenjuje sprotne omejitve virov in optimizira proizvodne razporede za proizvajalce in kompleksne oskrbovalne verige (JBuglino, 2025).
- **SolveIT Software:** Platforma za podporo odločanju, ki uporablja optimizacijo razporejanja, podprto z umetno inteligenco, in izboljšuje prilagodljivost delovnih tokov, uravnoteženje virov ter zaporedje proizvodnje. SolveIT-jevi modeli UI obravnavajo tako omejitve končne kot neskončne zmogljivosti ter zagotavljajo učinkovito načrtovanje proizvodnje (Solveit, n.d.).
- **SkyPlanner APS:** Avtomatizirano načrtovalno orodje, podprto z UI, ki optimizira proizvodno načrtovanje, zaporedje opravil in razporejanje s končno zmogljivostjo, zmanjšuje čas nastavitve in povečuje učinkovitost (SkyPlanner, n.d.).

5.5.7. INDUSTRIJSKE APLIKACIJE ORODIJ, KI JIH POGANJA AI, NA PODROČJU ICS IN FCS

Industrije vse bolj uporabljajo umetno inteligenco za izboljšanje razporejanja zmogljivosti, s poudarkom na dinamičnem zaporedju nalog, sprotnem razporejanju in učinkovitosti skladišč.

- **Toyotino proizvodno razporejanje, podprto z UI** (Google Cloud Blog, 2024):
 - o Modeli dinamičnega razporejanja, podprti z UI, optimizirajo zaporedje nalog in določanje prioritet opravil.
- **Amazonova UI za razporejanje v skladiščih in izpolnjevanje naročil** (Qlik Help, 2024):
 - o Modeli skladiščnega gručenja, podprti z UI, optimizirajo poti prevzemanja in zaporedje pobiranja.
 - o Zmanjšujejo čas obdelave naročil za 35 % in izboljšujejo stopnjo pravočasne dostave.

5.5.8. SKLEP

Načrtovanje s končno in neskončno zmogljivostjo (FCS & ICS), podprto z umetno inteligenco, zagotavlja sprotno prilagodljivost, uravnoteženost delovne obremenitve in optimizacijo proizvodnje ter preoblikuje sodobne strategije razporejanja.



Ključne ugotovitve:

- Strojno in globoko učenje izboljšujeta zaporedje opravil in načrtovanje izmen.
- Algoritmi gručenja in optimizacije povečujejo učinkovitost skladišč in združevanje nalog.
- Avtomatizacija, podprta z NLP, izpopolnjuje razporejanje delovne sile in spremljanje proizvodnje.
- Modeli ACO in PSO optimizirajo razporejanje virov, razporejanje strojev in nadzor zalog.
- Hibridni modeli umetne inteligence izboljšujejo odločanje pri razporejanju zmogljivosti ter zmanjšujejo potrebo po ročnih posegih.

Prihodnji trendi:

- Digitalni dvojčki, podprti z umetno inteligenco, za simulacije razporejanja.



- Samoučni modeli UI za avtonomno razporejanje zmogljivosti.
- Razložljiva umetna inteligenca (XAI) za pregledno odločanje pri FCS in ICS.

Z vključevanjem umetne inteligence v delovne tokove FCS in ICS podjetja povečujejo proizvodno agilnost, zmanjšujejo operativne stroške in ohranjajo odpornost v dinamičnih proizvodnih okoljih.

5.1. PRIČAKOVANE IZBOLJŠAVE

Letno srečanje Svetovnega gospodarskega foruma 2025 v Davosu je poudarilo ključno preobrazbo v proizvodnji in oskrbovalnih verigah, ki jo poganja preplet trajnostnih zahtev in digitalnih inovacij. Ta nova industrijska paradigma obravnava trajnost, inteligenco in odpornost kot medsebojno krepitevne prednosti (Ayesha Javed, 2025).

Digitalna preobrazba v proizvodnji:

Mreža Global Lighthouse Network se je razširila na 189 proizvodnih obratov po vsem svetu, vključno s 25 trajnostnimi svetilniki. Ti obrati ponazarjajo globok vpliv sprejemanja digitalne preobrazbe, saj dosegajo izjemno 70-odstotno povečanje produktivnosti, 40-odstotno zmanjšanje stroškov energije in 40-odstotno skrajšanje časa do vstopa na trg. Napredne tehnologije, kot so analitika, umetna inteligenca in digitalni dvojčki, krepijo človeške zmogljivosti ter omogočajo preusmerjanje proizvodnje v realnem času, napovedni nadzor kakovosti in optimizacijo porabe energije (Economic Times, 2025). Global Lighthouse Network (GLN) je pobuda, ki jo je sprožil Svetovni gospodarski forum (WEF) v sodelovanju s podjetjem McKinsey & Company. Priznava vodilna proizvodna mesta, ki uspešno sprejemajo in širijo tehnologije četrte industrijske revolucije (4IR), da bi spodbudila inovacije, produktivnost, trajnost in odpornost v proizvodnji. Ti obrati so pionirji pri vključevanju naprednih tehnologij za doseganje celovitih ciljev – od operativne učinkovitosti do okoljskega upravljanja. Vključuje več kot 1.000 primerov uporabe, ki dokazujejo učinkovitost preobrazb industrije 4.0 (Dinu de Kroon, Enno de Boer in Rahul Shahani, 2025; Pabitra Kumar Chakrabarti, 2025).

Na področju umetne inteligence so zgodnji uporabniki UI v upravljanju oskrbovalnih verig (SCM) dosegli pomembne izboljšave, vključno s 15-odstotnim zmanjšanjem logističnih stroškov, 35-odstotnim izboljšanjem ravni zalog in 65-odstotnim povečanjem ravni storitev (Maxime C. Cohen & Christopher S. Tang, 2024).

5.2. ŠTUDIJSKI PRIMER – NADZORNI STOLP OSKRBOVALNE VERIGE

Predstavimo rezultate raziskovalnega projekta, izvedenega v okviru doktorske disertacije leta 2022 v Franciji, ki se je osredotočal na zasnovo in uvedbo sistema za podporo odločanju (DSS), temelječega na nadzorni stolpici za upravljanje tveganj v oskrbovalnih verigah (Chenhui Ye et al., 2022).

Ta prispevek predstavlja novo rešitev za naraščajočo kompleksnost in ranljivost globalnih oskrbovalnih verig: nadzorni stolp za oskrbovalne verige, podprt s sistemom za podporo odločanju (DSS). Cilj je izboljšati način, kako organizacije prepoznavajo, ocenjujejo in se odzivajo na tveganja v oskrbovalni verigi – s čimer se zagotavlja večja odpornost in sodelovalno odločanje med deležniki.



5.2.1. OPIS ŠTUDIJE

5.2.1.1. OSNOVNI KONCEPT

Za razumevanje predlaganega sistema je ključno najprej preučiti temeljna pojma tveganja in odpornosti v oskrbovalni verigi. Ti dve dimenziji predstavljata temeljno ogrodje arhitekture nadzornega stolpa.

5.2.1.2. TVEGANJA V DOBAVNI VERIGI

Tveganja so v grobem razdeljena na:

- Notranja tveganja: na primer okvare strojev ali informacijske tehnologije
- Zunanja tveganja: kot so globalne krize ali nihanja povpraševanja

Poleg tega so tveganja lahko:

- Gotova: znani viri (npr. odpoved dobavitelja)
- Negotova: nepredvidljivi dogodki (npr. pandemije)

Ta podrobnejši pogled na tveganja predstavlja osnovo za to, kako nadzorni stolp modelira motnje in odzive nanje.

5.2.1.3. ODPORNOST DOBAVNE VERIGE

Po prepoznavi tveganj je ključnega pomena sposobnost oskrbovalne verige, da kljubuje motnjam in si po njih opomore – torej njena odpornost. To odpornost oblikujejo:

- Gostota: število in bližina vozlišč
- Kompleksnost: stopnja medsebojne povezanosti
- Kritičnost vozlišč: pomen posameznega vozlišča

Ti strukturni dejavniki določajo, kako močno je oskrbovalna veriga prizadeta in kako hitro si lahko opomore.

5.2.1.4. OKVIR KONTROLNEGA STOLPA

Na podlagi zgoraj predstavljenih konceptov predlagani sistem izkorišča arhitekturo nadzornega stolpa kot centralno vozlišče za spremljanje, napovedovanje in odzivanje na tveganja.

5.2.1.4.1. KOMPONENTE:

Nadzorni stolp vključuje:

- Nadzorno ploščo, ki centralizira podatke v realnem času
- Digitalne senzorje tveganj, vgrajene v obstoječo programsko opremo za upravljanje oskrbovalnih verig (npr. SAP)
- Modul DSS za razvrščanje strategij ublažitve tveganj
- Algoritme strojnega učenja za napovedno analitiko

Ti elementi delujejo usklajeno in preoblikujejo upravljanje tveganj v oskrbovalni verigi iz reaktivnega v proaktiven, sodelovalen in na podatkih temelječ proces.

5.2.1.4.2. MOŽNOSTI:

Kar ta sistem ločuje od drugih, je njegova funkcionalnost skupinskega odločanja, ki omogoča več partnerjem v oskrbovalni verigi, da skupaj ocenijo in izberejo optimalne strategije. Z uporabo



modelov MCDM sistem zagotavlja, da so odločitve uravnotežene, pregledne in utežene glede na prispevek vsakega podjetja k skupnim podatkom .

5.2.1.5. POSTOPEK UPRAVLJANJA TVEGANJ

Za operativno izvajanje teh zmogljivosti sistem digitalizira klasični štiristopenjski cikel upravljanja tveganj:

- Identifikacija tveganj – s pomočjo ročnih opozoril, podatkov senzorjev ali napovedi strojnega učenja
- Ocenjevanje tveganj – z uporabo baze znanja za analizo pogostosti, resnosti in prizadetih točk
- Odziv na tveganja – podprt z ocenjevanjem strategij na osnovi metode MCDM
- Spremljanje tveganj – na podlagi trikotnika odpornosti (globina in trajanje motnje)

Vsaka stopnja se tekoče preliva v naslednjo, kar omogoča pravočasno in učinkovito omilitev tveganj.

5.2.1.6. REZULTATI

Za potrditev koncepta so avtorji razvili prototip sistema za podporo odločanju z imenom »Module d'aide à la décision«.

Ta prototip:

- Podpira 10 modelov odločanja (vključno s 4 za skupinsko odločanje)
- Sprejema vnose ročno, prek CSV datotek ali zunanjih sistemov
- Bo v prihodnosti integriran v kontrolni stolp za nadaljnje testiranje

Ta modul predstavlja ključen korak k popolnoma funkcionalnemu okolju za odločanje v realnem času za vodje dobavnih verig.

5.2.1.7. OBRAVNAVANI KLJUČNI ZNANSTVENI IZZIVI

Okvir kontrolnega stolpa ni zgolj tehničen – obravnava tudi izzive sodelovanja, ki že dolgo ovirajo usklajevanje v dobavnih verigah. Konkretno:

- Prepoznavna in interpretira tveganja z uporabo umetne inteligence in interneta stvari (IoT)
- Omogoča skupno odločanje med podjetji
- Sorazmerno z deležem podatkov dodeljuje moč odločanja
- Digitalno modelira in ocenjuje strategije odpornosti

Te inovacije neposredno naslavlja dolgotrajne težave informacijske asimetrije in odločanja v ločenih silosih.

5.2.1.8. OMEJITVE IN PRIHODNJE DELO

Čeprav je pristop obetaven, avtorji priznavajo obstoječe ovire pri medpodjetniškem deljenju podatkov, ki bi lahko ovirale uvedbo.

Da bi to rešili, ekipa načrtuje:

- Izvesti poskuse z 10–20 dejanskimi vodji dobavnih verig
- Simulirati scenarije z in brez kontrolnega stolpa na osnovi DSS
- Izmeriti izboljšave v učinkovitosti, agilnosti in odpornosti

Ti naporji so usmerjeni v empirično potrjevanje okvira in izpopolnjevanje njegovih mehanizmov sodelovanja.



5.2.2. UPORABA SCM 4.0

Kontrolni stolp za dobavno verigo, ki temelji na DSS, se lahko uporablja na več ravneh hierarhije upravljanja dobavne verige (SCM), vendar ima največji vpliv na taktični in strateški ravni, z določenim sprotnim (realnočasovnim) podporo tudi na operativni ravni.

5.2.2.1. STRATEŠKA RAVEN – ZASNOVA OMREŽJA IN POLITIKA TVEGANJA

Primeri uporabe:

- Oblikovanje odpornih omrežij dobavne verige (npr. določanje lokacije in kritičnosti točk)
- Razvijanje dolgoročnih politik za ublažitev tveganj
- Ustanovitev dogovorov o sodelovanju in okvirjev za deljenje podatkov med partnerji
- Določanje prioritet pri vlaganjih v odpornost (npr. nadomestni dobavitelji, bližanje proizvodnje – nearshoring)

Vloga kontrolnega stolpa:

- Pomaga vodstvenim direktorjem (C-level) in upravljavcem tveganj pri sprejemanju informiranih odločitev z visokim vplivom
- Simulira scenarije tveganj in primerja dolgoročne strategije z uporabo modelov MCDM.

5.2.2.2. TAKTIČNA RAVEN – NAČRTOVANJE IN PRIPRAVLJENOST

Primeri uporabe:

- Srednjeročno načrtovanje proizvodnje, nabave in distribucije z upoštevanjem tveganj
- Ocenjevanje dobaviteljev ne le po stroških, temveč tudi glede na odpornost in profile tveganj
- Vzpostavitev sistemov za zgodnje opozarjanje in načrtovanje scenarijev
- Dodeljevanje varnostnih zalog ali preusmerjanje načrtov na podlagi predvidenih motenj

Vloga kontrolnega stolpa:

- Nudi napovedne vpogled v tveganja z uporabo umetne inteligence in integracije podatkov
- Omogoča skupinsko odločanje za izbor najboljših alternativnih strategij ublažitve tveganj med funkcijami in partnerji
- Olajšuje skupno načrtovanje izrednih ukrepov

5.2.2.3. OPERATIVNA RAVEN – IZVAJANJE IN SPREMLJANJE

Primeri uporabe:

- Spremljanje ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) v realnem času
- Opozarjanje na takojšnje motnje (npr. zamude pri pošiljkah, izpadi pri dobaviteljih)
- Usklajevanje odzivov na izredne razmere med različnimi subjekti

Vloga kontrolnega stolpa:

- Uporablja digitalne senzorje in podatkovne tokove za zaznavanje anomalij v realnem času
- Sproži opozorila in predlaga vnaprej določene strategije odziva
- Podpira vsakodnevne operativne odločitve, zlasti v času motenj

Opomba: Čeprav ni zasnovan za avtomatizacijo vsakodnevnih nalog (kot to omogočajo sistemi WMS ali TMS), izboljšuje operativno odločanje v izrednih razmerah.



6. VPLIV SISTEMA SCM 4.0 NA MALA IN SREDNJE VELIKA PODJETJA

Nove digitalne tehnologije, kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT), računalništvo na robu in v oblaku ter rešitve, ki jih poganja umetna inteligenca, preoblikujejo upravljanje dobavne verige (SCM) na različnih ravneh, vključno z načrtovanjem dobička, načrtovanjem prodaje in operacij (S&OP), glavnim proizvodnim načrtovanjem (MPS), načrtovanjem materialnih virov (MRP) ter razporejanjem z omejenimi in neomejenimi zmogljivostmi (FCS/ICS).

Medtem ko so velika podjetja zgodnji uporabniki koncepta Upravljanja dobavne verige 4.0 (SCM 4.0), se mala in srednje velika podjetja (MSP) pri sprejemanju te preobrazbe soočajo tako z velikimi izzivi kot tudi z obetavnimi priložnostmi. Čeprav je digitalizacija splošno prepoznana kot ključna za izboljšanje učinkovitosti in konkurenčnosti, zahteva vključevanje tehnologij, kot so računalništvo v oblaku, umetna inteligenca, podatkovna analitika in avtomatizacija, da bi izboljšala sprejemanje odločitev in poenostavila delovanje dobavne verige.

Na poti digitalizacije se mnoga podjetja soočajo z izzivi (Sam Phipps, 2025):

- Zastareli sistemi: Približno 42 % podjetij še vedno uporablja zastarele rešitve, ki jih je treba zamenjati.
- Ročni procesi: Okoli 67,4 % upravljalcev dobavne verige uporablja predvsem Excelove preglednice za upravljanje.
- Kakovost podatkov: Le 3 % podjetij ima podatke, ki izpolnjujejo osnovne standarde kakovosti.
- Pomanjkanje usposobljenih kadrov (MarketsandMarkets, 2025).

Med notranjimi izzivi, s katerimi se MSP srečujejo pri uvajanju novih digitalnih tehnologij v upravljanje dobavne verige (SCM), so (Hussein Kamaldeen Smith, 2024; Restrepo-Morales et al., 2024) izpostavljene naslednje ključne ovire:

- Finančne omejitve: MSP pogosto nimajo zadostnih finančnih sredstev za vlaganje v digitalno infrastrukturo in tehnologije. Visoki stroški digitalne preobrazbe so lahko ovira za uvedbo novih sistemov.
- Omejena tehnološka usposobljenost: Mnogim MSP primanjkuje notranjega znanja za uvedbo in upravljanje naprednih digitalnih rešitev. Ta vrzel v znanju lahko ovira učinkovito uvedbo tehnologij, kot sta umetna inteligenca (AI) in internet stvari (IoT).
- Upor do sprememb: Med zaposlenimi in vodstvom se lahko pojavi odpor do spreminjanja ustaljenih procesov. Ta odpor lahko upočasni ali celo prepreči vključevanje novih tehnologij v dobavno verigo.
- Neustrezna infrastruktura: MSP pogosto nimajo ustrezne infrastrukture za podporo digitalnim tehnologijam, kot so zanesljiva internetna povezava in sodobna strojna oprema, ki sta ključni za učinkovito digitalizacijo SCM



6.1. INTERNAL SME CHALLENGES

SPREJEMANJE NASTAJAJOČIH DIGITALNIH TEHNOLOGIJ

Naslednje poglavje ponuja podrobno analizo notranjih ovir, ki so bile zgoraj na kratko opisane, in omogoča globlji vpogled v specifične izzive, s katerimi se soočajo mala in srednje velika podjetja pri uvajanju nastajajočih digitalnih tehnologij v upravljanje dobavne verige.

6.1.1. DIGITALNA ZRELOST IN STOPNJE SPREJETJA

6.1.1.1. PREGLED

Po podatkih Eurostata (2021) je le 3 % malih in srednje velikih podjetij (MSP) v EU doseglo zelo visoko raven digitalne intenzivnosti. Kljub pospešku, ki ga je prinesla pandemija COVID-19, je večina MSP ostala na nizki (34 %) ali zelo nizki (45 %) ravni digitalizacije, kar kaže, da se je digitalna preobrazba v tem segmentu večinoma ustavila (Amanda St L Jobbins, 2023).

V raziskavi, ki jo je v začetku leta 2023 objavil Vodafone Europe in je temeljila na anketi med 3.358 MSP iz 11 evropskih držav, vključno z 2.677 podjetji iz 9 držav članic EU, so bili izpostavljeni naslednji ključni podatki (Vodafone Europe, 2023):

- 82 % MSP in mikropodjetij (1–9 zaposlenih) digitalizacijo smatra za pomembno.
- Samo 3 % MSP v EU dosega zelo visoko raven digitalne intenzivnosti.
- 46 % MSP pričakuje znižanje stroškov kot glavno korist digitalizacije.
- 40 % jih kot pomembno pričakovano korist navaja izboljšanje kibernetske varnosti.
- 35 % jih upa na širitev na nove trge ali prodajne kanale.
- 25 % MSP se zanima za rešitve IoT v okviru finančnih spodbud.
- Samo 15,5 % malih podjetij nudi interno usposabljanje na področju IKT (v primerjavi z 61,6 % velikih podjetij; OECD, 2021).

Čeprav so enostavnejše tehnologije – kot je vzdrževanje spletne strani podjetja – danes široko razširjene tudi med manjšimi podjetji, ostaja uporaba naprednejših IT-rešitev omejena. Dejansko MSP dosledno zaostajajo za večjimi podjetji tako pri uvajanju osnovnih tehnologij, kot je internetna povezljivost, kot tudi pri uporabi bolj izpopolnjenih sistemov, kot je računalništvo v oblaku.

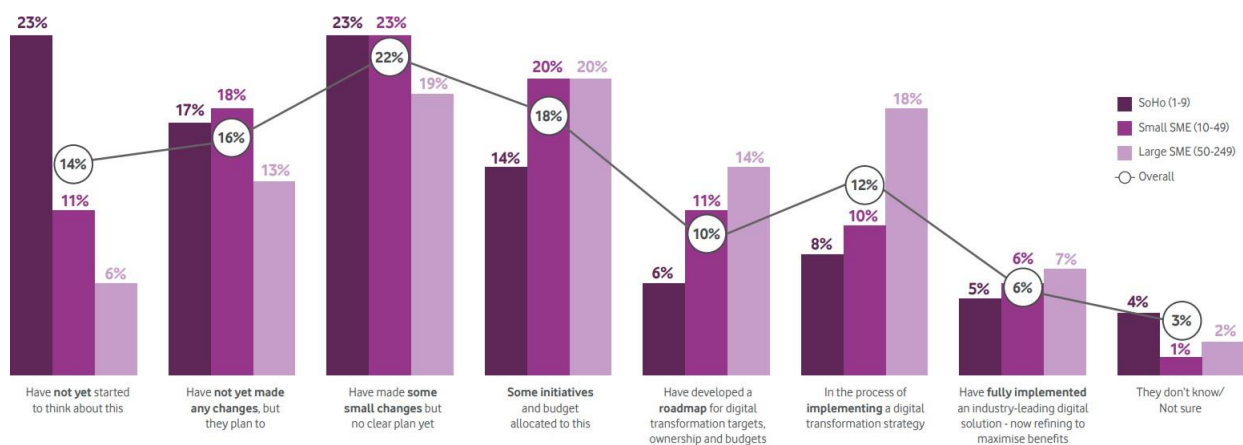


Figure 6. Between SME segments, the larger the organisation, the more progress they have made in their digital journey



- V letu 2022 je 69 % MSP v EU doseglo osnovno raven digitalne intenzivnosti, v primerjavi z 98 % velikih podjetij. (World Economic Forum, 2023b)
- V letu 2021 je umetno inteligenco uporabljalo le 8 % podjetij v EU, pri čemer so jo bistveno pogosteje uvajala velika podjetja kot MSP. (World Economic Forum, 2023b)
- Računalništvo v oblaku je v letu 2021 uporabljalo 40 % MSP, v primerjavi z 72 % velikih podjetij. (World Economic Forum, 2023b)

6.1.1.2. DIGITALIZACIJA DOBAVNE VERIGE

Dejanska uvedba – zlasti naprednih orodij, kot je umetna inteligenca – ostaja omejena zaradi vrzeli v zmogljivostih, pomanjkanja notranjih virov in neuresničenih donosov na naložbe.

S poudarkom na področju upravljanja dobavne verige raziskava (Vodafone Europe, 2023) navaja naslednje ključne podatke:

- 25 % MSP se zanima za rešitve interneta stvari (IoT) prek programov financiranja.
- 16 % večjih MSP meni, da je IoT najbolj privlačna digitalna rešitev za uvedbo.
- 46 % MSP kot glavno korist digitalizacije navaja stroškovno učinkovitost (vključno z optimizacijo dobavne verige).

Poleg tega dokument s političnimi smernicami (OECD, 2021) navaja naslednje ključne podatke:

Trenutno stanje

- Uvajanje umetne inteligence med MSP ostaja zelo omejeno, predvsem zaradi nizke ozaveščenosti, pomanjkanja digitalnih veščin ter finančnih in virovnih omejitev.
- Dostop do podatkov in možnost skalabilnega financiranja sta ključna za uspešno uvedbo umetne inteligence, vendar večina MSP nima vzpostavljenih teh pogojev.
- Med digitalnimi "vodilnimi podjetji" in tradicionalnimi MSP obstaja razkorak v znanju in zmogljivostih, ki se brez ustreznega posredovanja s časom še poglablja.
- Kljub temu, da je 93 % načrtovalcev izrazilo pripravljenost za uvedbo novih tehnoloških orodij, jih je dejansko prešlo na njihovo uporabo le 40 %, kar kaže na razkorak med namero in izvedbo (Kevin Miceli, 2024).
- 69 % vodij operacij in dobavnih verig je poročalo, da njihova vlaganja v tehnologijo niso dosegla pričakovanih rezultatov (ECI Software Solutions, 2024).

Umetna inteligenca v praksi

- AI je še vedno redko integrirana v osnovne procese upravljanja dobavne verige pri MSP. Ko se uporablja, gre pogosto za zunanje platforme ali ponudnike storitev.
- Samo 12 % MSP poroča o uporabi velikih podatkov (big data), ki so pogosto pogoj za uporabo AI orodij, v primerjavi s 33 % velikih podjetij.
- Le 15,5 % malih podjetij zagotavlja IKT usposabljanje za zaposlene, ki niso strokovnjaki za IKT, kar je ključen dejavnik za omogočanje uvedbe umetne inteligence.

6.1.1.3. ZELENA TRANSFORMACIJA

- Kar zadeva zeleni prehod, omenjena raziskava navaja:
 - 45 % MSP in mikropodjetij (SoHo) meni, da je njihova odgovornost spodbujati trajnost v svojem sektorju.
 - 40 % jih že vključuje prilagajanje na podnebne spremembe v poslovno načrtovanje.
 - Skoraj 25 % evropskih MSP že ponuja zelene izdelke ali storitve.
 - Ocenjuje se, da bi tehnologija lahko zmanjšala globalne emisije za do 15 %, kar je sedemkrat več od emisij, ki jih ustvari sektor IKT sam.



6.1.2. OVIRE ZA TEHNOLOŠKO INTEGRACIJO

- Uvajanje nastajajočih digitalnih tehnologij v MSP pogosto ovirajo notranji izzivi, zlasti tisti, ki so povezani s tehnološko integracijo, kot je podrobneje opisano spodaj (Khairen Niza Mefid & Fitria-Ridhaningsih, 2024):
 - MSP pogosto oklevajo pri uvajanju naprednih tehnologij, kot sta umetna inteligenca (AI) ali sistemi ERP, zaradi pomanjkanja tehnološkega znanja. To je opredeljeno kot ključna tehnološka ovira, ki preprečuje učinkovito izvedbo.
 - Težave z interoperabilnostjo med obstoječimi (zapuščinskimi) sistemi in novimi tehnologijami so pogoste, zlasti pri poskusih integracije ERP in AI. Te težave še dodatno zaostrejuje slabo sodelovanje med oddelki in nizka stopnja povezanosti med vodstvom in operativnim delom.
 - MSP se prav tako soočajo z neustrezno infrastrukturo in nizko stopnjo standardizacije vmesnikov za izmenjavo podatkov, kar ustvarja operativne silose in ovira sodelovanje v realnem času.

6.1.3. POMANJKANJE TALENTOV IN ZNANJ

- Ena najpomembnejših ovir, s katerimi se MSP soočajo pri uvajanju nastajajočih digitalnih tehnologij v procese dobavne verige, je pomanjkanje usposobljenega kadra in digitalne pismenosti.
 - Pomanjkanje usposobljenih zaposlenih in digitalnega usposabljanja je pogosto navedeno kot glavna ovira pri sprejemanju digitalnih orodij za upravljanje dobavne verige v MSP. To pomanjkanje je pogosto povezano s pomanjkanjem izkušenj obstoječe delovne sile z novimi tehnologijami (Khairen Niza Mefid & Fitria - Ridhaningsih, 2024).
 - Pomanjkanje veščin omejuje sposobnost MSP, da uporabljajo ali sploh ocenijo digitalne tehnologije, kot sta ERP v oblaku ali IoT (Khairen Niza Mefid & Fitria - Ridhaningsih, 2024).
 - MSP pogosto nimajo notranjih strokovnjakov za umetno inteligenco in podatkovno analitiko, kar otežuje uvedbo napredne analitike, IoT senzorjev in napovedovanja povpraševanja na osnovi AI.
 - Zaposlovanje strokovnjakov za umetno inteligenco in računalništvo v oblaku je drago in izredno konkurenčno (Catherine Early, 2024).

6.1.4. POMISLEKI GLEDE KIBERNETSKE VARNOSTI

Kibernetska varnost predstavlja ključno oviro pri uvajanju digitalnih tehnologij v MSP. Ob integraciji orodij, kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT) in ERP sistemi v oblaku, MSP pogosto primanjkuje formalnih okvirov za kibernetsko varnost, tehničnega znanja ter namenskih ekip, potrebnih za zaščito občutljivih podatkov in sistemov. Zaradi tega so še posebej ranljivi za vdore v podatke, napade z izsiljevalsko programsko opremo in kršitve zasebnosti – kljub visoki stopnji internetne povezanosti v sektorju:

- MSP se ob uvajanju tehnologij, kot sta AI ali ERP v oblaku, soočajo z vprašanji zasebnosti in varstva podatkov. Zaradi nepripravljenosti na področju kibernetske varnosti so bolj izpostavljeni napadom (Khairen Niza Mefid & Fitria - Ridhaningsih, 2024).
- Veliko MSP nima vzpostavljenih formalnih okvirov za kibernetsko varnost, čeprav ima 94 % dostop do interneta (povprečje EU – World Economic Forum, 2023b).
- Upravljanje dobavne verige, podprto z IoT, prinaša dodatna tveganja za kibernetsko varnost, saj so povezani senzorji in platforme v oblaku lahko ranljivi za kibernetske napade.
- Številni MSP nimajo namenskih ekip za kibernetsko varnost, zaradi česar so bolj dovzetni za vdore v podatke in napade z izsiljevalsko programsko opremo (CISA, brez datuma).



6.1.5. UPRAVLJANJE SPREMEMB IN ODPORNOST

- Druga velika ovira pri digitalni preobrazbi MSP je upravljanje organizacijskih sprememb in notranji odpor, kljub potencialnim koristim orodij, kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT) in SCM rešitve v oblaku (Khairen Niza Mefid & Fitria - Ridhaningsih, 2024; World Economic Forum, brez datuma).
 - Organizacijski odpor do sprememb je ponavljajoča se ovira. Zajema zadržanost zaposlenih, strah pred izgubo delovnega mesta in pomanjkanje podpore s strani vodstva.
 - Pomanjkanje jasnega razumevanja, zakaj se v podjetju uvajajo digitalna orodja, pogosto vodi v neuspeh integracijskih prizadevanj, pri čemer se raje ohranjajo ročni postopki za načrtovanje in nabavo (Khairen Niza Mefid & Fitria - Ridhaningsih, 2024; World Economic Forum, brez datuma).

6.1.6. FINANČNE OMEJITVE

- MSP se pogosto soočajo s težavami pri zagotavljanju zadostnih proračunskih sredstev za rešitve SCM, ki temeljijo na umetni inteligenci, uvajanje IoT in nadgradnje ERP sistemov v oblaku (Khairen Niza Mefid & Fitria - Ridhaningsih, 2024; Vodafone Europe, 2023).
- Računalništvo v oblaku sicer znižuje stroške infrastrukture, vendar so modeli plačila po porabi (»pay-as-you-go«) lahko še vedno dragi za MSP.
 - Visoki začetni stroški in omejeni finančni viri sodijo med glavne zaviralce digitalne preobrazbe. Te ovire so še posebej zahtevne za MSP, ki delujejo z omejenimi proračuni.
 - MSP imajo težave pri pridobivanju zunanjih sredstev za tehnološke naložbe in pogosto nimajo dostopa do ciljno usmerjenih javnih finančnih spodbud.



6.2. VPLIV NA ORGANIZACIJE

Sprejemanje digitalnih tehnologij, kot so umetna inteligenca, internet stvari in računalništvo v oblaku/okvirno računalništvo, spreminja organizacije dobavne verige v več razsežnostih. Te tehnologije ne krepijo le tehničnih zmogljivosti, temveč spreminjajo odločanje, sodelovanje, kulturo in operativno strukturo.

6.2.1. KULTURNI PREMIK K AGILNOSTI IN RAZŠIRLJIVIM INOVACIJAM

Uvajanje digitalnih tehnologij, kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT) ter računalništvo v oblaku in na robu (cloud/edge computing), preoblikuje organizacije v dobavni verigi na več ravneh. Te tehnologije ne izboljšujejo zgolj tehničnih zmogljivosti, temveč spreminjajo tudi način odločanja, sodelovanja, organizacijsko kulturo in operativno strukturo.

6.2.2. PREHOD S FUNKCIONALNIH SILOSOV NA MEDFUNKCIJSKO SODELOVANJE

- Digitalne platforme (npr. ERP sistemi v oblaku, načrtovalni paketi) in povezane tehnologije (IoT, AI) omogočajo nemoteno deljenje podatkov med oddelki. To spodbuja celostno integracijo procesov in preglednost od začetka do konca (Ning & Yao, 2023). Učinki:
 - Funkcionalne meje nadomeščajo medoddelčne digitalne ekipe.
 - Višja raven standardizacije procesov, preglednosti in usklajenosti.

6.2.3. OKREPLJENO SODELOVANJE IN ZNANJE ZAINTERESIRANIH STRANI UPRAVLJANJA

Asistenti, podprti z umetno inteligenco (npr. klepetalni roboti, veliki jezikovni modeli – LLM), podpirajo komunikacijo, povzemajo izide sestankov in pomagajo strukturirati prispevke deležnikov (Vinay Rajani & Preeti AryaCrossman, 2023). Učinki:

- Strukturirani in pravočasni prispevki v prodaji, načrtovanju in operativnih dejavnostih.
- Avtomatizirani povzetki sestankov in shranjevanje znanja izboljšujejo kontinuiteto ter sledljivost odločitev.

6.2.4. HITREJŠE SPREJEMANJE ODLOČITEV IN AVTOMATIZIRANO NAČRTOVANJE

Podatki v realnem času (IoT), napovedna analitika in načrtovanje s podporo umetne inteligence omogočajo agilnejše sprejemanje odločitev in testiranje scenarijev (Gartner, brez datuma; Vinay Rajani & Preeti AryaCrossman, 2023). Učinki:

- Skrajšani načrtovalni cikli (npr. zanke S&OE – prodaja in izvrševanje).
- Avtomatizacija rutinskih nalog sprošča čas za strateške dejavnosti.

6.2.5. KULTURA, KI TEMELJI NA SCENARIJIH, IN USMERJENOST K ODPORNOSTI

Umetna inteligenca in digitalni dvojčki omogočajo organizacijam v dobavni verigi simulacijo motenj in preverjanje odločitev v stresnih scenarijih (Zhao idr., 2023). Učinki:

- Proaktivno upravljanje tveganj postane sestavni del načrtovanja.
- Kultura se usmerja v pripravljenost, prilagodljivost in sistemsko razmišljanje.



6.2.6. ZUNANJE SODELOVANJE IN EKOSISTEMI PLATFORM

- Sistemi, ki temeljijo na računalništvu v oblaku in vmesnikih API, podjetjem omogočajo integracijo podatkov in procesov z dobavitelji, ponudniki logističnih storitev (3PL) in partnerskimi organizacijami v ekosistemu (T. Leigh Buehler, 2023). Učinki:
 - Povečana preglednost in sodelovanje v celotnih omrežjih dobavne verige.
 - Ponovna opredelitev meja dobavne verige okoli skupnih digitalnih platform.

6.2.7. ODVISNOST OD PODATKOV IN KREPITEV UPRAVLJANJA

Ker umetna inteligenca in analitika v realnem času postajata osrednji del odločanja v upravljanju dobavne verige (SCM), postajajo kakovost podatkov, dostop in upravljanje ključnega pomena (Zhou idr., 2024). Učinki:

- Vzpostavitev formalnih vlog za skrbništvo nad podatki in okvirov za upravljanje podatkov.
- Povečana pozornost glede interoperabilnosti in zanesljivosti podatkov.

Hkrati pa je nedavna raziskava izpostavila slabosti v načinu, kako so MSP organizirani za predvidevanje te revolucije (World Economic Forum, 2023a).

6.2.7.1. POMANJKANJE DOLOČENIH VLOG IN ZNANJ

60–63 % anketiranih MSP je poročalo, da nimajo imenovanega vodje za podatke (CDO), vodje za zasebnost (CPO) ali vodje za informacijsko varnost (CISO). Odsotnost teh jasno določenih vlog spodkopava strateško upravljanje podatkov ter sposobnost podjetij za zagotavljanje skladnosti z zahtevami glede zasebnosti, varnosti in regulative.

6.2.7.1. NIZKA PODATKOVNA PISMENOST

64 % MSP ima težave z učinkovito uporabo podatkov iz svojih sistemov. 74 % jih težko izkoristi vrednost svojih naložb v podatke zaradi slabe integracije, pomanjkanja strategije in pomanjkanja kadrovskih zmogljivosti. 54–55 % MSP se sooča s težavami pri vzdrževanju in iskanju podatkov.

6.2.8. OZAVEŠČENOST O KIBERNETSKI VARNOSTI IN ODPORNOST INFRASTRUKTURE

- Z uvajanjem medsebojno povezanih digitalnih sistemov v dobavne verige (IoT, platforme v oblaku, načrtovanje na osnovi umetne inteligence) se povečuje tudi tveganje za kibernetске grožnje. Kibernetška varnost postaja ne le skrb oddelka za IT, temveč osrednja organizacijska prednostna naloga v upravljanju dobavne verige (Masip-Bruin idr., 2021; OECD, 2021). Učinki:
 - Razvoj medoddelčnih ekip za upravljanje kibernetških tveganj v okviru delovanja dobavne verige.
 - Naložbe v protokole za kibernetško odpornost, namenjene platformam v oblaku, API integracijam in IoT omrežjem.
 - Rastoče potrebe po usposabljanju ne-IT osebja na področju kibernetške higiene in upravljanja dostopa do podatkov.

6.2.9. PRERAZPOREDITEV NALOG IN SPRETNOSTI DELOVNE SILE

- Umetna inteligenca, avtomatizacija in rešitve v oblaku spreminjajo pričakovanja do delovne sile, saj se poudarek premika na digitalni nadzor, obravnavo izjemnih situacij in strateško predvidevanje (Sarah Shelley, 2024). Učinki:
 - Pojav hibridnih vlog (npr. analitiki dobavne verige z digitalnimi kompetencami).
 - Povečana potreba po stalnem nadgrajevanju znanja in medoddelčni digitalni pismenosti.



6.3. VPLIV NA DELOVNO SILO

Čeprav digitalizacija prinaša nesporne operative prednosti, hkrati prinaša tudi kompleksne posledice za delovno silo v MSP, zlasti na področju upravljanja dobavne verige (SCM). Te vključujejo spreminjajoče se zahteve po znanju, pomembne preobrazbe delovnih mest ter nujno potrebo po proaktivnem usposabljanju, upravljanju sprememb in prilagajanju organizacijske kulture. Skladno s tem konvergenca tehnologij, kot so IoT, umetna inteligenca in računalništvo v oblaku oziroma na robu (cloud/edge computing), ne spreminja le načina delovanja dobavnih verig, temveč tudi način dela ljudi znotraj teh sistemov.

6.3.1. DIGITALNE SPRETNOSTI

Integracija umetne inteligence (AI), interneta stvari (IoT) in tehnologij v oblaku v procese upravljanja dobavne verige (SCM) je povzročila vse večje povpraševanje po strokovnjakih, usposobljenih za podatkovno znanost, avtomatizacijo, arhitekturo v oblaku in optimizacijo digitalnih procesov. Vendar se MSP pogosto soočajo z izrazitejšim pomanjkanjem digitalnih veščin v primerjavi z velikimi podjetji, kar izhaja iz omejenih virov za usposabljanje, proračunskih omejitev in težav pri privabljanju digitalnih talentov.

6.3.1.1. RAZVIJAJOČA SE ZAPLETENOST DOBAVNE VERIGE IN POMANJKANJE ZNANJ IN SPRETNOSTI

Z večjo zapletenostjo dobavnih verig narašča potreba po strokovnem znanju na področju naprednih tehnologij. Vendar pa se številne organizacije soočajo s težavami pri privabljanju in zadrževanju kadrov, usposobljenih za ta področja. Nedavni članek poudarja, da imajo vodje dobavnih verig velike težave pri iskanju ustrezno usposobljenih kandidatov na področju podatkovne analitike in umetne inteligence, kar dodatno pogloblja kadrovske primanjkljaje v panogi (Jeremy Tiffin, 2025).

6.3.1.2. OMEJITVE ORODIJ SCM, KI JIH POGANJA AI IN DELOVNE SILE SME

Uvajanje orodij, ki temeljijo na umetni inteligenci, v upravljanje dobavne verige (SCM) zahteva znanja s področja podatkovne znanosti, računalništva v oblaku in avtomatizacije. Žal številni zaposleni v MSP teh specializiranih veščin nimajo, kar ovira učinkovito uvedbo teh rešitev. Študija, ki preučuje vpliv umetne inteligence na globalno upravljanje dobavnih verig, poudarja, da so izzivi, povezani s kakovostjo podatkov, stroški uvedbe in prilagajanjem delovne sile, ključne ovire za uvajanje umetne inteligence v dobavne verige (Subharun Pal idr., 2025).

6.3.2. USPOSABLJANJE VEŠČIN

Čeprav bi morala uvedba novih informacijskih sistemov (IS), kot so orodja za napovedovanje na osnovi umetne inteligence, sledenje s pomočjo interneta stvari (IoT) in napovedna analitika, idealno vključevati tudi usposabljanje zaposlenih, v praksi številni MSP ne zagotavljajo strukturiranega nadgrajevanja znanja med uvedbo. »Prepogosto se digitalna orodja uvajajo brez zadostne pozornosti namenjene uvajanju zaposlenih ali njihovem usposabljanju, kar ustvarja vrzeli v uporabi in slabo stopnjo posvojitve tehnologije.« (World Economic Forum, 2023a).

6.3.2.1. NEPRIPRAVLJENOST DELOVNE SILE

Številni MSP vlagajo v ERP sisteme, platforme v oblaku ali rešitve z umetno inteligenco, ne da bi hkrati razvijali človeške zmogljivosti za upravljanje teh orodij ali za pridobivanje njihove dejanske vrednosti. Po podatkih Eurostata (2023) MSP znatno zaostajajo za velikimi podjetji na področju



digitalnih veščin – le 69 % jih dosega osnovno raven digitalne intenzivnosti, v primerjavi z 98 % velikih podjetij (Eurostat, 2023).



6.3.3. POTREBE ZAPOSLENIH PO USPOSABLJANJU IN KRIVULJA UČENJA

MSP morajo vlagati v programe nadgrajevanja znanja, da bodo zaposleni lahko učinkovito izkoriščali orodja za napovedovanje na osnovi umetne inteligence, sledenje z uporabo interneta stvari (IoT) in napovedno analitiko.

6.3.4. ODPOR DO UVEDBE AI IN AVTOMATIZACIJE

Zaposleni se zaradi avtomatizacije bojijo izgube delovnih mest, kar vodi v odpor do uvajanja digitalnih orodij. Številni MSP nimajo strategije za upravljanje sprememb, ki bi olajšala sprejemanje digitalnih tehnologij med zaposlenimi.

6.3.5. VRZELI V OZAVEŠČENOSTI O KIBERNETSKI VARNOSTI

Povečana digitalizacija izpostavlja MSP kibernetiskim tveganjem, pri čemer zaposleni pogosto niso usposobljeni za uporabo najboljših praks kibernetске varnosti. Človeška napaka ostaja eden glavnih vzrokov za kibernetске vdore, kar zahteva ciljno usmerjene programe usposabljanja, prilagojene MSP.

Ti izzivi, povezani z delovno silo, poudarjajo nujnost, da MSP vlagajo v strategije za uvajanje umetne inteligence, nadgrajevanje znanja zaposlenih in upravljanje sprememb, da bi zagotovili nemoten prehod v digitalizirane procese upravljanja dobavne verige.

6.4. REZULTATI ANKETE O SCM

6.4.1. PREGLED RAZISKAVE

Za oceno stopnje uvajanja in vplivov nastajajočih digitalnih tehnologij (Industrija 4.0) ter trendov zelenega prehoda na upravljanje dobavne verige (SCM 4.0) med malimi in srednje velikimi podjetji (MSP) je bila izvedena anketa v evropskih državah Francija, Nemčija, Slovenija, Italija, s sodelovanjem Turčije.

Anketa je zbirala vpoglede glede velikosti podjetij, primarnega industrijskega sektorja, obstoječih praks v SCM, stopnje tehnološke uvedbe, vpliva na delovno silo ter pogledov na prihodnost SCM 4.0. Rezultati ponujajo zanimive podatke o izzivih in priložnostih, s katerimi se MSP soočajo pri vključevanju SCM 4.0 v svoje poslovanje.

Skupno je bilo k sodelovanju povabljenih 176 MSP, od katerih je 18 podjetij odgovorilo, z naslednjo geografsko in velikostno porazdelitvijo:

6.4.2. ANALIZA REZULTATOV

Z odzivnostjo 10 % od skupno 176 poslanih prošenj za informacije MSP rezultati kažejo na trend, ki ga je smiselno upoštevati (glej statistične podatke v poglavju o metodologiji), čeprav vzorca ni mogoče šteti za reprezentativnega oziroma posplošljivega.

6.4.3. SPLOŠNE INFORMACIJE O ANKETIRANIH MALIH IN SREDNJE VELIKIH PODJETJIH

6.4.3.1. VELIKOSTNA PORAZDELITEV ODGOVARJAJOČIH

Čeprav je anketa zbrala dragocene vpoglede iz 18 MSP iz petih držav, velikost vzorca ostaja razmeroma omejena glede na celotno ciljno populacijo 176 MSP. Porazdelitev odgovorov je prav tako neenakomerna, saj je precejšen delež odgovorov prišel iz Turčije (7 odgovorov)



in Francije (6 odgovorov), medtem ko so države, kot so Nemčija (2), Slovenija (2) in Italija (1), zastopane v manjši meri.

Ta neuravnotežena geografska udeležba lahko vpliva na reprezentativnost ugotovitev, zlasti pri oblikovanju meddržavnih zaključkov ali prepoznavanju vzorcev v različnih industrijskih kontekstih. Poleg tega naj bi se zaradi le približno 10 % odzivnosti ciljnih MSP rezultati ankete interpretirali previdno z vidika statistične zanesljivosti.

Kljub temu pa zbrani odgovori še vedno ponujajo kvalitativno vrednost, zlasti če jih obravnavamo skupaj z dopolnilnimi viri podatkov ali intervjuji s strokovnjaki.

Table 7. SME Survey Response Distribution by Country

Toward SMEs	Country	Number of Companies	Number of answers
	FR	118	6
	GER	39	2
	IT	1	1
	SL	11	2
	TR	7	7
Total SMEs		176	18

6.4.3.2. VELIKOST ORGANIZACIJ

Anketa je MSP razvrstila v štiri skupine glede na število zaposlenih:

- Mikro (1–9 zaposlenih)
- Majhna (10–49 zaposlenih)
- Srednja (50–249 zaposlenih)
- Velika (250+ zaposlenih) (čeprav velika podjetja običajno ne sodijo med MSP, so bila v nekaterih odgovorih vseeno vključena)

Najbolj zastopani v tej anketi so majhna in srednje velika podjetja.

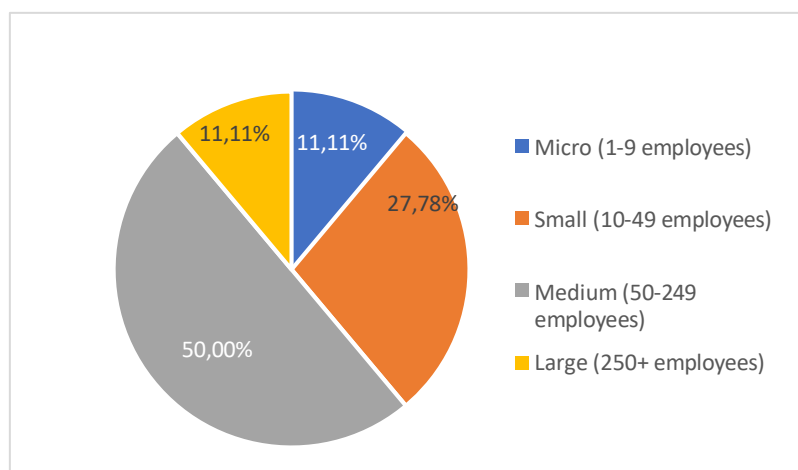


Figure 7. Size Distribution of Responding SMEs



6.4.3.3. VELIKOST ORGANIZACIJ PO DRŽAVAH

Glavna sodelujoča – Francija in Turčija – imata zastopanost v kategorijah majhnih in srednje velikih podjetij.

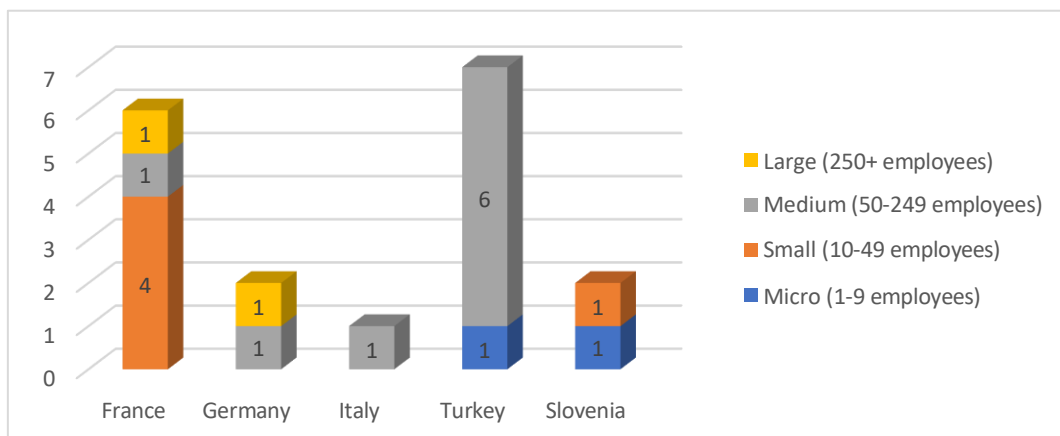


Figure 8. Size of organizations per country

6.4.3.4. VELIKOST ORGANIZACIJ, KI SO ODGOVORILE PO PRIMARNIH SEKTORJIH

Sodelujoča podjetja so prihajala iz različnih sektorjev, predvsem iz kemijske industrije, letalske in vesoljske industrije ter obrambnega sektorja:

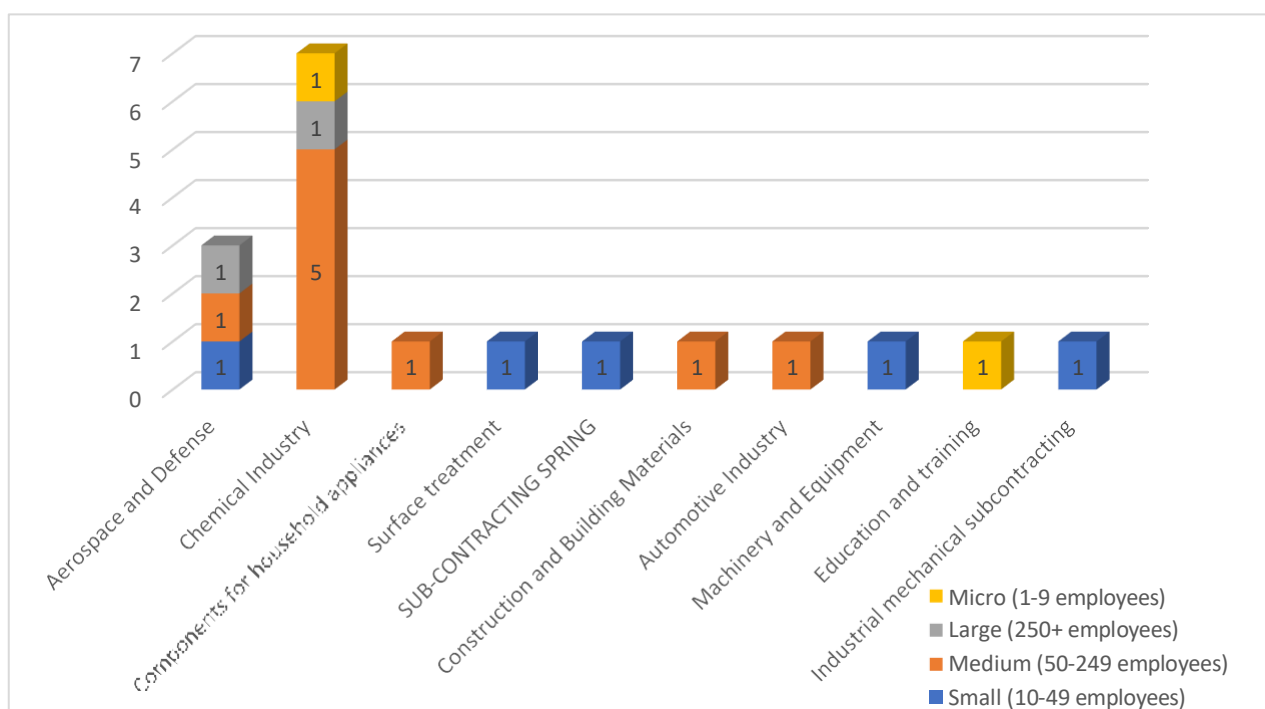


Figure 9. Size of organizations which answered per primary industry sector



6.4.3.5. VLOGE V PODJETJU

Spodnji graf prikazuje pregled vlog anketirancev v njihovih podjetjih, razvrščenih po funkcionalnih področjih in velikosti podjetja. Ponuja raznoliko zastopanost organizacijskih vlog z uravnoveženim prepletom velikosti podjetij, vključno z malimi, srednjimi, velikimi in mikro podjetji. Ta raznolikost povečuje relevantnost zbranih vpogledov, saj odraža večplastne perspektive z različnih ravni odgovornosti in sektorjev znotraj anketiranih MSP.

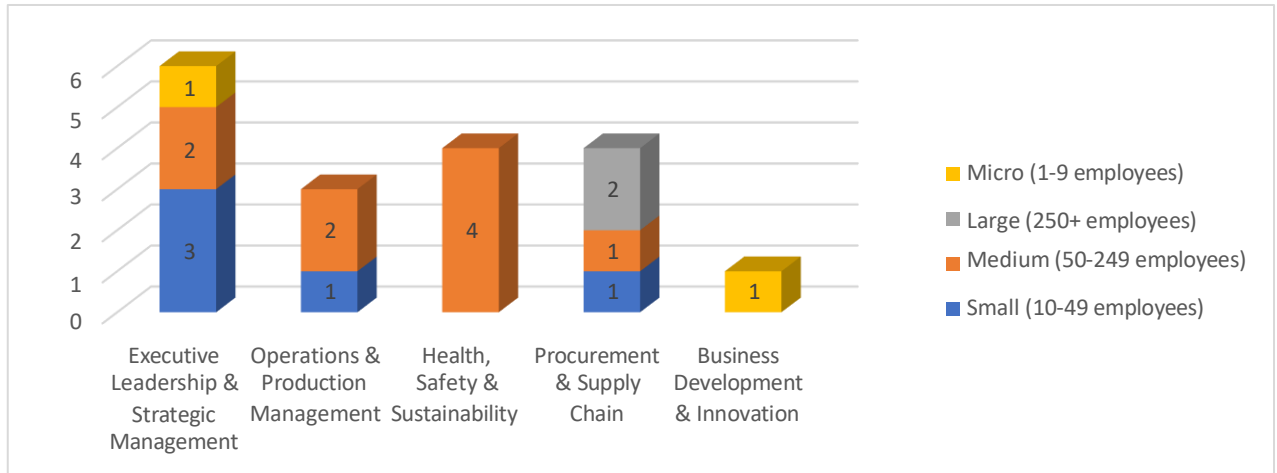


Figure 10. Roles within the company

6.4.4. TRENUTNO STANJE SPREMLJANJA DIGITALNIH SISTEMOV

Kar zadeva področja digitalnih sistemov za upravljanje dobavne verige, ki so trenutno uvedeni v MSP, velikost podjetja jasno vpliva na stopnjo uvedbe. Najbolj izstopajo mala podjetja, kjer je med 80 % in 100 % podjetij v celoti ali delno integriralo orodja, kot so MRP, S&OP/MPS, načrtovanje proizvodnje in analitika podatkov. Sledijo srednje velika podjetja s povprečno uvedbo med 30 % in 50 % na področju digitalnih sistemov za upravljanje dobavne verige in orodij za analizo podatkov.

Mikropodjetja pogosto zaostajajo. Vzorec velikih podjetij je premajhen, da bi bil statistično pomemben.

(Zaradi boljše preglednosti in upoštevanja razlik v velikosti vzorca med posameznimi kategorijami podjetij predstavljajo odstotki relativni delež znotraj vsake skupine glede na velikost podjetja).

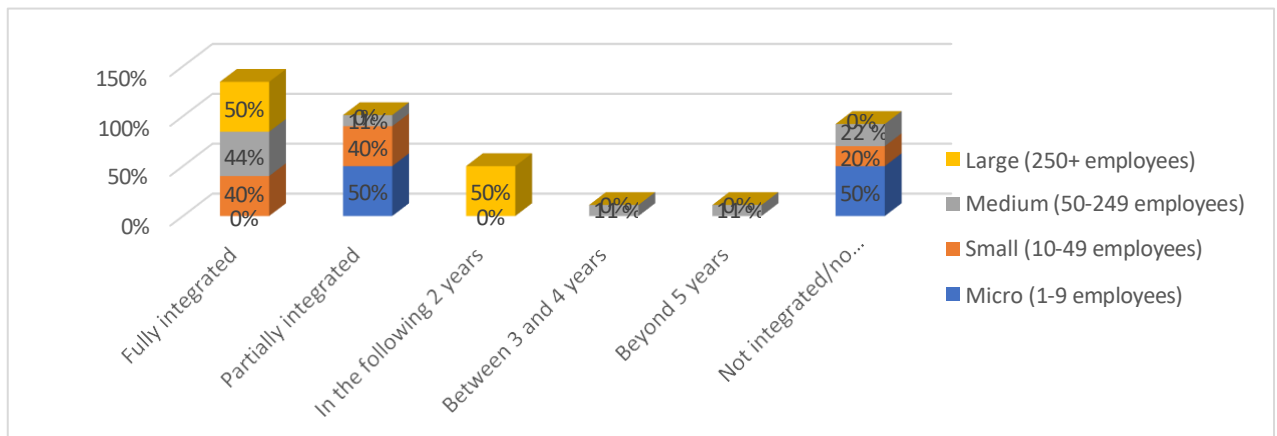


Figure 11. Basic ERP System (Enterprise Resource Planning for managing inventory, orders, and production) digital systems adoption



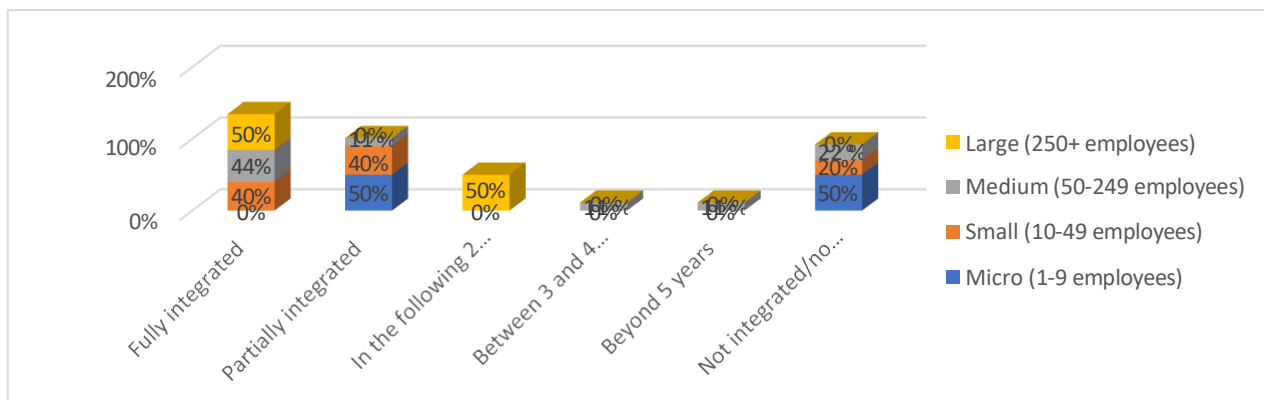


Figure 12. Industrial and commercial planning (Sales and Operations Planning (S&OP) / Master Planning Schedule (MPS)) digital systems adoption

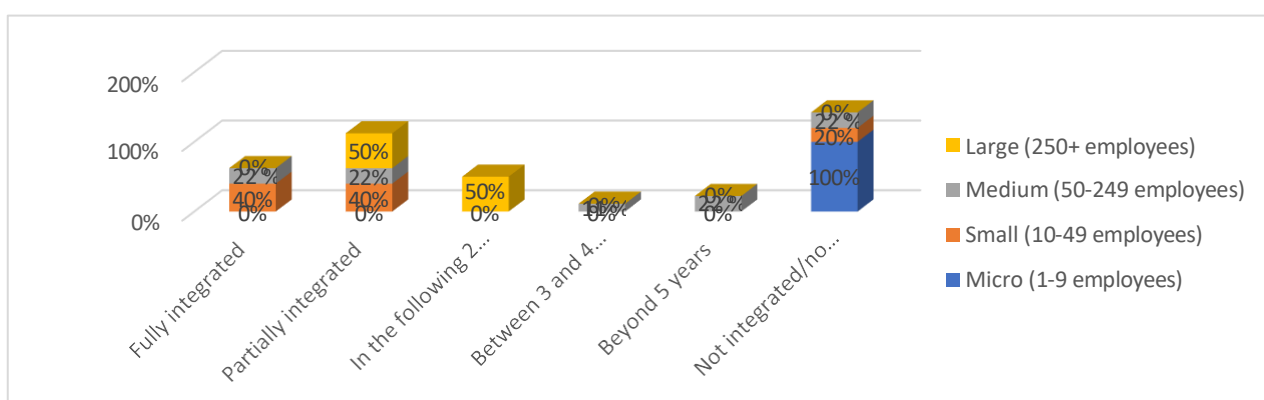


Figure 13. Shop floor scheduling digital systems adoption

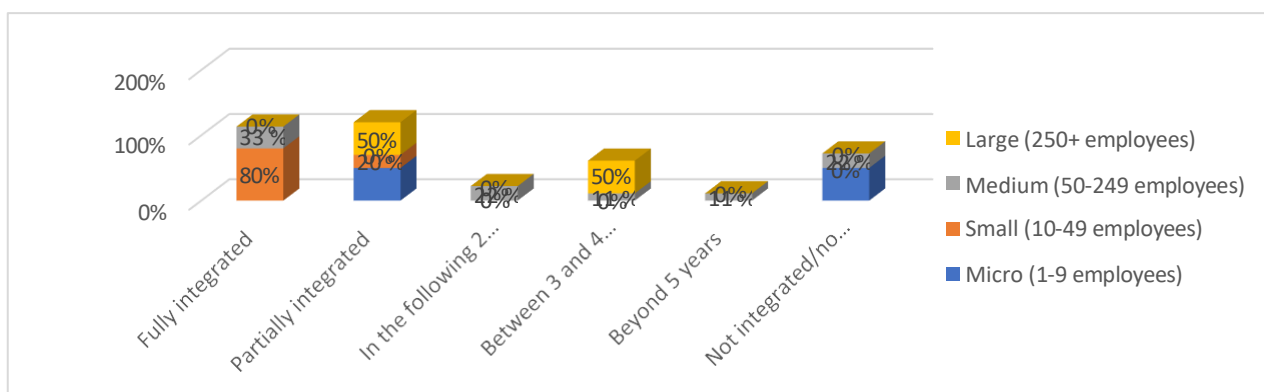


Figure 14. Data Analytics Tools (dashboards, KPI tracking, data visualization) digital adoption

6.4.5. ZAZNAVANJE NOVIH TEHNOLOGIJ 4.0 PRI IZBOLJŠANJU PROCESOV DOBAVNE VERIGE

Na podlagi odgovorov na vprašanje »Kako pomembno se vam zdi, da imajo naslednje nastajajoče tehnologije 4.0 vlogo pri izboljšanju procesov v dobavni verigi v vašem podjetju?« lahko ugotovimo visoko raven ozaveščenosti in zaznane pomembnosti teh tehnologij med srednje velikimi podjetji, saj jih večina ocenjuje kot »nujne« ali »pomembne« za izboljšanje procesov v dobavni verigi.

Presenetljivo pa vsaj eno veliko podjetje ocenjuje te tehnologije kot zgolj »koristne, a ne bistvene«, drugo pa celo poroča, da z njimi »ni seznanjeno«. To kaže, da ozaveščenost in strateška usklajenost z digitalno preobrazbo še nista univerzalno prisotni – celo med večjimi podjetji.

Hkrati mikro in mala podjetja izkazujejo raznolike poglede – od kritičnega prepoznavanja pomena tehnologij do popolne nepoznanosti –, kar poudarja potrebo po ciljno usmerjenem obveščanju,

izobraževanju in podpori za širšo uvedbo tehnologij v celotnem spektru MSP.

(Zaradi boljše preglednosti in upoštevanja razlik v velikosti vzorca med posameznimi kategorijami podjetij predstavljajo odstotki relativni delež znotraj vsake skupine glede na velikost podjetja).

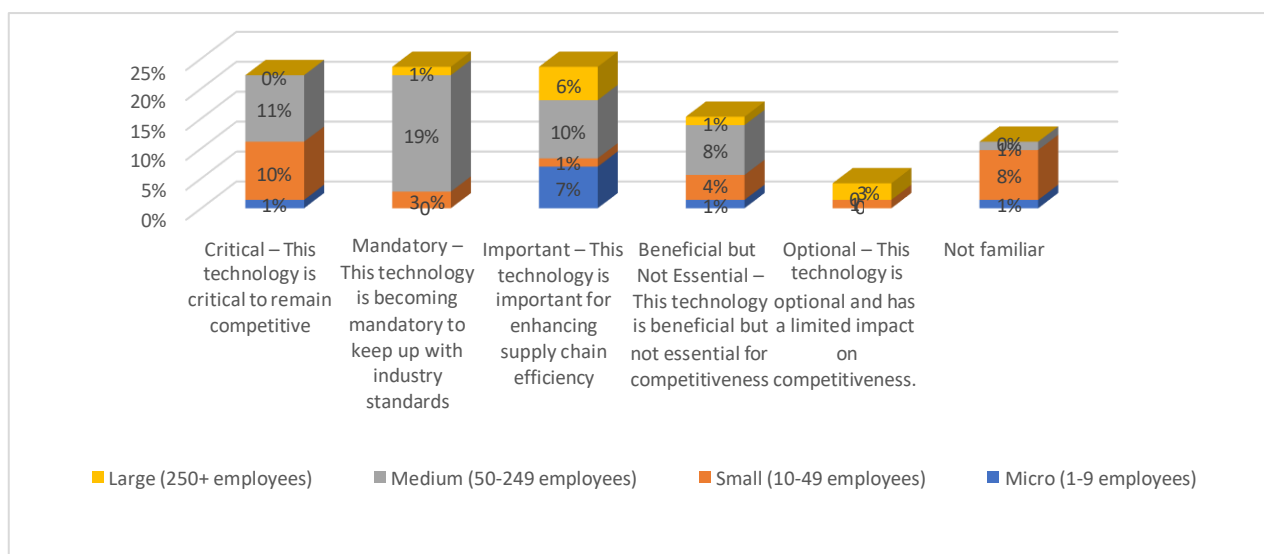


Figure 15. Role of emerging technologies 4.0 in improving Supply Chain processes

V nadaljevanju je podana sinteza s križno analizo, ki prikazuje, kako MSP različnih velikosti zaznavajo pomen ključnih nastajajočih tehnologij in zelenega prehoda – kot so IoT, umetna inteligenca (AI), računalništvo v oblaku, kibernetika varnost in zelene tehnologije – za izboljšanje procesov v dobavni verigi. Analiza razkriva različne ravni ozaveščenosti, uvedbe in strateškega prioritetnega razumevanja ter ponuja vpogled v digitalno zrelost glede na velikost podjetja.

1. Internet stvari (IoT – senzorji, povezani stroji za spremljanje v realnem času)

- Mikro (1–9 zaposlenih): Zelo omejena uvedba. Eno podjetje poroča, da s tehnologijo ni seznanjeno, nobeno pa je ne smatra za »kritično« ali »nujno«.
- Majhna (10–49 zaposlenih): 40 % podjetij jo vidi kot »kritično«, vendar je 40 % z njo neznanih, kar kaže na veliko vrzel v ozaveščenosti.
- Srednja (50–249 zaposlenih): Močna prepoznava: 66 % jo ocenjuje kot »kritično«, »nujno« ali »pomembno«. IoT se dojema kot ključno orodje.
- Velika (250+ zaposlenih): 50 % meni, da je »pomembna«, 50 % pa »ni seznanjena«, kar kaže na različno stopnjo angažiranosti, kljub domnevnim kapacitetam.

2. Umetna inteligenca (AI – napovedovanje, analitika, optimizacija)

- Mikro: 100 % jo ocenjuje kot »pomembno« – prisotno zanimanje, a brez strateške uporabe.
- Majhna: 40 % jo vidi kot »kritično« ali »pomembno«, 40 % pa je nepoznavalcev – razkorak v digitalni zrelosti.
- Srednja: 77 % jo smatra za »nujno« ali »pomembno«, 23 % za »koristno, a ne bistveno« – AI pridobiva strateški pomen.
- Velika: 50 % »pomembno«, 50 % »koristno, a ne bistveno« – uporaba je previdna ali razdrobljena.



- **3. Računalništvo v oblaku (deljenje podatkov, preglednost)**
 - Mikro: 50 % meni, da ni »bistveno«, 50 % da je »pomembno« – zmerno razumevanje, nizka strateška integracija.
 - Majhna: 60 % jo ocenjuje kot »kritično« ali »nujno«, ostali kot »nebistveno« ali so »neznani« – raznolike ravni uporabe.
 - Srednja: Močna uvedba: 77 % jo vidi kot »kritično«, »nujno« ali »pomembno«, 23 % kot »nebistveno« – široka in stabilna integracija.
 - Velika: 50 % »pomembno«, 50 % »nebistveno« – uporaba je prisotna, a ne kot preoblikovalna.
 - **4. Ukrepi za kibernetsko varnost**
 - Mikro: 50 % meni, da je »kritična«, 50 % da je »pomembna« – ozaveščenost je prisotna.
 - Majhna: 60 % jo smatra za »kritično« ali »nujno«, drugi jo vidijo kot »opcijsko« ali so »neznani« – potrebna dodatna krepitev.
 - Srednja: Popolna soglasnost: 100 % »kritična«, »nujna« ali »pomembna« – visoka digitalna zrelost in strateška usklajenost.
 - Velika: 50 % »nujno«, 50 % »pomembno« – malo odzivov, a nobenih znakov podcenjevanja pomena.
5. Zelene tehnologije / ozaveščenost
- Mikro: 50 % »kritično«, 50 % »nebistveno« – razdeljeno mnenje, prostor za večjo ozaveščenost.
 - Majhna: Mešani rezultati: 40 % »kritično« ali »pomembno«, 40 % »nebistveno«, 20 % »neznano« – raznolika angažiranost.
 - Srednja: 100 % »kritično«, »nujno« ali »pomembno« – močna zavezanost trajnosti. To je lahko povezano s prevlado kemijskih podjetij srednje velikosti v vzorcu.
 - Velika: 50 % »nebistveno«, 50 % »neznano« – razdrobljeno razumevanje, kljub verjetni izpostavljenosti regulativa.

6.4.6. SPREJETJE NASTAJAJOČIH TEHNOLOGIJ 4.0

Na podlagi odgovorov na vprašanje »Katere tehnologije 4.0 trenutno uporabljate v upravljanju dobavne verige (SCM) ali jih nameravate uvesti v bližnji prihodnosti? In na kateri ravni SCM procesov?« graf prikazuje naslednje ključne ugotovitve:

- **Izvajanje operacij in razporejanje (Operations Execution & Scheduling):** To je daleč najbolj aktivno področje pri uvajanju tehnologij, s skupno 34 omembami za vse tehnologije.
 - o IoT (7), oblak (8) in umetna inteligenca (9) izstopajo, kar kaže na močan poudarek na nadzoru v realnem času, prilagodljivosti in odločanju na podlagi podatkov v proizvodnji.
 - o To odraža jasno operativno prednostno nalogo: avtomatizacijo in odzivnost pri vsakodnevnem izvajanju procesov dobavne verige.
- **Ni integrirano / ni načrtov za uvedbo:** Prav tako beležimo 34 omemb o neuporabi ali neobstoju kratkoročnih načrtov za uvedbo, zlasti pri AI (9), IoT (6) in kibernetski varnosti (6).
 - o To kaže na vztrajne ovire, kot so kompleksnost, stroški ali nejasna donosnost naložb (ROI) v določenih sektorjih ali velikostih podjetij.
 - o Lahko pa tudi pomeni, da podjetja trenutno dajejo prednost drugim področjem ali pa niso še pripravljena na uvedbo.
- **Orodja za podatkovno analitiko:** So prav tako pogosto uvedena (26 omemb), predvsem za AI (7), IoT (5) in oblak (3).
 - o To poudarja, da se spremljanje uspešnosti in sledenje ključnim kazalnikom (KPI) že krepi z uporabo digitalnih orodij.



- o Kaže tudi na vse bolj razširjeno kulturo odločanja na podlagi podatkov, kjer sta vizualizacija in analitika ključna elementa strategije v SCM.
- o **• Načrtovanje prodaje in operacij (S&OP) ter glavno proizvodno načrtovanje (MPS):** Ti strateški načrtovalni sklopi kažejo zmerno stopnjo uvedbe:
 - o S&OP: 13 omemb, pri čemer prevladujeta oblak in umetna inteligenca.
 - o MPS: 16 omemb, prav tako z največjo zastopanostjo oblaka in AI.
 - o Ti podatki nakazujejo, da se napredne načrtovalne zmogljivosti postopoma izboljšujejo, a v manjšem obsegu kot izvajanje operacij.
- o **• Napovedovanje in optimizacija zalog:** S 17 omembami to področje beleži razmeroma nizko stopnjo tehnološke vključenosti, kljub njegovi ključnosti.
 - o Tudi tu vodita AI in oblak, kot je bilo pričakovano, vendar omejena uporaba lahko odraža težave s kakovostjo podatkov ali integracijo sistemov.
- o To kaže na razkorak med zaznanim pomenom in dejansko uvedbo na področju napovedne logistike in načrtovanja.

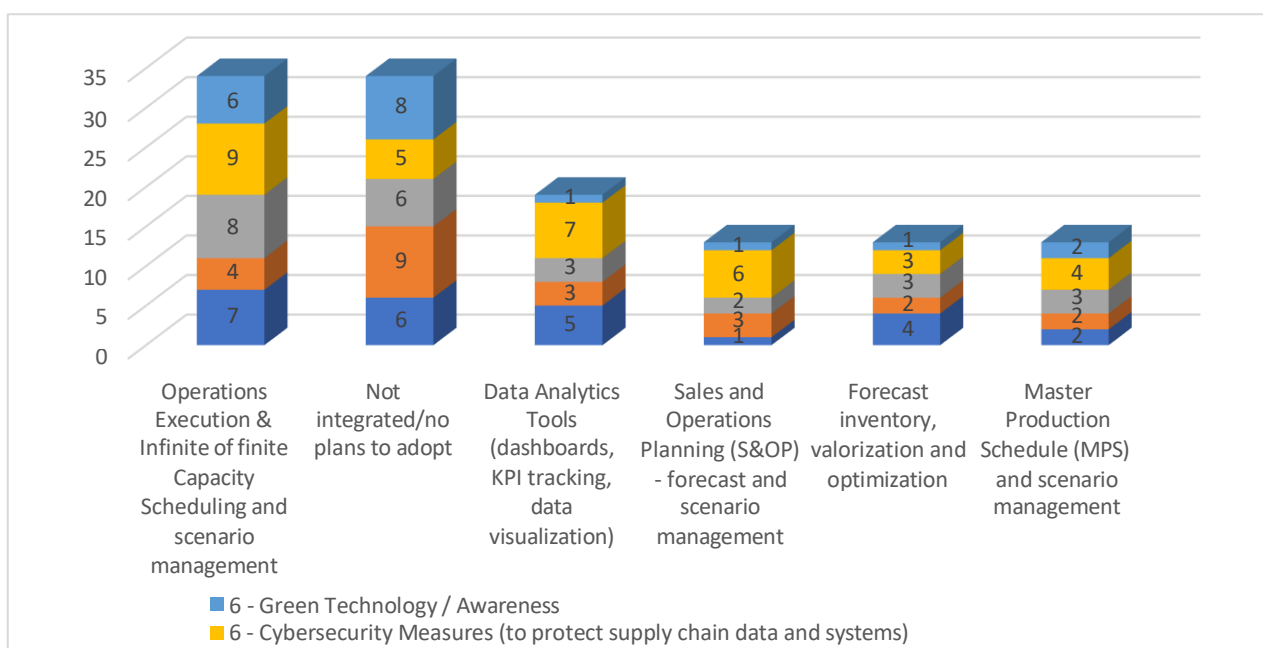


Figure 16. Current use or planned adoption of emerging technologies in SCM 4.0

Če se osredotočimo na mala in srednje velika podjetja – ki predstavljajo večino anketirancev v tej raziskavi –, lahko prepoznamo njihovo trenutno uporabo ali načrtovano uvedbo tehnologij Industrije 4.0 znotraj procesov upravljanja dobavne verige (SCM):

- **Srednje velika podjetja (50–249 zaposlenih):** Najbolj napredni in raznoliki uporabniki nastajajočih tehnologij na skoraj vseh ravneh SCM-procesov.
 - o Največja stopnja uvedbe je vidna pri izvajanju operacij, načrtovanju in kibernetiki varnosti, s konsistentno uporabo IoT, umetne inteligence in rešitev v oblaku.
 - o Kljub temu pa je opaziti določeno zadržanost ali pomanjkanje zrelosti (npr. 4 omembe statusa »ni integrirano« za AI in zelene tehnologije), kar kaže na potrebo po ciljno usmerjeni podpori na teh področjih.



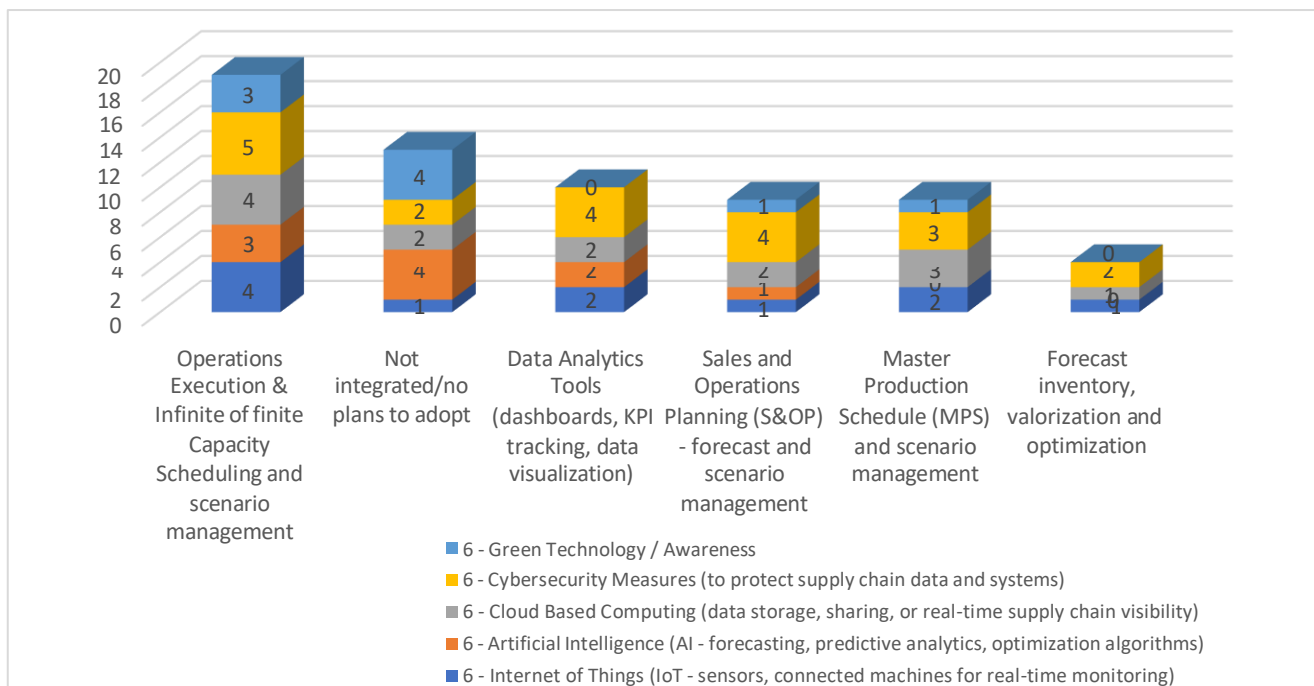


Figure 17. Current use or planned adoption of emerging technologies in SCM 4.0 – Medium Enterprises

- Majhna podjetja (10–49 zaposlenih): Uvajanje tehnologij je bolj selektivno in neenakomerno, pri čemer večina tehnologij še ni integrirana v številne SCM funkcije.

o Nekaj napredka je zaznati pri izvajanju operacij, podatkovni analitiki in napovedovanju, vendar so ravni načrtovanja (S&OP, MPS) še vedno slabo obravnavane.

o Kibernetska varnost je tukaj razmeroma bolje vključena, kot bi pričakovali, kar kaže na naraščajočo ozaveščenost o tveganjih tudi v manjših strukturah.

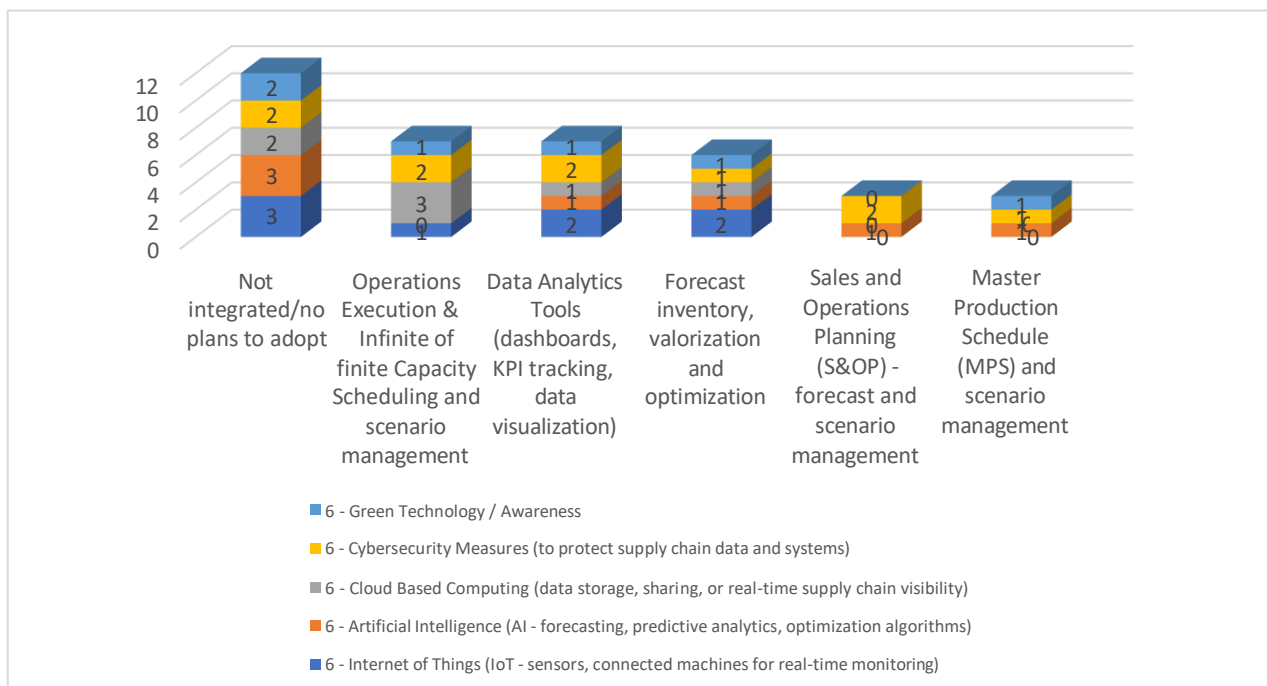


Figure 18. Current use or planned adoption of emerging technologies in SCM 4.0 - Small Enterprises



Zaključek

Analiza razkriva, da je izvajanje operacij in razporejanje (Operations Execution & Scheduling) najbolj napredno področje glede na uvedbo tehnologij Industrije 4.0, kar odraža močan poudarek na učinkovitosti proizvodnih procesov, prilagodljivosti in odzivnosti – zlasti prek rešitev, kot so IoT, umetna inteligenca in oblak. Tudi uporaba podatkovne analitike je visoka, kar kaže na premik k strategijam v dobavni verigi, temelječim na uspešnosti.

Nasprotno pa strateška načrtovalna področja, kot sta S&OP in MPS, izkazujejo le zmerno stopnjo uvedbe, napovedovanje pa ostaja podizkoriščeno, kljub svoji pomembnosti. Opazno število podjetij – zlasti manjših – poroča, da trenutno ne uvaja ključnih tehnologij in jih ne namerava uvajati, kar poudarja ovire, kot so kompleksnost, stroški ali pomanjkanje zaznanega donosa na naložbo (ROI). Srednje velika podjetja se kažejo kot najzrelejši uporabniki, vendar se tudi pri njih pojavljajo vrzeli pri uvedbi tehnologij, kot sta umetna inteligenca in trajnostne rešitve.

Rezultati kažejo, da se operativna digitalizacija že dogaja, vendar je potrebna širša strateška integracija in ciljno usmerjena podpora, zlasti za manjša podjetja. Veliko število podjetij brez načrtov za uvedbo – zlasti preoblikovalnih tehnologij, kot sta AI in IoT – kaže na potrebo po večji ozaveščenosti, krepitvi zmogljivosti in podpori, da bi pospešili uvedbo digitalnih rešitev v celotni dobavni verigi.

6.4.7. GLAVNE OVIRE

Graf z naslovom *Glavne ovire za uvedbo nastajajočih tehnologij v SCM 4.0* razkriva jasne trende v zaznanih ovirah glede na velikost podjetja:

- Tehnološka kompleksnost in integracija je daleč najbolj pogosto navedena ovira (44 % vseh anketirancev), ki vpliva na podjetja vseh velikosti, zlasti na srednje velika podjetja (42 % omemb) in mala podjetja (52 % omemb). To kaže, da so ta podjetja sicer lahko odprta za uvajanje tehnologij, vendar se pogosto soočajo z izzivi, kot so interoperabilnost sistemov, zastarela infrastruktura ali pomanjkanje tehničnega znanja za izvedbo.
- Organizacijski in kulturni odpor se uvršča na drugo mesto (31 % vseh anketirancev), zlasti pri mikropodjetjih (57 % omemb) in srednje velikih podjetjih (32 % omemb). To poudarja notranjo zadržanost, ki je lahko posledica težav pri upravljanju sprememb, pomanjkanja angažiranosti zaposlenih ali šibke digitalne kulture v teh okoljih.
- Finančne in strateške omejitve (17 % vseh anketirancev) predstavljajo prav tako pomembno oviro, zlasti pri velikih podjetjih (22 % omemb) in malih podjetjih (19 % omemb). To odraža omejene proračune ali negotovost glede donosnosti naložb, kar lahko upočasni ali prepreči odločitve, povezane s tehnologij.
- Vprašanja varnosti, zasebnosti in etike se pojavljajo redkeje (8 % vseh anketirancev), večinoma pri srednje velikih in velikih podjetjih (11 % omemb v obeh skupinah). Pomembnost teh skrbi se bo verjetno povečala z večjo uporabo AI, IoT in rešitev v oblaku, ki obdelujejo občutljive podatke.

Povzetek: največja ovira je jasno tehnična kompleksnost in integracija, sledita notranji odpor do sprememb in finančne omejitve, medtem ko so pomisleki glede varnosti sekundarni, a še vedno pomembni. Ti vpogledi poudarjajo potrebo po enostavnejših, združljivih rešitvah, podpori pri upravljanju sprememb ter bolj jasnih poteh do donosnosti naložb – še posebej za MSP, ki se soočajo z izzivi digitalne preobrazbe.

(Za boljšo preglednost in upoštevanje razlik v velikosti vzorca med posameznimi kategorijami podjetij predstavljajo odstotki relativni delež znotraj vsake skupine glede na velikost podjetja.)



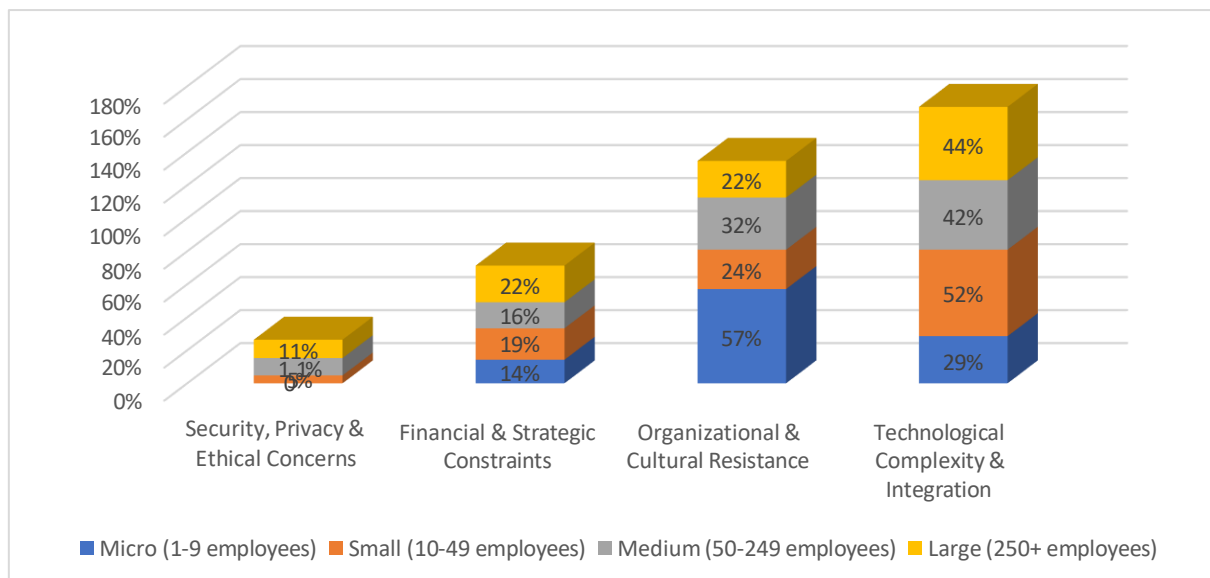


Figure 19. Main obstacles to the adoption of emerging technologies in SCM 4.0

6.4.8. ZUNANJI DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA NASTAJAJOČE TEHNOLOGIJE

Za **mala podjetja (10–49 zaposlenih)** se kot najpogostejše navedena motivatorja pojavita **tehnološka pripravljenost** in **povpraševanje strank** (vsaka po 22 % njihovih odgovorov v tem segmentu), medtem ko za **srednje velika podjetja (50–249 zaposlenih)** prevladujeta **tržni pritisk** in **tehnološka pripravljenost** (vsaka s 25 % oz. 20 % njihovih odgovorov). To nakazuje, da ta podjetja inovacije običajno uvajajo takrat, ko zaznajo jasne potrebe s strani kupcev in hkrati občutijo notranjo pripravljenost za izvajanje sprememb.

Vladne spodbude (omenjene pri 11 % malih in 15 % srednje velikih podjetij) prav tako igrajo pomembno vlogo, kar odraža vpliv širšega gospodarskega in regulativnega okolja.

Omeniti velja tudi, da je pomemben delež anketirancev (13 % vseh omemb) izbral možnost »**Ni relevantno/Ni seznanjen**«, kar kaže na to, da za nekatera podjetja pomen teh zunanjih dejavnikov še ni prepoznan ali razumljen – kar bi lahko predstavljalo priložnost za **ciljno ozaveščanje in podporne ukrepe**.

6.4.9. TRENUTNE VRZELI V ZNANJU IN SPRETNOSTIH DELOVNE SILE V ZVEZI Z NASTAJAJOČIMI TEHNOLOGIJAMI 4.0

Za **velika podjetja (250+ zaposlenih)** so najbolj izrazite vrzeli v znanjih povezane z **računalništvom v oblaku** in **uporabo orodij umetne inteligence (AI)**, kar kaže, da se tudi dobro financirane organizacije soočajo z notranjimi kadrovskimi omejitvami pri uvajanju naprednih tehnologij. To nakazuje, da hitrost tehnoloških sprememb presega tempo notranjega usposabljanja – tudi v bolj razvitih strukturah. (*Ob tem velja opozoriti, da vzorec v tem segmentu ni zanesljiv za sploševanje.*)

Pri **srednje velikih podjetjih (50–249 zaposlenih)** je močan poudarek na **uporabi AI orodij, upravljanju IoT in analizi podatkov**, kar odraža jasno ambicijo po digitalni preobrazbi, hkrati pa tudi izpostavlja, da delovna sila težko dohaja potrebne kompetence na teh ključnih področjih.

Mala podjetja (10–49 zaposlenih) najpogostejše navajajo **upravljanje IoT, sledijo AI orodja**, kar kaže na rastoče povpraševanje po operativni tehnološki uvedbi – vendar ob očitnem pomanjkanju **tehnične pripravljenosti**. Nižje poročanje o vrzelih na področju podatkovne analitike lahko pomeni bodisi manj operacij, usmerjenih v podatke, bodisi manjšo ozaveščenost o strateški vrednosti teh veščin.

Mikropodjetja (1–9 zaposlenih) kažejo bolj razdrobljeno sliko – kot glavna izziva izstopata **uporaba AI orodij in analiza podatkov**, čeprav je skupno število odgovorov nižje. To nakazuje

omejeno vključenost ali ozaveščenost na nekaterih področjih, verjetno zaradi pomanjkanja virov ali nizke ravni digitalne zrelosti.

Skupni vpogled: vrzeli v znanju, povezanem z AI in IoT, so razširjene v vseh segmentih, medtem ko je pomanjkanje strokovnjakov za oblačne tehnologije še posebej pereče pri večjih podjetjih. Dosledna prisotnost teh vrzeli v različnih velikostnih skupinah podjetij poudarja potrebo po **prilagojenih strategijah usposabljanja**, usklajenih z obsegom podjetja in njegovo tehnološko potjo.

Omeniti velja tudi, da je možnost »Ni relevantno / Ni seznanjen« izbralo **14 % vseh anketirancev**, zlasti med malimi in srednje velikimi podjetji. To kaže na **vztrajno pomanjkanje ozaveščenosti ali razumevanja določenih nastajajočih tehnologij**, kar lahko ovira informirano odločanje in upočasni proces digitalne uvedbe.

(Za boljšo preglednost in upoštevanje razlik v velikosti vzorca med posameznimi kategorijami podjetij predstavljajo odstotki relativni delež znotraj vsake skupine glede na velikost podjetja.)

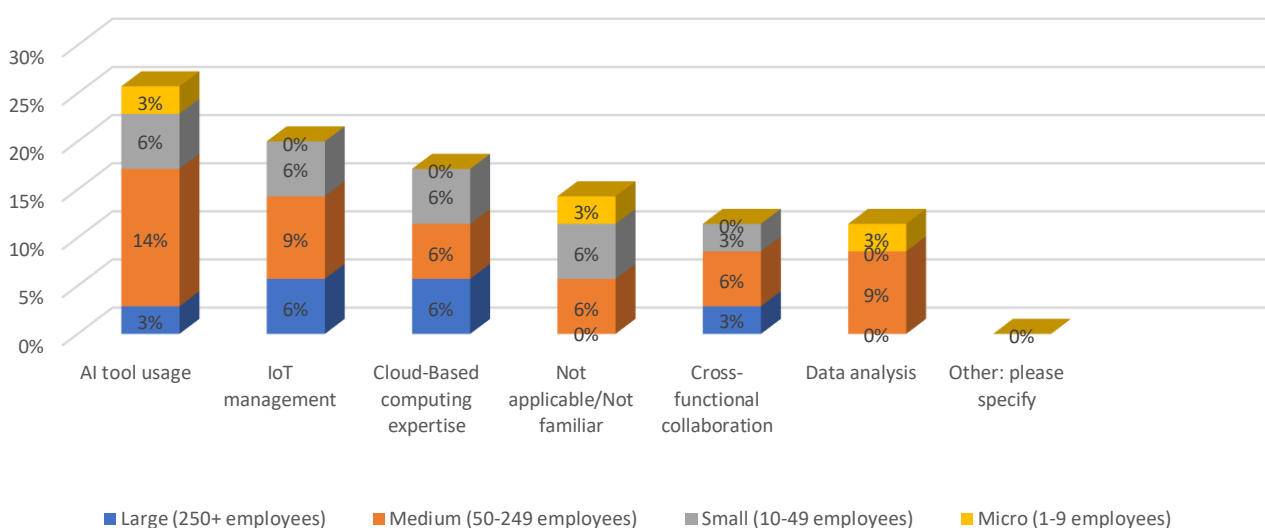


Figure 20. Current skills gaps in workforce related to emerging technologies 4.0

6.4.10. NAČRTOVANO USPOSABLJANJE O NOVIH TEHNOLOGIJAH 4.0

Graf kaže, da so prizadevanja za usposabljanje na področju nastajajočih tehnologij 4.0 v veliki meri usmerjena v **odločevalce**. Kljub temu pa pomemben delež anketirancev **nima načrtov za usposabljanje** ali jih predvideva **šele čez pet let ali več**, kar kaže na **pomanjkanje ozaveščenosti ali nizko prednostno obravnavo** tega področja. Poleg tega **nobena posamezna tehnologija ne izstopa kot jasna usmeritev za usposabljanje**, kar odraža **negotovost ali omejeno prepoznavnost ključnih digitalnih znanj**, potrebnih za prihodnjo preobrazbo dobavnih verig.

(Za boljšo preglednost in upoštevanje razlik v velikosti vzorca med posameznimi kategorijami podjetij predstavljajo odstotki relativni delež znotraj vsake skupine glede na velikost podjetja.)



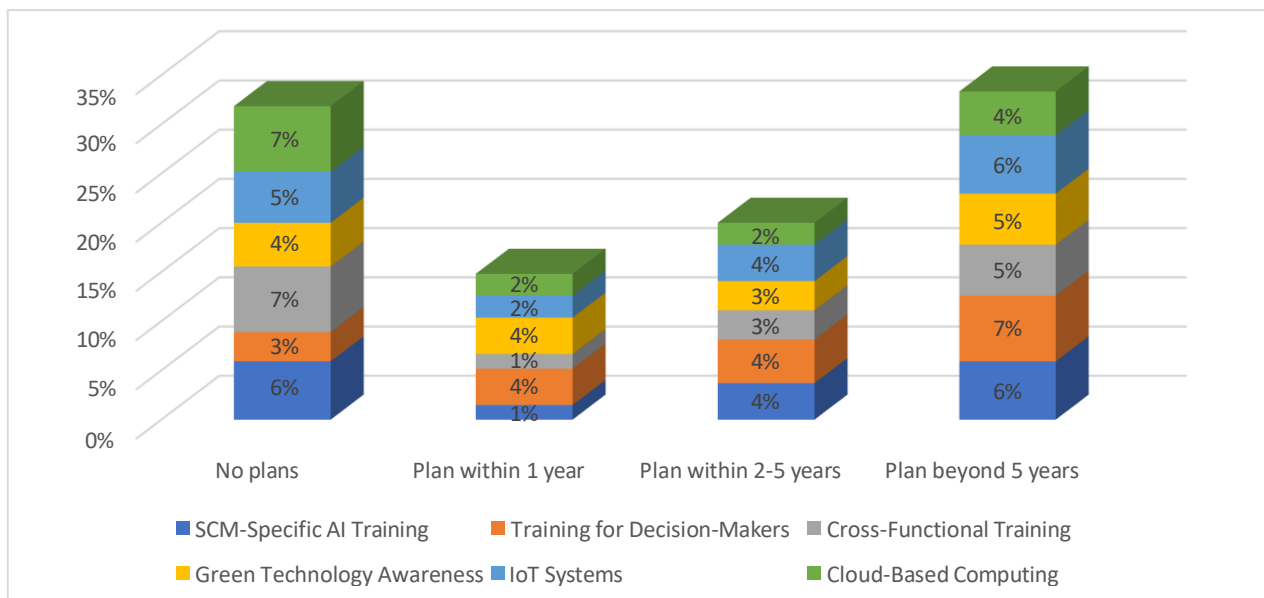


Figure 21. Planned training on emerging technologies 4.0 for SCM

Razen **velikih podjetij** (čeprav vzorec ni statistično reprezentativen) in **malih podjetij**, ki napovedujejo izvedbo usposabljanj v naslednjem letu, rezultati ankete večinoma kažejo na to, da so **usposabljanja bodisi povsem nepredvidena bodisi načrtovana šele po dveh letih**. To kaže na **široko razširjeno odlašanje pri naslavljanju potreb po nadgradnji znanja**, povezanega z nastajajočimi tehnologijami v upravljanju dobavne verige (SCM).



Figure 22. Planned training on emerging technologies 4.0 for SCM per company size



6.4.11. VRSTE USPOSABLJANJ, KI LAHKO IZBOLJŠAJO PROCESSE SCM

Potrebe po usposabljanju so bile izražene tako za **odločevalce** kot za **tehnično osebje** (EQF 4 do 6), kar poudarja pomen nadgrajevanja znanja na vseh ravneh organizacije.

Kljub temu se večina omemb usposabljanj nanaša na **vodje in odločevalce**, kar nakazuje, da se **strateško vodstvo dojema kot ključno** za digitalno preobrazbo SCM. To lahko odraža tudi strukturo anketirancev.

Glede vsebine **ni ene prevladujoče vrste usposabljanja**, kar pomeni, da podjetja prepoznajo potrebo po **raznolikih znanjih** – od umetne inteligence (AI) in interneta stvari (IoT) do zelenih tehnologij in rešitev v oblaku. Pogosto so bile navedene tudi »**Usposabljanje za odločevalce**« ter »**Medoddelčna usposabljanja**«, kar kaže na vse večji poudarek na razbijanju organizacijskih silosov in razvoju **prečnih kompetenc**.

Pomemben delež odgovorov »**Ni relevantno / Ni seznanjen**« pa kaže, da **mnoga podjetja nimajo jasne predstave o možnostih ali potrebah po usposabljanju**, kar potrjuje širši trend **omejenega ali dolgoročnega načrtovanja** na področju kadrovskega razvoja.

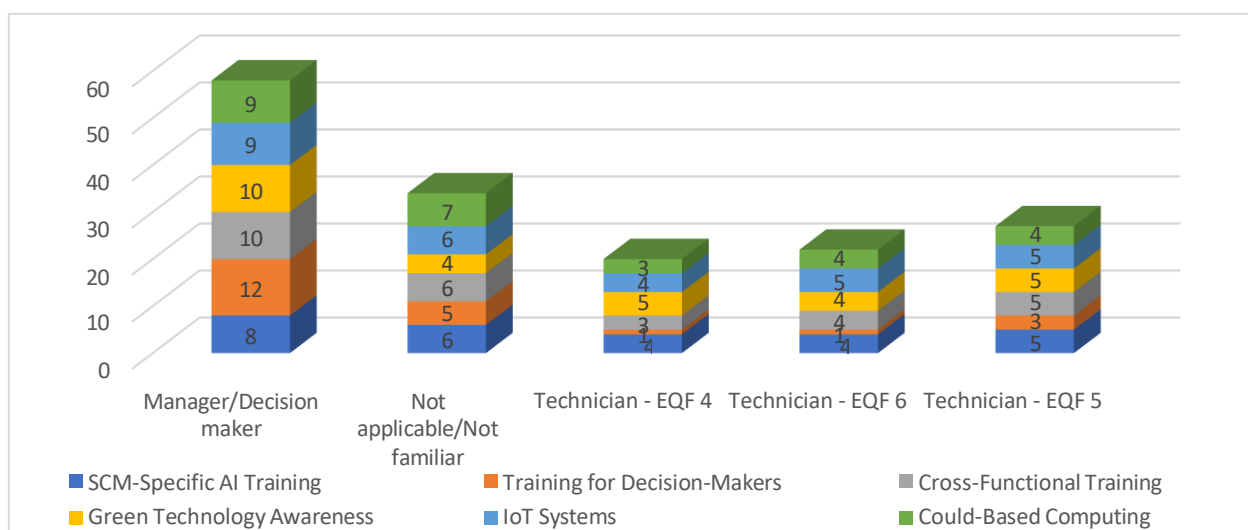


Figure 23. Type of training which could be most beneficial to improve SCM processes

6.4.12. NAČRTOVANA RAVEN NALOŽB V AI V NASLEDNJIH TREH LETIH

(Za boljšo preglednost in upoštevanje razlik v velikosti vzorca med posameznimi kategorijami podjetij predstavljajo odstotki relativni delež znotraj vsake skupine glede na velikost podjetja.)

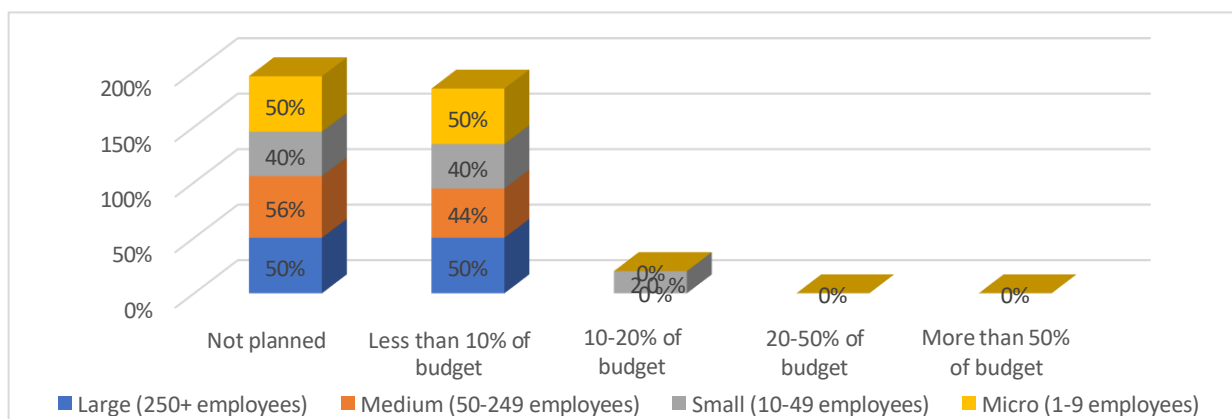


Figure 24. Planned level of investment in AI in SCM in the next 3 years



Graf razkriva **zelo nizko raven načrtovanih vlaganj v umetno inteligenco (AI)** v naslednjih treh letih pri vseh velikostih podjetij.

Z izjemo **enega malega podjetja**, ki je poročalo o prihodnji investiciji v razponu **10–20 %**, **100 % preostalih anketirancev** navaja, da **naložbe v AI niso načrtovane** ali pa bodo predstavljale **manj kot 10 % celotnega proračuna**.

Ta porazdelitev jasno kaže, da kljub naraščajoči **ozaveščenosti o AI**, je njena **prioriteta pri razporejanju proračuna še vedno nizka** – verjetno zaradi zaznanih ovir, kot so **visoki stroški, kompleksnost ali pomanjkanje notranje pripravljenosti**.

Podatki prav tako odražajo **previden ali preizkuševalen pristop** k uvajanju AI, pri čemer so **večje naložbe še vedno redkost**, zlasti med **mikro in malimi podjetji**.

6.4.13. VRSTE USPOSABLJANJA V PODPORO DELOVNI SILI NA PODROČJU UPRAVLJANJA TRGA DELA

Graf prikazuje, da je **izobraževanje v živo** (bodisi interno ali eksterno) **najpogostejše izbrana oblika usposabljanja**, zlasti med **mikropodjetji**, kjer **67 % vseh omemb** spada v to kategorijo. Močno je zastopano tudi pri **srednje velikih in malih podjetjih**, kar kaže na splošno **nagnjenost k tradicionalnim, neposrednim učnim okoljem**.

Hibridni modeli usposabljanja – ki združujejo spletno in fizično obliko – so **posebej priljubljeni med velikimi podjetji** (67 % omemb), kar kaže na zanimanje za **fleksibilnost in prilagodljivost** pri nadgrajevanju znanja zaposlenih. **Manjša podjetja** so v tej kategoriji manj zastopana, kar je lahko posledica **omejene infrastrukture ali pomanjkanja izkušenj s kombiniranim učenjem**.

Spletno usposabljanje sledi kot naslednja priljubljena oblika, s podporo v vseh velikostnih skupinah, **zlasti med velikimi podjetji** (33 %), kar nakazuje **odprtost za digitalne formate**, verjetno zaradi njihove **dostopnosti in možnosti širšega obsega izvajanja**.

Fleksibilno časovno razporejanje se pojavlja kot sekundarna izbira predvsem pri **srednje velikih podjetjih**, medtem ko so **prilagojene ali druge oblike** redko omenjene, kar lahko pomeni **omejeno zanimanje ali nejasnost glede tega, kaj te možnosti vključujejo**.

Povzemajoč, čeprav se preference nekoliko razlikujejo glede na velikost podjetja, **prevladujejo strukturirane in sinhronne oblike usposabljanja** (spletne ali v živo). **Večja podjetja** imajo večjo naklonjenost **prilagodljivim hibridnim modelom**, medtem ko **mikro in mala podjetja** še vedno bolj **preferirajo klasične oblike izobraževanja v živo**.

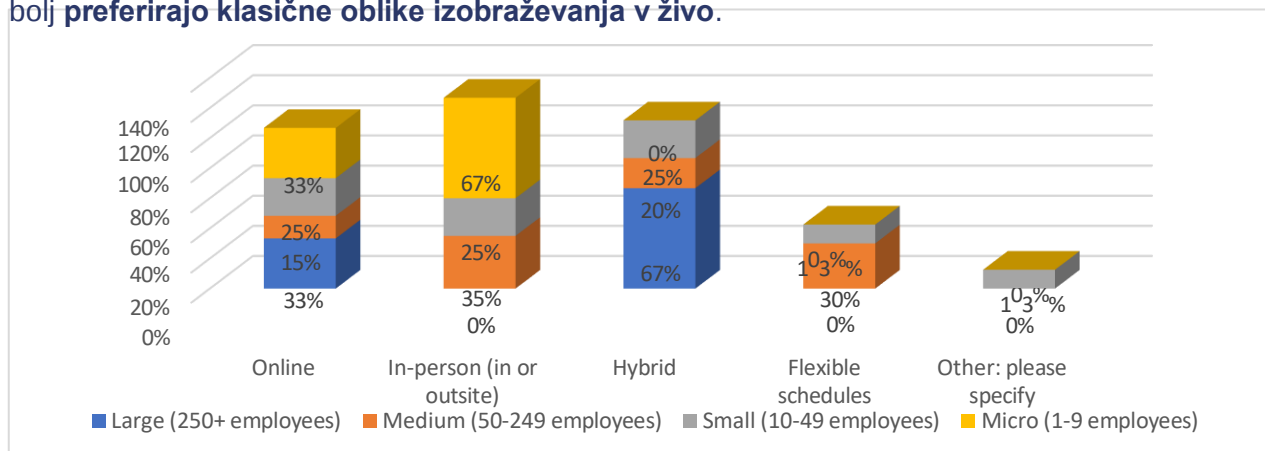


Figure 25. Types of training to support workforce for SCM



- Raise awareness among SME managers about the importance of Scope 3 emissions and

PRIPOROČILA

Uvajanje tehnologij SCM 4.0 predstavlja strateški vzvod za preobrazbo malih in srednje velikih podjetij (MSP) v Evropi. Vendar pa rezultati ankete LCAMP kažejo, da ta prehod ostaja **delni, neenakomerno razporejen** po državah in sektorjih ter pogosto omejen le na **pilotne pobude**.

MSP se pri uvajanju digitalnih rešitev za upravljanje dobavne verige soočajo s številnimi izzivi:

- Močne finančne omejitve, ki omejujejo dostop do naprednih tehnologij, kot so umetna inteligenca, digitalni dvojčki ali napovedna analitika.
- Pomanjkanje notranjega strokovnega znanja, potrebnega za spodbujanje digitalne preobrazbe procesov v dobavni verigi.
- Omejena ozaveščenost o dodani vrednosti, ki jo te tehnologije lahko prinesejo krajšim ali delno avtomatiziranim proizvodnim ciklom.
- Premalo vključevanja trajnostnih ciljev, kot sta spremljanje emisij iz obsega 3 (Scope 3) in krožni modeli dobavne verige.

Hkrati pa MSP, ki so že začela uvajati orodja SCM 4.0, poročajo o konkretnih koristih: večja natančnost načrtovanja, boljše predvidevanje motenj v oskrbi, večja odzivnost, znižani logistični stroški in izboljšana sledljivost.

6.5.1. STRATEŠKA PRIPOROČILA

Ti ukrepi lahko pomembno prispevajo k pospešitvi digitalne preobrazbe MSP in povečajo njihovo odpornost, učinkovitost ter konkurenčnost v dobavnih verigah prihodnosti:

- **Okrepiti podporo pri upravljanju sprememb**
 - Ponuditi prilagojene **diagnoze “Dobavna veriga 4.0”** na regionalni ali sektorski ravni.
 - Razviti **sofinancirane svetovalne storitve**, ki MSP pomagajo pri uvajanju digitalnih strategij za upravljanje dobavne verige, z uporabo regionalnih ali evropskih finančnih instrumentov.
- **Olajšati dostop do modularnih, cenovno dostopnih digitalnih orodij**
 - Spodbujati uporabo **low-code/no-code platform** za upravljanje podatkov in nadzor procesov.
 - Podpirati **naročniške modele** in **opremo kot storitev (EaaS)**, da se znižajo začetni stroški za MSP.
- **Vlagati v nadgradnjo znanja in razvoj delovne sile**
 - Okrepiti sodelovanje z **izvajalci poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET)** za kratka, ciljno usmerjena usposabljanja s področja digitalne logistike, analize podatkov in avtomatiziranega načrtovanja.
 - Podpirati **nenehno učenje** med zaposlenimi v MSP z uporabo **hibridnih oblik usposabljanja** (na lokaciji, na daljavo, simulacije).
- **Spodbujati sodelovalne inovacije na lokalni ravni**
 - Razvijati **regionalne demonstratorje in žive laboratorije** za SCM 4.0 v sodelovanju z industrijskimi grozdi in **Centri odličnosti v poklicnem izobraževanju in usposabljanju (CoVE)**.
 - Spodbujati **skupne projekte MSP**, osredotočene na deljeno logistiko, digitalno sledljivost ali interoperabilnost podatkov.
- **Vključiti digitalno preobrazbo v strategije zelenega prehoda**
 - Spodbujati uvajanje **okoljskih kazalnikov uspešnosti (KPI)** in **krožnih modelov** znotraj digitalnih dobavnih verig.
 - Podpirati **trajnostne logistične prakse**, ki povezujejo digitalizacijo z okoljskimi cilji.



- Raise awareness among SME managers about the importance of Scope 3 emissions and

6.5.2. POTREBA PO USKLAJEVANJU

Uspešna preobrazba MSP zahteva **boljše usklajevanje med shemami podpore podjetjem, sistemi poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET) ter regionalnimi strategijami pametne specializacije (S3)**. Presek tehnoloških inovacij, razvoja znanj in trajnostnih usmeritev bi moral predstavljati **temelj regionalnih industrijskih politik in načrtov**.

V političnem dokumentu (OECD, 2021) vlade in podporni ekosistemi priporočajo:

- Izboljšanje dostopa do **usposabljanj in programov ozaveščanja**, povezanih z umetno inteligenco (AI).
- Podporo razvoju **okvirov za deljenje podatkov** in dostopnih platform za umetno inteligenco.
- Ustvarjanje **preizkusnih okolij (testbeds)** in **pilotnih projektov**, ki MSP omogočajo **nizkotvegan raziskovanje primerov uporabe umetne inteligence**.

6.6. SKLEP

Digitalni in zeleni prehod na novo opredelujeta operativno in strateško okolje za MSP po vsej Evropi. Čeprav SCM 4.0 ponuja pomemben potencial za izboljšanje učinkovitosti, odpornosti in trajnosti, prehod ostaja zahteven – zlasti za manjša podjetja z omejenimi viri.

Glavne ugotovitve pregleda literature, potrjene tudi z rezultati ankete, izvedene v Franciji, Nemčiji, Italiji, Sloveniji in Turčiji, kažejo na **nizko do zmerno raven uvedbe orodij in tehnologij SCM 4.0**. Večina podjetij sicer priznava relevantnost digitalnih rešitev – zlasti na področju načrtovanja in napovedovanja –, vendar kot glavne ovire navaja **visoke stroške, pomanjkanje strokovnega znanja in nejasen donos na naložbe**. Le malo MSP trenutno vključuje napredne tehnologije, kot so **umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT) ali blockchain**, v svoje procese upravljanja dobavne verige, številna pa so **še vedno neozaveščena o koristih** in načinih njihove uvedbe.

Trajnostne usmeritve sicer pridobivajo na pomenu, a pogosto ostajajo **postranske ali ločene od digitalizacijskih prizadevanj**. Veliko MSP še vedno **ni seznanjenih s koncepti krožne logistike ali emisij razreda Scope 3**, kar kaže na potrebo po ciljno usmerjenih **ozaveščevalnih kampanjah in podpornih orodjih**.

Ugotovitve prav tako razkrivajo **neenotno pripravljenost delovne sile**, s prepoznanimi vrzelmi tako na **tehničnih področjih** (podatkovna analitika, digitalna orodja za načrtovanje) kot tudi pri **mehkih veščinah** (upravljanje sprememb, trajnostna pismenost). To dodatno potrjuje pomen **tesnejšega sodelovanja med MSP in izvajalci poklicnega izobraževanja**, z namenom skupnega razvoja **agilnih in prilagodljivih učnih poti**.

Za sprostitve celotnega potenciala SCM 4.0 v MSP bo potrebna usklajena kombinacija finančne podpore, prilagojenega usposabljanja, dostopa do tehnologij ter regionalnih inovacijskih ekosistemov. **Strateško usmerjanje, poenostavljen dostop do razširljivih orodij ter praktično preizkušanje rešitev** bodo ključni elementi, ki bodo MSP omogočili uspešen prehod na digitalno in trajnostno upravljanje dobavne verige.



7. VPLIV SISTEMA SCM 4.0 NA USPOSABLJANJE

Pojav novih tehnologij Industrije 4.0 – kot so umetna inteligenca (AI), veliki podatki (big data), avtonomna robotika, računalništvo v oblaku, strojno učenje, digitalni dvojčki, veriženje blokov (blockchain), internet stvari (IoT), kibernetska varnost, obogatena resničnost (AR) in virtualna resničnost (VR) – **na novo opredeljuje standarde v dobavnih verigah po vsej Evropi**. Te inovacije **korenito spreminjajo tako delovna mesta kot programe usposabljanja**, ki že v določeni meri vključujejo vsebine, povezane s temi tehnologijami, kot odziv na potrebe trga dela.

V državah, kot so **Francija, Nemčija, Slovenija, Turčija, Švedska in Italija**, obstajajo izobraževalni programi, namenjeni posebej **upravljanju dobavne verige (SCM)** ali sorodnim področjem, katerih cilj je usposobiti strokovnjake, ki se lahko učinkovito vključijo v SCM ekipe.

To poglavje bo analiziralo **vpliv nastajajočih tehnologij na izobraževalne centre** in njihove učne programe. Čeprav je v Evropi na voljo širok spekter izobraževanj s področja SCM na **raven 7 in 8 Evropskega ogrodja kvalifikacij (EQF)** – torej na **magistrski in doktorski ravni** – bo v tem poglavju poudarek na programih **raven 4 do 6**, kar ustreza **višji srednji izobrazbi (BAC)** do **prve stopnje visokošolskega izobraževanja**.

Najprej bomo predstavili **primere obstoječih izobraževalnih programov** s področja SCM in sorodnih vsebin. Nato bomo raziskali **vpliv novih tehnoloških trendov na izobraževalne ustanove**, pri čemer bomo izpostavili tako **izzive kot priložnosti**. Na koncu bomo obravnavali, **kako se te spremembe odražajo v kurikularnih vsebinah**, iskani strokovnih veščinah ter uveljavljanju novih pedagoških pristopov.

7.1. PROGRAMI USPOSABLJANJA NA PODROČJU SCM IN SORODNI POKLICCI

Spodaj je predstavljenih nekaj primerov **specializiranih izobraževalnih programov s področja upravljanja dobavne verige (SCM)** ter drugih sorodnih strokovnih programov, ki že vključujejo **nove pristope in tehnologije**.

V **Franciji** med vidnejše programe s področja SCM sodijo:

- **Diplomski program iz tehnologije: Upravljanje logistike in transporta, s specializacijo za trajnostno mobilnost in oskrbovalne verige**, ki vključuje inovativne tehnologije in digitalne rešitve, uporabljene na področju logistike in prevoza.

- **Poklicna diploma iz logistike in upravljanja tokov**, ki obravnava avtomatizacijo skladišč, kibernetsko varnost in trajnostno upravljanje.

(RNCP35390 - BUT - Management de la logistique et des transports, n.d.; RNCP40064 - Licence Professionnelle - Logistique et pilotage des flux, n.d.-a)

V **Nemčiji** je pomemben primer program:

- **Certificirani SAP uporabnik za načrtovanje proizvodnje**, ki se osredotoča na načrtovanje proizvodnje z uporabo SAP sistema ter vključuje upravljanje osnovnih podatkov, proizvodne naloge in gibanje zalog.

- Program **Strateško upravljanje dobavne verige**, ki vključuje strateško načrtovanje in upravljanje logističnih omrežij prek simulacij in strategij optimizacije stroškov.

(Haufe Akademie GmbH & Co. KG, n.d.-a; Weiterbildung SAP Produktionsplanung -und



steuerung (PP), n.d.)

Ti programi dokazujejo, da se sodobna **poklicna in strokovna izobraževanja vse bolj odzivajo na digitalne in trajnostne izzive**, ki zaznamujejo prihodnost dobavnih verig.



V Italiji program *Supply Chain, Logistics and Operations* vključuje vsebine, kot so **upravljanje zalog, uporaba ERP sistemov, blockchain, RFID, IoT, avtomatizacija, robotika** ter **analiza podatkov** (*Master Supply Chain, logistica e operations Professional*, n.d.).

V Turčiji **dodiplomski program iz logistike** nudi usposabljanje na področju **upravljanja dobavne verige, nadzora zalog in logističnih informacijskih sistemov**. Poleg tega je **višješolski program iz logistike** osredotočen na **skladiščenje, prevoz in upravljanje zalog** (*Üniversitesi*, n.d.).

Ti primeri kažejo, da se v različnih evropskih državah že izvajajo **programi, ki integrirajo ključne komponente Industrije 4.0** v poklicno in visokošolsko izobraževanje s področja SCM, kar je ključno za razvoj kompetenc, ki jih zahteva sodobno digitalno in trajnostno poslovanje).

7.2. IZZIVI IN PRILOŽNOSTI ZA CENTRE ZA USPOSABLJANJE

Digitalizacija globoko preobraža dobavno verigo, saj avtomatizira številne naloge in hkrati ustvarja nova delovna mesta. Tradicionalne vloge, kot so nabavnik, logistični vodja ali vodja proizvodnje, se razvijajo v bolj strateške funkcije zaradi vključevanja analize podatkov in avtomatizacije. Pojavljajo se novi poklici, kot so podatkovni znanstvenik, strokovnjak za robotiko, specialist za obogateno resničnost in upravitelj blockchain tehnologije. Ti strokovnjaki ponujajo inovativne rešitve za optimizacijo upravljanja tokov, izboljšanje vzdrževanja in večjo varnost transakcij. (Blanco, 2022; lynkus, n.d.; Movant, 2024).

7.2.1. RAZVOJ PROGRAMOV USPOSABLJANJA

Izobraževalni centri se morajo prilagoditi gospodarskim in tehnološkim spremembam z vključevanjem ključnih trendov in usklajevanjem ciljnih kompetenc. Digitalna preobrazba je omogočila večjo prilagodljivost in dostopnost izobraževalnih programov, predvsem z razmahom hibridnega izobraževanja, ki združuje spletno in izobraževanje v živo. Tak model ne omogoča le prenosa tehničnih znanj, temveč spodbuja tudi mreženje in poklicno vključevanje.

Raznolikost profilov v dobavni verigi zahteva segmentacijo izobraževalnih programov:

- Izkušeni strokovnjaki: usposabljanja, osredotočena na uporabo podatkov za optimizirano odločanje.
- Mladi talenti: razvoj tehničnih veščin in obvladovanje digitalnih orodij, uporabljenih v logistiki.

7.2.2. NARAŠČAJOČE POVPRASEVANJE

Izobraževalne ustanove se soočajo z naraščajočim povpraševanjem po specializiranem učenju, povečanjem števila udeležencev in večjo prisotnostjo žensk v sektorju. Ta razvoj predstavlja pomembno priložnost za raznolikost in modernizacijo izobraževalne ponudbe.

Vendar pa te preobrazbe prinašajo tudi izzive:

- Ohranjanje ravnovesja med tradicionalnim izobraževanjem in novimi imerzivnimi tehnologijami, kot je metaverse.
- Prilagajanje izobraževalnih vsebin spreminjajočim se potrebam trga in novim pričakovanjem podjetij.
- Spodbujanje neprestanega učenja, ki strokovnjakom omogoča hitro prilagajanje inovacijam.



7.2.3. IZZIVI PRI TEHNOLOŠKIH NALOŽBAH ZA CENTRE ZA USPOSABLJANJE

Eden glavnih izzivov za izobraževalne centre na področju dobavne verige je potreba po vlaganju v nove tehnologije in napredno opremo. Vendar številni centri nimajo dovolj avtonomije za hitro sprejemanje odločitev glede tehnoloških naložb ali pa nimajo vedno potrebnih finančnih virov za izvedbo teh izboljšav. To omejuje njihovo sposobnost ponujanja inovativnih oblik usposabljanja.

7.2.4. USPOSABLJANJE INŠTRUKTORJEV

Po poročilu *"Tensions on Workforce and Skills in Industry and Associated Training Schemes"* (Hanotiaux idr., 2023) se – tako kot druge evropske države – tudi Evropa sooča s pomanjkanjem usposobljenih izobraževalcev v številnih industrijskih sektorjih. Poročilo poudarja, da velik delež obstoječih trenerjev ni ustrezno pripravljen za poučevanje nastajajočih tehnologij, kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT) in robotika.

60 % izobraževalcev v industrijskem sektorju nima usposabljanja za nove digitalne tehnologije, potrebne za Industrijo 4.0.

Ugotovljeno je bilo tudi pomanjkanje znanja na področju digitalizacije in trajnostnega razvoja, kar vodi do neučinkovitega prenosa znanj v ključnih področjih, kot sta upravljanje dobavne verige (SCM) in trajnostna proizvodnja.

Poročilo opozarja, da obstoječi sistemi usposabljanja niso primerni za odpravljanje teh vrzeli. Zato je nujno uvesti programe stalnega strokovnega razvoja za izobraževalce, ki vključujejo specializirane module o nastajajočih tehnologijah in trajnostnem upravljanju dobavne verige.

7.2.5. ZAVEZNIŠTVA Z INDUSTRIJSKIM SEKTORJEM: PRILOŽNOST ZA CENTRE ZA USPOSABLJANJE

Zavezništva z industrijskim sektorjem, ki jih omogočajo nove tehnologije, predstavljajo veliko priložnost za izobraževalne centre na področju dobavne verige. Takšna sodelovanja omogočajo praktično in ažurno usposabljanje. Številni centri že imajo vzpostavljena partnerska omrežja, ki jih neposredno povezujejo z industrijo, kar jim omogoča hitro prilagajanje tehnološkemu napredku in odzivanje na zahteve trga.

7.2.6. ZAVEZNIŠTVA Z INDUSTRIJSKIM SEKTORJEM: PRILOŽNOST ZA CENTRE ZA USPOSABLJANJE

Zavezništva z industrijskim sektorjem, ki jih omogočajo nove tehnologije, predstavljajo pomembno priložnost za izobraževalne centre na področju dobavne verige. Takšna sodelovanja omogočajo praktično in ažurno usposabljanje. Številni centri že imajo partnerska omrežja, ki jih neposredno povezujejo z industrijo, kar jim omogoča hitro prilagajanje tehnološkemu napredku in učinkovito odzivanje na potrebe trga.



7.3. NOVE TEHNOLOGIJE IN PODORČJA, VKLJUČENE V PROGRAME USPOSABLJANJA, POVEZANE S SCM

7.3.1. OSREDOTOČENOST NA TRAJNOST IN OKOLJSKO ODGOVORNOST

Številni izobraževalni programi že vključujejo pristop, usmerjen v trajnost in okoljsko odgovornost. Eden od primerov je program *Bachelor of Technology Management in Logistics and Transport: Mobility and Sustainable Supply Chain*, ki izobražuje strokovnjake za upravljanje logistične in transportne verige s poudarkom na trajnosti. Pridobljene kompetence vključujejo optimizacijo virov, izvajanje strategij trajnostnega razvoja in vključevanje odgovornih praks v logistiko in mobilnost.

Diplomanti se naučijo izvajati trajnostne logistične presoje, razvijati inovativne rešitve po okoljskih merilih ter uporabljati strategije družbene odgovornosti podjetij (CSR) na področju logistike. Poleg tega so usposobljeni za upravljanje javnega in zasebnega prevoza z vidika trajnostne mobilnosti, pri čemer zagotavljajo energetska učinkovitost in zmanjšujejo vpliv na okolje (RNCP35391 - BUT - *Management de la logistique et des transports*, n.d.).

Drugi primer specializiranega usposabljanja na področju trajnosti najdemo v Nemčiji: seminar *Sustainability in Supply Chain Management*. Program udeležencem zagotavlja ključna znanja za oblikovanje družbeno, okoljsko in gospodarsko trajnostnih dobavnih in proizvodnih verig. Obravnava predpise, kot je nemški zakon o dolžni skrbnosti v dobavni verigi (*Supply Chain Due Diligence Act*) in prihajajoče direktive EU, ter ponuja rešitve za merjenje in optimizacijo trajnostnega delovanja.

Udeleženci se naučijo vključevati trajnost v strateško načrtovanje in operativno upravljanje, pri čemer uravnotežijo gospodarske, okoljske in družbene vidike. Seminar prav tako preučuje vlogo SCM pri spodbujanju trajnostnega razvoja, metode za krepitev konkurenčnosti in dobre prakse. Ob zaključku pridobijo jasno razumevanje zakonodajnega okvira in strategij za doseganje dolgoročne trajnosti v dobavni verigi (*Haufe Akademie GmbH & Co. KG*, n.d.-b).

7.3.2. KIBERNETSKA VARNOST, VKLJUČENA V PROGRAME USPOSABLJANJA

Tako kot številni izobraževalni programi vključujejo trajnost in okoljsko odgovornost, mnogi prav tako dajejo močan poudarek kibernetiski varnosti. Ti programi obravnavajo izzive, povezane z informacijsko varnostjo in zaščito sistemov (varnost blaga in oseb). Programi poudarjajo uporabo digitalnih orodij in uporabo pravil kibernetске varnosti za pridobivanje, obdelavo, ustvarjanje in posredovanje informacij ter za sodelovanje tako znotraj organizacije kot navzven.

Nekateri programi se posebej osredotočajo na izvajanje varnostnih politik za zaščito podatkov, shranjenih v oblaki infrastrukturi, ter vključujejo preventivne ukrepe proti vdorom, prevaram, kršitvam ali uhajanju podatkov prek konfiguracije informacijskega sistema. Med te programe sodijo zlasti Kakovost, industrijska logistika in organizacija, s specializacijo Organizacija in dobavna veriga (EQF 6), Upravljanje logistike in prevoza, s specializacijo Mobilnost in trajnostne dobavne verige (EQF 6), ter Poklicna diploma iz logistike in upravljanja tokov (EQF 6) ('RNCP35351 - BUT - Qualité, Logistique Industrielle et Organisation', n.d.; 'RNCP35391 - BUT - Management de la logistique et des transports', n.d.; 'RNCP40064 - Licence Professionnelle - Logistique et pilotage des flux (fiche nationale)', n.d.-b).



implement cybersecurity strategies in automated systems, and apply ethical principles when using

Tehnik za varnost (EQF 5). Ta tehnik skrbi za pravilno delovanje računalniških omrežij in telekomunikacij v podjetju, običajno pod odgovornostjo omrežnega inženirja. Zagotavlja njihovo razpoložljivost in varnost ter sodeluje pri njihovem razvoju v skladu s smernicami in pogodbenimi dogovori o storitvah. Obseg njegovega delovanja lahko zajema delo na lokaciji, na daljavo in v oblaku. Prispeva k vzdrževanju in nadzoru informacijske opreme in programske opreme za zagotavljanje neprekinjenega delovanja storitev ter upravlja inventar računalniške opreme (RNCP39620 - *Technicien d'infrastructure informatique et sécurité*, n.d.).

Povzetek kompetenc, prepoznanih v izobraževalnih programih s področja dobavne verige, vključuje:

- **Zaščito logističnih podatkov:** zagotavljanje varnosti informacij, ki nastajajo pri transportnih in skladiščnih operacijah.
- **Varnost infrastrukture v oblaku:** izvajanje zaščitnih ukrepov na platformah, uporabljenih za upravljanje zalog in tokov.
- **Uporabo strategij kibernetске varnosti:** zagotavljanje varne uporabe digitalnih orodij in medsebojno povezanih sistemov znotraj dobavne verige.
- **Obvladovanje kibernetских tveganj:** preprečevanje in upravljanje groženj, kot so kibernetски napadi, uhajanje podatkov in okvare tehnološke infrastrukture.

7.3.3.

UMETNA INTELIGENCA VKLJUČENA V PROGRAME USPOSABLJANJA

Več izobraževalnih programov danes vključuje kompetence s področja umetne inteligence (AI) v svoje učne načrte. Med njimi je *Diplomski program iz znanosti in inženirstva*, s specializacijo *Vzdrževanje inteligentnih in povezanih sistemov* (EQF 6), ki vključuje nove tehnologije ter uporabo in analizo podatkov in kazalnikov. Program uporablja tehnike umetne inteligence za optimizacijo prediktivnega vzdrževanja, robotike, mehatronskih sistemov in **računalniško podprtega upravljanja vzdrževanja (CMMS)* (RNCP38710 - *Grade_Licence - Sciences et Ingénierie - Maintenance des Systèmes Intelligents et Connectés*, n.d.).

Podobno program *Diplomski študij iz znanosti in inženirstva – Informacijski sistemi* (EQF 6) izobražuje strokovnjake, sposobne obdelave in analize podatkov za pridobivanje strateških informacij in njihovo posredovanje sodelavcem za lažje odločanje. S pomočjo digitalnih orodij in naprednih algoritmov, vključno z modeli umetne inteligence, razvija kompetence za obdelavo in sintezo podatkov, ki so ključne za poglobljeno analizo in učinkovito uporabo informacij (RNCP39709 - *Grade_Licence - Sciences et Ingénierie - Systèmes d'information*, n.d.).

Drugi programi, kot je *Diplomski študij iz znanosti in inženirstva – Računalništvo in digitalni sistemi* (EQF 6), se osredotočajo na bolj specializirana znanja, vključno z razvojem in upravljanjem podatkovnih baz, vključevanjem umetne inteligence v razvoj aplikacij ter oblikovanjem in optimizacijo AI rešitev za industrijo. Programi vključujejo tudi usposabljanje za organizacijo in vodenje AI projektov, z upoštevanjem etičnih in okoljskih vidikov digitalne preobrazbe podjetij (RNCP38732 - *Grade_Licence - Sciences et ingénierie - Informatique et Systèmes Numériques*, n.d.).

Poleg tega program *Koordinator IT projektov (infrastrukture v oblaku, aplikacije ali podatki)* (EQF 6) vključuje vsebine, povezane z razvojem orodij umetne inteligence, medtem ko se *Razvijalec znanosti o podatkih* osredotoča na napovedno analitiko podatkov z uporabo AI (RNCP35288 - *Concepteur développeur en science des données*, n.d.; RNCP38478 - *Coordinateur de projets informatiques (infrastructures cloud, applicatives ou data)*, n.d.-a).

Program *Logistika in umetna inteligenca (IA)* pa udeležencem nudi ključne veščine za preoblikovanje logistike z uporabo umetne inteligence. Udeleženci pridobijo znanja za avtomatizacijo logističnih procesov z robotiko in RPA, upravljanje podatkov s pomočjo tehnologij Big Data in uporabo napovedne analitike za predvidevanje povpraševanja. Prav tako se naučijo optimizirati dostavne poti z uporabo naprednih algoritmov umetne inteligence. Program spodbuja razvoj strategij za vključevanje pametnih tehnologij v dobavno verigo, z namenom maksimizacije operativne učinkovitosti in zagotavljanja donosa na naložbe, s pogledom na Logistiko 4.0 in



implement cybersecurity strategies in automated systems, and apply ethical principles when using
prihodnost avtomatizacije v tem sektorju (*Formation logistique et intelligence artificielle (IA) - Centre
d, 2024*).

7.3.4. VKLJUČEVANJE RAČUNALNIŠTVA V OBLAKU V PROGRAME USPOSABLJANJA

Čeprav se številni izobraževalni programi osredotočajo na analizo in upravljanje podatkov, jih le malo posebej obravnava področje **računalništva v oblaku (Cloud Computing)**. Eden takšnih programov je *Koordinator IT projektov (infrastrukture v oblaku, aplikacije ali podatki)* (EQF 6). Med ciljnim dejavnostmi v tem programu so **upravljanje informacijske varnosti, orkestracija oblačne infrastrukture, uvajanje in vzdrževanje storitev računalništva v oblaku**, ter **izvajanje varnostnih politik za zaščito podatkov, shranjenih v oblačni infrastrukturi* (RNCP38478 - *Coordinateur de projets informatiques (infrastructures cloud, applicatives ou data)*, n.d.-b).

7.3.5. VKLJUČITEV VERIŽENJA BLOKOV V PROGRAME USPOSABLJANJA

Identificiran je bil izobraževalni program na področju **veriženja blokov (Blockchain)**: *Vodja projektov za blockchain rešitve* (EQF 6). Ta strokovnjak je odgovoren za **načrtovanje, programiranje in izboljševanje sistemov**, specifičnih za blockchain, z uporabo ustreznih programskih jezikov, kot so **Solidity, C++ ali JavaScript**. Poleg tega razvija **spletne aplikacije in ogrodja**, hkrati pa analizira potrebe strank in implementira **robustne in varne blockchain arhitekture**.

S poglobljenim znanjem s področja blockchain tehnologije in kriptografije ti strokovnjaki prispevajo k razvoju **inovativnih rešitev v različnih sektorjih**, kot so finance, logistika in zdravstvo. V tesnem sodelovanju z drugimi deležniki razvijalci blockchain tehnologij igrajo **ključno vlogo pri vodenju projektov**, zagotavljajo učinkovito usklajevanje za doseganje ciljev in zadovoljitev potreb naročnikov ter nudijo **tehnično zanesljive in razširljive rešitve** (RNCP40146 - *Chef de projets en solutions blockchain*, n.d.).

7.3.6. VKLJUČITEV IOT V PROGRAME USPOSABLJANJA

Izobraževalni program *Načrtovalec in integrator IoT rešitev* je osredotočen na **načrtovanje in implementacijo arhitekture povezanih naprav**, ki omogočajo **pošiljanje, sprejemanje in obdelavo signalov, informacij ali navodil**. Te naprave so zasnovane z namenom, da odgovarjajo na **specifične izzive podjetij**, glede na njihove poslovne, vodstvene ali operativne potrebe.

Glede na posamezen primer je cilj tega strokovnjaka **olajšati avtomatizacijo dejavnosti, optimizirati poslovne procese ali okrepiti odločanje na vodstveni ravni** (RNCP39237 - *Concepteur intégrateur de solutions en Internet des objets (IoT)*, n.d.).



7.4. VPLIV TEHNOLOGIJ NA PEDAGOŠKE METODE

Digitalna preobrazba je globoko spremenila področje poklicnega izobraževanja, saj je uvedla inovativne metode učenja, prilagojene sodobnim zahtevam (Isabelle, 2023).

7.4.1. UMETNA INTELIGENCA: UČENJE, PRILAGOJENO POSAMEZNIKU

Med temi napredki ima umetna inteligenca (AI) ključno vlogo, saj omogoča **personalizirane izobraževalne poti**, ki se prilagajajo tempu in preferencam vsakega posameznega učečega se. **Adaptivni učni sistemi** z ocenjevanjem uspešnosti v realnem času ponujajo **ciljno usmerjene vire** za odpravljanje zaznanih vrzeli.

7.4.2. NAVIDEZNA IN RAZŠIRJENA RESNIČNOST: POTOPITEV IN VARNA PRAKSA

Poleg tega **virtualna resničnost (VR)** in **obogatena resničnost (AR)** ustvarjata imerzivna okolja, ki omogočajo **praktično usposabljanje brez tveganj iz resničnega sveta**. Te tehnologije so posebej koristne na področjih, kot so **medicina, inženirstvo** in **obramba**, saj omogočajo **varno simulacijo kompleksnih scenarijev**.

7.4.3. SPLETNE PLATFORME IN MOOCS: PRILAGODLJIVOST IN DOSTOPNOST

Spletne platforme in množični odprti spletni tečaji (MOOC – *Massive Open Online Courses*) so **demokratizirali dostop do izobraževanja**, saj ponujajo **neprimerljivo prilagodljivost**, ki posameznikom omogoča učenje v lastnem tempu, ne glede na geografske ali časovne omejitve. Ta razširjena dostopnost je ključna za zadovoljevanje potreb **nenehno spreminjajočega se trga dela**.

7.4.4. VELIKI PODATKI IN ANALIZA USPEŠNOSTI: OPTIMIZIRANO SPREMLJANJE

Uporaba **tehnologije velikih podatkov (Big Data)** in **analitičnih orodij** izboljšuje spremljanje in evalvacijo izobraževalnih programov. Z analizo velikih količin podatkov o uspešnosti učečih se lahko izobraževalne ustanove **izpopolnijo svoje pedagoške pristope** in tako **optimizirajo učne rezultate**.

7.4.5. ZA UČINKOVITEJŠE USPOSABLJANJE, PRILAGOJENO TRGU DELA

Vključevanje tehnologije v poklicno izobraževanje omogoča, da postane učenje **bolj personalizirano, imerzivno, dostopno in merljivo**. Z nadaljnjim razvojem teh orodij bo usposabljanje postajalo še **učinkovitejše** in **bolj usklajeno z zahtevami sodobnega trga dela**.



7.1. REZULTATI ANKETE SCM POSLANE VETERINARSKIM CENTROM

7.1.1. PREGLED RAZISKAVE

Za boljše razumevanje, kako se nastajajoče digitalne tehnologije (Industrija 4.0) in trendi zelenega prehoda vključujejo v izobraževanje s področja upravljanja dobavne verige (SCM), je bila izvedena namenska anketa med centri poklicnega izobraževanja in usposabljanja (VET) v Franciji, Nemčiji, Italiji, Sloveniji in Turčiji. Cilj ankete je bil oceniti trenutno raven digitalne uvedbe, prepoznati vrzeli v izobraževalni ponudbi ter ovrednotiti, kako ti centri pripravljajo učeče se na izzive SCM 4.0.

Anketa je obravnavala različne dimenzije, vključno z velikostjo institucij, dejavnostmi po sektorjih, vključevanjem tehnologij v učne načrte, sodelovanjem z industrijo, naložbenimi strategijami ter zaznanimi ovirami. Poseben poudarek je bil namenjen spreminjajoči se vlogi učiteljev, manjkajočim znanjem med učečimi se in vplivu zunanjih dejavnikov, kot so povpraševanje industrije in politične usmeritve.

Analize, predstavljene v nadaljevanju, bodo podatke obravnavale v absolutnem smislu (kot celoto), vendar bo zaradi precejšnjih razlik v številu odgovorov med državami pogosto uporabljena tudi relativna analiza. To pomeni, da bo upoštevan delež posameznega odgovora v okviru skupnega števila odgovorov znotraj posamezne države, kar bo omogočilo uravnoteženo in reprezentativno interpretacijo rezultatov.

Od skupno 70 kontaktiranih VET centrov je odgovorilo 21, kar je zagotovilo dragocene kvalitativne in kvantitativne podatke o dejanskem stanju in perspektivah izobraževalcev v različnih nacionalnih kontekstih.

7.1.2. STOPNJA UDELEŽBE V RAZISKAVI IN ZANESLJIVOST PODATKOV

Ob 30-odstotni stopnji odziva od skupno 70 kontaktiranih VET centrov rezultati razkrivajo trende, ki jih velja upoštevati (podrobnejša statistika je na voljo v poglavju o metodologiji).

Table 8. VET Centre Survey Response Distribution by Country

Toward	Country	Number of Companies	Number of answers
VET	FR	14	6
	GER	31	
	IT	2	2
	SI	15	5
	TR	8	8
Total VET		70	21

7.1.3. SPLOŠNE INFORMACIJE O ANKETIRANIH CENTRIH ZA USPOSABLJANJE IN NJIHOVIH PREDSTAVNIKI

Med anketiranimi centri jih ima 33 % manj kot 500 učečih se, medtem ko večina (67 %) izvaja programe za več kot 500 učečih se. Glede na letno število diplomantov 43 % centrov poroča, da vsako leto zaključi med 100 in 300 učečih se. Večina odgovorov (72 %) je bila podanih s strani učiteljev ali inštruktorjev, ki so nastopali kot predstavniki svojih ustanov.



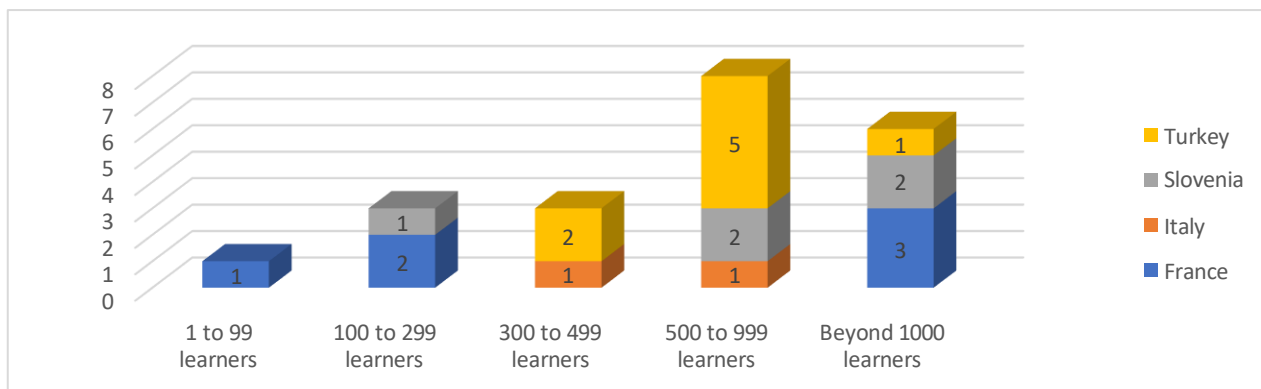


Figure 26. Size of your VET centre per country

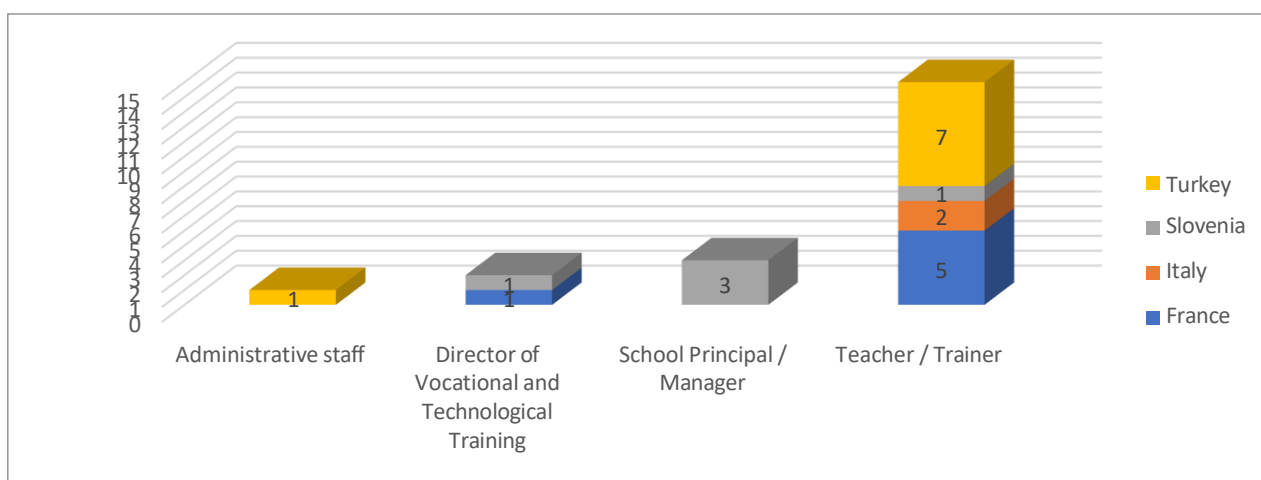


Figure 27. Roles within the VET Centre

7.1.4. STOPNJA VKLJUČEVANJA TEHNOLOGIJ 4.0 V PROGRAME USPOSABLJANJA

Ko so bili izobraževalni centri vprašani o področjih in tehnologijah, ki jih nameravajo vključiti v svoje programe, rezultati kažejo, da so najbolj izpostavljena področja IoT, trajnost in kibernetska varnost. Večina anketiranih centrov načrtuje korake – bodisi kratkoročne, srednjeročne ali dolgoročne – za vključitev teh vsebin v svoje izobraževalne programe. Nastajajoče tehnologije na področjih izvajanja operacij, razporejanja zmogljivosti in načrtovanja prodaje ter operacij se prav tako vključujejo, vendar trenutno ne veljajo za prednostno nalogo.

Poleg tega je pomembno poudariti, da je skoraj vse centre navedlo, da **ne načrtujejo vključevanja vsebin izven omenjenih področij**, kar nakazuje, da izbirne možnosti ankete zajemajo skoraj vsa področja in tehnologije, ki jih trenutno vključujejo izobraževalni centri na področju SCM.

Centri so bili tudi vprašani o naslednjih korakih, ki jih nameravajo sprejeti za nadaljnje vključevanje vsebin, povezanih z nastajajočimi tehnologijami, v svoje programe. Rezultati ponovno potrjujejo, da so področja IoT, trajnost in kibernetska varnost najbolj zastopana. Medtem ko so področja izvajanja operacij, razporejanja zmogljivosti ter načrtovanja prodaje in operacij del integracije, trenutno ne predstavljajo prednostnih smeri razvoja.

Skoraj vsi centri so navedli, da nimajo načrtov za vključevanje vsebin izven omenjenih področij, kar potrjuje, da izbrane vsebine v anketi ustrezajo dejanskemu stanju uvajanja tehnologij v izobraževalne centre s področja SCM.



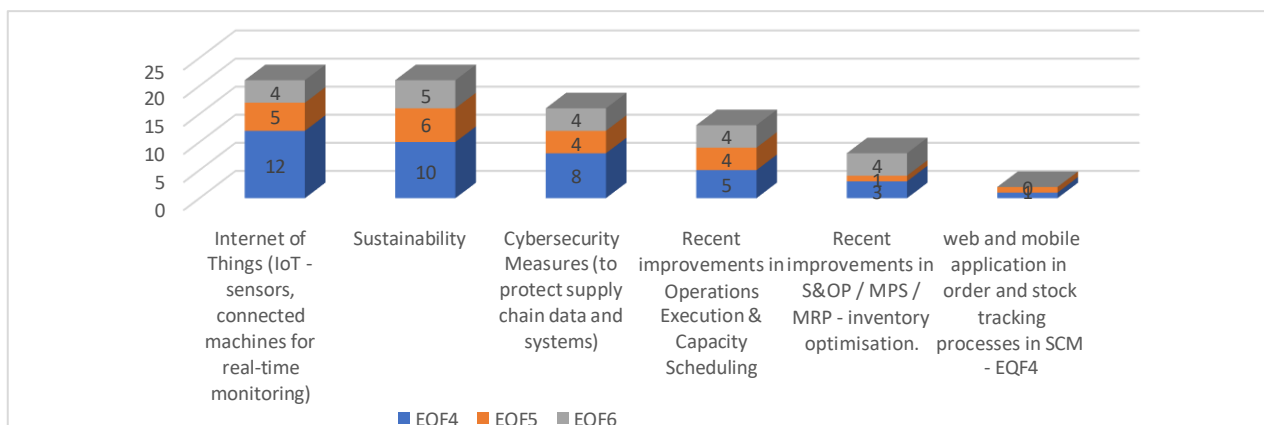


Figure 28. Courses taught in SCM integrating emerging technologies 4.0

7.1.5. POTREBE V REALNEM ČASU IN PRAKTIČNA UPORABA PRI USPOSABLJANJIH

Industrijska partnerstva se izkazujejo kot najpogostejša izbira izobraževalnih centrov za vključevanje dejanskih potreb industrije v realnem času, saj se je za to možnost odločilo 71 % centrov. Med drugimi možnostmi so še praktične izkušnje (43 %), oblikovanje posebnih modulov (38 %) in hibridno usposabljanje (29 %).

Kar zadeva praktično uporabo SCM, večina centrov izvaja učne module, ki temeljijo na poslovnih potrebah, pri čemer to strategijo uporablja 62 % centrov. Manj pogosta sta oblikovanje partnerstev z industrijami, ki so že uvedle tehnologije 4.0, in sodelovanje z drugimi izobraževalnimi centri – vsako od teh možnosti izvaja 43 % anketiranih centrov.

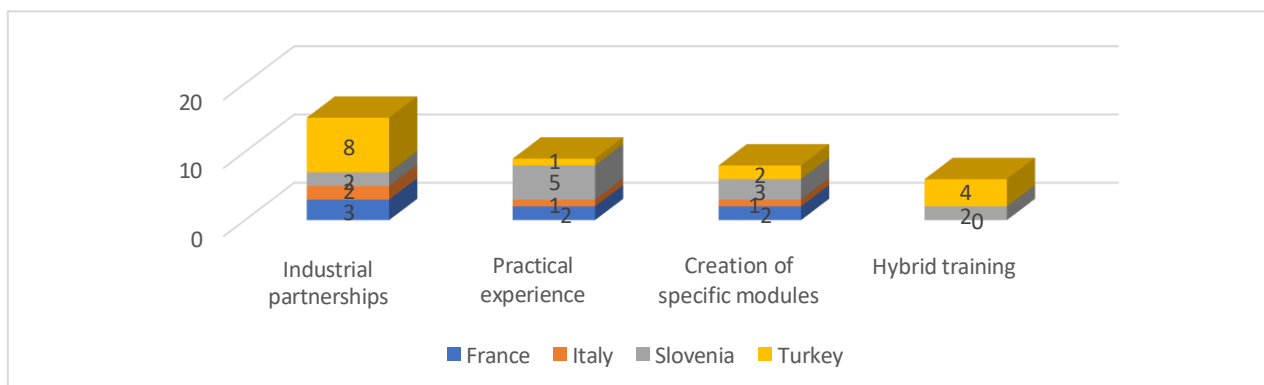


Figure 29. Opportunities or possibilities of VET centres foresee, or already foreseen, to integrate real-time industrial needs

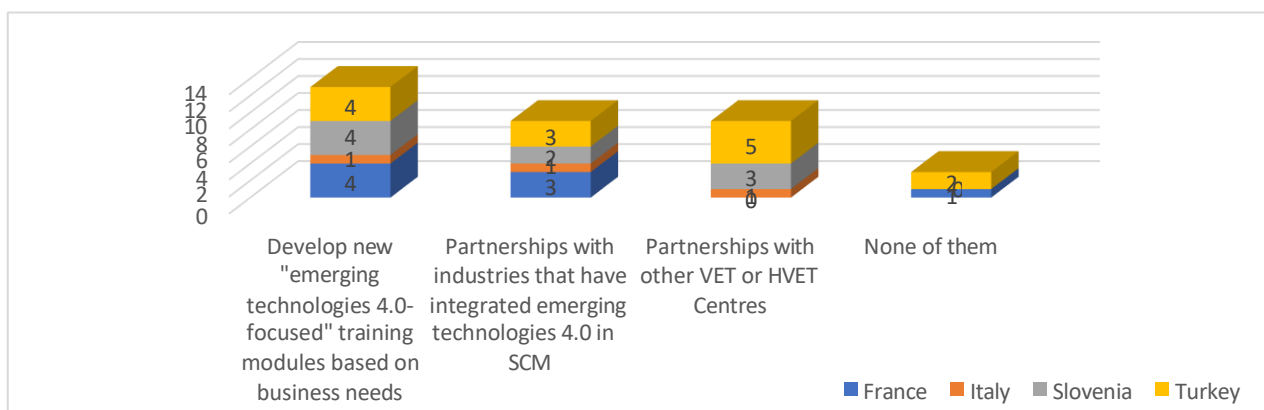


Figure 30. Approaches of VET centre to enhance the practical application of Supply Chain Management (SCM) concepts in supply chain training programs



7.1.6. FINANČNE NALOŽBE IN FINANČNE REŠITVE

Izobraževalni centri so bili vprašani o finančnih naložbah, načrtovanih za vključevanje nastajajočih tehnologij. Odgovori so se razlikovali; ponujene možnosti so bile 0 %, 2 %, 5 %, 10 %, 20 % in 30 %. En center je navedel, da načrtuje izvedbo integracije prek sredstev Erasmus+, drug pa prek proračuna osrednje ustanove. Veliko število centrov je navedlo, da niso prepričani o višini načrtovanega financiranja – morda zato, ker 72 % odgovorov prihaja s strani učiteljev, ki teh informacij pogosto nimajo.

Kot že omenjeno v tem poglavju, je financiranje pogosto ena glavnih ovir za vključevanje novih tehnologij. Zato so bili centri vprašani tudi, katere rešitve za financiranje razmišljajo uporabiti za izvajanje tega procesa. 71 % centrov je odgovorilo, da pričakujejo pridobitev sredstev iz javnih virov. Dodatno jih je 71 % navedlo, da bodo pri tem vzpostavili partnerstva z industrijo. Druge strategije, čeprav manj pogoste, vključujejo sponzorstva (24 % centrov bo uporabilo to strategijo), lastna sredstva (24 % jih ima na voljo lastna sredstva) ter evropsko financiranje (1 center načrtuje izvedbo prek evropskega projekta LCAMP, v katerega je vključen).

7.1.7. USPOSABLJANJE INŠTRUKTORJEV

Na splošno in na podlagi absolutnih vrednosti je glavna metoda, s katero se učitelji seznanjajo s tehnološkim napredkom, tehnološki monitoring, ki ga uporablja 67 % izobraževalnih centrov. Med drugimi strategijami so še zunanji tečaji in certifikacije (43 %), praktične delavnice (33 %), industrijska vključenost (38 %), dnevi novih tehnologij v VET centrih (43 %) in izobraževalni načrt nacionalnega šolskega sistema (38 %).

Zanimiva ugotovitev je, da **noben od anketiranih francoskih izobraževalnih centrov ni navedel izobraževalnega načrta nacionalnega šolskega sistema** kot sredstva za usposabljanje učiteljev. Prav tako je treba poudariti, da pri analizi podatkov v relativnih in ne le absolutnih vrednostih pridejo do izraza **pomembne razlike med državami**: na primer, **55 % izobraževalnih centrov v Franciji** navaja tehnološki monitoring kot glavno orodje za spremljanje trendov v tehnologijah 4.0, medtem ko se v **Turčiji večina učiteljev izpopolnjuje prek zunanjih usposabljanj in certifikatov**.

Podatki so v nadaljevanju predstavljeni tako v absolutnih kot relativnih vrednostih.

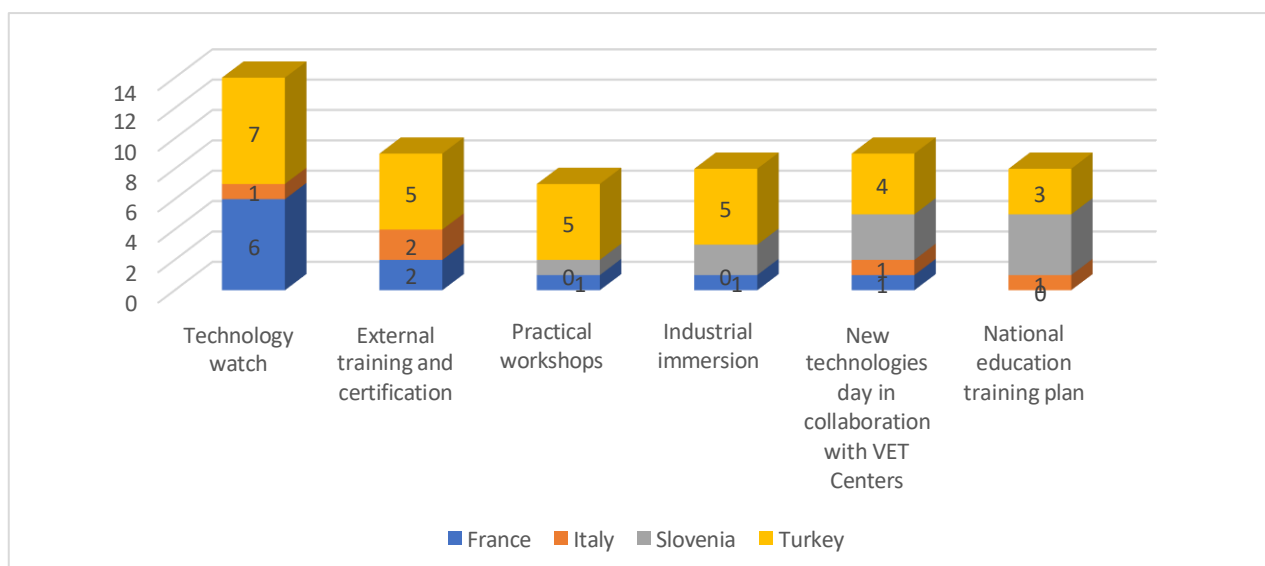


Figure 31. Strategies in place or necessary to ensure the training of trainers and teachers in advanced technologies (absolute figures)



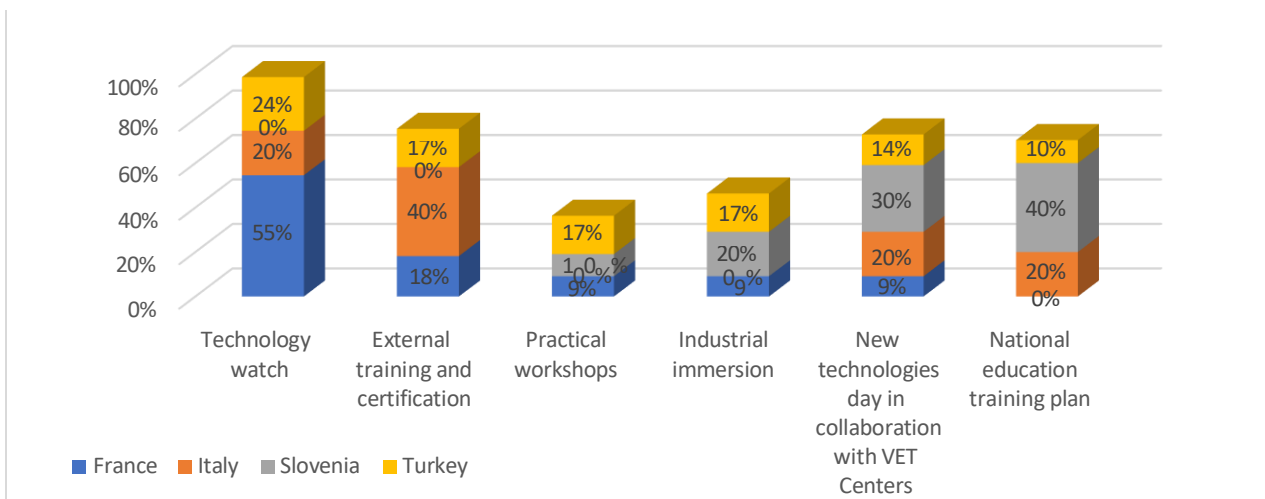


Figure 32. Strategies in place or necessary to ensure the training of trainers and teachers in advanced technologies (relative figures)

7.1.8. SODELOVANJA

Po absolutnih podatkih ima večina anketiranih izobraževalnih centrov vzpostavljena le občasna partnerstva, pri čemer pomemben delež centrov nima nobenega aktivnega sodelovanja. Le približno 20 % jih poroča o trdnih in trajnih partnerstvih. Vendar pa analiza relativnih podatkov razkrije bolj niansirano sliko, saj kaže, da večina centrov v resnici **sploh nima vzpostavljenih sodelovanj**.

Kar zadeva sodelovanja, usmerjena v razvoj **medsebojno povezanih učnih poti** na področju upravljanja dobavne verige, so ta večinoma vzpostavljena z **industrijskim sektorjem** ali temeljijo na **skupnih izobraževalnih okvirjih**. Le 10 % centrov sodeluje pri skupnih certificiranjih, medtem ko kar 30 % nima **nobelih načrtov** za vzpostavitev takšne vrste sodelovanja.

Na splošno 86 % anketiranih centrov meni, da bi bilo treba povezave s strokovnjaki iz industrije okrepiti, da bi se izobraževalne vsebine bolje uskladile s prihodnjimi potrebami področja **upravljanja dobavne verige (SCM)** in sorodnih sektorjev. Dodatno 67 % centrov podpira redno **pregledovanje učnih programov v sodelovanju z industrijskimi partnerji**. Vendar **noben izmed anketiranih centrov ne šteje vloge industrijskega svetovalnega odbora za pomembno**.

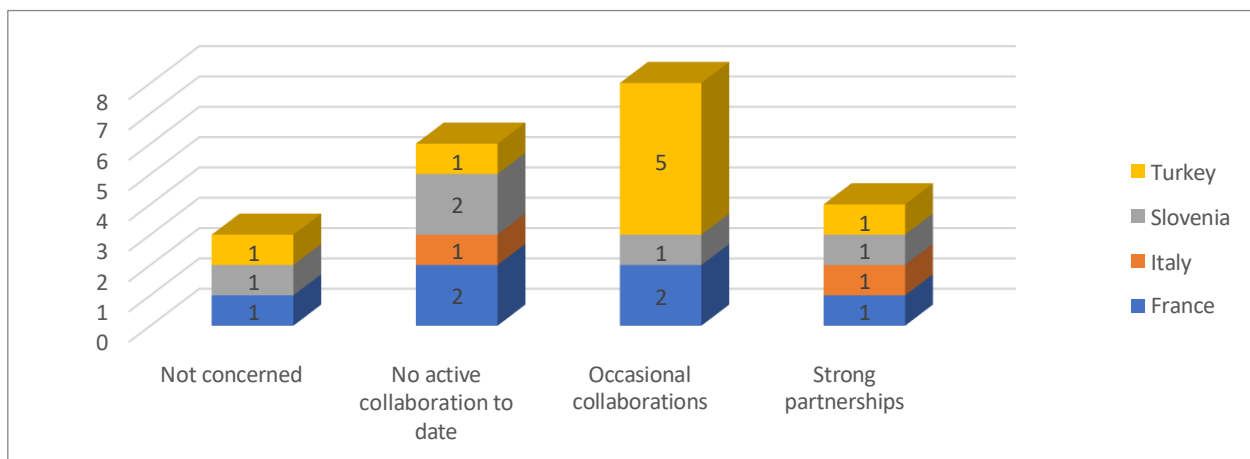


Figure 33. Collaboration strategies put in place or are being planned with other training centers and organizations to promote the consistency of Supply Chain training paths (absolute figures)



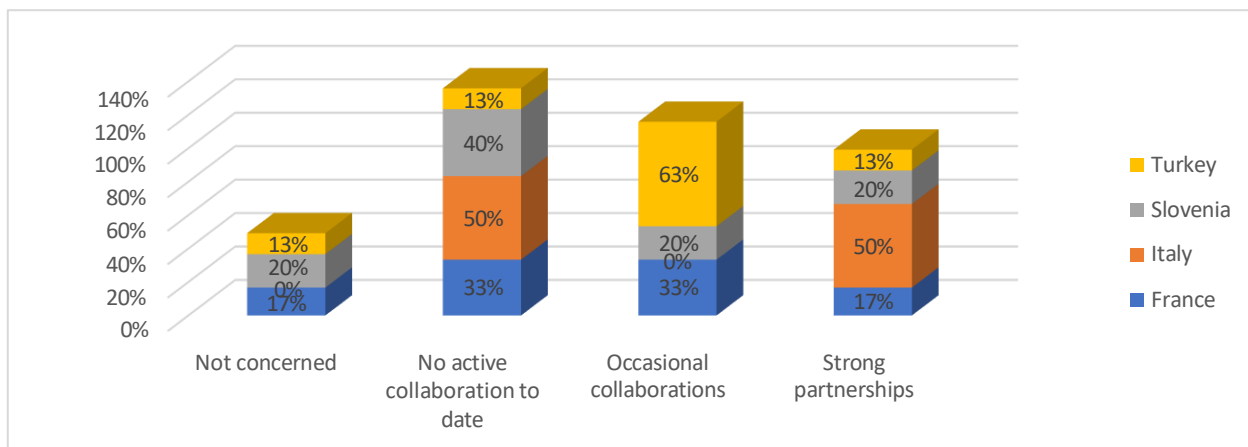


Figure 34. Collaboration strategies put in place or are being planned with other training centres and organizations to promote the consistency of Supply Chain training paths (Relative figures)

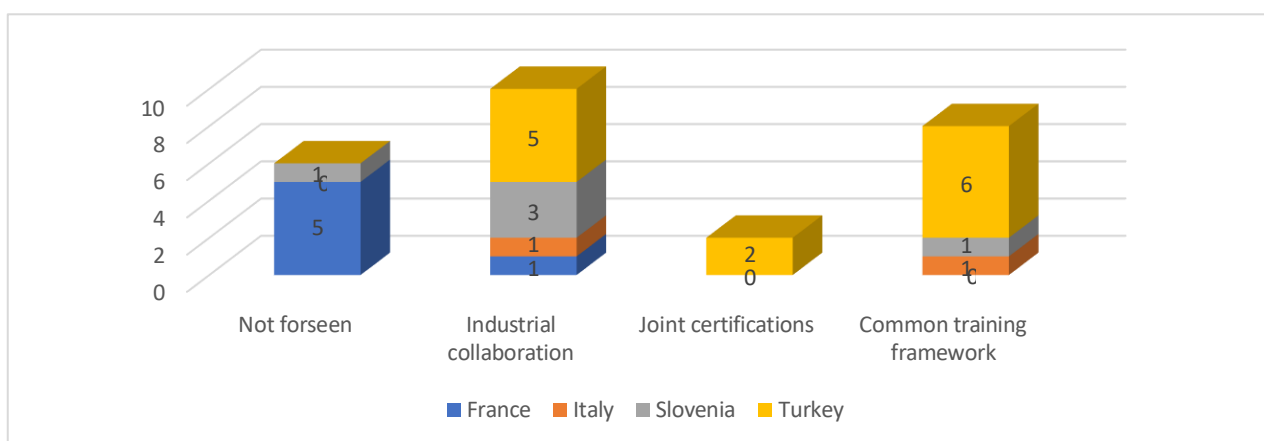


Figure 35. Development of interdependent training paths foreseen through collaboration between institutions with different areas of interest in Supply Chain training (absolute figures)

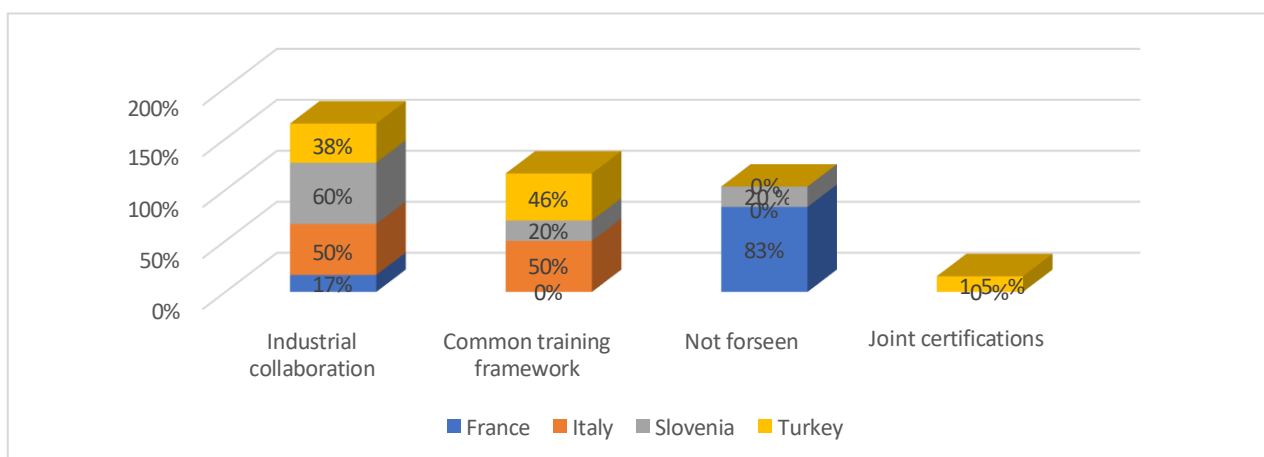


Figure 36. Development of interdependent training paths foreseen through collaboration between institutions with different areas of interest in Supply Chain training (relative figures)



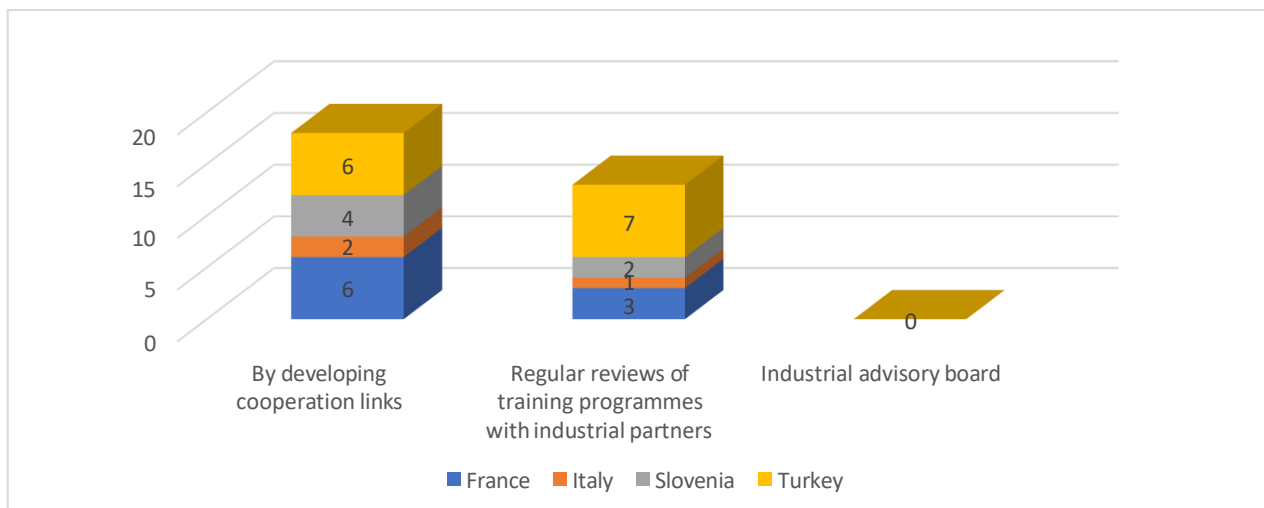


Figure 37. How can cooperation with industry professionals be strengthened to better align teaching content with current and future needs in SCM and related fields? (absolute figures)

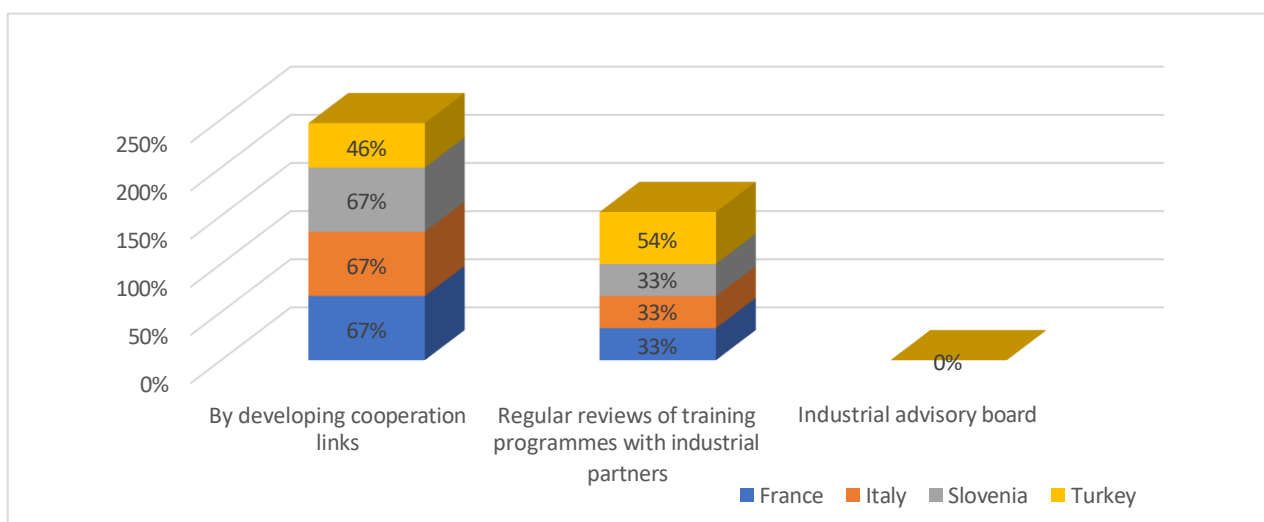


Figure 38. How can cooperation with industry professionals be strengthened to better align teaching content with current and future needs in SCM and related fields? (relative figures)

7.1.9. GLAVNE OVIRE PRI VKLJUČEVANJU DIGITALNIH TEHNOLOGIJ 4.0 V USPOSABLJANJE NA PODROČJU SCM

Glavna ovira za izobraževalne centre pri vključevanju nastajajočih digitalnih tehnologij 4.0 v izobraževanje s področja upravljanja dobavne verige (SCM) je pomanjkanje usposobljenih predavateljev in pomanjkanje usposabljanj zanje. To mnenje je izrazilo 90 % izobraževalnih centrov.

Druga najpogostejše navedena ovira so stroški, ki jih prinaša prilagoditev novim tehnologijam, kar je bilo že obravnavano v tem poročilu.

Le 20 % centrov meni, da je omejeno povpraševanje lahko ovira, kar pa – kot je bilo omenjeno v prejšnjem poglavju – ni v skladu z ugotovitvami iz literature, ki kažejo na verjetno naraščajoče povpraševanje. To bi lahko pojasnilo, zakaj je to možnost izbrala le manjšina centrov. Kljub temu gre za zanimiv podatek.

Kar zadeva zapletenost pri implementaciji (naročnine, varnost podatkov, digitalno onesnaževanje ipd.), se zdi, da to ni pomemben vir skrbi za izobraževalne centre. Noben izmed njih ne meni, da bi ta vidik lahko predstavljal oviro.

Ob pregledu predhodno predstavljenih podatkov o ovirah z relativnega vidika postane jasno, da je

pomanjkanje usposabljanj za predavatelje edina glavna ovira, ki so jo prepoznali izobraževalni centri v Italiji. V Franciji je glavna težava prav tako pomanjkanje usposobljenih predavateljev, čeprav se v manjši meri omenja tudi strošek prilagoditve novim tehnologijam. Nasprotno pa izobraževalni centri v Turčiji in Sloveniji poročajo, da nanje vpliva kombinacija dejavnikov: stroški tehnološke uvedbe, pomanjkanje usposobljenih predavateljev in omejeno zanimanje učečih se.

V absolutnih številkah ima le 29 % centrov popolno avtonomijo, medtem ko ima večina omejeno ali nadzorovano avtonomijo, en center pa je poročal, da nima nobene avtonomije. Do tega prihaja, ker je veliko centrov odvisnih od države in ministrskih usmeritev. Kot je bilo že omenjeno, to vodi k večji dinamičnosti zasebnega sektorja, ki ni vezan na birokratske postopke in odločevalske procese javnih ustanov.

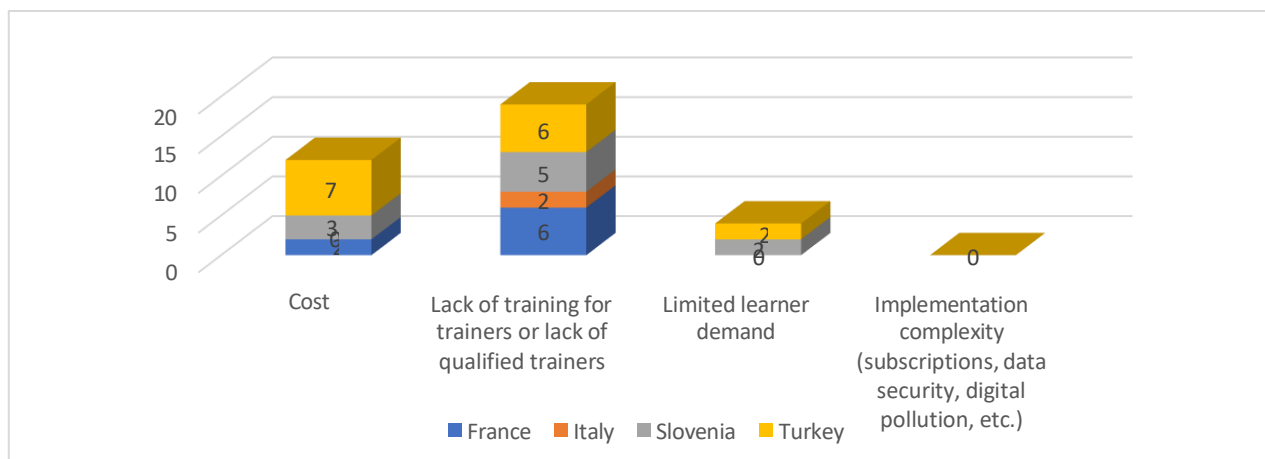


Figure 39 Main obstacles to integrate emerging digital technologies 4.0 into SCM training (absolute figures)

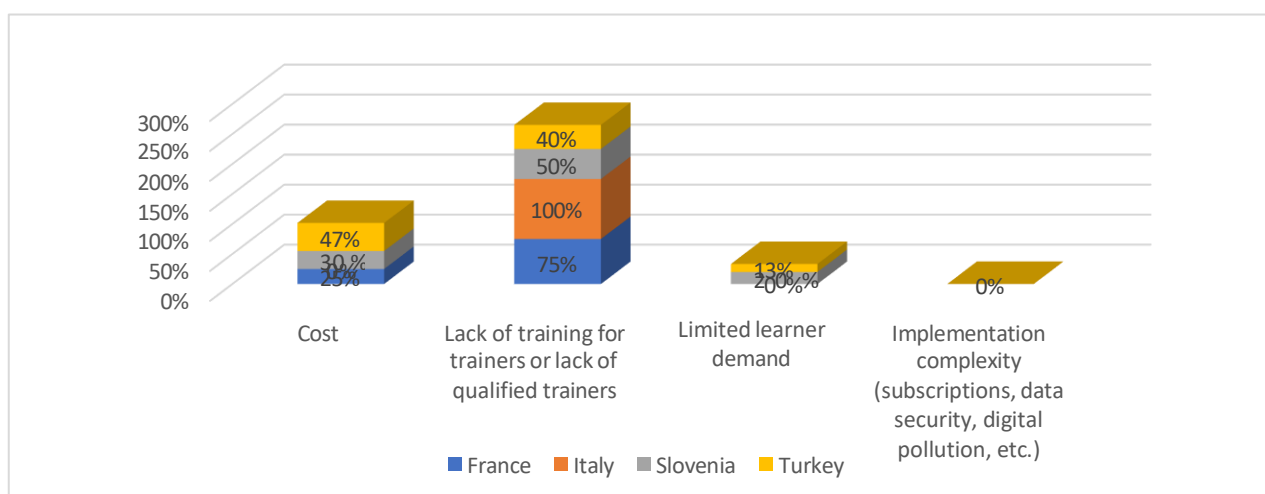


Figure 40. Main obstacles to integrate emerging digital technologies 4.0 into SCM training (relative figures)



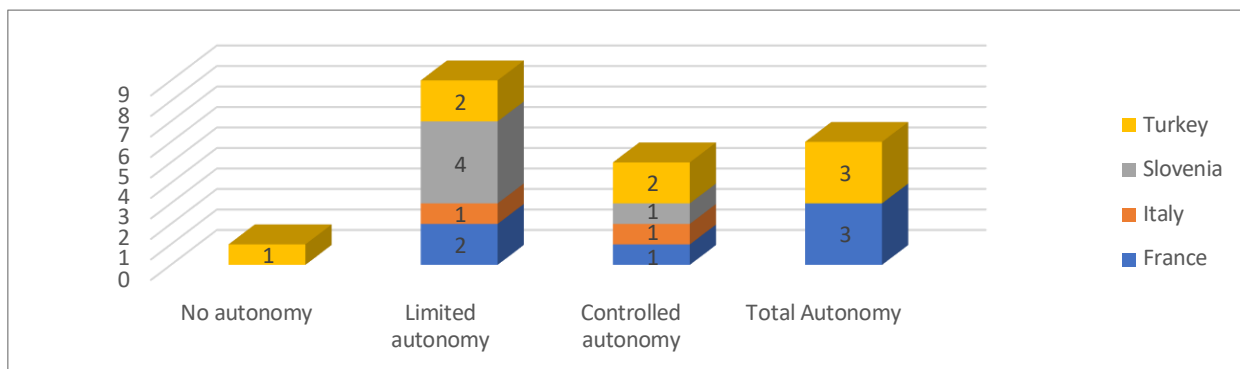


Figure 41. Capacity of VET centre to adapt its training content to the evolution of emerging digital technologies 4.0 such as IoT, AI, cybersecurity, and sustainability in supply chain jobs (absolute figures)

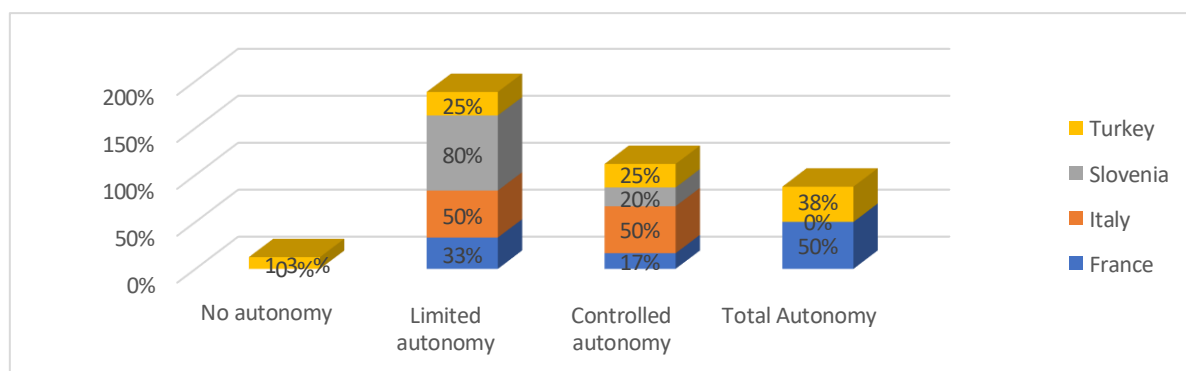


Figure 42. Capacity of VET centre to adapt its training content to the evolution of emerging digital technologies 4.0 such as IoT, AI, cybersecurity, and sustainability in supply chain jobs (relative figures).

7.1.10. ZUNANJI DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA VKLJUČEVANJE NASTAJAJOČIH DIGITALNIH TEHNOLOGIJ 4.0 V PROGRAME

Skoraj 70 % izobraževalnih centrov meni, da sta tehnološki napredek in povpraševanje s strani industrije glavna dejavnika, ki vplivata na vključevanje nastajajočih digitalnih tehnologij v izobraževalne programe. Le 40 % centrov meni, da so akademske in vladne usmeritve pomemben dejavnik v tem pogledu. Poleg tega le 10 % centrov meni, da na vključevanje tehnologij pomembno vpliva tudi ponudba konkurenčnih izobraževalnih ustanov.

Naslednji grafikon, ki prikazuje iste podatke v relativnih vrednostih, kaže, da je tehnološki napredek v državah, kot je Italija, prepoznan kot najpomembnejši zunanji dejavnik, medtem ko je v državah, kot sta Francija in Turčija, glavni vpliv industrijsko povpraševanje.

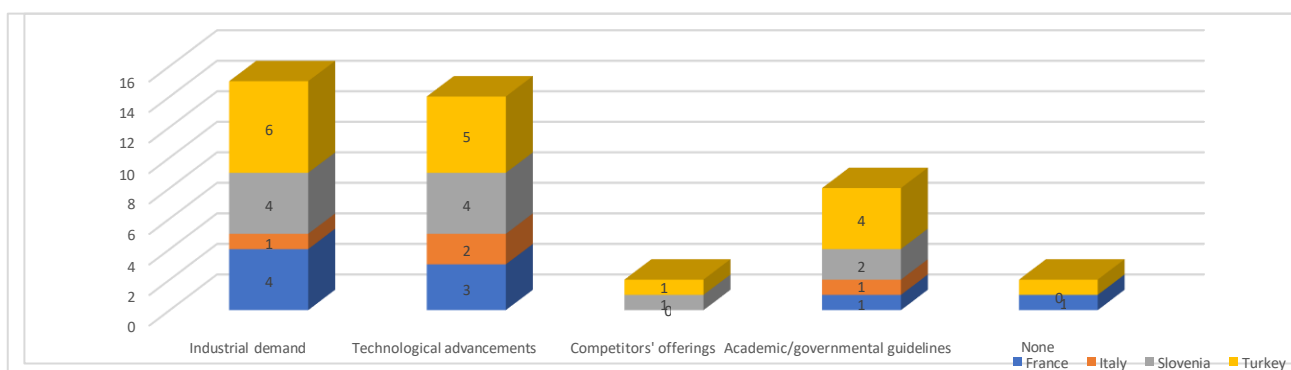


Figure 43. External factors influencing the integration of emerging digital technologies 4.0 into programs (absolute figures)



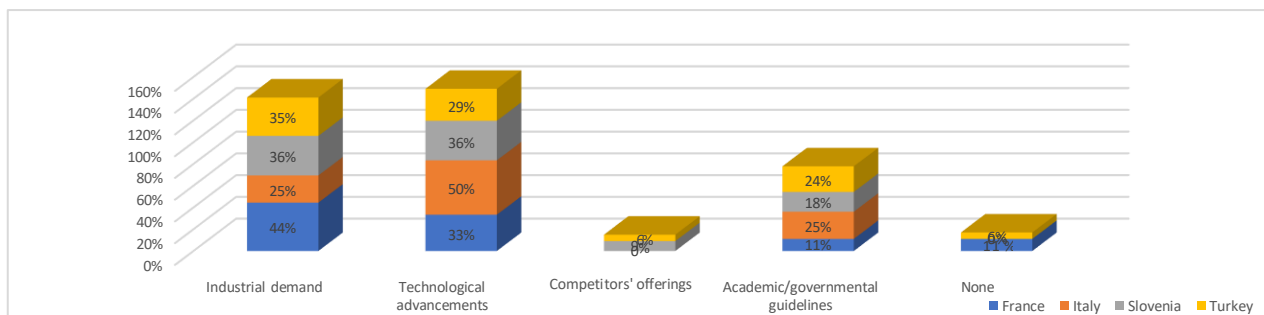


Figure 44. External factors influencing the integration of emerging digital technologies 4.0 into programs (relative figures)

7.1.1 MANJKAJOČA ZNANJA IN SPRETNOSTI TER PEDAGOŠKI VIRI

Na podlagi anket je bilo ugotovljeno, katere so glavne manjkajoče veščine med učečimi se za delovna mesta na področju SCM, ki vključujejo uporabo digitalnih tehnologij 4.0. Rezultati so pokazali, da skoraj 70 % izobraževalnih centrov meni, da so glavne manjkajoče veščine uporaba IoT sistemov, uporaba orodij umetne inteligence (AI) ter analiza podatkov. Po drugi strani je 40 % centrov izbralo uporabo računalništva v oblaku, medtem ko le 14 % meni, da je sodelovanje v skupini (teamwork) manjkajoča veščina, kar nakazuje, da je večina izobraževalnih programov ustrezno osredotočena na poučevanje te mehke veščine.

Kar zadeva pedagoška orodja, ki jih centri štejejo za najučinkovitejša pri poučevanju vsebin na področju nastajajočih tehnologij 4.0, so na prvem mestu praktična orodja, sledijo jim konference in delavnice, na zadnjem mestu pa so spletni viri (MOOC).

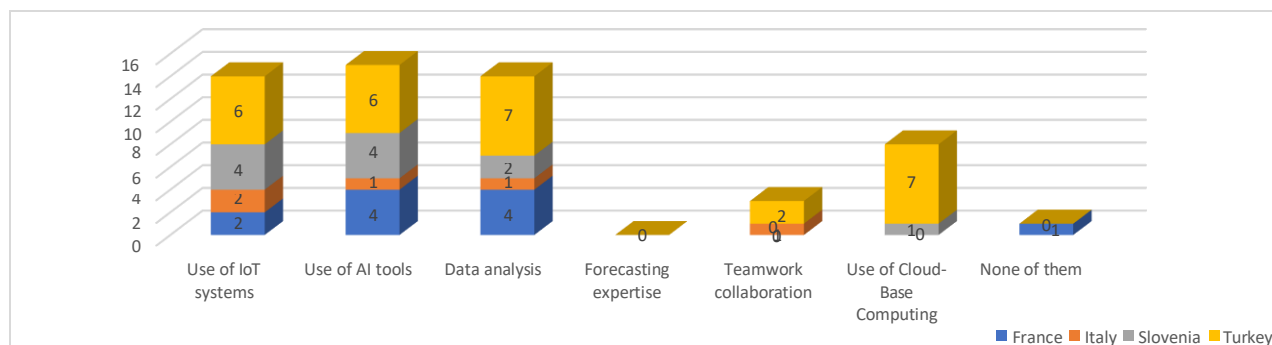


Figure 45. Skills missing among learners for SCM positions involving the following emerging digital technologies 4.0 usage (absolute figures)

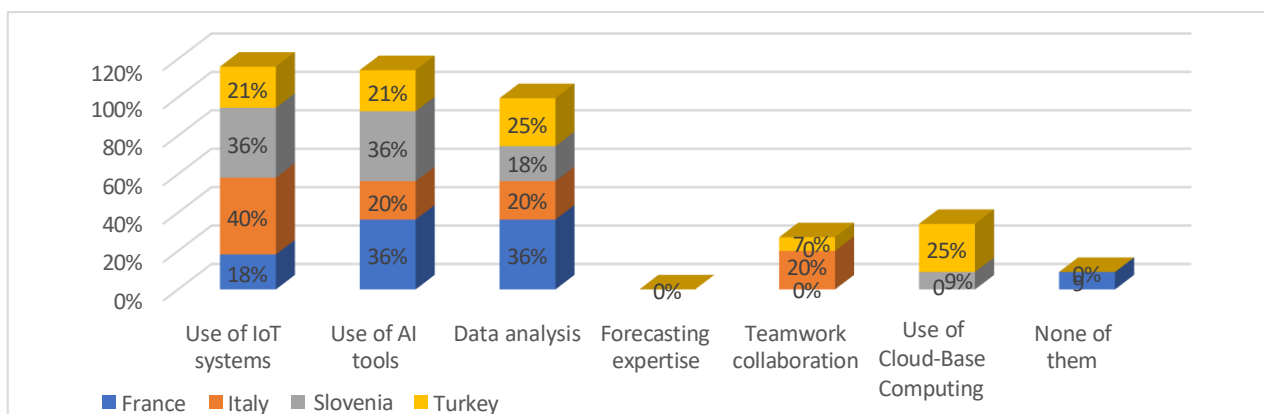


Figure 46. Skills missing among learners for SCM positions involving the following emerging digital technologies 4.0 usage (relative figures).



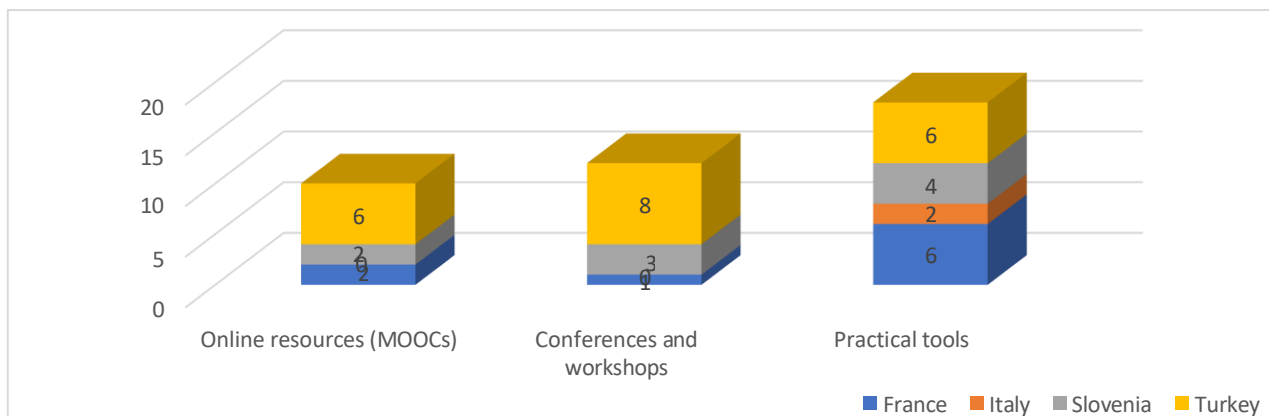


Figure 47. Types of emerging digital technologies 4.0 training resources which would be most effective for learners (absolute figures).

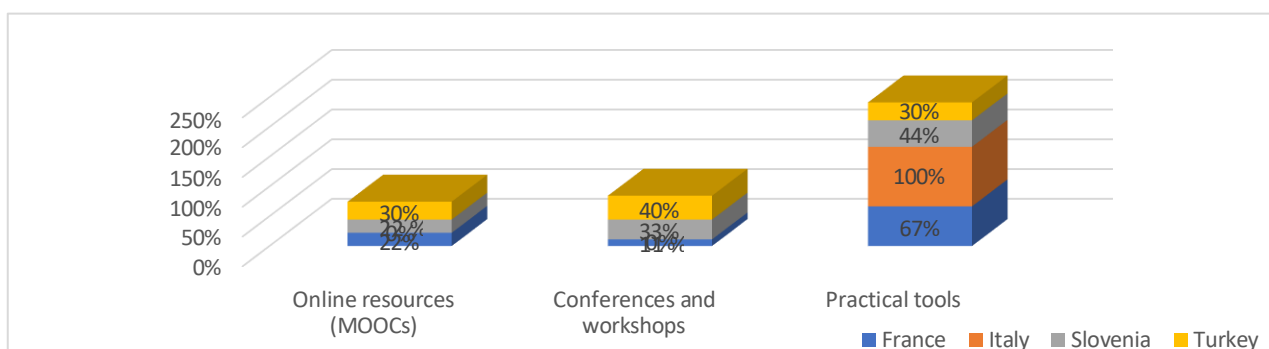


Figure 48. Types of emerging digital technologies 4.0 training resources which would be most effective for learners (relative figures).

7.1.12. BREZPLAČNI KOMENTARJI IZ ANKETIRANIH VETERINARSKIH CENTROV

Odprto vprašanje je omogočilo pridobitev povratnih informacij s strani predstavnikov izobraževalnih centrov iz Turčije in Francije.

Predstavniki izobraževalnih centrov v Turčiji so delili naslednje:

- »Ministrstvo bi moralo v vseh ustanovah za poklicno izobraževanje in usposabljanje obvezno uvesti usposabljanje učiteljev na področju digitalne in zelene preobrazbe.«
- »Kot izobraževalna ustanova delujemo tako s pomočjo lastnih prizadevanj kot tudi v sodelovanju z našimi mednarodnimi partnerji. Vendar so šolski učni načrti na tem področju nezadostni. Ključno je, da se orodja umetne inteligence poučujejo v vseh poklicnih smereh.«
- »Strateški načrt programa Obzorje Evropa za obdobje 2025–2027 poudarja potrebo po ukrepanju proti podnebnim spremembam, globalnemu segrevanju in zdravstvenim grožnjam v okviru dvojne preobrazbe. Razpis Erasmus+ 2024 prav tako stremi k vključitvi veščin, povezanih z digitalno in zeleno preobrazbo, ki sta del dvojne preobrazbe, v izobraževalna okolja ter tako spodbuja razvoj teh veščin. V tem kontekstu razpis Erasmus+ 2024 daje prednost razvoju digitalnega ekosistema, ki omogoča izkoriščanje priložnosti, ki jih ponujajo digitalne tehnologije. Veščine digitalne in zelene preobrazbe so ključne za zagotavljanje trajnosti v proizvodnji, za načrtovanje proizvodnje, ki upošteva okolje in človeka, ter za vzpostavitev trajnostnih logističnih omrežij.»



Predstavniki izobraževalnih centrov v Turčiji so delili naslednje:

- »Ključno je razvijati veščine in ne le znanja. Narašča zanimanje za oblikovanje programov, ki združujejo začetno izobraževanje s poklicnim usposabljanjem. Poleg tega se kaže zanimanje za uporabo umetne inteligence (AI) in razširjene resničnosti (XR) ne le kot izobraževalnih orodij, temveč tudi kot pripomočkov v učnem procesu.»

7.2. ZAKLJUČEK IN OBETI

Nastajajoče tehnologije 4.0 temeljito preoblikujejo tako strukturo kot vsebino izobraževalnih programov s področja upravljanja dobavne verige (SCM) po vsej Evropi. Države, kot so Francija, Nemčija, Italija, Turčija in Slovenija, že ponujajo specializirane SCM programe, ki postopoma vključujejo vsebine, povezane z umetno inteligenco, internetom stvari (IoT), kibernetsko varnostjo, analizo podatkov, avtomatizacijo, veriženjem blokov (blockchain) in računalništvom v oblaku. Te tehnologije se vključujejo v programe od ravni EQF 4 do EQF 6, pri čemer programi pokrivajo teme od industrijske logistike do strateškega načrtovanja oskrbovalnih verig.

Vendar pa ta tehnološka preobrazba prinaša tudi pomembne izzive in priložnosti za centre poklicnega izobraževanja. Eden glavnih izzivov, ki je bil prepoznan, je pomanjkanje usposobljenih učiteljev za področje tehnologij 4.0. To težavo ne izpostavlja le strokovna literatura, ampak so jo potrdili tudi rezultati ankete: 90 % anketiranih izobraževalnih centrov jo je označilo kot glavno oviro pri vključevanju tehnoloških vsebin. Poleg tega je opazno pomanjkanje ključnih kompetenc med učečimi se, zlasti na področju uporabe IoT sistemov, orodij umetne inteligence in analize podatkov, kar je navedlo skoraj 70 % centrov. V manjši meri so bile izpostavljene tudi vrzeli na področju računalništva v oblaku (40 %) in sodelovalnega dela (14 %). Ta dejstva poudarjajo nujnost posodobitve tako učiteljskih profilov kot tudi izobraževalnih programov, da bi se ponudba usposabljanja uskladila z zahtevami digitaliziranega trga dela.

Odprto vprašanje: prilagajanje učnih vsebin – centralizirano ali decentralizirano?



8. SCM 4.0: GONILNA SILA ZELENE PREOBRAZBE

Z naraščanjem okoljskih izzivov in vse večjimi regulatornimi pritiski podjetja vse pogosteje vključujejo trajnost v svoje operative strategije. Preplet upravljanja dobavne verige 4.0 (SCM 4.0) in praks zelene dobavne verige predstavlja močan vzvod za doseganje trajnostne preobrazbe. SCM 4.0 – ki ga poganjajo tehnologije, kot so internet stvari (IoT), umetna inteligenca (AI), računalništvo v oblaku in na robu omrežja (cloud/edge computing) ter veriženje blokov (blockchain) – na novo opredeljuje načine, kako organizacije upravljajo z viri, merijo okoljski vpliv in spodbujajo eko-inovacije v oskrbovalnih omrežjih.

8.1. VZPON ZELENEGA UPRAVLJANJA DOBAVNE VERIGE (GSCM)

Zeleno upravljanje dobavne verige (GSCM – Green Supply Chain Management) vključuje okoljske vidike v vse faze dobavne verige – od zasnove izdelkov do nabave, proizvodnje, logistike in ravnanja z izdelki po koncu njihove življenjske dobe. Empirične študije v sektorjih, kot so tekstilna industrija, avtomobilska industrija in tobačna industrija, kažejo, da pobude, kot so zeleni nakup, ekološko oblikovanje in informacijski sistemi za upravljanje okolja, vodijo k izboljšani trajnostni uspešnosti (Phonthanukitithaworn et al., 2024).

- Uvajanje IoT tehnologije izboljša spremljanje porabe energije in odpadkov, kar je v pilotnih primerih vodilo do 12–20 % zmanjšanja materialnih izgub.
- Logistična optimizacija z umetno inteligenco prispeva k 5–10 % zmanjšanju emisij CO₂ s pomočjo boljšega načrtovanja poti in uravnoteženja obremenitev.
- Transparentnost s pomočjo tehnologije blockchain povečuje delež recikliranih materialov v proizvodnji do 15 %, zahvaljujoč izboljšani sledljivosti in odgovornosti dobaviteljev.
- 73 % anketiranih podjetij je poročalo, da so imela digitalna orodja »zmeren do velik vpliv« na njihovo trajnostno uspešnost.
- Le 27 % podjetij je formalno integriralo strategije trajnosti in digitalne preobrazbe, kar nakazuje velik potencial za izboljšanje njihove usklajenosti.

Celovit pregled, ki so ga objavili avtorji na ResearchGate, poudarja, da GSCM ni več neobvezna izbira, temveč postaja ključna sestavina dolgoročne konkurenčnosti in skladnosti z globalnimi okviri ESG (okoljski, družbeni in upravljavski vidiki). Po teoriji virov podjetja (Resource-Based View – RBV) podjetja, ki razvijejo dinamične zmogljivosti – na primer s povezovanjem digitalnih in zelenih virov – pridobijo trajno konkurenčno prednost (Mehmood Khan et al., 2022).

8.1.1. DIGITALNE TEHNOLOGIJE KOT SPODBUJEVALCI ZELENIH

PREHOD

Transformativna moč SCM 4.0 je v njegovi sposobnosti, da dobavne verige postanejo bolj pregledne, pametne in odzivne. Te značilnosti so ključne za pospeševanje okoljskih dosežkov in operative odpornosti.



8.1.2. IOT IN SPREMLJANJE OKOLJA V REALNEM ČASU

Senzorji IoT omogočajo sprotno spremljanje porabe energije, emisij in odpadkov v celotnih operacijah. Ti podatki omogočajo dinamične prilagoditve procesov in izboljšano učinkovitost rabe virov.



Example: Smart energy meters and temperature sensors in cold chain logistics reduce energy waste and optimize fuel use.

8.1.3. UMETNA INTELIGENCA ZA ZELENO OPTIMIZACIJO

Umetna inteligenca izboljšuje odločanje pri trajnostnem naročanju, napovedovanju povpraševanja in optimizaciji poti. Omogoča simulacijo ogljičnega odtisa v različnih scenarijih dobavne verige, kar spodbuja boljše zasnove in distribucijske strategije.

Študija: algoritmi umetne inteligence, uporabljeni v logistiki, so v pilotnih projektih zmanjšali porabo goriva za 10–15 % (Mir & Dwivedi, 2024).

8.1.4. RAČUNALNIŠTVO V OBLAKU/OKVIRNO RAČUNALNIŠTVO ZA TRAJNOSTNO INFRASTRUKTURO

Računalništvo v oblaku in na robu omrežja zmanjšujeta potrebo po fizični infrastrukturi, s čimer znižujeta porabo energije in omogočata vzpostavitev decentraliziranih, podatkovno učinkovitih sistemov. Prav tako omogočata vključevanje orodij za analitiko ESG kazalnikov.

8.1.5. BLOCKCHAIN ZA PREGLEDNOST IN SLEDLJIVOST

Tehnologija veriženja blokov (blockchain) izboljšuje preglednost in preverljivost zelenih certifikatov, trditev o etičnem izvora ter pobud za ogljične kompenzacije, kar zmanjšuje tveganje za zeleni marketing (greenwashing).

8.1.6. KLJUČNI STEBRI ZELENE PREOBRAZBE SCM

8.1.6.1. TRAJNOSTNA OSKRBA

Dajanje prednosti okoljsko odgovornejšim dobaviteljem pomaga zmanjšati emisije v zgodnjih fazah dobavne verige. Ocenjevalne kartice za dobavitelje, ki temeljijo na vplivu CO₂, energetski učinkovitosti in delovnih praksah, postajajo vse pogostejše.

8.1.6.2. ENERGETSKO UČINKOVITA LOGISTIKA

SCM 4.0 omogoča optimizacijo poti, spremembo transportnih načinov (npr. železnica namesto cestnega prometa) in uporabo alternativnih virov energije (npr. električna vozila), kar bistveno zmanjšuje emisije, povezane z logistiko.

Podatek: Po podatkih Svetovnega gospodarskega foruma (2023) promet prispeva več kot 25 % k svetovnim emisijam CO₂, zaradi česar je logistika ključno področje za doseganje trajnosti.

8.1.6.3. VKLJUČEVANJE KROŽNEGA GOSPODARSTVA

Tehnologije omogočajo vzpostavitev zaprtih sistemov kroženja, kar vključuje ponovno uporabo, predelavo in recikliranje. Napovedna analitika pomaga pri načrtovanju povratne logistike ter spremljanju življenjskega cikla izdelkov.

8.1.6.4. EKOOLIKOVANJE IN ZELENE INOVACIJE IZDELKOV

SCM 4.0 omogoča sodelovanje v realnem času vzdolž celotne dobavne verige med razvojem izdelka, pri čemer se trajnost vključuje že v samo zasnovo novih izdelkov – od izbire materialov do možnosti recikliranja.

8.1.7. IZZIVI IN STRATEŠKE USMERITVE



Example: Smart energy meters and temperature sensors in cold chain logistics reduce energy
Čeprav usklajevanje digitalne in zelene agende ponuja velik potencial, pa tako mala kot večja
podjetja še vedno soočajo z več izzivi:



- Primanjkljaj digitalne pripravljenosti: Številna mala in srednje velika podjetja nimajo ustrezne infrastrukture ali znanj za učinkovito uvedbo SCM 4.0 (Eurostat, 2023).
- Podatkovni silosi in razdrobljenost: Za celostno merjenje trajnostnih kazalnikov je potrebna neprekinjena integracija podatkov med funkcijami in partnerji.
- Nejasnost razmerja med stroški in koristmi: Naložbe v zelene tehnologije in digitalna orodja lahko predstavljajo tveganje, če donosnost naložbe ni jasno opredeljena ali podprta s spodbudami.

8.2. SCM 4.0 KOT KATALIZATOR ZELENIH SPREMEMB V INDUSTRIJI

SCM 4.0 predstavlja edinstveno priložnost za uskladitev gospodarske konkurenčnosti z okoljskim upravljanjem. Digitalizacija in trajnost nista ločeni agendi, temveč se ob strateškem izvajanju medsebojno krepi. Organizacije, ki zelena načela vključijo v svoje strategije digitalne dobavne verige, so bolj pripravljene na izpolnjevanje okoljskih predpisov, privabljanje vlagateljev, osredotočenih na ESG, in zadovoljevanje spreminjajočih se pričakovanj kupcev.

Prihodnja konkurenčnost dobavnih verig ne bo več temeljila zgolj na hitrosti in stroškovni učinkovitosti, temveč tudi na odpornosti, preglednosti in odgovornosti. SCM 4.0 v povezavi s trajnostjo predstavlja temelj za naslednjo generacijo etičnih in inteligentnih dobavnih verig.



9. OCENA STROKOVNJAKOV



10. ZAKLJUČEK IN NAPOVEDI – NAVIGACIJA PO TEM KAR JE PRED NAMI

To poročilo je pokazalo, da vključevanje digitalnih tehnologij in načel zelenega prehoda v upravljanje dobavne verige ni le zaželeno – je nujno. Za mala in srednje velika podjetja (MSP) SCM 4.0 ponuja orodja, ki omogočajo večjo agilnost, učinkovitost in odpornost. Za izobraževalne centre pa predstavlja priložnost za usklajevanje učnih vsebin s potrebami gospodarstva in podporo industrijski preobrazbi. Kljub temu pa še vedno obstajajo velike vrzeli na področju uvajanja tehnologij, financiranja, avtonomije pri usposabljanju in razvoja spretnosti.

Podatki iz ankete kažejo, da zanimanje narašča, vendar dejanska uvedba ostaja omejena, zlasti na naprednih področjih, kot so razporejanje z umetno inteligenco, veriženje blokov (blockchain) in napovedna analitika. Učitelji pogosto nimajo dostopa do posodobljenih orodij in znanj, večina VET centrov pa je močno odvisna od javnih sredstev ali partnerstev, da lahko napredujejo. Kljub temu obstaja jasna pripravljenost za sodelovanje z industrijo, spodbudni projekti pa že nastajajo na področjih, kot so IoT, kibernetska varnost in trajnost.

V prihodnje bo ključno razviti skupno vizijo med MSP, izobraževalnimi ustanovami in oblikovalci politik. Z vlaganjem v znanje, spodbujanjem sodelovanja in podporo inovacijam na lokalni in regionalni ravni lahko Evropa zgradi dobavne verige, ki bodo ne le pametne in povezane, temveč tudi trajnostne in vključujoče.

Prihodnost upravljanja dobavne verige oblikujejo hitro tehnološke spremembe, spreminjajoča se pričakovanja trgov in naraščajoče okoljske odgovornosti. Ko bodo tehnologije Industrije 4.0 postajale dostopnejše in zrelejše, bodo orodja, kot so umetna inteligenca (AI), internet stvari (IoT), digitalni dvojčki in blockchain, vse bolj vključena v procese oskrbovalnih verig – ne le za izboljšanje učinkovitosti, temveč tudi za predvidevanje tveganj, povečanje preglednosti in podporo trajnostnim praksam.

Obenem bo zeleni prehod postavil večji poudarek na modele krožnega gospodarstva, nizkoogljično logistiko in sledljive vrednostne verige. Ta premik ne bo vplival le na gibanje blaga, temveč tudi na način odločanja v celotnem oskrbovalnem omrežju. Pojasnljiva in razložljiva umetna inteligenca, sodelovanje med človekom in strojem ter kibernetska varnost bodo igrali vse pomembnejšo vlogo pri zagotavljanju zaupanja in operativne celovitosti.

Da bi ostali relevantni, se bodo morala MSP in VET ustanove prilagajati hitreje in bolj strateško. Izobraževalni centri morajo posodobiti učne načrte v skladu z nastajajočimi tehnologijami ter sprejeti nove oblike, kot so mikro-kvalifikacije, hibridno učenje in imerzivne simulacije. Strateško sodelovanje – med izobraževanjem, industrijo in oblikovalci politik – bo ključno za razvoj delovne sile, pripravljene na digitalne in zelene dobavne verige prihodnosti.



11. VIRI

- Adam Hayes. (2025, January). *7 Unexpected Ways AI Can Transform Your Investment Strategy*. Investopedia. <https://www.investopedia.com/using-ai-to-transform-investment-strategy-8778945>
- AIMMS. (n.d.). *Modeling and optimization software with Prescriptive Analytics*. Retrieved 11 March 2025, from <https://www.aimms.com/platform/aimms-for-analytic-teams/>
- Alajlan, R., Alhumam, N., & Frikha, M. (2023). Cybersecurity for Blockchain-Based IoT Systems: A Review. *Applied Sciences*, 13(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/app13137432>
- Amanda St L Jobbins. (2023, May). *Why European SMEs are struggling to join the Digital Economy*. <https://www.linkedin.com/pulse/why-european-smes-struggling-join-digital-economy-amanda-st-l-jobbins>
- Anaplan. (n.d.). *AI-infused Scenario Planning, Analysis, and Reporting | Anaplan*. Retrieved 11 March 2025, from <https://www.anaplan.com/>
- İstanbul Üniversitesi, İstanbul. (n.d.). *İstanbul Üniversitesi | Tarihten Geleceğe Bilim Köprüsü—“Açık Kapı, Açık Bilim”*. Retrieved 7 April 2025, from https://www.istanbul.edu.tr/tr/_
- Attabotics. (2025). In *Wikipedia*. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Attabotics&oldid=1267344273>
- Ayesha Javed. (2025, January). *CEAT, HUL facilities join World Economic Forum’s Global Lighthouse Network—The Economic Times*. <https://economictimes.indiatimes.com/news/company/corporate-trends/ceat-hul-facilities-join-world-economic-forums-global-lighthouse-network/articleshow/117291327.cms?from=mdr>
- Banoth, A. (2024, January 11). *AI Use cases in Production Planning*. Medium. <https://medium.com/@ashok.banoth2/ai-use-cases-in-production-planning-a7e18da688aa>
- BASF. (n.d.). *Artificial Intelligence*. Retrieved 18 March 2025, from <https://www.basf.com/basf/www/global/en/who-we-are/digitalization/artificial-intelligence>



- Bhat, A. (2018, August 27). Taux de réponse à l'enquête | Bon taux de réponse à l'enquête | . *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/fr/bon-taux-de-reponse-au-sondage-2/>
- Blanco, P. (2022, March 14). *La formación muta para crear talento adaptado a las nuevas complejidades de la supply chain*. EL MERCANTIL | Actualidad sobre el negocio de la logística. <https://elmercantil.com/2022/03/14/la-formacion-muta-para-crear-talento-adaptado-a-las-nuevas-complejidades-de-la-supply-chain/>
- BMWGroup. (n.d.). *Artificial Intelligence at BMW Group*. Retrieved 18 March 2025, from <https://www.bmwgroup.com/en/innovation/artificial-intelligence.html>
- Boute, R. N., & Udenio, M. (2021). *AI in Logistics and Supply Chain Management* (SSRN Scholarly Paper No. 3862541). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3862541>
- Bridget Rice. (2024, December). *How Natural Language Processing is Streamlining Supply Chains and Reducing Costs*. <https://www.linkedin.com/pulse/how-natural-language-processing-streamlining-supply-chains-rice-tidue>
- Catherine Early. (2024, November). *Sustainability profession scrambles to fill 'extreme gap' in digital skills to harness power of AI* | Reuters. <https://www.reuters.com/sustainability/society-equity/sustainability-profession-scrambles-fill-extreme-gap-digital-skills-harness-2024-11-28/>
- Chauhan, V. K., Mak, S., Parlikad, A. K., Alomari, M., Casassa, L., & Brintrup, A. (2023). Real-time large-scale supplier order assignments across two-tiers of a supply chain with penalty and dual-sourcing. *Computers & Industrial Engineering*, 176, 108928. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108928>
- Chen, C., Lee Kong, T., & Kan, W. (2023). Identifying the promising production planning and scheduling method for manufacturing in Industry 4.0: A literature review. *Production & Manufacturing Research*, 11(1), 2279329. <https://doi.org/10.1080/21693277.2023.2279329>



- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 785–794. <https://doi.org/10.1145/2939672.2939785>
- Chenhui Ye, Pascale Zaraté, & Daouda Kamissoko. (2022, January). *A DSS Based on a Control Tower for Supply Chain Risks Management*.
- Choi, J. E., Heo, S.-H., & Chung, W.-H. (2022). Yap1-mediated Flr1 expression reveals crosstalk between oxidative stress signaling and caffeine resistance in *Saccharomyces cerevisiae*. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1026780. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1026780>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2007). Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation. In C. Boersch & R. Elschen (Eds.), *Das Summa Summarum des Management: Die 25 wichtigsten Werke für Strategie, Führung und Veränderung* (pp. 265–275). Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-9320-5_22
- CISA. (n.d.). *Home Page | CISA*. Retrieved 21 March 2025, from <https://www.cisa.gov/>
- Colback, L. (2024, November 27). AI and the R&D revolution. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/648046c1-7fcd-43fb-819b-841f104396d9>
- D3-1-Observatory-Methodolgy-Final-version-1-1.pdf*. (n.d.). chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/<https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2024/12/D3-1-Observatory-Methodolgy-Final-version-1-1.pdf>
- Danaka M. Porter. (2018, May). *Using K-Means Clustering to Create Cost and Demand Functions that Decrease Excess Inventory and Better Manage Inventory in Defense*.
- Dennis Kallina. (2021). *Optimization of Supply Chain Network using Genetic Algorithms based on Bill of materials*.
- Deskera. (2023, July 24). *How AI is Revolutionizing Production Scheduling in Manufacturing*. Deskera Blog. <https://www.deskera.com/blog/ai-revolution-production-scheduling-manufacturing/>
- DHL. (2024, February). *DHL Supply Chain Partners With Robust.AI to Drive the Future of Warehouse Automation*. DHL. <https://www.dhl.com/us-en/home/press/press->



archive/2024/dhl-supply-chain-partners-with-robust-ai-to-drive-the-future-of-warehouse-automation.html

Dinu de Kroon , Enno de Boer and Rahul Shahani. (2025, January). *Evolution of the WEF Global Lighthouse Network | McKinsey*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-continuing-evolution-of-the-global-lighthouse-network>

Dr. Muddassir Ahmed. (2016, February). *Supply Chain Planning—5 Levels of Time Horizon and Complexity Hierarchy*. <https://www.linkedin.com/pulse/supply-chain-planning-5-levels-time-horizon-ahmed-ph-d>

ECI Software Solutions. (2024, May). *Talent & Tech: Challenges and Opportunities in Today's Supply Chain*. ECI Software Solutions. <https://www.ecisolutions.com/blog/manufacturing/talent-and-technology-challenges-and-opportunities-in-supply-chain-management/>

Economictimes. (2025, January). *CEAT, HUL facilities join World Economic Forum's Global Lighthouse Network—The Economic Times*. <https://economictimes.indiatimes.com/news/company/corporate-trends/ceat-hul-facilities-join-world-economic-forums-global-lighthouse-network/articleshow/117291327.cms?from=mdr>

Edge Computing. (n.d.). Dhl.Com. Retrieved 17 March 2025, from <https://www.dhl.com/us-en/home/innovation-in-logistics/logistics-trend-radar/edge-computing-supply-chain.html>

El Oualidi, T., & Assar, S. (2024). Bridging Explainability and Interpretability in AI-driven SCM Projects to Enhance Decision-Making. *ITM Web of Conferences*, 69, 01002. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20246901002>

Elpro. (n.d.). *Cold Chain Logistics Monitoring*  ELPRO. Retrieved 17 March 2025, from <https://www.elpro.com/en/cold-chain>

Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., & Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 226–231.



- Eurostat. (2023). *Eurostat: Take a guess!* <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/interactive-publications/digitalisation/2023/01/>
- Everhour Blog - Maria. (2025, January 20). Finite Scheduling Demystified: Key Principles and Implementation Tips. *Everhour Blog*. <https://everhour.com/blog/finite-scheduling/>
- Extensiv. (2025, January). *Supply Chain Challenges in 2025 & How to Overcome Them*. <https://www.extensiv.com/blog/supply-chain-management/challenges>
- Faizatulhaida Md Isa, Wan Nor Munirah Ariffin, 2,3, Muhammad Shahar Jusoh, & Erni Puspanantasari Putri. (2023, June). *A Review of Genetic Algorithm: Operations and Applications*. https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/applied_sciences_eng_tech/article/download/3337/3921/41871
- Filipsson, F. (2024, March 27). *NLP Tools in Manufacturing – How to Increase Production*. <https://redresscompliance.com/nlp-tools-in-manufacturing-how-to-increase-production/>
- Formation logistique et intelligence artificielle (ia)—Centre d. (2024, June 2). Formation professionnelle Action First S.A.S. <https://www.actionfirst.fr/formation/catalogueDetail.php?logistique-et-intelligence-artificielle-ia-2670>
- Fran Quilty. (2022, April). *Clustering: The New World Of Retail Product Segmentation*. <https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2022/04/20/clustering-the-new-world-of-retail-product-segmentation/>
- Gartner. (n.d.). *Digital Transformation in Supply Chain: Technologies & Roadmap*. Gartner. Retrieved 24 March 2025, from <https://www.gartner.com/en/supply-chain/topics/supply-chain-digital-transformation>
- gartner. (2024). *Best Analytics and Business Intelligence Platforms Reviews 2025 | Gartner Peer Insights*. <https://www.gartner.com/reviews/market/analytics-business-intelligence-platforms>



- George Maksimenko. (2024, December). *The future of supply chain digital transformation in 2025—Adexin*. <https://adexin.com/blog/supply-chain-digital-transformation/>
- Gołąbek, M., Senge, R., & Neumann, R. (2020). *Demand Forecasting using Long Short-Term Memory Neural Networks* (No. arXiv:2008.08522). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.08522>
- Google Cloud Blog. (2024, December). *How Toyota is revolutionizing manufacturing with AI*. Google Cloud Blog. <https://cloud.google.com/blog/topics/hybrid-cloud/toyota-ai-platform-manufacturing-efficiency>
- Gupta, R. K., Sharma, V., Gupta, K., Jain, A., Priya, B., & Prasad, M. S. R. (2023). Performance Evaluation and Comparison of Clustering Algorithms for Social Network Dataset. *2023 6th International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, 6, 111–117. <https://doi.org/10.1109/IC3I59117.2023.10397806>
- Hanotaux, P., de, A. C., Berera, F., de, J. D., & Vilboeuf, L. (2023). *Tensions sur les effectifs et compétences dans l'industrie et dispositifs de formation associés*.
- Haufe Akademie GmbH & Co. KG, F. (n.d.-a). *Haufe Akademie: Bundesweite Angebote für Ihre berufliche Weiterbildung*. Haufe Akademie; Haufe Akademie GmbH & Co. KG, Freiburg, Germany. Retrieved 7 April 2025, from <https://www.haufe-akademie.de/5357>
- Haufe Akademie GmbH & Co. KG, F. (n.d.-b). *Haufe Akademie: Bundesweite Angebote für Ihre berufliche Weiterbildung*. Haufe Akademie; Haufe Akademie GmbH & Co. KG, Freiburg, Germany. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.haufe-akademie.de/5357>
- Hemmerich, W. A. (n.d.). *Querschnittsstudie | StatistikGuru.de*. Retrieved 3 March 2025, from <https://statistikguru.de/lexikon/querschnittsstudie.html>
- hubspot. (2023, October 11). *Taux de réponse à un questionnaire: Comment le calculer et l'améliorer*. <https://blog.hubspot.fr/service/taux-de-reponse>
- Hussein Kamaldeen Smith. (2024, September). (PDF) *The Challenges and Opportunities of Supply Chain Innovation for SMEs in Developing Economies*.



- https://www.researchgate.net/publication/383948374_The_Challenges_and_Opportunities_of_Supply_Chain_Innovation_for_SMEs_in_Developing_Economies
- IBM. (2024, May 24). *How cybersecurity shapes supply chain resilience*. <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/en-us/report/supply-chain-cybersecurity>
- Ideamaker. (2024, May). *The Benefits of AI Sentiment Analysis in Business: Enhance Customer Insights and Drive Innovation*. <https://ideamaker.agency/ai-sentiment-analysis/>
- ifttt-user. (2022, May 31). *What are the advantages and disadvantages of K-Means Clustering? | Towards AI*. <https://towardsai.net/p//what-are-the-advantages-and-disadvantages-of-k-means-clustering>
- Ihnatchyck, Y. (2024, February 23). *The Benefits of Natural Language Processing (NLP) in Business*. Data Science Central. <https://www.datasciencecentral.com/what-are-the-benefits-of-using-natural-language-processing-nlp-in-business/>
- Iliyas Karim, Hanita Daud, & Rajalingam Sokkalingam. (2024). (PDF) Addressing limitations of the K-means clustering algorithm: Outliers, non-spherical data, and optimal cluster selection. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.3934/math.20241222>
- Inagaki, K., Johnston, I., Bushey, C., Speed, M., Chazan, G., Hodgson, C., Meyer, G., & Nilsson, P. (2025, March 4). Companies brace for price pressures as Trump tariffs start to bite. *Financial Times*.
- Isabelle. (2023). *L'impact de la technologie sur la formation professionnelle—Action First Centre de formation pour adultes Toulouse, Bordeaux, Paris*. <https://www.actionfirst.fr/actualite.php?l-impact-de-la-technologie-sur-la-formation-professionnelle-61#0>
- Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. (2017). *Global Supply Chain and Operations Management: A Decision-Oriented Introduction to the Creation of Value*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24217-0>



- Jang, D. H. (2025, March 7). *Support Vector Machines for Time Series Forecasting: A Deep Dive into Methodology, Applications....* Medium. <https://medium.com/@jangdaehan1/support-vector-machines-for-time-series-forecasting-a-deep-dive-into-methodology-applications-af8045a18c48>
- JBuglino. (2025, January 14). Eyelit Technologies Acquires Adexa to Expand Smart Factory and Supply Chain Solutions. *Eyelit Technologies*. <https://eyelit.ai/eyelit-technologies-acquires-adexa-to-expand-smart-factory-and-supply-chain-solutions/>
- Jeremy Tiffin. (2025, February 25). *Why Supply Chain Leaders Are Struggling to Hire Data and AI Talent*. <https://www.horizonrecruit.com/why-supply-chain-leaders-are-struggling-to-hire-data-and-ai-talent>
- Joaquim Cervera. (2024, August). *Walmart and Inventory Management with IoT* . <https://www.linkedin.com/pulse/walmart-inventory-management-iot-joaquin-cervera-xi3uf>
- Kallina, D. (2021). *Optimization of Supply Chain Network using Genetic Algorithms based on Bill of materials*.
- Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. *Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks*, 4, 1942–1948 vol.4. <https://doi.org/10.1109/ICNN.1995.488968>
- Ketteq. (n.d.). *Logiciel de planification des approvisionnements | Logiciel MRP | ketteQ*. Retrieved 18 March 2025, from <https://fr.ketteq.com/supply-chain-planning/supply-planning>
- Kevin Miceli. (2024, March 26). *Navigating Technology Adoption in Supply Chain Planning*. Gartner. <https://www.gartner.com/en/supply-chain/insights/power-of-the-profession-blog/navigating-technology-adoption-in-supply-chain-planning>
- Khairen Niza Mefid & Fitria - Ridhaningsih. (2024). (PDF) The Impact of Digital Transformation on Supply Chain Management in Small and Medium Enterprises: A Systematic Literature Review. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.36275/stsp.v24i1.754>
- kiwop. (2021, March 2). *Sales & Operations Execution (S&OE) vs. S&OP*. ToolsGroup. <https://www.toolsgroup.com/blog/sales-operations-execution-soe-vs-sop/>



- K-Means Pros & Cons*. (n.d.). HolyPython.Com. Retrieved 17 March 2025, from <https://holypython.com/k-means/k-means-pros-cons/>
- KPMG. (2024). *Supply chain trends 2024: The digital shake-up*. KPMG. <https://kpmg.com/xx/en/our-insights/ai-and-technology/supply-chain-trends-2024.html>
- Krause, C. (2024, August 23). *Case Study: Amazon's AI-Driven Supply Chain: A Blueprint for the Future of Global Logistics*. The CDO TIMES. <https://cdotimes.com/2024/08/23/case-study-amazons-ai-driven-supply-chain-a-blueprint-for-the-future-of-global-logistics/>
- Krishnan, T. S., & Majumdar, A. (2021). Harness Natural Language Processing to Manage Supply Chain Risk. *California Management Review Insights*. <https://cmr.berkeley.edu/2021/01/managing-supply-chain-risk/>
- Lam, W. H., Lam, W. S., & Lee, P. F. (2024). A Bibliometric Analysis of a Genetic Algorithm for Supply Chain Agility. *Mathematics*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/math12081199>
- Le Sphinx. (2024, February). *Qualité des réponses: Comment les évaluer et les améliorer ? Le Sphinx*. <https://www.lesphinx-developpement.fr/blog/les-indicateurs-de-qualite-des-reponses-et-comment-les-optimiser/>
- Li, W., Yan, X., & Huang, Y. (2024). Cooperative-Guided Ant Colony Optimization with Knowledge Learning for Job Shop Scheduling Problem. *Tsinghua Science and Technology*, 29(5), 1283–1299. *Tsinghua Science and Technology*. <https://doi.org/10.26599/TST.2023.9010098>
- Lintermans, K. (2022, February 1). *Part 1: How Natural Language Processing (NLP) Can Benefit the Supply Chain*. Supply Chain Link Blog - Arkieva. <https://blog.arkieva.com/part-1-how-nlp-can-benefit-the-supply-chain/>
- lynkus. (n.d.). *Comment la digitalisation impacte les métiers de la supply chain ?* | Lynkus. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.lynkus.fr/actualites/comment-la-digitalisation-impacte-les-metiers-de-la-supply-chain>
- Mahya Seyedan, & Fereshteh Mafakheri. (2020). *Predictive big data analytics for supply chain demand forecasting: Methods, applications, and research opportunities* | *Journal of Big*



Data | Full Text. <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-020-00329-2>

MarketsandMarkets. (2025, February). *AI in Supply Chain Market Size & Share Forecast Report 2030*. MarketsandMarkets. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/ai-in-supply-chain-market-114588383.html>

Masip-Bruin, X., Marín-Tordera, E., Ruiz, J., Jukan, A., Trakadas, P., Cernivec, A., Lioy, A., López, D., Santos, H., Gonos, A., Silva, A., Soriano, J., & Kalogiannis, G. (2021). Cybersecurity in ICT Supply Chains: Key Challenges and a Relevant Architecture. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(18), 6057. <https://doi.org/10.3390/s21186057>

Master Supply Chain, logistica e operations Professional. (n.d.). 24ORE Business School. Retrieved 7 April 2025, from <https://www.24orebs.com/formazione/professional-master/master-supply-chain-logistica-e-operations>

Matt Stekier. (2025, February). *2025 top supply chain issues | Our Insights | Plante Moran*. <https://www.plantemoran.com/explore-our-thinking/insight/2023/03/top-supply-chain-issues-ranked>

Maxime C. Cohen & Christopher S. Tang. (2024, February 5). The Role of AI in Developing Resilient Supply Chains | GJIA. *Georgetown Journal of International Affairs*. <https://gjia.georgetown.edu/2024/02/05/the-role-of-ai-in-developing-resilient-supply-chains/>

measuredrisk. (n.d.). *Unlocking the Power of NLP and Data Science to Secure Your Supply Chain—ETechnology—Webflow HTML website template*. Retrieved 17 March 2025, from <https://www.measuredrisk.com/article/unlocking-the-power-of-nlp-and-data-science-to-secure-your-supply-chain>

Mehmood Khan, Mian M. Ajmal, & Fauzia Jabeen. (2022, July). *Green supply chain management in manufacturing firms: A resource-based viewpoint—Khan—2023—Business Strategy and the Environment—Wiley Online Library*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bse.3207>



- Mehta, S. (2022, April 2). *How can genetic algorithms be applied to supply chain optimization?* Analytics India Magazine. <https://analyticsindiamag.com/ai-trends/how-can-genetic-algorithms-be-applied-to-supply-chain-optimization/>
- Mewael Isiet & M. S. Gadala. (2020). Sensitivity analysis of control parameters in particle swarm optimization | Request PDF. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2020.101086>
- Mihai Andrei. (2024, February). *How ants are inspiring the design and optimization of logistics algorithms*. <https://www.zmescience.com/science/how-ants-are-inspiring-the-design-and-optimization-of-logistics-algorithms/>
- Mir, M. A., & Dwivedi, A. (2024). Enablers of Digital Transformation for Supply Chain Sustainability. In K. Mathiyazhagan, A. Kishore, B. Behdani, & H. Thanki (Eds.), *Impact of Industry 4.0 on Supply Chain Sustainability* (pp. 297–312). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83797-777-220241020>
- Movant, P. R. (2024, November 17). *Tendencias en formación logística: Adaptación continua a las nuevas necesidades del sector*. infobae. <https://www.infobae.com/movant/2024/11/17/tendencias-en-formacion-logistica-en-adaptacion-continua-a-las-nuevas-necesidades-del-sector/>
- Navin Kumar Parthiban. (2023, May 31). *How Emerging Technologies are Improving Supply Chain Management, New Technologies in Supply Chain for Industries* | iTech. <https://itechindia.co/us/blog/how-emerging-technologies-are-improving-in-supply-chain-management/>
- Nikhil Koranne. (2024, March). *Natural Language Processing Transforms Inventory Management* | SupplyChainBrain. <https://www.supplychainbrain.com/blogs/1-think-tank/post/39307-natural-language-processing-transforms-inventory-management>
- Ning, L., & Yao, D. (2023). The Impact of Digital Transformation on Supply Chain Capabilities and Supply Chain Competitive Performance. *Sustainability*, 15(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/su151310107>



- OECD. (2021, December). *SME Digitalisation to Build Back Better*.
https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/12/sme-digitalisation-to-build-back-better_c52afe21/50193089-en.pdf
- Optimove. (n.d.). *Customer Segmentation via Cluster Analysis*. Optimove. Retrieved 17 March 2025, from <https://www.optimove.com/resources/learning-center/customer-segmentation-via-cluster-analysis>
- Pabitra Kumar Chakrabarti. (2025, March). *Global Lighthouse Network: Pioneering Manufacturing Excellence: Butzel Long*. <https://www.butzel.com/alert-global-lighthouse-network-pioneering-manufacturing-excellence>
- packagex. (2023, November). *NLP and Logistics: Revolutionizing Trade & Efficiency*.
<https://packagex.io/blog/nlp-and-logistics>
- Paula Rooney. (2022, December). *Maersk embraces edge computing to revolutionize supply chain*. CIO. <https://www.cio.com/article/415822/maersk-embraces-edge-computing-to-revolutionize-supply-chain.html>
- Pedro R. (2024, January 4). *Delving into K-Means Clustering: Use Cases and Advanced Applications*. Generative Labs. <https://www.generativelabs.co/post/delving-into-k-means-clustering-use-cases-and-advanced-applications>
- Phonthanukitithaworn, C., Srisathan ,Wutthiya A., Worakittikul ,Wongsatorn, Pancha ,Aphirakand Naruetharadhol, & Phaninee. (2024). Conceptualising the effects of green supply chain on firms' propensity for responsible waste disposal practices in emerging markets. *International Journal of Sustainable Engineering*, 17(1), 429–447.
<https://doi.org/10.1080/19397038.2024.2358895>
- PlanetTogether. (n.d.). *AI-Driven Scheduling for Integrated Logistics and Distribution in Industrial Manufacturing*. Retrieved 18 March 2025, from <https://www.planettogether.com/blog/ai-driven-scheduling-for-integrated-logistics-and-distribution-in-industrial-manufacturing>
- PlanetTogether. (2019, February). *Finite Capacity Planning & Scheduling*.
<https://www.planettogether.com/blog/finite-capacity-planning-scheduling>



- PlanetTogether. (2024, July). *The Role of AI in Production Scheduling*.
<https://www.planettogether.com/blog/the-role-of-ai-in-production-scheduling>
- Prophix. (2024, September). *The 5 best mid-market financial planning software for businesses in 2025* | Prophix. <https://www.prophix.com/blog/the-5-best-mid-market-financial-planning-software-for-businesses/>
- Pullen, S. (2025, January 13). Top Supply Chain Trends for 2025: Embracing the Digital Transformation. *Surgere*. <https://surgere.com/blog/top-supply-chain-trends-for-2025-embracing-the-digital-transformation/>
- Qi Liu, Nanjing University of Information Science and Technology, Lei Zeng, Xiaodong Liu, Edinburgh Napier University, & Jiawei Sun. (2022, July). (PDF) *A Multi-Swarm PSO Approach to Large-Scale Task Scheduling in a Sustainable Supply Chain Datacenter*. ResearchGate. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1844078/v1>
- Qlik Help. (2024, November). *Digital Help Site Assets Survey*.
https://survey.qlik.com/jfe/form/SV_e2SBTABzdJ0lnxQ?Q_CHL=si&Q_CanScreenCapture=1&Q_Language=EN&HelpURL=https://help.qlik.com/en-US/sense/November2024/Subsystems/Hub/Content/Sense_Hub/ChartFunctions/RelationalFunctions/KmeansCentroidExample.htm&lsQ=0
- Random Forests. (2023). *Random Forests*. *10minforsupplychain.Com*.
<https://10minforsupplychain.com/random-forests/>
- Restrepo-Morales, J. A., Ararat-Herrera, J. A., López-Cadavid, D. A., & Camacho-Vargas, A. (2024). Breaking the digitalization barrier for SMEs: A fuzzy logic approach to overcoming challenges in business transformation. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 13(1), 84. <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00429-w>
- Reuters. (2025, March 10). Foxconn unveils first large language model. *Reuters*.
<https://www.reuters.com/technology/foxconn-unveils-first-large-language-model-2025-03-10/>



RNCP35288—Concepteur développeur en science des données. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP35351 - BUT - Qualité, Logistique Industrielle et Organisation: Organisation et supply chain. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP35390 - BUT - Management de la logistique et des transports: Mobilité et supply chain connectées. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP35391 - BUT - Management de la logistique et des transports: Mobilité et supply chain durables. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP38478—Coordinateur de projets informatiques (infrastructures cloud, applicatives ou data). (n.d.-a). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP38478—Coordinateur de projets informatiques (infrastructures cloud, applicatives ou data). (n.d.-b). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP38710—Grade_Licence—Sciences et Ingénierie—Maintenance des Systèmes Intelligents et Connectés. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP38732—Grade_Licence—Sciences et ingénierie—Informatique et Systèmes Numériques. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP39237—Concepteur intégrateur de solutions en Internet des objets (IoT). (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>

RNCP39620—Technicien d'infrastructure informatique et sécurité. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>



- RNCP39709—Grade_Licence—Sciences et Ingénierie—Systèmes d'information. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>
- RNCP40064—Licence Professionnelle—Logistique et pilotage des flux (fiche nationale). (n.d.-a). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>
- RNCP40064—Licence Professionnelle—Logistique et pilotage des flux (fiche nationale). (n.d.-b). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>
- RNCP40146—Chef de projets en solutions blockchain. (n.d.). *France compétences*. Retrieved 2 April 2025, from <https://www.francecompetences.fr/recherche/>
- Rootstock Software. (2024, September). *AI Advancements in Materials Requirements Planning* | Rootstock. <https://www.rootstock.com/cloud-erp-blog/how-artificial-intelligence-is-advancing-mrp/>
- Rotenberg, J. (2024, April 12). *Will NLP Transform Warehouse Operations?* LIDD. <https://lidd.com/will-artificial-intelligence-transform-warehouse-operations/>
- Ruchundre Reid. (2024, November). *Top Tech Trends Impacting the Global Supply Chain in 2025*. <https://tecex.com/tech-trends-2025/>
- Sahar Khajesaeeida, Seyed Jafar Sadjadia, Farnaz Barzinpoura, & Reza Tavakkoli-Moghaddam. (2025). *Resource-constrained project scheduling problem: Review of recent developments*. https://www.growingscience.com/jpm/Vol10/jpm_2024_43.pdf
- Sam Phipps. (2025, January). *Digital Transformation—Empowering Your S&OP*. Slimstock. <https://www.slimstock.com/blog/digital-transformation/>
- Sapot, B. (2021, August 17). *Finite Scheduling vs. Infinite Scheduling—What's the Difference?* Mingo Smart Factory. <https://www.mingosmartfactory.com/finite-scheduling-vs-infinite-scheduling-whats-the-difference/>



- Saptarshi Sengupta, Sanchita Basak, & Richard Alan Peters II. (2018). Particle Swarm Optimization: A Survey of Historical and Recent Developments with Hybridization Perspectives. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/make1010010>
- Sarah Shelley. (2024, June 24). *Navigating the Digital Age: The Role of Technology in Supply Chain Management*. <https://www.ucumberlands.edu/blog/the-role-of-technology-in-supply-chain-management>
- Satta Sarmah Hightower. (2025, March). *A global dress distributor gave AI a chance. Now it makes creative content faster, and overstock is down 40%*. Business Insider. <https://www.businessinsider.com/wholesale-formal-gown-distributor-using-ai-for-ecommerce-operations>
- Shaqarin, T., & Noack, B. R. (2023). A Fast-Converging Particle Swarm Optimization through Targeted, Position-Mutated, Elitism (PSO-TPME). *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 16(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s44196-023-00183-z>
- Sharma, P. (2025). What is K-Means Clustering? *Analytics Vidhya*. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/08/comprehensive-guide-k-means-clustering/>
- Siemens. (n.d.-a). *Digital Twin | Siemens Software*. Siemens Digital Industries Software. Retrieved 18 March 2025, from <https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/digital-twin/>
- Siemens. (n.d.-b). *Manufacturing resource planning (MRP II) | Siemens Software*. Siemens Digital Industries Software. Retrieved 10 March 2025, from <https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/manufacturing-resource-planning-mrp-ii/>
- Silva, C. N. (2008). Review: Catherine Marshall & Gretchen B. Rossman (2006). Designing Qualitative Research. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 9(3), Article 3. <https://doi.org/10.17169/fqs-9.3.996>
- Skander Kacem. (2021, October). *SKU Clustering for Inventory Optimization*. <https://skacem.github.io/2021/10/15/SKU-clustering-BA1/>



- SkyPlanner. (n.d.). *SkyPlanner APS - Production planning with artificial intelligence*. Retrieved 18 March 2025, from <https://skyplanner.ai/>
- SME - VET Connection. (n.d.). *LCAMP*. Retrieved 6 February 2025, from <https://lcamp.eu/activity/sme-vet-connection/>
- Solveit. (n.d.). *Solveit Reviews | View Portfolios | DesignRush*. Retrieved 18 March 2025, from <https://www.designrush.com/agency/profile/solveit>
- somakaushik98. (n.d.). Retrieved 17 March 2025, from <https://somakaushik98.github.io/K-means-Clustering/>
- Sruthi. (2021, June 17). Understanding Random Forest Algorithm With Examples. *Analytics Vidhya*. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/06/understanding-random-forest/>
- Statista. (2024a). *Supply Chain Management Software—D-A-CH | Marktprognose*. Statista. <http://frontend.xmo.prod.aws.statista.com/outlook/tmo/software/unternehmenssoftware/supply-chain-management-software/d-a-ch>
- Statista. (2024b). *Supply Chain Management Software—Europa | Marktprognose*. Statista. <http://frontend.xmo.prod.aws.statista.com/outlook/tmo/software/unternehmenssoftware/supply-chain-management-software/europa>
- Statista. (2024c). *Supply Chain Management Software—G7 | Marktprognose*. Statista. <http://frontend.xmo.prod.aws.statista.com/outlook/tmo/software/unternehmenssoftware/supply-chain-management-software/g7>
- Streamline. (n.d.). *Streamline: The AI Platform for Demand & Supply Planning*. Retrieved 18 March 2025, from <https://www.streamlineplan.com/>
- Subharun Pal, Gargee Banerjee, Abhishek Bajaj, Dr. Sunitaa Tank, & Bharat Kumar Tank. (2025, January). *The Impact of AI on Global Supply Chain Management: A Review of Literature*. <https://www.seejph.com/index.php/seejph/article/download/4562/3008/6934>
- T. Leigh Buehler. (2023, October). *Digital Supply Chain Management: 7 Essential Elements*. <https://www.apu.apus.edu/area-of-study/business-and-management/resources/digital-supply-chain-management-7-essential-elements/>



- Takyar, A. (2024, January 3). *AI for production planning: Significance, use cases, benefits, technologies and development*. LeewayHertz - AI Development Company. <https://www.leewayhertz.com/ai-in-production-planning/>
- Uchechukwu Christopher Anozie, Samuel Ajibola Dada, Faith Chidinma Okonkwo, Olanrewaju Oluremi Egunlae, Blessing Oluwadamisi Animasahun, & Onozefe Mazino. (2024). The convergence of edge computing and supply chain resilience in retail marketing. *International Journal of Science and Research Archive*, 12(2), 2769–2779. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.2.1574>
- Uddin, R. (2025, March 11). Amazon steps up use of robotics in warehouses. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/31ec6a78-97cf-47a2-b229-d63c44b81073>
- Uma Mahesh. (2024, September 30). *Supply Chain Issues in 2025 and How to Overcome Them*. <https://propelapps.com/blog/mobile-supply-chain/supply-chain-issues/>
- Vartabedian, M. (2025, March 10). Logistics Startups Are Back in Demand as Companies Navigate Tariffs. *Wall Street Journal*. <https://www.wsj.com/articles/logistics-startups-are-back-in-demand-as-companies-navigate-tariffs-3714b75c>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2023). *Attention Is All You Need* (No. arXiv:1706.03762). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>
- Vinay Rajani, Preeti AryaCrossman. (2023, August). *The Human Touch in Sales and Operations Planning*. Deloitte United States. <https://www2.deloitte.com/us/en/blog/business-operations-room-blog/2023/s-and-oe-human-touch.html>
- Vinay Rajani & Preeti AryaCrossman. (2023, November). *AI: The Helping Hand in Sales and Operations Planning*. Deloitte United States. <https://www2.deloitte.com/us/en/blog/business-operations-room-blog/2023/llm-for-supply-chain-optimization.html>
- Vodafone Europe. (2023). *SME digitalisation—How policymakers and industry can make it work together*. chrome-



extension://efaidnbmnnnibpcajpcgltclefindmkaj/https://www.vodafone.com/sites/default/files/2023-02/sme-digitalisation-whitepaper.pdf

Webb, E. (2025, March). *This startup says AI is better when it doesn't pretend to be human. See the pitch deck it used to raise \$7 million.* Business Insider. <https://www.businessinsider.com/alta-funding-pitch-deck-sales-agents-ai-workforce-2025-3>

Weiterbildung SAP Produktionsplanung -und steuerung (PP). (n.d.). Berger Bildungsinstitut GmbH. Retrieved 7 April 2025, from <https://berger-bildungsinstitut.de/weiterbildungen/sap-kurse/sap-anwenderkurse/zertifizierter-sap-anwender-produktionsplanung-sap>

Whitney Gillespie. (2024, September). *What is S&OP and How Can It Help Manufacturers Navigate Supply Chain Disruption?* OneStream Software. <https://www.onestream.com/blog/what-is-s-and-op-and-how-can-it-help-manufacturers-navigate-supply-chain-disruption/>

World Economic Forum. (n.d.). *The World Economic Forum.* World Economic Forum. Retrieved 21 March 2025, from <https://www.weforum.org/>

World Economic Forum. (2023a, June). *Empowering Small and Medium Enterprises (SMEs) for Innovation and Success.* https://www3.weforum.org/docs/WEF_Data_Unleashed_Empowering_Small_and_Medium_Enterprises_%28SMEs%29_for_Innovation_and_Success_2023.pdf

World Economic Forum. (2023b, September 29). *This is the state of digitalization in Europe in 2023 – Eurostat report.* <https://www.weforum.org/stories/2023/09/digitalization-europe-eurostat-report/>

Yang Jie. (2025, March). *Foxconn Builds FoxBrain, Its Own AI Model—WSJ.* <https://www.wsj.com/tech/ai/foxconn-builds-foxbrain-its-own-ai-model-ae079ebb>

Zhao, N., Hong, J., & Lau, K. H. (2023). Impact of supply chain digitalization on supply chain resilience and performance: A multi-mediation model. *International Journal of Production Economics*, 259, 108817. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108817>



- Zhi Chen, Jie Liu, & Ying Wang. (2025). (PDF) Big Data Swarm Intelligence Optimization Algorithm Application in the Intelligent Management of an E-Commerce Logistics Warehouse. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.4018/JCIT.332809>
- Zhou, H., Wang, R., Zhang, X., & Chang, M. (2024). The impact of digital technology adoption on corporate supply chain concentration: Evidence from patent analysis. *Finance Research Letters*, 64, 105413. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105413>
- Ziang Liu, Tomofumi Fujiwara, & Md. Moktadir Alam. (2024). (PDF) Energy-Efficient Robot Configuration and Motion Planning Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.3390/en15062074>
- 吳麗珍, 黃惠滿, & 李浩銑. (2014). 方便取樣和立意取樣之比較. *護理雜誌*, 61(3), 105–111. <https://doi.org/10.6224/JN.61.3.105>



12. INDEX OF IMAGES

Figure 1. LCAMP Observatory methodology.....	8
Figure 2. Supply Chain Planning - 5 Levels of Time Horizon and Complexity Hierarchy.....	18
Figure 3. Planning along two dimensions - detail and time horizon.....	18
Figure 4. Impact of AI on Amazon's Delivery speed – Source: Carsten Krause, CDO TIMES Research & Amazon	27
Figure 5. How LLMs Support Better Forecasting & Planning.....	31
Figure 6. Between SME segments, the larger the organisation, the more progress they have made in their digital journey	59
Figure 7. Size Distribution of Responding SMEs.....	67
Figure 8. Size of organizations per country.....	68
Figure 9. Size of organizations which answered per primary industry sector.....	68
Figure 10. Roles within the company.....	69
Figure 11. Basic ERP System (Enterprise Resource Planning for managing inventory, orders, and production) digital systems adoption	69
Figure 12. Industrial and commercial planning (Sales and Operations Planning (S&OP) / Master Planning Schedule (MPS)) digital systems adoption	70
Figure 13. Shop floor scheduling digital systems adoption	70
Figure 14. Data Analytics Tools (dashboards, KPI tracking, data visualization) digital adoption.....	70
Figure 15. Role of emerging technologies 4.0 in improving Supply Chain processes	71
Figure 16. Current use or planned adoption of emerging technologies in SCM 4.0	73
Figure 17. Current use or planned adoption of emerging technologies in SCM 4.0 – Medium Enterprises	74
Figure 18. Current use or planned adoption of emerging technologies in SCM 4.0 - Small Enterprises	74
Figure 19. Main obstacles to the adoption of emerging technologies in SCM 4.0.....	76
Figure 20. Current skills gaps in workforce related to emerging technologies 4.0.....	77
Figure 21. Planned training on emerging technologies 4.0 for SCM	78
Figure 22. Planned training on emerging technologies 4.0 for SCM per company size.....	78
Figure 23. Type of training which could be most beneficial to improve SCM processes	79
Figure 24. Planned level of investment in AI in SCM in the next 3 years	79
Figure 25. Types of training to support workforce for SCM.....	80
Figure 26. Size of your VET centre per country	91
Figure 27. Roles within the VET Centre.....	91
Figure 28. Courses taught in SCM integrating emerging technologies 4.0	92
Figure 29. Opportunities or possibilities of VET centres foresee, or already foreseen, to integrate real-time industrial needs	92
Figure 30. Approaches of VET centre to enhance the practical application of Supply Chain Management (SCM) concepts in supply chain training programs	92
Figure 31. Strategies in place or necessary to ensure the training of trainers and teachers in advanced technologies (absolute figures)	93



Figure 32. Strategies in place or necessary to ensure the training of trainers and teachers in advanced technologies (relative figures)	94
Figure 33. Collaboration strategies put in place or are being planned with other training centers and organizations to promote the consistency of Supply Chain training paths (absolute figures).....	94
Figure 34. Collaboration strategies put in place or are being planned with other training centres and organizations to promote the consistency of Supply Chain training paths (Relative figures)	95
Figure 35. Development of interdependent training paths foreseen through collaboration between institutions with different areas of interest in Supply Chain training (absolute figures)	95
Figure 36. Development of interdependent training paths foreseen through collaboration between institutions with different areas of interest in Supply Chain training (relative figures)	95
Figure 37. How can cooperation with industry professionals be strengthened to better align teaching content with current and future needs in SCM and related fields? (absolute figures)	96
Figure 38. How can cooperation with industry professionals be strengthened to better align teaching content with current and future needs in SCM and related fields? (relative figures)	96
Figure 39 Main obstacles to integrate emerging digital technologies 4.0 into SCM training (absolute figures)	97
Figure 40. Main obstacles to integrate emerging digital technologies 4.0 into SCM training (relative figures)	97
Figure 41. Capacity of VET centre to adapt its training content to the evolution of emerging digital technologies 4.0 such as IoT, AI, cybersecurity, and sustainability in supply chain jobs (absolute figures)	98
Figure 42. Capacity of VET centre to adapt its training content to the evolution of emerging digital technologies 4.0 such as IoT, AI, cybersecurity, and sustainability in supply chain jobs (relative figures).....	98
Figure 43. External factors influencing the integration of emerging digital technologies 4.0 into programs (absolute figures)	98
Figure 44. External factors influencing the integration of emerging digital technologies 4.0 into programs (relative figures).....	99
Figure 45. Skills missing among learners for SCM positions involving the following emerging digital technologies 4.0 usage (absolute figures)	99
Figure 46. Skills missing among learners for SCM positions involving the following emerging digital technologies 4.0 usage (relative figures)	99
Figure 47. Types of emerging digital technologies 4.0 training resources which would be most effective for learners (absolute figures)	100
Figure 48. Types of emerging digital technologies 4.0 training resources which would be most effective for learners (relative figures)	100



13. INDEX OF TABLES

<i>Table 1. Example of ESCO Occupation list involved in SCM activities (Professions, n.d.).....</i>	<i>9</i>
<i>Table 2. SCM employability</i>	<i>10</i>
<i>Table 3. SCM training examples (extract of the full details available in Annex 2)</i>	<i>11</i>
<i>Table 4. Organisations consulted.....</i>	<i>15</i>
<i>Table 5. S&OP vs S&OE - Execution level</i>	<i>19</i>
<i>Table 6. Scope of the study</i>	<i>24</i>
<i>Table 7. SME Survey Response Distribution by Country.....</i>	<i>67</i>
<i>Table 8. VET Centre Survey Response Distribution by Country</i>	<i>90</i>



14. ANNEX

14.1. ANNEX 1 - TARGET AUDIENCE OF SURVEYS

COUNTRY	TARGET AUDIENCE	Distribution list
GER	SME	Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG
		Gotic
		Weisser SPK
		Weisser SPK
		FYSAM
		BurgerSchlozAutomobile
		BurgerSchlozAutomobile
		Huber Automotive
		Schuma
		Stahlbau Süssen
		Cellcentric
		bardusch GmbH & Co. KG
		Kunststofftechnik W.Schneider GmbH
		Häcker Küchen GmbH
		Schlötter
		EWS
		Kollmar
		H. von Wirth
		Bosig
		Strassacker
		Index
		Hartmann
		Steiff
		Edelmann Group
		Bruno Weisser
		Schlagwerk
		Kurfess
		Laubholz
		Mink Bürsten
		Stark Walzen
		Esband
		Esband
		Authenried Kunststofftechnik
		Märklin
		robatherm
		IPM Automotive GmbH
		kühnplast GmbH + Co. KG Kunststoffwerk



		OSG
		Heidelberger Druckmaschinen
	VET	Albert-Einstein-Schule Ettlingen
		Berufliche Schule Rottenburg
		Berufliche Schulen Oberndorf-Sulz (Standort Oberndorf)
		Berufliche Schulen Schramberg
		Carl-Benz-Schule Karlsruhe
		Elektronikschule Tettnang
		Erwin Teufel Schule
		Ferdinand-von Steinbeis-Schule Reutlingen
		Ferdinand-von-Steinbeis-Schule Tuttlingen
		Geschwister-Scholl-Schule Leutkirch
		Gewerbeschule Villingen-Schwenningen
		Gewerbliche Schule Ehingen
		Gewerbliche Schule Geislingen
		Gewerbliche Schule Göppingen
		Gewerbliche Schule Künzelsau
		Gewerbliche Schule Schwäbisch Gmünd
		Gewerbliche Schule Schwäbisch Hall
		Gewerbliche Schule Tauberbischofsheim
		Gewerbliche Schule Tübingen
		Gewerbliche Schulen Donaueschingen
		Hans-Thoma-Schule Titisee-Neustadt
		Hohentwiel-Gewerbeschule Singen
		Humpis-Schule
		Karl-Arnold-Schule Biberach
		Philipp-Matthäus-Hahn Schule
		Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule
		Robert-Bosch-Schule Ulm
		Staatliche Feintechnikschule mit Technischem Gymnasium
		Zeppelin-Gewerbeschule Konstanz
		RP Stuttgart
		RP Stuttgart
FR	VET	IUT Rodez BUT QLIO
		In&MA
		CMQ Transport Lézignan
		Lycée Galiéni BTS GTLA
		BUT MLT
		CNAM
		Campus PromoTrans
		Montpellier Business school
		IMT Albi Master
		IMT Mines Alès
		IMT Atlantique MOST
		IUT Limousin
	Expert	Ministère éducation



		Efficairn
		CETIM
		CETIM
		3DS
		TBS Education Supply Chain
		Strategie Excellence
	SME	2PS PROJECTION PLASMA SYSTEME
		A.E.M.
		vauleon
		ACC
		ACMETO SAS
		Acti Group ALMERAS
		AD INDUSTRIE
		ACTIMETAL INDUSTRIE
		Ad'Up
		AEC Aveyron Elec Concept
		AGROPACK
		ALBAGNAC
		ALEA
		ALPHA MECA
		ATS Laser groupe Tournié
		AVANTIS concept
		AVANTIS MANUFACTURING SN R2 MECA
		AVEYMECANIC
		LISI AERROSPACE BLANC AERO
		BODYCOTE
		BOURREL JEAN MARIE (groupe VAULEON)
		BROWN EUROPE
		CASEM 19
		CEMIP
		CHEZE RVC / SEP
		CFM 46
		CHASSINT Peintures
		CLAUX ET FILS ET CIE
		CTM CORREZE TECHNIQUES MECANIQUE
		DEBITEX
		DEFI 12 SAS
		DIACE groupe FMH
		EP3E
		AUTEC / EUROFABRICATION / EUROPE SERVICE
		eXcent
		FEM techno
		FGD
		FIGEAC AERO
		FIN'TECH INDUSTRIE
		FIVES CINETIC



	FIVES MACHINING
	FM2i
	FONDERIE FRAYSSE
	GELY SERGE SARL
	Groupe EUCLIDE SOLUTIONS COREMO BARRIERE
	Groupe EUCLIDE CARE LAM LES ATELIERS MODERNES
	Groupe EUCLIDE MECANAT
	GUDEL SUMER
	HUGON SARL
	I3D CONCEPT
	J P M
	LABROUSSE CARROSSERIE
	LACOTTE INDUSTRIE
	LASER SERVICES France
	LAVAYSSIERE Ets MAVENTIS MAVIPAL
	LF MECA
	LM Industrie
	M-TECKS EAC
	ERCOME Industrie Metal Formage
	M2C
	MATIERE
	MAVENTIS
	MECABRIVE INDUSTRIES SAS
	MECAFFÜT
	MECALLIANCE
	MECATEP
	META GROUPE FMH
	METRASUR INDUSTRIE
	MICHEL PIOCH SA
	MORAN
	MOUNEYRAC
	MP USICAP
	MPRO
	MTI (Mécanique et Travaux Industriels)
	NEXTER MECHANICS
	NIMROD
	META LASER ex OXYMETAL GROUPE MH
	PAGES MECANIQUE
	PATTYN BAKERY DIVISION DE LA BALLINA INDUSTRIES
	PIVAUDRAN
	PLASTIQ CONCEPT
	PLC PROCESS
	POLYLASE
	POTEZ COMPOSITES AEROFONCTIONS SAS
	POUDREX
	RAPIC



		PRECITOL
		RATIER FIGEAC COLLINS
		groupe CHALLENGES
		RECTIF 46 SARL
		RCI
		RGI France
		ROBERT BOSCH SAS
		SAMPEC
		SANZ SAS
		SERMATI SAS
		SERRE
		SNAM
		SOCIETE TECHNIC SERVICES
		SOLEV
		SOTIMECO
		SOUD HYDRO
		Sud DECOUPE INDUSTRIE
		SUD OUEST SYSTEME
		SUD RECTIF MECA
		TEGMA : FRECHIN
		TEGMA : LRD
		TEGMA Finimétaux
		THIOT INGENIERIE
		Usinage 46
		UVGERMI
		VADERE
		VAULEON INDUSTRIES et MURAT
		VM BUILDING SOLUTIONS UMICORE
		VPM automation
		WHYLOT
		Aero XV YMCA Services Cahors ALTARIVA
		ZAJAC MECANIQUE
		Aerospace valley
IT	SME	ROLD
	VET	Istituto Torricelli
SI	SME	MIEL d.o.o.
		GZS
		LTH Castings
		Danfoss Trata
		FANUC
		Hisense Gorenje
		Robeta
		TGK
		Grammer Automotive Slovenija



		Kopa d.d.
		Inea
	VET	MIC Škofja Loka
		ŠC Kranj
		Erudio
		ŠC Novo mesto
		ŠC Nova Gorica
		ŠC Ptuj
		ŠC Ljubljana
		B&B
		ŠC Velenje
		ŠC Ravne
		ŠC Celje
		TŠC Maribor
		ŠC Postojna
		Academia
		IC Geoss
TR	VET	Körfez Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
		Sabancı MTAL
		Mehmet Tuğrul Tekbulut Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
		Gebkim Vet
		Denizyıldızları Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
		İTÜ Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
	SME	ONBİRON ENDÜSTRİYEL KİMYASALLAR SAN. VE TİC. A.Ş.
		PIROMET PIROMET. MAL. REF. MAK. SAN. VE TİC. A.Ş.
		CFN KİMYA SAN. VE DIŞ TİCARET A.Ş.
		TN MALEİK PETROKİMYA A.Ş.
		GENTAŞ KİMYA SAN. VE DIŞ. TİCARET A.Ş.
		FOSROC CONSCTRCTION
		İZEL KİMYA
		Türk Henkel Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş
		GEBTEK GEBKİM TEKNOLOJİ GELİŞTİRME MERKEZİ



14.1. ANNEX 2 – EXAMPLES OF TRAINING COURSES RELATED TO SCM

Country	Training	Training description and skills	EQF Level	Source
France	University Diploma in Logistics and Transport Management	Logistics, transport, eco-responsibility, sustainability, digital transition, flow management	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/36646/
France	Professional Qualification Certificate: Technicien Logistique Industrielle	Information flow management, industrial consistency, supply and distribution supervision, computerized systems	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/39949/
France	Bachelor's Degree in Technology: Management de la logistique et des transports, spécialité Mobilité et supply chain durables	IT security, sustainability, innovative logistics and transport strategies	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/35391/
France	Bachelor's Degree in Technology: Logistics and Transport Management, Sustainable Mobility and Supply Chain Specialization	Innovative technologies, digital solutions in logistics and transport	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/35390/
France	Bachelor's Degree in Science and Engineering, Intelligent and Connected Systems Maintenance Specialization	Digital and energy transition, AI, mechatronics, predictive maintenance, CMMS (Computerised Maintenance Management Systems)	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/38710/
France	Professional Bachelor's Degree in Logistics and Flow Management	Warehouse automation, sustainable logistics, cybersecurity, CSR (Corporate Social Responsibility), flow management	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/40064/
France	Bachelor's Degree in Technology: Quality, Industrial Logistics, and Organization, Supply Chain & Organization Specialization	Digital tools, IT security, information flow management, supply chain, process optimization	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/35351/
France	Bachelor's Degree in Science and Engineering - Information Systems	Eco-responsibility, circular economy, data management and analysis, AI, digitization	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/39709/
France	Bachelor's Degree in Science and Engineering - Computer Science and Digital Systems	AI, Deep Learning, Computer Vision, NLP, databases, digital transformation	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/38732/
France	AI and Data Science Developer	AI development, Data Science, process optimization, predictive maintenance, digital marketing	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/36581/



France	IT Project Coordinator (cloud infrastructures, applications, or data)	Information security, cloud computing, automation, AI, cybersecurity, data protection	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/38478/
France	Data Science Developer and Designer	Predictive analysis, AI, big data, machine learning, data processing	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/35288/
France	Project Manager in Blockchain Solutions	Blockchain, cryptography, Solidity, blockchain application development, smart contracts	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/40146/
France	Designer Integrator of Internet of Things (IoT) Solutions	IoT, automation, connected device networks, data processing, process optimization	6	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/39237/
France	IT Infrastructure and Security Technician	Networks, cybersecurity, cloud, infrastructure supervision, IT incident management	5	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/39620/
France	Diploma of Scientific and Technical University Studies: Webmaster et métiers de l'internet	Web development, connected objects, virtual reality, augmented reality, digital content creation	5	https://www.francecompetences.fr/recherche/rncp/36052/
France	Vocational Degree in Design and Improvement of Industrial Processes and Procedures	Digital transition, production line, maintenance, robotics, digital tools, cybersecurity, ethics, environmental responsibility.	6	https://maforpro-occitanie.fr/nos-formations/licence-professionnelle-sciences-technologies-sante-mention-metiers-de-l-industrie-conception-et-amelioration-de-processus-et-procedes-industriels-parcours-process-de-fabrication-0
France	Vocational Baccalaureate in Logistics	Reception, storage, order preparation, shipment, forklift operation, road transport, safety, quality, environmental regulations, logistics companies, distribution platforms, corporate logistics services.	4	https://joseph-gallieni.mon-ent-occitanie.fr/nos-formations/bac-pro-logistique--29113.htm
France	Operational Supply Chain Manager Certification	Logistics management, negotiation, supply chain, transportation, storage, supply, planning, dispatcher, shipping manager	6	https://www.meformerenregion.fr/diplomes/responsable-operationnel-de-la-chaine-logistique#formations-associees
Slovenia	Mechatronics Technician	Mechanical engineering, electrical engineering, computer science, automation and robotics	4	School for Service Activities and Logistics, Celje School Centre (www.sdl.sc-celje.si) Secondary Vocational and Technical School Bežigrad, Ljubljana
Slovenia	Logistics Technician	Logistics, warehousing, and supply chain management	4	Secondary School for Service Activities and Logistics, Celje School Centre (www.sdl.sc-celje.si)



				Secondary Vocational and Technical School Bežigrad, Ljubljana
Slovenia	Logistics Engineer	Logistics, supply chain management, and process optimization	5	Higher Vocational School, Ljubljana School Centre (visjasola.sclj.si)
Slovenia	Mechatronics Engineer	Automation, robotics, and the integration of advanced technologies into production processes.	5	Higher Vocational School, Novo mesto School Centre (www.sc-nm.si) L.I.V.E Maribor (prometna.net) ERUDIO Higher Vocational School, Ljubljana (erudio.si)
Turkey	Bachelor's Degree in Logistics	Supply chain management, inventory control, distribution, logistics information systems	6	Istanbul University - AUZEF
Turkey	Associate Degree in Logistics	Storage, transportation, customs procedures, inventory management	5	Istanbul University - AUZEF
Turkey	Vocational High School Program in Logistics	Shipment, warehousing, storage, logistics software, internships, warehouse supervisor, shipment staff	4	Ministry of National Education - Vocational and Technical Anatolian High Schools
Germany	Supply Chain Management	Supply chain management, cost optimization, customer satisfaction, SCOR modeling	5 & 6	https://www.haufe-akademie.de/7867
Germany	Sustainability in Supply Chain Management	Regulations, social and ecological sustainability, sustainable optimization strategies	5 & 6	https://www.haufe-akademie.de/34087
Germany	Strategic Supply Chain Management	Planning and managing logistics networks, cost reduction, simulation and strategic planning	6	https://www.haufe-akademie.de/5357
Germany	Certified Supply Chain Manager	Value chain optimization, cost reduction, logistics project management	6	https://www.haufe-akademie.de/2222
Germany	Certified Supply Chain Manager course	Optimization of value chains, cost reduction, customer-oriented processes, supply chain management fundamentals, project management, practical tools.	6	https://www.haufe-akademie.de/2222
Germany	Certified SAP User in Production Planning	SAP system navigation, master data management, production orders, material movements, inventory management, integration with SAP modules (materials management, sales), reporting tools, capacity/resource management	4 to 6	https://berger-bildungsinstitut.de/bildungsangebote/beruflich/sap-kurse/sap-anwenderkurse/zertifizierter-sap-anwender-produktionsplanung-sap
Germany	Effective work preparation – planning and control of the production process	Order scheduling optimization, production control, material management, ERP/MES systems, capacity planning, lot sizing, IT planning tools, delivery service improvement.	4 to 6	https://www.tae.de/weiterbildung/fertigung-produktion-automatisierung/arbeitsvorbereitung-planung-logistik/effektive-arbeitsvorbereitung-planung-und-steuerung-der-produktion/?dep=89
Italy	Supply Chain, logistics and operations	Supply Chain skills, Logistics flow optimization, Inventory management, ERP, Blockchain, RFID, IoT, Automation, Robotics, AI, Machine Learning, Data analysis, Strategic decision-making, Risk management	6	https://www.24orebs.com/formazione/professional-master/master-supply-chain-logistica-e-operations
Italy	Supply Chain Management	Procurement management, collaborative practices, order-to-delivery, demand-to-supply processes, business partner	5	https://www.liucbs.it/catalogo/la-gestione-della-supply-chain/



		integration, efficiency, effectiveness, and responsiveness		
Italy	Supply Chain Management	Material procurement, production management, product distribution, end-to-end supply chain management, corporate governance models	4	https://www.cegos.it/corsi-formazione/operations/supply-chain-management





Learner Centric Advanced Manufacturing Platform



**Co-funded by
the European Union**

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.