

SUVREMENI TRENDVI U MENADŽMENTU OPSKRBNIH LANACA U KONTEKSTU ZELENE TRANZICIJE I ODRŽIVOG RAZVOJA / CONTEMPORARY TRENDS IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF GREEN TRANSITION AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Željko Sudarić¹, Siniša Bilić², Zvonimir Filipović¹

¹ Veleučilište „Lavoslav Ružička“ u Vukovaru, Vukovar, Republika Hrvatska

² Internacionalni univerzitet u Travniku, Travnik, Bosna i Hercegovina

e-mail: zsudaric@vevu.hr, sbilic.mostar@gmail.com, zfilipovic@vevu.hr

Stručni članak

<https://www.doi.org/10.58952/zr20251401443>

UDK / UDC 658.5:338.4:502.131.3

Sažetak

Suvremena paradigma integrirajući procese globalizacije, digitalizacije i novih zelenih regulativa nedvojbeno utječe na transformaciju tradicionalnih opskrbnih lanaca, te se fokus usmjerava ka održivosti otpornosti u okolnostima globalne neizvjesnosti. Rastuća svijest o klimatskim promjenama te potrebi dugoročno održivog poslovanja doprinosi ubrzanom razvoju novih inovativnih rješenja kojima se smanjuju negativni utjecaji na okoliš, dok se istovremeno povećava učinkovitost i sigurnost opskrbnih lanaca. Radom se analiziraju ključni suvremeni trendovi menadžmenta opskrbnih lanaca posebnim naglaskom na procese digitalne transformacije, automatizacije, umjetne inteligencije, blockchain tehnologije i aspekte zelene logistike. Analizira se kontekst navedenih procesa i njihovo sinergijsko djelovanje u svrhu doprinosa ostvarenju ciljeva zelene tranzicije i održivog razvoja. Metodološkim pristupom, temeljenom na analizi recentnih znanstvenih istraživanja i studija slučaja nastoje se identificirati ključni čimbenici utjecaja na razvoj održivih opskrbnih lanaca. Analizira se uloga umjetne inteligencije u optimizaciji procesa i razvoju analitike predviđanja, upotreba blockchain tehnologije u cilju postizanja većeg transparentnosti i sigurnosti podataka te značaj razvoja logističkih rješenja koja su ekološki prihvatljiva. Rezultati istraživanja pokazuju kako se pomoću integracije suvremenih tehnologija povećava učinkovitost, smanjuje ekološki otisak i jača otpornost opskrbnih lanaca na vanjske poremećaje. Dobivenim spoznajama donositelji odluka strateškog planiranja i implementacije održivih poslovnih modela u okviru menadžmenta opskrbnih lanaca agilnije mogu donositi učinkovitije i pragmatičnije odluke.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, menadžment opskrbnog lanca, održivost, zelena logistika

JEL klasifikacija: O32

Abstract

The modern paradigm integrating the processes of globalization, digitalization and new green regulations undoubtedly affects the transformation of traditional supply chains, and the focus is directed towards sustainability and resilience in the circumstances of global uncertainty. Growing awareness of climate change and the need for long-term sustainable business contributes to the accelerated development of new innovative solutions that reduce negative environmental impacts, while increasing the efficiency and security of supply chains. The paper analyzes key contemporary trends in supply chain management with a special emphasis on the processes of digital transformation, automation, artificial intelligence, blockchain technology and aspects of green logistics. The context of these processes and their synergistic action in order to contribute to the achievement of the goals of green transition and sustainable development is analyzed. The methodological approach, based on the analysis of recent scientific research and case studies, seeks to identify the key factors influencing the development of sustainable supply chains. The role of artificial intelligence in process optimization and the development of predictive analytics, the use of blockchain technology in order to achieve greater transparency and data security, and the importance of developing logistics solutions that are environmentally friendly are analyzed. The results of the research show that the integration of modern technologies increases efficiency, reduces the ecological footprint and strengthens the resilience of supply chains to external disruptions. With the insights gained, decision-makers of strategic planning and implementation of sustainable business models within supply chain management can make more efficient and pragmatic decisions more agile.

Keywords: artificial intelligence, supply chain management, sustainability, green logistics

JEL classification: O32

UVOD

Opskrbni lanci predstavljaju temeljne strukture globalne razmjene dobara i usluga, koje trenutno prolaze kroz proces duboke transformacije. Suočeni su sa dvjema velikim povijesnim utjecajima, četvrtom tehnološkom revolucijom te globalnim ekološkim izazovima, sustavi upravljanja opskrbom više ne mogu funkcionirati po dosadašnjim načelima. Tradicionalna počela optimizacije troškova, brzih isporuka i što manjih zaliha pokazuju se nedostatna u suočavanju s kompleksnim krizama, od pandemija i klimatskih promjena, do geopolitičkih nestabilnosti te sve strožih regulatornih okvira. Umjesto linearnog, kratkoročnog i reaktivnog pristupa, sve se više nameće potreba za održivim, otpornim i digitalno integriranim lancima opskrbe koji su kvalificirani predviđati, prilagođavati se i stvarati dugoročnu vrijednost [19].

Transformacija Menadžmenta opskrbnih lanaca (MOL), predstavlja značajan operativni izazov te je odraz šire tranzicije društva prema niskougljičnoj, analitičnoj i etički odgovornoj ekonomiji. U navedenom kontekstu, zelenom tranzicijom se podrazumijeva dekarbonizacija, energetska efikasna infrastruktura i kružno gospodarenje resursima, intervenira se u samu bit logističkih i nabavnih strategija [23]. Digitalna transformacija ubrzano implementira tehnologije poput umjetne inteligencije, Interneta stvari (IoT) i blockchaina u procese MOL-a. Nove tehnologije pružaju podršku postojećim procesima, ali također postaju i preduvjet postizanja operativne izvrsnosti i usklađenosti s ciljevima održivog razvoja [21].

Uloga novih tehnologija u procesima transformacije ne smije se precijeniti. Umjetnom inteligencijom omogućuje se predviđanje potražnje i upravljanje zalihama pomoću algoritama koji uče iz povijesnih i stvarnih podataka. IoT senzorima se prikupljaju podaci iz stvarnog svijeta i omogućuje se nadzor logističkih tokova u realnom vremenu. Blockchain svojom sposobnošću čuvanja transparentnih i nepromjenjivih zapisa, postaje ključan alat praćenja porijekla, etičnosti i ekološkog otiska proizvoda. Navedenim tehnologijama omogućuje se izgradnja digitalno potpomognutih ekosustava u kojima su održivost i učinkovitost u kontinuiranoj sinergiji [24].

Pandemijom COVID-19 dodatno se naglasila važnost postojanja otpornih opskrbnih lanaca. Poremećaji raspoloživosti sirovina, zatvaranje granica i nepredvidivost potražnje ukazali su na opasnost oslanjanja na rigidne, centralizirane i linearne strukture. Poduzeća koje su implementirala pametne sustave upravljanja i imaju razgranatu mrežu dobavljača, pokazala su veću fleksibilnost i otpornost. S tog aspekta, pandemija je djelovala kao katalizator tehnološke i održive tranzicije, ukazujući na ranjivosti postojećih sustava te je snažno potaknula razvoj inteligentnijih i inkluzivnijih modela MOL-a [9].

Kontekstualno gledano, jasno je da suvremeni MOL mora biti istovremeno prediktivan, održiv i otporan. Ne može se promatrati kao statični proces koji se odvija od točke A do točke B, već se suvremeni MOL mora promatrati kao živ, složen i prilagodljiv sustav kojim se povezuju proizvodni i logistički tokovi s podacima, ljudima, okolišem i zakonodavnim okvirima. Radom se nastoji dati doprinos promjeni navedene paradigme analizom suvremenih trendova, tehnoloških rješenja i strateških modela kojima se omogućuje ostvarenje ciljeva zelene tranzicije u kontekstu menadžmenta opskrbnih lanaca [8].

1. PREGLED TEORIJSKIH MODELA I ANALIZA ZNANSTVENIH IZVORA

Proces transformacije MOL-a prema održivim i digitalno integriranim modelima temelji se na teorijskim okvirima koji podupiru navedene promjene integrirajući dva velika koncepta održivosti i 4. tehnološku revoluciju. Održivi lanci opskrbe promatraju se kao alati ekološkog optimiziranja proizvodnje te predstavljaju stratešku platforma kojom se objedinjuju okolišni, društveni i ekonomski aspekte poslovanja. Takvi opskrbeni lanci ne isključuje profit, već ga redefinišu kao dodatnu vrijednost odgovornog i promišljenog upravljanja resursima, odnosima i informacijama [17].

Jedno od ključnih teorijskih počela ovog konteksta je koncept Menadžmenta zelenih opskrbenih lanaca (MZOL), on integrira ekološke kriterije u sve faze lanca vrijednosti, počevši od nabave i proizvodnje, preko distribucije i pakiranja, do povrata i recikliranja [15]. Prema Mohammedu (2025), MZOL nije samo planska mjera, već je sveobuhvatno integriran strateški pristup koji poduzećima omogućava usklađivanje s ekološkim normama i ciljevima, te smanjenje emisije stakleničkih plinova i povećanje otpornosti na ekološke i tržišne šokove [11].

Istovremeno, digitalne tehnologije postale su ključni pokretači ovih tranzicijskih procesa. Tehnologije poput umjetne inteligencije (AI), Interneta stvari (IoT), blockchaina, Big Data analitike i cloud computinga danas čine polaznu točku suvremenih pristupa MOL-a [18]. Umjetnom inteligencijom, prema Kaleu (2025), omogućuje se razvoj prediktivnih sustava kojima se unapređuje donošenje odluka, predviđaju se poremećaji u lancima opskrbe i optimiziraju se procesi u realnom vremenu. Primjena AI obuhvaća sve korake od predviđanja potražnje i automatskog naručivanja robe, do optimizacije transportnih ruta i upravljanja zalihama s minimalnim ekološkim utjecajima [6].

Tablica 1. Doprinos digitalnih tehnologija održivosti MOL-a (Izvor: Autori)

Tehnologija	Primjena	Doprinos održivosti
Umjetna inteligencija (AI)	Prediktivna analitika, automatizacija procesa	Smanjenje otpada i optimizacija resursa
Internet stvari (IoT)	Praćenje pošiljaka i resursa u stvarnom vremenu	Smanjenje emisija, optimizacija rute
Blockchain	Transparentnost, sigurnost transakcija i podrijetla	Etičnost nabave i verifikacija ESG kriterija
Big Data	Analiza velikih količina podataka za donošenje odluka	Brza identifikacija neučinkovitosti
Cloud computing	Fleksibilna skalabilna infrastruktura i obrada podataka	Smanjenje fizičke infrastrukture i potrošnje energije

IoT senzorima, u sinergiji s analitičkim sustavima, omogućuje se prikupljanje i obrada podataka o fizičkom kretanju robe, utjecajima na okoliš i potrošnji energije, dok se blockchainom unosi dodatna razina transparentnosti u tokove informacija i robe [22]. Na temelju njegovih nepromjenjivih zapisima, moguće je pratiti podrijetlo sirovina, radnih uvjeta dobavljača i vjerodostojnost ESG (Environmental, Social and Governance) izvještaja [14]. Na taj način stvaraju se temelji sustava koji mjere održivost i implementiraju ju kroz automatizirane procese i protokole u stvarnom vremenu [10].

Na razini organizacijskog pristupa problemu, teorijom resursno utemeljenog pogleda pruža se funkcionalan okvir za razumijevanje konkurentskih prednosti proizašlih iz održivih i digitaliziranih opskrbenih lanaca.

Poduzeća koje uspješno razvijaju vlastite digitalne kompetencije i integriraju ih u strategije održivosti stvaraju teško dostižne komparativne prednosti na tržištu [24]. Kako navode Shekhar i Daniel (2025), integracija umjetne inteligencije i održivih praksi postala je uvjet dugoročne prilagodbe globalnim izazovima i regulatornim pritiscima [16]. Analizom literature pokazalo se uspješnost digitalno-zelene tranzicije temelji se na međusektorskoj suradnji. Poduzeća ne mogu razvijati MOL-a samostalno, ona moraju surađivati s tehnološkim partnerima, zakonodavnim tijelima i akademskom zajednicom kako bi razvili interoperabilne sustave sa jasno definiranim standardima i indikatorima uspješnosti. Onukwulu et al. (2025) posebice naglašavaju potrebu razvijanja zajedničkih platformi koje omogućuju dijeljenje podataka i zajedničko izvještavanje, čime stvaraju prostor za sustavno učenje i unaprjeđenje čitavog lanca vrijednosti [13].

Na temelju iznesenih teorijskih postavki jasno je da digitalna transformacija i održivost nisu odvojene varijance. One djeluju kao međusobni katalizatori procesa, tehnologijom se omogućuje operacionalizacija održivosti, a održivošću se stvaraju novi zahtjevi kojima se oblikuje razvoj i primjena tehnologije. Navedena sinergija predstavlja temelj razumijevanja suvremenog menadžmenta opskrbnih lanaca i pruža analitički okvir istraživanja.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Odabir odgovarajuće metodologije ključan je korak svake znanstvene analize, osobito kada je riječ o multidisciplinarnim temama poput digitalne transformacije i održivosti u kontekstu upravljanja lancima opskrbe. Kako bi se pružila cjelovita i utemeljena analiza suvremenih trendova koji oblikuju analiziranu transformaciju, u radu se primijenjuje kvalitativni metodološki pristup, zasnovan na sustavnom pregledu literature, tematskoj analizi i komparativnoj sintezi primjera iz prakse.

Sustavni pregled literature poslužio je kao temelj identifikacije ključnih koncepata, trendova i tehnologija koje se prikazuju u recentnim znanstvenim i stručnim izvorima. Istraživanjem su se obuhvatile relevantne baze podataka, uključujući Scopus, Web of Science, MDPI i ScienceDirect, s vremenskim okvirom od 2019. do 2025. godine. Fokus pretrage baza bio je na radovima koji se odnose na primjenu umjetne inteligencije, Interneta stvari, blockchain tehnologije, održivosti, kružne ekonomije i ESG pristupa u opskrbnim lancima. Prilikom odabira objavljenih znanstvenih radova, prioritet su imali radovi koji pružaju empirijsku potkrjepu, analitičku dubinu i operativnu relevantnost. Istraživačkim procesom selektiralo se dvadeset i četiri znanstvena članka koji su predstavljali temelj analize MOL-a.

U drugoj fazi istraživanja provela se tematska analiza kako bi se strukturirala znanja proizašla iz analiziranih izvora. Tematskom analizom omogućila se kategorizacija podataka u nekoliko ključnih dimenzija: tehnološkoj dimenziji, dimenziji strateške održivosti, institucionalnoj dimenziji i organizacijskoj dimenziji. Unutar tih dimenzija, fokus se usmjerio na načine kojima se pojedine tehnologije integriraju u operativne i strateške razine MOL-a, te kakve posljedice reflektiraju u pogledu učinkovitosti, otpornosti i ekoloških utjecaja. Navedenim pristupom omogućilo se deskriptivno mapiranje tema i analitička evaluacija njihovog međudjelovanja.

Izuzev teorijske analize, radom se analiziraju i stvarni primjeri dobrih praksi, temeljeni na javno dostupnim podacima o implementaciji digitalno-održivih rješenja u industriji. Analizirani su slučajevi globalnih poduzeća, Amazon, Maersk i Unilever koja su prepoznata kao predvodnici integracije umjetne inteligencije, zelene logistike i ESG načela u svoje poslovne procese.

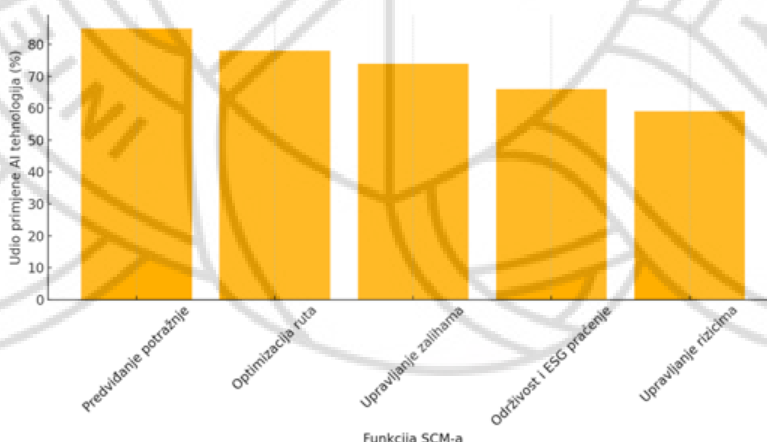
Predmetne studije slučaja nisu odabrane zbog svoga obima, već zbog prikazane transparentnosti, mjerljivih rezultata i skalabilnosti modela koji mogu poslužiti kao referentne točke za druga poduzeća. Usporedbom njihovih strategija omogućilo se bolje razumijevanje izazova i benefita koji proizlaze iz digitalno-održive transformacije MOL-a [3][5].

Metodološki okvir upotpunjuje se i činjenicom o ograničenjima provedenog istraživanja. Prvenstveno, treba istaknuti da se rad temelji na sekundarnim podacima, što nužno ograničava uvide u unutarnje organizacijske dinamike i izazove koji se pojavljuju tijekom stvarne implementacije tehnologija u navedena poduzeća. Također, većina analiziranih primjera odnosi se na visoko razvijene zemlje i velika poduzeća, čime se može ograničiti generalizacija rezultata na mala i srednja poduzeća ili ekonomski manje razvijene zemlje. Unatoč navedenim ograničenjima, sinergijom teorijske analize, pregleda literature i studija slučaja omogućila se kvalitetna osnova za daljnju raspravu i sintezu dobivenih podataka.

3. SUVREMENI KONTEKST MENADŽMENTA OPSKRBNIH LANACA

Suvremeni kontekst globalnog poslovanja MOL-a ne promatra isključivo kroz prizmu logističkih procesa čija je svrha premještanje robe s jednog mjesta na drugo. MOL-a predstavlja složeni sustav međusobno povezanih aktivnosti kojima se oblikuju ekonomski, društveni i ekološki učinci poduzeća [12]. U tom transformativnom procesu, tri temeljna trenda definiraju novi smjer razvoja: digitalizacija, održivost i otpornost. Te su dimenzije u sve većoj međusobnoj interakciji, pri čemu digitalne tehnologije čine ključne komponente održivih i agilnih lanaca opskrbe [1].

Jedna od najvažnijih inovacija u samom procesu svakako je primjena umjetne inteligencije. Umjetnom inteligencijom omogućio se prelazak s reaktivnog na proaktivan menadžment opskrbnih lanaca, gdje se algoritmima u stvarnom vremenu analiziraju povijesni i aktualni podaci kako bi se predvidjela potražnja, optimiziralo skladištenje, upravljalo zalihama i preusmjeravalo tokove robe u skladu s tržišnim promjenama. Prema istraživanju Kalea (2025), upravo se primjenom prediktivne analitike i algoritamskog donošenja odluka utjecalo na značajno smanjenje operativnih troškova i povećanje ekološke učinkovitosti. Umjetna inteligencija ne predstavlja samo alat koji podupire MOL-a, već ona postaje ključni čimbenik sintetiziranja preduvjeta za donošenje brzih i učinkovitih odluka [6].



Slika 1. Primjena umjetne inteligencije po funkcijama MOL-a (Izvor: Autori, prema Kale (2025))

Zahvaljujući tim alatima, menadžeri opskrbnih lanaca mogu brzo reagirati na poremećaje i spriječiti gubitke, posebice u sektorima s osjetljivim proizvodima poput prehrambene i farmaceutske industrije [5].

Važan aspekt pruža blockchain tehnologija, kojom se omogućuje uspostava nepromjenjivih decentraliziranih zapisa o porijeklu proizvoda, dobavljačima, certifikatima i zatečenim uvjetima u lancu opskrbe. Reddy i Kumar (2024) ističu da upravo blockchain, kombiniran s IoT-om, čini temelj za simulacije digitalnih modela, odnosno virtualnih replika stvarnih logističkih sustava kojima se omogućuje simulacija i optimizacija procesa prije njihove stvarne uporabe [14].

Samo tehnološka sofisticiranost bez ekološke i etičke odgovornosti nije dovoljna. Zbog toga se sve više poduzeća okreće zelenoj logistici i konceptima kružne ekonomije. Održivi MOL-a ne podrazumijeva samo recikliranje i smanjenje otpada, već obuhvaća cjelovitu reviziju načina planiranja ruta, korištenja energenata, biranja sirovina i pakiranja robe [2]. Poduzeća Unilever i DHL pokazuju da se implementacijom električnih vozila, energetske učinkovitosti skladišta i biorazgradivih materijala ne pridonosi samo smanjenju utjecaja na okoliš, već se implementira i ekonomski isplativa strategija kojom se povećava ugled kod kupaca. Kako navode Shekhar i Daniel (2025), zelena logistika sve više prelazi iz područja volontarizma u područje tržišne neophodnosti, jer kupci, investitori i regulatori zahtijevaju mjerljive pokazatelje održivosti [16].

Poseban naglasak unutar suvremenih trendova daje se ESG orijentiranoj nabavi. U prošlosti se nabava percipirala prvenstveno kao operativna funkcija s ciljem smanjenja troškova. Danas, nabava predstavlja stratešku dimenziju korporativne odgovornosti. Poduzeća sustavno procjenjuju svoje dobavljače prema kriterijima utjecaja na širu zajednicu, radnih uvjeta, korištenja energije i usklađenosti s ekološkim standardima. ESG indikatori postaju dio automatiziranih platformi kojima se omogućuje nadzor nad svakim dijelom opskrbnog lanca, pružajući menadžmentu alate za donošenje odluka utemeljenih na stvarnim, provjerenim podacima. Onukwulu et al. (2025) ističu da upravo ESG integracija u MOL formira diferencijaciju među poduzećima i jača dugoročan ugled poduzeća na tržištu [13].

Promjene paradigme upravljanja opskrbnim lancima ne događaju se izolirano, one su rezultat globalnih promjena načina na koje društvo promišlja održivost, transparentnost i otpornost. Poduzeća koja prepoznaju važnost navedenih trendova i uspješno ih implementiraju pozicioniraju se kao tehnološki napredna i društveno odgovorna te strateški prilagodljiva. Upravo će se sposobnošću integriranja digitalnih i održivih rješenja u sve faze lanca opskrbe odlučivati o tome koja će poduzeća predvoditi, a koja sljediti nove gospodarske trendove [20].

Iako se sve više nameće integracija digitalnih tehnologija i principa održivosti u opskrbne lance kao strateški imperativ, taj proces nije linearan i bez prepreka. Upravo tim izazovima oblikuje se brzina, opseg i dubina tranzicije u održive i inteligentne sustave opskrbe. Jedan od najevidentnijih izazova s kojima se poduzeća suočavaju jest visoka početna cijena uvođenja digitalnih rješenja. Infrastruktura potrebna za operativno korištenje AI sustava, IoT senzora, analitičkih platformi i blockchain tehnologije zahtijeva značajna kapitalna ulaganja za poduzeće. Ta ulaganja obuhvaćaju trošak opreme i softverskih licenci, također i neizbježnu potrebu restrukturiranja poslovnih procesa, dodatne edukacije zaposlenika te stvaranje novih organizacijskih kompetencija [7]. Za velika poduzeća to predstavlja izazov, ali izazov koji je u većini slučajeva za njih izvediv. No za mala i srednja poduzeća, koja čine okosnicu velikog broja regionalnih opskrbnih lanaca, ti troškovi mogu biti nesavladivi, na taj način se stvara nova digitalna podjela u sektoru logistike i proizvodnje. Ništa manje važni nisu ni izazovi koji se odnose na ljudski kapital. Primjenom naprednih tehnologija pretpostavlja se dostupnost stručnjaka s multidisciplinarnim znanjima, širokim spektrom digitalnih vještina, razumijevanjem opskrbnih lanca i poznavanjem zakonodavstva vezanog za održivost. Često, tržišta rada u brojnim zemljama, osobito onima u razvoju, ne nude dovoljan broj kvalificiranih kadrova spremnih za navedene izazove.

Rezultat tih okolnosti je usporena integracija digitalnih alata u poslovne procese, njihovo minimalno korištenje, ili prevelika ovisnost o vanjskim konzultantima, a to dugoročno usporava proces učenja unutar poduzeća i povećava njegovu operativnu ranjivost [1].

Izuzev ekonomskih i kadrovskih čimbenika, značajnu prepreku predstavlja i neusklađenost postojećih informacijskih sustava s novim digitalnim rješenjima. Velik broj poduzeća i dalje koristi tzv. legacy sustave, zastarjele platforme koje ne podržavaju napredne funkcionalnosti potrebne za integraciju umjetne inteligencije ili blockchaina. Njihova nadogradnja tehnički je izazovna i skupa, a često i rizična te disruptivna za tekuće poslovne procese. To je posebno izraženo u velikim u multinacionalnim poduzećima s brojnim dobavljačima, gdje kompatibilnost sustava ne predstavlja samo tehničko pitanje, već i strateško pitanje upravljanja cjelokupnom mrežom partnera [4]. Kompleksnost zakonodavnih okvira predstavlja dodatnu razinu izazova. U različitim zemljama i regijama primjenjuju se različiti standardi kada se radi o sigurnosti podataka, etičnosti umjetne inteligencije, izvještavanju o emisijama štetnih plinova i ESG transparentnosti. Za globalne opskrbe lance to znači stalnu potrebu prilagođavanja poslovanja različitim jurisdikcijama, što rezultira povećanim troškovima usklađivanja, ali i pravnom nesigurnošću. Reddy i Kumar (2024) naglašavaju da upravo nedostatak međunarodno usklađenih standarda predstavlja jedan od najvećih izazova šire primjene blockchain tehnologije u upravljanju održivošću opskrbnih lanaca. Uz sve navedene činjenice, ne treba zanemariti ni organizacijsku kulturu, koja često predstavlja najosjetljiviju, ali i najnepopustljiviju prepreku digitalnoj i održivoj transformaciji. Otpor promjenama, bilo iz samog straha od nepoznatog, bilo iz navike ili opreza, može sabotirati i najbolje osmišljene strategije. Bez snažnog liderstva, interne komunikacije i promjene mentaliteta unutar poduzeća, tehnologija ostaje samo skup alata bez stvarnog učinka. Shekhar i Daniel (2025) ističu da poduzeća koje žele provesti zelenu tranziciju jednako moraju uložiti u promjenu organizacijske kulture, hardver i softver [14][16].

Svi navedeni izazovi ne umanjuju neophodnost tranzicije samo je dodatno naglašavaju. Upravo kompleksnost analizirane problematike zahtijeva sustavan, multidisciplinarni i suradnički pristup. Poimanje ograničenja predstavlja prvi korak u njegovu nadilaženju, a svaka prepreka, ako se pravilno identificira, postaje prilika za izgradnju otpornijeg, inkluzivnijeg i inteligentnijeg menadžmenta opskrbnih lanaca.

ZAKLJUČAK

Menadžment opskrbnih lanaca nalazi se u novoj razvojnoj fazi koja se više ne temelji isključivo na brzini i troškovnoj učinkovitosti, već na otpornosti, prediktivnosti i održivosti. Radom se analizirao presjek najvažnijih transformacijskih trendova kojima se oblikuju suvremeni opskrbni lanci, s posebnim fokusom na integraciju umjetne inteligencije, zelene logistike i ESG principa u procese strateškog i operativnog odlučivanja. Istraživanjem se formirala spoznaja kako tehnološki razvoj i održivi ciljevi ne djeluju odvojeno, već djeluju kao sinergijski procesi kojima se omogućuje stvaranje pametnijih, agilnijih i društveno odgovornijih poslovnih sustava.

Kao što je prikazano, umjetnom inteligencijom omogućuje se prediktivna analiza i automatizacija procesa, čime se značajno smanjuju gubici i štetne emisije, dok se pomoću IoT tehnologije omogućuje praćenje parametara opskrbnih lanaca u stvarnom vremenu, doprinoseći tako njegovoj transparentnosti i otpornosti. Blockchain, kao tehnologija sigurnosti, omogućuje dokazivanje podrijetla i istinitosti podataka i sigurnu pohranu svih informacija ključnih za ESG izvještavanje. Također, implementacijom održivih praksi kroz zelenu logistiku i odgovornu nabavu odgovara se na izazove klimatskih promjena i pritiske zakonodavaca, te se donosi stvarna dodana vrijednost poduzećima koja te prakse usvajaju na strateškoj, a ne formalnoj razini.

Transformacija nije jednostavan proces, visoki troškovi ulaganja, nedostatak stručnog kadra, tehnička fragmentacija sustava, regulatorna neujednačenost i otpor promjenama stvaraju složenu mrežu prepreka koje zahtijevaju pažljivo upravljanje i dugoročno planiranje. Navedeni izazovi nisu znak slabosti sustava, već predstavljaju poticaj na promišljenije, hrabrije i inkluzivnije razvojne strategije. Upravo u sposobnosti razumijevanja tih prepreka se nalazi rješenje za njihovo savladavanje.

S obzirom na rezultate provedene analize, moguće je izvesti nekoliko preporuka koje mogu poslužiti kao smjernice za poslovnu i stratešku praksu poduzećima koja žele odgovoriti izazovima i prilikama suvremenog MOL-a. Prije svega, nužno je kontinuirano ulaganje u znanje, razvoj vještina i digitalnih kompetencija zaposlenika. Bez interne spremnosti na promjene i analitičkog razumijevanja tehnologije, digitalna transformacija ostat će samo deklaratorna odluka. Također, poduzeća trebaju razvijati informacijske sustave kojima se omogućuje interoperabilnost, skalabilnost i otvorenost prema vanjskim partnerima. Digitalni ekosustavi ne mogu biti zatvoreni, već oni moraju biti povezani, suradnički i usklađeni s globalnim standardima.

U kontekstu održivosti poslovanja, važno je da ESG načela ne ostanu samo navedena u godišnjim izvješćima, već se moraju operacionalizirati putem procesa nabave, upravljanja rizicima i menadžmenta dobavljača. Tehnologija u tim procesima ima ključnu ulogu, ali bez jasnih strategija, političke volje i regulatorne podrške, njezini učinci ostaju ograničeni. Nužnost je usklađenje javnih politika, financijskih institucija i industrijskih udruženja koja će prepoznati važnost zelenih politika i digitalne tranzicije te osigurati infrastrukturnu, obrazovnu i zakonodavnu podršku posebice malim i srednjim poduzećima.

Budućnost menadžmenta opskrbnih lanaca neće pripadati samo onima koji prvi implementiraju nove tehnologije, već onima koji ih znaju učinkovito povezivati s ciljevima održivog poslovanja i tako ih pretvaraju u konkurentsku prednost. Poduzeća koja budu sposobna djelovati u realnom vremenu te donositi odluke zasnovane na provjerenim podacima i istovremeno graditi ekološku i društvenu odgovornost, oblikovat će razvojne paradigme menadžmenta opskrbnih lanaca (MOL) u budućnosti..

LITERATURA

- [1] Adewale, T. T., Eyo-Udo, N. L., Toromade, A. S., & Ngochindo, A. (2024). Integrating sustainability and cost-effectiveness in food and FMCG supply chains: A comprehensive model. Unpublished manuscript.
- [2] Agbede, O. O., Egbuhuzor, N. S., Ajayi, A. J., Akhigbe, E. E., Ewim, C. P. M., & Ajiga, D. I. (2023). Artificial intelligence in predictive flow management: Transforming logistics and supply chain operations. *International Journal of Management and Organizational Research*, 2(1), 48-63.
- [3] Aich, M., Sengupta, D., & Pasam, V. R. (2025). The Future of Supply Chain Automation: How AI and Cloud Integration Are Transforming Logistics.
- [4] Aryatwijuka, W., Mutebi, H., Nagawa, P., Tukamuhabwa, B., Ssekajja, S. M., Diana, K., & Akashabaluhanga, A. (2024). Artificial Intelligence and Humanitarian Supply Chain Resilience: Mediating Effect of Localized Logistics Capacity.
- [5] Cataldo, I., Banaitis, A., Samadhiya, A., Banaitienė, N., Kumar, A., & Luthra, S. (2022). Sustainable supply chain management in construction: an exploratory review for future research. *Journal of Civil Engineering and Management*, 28(7), 536-553.
- [6] Kale, A. A. . (2025). Modern AI in Green Logistics: Smart Systems for Sustainability and Carbon Reduction. *Global Journal of Emerging AI and Computing*, 1(2), 147-169. <https://doi.org/10.70445/gjeac.1.2.2025.147-169>
- [7] Kelly, A. (2024). Impact of artificial intelligence on supply chain optimization. *Journal of Technology and Systems*, 6(6), 15-27.
- [8] Labaran, M. J., & Masood, T. (2023). Industry 4.0 driven green supply chain management in renewable energy sector: a critical systematic literature review. *Energies*, 16(19), 6977.
- [9] Lai, Y. (2024). Innovative Strategies in Logistics and Supply Chain Management: Navigating Modern Challenges. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 183, p. 02020). EDP Sciences.
- [10] Mageto, J. (2022). Current and Future Trends of Information Technology and Sustainability in Logistics Outsourcing. *Sustainability*, 14(13), 7641. <https://doi.org/10.3390/su14137641>
- [11] Mohammed, I. A. (2025). Green Supply Chain Management: Strategies for Sustainability and Efficiency.
- [12] Onukwulu, E. C., Agho, M. O., & Eyo-Udo, N. L. (2023). Sustainable supply chain practices to reduce carbon footprint in oil and gas. *Global Journal of Research in Multidisciplinary Studies*, 1(2), 24-43.
- [13] Onukwulu, E. C., Dienagha, I. N., Digitemie, W. N., Egbumokei, P. I., & Oladipo, O. T. (2025). Integrating sustainability into procurement and supply chain processes in the energy sector. *Gulf Journal of Advance Business Research*, 3(1), 76-104.
- [14] Reddy, S. M., & Kumar, B. R. (2024). THE FUTURE OF SUPPLY CHAIN: INNOVATIONS, BEST PRACTICES, AND KEY TRENDS.
- [15] SARIİŞIK, G. (2024). THE IMPACT AND FUTURE OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY ON LOGISTICS MANAGEMENT. *Research and Findings in Engineering Sciences-2024*, 167.
- [16] Shekhar, S., & Daniel, M. (2025). Sustainable supply chains: Leveraging AI for green logistics. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/389357251>
- [17] Shenoy, V. P., & Vikram, V. (2022). Greening the Chain: Sustainable Practices in Supply Chain Management.
- [18] Smith, H. K. (2024). The Future of E-supply Chain Coordination: Trends and Predictions.

- [19] Sun, X., Yu, H., Solvang, W. D., Wang, Y., & Wang, K. (2022). The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012–2020) to explore future research opportunities. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-32.
- [20] Vudugula, S. (2025). SUSTAINABLE SMART SUPPLY CHAINS: A REVIEW OF GREEN TECHNOLOGIES AND THEIR IMPACT ON LOGISTICS. *American Journal of Scholarly Research and Innovation*, 4(01), 1-32.
- [21] Wang, S., Jia, C., Khan, A., Khan, N. H., Hsieh, C. H., Hung, C. W., & Chen, S. C. (2025). BIG DATA ANALYTICS-ARTIFICIAL INTELLIGENCE, AMBIDEXTERITY, AND GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: IMPLICATIONS ON RESPONSIBLE ECONOMY. *Revista de Administração de Empresas*, 65(1), e2024-0062.
- [22] Wang, Y., Yang, Y., Qin, Z., Yang, Y., & Li, J. (2023). A literature review on the application of digital technology in achieving green supply chain management. *Sustainability*, 15(11), 8564.
- [23] Wu, D., Huo, J., Zhang, G., & Zhang, W. (2018). Minimization of logistics cost and carbon emissions based on quantum particle swarm optimization. *Sustainability*, 10(10), 3791.
- [24] Zhao, J., Ji, M., & Feng, B. (2020). Smarter supply chain: a literature review and practices. *Journal of Data, Information and Management*, 2(2), 95-110.

