

Indikatori održivosti u Industriji 5.0

Matusinović, Frano

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:766069>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-14**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Tihomir Opetuk, dipl. ing.

Dr. sc. Maja Trstenjak, dipl. ing.

Student:

Frano Matusinović

Zagreb, 2024.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc Tihomiru Opetuku, te komentorici dr.sc. Maji Trstenjak za prihvaćanje uloge mentora, te za navođenje kroz projekt.

Frano Matusinović



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 – 04 / 24 – 06 / 1	
Ur.broj: 15 – 24 –	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Frano Matusinović** JMBAG: **0035225611**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Indikatori održivosti u Industriji 5.0**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Sustainability Indicators in Industry 5.0**

Opis zadatka:

Industrija 5.0 predstavlja koncept poslovanja proizvodnih kompanija usmjeren na humanocentričnost, otpornost i održivost. Održivi razvoj je trend smanjenja današnje potrošnje energije, resursa i otpada u svrhu opstanka prirodnih sustava o kojima će ovisiti buduće generacije, kako bi i njih ti sustavi mogli snabdijevati resursima i apsorbirati otpad.

U završnom radu potrebno je:

- Na temelju relevantnih izvora definirati koncept Industrije 5.0 i održive proizvodnje
- Pregledom znanstvenih radova objasniti poveznicu održive proizvodnje i zelene digitalne transformacije proizvodnih poduzeća.
- Navesti i objasniti direktive Europske Unije i ISO standarde povezane s održivom proizvodnjom te izdvojiti one koje se na temelju pregleda literature izdvajaju kao strateški bitne za proizvodna poduzeća pri postizanju konkurentske prednosti.
- Navesti i objasniti indikatore održivosti koji tvrtki omogućuju kvantitativno praćenje postignutih rezultata
- Prikazati studije slučaja uvođenja navedenih koncepata.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. 11. 2023.

Datum predaje rada:

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26. 2. – 1. 3. 2024.
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
3. rok: 23. 9. – 27. 9. 2024.

Zadatak zadao: *Opetuk*

Izv. prof. dr. sc. Tihomir Opetuk

Dr. sc. Maja Trstenjak *Trstenjak*

Predsjednik Povjerenstva:

Godec
Prof. dr. sc. Damir Godec

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.2. Industrija 5.0 – ključni pojmovi	1
1.2.1. Umjetna inteligencija.....	2
1.2.2. Kolaboracija ljudi i robota, fleksibilna proizvodnja i fokus na čovjeka.....	3
2. Održivost i održiva proizvodnja	4
3. Zelena digitalna transformacija i održiva proizvodnja	6
3.1. Pametni proizvodni sustavi	6
3.2. Upravljanje zelenim lancem opskrbe	9
4. Europske direktive.....	12
4.2. Okvirna strategija o otpadu (Waste Framework Directive)	13
4.3. Okvirna strategija o vodama (Water Framework Directive)	15
4.4. Industrijska emisijska direktiva (Industrial Emissions Directive - IED)	15
4.5. Okvirna strategija cirkularne ekonomije (Circular Economy Action Plan).....	16
4.5.1. Strategija EU za plastiku u kružnoj ekonomiji (EU Strategy for Plastics in a Circular Economy) ...	16
5. ISO direktive povezane s održivošću.....	18
5.1. ISO 14001: Environmental management systems (EMS)	18
5.2. ISO 26000: Guidance on social responsibility	18
5.3. ISO 50001: Energy management systems (EnMS)	19
5.4. ISO 20121: Event sustainability management systems.....	19
5.5. ISO 14064: Greenhouse gas accounting and verification	19
6. Kvantitativni i kvalitativni indikatori održivosti.....	21
6.1. Ekološki indikatori održivosti.....	21
6.2. Sociološki indikatori održivosti	24
6.3. Ekonomski indikatori održivosti.....	26
7. Studije uvođenja objašnjenih koncepata.....	29
8. Zaključak	33
LITERATURA	34

POPIS SLIKA

Slika 1. Hardver za strojno učenje [32]	2
Slika 2. Tri razine održive proizvodnje [27]	4
Slika 3. Elementi održive proizvodnje [31]	5
Slika 4. Hijerarhija postupaka otpada [9]	14
Slika 5. Plastika u oceanima, po državama [65]	17

POPIS TABLICA

Tablica 1. Pametni proizvodni sustavi [36]	8
Tablica 2. Sociološki indikatori [59]	26
Tablica 3. Ekonomski indikatori [75]	28

POPIS OZNAKA

Oznaka	Opis
KPI	Key Performance Indicator
EU	Europska unija
AR i VR	Augmented and Virtual Reality (Povećana i virtualna stvarnost)
IoT	Internet of Things
kWh	Kilovat-sat, jedinica energije
WFD	Water framework directive, ili waste framework directive, odnosno; okvirna strategija o vodama ili okvirna strategija o otpadu
IED	Industrial emissions directive, odnosno industrijska emisijska direktiva
BAT	Best available techniques, odnosno, najbolje raspoloživa tehnika
ISO	Međunarodna organizacija za standardizaciju
AI	Artificial intelligence – umjetna inteligencija
ML	Machine learning – Strojno učenje
Net-zero	Net zero označava situaciju u kojoj organizacija, zajednica ili čak cijela država emitira jednaku količinu stakleničkih plinova u atmosferu koliko i uklanja ili neutralizira.

SAŽETAK

U ovome radu objasnit će se pojam Industrije 5.0 te poveznica održive proizvodnje i zelene digitalne transformacije proizvodnih poduzeća. Izdvojiti će se najvažnije direktive Europske Unije i ISO standardi prema kojoj poduzeća oblikuju svoju proizvodnju s ciljem stjecanja konkurentne prednosti na tržištu. Na kraju, analizirat će se i izdvojiti glavni pokazatelji održivosti i uspješnosti poduzeća te na temelju njih na primjeru konkretnih kompanija pokazati kako uvođenje zelene digitalne transformacije utječe na uspješnost kompanije.

Ključne riječi: Industrija 5.0, održivost, KPI, zelena digitalna transformacija

SUMMARY

In this paper a brief explanation of Industry 5.0 in the context of sustainable manufacturing will be given. We will also review and show a link between sustainability and green digital transformation of existing manufacturing operations, along with EU directives and ISO standards that businesses use to structure their operations in order to get a competitive advantage. Furthermore, we will analyze key performance indicators (KPIs) that link sustainability with profit and see how before mentioned transformations affect them using concrete evidence.

Key words: Industry 5.0, KPI, sustainability, green digital transformation

1. UVOD

Nastavno na koncept Industrije 4.0, koja nastoji većoj automatizaciji, postavljanjem pametnih sustava u postrojenja, koji su u neprekidnoj međusobnoj komunikaciji, te većim korištenjem tehnologije koja omogućava analizu podataka, Industrija 5.0 usvaja sve prije navedene koncepte, te nastoji riješiti negativne aspekte industrije 4.0. Glavni i osnovni cilj industrije 5.0 je poboljšanje industrijske učinkovitosti, održivosti i produktivnosti, fokus na društvenu odgovornost i dobrobit radnika te stavljanje ljudske dobrobiti i brigu o okolišu u središte tehnološkog napretka [1].

1.2. Industrija 5.0 – ključni pojmovi

Po dokumentaciji Europske unije [2], tri temelja Industrije 5.0 su: Održivost, postavljanje dobrobiti ljudi u prvi plan te otpornost same industrije. Kako bi se dobila šira slika te poimanje oko industrije 5.0, koristiti će se bibliometrijska analiza D. Ivanova [3] koja je izdvojila ključne riječi i pojmove koji se najčešće pojavljuju u literaturi Europske Komisije (EC2021a i EC2021b) te drugih znanstvenih radova u okviru Industrije 5.0 te su povezane sa tri prije navedena temelja industrije 5.0.

U okviru otpornosti industrije, najčešći su pojmovi, po pitanju tehnologije: robotika, IoT (Internet stvari, eng. *Internet of Things*), veliki podatci (eng. *big data*). Po pitanju informacijskih sustava: kibernetička sigurnost, siguran prijenos podataka te po pitanju inteligencije: pametna proizvodnja i pametna logistika. Naglašavaju se fleksibilni proizvodni sustavi te se spominje umjetna inteligencija i strojno učenje što će se niže detaljnije objasniti.

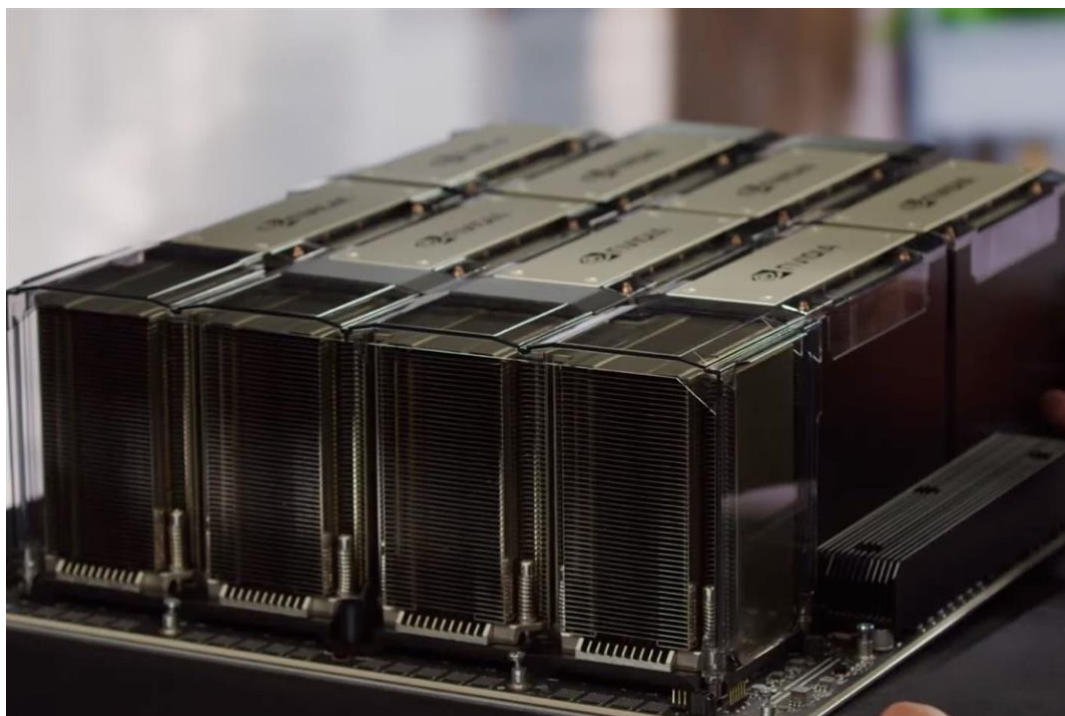
U okviru održivosti, najčešći su pojmovi, po pitanju održivog lanca opskrbe, organizacija, tehnologija, analiza uspješnosti i menadžment. Daljnji bitni pojmovi povezani su sa obzirnom potrošnjom prirodnih izvora, te LCA, analizom životnog vijeka proizvoda (eng. *Life Cycle Assessment*), što će se isto kasnije detaljnije obraditi.

U okviru dobrobiti ljudi, bitni pojmovi koji se pojavljuju jesu: robotika, kolaboracija ljudi i robota, ljudski faktori, menadžment ljudskih potencijala, te ponovo održivost i umjetna inteligencija.

Iz gore navedenih pojmova vidi se kako su neki od pojmova poput umjetne inteligencije i održivosti usko povezani sa svim temeljima Industrije 5.0.

1.2.1. Umjetna inteligencija

Industrija 5.0 koristi se raznim alatima i tehnologijama kako bi postigla prije spomenute ciljeve. Umjetna inteligencija (AI) jedna je od najbitnijih tehnoloških iskoraka u novoj industriji. AI funkcionira kroz modele strojnog učenja koji analiziraju velike količine podataka kako bi identificirali uzorke i trendove, te se za to koristi specijalizirana računalna oprema i serveri koji to podržavaju. Ovi modeli se zatim koriste za donošenje predviđanja ili odluka bez ljudske intervencije. Na primjer, u proizvodnji, AI može predvidjeti kvarove opreme i automatski prilagoditi procese kako bi se održala optimalna učinkovitost. Trenutno najrelevantnije komponente za strojno i duboko učenje (ML) su od kompanije Nvidia, na primjer modeli A100, H200 i drugi. S obzirom na potražnju, nastalo je kompletno novo tržište [4], gdje se proizvođači natječu u izradi najboljeg hardvera za strojno učenje, te visoke cijene i nemogućnost nabavke takvog hardvera pokazuje da je ta grana u punom zamahu. [5] Na Slici 1 prikazan je hardver za strojno učenje koji se sastoji od 4 H100 grafička procesora povezanih na jednu matičnu ploču. Zajedno sa procesorom, radnom memorijom, napajanjima te medijem za brzu pohranu podataka, poput NVMe SSD uređaja, tvori se jedna stanica za AI zadatke.



Slika 1. Hardver za strojno učenje [6]

1.2.2. Kolaboracija ljudi i robota, fleksibilna proizvodnja i fokus na čovjeka

Jedan od negativnih aspekata Industrije 4.0 je povećani strah ljudi od gubitka poslova zbog automatizacije, te nedostatak ljudske kreativnosti u proizvodnji. Industrija 5.0 predstavlja napredak koji nastoji kombinirati ljudsku kreativnost i posebne vještine s učinkovitošću i preciznošću naprednih tehnologija. Naglasak je na kolaborativnom modelu gdje ljudi i strojevi zajedno rade kako bi postigli ravnotežu između masovne proizvodnje i personaliziranih, prilagođenih proizvoda [7]. Povećana fleksibilnost proizvodnje je među najbitnijim karakteristikama Industrije 5.0, upravo iz razloga što kupci zahtijevaju sve više prije spomenutih personaliziranih proizvoda. Fleksibilna proizvodnja je u pravilu skuplja nego obična serijska proizvodnja, međutim daje priliku kompanijama da se istaknu u već vrlo zasićenom tržištu. U istraživanju koje je provela konzultantska kuća Deloitte [8] utvrđeno je da je 36% kupaca zainteresirano za personalizirane proizvode ili usluge te da je čak 48% od njih voljno, ako treba, čekati i dulje na isporuku takvih proizvoda. Ono što takvi prilagodljivi proizvodni pogoni zahtijevaju su prvenstveno fleksibilne proizvodne linije te prilagodljivi i visoko obrazovani radnici koji su sposobni raditi takve pothvate prilikom mijenjanja određenih standarda i uvjeta proizvodnje.

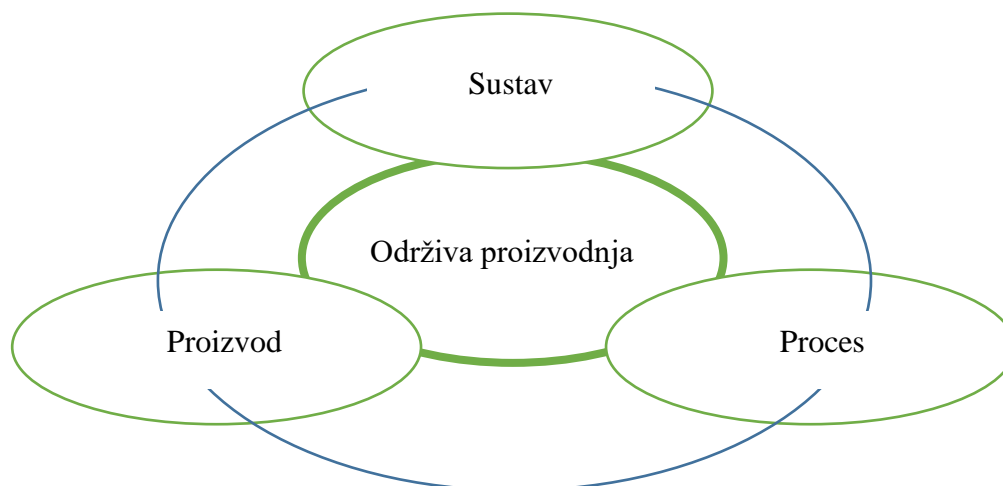
Industrija 5.0 stavlja veliki fokus na promoviranje balansa rada i života (eng. *work-life balance*), kako bi poboljšala kvalitetu života radnika, a u isto vrijeme potakla radnike na rad. Jedna od tehnologija koje indirektno proizlaze iz umjetne inteligencije, a imaju svrhu olakšanja posla radnicima, te implementaciju kolaborativnog modela su AR i VR. Integracija AR i VR tehnologija može poboljšati obuku radnika, korištenjem simulacija radnih okolina i procesa, pružajući radnicima priliku da steknu iskustvo i obuku bez stvarnih rizika. Nadalje, kroz AR, radnici mogu pristupiti virtualnim informacijama i uputama tijekom održavanja ili popravaka strojeva te na taj način olakšati održavanje i poboljšati učinkovitost i brzinu popravaka. VR može poslužiti i u svrhu predočavanja prototipa budućih proizvoda ili proizvodnih pogona, ili pak virtualizaciji drugih elemenata ključnih za proizvodni proces. [9]

2. Održivost i održiva proizvodnja

U literaturi ne postoji jednoznačna definicija održivosti. Način na koji je bivši direktor Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), Gro Harlem Brundtland, objasnio održivost je vrlo intuitivan: „Zadovoljavanje potreba sadašnjosti bez ugrožavanja sposobnosti budućih generacija da zadovolje svoje potrebe“ [7]. Ova definicija je široko primjenjiva, a za potrebe ovoga rada, primijenit će se na proizvodnju, stoga se održiva proizvodnja može definirati kao pristup proizvodnji gdje je glavni cilj smanjenje ekološkog i društvenog utjecaja industrijskih procesa, uz istovremeno očuvanje ekonomske učinkovitosti.

Postoje tri kategorije korporativne održivosti: socijalna, ekološka i ekonomska. Socijalna održivost obuhvaća poboljšanje ljudskog zdravlja i života, ljudsku sigurnost te etička pitanja. Cilj ekološke održivosti je regulirati upotrebu prirodnih resursa te pratiti i minimizirati zagađivanje zraka, vode, mora i kopna. U vidu ekonomske održivosti, potiče se rad na smanjivanju troškova, smanjivanju škarta te unaprjeđivanja procesa unutar organizacije [10].

Održiva proizvodnja može se raščlaniti na tri razine (slika 2) :



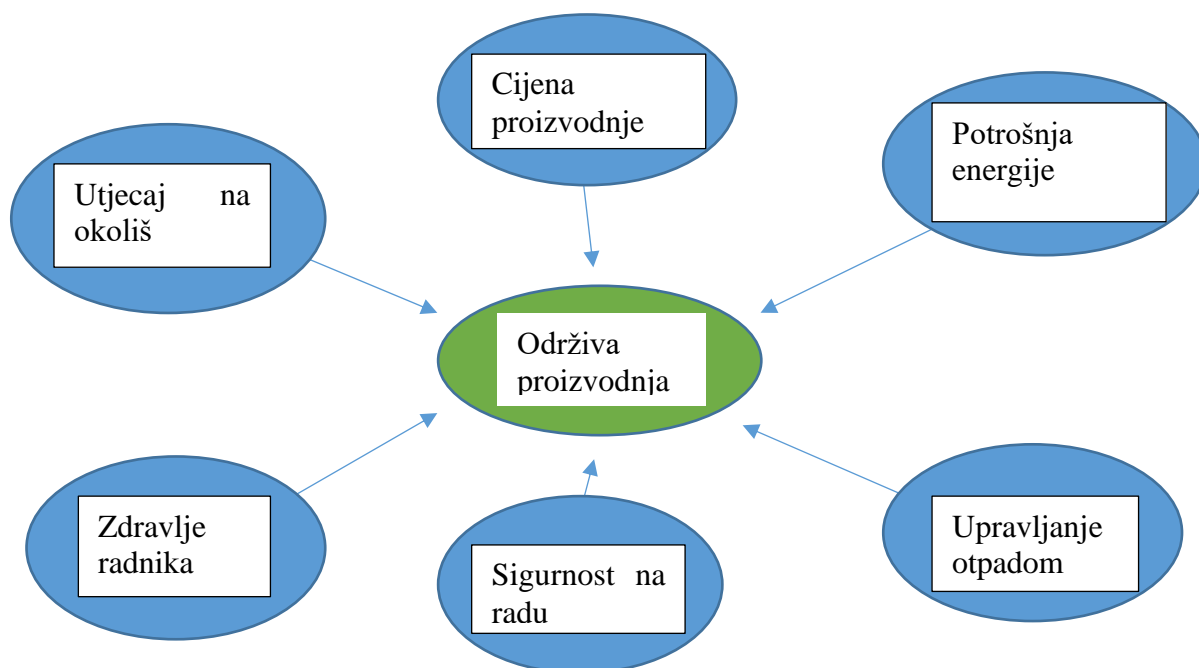
Slika 2. Tri razine održive proizvodnje [11]

Da bi proizvodnja bila održiva, vidljivo sa slike 2, sve tri razine – proizvod, sustav i proces – moraju biti prilagođeni i međusobno povezani.

Na razini samog proizvoda, odavno se primjenjuje pristup 3R (eng. *reduce, reuse, recycle* / smanjiti, ponovo upotrijebiti i reciklirati), kako bi se smanjila potrošnja prirodnih resursa i zagađivanje okoliša [12]. Evolucijom koncepta 3R, nastao je koncept 6R koji dalje proširuje tu inicijativu [13]. 6R dodaje razmisli, odbij, popravi (eng. *rethink, refuse, repair*). Cilj je, opet, dodatno smanjiti otpad i potrošnju resursa, promišljanjem o potrošačkim navikama, odbijanjem nepotrebnih proizvoda te popravljanjem stvari umjesto bacanja i kupovanja novih.

Na procesnoj razini, najbitnije stavke su smanjivanje potrošnje energije, smanjivanje rizika procesa – i u ljudskom, ekološkom i ekonomskom smislu – te generalna optimizacija. Sve gore navedene stavke kada se implementiraju, i na razini proizvoda i na razini procesa te kada se optimizira lanac opskrbe dobara, nastaje održivi sustav.

Jedan kompletno zaokruženi održivi sustav uzima u obzir potpuni životni tijek proizvoda – prije proizvodnje, proizvodnju, korištenje, i odlaganje ili prenamjenu. Za jednostavniju predodžbu, na slici 3 prikazani su ključni elementi koji tvore održive proizvodne procese koji su prije navedeni: Utjecaj na okoliš (ekološki aspekt), cijena proizvodnje (ekonomski aspekt), potrošnja energije (ekonomski i ekološki aspekt), upravljanje otpadom (ekološki aspekt), sigurnost na radu (socijalni aspekt) i zdravlje ljudi/zaposlenika (socijalni aspekt).



Slika 3. Elementi održive proizvodnje [14]

3. Zelena digitalna transformacija i održiva proizvodnja

Digitalna transformacija mijenja poslovne modele kroz primjenu novih tehnologija, čineći tehnologiju ključnim elementom u stvaranju inovativnih poslovnih rješenja poput modela "Sve kao usluga" (XaaS) [15]. Osim što potiče rast prodaje, tehnologija postaje i ključna konkurentska prednost. Transformacija uključuje niz tehnoloških trendova kao što su društveni mediji, Internet stvari (IoT), kibernetička sigurnost, veliki podaci (*big data*) i analitika, te umjetna inteligencija (AI) i generalno pametni proizvodni sustavi. Za vrijeme pandemije Covid-19, pokazalo se kako je upravljanje lancem opskrbe bio vrlo bitan aspekt za otpornost sustava, a otpornost sustava je karakteristika kvalitetnog održivog sustava [16]. Svaka industrija i organizacija imaju jedinstvene potrebe kada je riječ o primjeni ovih tehnologija [17].

Zelena digitalna transformacija je upravo gore opisani koncept, ali ne samo sa ekonomskim, i ciljem poboljšanja konkurentske prednosti, već je uz to u središtu cilj poboljšanja održivosti i smanjenja ekološkog-otiska (eco-footprint) samih organizacija/poduzeća.

3.1. Pametni proizvodni sustavi

Jedan od ključnih elemenata zelene digitalne transformacije je implementacija pametnih proizvodnih sustava [18]. Pametna proizvodnja teži integraciji naprednih proizvodnih metoda, operativnih tehnologija i informacijsko-komunikacijskih tehnologija za stvaranje proizvodnih sustava s većim sposobnostima u kontroli troškova i performansi. Ključna razlika pametnih proizvodnih sustava leži u njihovim arhitekturama, organiziranim kao mreže suradničkih proizvodnih komponenti specijaliziranih za različite funkcije, za razliku od prethodne organizacije koja se odlikovala krutim, hijerarhijski integriranim slojevima aplikacijskih komponenata. Ovaj „ekosustav“ proizvodnih komponenata omogućava pametne proizvodne sustave koji mogu pružiti dosad nedostižne razine performansi za proizvođače u pogledu agilnosti, produktivnosti i kvalitete. Samim povećanjem fleksibilnosti i produktivnosti, povećava se održivost jednog proizvodnog sustava jer se smanjuje upotreba prirodnih resursa i energije, smanjuje se količina škartu prilikom povećanja kvalitete, te se tako smanjuje ukupni eko-otisak organizacije [19].

Kako bi se uspješno implementirao jedan pametni proizvodni sustav, potrebno je definirati potrebne mogućnosti istog, te postaviti nekakve standarde. Prema Nacionalnom institutu za

standarde i tehnologiju Sjedinjenih Američkih država [20], mogućnosti jednog pametnog sustava mogu se kategorizirati na način prikazan u tablici 1.

Korporativna kompetitivna strategija	Ključna sposobnost pametnog sustava	Raščlanjena sposobnost	Indikator performansi
Kontrola troškova	Produktivnost	Protok	Količina proizvedena u jedinici vremena
		OEE (Overall equipment effectiveness) - Efektivnost opreme	Umnožak dostupnosti, performansi i kvalitete
		Energetska efikasnost i efikasnost upotrebe sirovina	Sirovina/Energije potrebno za proizvodnju neke količine proizvoda
		Produktivnost rada	Broj sati rada radnika po jedinici proizvoda
Diferencijacija	Agilnost	Odaziv na promjene	Vrijeme rađanja preinaka, brzina uvođenja novog proizvoda
		Isporuka proizvoda na vrijeme	Postotak proizvoda koji izađe iz tvornice na vrijeme, po rasporedu
		Otpornost na kvarove	Omjer vremena kada je proizvodnja ugašena i kada radi
	Kvaliteta	Kvaliteta proizvoda	Marža, postotak vraćenih proizvoda

			od strane klijenata te dobavljača materijala
		Inovacija	Koliko je proizvod inovativan
		Raznolikost	U koliko se proizvod raznih varijanti može proizvesti
		Korisnička podrška	Korisničke recenzije usluga
	Održivost	Proizvod	Reciklabilnost, energetska efikasnost, izdržljivost, mogućnost ponovne prerade
		Proces	Primarna potrošnja energije, GHG (Emisija stakleničkih plinova)
		Logistika	Potrošnja goriva za transport, potrošnja energije za skladištenje odnosno klimatizaciju

Tablica 1. Pametni proizvodni sustavi [20]

Praćenjem ovih indikatora performansi i zadovoljavanjem postavljenih standarda, te implementacijom IoT tehnologija za međusobno umrežavanje procesa i procesnih jedinica kako bi jednostavnije komunicirale i dijelile bitne informacije o stanju, tvori jedan pametni sustav proizvodnje [21].

3.2. Upravljanje zelenim lancem opskrbe

Pandemija COVID-19 jasno je pokazala potrebu za reevaluacijom našeg zdravstvenog sustava, poslovnih modela, načina života i, posebno, upravljanja lancem opskrbe zbog široko rasprostranjenih nestašica dobara i promijenjenih obrazaca potražnje. To je dovelo do značajnih poremećaja u lancu opskrbe. Ovo razdoblje krize promijenilo je fokus s pukog poboljšanja učinkovitosti lanca opskrbe na hitna pitanja oko otpornosti i prilagodljivosti u suočavanju s nepredvidivim izazovima. Prije pandemije, fokusiralo se na razvoj agilnih, vitkih (*lean*), održivih, ekološki prihvatljivih, optimiziranih i učinkovitih lanaca opskrbe. Tijekom pandemije nismo zaboravili na te teme, međutim, fokusi su se, barem u tom razdoblju, značajno bili promijenili [23][16][22]. Danas, kada se situacija oko pandemije ipak normalizirala, tržište je i dalje nepovratno promijenjeno. Tek za vrijeme pandemije Covid 19 uočeno je koliki je utjecaj dobro upravljanog lanca opskrbe bitan za tu otpornost jedne organizacije, što je jedan od ključnih faktora održivosti [24].

Koncept zelenog lanca opskrbe (GSCM, eng. *green supply chain management*) multidisciplinarno je pitanje koje proizlazi prvenstveno iz izgradnje ekološki prihvatljivih upravljačkih praksi u kontekstu lanaca opskrbe. GSCM uključuje faze od dizajna proizvoda, nabave i odabira materijala, proizvodnih procesa, dostave proizvoda i upravljanja krajem životnog ciklusa proizvoda. Kao što se može razumjeti iz definicije, može se reći da GSCM ima vrlo široko područje primjene. Upravo iz tog razloga, teško je uspostaviti sveobuhvatni okvir za dimenzije GSCM-a. U radu Srivistava S. [25], GSCM je podijeljen na sedam dimenzija:

- Zelena kupovina
- Zelena proizvodnja
- Zeleni dizajn (pri projektiranju, ne boja)
- Zelena distribucija
- Zeleni marketing
- Logistika
- Obrnuta logistika, povratna

Prva dimenzija, zelena kupovina, je prvi korak u lancu vrijednosti. Uspješnost zelene kupovine ovisi o tome koliko je organizacija ekološki osviještena te koji su krajnji ciljevi organizacije. Značajni efekt za ovu prvu dimenziju ima odabiranje dobrog dobavljača. Međutim, to samo po sebi nije dovoljno da poboljša ekološki otisak. Pored odabira i upravljanja dobavljačem, važno je također procijeniti zadovoljava li dobavljač ekološke kriterije tvrtke [26].

Druga dimenzija, zelena proizvodnja je jedna od najbitnijih dimenzija za cijeli GSCM. Zelena proizvodnja je gore u radu objašnjena u okviru pametnih proizvodnih sustava.

Zelena distribucija uključuje sve bitne aktivnosti koje utječu na smanjenje ili eliminaciju stvaranja nekog oblika smeća ili negativnog utjecaja na okoliš za vrijeme dostava. Ovo može uključivati gorivo utrošeno za neku dostavu, broj ponavljanja dostava, udaljenost skladišta i kupaca i gabarite pošiljki [27].

Zeleni se marketing danas često zloupotrebljava, te se to naziva „Greenwashing“. Greenwashing je termin koji se koristi za opisivanje prakse kada tvrtke ili organizacije promoviraju sebe ili svoje proizvode kao ekološki prihvatljive ili održive, iako to možda nije istina ili je istina samo djelomično. Na taj način, kompanije pokušavaju steći konkurentsku prednost, s obzirom na to da sve više ljudi obraća pozornost na održivost proizvoda ili usluga koje kupuju [28].

U radu Yildiz Cankaya, S. i Sezen B. [24], spominju se još četiri dimenzije: zeleno pakiranje, povrat investicije, interno upravljanje ekološkim aspektima te obrazovanje oko ekologije.

Zeleno pakiranje, odnosno, ekološki prihvatljivo pakiranje u kojem zeleno ne predstavlja boju pakiranja, ima direktan utjecaj na okoliš [27]. Ekološki prihvatljiva pakiranja nastoje izbjevati jednokratne plastike, plastične omote te višak nepotrebnih papirnatih omota. Polistiren je najčešće korištena plastika u ambalažama koja se odbaci nakon otpakiravanja proizvoda, te je potrebno smanjiti njeno korištenje. Utjecaj plastike na okoliš detaljnije je opisan niže u radu, u dijelu Europskih direktiva.

Interno upravljanje ekološkim aspektima odnosi se na stvaranje ekoloških ciljeva i standarda unutar jedne organizacije od strane visokog menadžmenta kojih se organizacija mora pridržavati i međusobno surađivati kako bi zadovoljavali te ciljeve.

Povrat investicije klasični je instrument uspješnosti jedne organizacije te je vrlo bitno uključiti ga u ovaj pregled dimenzija, jer je on na kraju dana jedan od najbitnijih pokazatelja performansi organizacije i jedan na koji investitori obraćaju najviše pažnje.

Educiranje oko ekologije je bitan alat odjela za ljudske resurse jedne organizacije. Studije pokazuju koliko je bitno podignuti svijest i educirati zaposlenike o zelenom menadžmentu te kako imaju direktan utjecaj na uspješnost organizacije [29].

4. Europske direktive

1951. godine, poslije drugog svjetskog rata, osnovala se Europska zajednica za ugljen i čelik, koja je ujedinila proizvodnju ključnih industrijskih materijala na području Europe. Tada su, u početku, u to bile uključene Njemačka, Italija, Francuska, Belgija, Nizozemska i Luksemburg [30].

Prvotni cilj te organizacije bio je stati na kraj konfliktima i krvoproliću koje se netom prije toga događalo na području Europe. Zemlje članice su isto tako, tada se htjele ujediniti kako bi ubrzale ekonomski rast i razvoj nakon rata koji im je nanio štetu. Tako 1957. godine, Europska zajednica za ugljen i čelik promijenila naziv u Europsku Ekonomsku Zajednicu (EEC, *eng. European Economic Community*) te je osnovano još jedno tijelo, Europska Atomska Energetska Zajednica (Euratom, *eng. European Atomic Energy Community*) [30]. Nakon stvaranja tih tijela, tijekom niza godina koje su uslijedile, nastajala su nova Europska tijela, te su se nove zemlje pridruživale toj zajednici kako bi nastala Europska Unija kakvu danas znamo.

Od čelika i ugljena, do današnjeg izbjegavanja ugljena u svrhu poboljšavanja održivosti industrije u Europi [31]. Europska unija, kako bi napredovala i držala korak s novim vremenima i trendovima, mora imati jasno definirane ciljeve, pa tako i jasno definirane zakonodavne akte. Postoje razni zakonodavni akti, neki su obavezni, neki nisu, neki se tiču samo određenih članica, a većina svih [32]. Vrste akti su slijedeće:

- Regulacije
- Direktive
- Odluke
- Preporuke
- Mišljenja

Regulacije su obavezni zakonodavni akti koji se moraju primjenjivati u svim zemljama članicama. Direktive su zakonodavni akti koji zadaju cilj zemljama članicama, a na samim zemljama je da definiraju pravne okvire i načine kako će postupati da bi zadovoljile taj cilj. Odluke su unikatne i odnose se na specifičnu državu članicu, a preporuke i mišljenja su neobavezni akti koji mogu biti usmjereni kompanijama ili državama [32].

4.1. The Green Deal

Europska unija identificirala je problem klimatskih promjena i degradacije okoliša kao egzistencijalnu prijetnju Europi i ostatku svijeta. Kako bi se suočila s ovim problemom, EU razvila je paket inicijativa, direktiva i zahtjeva, nazvan „The European Green Deal“, prema kojima moraju djelovati organizacije i pojedinci, kako bi pokrenuli zelenu tranziciju EU te ju odveli prema svojim ciljevima. Tri glavna cilja, specificirana u okviru Green Deala, su:

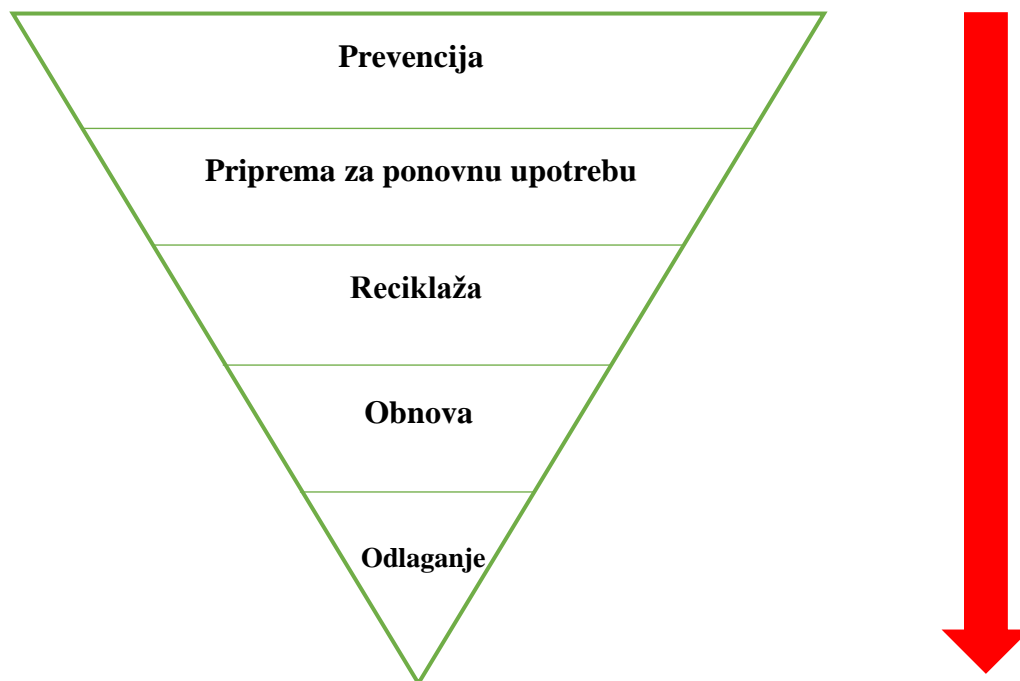
- Neto emisija stakleničkih plinova mora biti jednaka nuli do 2050. godine
- Ekonomska porast ne smije biti više direktno korelirana sa većom potrošnjom prirodnih resursa
- Eng. „No person and no place left behind“ - podrazumijeva da prednosti prelaska na zelenu ekonomiju budu dostupne svima te da troškovi ne bi smjeli ne razmjerno opterećivati ni jednu skupinu niti regiju

Europska komisija prihvatila je set prijedloga koji prilagođavaju trenutne zakone o transportu, klimatskim promjenama, energiji i porezima kako bi do 2030. godine smanjila neto emitirane stakleničke plinove za bar 55% u odnosu na 1990. godinu.

Sve inicijative, strategije, direktive i zahtjevi postavljeni su s ciljem da Europa postane prvi klimatski neutralan kontinent u svijetu [33]. Direktive Green Deala će se dalje objasniti.

4.2. Okvirna strategija o otpadu (Waste Framework Directive)

Okvirna strategija o otpadu ključni je pravni instrument Europske Unije koji postavlja temeljne smjernice za upravljanje otpadom. Nekoliko bitnih aspekata ove direktive su: postavljanje hijerarhije postupaka gospodarenja otpadom, postavljanje jasnih ciljeva recikliranja, povećavanje proizvođačke odgovornosti za otpad, poticanje inovacija i kružne ekonomije, smanjivanje opasnog otpada te transparentnost oko gospodarenja otpadom [34].



Slika 4. Hijerarhija postupaka otpada [34]

Na slici 4. grafički je opisan najpovoljniji tok razmišljanja i postupaka vezanih uz smanjivanje otpada redosljedom od gore prema dolje. Prvi korak u smanjivanju otpada je prevencija (eng. Prevention). Prevencija u ovom kontekstu primjenjuje se prilikom same kupovine nekog proizvoda, kada bi kupac trebao bolje promisliti treba li mu uistinu taj proizvod, te ukoliko je nepotreban ga ne kupiti. Drugi korak je priprema za ponovnu upotrebu (eng. Preparing for reuse). Recimo, u slučaju kupovine mobitela, stari mobitel može se očistiti, fizički i softverski, kako bi se preprodao nekom drugom korisniku koji će ga nastaviti koristiti, umjesto da se baci. Treći korak, reciklaža (eng. Recycling) bi, na primjeru mobitela, bila odlaganje mobitela na primjereno mjesto za elektroničku opremu, umjesto bacanja mobitela u opći otpad. Četvrti korak je obnova (eng. Recovery) koja se recimo na primjeru mobitela odvija na slijedeći način: Vlasnik mobitela reciklira otpad, ili ga neka firma otkupljuje. Ta firma radi procjenu može li se taj uređaj obnoviti zamjenom nekih komponenti, ili, ako ne može, da se izvade dijelovi iz njega koji mogu koristiti za neki drugi uređaj koji će se obnavljati. Ovaj proces kreira tržište obnovljenih uređaja (eng. Refurbished devices) te je ekstremno popularno sa mobitelima, laptopima i drugim tehnološkim uređajima koje kupci imaju tendenciju često mijenjati [35]. Zadnji korak je odlaganje otpada. Ukoliko su prijašnji koraci pravilno odrađeni, otpad bi ovdje trebao biti minimalan.

4.3. Okvirna strategija o vodama (*Water Framework Directive*)

Ovo je jedan od instrumenata EU za upravljanje vodama, a strategija je usvojena s ciljem postizanja „dobrog stanja voda“ u Europi do određenog vremenskog roka. Bitni aspekti ove strategije su: postizanje „dobrog stanja vode“, što u prijevodu znači postizanje određenih ekoloških i kemijskih standarda, evaluacija rizika od poplava i suša, te transparentnost rezultata ispitivanja vodnih sustava u članicama EU. Nadalje, potiče se države članice koje dijele vodne sustave, na primjer neku rijeku, da surađuju, te da se skupa brinu o cijelom ekološkom sustavu koji predstavlja recimo jedna rijeka. Osim entiteta poput država, potiče se i građane pojedince da sudjeluju u procesima donošenja odluka o upravljanju vodama [36].

4.4. Industrijska emisijska direktiva (*Industrial Emissions Directive - IED*)

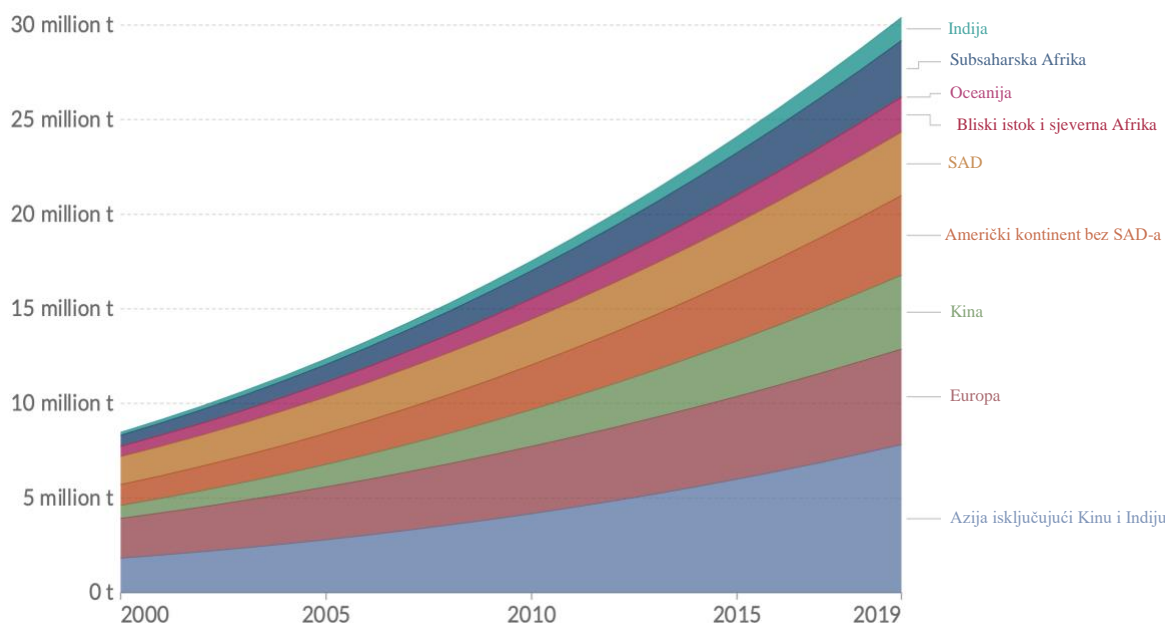
IED je zakonodavni okvir Europske Unije usmjeren na smanjenje negativnog utjecaja industrijskih emisija na okoliš. Direktiva ima za cilj postizanje visoke razine zaštite okoliša i ljudskog zdravlja reguliranjem emisija onečišćujućih tvari iz industrijskih postrojenja. IED se primjenjuje na različite sektore industrije, kao što su: energetika, metalurgija, kemijska industrija, prerada minerala, te postrojenja za proizvodnju papira i celuloze. Regulira emisije onečišćujućih tvari, uključujući one koje doprinose klimatskim promjenama, poput stakleničkih plinova. Nadalje, zahtjeva se upotreba „najbolje raspoloživih tehnika“ (BAT), čega se operateri moraju držati kako bi postrojenja dobila ili zadržala dozvole za rad. Izdaju se i specijalne dozvole – dopuštenja za emisije – koja definiraju u kojim okvirima emisija se proizvodni pogoni moraju kretati. Iz ovoga koncepta nastalo je kompletno novo tržište – sustav trgovanja emisijama (*carbon trading*) [37].

4.5. Okvirna strategija cirkularne ekonomije (*Circular Economy Action Plan*)

Strategija usko vezana sa strategijom o otpadu, promiče kružnu ekonomiju, dakle smanjenje otpada, potiče ponovnu upotrebu te reciklažu i odgovorno korištenje resursa. Strategija također uključuje edukaciju potrošača o prednostima cirkularne ekonomije te poticanje promjena potrošačkih navika prema odgovornijem korištenju resursa, kupovini proizvoda koji su izrađeni prema principima cirkularne ekonomije te pružanju poticaja za dugotrajnu uporabu proizvoda [38].

4.5.1. Strategija EU za plastiku u kružnoj ekonomiji (*EU Strategy for Plastics in a Circular Economy*)

Sa rastućim problemom plastike, ne samo na kopnu već i u moru i morskim životinjama, jedna od bitnijih Europskih strategija i direktivi je upravo ova. Nakupljanje plastike u morskom okolišu dovodi do brojnih negativnih posljedica: od estetskog utjecaja otpada i ekonomskih troškova čišćenja plaža do štetnih bioloških i ekoloških učinaka koji, prema posljednjim konzervativnim procjenama UNEP-a, svake godine uzrokuju ukupnu ekonomsku štetu morskim ekosustavima od 13 milijardi dolara [39]. Od 2021. godine u EU zabranjena je upotreba jednokratne plastike, poput slamki, tanjura i slično. Dakle, cilj ove direktive je općenito smanjivanje korištenja plastike, pogotovo jednokratne, te povećavanje reciklaže iste [38].



Slika 5. Plastika u oceanima, po državama [40]

Graf na slici 7 prikazuje ukupno odloženi otpad u oceane od strane jedne države kroz godine. Iako cijela EU, prema istraživanjima, je skoro duplo manji zagađivač od jedne Kine, neosporno je da je trend, barem od 2000. – 2019. godine, bio u porastu i to za više od 110%, što se može vidjeti iz slike 7. Na prvom mjestu je Indija sa skoro 30 milijuna tona plastike koju je odložila u ocean, slijedi ju Pod-saharski dio Afrike, sa nešto manje od 30, Australija i Oceanija sa nešto više od 25 milijuna tona te zatim Bliski istok i Sjeverna Afrika sa istom količinom. Sjedinjene Američke države stoje sa 24 milijuna tona odbačene plastike, dok Američki kontinent bez SAD-a stoji sa malo više od 20. Procjenjuje se da je Kina izbacila oko 17 milijuna tona, Europa 12, te Azija isključujući Kinu i Indiju oko 8 milijuna tona plastike. Može se zaključiti da količina odbačene plastike nije nužno povezana sa brojem stanovnika, jer po UN-ovim podacima iz 2024., Indija i Kina imaju otprilike isti broj stanovnika, dok Kina ima upola manju količinu odbačene plastike [41][40].

5. ISO direktive povezane s održivošću

Međunarodna organizacija za standardizaciju, poznata kao ISO, neovisna je međunarodna organizacija koja razvija i objavljuje standarde za osiguranje kvalitete, sigurnosti, učinkovitosti i pouzdanosti proizvoda i usluga u raznim industrijama. S članstvom od 170 nacionalnih standardizacijskih tijela, ISO je objavio preko 25,000 međunarodnih standarda koji pokrivaju gotovo sve aspekte tehnologije i proizvodnje [42]. Isto tako, razvila je i niz standarda koji se odnose na održivost i održivi razvoj. Ovi standardi pružaju smjernice, zahtjeve i okvire za organizacije koje žele integrirati održivost u svoje poslovanje i prakse. Ti standardi, između ostalog, rješavaju i problem green-washinga koji je ranije objašnjen pod 3.2.

5.1. ISO 14001: Environmental management systems (EMS)

Ovaj standard pruža organizacijama okvir za identifikaciju, kontrolu i smanjenje njihovih utjecaja na okoliš te za poboljšanje njihove ekološke učinkovitosti. Glavni cilj ISO 14001 standarda je osigurati da organizacije uspostave sustav upravljanja okolišem koji je u skladu s relevantnim zakonima, propisima i drugim zahtjevima, te da kontinuirano poboljšavaju svoje performanse u odnosu na okoliš. Neki od elemenata ovog standarda su: procjena utjecaja organizacije na okoliš, postavljanje jasnih ciljeva i planiranje aktivnosti koje vode prema poboljšanju ekoloških performansi te implementacija nadzora kako bi se poboljšanja mogla evaluirati [29].

5.2. ISO 26000: Guidance on social responsibility

ISO 26000 nije certifikacijski standard poput nekih drugih ISO standarda jer nema jasno definirane zahtjeve, već pruža korisne smjernice i alate za organizacije koje žele poboljšati svoju društvenu odgovornost i doprinijeti održivijem i pravednijem društvu. Glavni cilj ovog standarda je promicanje pravednih, etičkih i održivih praksi u poslovanju te doprinos održivom razvoju, poštivanju ljudskih prava, fer poslovanju i zaštiti okoliša. Standard identificira osam načela društvene odgovornosti kao što su poštovanje ljudskih prava, poštovanje interesa dioničara, fer poslovanje, zaštitu okoliša te poštovanje prava radnika i raznolikosti. Ovaj standard isto tako pomaže definirati korake za primjenu društvene odgovornosti unutar i između organizacija. Potiče se uključivanje svih sudionika organizacija da sudjeluju u procesima

donošenja odluka vezanih uz društvenu odgovornost, te da kontinuirano nastoje poboljšavati standarde i prakse društvene odgovornosti [43].

5.3. ISO 50001: Energy management systems (EnMS)

Ovaj standard pruža organizacijama okvir za uspostavu sustava upravljanja energijom koji im omogućuje poboljšanje energetske učinkovitosti, smanjenje troškova energije i emisija stakleničkih plinova te unaprjeđenje održivosti poslovanja. Za dobivanje certifikata, uvjeti su slijedeći: uspostava jasnih ciljeva i politike poslovanja, procjena trenutnih te budućih energetske performansi, razvijanje, planiranje i implementacija energetske mjera, te praćenje i izvještavanje o napretku sustava nakon implementacija mjera. ISO 50001 može biti primijenjen u različitim sektorima i veličinama organizacija, od malih i srednjih poduzeća do velikih korporacija i javnih institucija. Stjecanjem ovakvog certifikata, organizacije pokazuju predanost poboljšanju energetske učinkovitosti, što im zapravo poboljšava konkurentnost na tržištu, jer na taj način direktno smanjuju energetske troškove, te ih stavljaju korak bliže „Net zero“ stanju [44].

5.4. ISO 20121: Event sustainability management systems

ISO 20121 detaljno propisuje kako organizacije događaja mogu uspostaviti sustav upravljanja održivosti koji obuhvaća ekološke, socijalne i ekonomske aspekte. Standard potiče integraciju održivih praksi u sve faze organizacije događaja, od planiranja do realizacije i evaluacije, te naglašava važnost uključivanja svih dioničara u proces. Cilj je ne samo smanjiti negativan utjecaj na okoliš, već i promicati pozitivne društvene vrijednosti i osigurati ekonomsku korist za sve uključene strane [45].

5.5. ISO 14064: Greenhouse gas accounting and verification

ISO 14064 pruža okvir za organizacije kako bi sustavno mjerile, izvještavale i provjeravale svoje emisije stakleničkih plinova te kako bi sudjelovale u inicijativama za smanjenje tih emisija. Glavni cilj ISO 14064 standarda je osigurati transparentnost i pouzdanost izvještavanja o emisijama stakleničkih plinova te olakšati usporedbu i evaluaciju ekoloških performansi organizacija. Standard se sastoji od tri glavna dijela [46]:

1. **ISO 14064-1:** Prvi dio standarda pruža smjernice za kvantificiranje i izvještavanje emisija stakleničkih plinova, uključujući metode mjerenja, izračuna i izvještavanja emisija.
2. **ISO 14064-2:** Drugi dio standarda pruža smjernice za provjeru i potvrdu izvještaja o emisijama stakleničkih plinova, uključujući postupke, kriterije i kompetencije za verifikacijske organizacije.
3. **ISO 14064-3:** Zadnji dio ovog standarda pruža smjernice za provjeru i potvrdu projekata smanjenja emisija stakleničkih plinova, uključujući postupke, kriterije i kompetencije za verifikacijske organizacije.

Ovaj standard jedan je od najbitnijih ISO standarda, iz razloga što se može lakše kvantificirati, nego recimo, implementacija 14001 standarda.

6. Kvantitativni i kvalitativni indikatori održivosti

U današnjem dinamičnom poslovnom okruženju, ključni pokazatelji uspješnosti (KPI, *eng. Key Performance Indicator*) i indikatori održivosti postali su ključni alati za mjerenje uspjeha i odgovornosti prema okolišu. Kako se tvrtke sve više usklađuju sa ciljevima održivog razvoja, razumijevanje i primjena ovih mjernih podataka postaje ključna.

Indikatori uspješnosti učinkovito pojednostavljuju i prenose složene podatke o učinku, odnosno performansama specifičnim ciljnim skupinama. Tradicionalno usmjereni na kvantitativnu analizu ekoloških i financijskih metrika, razvoj pokazatelja sada obuhvaća i kvalitativne aspekte, posebno u društvenim kontekstima gdje su subjektivni utjecaji česti. I kvantitativni i kvalitativni pokazatelji izdvajaju ključne informacije iz detaljnih podataka i pružaju sveobuhvatan pregled učinka [47].

Kako je u 2. poglavlju ovog rada održivost definirana u tri kategorije, sociološkoj, ekološkoj i ekonomskoj, istražiti će se i definirati indikatori u tim okvirima.

6.1. Ekološki indikatori održivosti

Organizacija za ekonomsku suradnju (OECD, *eng. Organisation for Economic Co-operation and Development*) međunarodna je organizacija koja promiče politike za poboljšanje ekonomske i socijalne dobrobiti ljudi diljem svijeta. OECD pruža forum gdje vlade mogu raditi zajedno na pronalaženju rješenja za zajedničke probleme, razmjenjivati iskustva i tražiti savjete za javne politike. Organizacija također postavlja međunarodne standarde u nizu područja od ekonomije i trgovine do obrazovanja i razvoja [48].

OECD objavila je rad 2004. godine koji obuhvaća sva prijašnja istraživanja koja su obavljali od 1980ih godina poput „Environmental Data Compendium“ iz 1985. godine i „Core Set of Indicators of Environmental Performance Reviews“ iz 1993. godine [49], te kao skup svih tih radova i informacija, definira ključne ekološke indikatore održivosti:

- Klimatske promjene (*eng. Climate change*)
- Ozonski sloj (*eng. Ozone layer*)
- Kvaliteta zraka (*eng. Air quality*)
- Generiranje otpada (*eng. Waste generation*)
- Kvaliteta pitke vode (*eng. Freshwater quality*)
- Resursi pitke vode (*eng. Freshwater resources*)
- Resursi šuma (*eng. Forest Resources*)

- Resursi riba (*eng. Fish Resources*)
- Energetski resursi (*eng. Energy resources*)
- Biološka raznovrsnost (*eng. Biodiversity*)

Klimatske promjene

Indikator klimatskih promjena vezan je za koncentracije emisija stakleničkih plinova i ugljikovog dioksida (CO₂). Ključni izazovi ovdje su smanjenje ispuštanja CO₂ i drugih stakleničkih plinova te održavanje njihove razine u atmosferi na sigurnoj granici kako bi se izbjeglo negativno utjecanje na klimatski sustav uzrokovano ljudskom aktivnošću [49].

Ovaj indikator računa se na način da se intenzitet emisije ugljikovog dioksida ili drugih stakleničkih plinova u tonama podijeli sa BDP-om (Bruto domaći proizvod) i brojem stanovnika.

Ozonski sloj

Smanjenje ozona u atmosferi i dalje izaziva zabrinutost zbog posljedica povećanog ultraljubičastog B zračenja (UVB) na ljudsko zdravlje i prirodno okruženje [50]. U OECD-ovom radu iz 2004. [49], cilj je bio ukinuti upotrebu HCFC (Hidro-kloro-flor-ugljika) plinova, koji se najčešće koriste u klimatizacijskoj opremi. Taj je cilj zadovoljen, ali slijedeći cilj postao je ukinuti HFC (Hidro-flor-ugljik) plinove, koji su zamijenili HCFC plinove do 2050. godine u EU [51].

Indikator se računa i prikazuje na način da zbraja sve proizvedene i uvežene količine HFC plinova i umanjuje za izvezene. Dakle, što manji broj, to bolje.

Kvaliteta zraka

Kvaliteta zraka utječe na ljudski život, s obzirom na to da ljudi ne samo da su njime okruženi već ga i udišu kako bi preživjeli. Bez dovoljno kisika u zraku, te uz onečišćenja koja direktno kroz pluća ulaze u krvotok, zagađeni zrak predstavlja izravnu prijetnju ljudskom zdravlju [52]. Ovaj indikator računa se na način da se uzima količina dušičnih (NO_x) i sumporovih (SO_x) plinova i dijeli se sa BDP-om i ukupnim brojem ljudi [49]. (Države, organizacije...)

Generiranje otpada

Glavna zabrinutost neprikladnog odlaganja i rukovanja otpadom je na ljudsko zdravlje i druge eko sustave. Tako je cilj ovog indikatora pokazati uspješnost nekog sustava s rukovanjem otpada te minimizacija istog.

Indikator se računa i prikazuje na način da se podijeli ukupna količina smeća sa brojem ljudi i njihovom općom potrošnjom dobara [49].

Kvaliteta pitke vode

Poboljšanja kvalitete slatke vode nisu uvijek lako uočljiva, osim kod organskog onečišćenja. Problem predstavljaju i onečišćenja iz difuznih poljoprivrednih izvora u mnogim zemljama, kao i osiguranje stalno sigurne pitke vode za cijelo stanovništvo [53], [49].

Cilj je zaštititi sva postojeća tijela pitke vode od onečišćenja, te očistiti postojeća zagađena.

Indikator pokazuje postotak populacije koji je spojen na vodovod, koji svoju vodu dobiva nakon sekundarnog ili tercijarnog procesuiranja.

Resursi pitke vode

Razlog nastajanja ovog indikatora je kako bi se smanjilo ne efikasno korištenje vodocrpilišta, te utjecaj takvog korištenja na ekologiju i socio-ekonomsku situaciju – proizvodnja hrane, mijenjanje toka rijeka i nestašica vode... [49]

Ovaj indikator odnosi se na intenzitet korištenja slatkovodnih resursa, izražen kao bruto zahvati po glavi stanovnika, kao % od ukupno dostupnih obnovljivih slatkovodnih resursa (uključujući dotok iz susjednih zemalja) i kao % unutarnjih resursa (padaline, evapotranspiracija) [49].

Resursi šuma

Glavni problemi vezani uz ovaj indikator odnose se na utjecaje ljudskih aktivnosti na raznolikost i zdravlje šuma, na njihov prirodni rast i obnovu te na posljedice tih aktivnosti za pružanje ekonomskih, okolišnih i društvenih usluga šuma [49]. Cilj je spriječiti prekomjernu eksploataciju i degradaciju šuma i zelenih površina.

Indikator pokazuje proizvodnju drva u metrima kubnim po organizaciji, državi.

Resursi riba

Glavni razlog postojanja ovog indikatora je, slično kao i kod resursa šuma, spriječiti prekomjernu eksploataciju riba iz vodnih eko sustava, pogotovo zbog specifičnih sorta riba koje se najviše konzumiraju, kako ne bi došlo do disbalansa u takvim sustavima.

Indikator pokazuje ulov ribe izražen kao % svjetskih ulova i promjene u ukupnom ulovu od 1980. godine [49].

Energetski resursi

Cilj je razdvojiti potrošnju energije i emisije u zrak od ekonomskog rasta, poboljšanjem energetske učinkovitosti i korištenjem čistijih goriva. Indikator pokazuje potrošnju energije po BDP-u i broju stanovnika, te promjenu od 1990. godine [49].

Biološka raznovrsnost

Cilj korištenja ovog indikatora je održati postojećima, te vratiti degradiranim eko sustavima njihovu raznolikost. Indikator pokazuje omjer ugroženih vrsta i opće poznatih vrsta u određenom eko sustavu, te njenu relativnu promjenu kroz vrijeme [49].

6.2. Sociološki indikatori održivosti

Desetljećima su makroekonomski pokazatelji poput bruto domaćeg proizvoda (BDP) bili ključni u procjeni nacionalnih ekonomskih performansi i informiranju odluka vlade. Korisnost ovih pokazatelja potaknula je neke društvene znanstvenike da predlože sličan skup socijalnih pokazatelja za usmjeravanje socijalne politike. To je djelomično bilo zbog sve veće spoznaje da ekonomski pokazatelji sami po sebi nisu dovoljni za obuhvaćanje širih aspekata socijalne dobrobiti, što je nužno zahtijevalo sveobuhvatniji pristup koji uključuje i kvantitativne i kvalitativne mjere društvenog blagostanja i utjecaja [47].

Vodeće korporacije poput Placer Dome, Co-operative Bank, Shell, BP Amoco, Ben and Jerry, Body Shop, United Utilities i Rio Tinto bili su prvi u stvaranju vlastitih mjernih pokazatelja socijalnih performansi i održivosti. Zbog raznolikosti društvenih problema i interesa dioničara koji su specifični za svako poduzeće te s obzirom na početnu fazu razvoja ovog područja, pokazatelji ovih tvrtki često se usredotočuju na određene aspekte društvene odgovornosti poduzeća poput praksi zapošljavanja ili trgovinskih odnosa. Kao rezultat, formulacija ovih mjernih pokazatelja socijalnih performansi i održivosti prilagođena je specifičnim potrebama i problemima relevantnim za svako poduzeće [47].

Ipak postojala je potreba da ne samo privatne korporacije rade ovakve analize, već i vladajuća tijela. Tako je u SAD-u, 1997. godine osnovan GRI (*eng. Global Reporting Initiative*), koji sada ima sjedište u Amsterdamu. GRI je međunarodna neovisna organizacija za standarde koja pomaže poduzećima, vladama i drugim organizacijama da razumiju i komuniciraju svoje utjecaje na pitanja poput klimatskih promjena, ljudskih prava i korupcije. GRI pruža najšire korištene standarde za izvještavanje o održivosti u svijetu, poznate kao GRI standardi [54].

GRI je uspostavio zajednički okvir za izvještavanje na razini poduzeća o povezanim aspektima održivosti: ekološkim, ekonomskim i sociološkim. Usvojila je sljedeću hijerarhiju za organiziranje i prezentaciju informacija u izvještajima o održivosti [55]:

- Kategorija: tj. opća klasa ili grupiranje pitanja koja zabrinjavaju sudionike (npr. prakse zapošljavanja, lokalni ekonomski utjecaji).
- Aspekt: tj. specifično pitanje o kojem treba izvještavati (npr. prakse dječjeg rada, korporativne donacije lokalnim zajednicama).
- Indikator: tj. najpreciznije mjere učinka tijekom razdoblja izvještavanja (npr. pridržavanje međunarodnog standarda o dječjem radu, novčani doprinosi lokalnim zajednicama po godini).

U tablici 2 izdvojeni su neka sociološka pitanja i predloženi indikatori po GRI iz literature [47]:

Pitanje	Indikator
Politike, organizacija i sistemi upravljanja	Javno dostupne izjave o misiji i vrijednostima, i socijalna politika; socijalne povelje, kodeksi ili dobrovoljne inicijative; organizacijska struktura i odgovornosti za nadzor i provedbu socijalnih politika; sistemi upravljanja vezani za socijalne performanse (npr. ISO 14001, SA 8000); sistemi upravljanja za dobavljače i lanac opskrbe
Odnosi s dioničarima	Osnova za odabir, definiciju i profil glavnih dioničara; pristupi konzultacijama sa dioničarima (npr. ankete, fokus grupe); broj konzultacija; korištenje podataka iz konzultacija; planovi za jačanje konzultacija sa dioničarima

Učinkovitost upravljanja	Performanse vezane za unutarnje socijalne politike i standarde i dobrovoljne inicijative; glavne nagrade primljene za socijalne performanse i aktivnosti; pokazatelji zdravlja i sigurnosti na radu npr. stope ozljeda na radu i bolesti i izgubljeni radni dani
Korporacija, zaposlenici, zajednica, dobavljači i kupci	Etički standardi, mito/korupcija, transparentnost, ljudska prava
Učinkovitost zaposlenika	Raznolikost radne snage, sloboda udruživanja, dječji rad, stopa promjene radnika, odsustvo s posla, naknade i beneficije; učinkovitost zajednice / uključivanje, prijenos vještina, prijenos tehnologije, pritužbe, reinvestiranje u zajednicu, filantropija, porezi
Učinkovitost dobavljača	Standardi nabave, kontrole partnerstva; učinkovitost kupaca - označavanje proizvoda, obuka u korištenju proizvoda

Tablica 2. Sociološki indikatori [47]

6.3. Ekonomski indikatori održivosti

Ekonomski indikatori općenito se koriste u svim poduzećima i svim državnim ustanovama jer je većina njih kvantitativna te se može lako računati i na taj način pratiti promjena performansi neke organizacije na bolje ili na lošije. Ekonomski se indikatori mogu koristiti u svrhu procjene zdravlja ekonomije neke organizacije ili u svrhu procjene budućeg stanja. Neki tipični ekonomski indikatori su BDP (Bruto domaći proizvod), stopa inflacije, stopa nezaposlenosti, cijena dionica, P/E ratio (omjer profita i prometa, *eng. Profit/Earnings ratio*), te se oni koriste na svakodnevno u financijskom svijetu [56].

Ekonomski indikatori održivosti su mjerni alati koji pomažu u ocjenjivanju koliko je ekonomska aktivnost jedne zemlje, regije ili tvrtke održiva s dugoročnog aspekta, ne zanemarujući ekološke i socijalne faktore koji su važni za dugoročnu održivost. GRI,

organizacija spomenuta u poglavlju 6.2., razvila je okvir za ekonomske indikatore povezane s održivošću koji ima slijedeće kategorije [47]:

- Profit
- Investicije
- Porezi
- Imovina
- Plaće i uvjeti
- Produktivnost rada
- Razvoj zajednice
- Dobavljači
- Proizvodi i usluge

Nadalje, u Johannesburgu 2002. godine na UN-ovoj konferenciji o održivom razvoju, objašnjeni i izdvojeni neki ekonomski KPI-jevi povezani s održivim razvojem. Oni su kategorizirani na način prikazan u tablici 3 [57].

Cilj	KPI
Povećati povrat investicije	-Trošak vlasništva povezan s: energijom, vezanjem, ekološkim porezom -Rast bruto marže -Ukupni troškovi i investicije vezane za zaštitu okoliša -Uštede na troškovima okoliša -Iznos ekoloških kazni
Povećati prihode povezane s dimenzijama održivosti	-Postotak dodatnog prihoda -Postotak dodatne cijene -Postotak prihoda od premium brenda -Postotak prihoda od diferencijacije -Postotak prihoda od recikliranja -Stopa održivih inovacija
Poboljšanje tehnološkog procesa	-Investicijska stopa u tehnologiju -Razina tehnologije za okoliš

	<ul style="list-style-type: none"> -Postotak novih ekološki prihvatljivih razvoja proizvoda -Stopa odgovora na zahtjeve proizvoda za okoliš -Stopa odgovora na ekološke programe za dobavljače -Količina ekološki sigurnih alternativa
Jamčenje kvalitete procesa	<ul style="list-style-type: none"> -Postotak proizvodnih lokacija s ekološkim certifikatima -Točnost informacija o okolišu -Dostupnost informacija o okolišu -Stopa odbijenih proizvoda dobavljača

Tablica 3. Ekonomski indikatori [58]

Tek kada se svi prije objašnjeni indikatori uzmu u obzir, ekonomski, ekološki i sociološki, može se dobiti šire poimanje performansi jedne organizacije. Danas, pogotovo s obzirom na poticanje održivosti industrija, nije dovoljno ocjenjivati uspjeh isključivo po ekonomskim pokazateljima kao što je do sada bila praksa.

7. Studije uvođenja objašnjenih koncepata

Pametni energetske sustavi

Studija [59] koju je provodila Carmen-Pilar Martí-Ballester u Barceloni 2016. godine istraživala je utječe li implementacija pametnih energetskih sustava na financijske performanse poduzeća. Unutar studije, objašnjeno je kako iako visoki početni troškovi mogu smanjiti kratkoročnu konkurentnost, dugoročne prednosti implementacije takvog sustava uključuju smanjene operativne troškove i potencijal za povećanje profitabilnosti, usklađivanje s okolišnim preferencijama dioničara i potencijalno pružanje konkurentne diferencijacije te poboljšane korporativne reputacije.

U studiji se obrađuje 14 hipoteza i one su slijedeće:

- 1) Kompanije koje uvedu efikasne energetske sustave ostvaruju bolje rezultate od onih koje koriste konvencionalne sustave
- 2) Kompanije koje koriste obnovljive izvore energije ostvaruju bolje rezultate od onih koje koriste konvencionalne izvore
- 3) Kompanije koje koriste i efikasne energetske sustave i obnovljive izvore energije ostvaruju bolje rezultate od kompanija koje koriste konvencionalne izvore energije i konvencionalne energetske sustave
- 4) Kompanije sa visokim nivoom implementacije održivih sustava upravljanjem energije ostvaruju bolje rezultate od onih koje imaju nizak nivo implementacije
- 5) Starije kompanije ostvaruju bolje rezultate od mlađih
- 6) Kompanije sa većim viškom monetarnih sredstava ostvaruju bolje rezultate od onih sa manjim viškom
- 7) Kompanije sa boljom korporativnom financijskom poviješću ostvaruju bolje rezultate od onih sa lošijom poviješću
- 8) Velike kompanije ostvaruju bolje rezultate od manjih kompanija
- 9) Kompanije koje ulažu u istraživanja i razvoj (*eng. RnD, Research and Development*) ostvaruju bolje rezultate od onih koje ne ulažu
- 10) Kompanije koje ulažu i rade investicije svojeg kapitala ostvaruju bolje rezultate od onih koje to ne rade

- 11) Kompanije sa manjom finansijskom polugom kratkoročno ostvaruju bolje rezultate (ili lošije) od kompanija sa većom polugom
- 12) Kompanije locirane u različitim državama ostvaruju različite finansijske rezultate
- 13) Kompanije koje pripadaju drugačijim industrijama ostvaruju drugačije finansijske rezultate
- 14) Finansijska kriza negativno utječe na finansijske rezultate jedne kompanije

Zaključci studije su slijedeći:

- 1) Uvođenje efikasnih energetske sustava nema značajan utjecaj na finansijske rezultate kompanije. To može značiti da se cijena uvođenja takvog sustava dugoročno isplati u cijelosti, ali ne stvori značajan višak sredstava.
- 2) Korištenje obnovljivih izvora energije isto nema značajan utjecaj na finansijske rezultate kompanije. Opet, trenutno ne postoji pre velika inicijativa za korištenjem takvih izvora ukoliko se ne uvedu zakonske regulative. Investitori i vlasnici ne vole mijenjati sustave u svojim pogonima ako ne rade veliku finansijsku razliku.
- 3) Implementacija i efikasnih energetske sustava i korištenje obnovljivih izvora energije u kombinaciji ne rade značajnu razliku na finansijskim pokazateljima. Objašnjenje može biti što je takav zahvat vrlo kapitalno intenzivan, pa investitori odgađaju implementaciju s obzirom na to da, kao što je u točki 1 i 2 pojašnjeno, same implementacije jednog ili drugog modela ne uzrokuju pozitivan ishod na finansijskim indikatorima.
- 4) Kompanije sa visokim nivoom implementacije održivih sustava upravljanja energije imaju kratkoročno pozitivan efekt na finansijske performanse, ali ne i dugoročne. Objašnjenje može biti što kod implementacije takvog sustava, u početku se odmah istaknu slabe točke prijašnjeg sustava koje se onda isprave, pa kratkoročno povećaju finansijsku dobit. Dugoročno je jednostavno implementirati ovakav sustav pa se ne može reći da radi dugoročnu korporativnu prednost, ako ga svi mogu implementirati.
- 5) Statistički nema značajnih podataka koje dokazuju da starije kompanije imaju bolje finansijske performanse od mlađih
- 6) Nije uspješno dokazano da kompanije sa većim viškom monetarnih sredstava imaju bolje rezultate od onih koje imaju manji višak. Razlog tomu je vjerojatno taj što studija

rađena 2016. godine kada se svijet još oporavljao od financijske krize iz 2008. godine te tada još nisu postojale opcije za efikasno plasiranje i investiranje novaca.

- 7) Rezultati potvrđuju da kompanije koje imaju bolju financijsku prošlost ostvaruju bolje rezultate od onih koje imaju lošiju. Razlog može biti taj što ako su u povijesti generirali veći višak sredstava, mogli su ga uložiti dalje i dobiti kamatni efekt u slijedećoj godini.
- 8) Rezultatima nije utvrđeno da velike kompanije nužno imaju bolje rezultate od manjih.
- 9) RnD ima pozitivan efekt na financijske rezultate kompanije u odnosu na one koje ne ulažu u RnD te stvara konkurentsku prednost.
- 10) Odbacuje se hipoteza koja povezuje velike investicije neke kompanije sa boljom financijskom uspješnošću od onih koje imaju manje investicijske zahvate (po količini uloženi sredstava). Razlog tomu je što su najveće investicije najčešće kada velike kompanije kupuju novu i inovativnu tehnologiju od manjih kompanija, što zapravo ima veći relativni financijski skok za manju kompaniju nego za veću.
- 11) Nije pronađena znatna razlika između kompanija koje koriste veću ili manju financijsku polugu.
- 12) Kompanije locirane u različitim državama ne ostvaruju relativno različite financijske performanse.
- 13) Ne postoji značajna razlika u financijskim performansama između kompanija različitih djelatnosti. Opet, ova studija je rađena 2016. godine kada su se još uvijek osjetile posljedice financijske krize iz 2008. godine koja je zahvatila apsolutno sve industrije u Svijetu. Trebalo bi provoditi novu studiju, jer je tehnologija u međuvremenu eksponencijalno napredovala, pa tako i tvrtke koje se bave razvojem takve tehnologije.
- 14) Financijska kriza statistički dokazano ima značajan utjecaj na sve industrije i financijske rezultate kompanija.

Ova studija analizira podatke multinacionalnih kompanija od 2008. do 2013. godine, te zaključuje da učinkovitost energije i korištenje obnovljive energije nemaju značajan utjecaj na financijske performanse. Studija sugerira da troškovi prihvaćanja ovih tehnologija mogu nadmašiti uštede i ne stvaraju dugoročne konkurentске prednosti koje investitori prepoznaju. Iako ne radi značajni financijski pomak, u ovome radu nisu analizirani sociološki i ekološki utjecaji implementacije pametnog energetskeg sustava, te postavljanjem zakonskih okvira oko

implementacije ovakvog sustava je ključno zbog poboljšanja održivosti i generalne dobrobiti čovječanstva koje je objašnjeno prije u ovome radu.

Umjetna inteligencija (AI) i njen utjecaj na rezultate kompanije

Cilj studije objavljene 2020. godine [60], bio je ocijeniti kako umjetna inteligencija (AI) utječe na performanse tvrtki, posebice kroz prizmu poslovnih poboljšanja vođenih umjetnom inteligencijom. Metodologija koja se primjenjuje u istraživanju uključuje analizu umjetne inteligencije, studije slučaja iz različitih industrija, prikupljanje podataka s web stranica pružatelja AI rješenja i pregled literature o AI kako bi se procijenio njezin utjecaj na organizacijske performanse i vrijednost koju donosi transformacija projekata omogućenih umjetnom inteligencijom unutar organizacija.

Ovo istraživanje koristi teoriju IT sposobnosti kako bi se istražio utjecaj poslovne vrijednosti umjetne inteligencije na performanse tvrtki na organizacijskoj i procesnoj razini. Studija je uključivala analizu 500 studija slučaja iz raznih tehnoloških tvrtki. Primjenjivala se trofazna analiza arhivskih podataka koja obuhvaća konceptualizaciju, poboljšanje i razvoj te fazu procjene kako bi se istražio učinak umjetne inteligencije na organizacijske performanse i dodanu vrijednost projekata transformacije omogućenih umjetnom inteligencijom.

Istraživanje je zaključilo slijedeće: umjetna inteligencija uključuje različite tehnologije poput strojnog prevođenja i chatbotova, koje pojedincima pomažu da efikasnije djeluju u svojem okruženju. Kroz usvajanje AI, organizacije se prilagođavaju ili mijenjaju svoje poslovno okruženje, jačajući svoje konkurentske sposobnosti. AI doprinosi kroz optimizaciju procesa, automatizaciju i poboljšanje interakcije s ljudima, što dovodi do boljih organizacijskih i procesnih rezultata. Učinkovitost kroz AI postiže se primjenom njegovih funkcionalnosti na preoblikovanje poslovnih procesa.

8. Zaključak

Industrija 5.0 unaprjeđuje prijašnji koncept industrije 4.0 koji se bazirao na pojačanom korištenju hardvera i softvera za automatizaciju proizvodnih procesa te koji teži maksimizaciji financijske dobiti. Industrija 5.0 rješava negativne strane industrije 4.0 kao na primjer gubitak radnih mjesta zbog pre velike automatizacije na način da stvara radna mjesta na kojima ljudi i roboti (automatika) mogu raditi skupa. Industrija 5.0 fokusira se na osiguranje dobrobiti planete i ljudi stavljajući u središte čovjeka i njegove potrebe te fokusirajući se na održivost proizvodnih procesa. Zelena digitalna transformacija proces je implementacije novih tehnologija poput umjetne inteligencije i novih poslovnih modela kako bi se postojeći proizvodni procesi ne samo financijski unaprijedili već i poboljšali svoju održivost te kako bi zadovoljili direktive o održivoj proizvodnji koje propisuje Europska unija s ciljem postizanja idealne „Net-zero“ proizvodnje diljem kontinenta. Uz direktive i ciljeve koje Europska unija propisuje poput „The European Green Deal“, međunarodna organizacija za standardizaciju ISO izdala je set smjernica i standarda koje tvrtke moraju zadovoljavati ukoliko žele integrirati održivost u svoje poslovanje i prakse. Kako bi tvrtke pratile svoje performanse u području održivosti, razvijeni su razni pokazatelji koji kvantificiraju performanse u tri kategorije: sociološkoj, ekološkoj i ekonomskoj. Iako je održivost tek nedavno stavljena u centar pažnje od strane EU i drugih vladajućih tijela širom svijeta, zakonski okviri u tom području nužni su jer se veliki dio benefita koje nose održive proizvodnje ne mogu u kratkom roku kvantificirati i financijski opravdati. Većina benefita su kvalitativna i ključna su za dugoročnu dobrobit ljudi i planete.

LITERATURA

- [1] João Barata, Ina Kayser, Industry 5.0 – Past, Present, and Near Future, *Procedia Computer Science*, Volume 219, 2023, Pages 778-788 , ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.351>.
- [2] Europska komisija, pristupljeno 18.02.2024, https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en
- [3] Dmitry Ivanov (2023) The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives, *International Journal of Production Research*, 61:5, 1683-1695, DOI: 10.1080/00207543.2022.2118892
- [4] Istraživanje McKinsey and Co., pristupljeno 18.02.2024., https://www.mckinsey.com/~/_media/McKinsey/Industries/Semiconductors/Our%20Insights/Artificial%20intelligence%20hardware%20New%20opportunities%20for%20semiconductor%20companies/Artificial-intelligence-hardware.pdf
- [5] Harvard business review, pristupljeno 18.02.2024., <https://starlab-alliance.com/wp-content/uploads/2017/09/AI-Article.pdf>
- [6] Izvor slike, pristupljeno 18.02.2024., <https://www.digitimes.com/news/a20230518PD215/nvidia-ic-manufacturing-ai-gpu-ai-server-tsmc.html>
- [7] Akundi A, Euresti D, Luna S, Ankobiah W, Lopes A, Edinbarough I. State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends. *Applied System Innovation*. 2022; 5(1):27. <https://doi.org/10.3390/asi5010027>
- [8] Istraživanje Deloitte, pristupljeno 18.02.2024., <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/consumer-business/ch-en-consumer-business-made-to-order-consumer-review.pdf>
- [9] Jiewu Leng, Weinan Sha, Baicun Wang, Pai Zheng, Cunbo Zhuang, Qiang Liu, Thorsten Wuest, Dimitris Mourtzis, Lihui Wang, Industry 5.0: Prospect and retrospect, *Journal of Manufacturing Systems*, Volume 65, 2022, Pages 279-295, ISSN 0278-6125, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>.

- [10] Epstein, M.J. (2008). *Making Sustainability Work: Best Practices in Managing and Measuring Corporate Social, Environmental and Economic Impacts* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351280129>
- [11] Kishawy HA, Hegab H, Saad E. Design for Sustainable Manufacturing: Approach, Implementation, and Assessment. *Sustainability*. 2018; 10(10):3604. <https://doi.org/10.3390/su10103604>
- [12] Mohammed M, Shafiq N, Elmansoury A, Al-Mekhlafi A-BA, Rached EF, Zawawi NA, Haruna A, Rafindadi AD, Ibrahim MB. Modeling of 3R (Reduce, Reuse and Recycle) for Sustainable Construction Waste Reduction: A Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). *Sustainability*. 2021; 13(19):10660. <https://doi.org/10.3390/su131910660>
- [13] Y. Maqbool *et al.*, "An Implementation Framework to Attain 6R-Based Sustainable Lean Implementation—A Case Study," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 117561-117579, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2936056.
- [14] Slika sa stranice, pristupljeno 18.02.2024., <https://www.mcciapunesampada.com/2022/08/sustainable-manufacturing-excellence.html>
- [15] Shantanu Bhattacharya (Singapore Management University, Singapore) and Lipika Bhattacharya (Singapore Management University, Singapore), XaaS: "Everything-as-a-service", Introduction, P1-41, DOI: 10.1142/9789811219924_0001
- [16] Dilek Ozdemir, Mahak Sharma, Amandeep Dhir, Tugrul Daim, Supply chain resilience during the COVID-19 pandemic, *Technology in Society*, Volume 68, 2022, 101847, ISSN 0160-791X, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101847>.
- [17] David Tang (2021) WHAT IS DIGITAL TRANSFORMATION?, *EDPACS*, 64:1, 9-13, DOI: 10.1080/07366981.2020.1847813
- [18] Lu, Y., Riddick, F., Ivezic, N. (2016). The Paradigm Shift in Smart Manufacturing System Architecture. In: Nääs, I., et al. *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World. APMS 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 488. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_90

- [19] Jung, K., Kulvatunyou, B., Choi, S., Brundage, M.P. (2016). An Overview of a Smart Manufacturing System Readiness Assessment. In: Nääs, I., et al. Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World. APMS 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 488. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51133-7_83
- [20] Yan Lu, KC Morris, Frechette S., „Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems, <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.8107>
- [21] Pristupljeno 18.02.2024., <https://blog.mesa.org/2016/03/smart-manufacturing-isnt-so-smart.html>
- [22] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.nytimes.com/2020/03/13/nyregion/coronavirus-panic-buying.html>
- [23] Raj A, Mukherjee AA, de Sousa Jabbour ABL, Srivastava SK. Supply chain management during and post-COVID-19 pandemic: Mitigation strategies and practical lessons learned. *J Bus Res.* 2022 Mar;142:1125-1139. doi: 10.1016/j.jbusres.2022.01.037. Epub 2022 Jan 21. PMID: 35079190; PMCID: PMC8776498.
- [24] Yildiz Çankaya, S. and Sezen, B. (2019), "Effects of green supply chain management practices on sustainability performance", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 30 No. 1, pp. 98-121. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0099>
- [25] Srivastava, S.K. (2007), Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9: 53-80. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x>
- [26] PAULRAJ, A. (2011), UNDERSTANDING THE RELATIONSHIPS BETWEEN INTERNAL RESOURCES AND CAPABILITIES, SUSTAINABLE SUPPLY MANAGEMENT AND ORGANIZATIONAL SUSTAINABILITY†. *Journal of Supply Chain Management*, 47: 19-37. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2010.03212.x>
- [27] Joseph Sarkis, A strategic decision framework for green supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, Volume 11, Issue 4, 2003, Pages 397-409, ISSN 0959-6526, [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00062-8).

- [28] de Freitas Netto, S.V., Sobral, M.F.F., Ribeiro, A.R.B. et al. Concepts and forms of greenwashing: a systematic review. *Environ Sci Eur* 32, 19 (2020).
<https://doi.org/10.1186/s12302-020-0300-3>
- [29] Kaisu Sammalisto, Torbjörn Brorson, Training and communication in the implementation of environmental management systems (ISO 14001): a case study at the University of Gävle, Sweden, *Journal of Cleaner Production*, Volume 16, Issue 3, 2008, Pages 299-309, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.07.029>.
- [30] Pristupljeno 18.02.2024., https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/history-eu/1945-59_en
- [31] Pristupljeno 18.02.2024., <https://perma.cc/GQR7-JM8G>
- [32] Pristupljeno 18.02.2024., https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_en
- [33] Pristupljeno 18.02.2024., https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [34] Pristupljeno 18.02.2024., https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en
- [35] Eline van Weelden, Ruth Mugge, Conny Bakker, Paving the way towards circular consumption: exploring consumer acceptance of refurbished mobile phones in the Dutch market, *Journal of Cleaner Production*, Volume 113, 2016, Pages 743-754, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.065>.
- [36] Pristupljeno 18.02.2024., https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_en
- [37] Pristupljeno 18.02.2024., https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-emissions-directive_en
- [38] Pristupljeno 18.02.2024., https://environment.ec.europa.eu/strategy/plastics-strategy_en
- [39] Pristupljeno 18.02.2024.,
<https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/16290/retrieve>
- [40] Pristupljeno 18.02.2024., <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

- [41] Pristupljeno 18.02.2024., <https://statisticstimes.com/demographics/china-vs-india-population.php#:~:text=China%20and%20India%20are%20the,and%2060%25%20of%20Asia%20population.>
- [42] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.iso.org/about-us.html>
- [43] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.iso.org/iso-26000-social-responsibility.html>
- [44] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>
- [45] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.iso.org/iso-20121-sustainable-events.html>
- [46] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.iso.org/standard/66453.html>
- [47] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/G01026.pdf?>
- [48] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.oecd.org/about/>
- [49] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/31558547.pdf>
- [50] Pristupljeno 18.02.2024., <http://www.ciesin.org/docs/001-540/001-540.html>
- [51] Pristupljeno 18.02.2024., <https://r744.com/european-parliament-approves-bans-of-hfcs-and-hfos-in-multiple-applications-and-hfc-phase-out-by-2050/#:~:text=by%202050%20%2D%20R744-,European%20Parliament%20Approves%20Bans%20of%20HFCs%20and%20HFOs%20in%20Multiple,HFC%20Phase%20Out%20by%202050&text=The%20results%20of%20the%20European,the%20EU%20F%2Dgas%20Regulation>
- [52] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-energy-and-health/health-impacts/exposure-air-pollution>
- [53] Hristov I, Chirico A. The Role of Sustainability Key Performance Indicators (KPIs) in Implementing Sustainable Strategies. *Sustainability*. 2019; 11(20):5742. <https://doi.org/10.3390/su11205742>
- [54] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.globalreporting.org/about-gri/mission-history/>

- [55] Pristupljeno 18.02.2024., <https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/>
- [56] Pristupljeno 18.02.2024., https://en.wikipedia.org/wiki/Economic_indicator
- [57] Pristupljeno 18.02.2024.,
<https://www.un.org/en/conferences/environment/johannesburg2002>
- [58] Hristov I, Chirico A. The Role of Sustainability Key Performance Indicators (KPIs) in Implementing Sustainable Strategies. *Sustainability*. 2019; 11(20):5742.
<https://doi.org/10.3390/su11205742>
- [59] Carmen-Pilar Martí-Ballester, Sustainable energy systems and company performance: Does the implementation of sustainable energy systems improve companies' financial performance?, *Journal of Cleaner Production*, Volume 162, Supplement, 2017, Pages S35-S50, ISSN 0959-6526,
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.015>.
- [60] Wamba-Taguimdje, S.-L., Fosso Wamba, S., Kala Kamdjoug, J.R. and Tchatchouang Wanko, C.E. (2020), "Influence of artificial intelligence (AI) on firm performance: the business value of AI-based transformation projects", *Business Process Management Journal*, Vol. 26 No. 7, pp. 1893-1924.
<https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0411>