



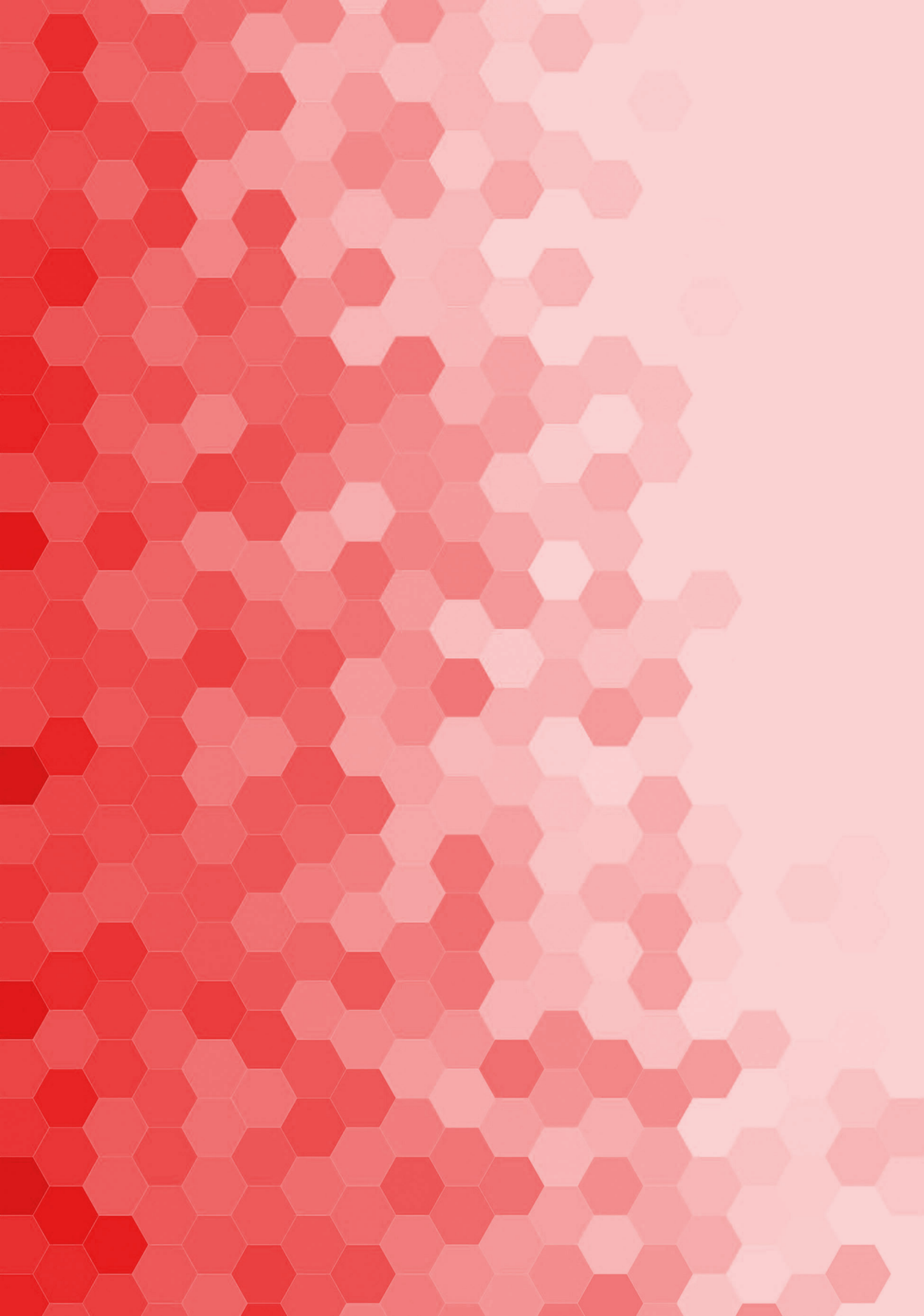
UPRAVLJANJE TRAJNOSTNOSTI V OSKRBOVALNIH VERIGAH

UREDNIK

Matevž
Obrecht



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru





Univerza v Mariboru

Fakulteta za logistiko

Upravljanje trajnostnosti v oskrbovalnih verigah

Urednik
Matevž Obrecht

Julij 2025

Naslov <i>Title</i>	Upravljanje trajnostnosti v oskrbovalnih verigah <i>Mastering Sustainability in Supply Chains</i>
Urednik <i>Editor</i>	Matevž Obrecht (Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko)
Recenzija <i>Review</i>	Tina Cvahte Ojsteršek (Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko)
	Marijana Pečarevič (Univerza v Dubrovniku)
Lektoriranje <i>Language editing</i>	Mateja Forte (Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko)
Tehnični urednik <i>Technical editor</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Oblikovanje ovitka <i>Cover designer</i>	Jan Perša (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)
Grafika na ovitku <i>Cover graphic</i>	Logistics web, avtor: Gerd Altmann, pixabay.com, 2023

Grafične priloge
Graphic material Viri so lastni, razen če ni navedeno drugače.
Avtorji prispevkov in Obrecht (urednik), 2025

Založnik
Published by **Univerza v Mariboru**
Univerzitetna založba
Slomškov trg 15, 2000 Maribor, Slovenija
<https://press.um.si>, zalozba@um.si

Izdajatelj
Issued by **Univerza v Mariboru**
Fakulteta za logistiko
Mariborska cesta 7, 3000 Celje, Slovenija
<https://www.fl.um.si>, info.fl@um.si

Izdaja
Edition Prva izdaja

Vrsta publikacije
Publication type E-knjiga

Dostopno na
Available at <http://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/986>

Izdano
Published at Maribor, julij 2025

Ime projekta Vzpostavitev okolja za izobraževanje zelene in digitalne logistike
Project name ter oskrbovalnih verig

Financer projekta Projekt sofinancirata Republika Slovenija, Ministrstvo za visoko
Project financier šolstvo, znanost in inovacije, in Evropska unija - NextGenerationEU. Projekt se izvaja skladno z načrtom v okviru razvojnega področja Pametna, trajnostna in vključujoča rast, komponente Krepitev kompetenc, zlasti digitalnih in tistih, ki jih zahtevajo novi poklici in zeleni prehod (C3 KS), za ukrep investicija F. Izvajanje pilotnih projektov, katerih rezultati bodo podlaga za pripravo izhodišč za reformo visokega šolstva za zelen in odporen prehod v Družbo 5.0: projekt Pilotni projekti za prenovo visokega šolstva za zelen in odporen prehod. Projekt je del sheme NOO (Načrt za okrevanje in odpornost)



NAČRT ZA
OKREVANJE
IN ODPORNOST



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA VISOKO ŠOLSTVO,
ZNANOST IN INOVACIJE



Financira
Evropska unija
NextGenerationEU



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ University of Maribor, University Press

Besedilo / *Text* © avtorji prispevkov in Obrecht (urednik), 2025

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

658.7:502.131(0.034.2)

UPRAVLJANJE trajnostnosti v oskrbovalnih verigah [Elektronski vir] / urednik
Matevž Obrecht. - 1. izd. - E-knjiga. - Maribor : Univerza v Mariboru,
Univerzitetna založba, 2025

Način dostopa (URL): <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/986>

ISBN 978-961-299-012-1 (PDF)

doi: 10.18690/um.fl.4.2025

COBISS.SI-ID 242466819

ISBN 978-961-299-012-1 (pdf)
978-961-299-013-8 (trda vezava)

DOI <https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025>

Cena
Price Brezplačni izvod

Odgovorna oseba založnika prof. dr. Zdravko Kacič,
For publisher rektor Univerze v Mariboru

Citiranje Obrecht, M. (ur.). (2025). *Upravljanje trajnostnosti v oskrbovalnih*
Attribution verigah. Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba. doi:
10.18690/um.fl.4.2025

Kazalo

1	Podnebne spremembe in postogljične alternative v transportu <i>Climate Change and Post-carbon Alternatives in Transport</i> Maja Vrčon	1
2	Trajnostna transformacija organizacije <i>Sustainable Organizational Transformation</i> Matjaž Knez	29
3	Okoljska presoja: osnove izračuna ogljičnega odtisa <i>Environmental Assessment: Integration of Carbon Footprint</i> Matevž Obrecht	57
4	Okoljska presoja z LCA <i>Environmental Impact Assessment with LCA</i> Matjaž Denac	71
5	Krožno gospodarstvo in vrednostne verige (analiza življenjskega cikla) <i>Circular Economy and Value Chains (Life Cycle Analysis)</i> Rebeka Kovačič Lukman, Kristijan Brglez	101
6	Integracija ekodizajna v upravljanje oskrbovalnih verig <i>Integration of Eco Design in Supply Chain Management</i> Matevž Obrecht	121
7	Trajnostna energetska samooskrba <i>Sustainable Energy Self-Sufficiency</i> Matevž Obrecht, Martin Fale	139

PODNEBNE SPREMEMBE IN POSTOGLJIČNE ALTERNATIVE V TRANSPORTU

MAJA VRČON

Gorica, Italija
maja.vrcon@gmail.com

Od objave prvega poročila Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC), leta 1990, so podnebne spremembe in njihovi socialno-ekonomski učinki postali glavna tema oblikovalcev politik. Podnebne spremembe in njihove posledice so izjemno kompleksni procesi, ki odpirajo vrsto vprašanj. Ker je nujnost obravnavanja podnebnih sprememb vse večja, je sedanji premik k trajnostni prihodnosti v središče pozornosti postavil različne sektorje, vključno s prometnim. Vendar pa ta tematika ostaja občutljiva, saj neposredno vpliva na vsakodnevne odločitve nešteti državljanov. Čeprav ni ene same rešitve za preoblikovanje prometnega sektorja, nam bodo naložbe in večje možnosti dostopa do alternativnih goriv in vozil s čisto energijo ter pravičnejši javni prevoz mogoče le pomagali doseči ambiciozne cilje, ki jih je postavil IPCC. Postogljična prihodnost je mogoča tudi s pogledom nazaj; prevažanje z vetrom v jadrih in poganjanje tovornih koles po mestu. Različne družbene inovacije in pobude, kot so skupni prevozi in deljenje avtomobilov, skupaj z vnetimi razpravami o pravični porazdelitvi javnega prostora med različne udeležence v prometu, pa v mnogih metropolah že spreminjajo načine mobilnosti.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.1](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.1)

ISBN
978-961-299-012-1

Ključne besede:
podnebne spremembe,
podnebne politike,
planetarne omejitve,
postogljični transport,
trajnostna mobilnost

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.1](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.1)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:
climate change,
climate policy,
planetary boundaries,
post-carbon transport,
sustainable transport

CLIMATE CHANGE AND POST-CARBON ALTERNATIVES IN TRANSPORTE

MAJA VRČON

Gorizia, Italy
maja.vrcon@gmail.com

Since the first IPCC report was published in 1990, policy makers have been confronted with the major issue of climate change and its socio-economic impacts. The impact of climate change and its consequences is a complex process that raises several questions. The current shift toward a sustainable future has made various sectors, including transport, the focus of the current urgency to address climate change. Despite this, this matter remains sensitive because it directly affects the daily decisions of countless citizens. While there is no single solution to transforming the transport sector, solutions like clean energy vehicles and fairer public transport can perhaps help us achieve the ambitious goals set by the IPCC. A post-carbon future is also possible by looking back, transporting with the wind in the sails and driving cargo bikes around the city. Various social innovations and initiatives, such as community transportation and car sharing, together with lively debates about the fair distribution of public space between different traffic users, are already changing the modes of mobility in many metropolises.

1 Uvod

Podnebne spremembe niso več samo težava prihodnosti, ampak smo jim priča že danes. Nekatere dele našega planeta so vidno prizadele že pred desetletji, iz leta v leto bolj pa smo katastrofalnim posledicam priča tudi pri nas. Spremembe zemljinega podnebja, ki jih povzročajo povečani človekovi izpusti toplogrednih plinov, močno vplivajo na okolje. Ledeniki in ledene plošče se manjšajo, led v rekah in jezerih se topi vse prej, naravni habitati rastlin in živali se premikajo in spreminjajo, rastline prej cvetijo ... Nekatere spremembe (kot so suše, gozdni požari in ostali ekstremni vremenski pojavi) se odvijajo celo hitreje, kot so znanstveniki predvideli. Pri nas smo v poletju 2022 bili priča skoraj neustavljivemu požaru, ki je opustošil Kras. Priča smo bili tudi enemu najbolj sušnih let v Sloveniji. Po navedbah Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) je po delnih (in še ne povsem preverjenih podatkih) bilo leto 2022 na ravni države najtoplejše do sedaj, podpovprečno namočeno in med najbolj osončenimi do sedaj. Še dvema vremenskima ujmama pa smo bili priča tudi lani (leta 2023); hudi toči in enim največjih poplav v Sloveniji v tem stoletju.

Od objave prvega poročila Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC) leta 1990, so podnebne spremembe in njihovi socialno-ekonomski učinki postali glavna tema oblikovalcev politik. Podnebne spremembe in njihove posledice so izjemno kompleksni procesi, ki odpirajo vrsto vprašanj. Z etičnega vidika se nekatera najbolj pereča vprašanja nanašajo na ravnovesje med prizadevanji za blažitev in prilagajanje ter pripisovanje odgovornosti za pretekle in sedanje emisije toplogrednih plinov. Da so podnebne spremembe medgeneracijski problem, je dejstvo, ki ga ne moremo več zanemarjati. Blaginja in preživetje prihodnjih generacij sta bolj kot kadarkoli prej odvisni od odločitev, ki jih bomo sprejeli danes. Zaradi in s pomočjo pritiskov po ukrepanju, ki se vršijo tako od zgoraj navzdol (npr. s podnebnimi politikami od mednarodne do regionalnih ravni) kot tudi v obliki preprostih ljudskih pobud, se na mikroravnih stvari premikajo v pozitivno smer. Priča smo številnim rešitvam, ki prispevajo k tranziciji v nizkoogljično družbo in blaženju podnebnih sprememb kot tudi pravičnejši družbi in kakovostnejšemu življenju.

V nadaljevanju tega prispevka bi rada osvetlila nekaj osnovnih konceptov, vezanih na podnebno krizo, kot so: Antropocen, Planetarne omejitve, IPCC, podnebne politike in, kar je najbolj pomembno, predstavila nekatere že obstoječe rešitve na področju transporta, ki bi lahko zaznamovale začetek t. i. postogljične družbe.

2 Od človeka do podnebnih sprememb

2.1 Doba Antropocen

Antropocen bi naj bila še nepriznana geološka doba, v kateri trenutno živimo, del kvartarnega obdobja (od 2,6 milijona pr. n. št. do danes), ki jo zaznamuje predvsem bistveno spreminjanje zemeljskega površja, ozračja, oceanov in sistemov kroženja hranil zaradi vpliva človeških dejavnosti. Vse večja skupina znanstvenikov trdi, da bi morala doba Antropocen slediti Holocenu (od 11.700 let pr. n. št. do danes) in se začeti leta 1950. Formalizacija Antropocena je odvisna od tega, ali so oz. bodo vplivi človeka na planet Zemlja dovolj obsežni, da so dejansko zaznavni tudi v kameninskih plasteh. Večina znanstvenikov se strinja, da je bil kolektivni vpliv človeka znatno manjši pred industrijsko revolucijo, torej do sredine 18. stoletja. Po tem pa je napredek v tehnologiji ljudem omogočil obsežne, sistematične spremembe, ki vplivajo na več vidikov zemeljskega sistema. Znanstveniki so predlagali, da bi se Antropocen začel z letnico 1784, ko je škotski iznajditelj James Watt bistveno izboljšal svoj parni stroj (patentiran 1781), kar tudi sovпада z začetkom industrijske revolucije in uporabo fosilnih goriv (Issberner in Léna, 2018).

Definicijo najnovejše zemeljske geološke dobe, ko naj bi človekove aktivnosti spodbudile biofizične spremembe v planetarnem obsegu, in besedo samo, je leta 1980 skoval ameriški biolog Eugene F. Stoermer. Priljubljena pa je postala na začetku enaindvajsetega stoletja s pomočjo nizozemskega atmosferskega znanstvenika in prejemnika Nobelove nagrade za kemijo leta 1995, Paula Crutzena. Beseda Antropocen prihaja iz stare grščine: ἄνθρωπος (anthropos), človek in -cene iz καινός (kainos), kar pomeni "nov". Beseda se uporablja v različnih kulturnih in znanstvenih kontekstih. Uporabljajo jo raziskovalci, poeti, filozofi, politiki in aktivisti, velikokrat celo z drugačnimi pomeni. Nekateri človekov vpliv na planet povezujejo samo s podnebnimi spremembami (segrevanjem atmosfere, zraka in oceanov zaradi uporabe fosilnih goriv), vendar človekov vpliv na spreminjanje planeta sega veliko dlje od samih podnebnih sprememb. Pomislimo samo na kopičenje odpadkov, gradnjo mest, cest itd.

Kot navajata Issberner in Léna (2018), je od leta 1987 do 2015 potekal obsežen multidisciplinarni raziskovalni projekt, *Mednarodni program za geo in biosfero* (ang. International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP), v okviru katerega se je

zbralo obsežno število podatkov o antropogenih spremembah zemeljskega sistema. Še ena od raziskav, ki se je začela že v petdesetih letih prejšnjega stoletja, v okviru katere se je vzorčilo starodavni led na Antarktiki in trenutno sestavo atmosfere, je pokazala pospešeno kopičenje toplogrednih plinov, predvsem ogljikovega dioksida. Leta 1988 je bil ustanovljen Medvladni forum za podnebne spremembe (IPCC) z namenom, da preuči vpliv teh pojavov na podnebje. Predvsem v zadnjih šestdesetih letih je vpliv človeka na planet postal nepredstavljivih dimenzij in hitrosti. Kot navaja Rafferty (2023), je to obdobje znano tudi kot *“Velika pospešitev”* (ang. Great acceleration). Gre za povojno obdobje razmaha in eksponentne rasti prebivalstva, velike porabe fosilnih goriv in vode, proizvodnjo hrane, globalno komunikacijo in uporabo kmetijskih površin ogromnih dimenzij. S tem obdobjem pa se začnejo tudi izpusti ogljikovega dioksida, globalno segrevanje, zakisevanje oceanov, uničevanje naravnih habitatov, izumiranje vrst in obsežno izkoriščanje naravnih virov. Znaki, ki jasno kažejo, da smo znatno spremenili naš planet.

Z združevanjem vseh teh podatkov; najprej leta 2009 in kasneje še leta 2015, so okoljski znanstvenik Johan Rockström (Švedska) in njegovi kolegi iz Centra za odpornost v Stockholmu (Stockholm Resilience Centre) načrtali devet Planetarnih omejitev. Štiri od devetih planetarnih omejitev so že bile prekoračene (po podatkih pred letom 2023¹). To so podnebne spremembe, izguba biotske pestrosti, izumiranje vrst in pokritost z rastlinjem, prav tako tudi biogeokemijski ciklusi, kjer ključno vlogo igrata fosfor in dušik (Issberner in Léna, 2018). Planetarne omejitve so bile posodobljene v septembru 2023.

Danes je jasno, da naše podnebje ni več stabilno in se hitro segreva. Znanstveniki se zdaj strinjajo, da je glavni vzrok za pospešeno globalno segrevanje človeška dejavnost. Kmetijstvo, urbanizacija, krčenje gozdov in onesnaževanje so povzročili izjemne spremembe na Zemlji. Kljub temu si geologi niso enotni glede tega, ali bomo ljudje imeli resnično trajen in pomemben vpliv na kemično sestavo kamnin in fosilov pod našimi nogami. In prav to bi bil dokaz, da lahko razglasimo novo dobo - Antropocen. Ljudje obstajamo tako kratko obdobje glede na Zemljino zgodovino, da je morda še prezgodaj sklepati, da bo naš vpliv resnično viden v fosilnih zapisih čez milijone let.

¹ Opomba avtorice.

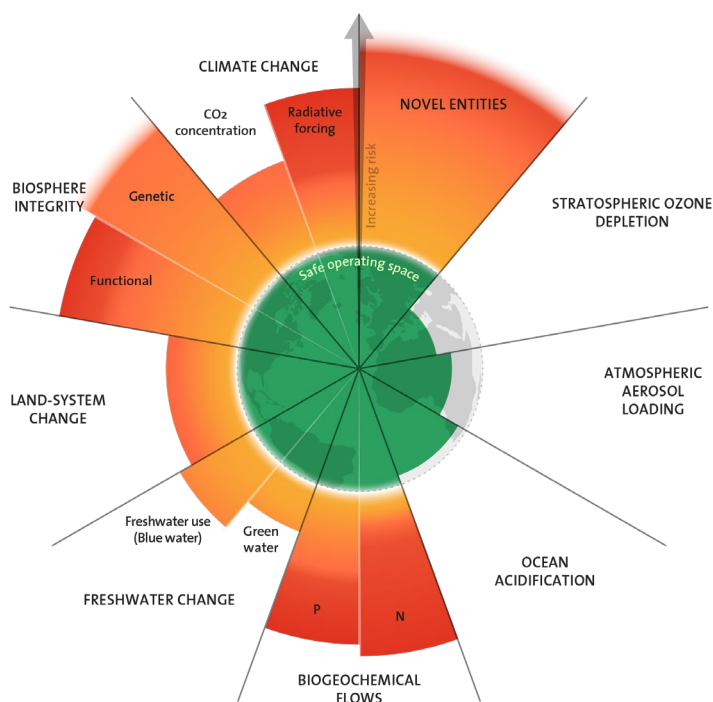
2.2 Planetarne omejitve

Koncept Planetarnih omejitev je nabor devetih t. i. planetarnih mej, znotraj katerih se človeštvo lahko še naprej razvija in uspeva tudi v prihajajočih generacijah. Sam koncept je sprva predlagal Johan Rockström iz Centra za odpornost v Stockholmu (Stockholm Resilience Centre) in osemindvajset uglednih mednarodnih znanstvenikov skupine Earth System leta 2009. Med avtorji okvira Planetarnih omejitev so tudi znanstveniki, kot Will Steffen iz Avstralske nacionalne univerze, Nobelov nagrajenec Paul Crutzen, okoljski znanstvenik James Hansen iz Goddardovega inštituta za vesoljske raziskave, oceanografinja Katherine Richardson, geografinja Diana Liverman itd.

Od samega začetka pa do danes je bil okvir Planetarnih omejitev znova in znova pregledan in večkrat posodobljen. Prav septembra leta 2023 je skupina znanstvenikov prvič kvantificirala vseh devet procesov. Nedavna posodobitev pa ne kvantificira samo vseh meja, ampak tudi ugotavlja, da je bilo šest od devetih meja že prekoračenih. Tako, kot so pri Centru za odpornost v Stockholmu zapisali na njihovi uradni spletni strani (Stockholm Resilience Centre, 2023), prestopanje planetarnih omejitev povečuje tveganje in ustvarja velikanske nenadne in nepopravljive spremembe v okolju. Te drastične spremembe pa se ne bodo nujno zgodile čez noč. Kljub temu planetarne omejitve označujejo kritični prag in nas svarijo, da prestopanje omejitev pomeni povečano tveganje tako za naše naravno okolje kot za človeka.

Kot že omenjeno, koncept devetih Planetarnih omejitev opredeljuje devet globalnih prednostnih področji, ki se navezujejo na človekovo spreminjanje okolja. Kot so zapisali na Centru za odpornost v Stockholmu (Stockholm Resilience Centre, 2023), znanstveni izsledki kažejo na to, da teh devet procesov in sistemov regulira stabilnost in odpornost zemeljskega sistema. Gre torej za medsebojno delovanje in povezavo kopnega, oceanov, atmosfere in življenja na Zemlji, ki skupaj ustvarjajo pogoje, od katerih je odvisna naša družba. Na Centru za odpornost v Stockholmu so med teh devet procesov umestili sledeče: podnebne spremembe, nove entitete, tanjšanje stratosferske ozonske plasti, kopičenje aerosolov v atmosferi, zakisevanje oceanov, biogeokemijske tokove, spreminjanje sladkovodnih virov, spremembe rabe zemljišč, celovitost biosfere.

Glede na lani objavljeno posodobitev omejitev je prekoračenih šest omejitev (Richardson et al., 2023): podnebne spremembe, celovitost biosfere (genetska raznovrstnost in energija, ki je na voljo ekosistemom), sprememba uporabe zemljišč, spreminjanje sladkovodnih virov (spremembe celotnega vodnega cikla na kopnem), biogeokemijski tokovi (kroženje hranil) in nove entitete (te so popolnoma človeškega izvora, in so: npr. mikroplastika, gensko spremenjeni organizmi, onesnaževanje ...). Ugotovljeno je bilo tudi, da so: tanjšanje stratosferske ozonske plasti, kopičenje aerosolov v atmosferi in zakisevanje oceanov še vedno znotraj meja planeta. Vendar pa se prav tako povečuje tveganje, da bosta kopičenje aerosolov in zakisevanje oceanov prav kmalu te meje prekoračila.



Slika 1.1: The 2023 update to the Planetary boundaries

Vir: Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Richardson et al 2023

To zadnjo, tretjo posodobitev okvirja Planetarnih omejitev, je izvedlo 29 znanstvenikov iz osmih različnih držav. Raziskovalci so najprej identificirali procese v zemeljskem ekosistemu, ki so bili pomembni za ohranjanje ugodnih pogojev za človeštvo v zadnjih 12.000 letih. To obdobje je znano po stabilnih in toplih razmerah

na planetu Zemlja. Nato so ocenili, v kolikšni meri smo ljudje te procese spremenili in ugotovili, na kateri ravni človekove dejavnosti povečujejo tveganja za potencialno dramatične in nepopravljive spremembe v splošnih razmerah na Zemlji. Pri raziskavah so se poslužili tudi računalniških simulacij. Kot je skupina znanstvenikov zapisala v študiji *Earth beyond six of nine planetary boundaries* (Richardson et al., 2023), so izsledki glede preseženih planetarnih omejitev sledeči:

- ogljikov dioksid (CO₂) v atmosferi: raziskovalci so postavili planetarno omejitev za koncentracijo ogljikovega dioksida v atmosferi na 350 delcev na milijon (ppm), trenutno pa je dosegla že 417 ppm;
- sprememba rabe zemljišč: tu gre predvsem za deforestacijo, izsekovanje in uničevanje velikih površin gozda. Trenutna vrednost presega varne meje;
- celovitost biosfere: meja, ki je bila tu postavljena, je da se izumiranje vrst omeji na manj kot 10 izumrtji na milijon vrst-let (angl. 10 E/MSY- extinctions per million species-years), vendar je bila stopnja izumiranja večja od 100 izumrtij na milijon vrst-let. Tudi ta meja je bila že prekoračena. Trenutno se ocenjuje, da približno enemu milijonu od osem milijonov rastlinskih in živalskih vrst grozi izumrtje. V zadnjih 150. letih pa je morda izginilo več kot 10 odstotkov genetske raznovrstnosti, tako rastlin kot živali. Drugi vidik celovitosti biosfere je energija, ki je na voljo ekosistemu ali neto primarna proizvodnja (NPP). Ta je enaka razliki med količino ogljika, proizvedenega s fotosintezo in količino energije, ki se porabi za dihanje. Ljudje smo si prisvojili približno 30 odstotkov energije, ki je bila na voljo v podporo in delovanje biotski raznovrstnosti pred Industrijsko revolucijo;
- sladkovodni viri: med te vključujemo modro vodo (površinske vode in podtalnico; tu je tudi pitna voda) in zeleno vodo (vodo, ki je na voljo rastlinam). Vpliv človeka na modro in zeleno vodo je bil izračunan na 18,2 % oziroma 15,8 %, kar presega mejo 10,2 % oziroma 11,1 %. Analize so pokazale, da je do preseganja meja modre in zelene vode prišlo leta 1905 oziroma 1929;
- kroženje hranil (biogeokemijski tokovi): na biogeokemijskih tokovih se že odražajo antropogeni motilci ciklov elementov. Trenutno okvir upošteva dušik (N) in fosfor (P), saj ta dva elementa predstavljata temeljna gradnika življenja, njuni globalni cikli pa so se izrazito spremenili s kmetijstvom in industrijo. Meja je bila določena na 11 teragramov (Tg) za fosfor in 62 Tg za dušik. Preseženi meji sta zdaj 22,6 Tg za fosfor oziroma 190 Tg za dušik;

- proizvodjanje novih entitet: opredelitev te omejitve je zdaj postavljena na resnično nove antropogene vnose v zemeljski sistem. Sem spadajo sintetične kemikalije in snovi (npr. mikroplastika, endokrini motilci in organska onesnaževala); antropogeno mobilizirani radioaktivni materiali, vključno z jedrskimi odpadki in jedrskim orožjem, pa tudi človeško spreminjanje evolucije - gensko spremenjeni organizmi in drugi neposredni človeški posegi v evolucijske procese. Nove entitete služijo kot geološki označevalci Antropocena. Količinsko določeno planetarno omejitev novih entitet je potrebno držati na ničli. Kar pomeni ničelno sproščanje sintetičnih kemičnih spojin v odprto okolje, razen, če so bile certificirane kot neškodljive in so redno nadzorovane. To je cilj, ki ga določa Montrealski protokol.

Ljudje smo že leta 1988 agresivno posegli v dokaj varen podnebni in kopenski sistem planeta (Richardson et al., 2023). Zdaj pa se soočamo s tveganjem in se čedalje bolj približujemo sistemskim motnjam brez povratka. Planetarne omejitve so medsebojno povezani procesi znotraj kompleksnega biofizičnega sistema Zemlje. To pomeni, da zgolj osredotočanje na podnebne spremembe ne zadostuje, da bi dosegli večjo trajnostnost in odpornost. Zato je razumevanje medsebojnega delovanja omejitev, zlasti podnebnih in pa izgube biotske raznovrstnosti, ključno tako v znanosti kot tudi praksi.

2.3 Podnebne spremembe in IPCC

Človeštvo je skozi svojo zgodovino že bilo priča korenitim spremembam podnebja, vendar so se te odvijale počasneje, spomin nanje pa se je ob odsotnosti pisane besede ohranil le v mitih, ki so se ustno predajali skozi rodove (na primer mit o Vesoljnem potopu) (Allan, 2017). Prvi znani zapisi z opažanji o spreminjajočih se vremenskih vzorcih izvirajo iz antične Grčije, zgodnje sistematične raziskave podnebja in razvoj modernega razumevanja podnebnih procesov pa segajo v 19. stoletje. Vpliv CO₂ v ozračju in z njim povezan koncept 'tople grede' je leta 1825 predlagal že naravoslovec Jean-Baptiste Fourier, prve izračune vpliva povišanih koncentracij CO₂ na globalne temperature zemeljskega ozračja in s tem povezano idejo o potencialnem človekovem vplivu na spreminjanje podnebja pa je razvil Nobelov nagrajenec Svante Arrhenius na prelomu 20. stoletja (Flemming, 2014). Ob razvoju tehnologij in metod za zajemanje in obdelavo podnebnih podatkov ter ob skokovitem povečanju človeškega vpliva na okolje je prisotnost podnebnih

sprememb postala čedalje bolj očitna in zaskrbljujoča, kar je sčasoma pripomoglo k vzpostavitvi Medvladnega foruma za podnebne spremembe Združenih narodov² (IPCC) leta 1988. IPCC (2018) je bil ustanovljen na strani Svetovne meteorološke organizacije (WMO) in Programa Združenih narodov za okolje (UNEP). IPCC redno pregleduje in presoja različne znanstvene podlage, vezane na podnebne spremembe, vplive in prihodnja tveganja ter možnosti prilagajanja in blaženja podnebnih sprememb. Naloga IPCC-ja je, da vladam na vseh nivojih priskrbi znanstvene podatke, ki jih lahko uporabijo za oblikovanje podnebnih politik. Na tem mestu velja poudariti, da, čeprav si različne vladne ali druge organizacije podnebne spremembe lahko razlagajo nekoliko različno, velja definicija podnebnih sprememb Medvladnega foruma za podnebne spremembe (IPCC) v znanstveni skupnosti ter v pomembnih mednarodnih organizacijah za tisto, ki je splošno priznana in sprejeta.

V IPCC-jevem Glosarju (2018) najdemo splošno definicijo podnebnih sprememb, ki se glasi:

“Podnebne spremembe se nanašajo na spremembo stanja podnebja, ki jo je mogoče prepoznati (npr. z uporabo statističnih testov) s spremembami povprečja in/ali variabilnosti njegovih lastnosti in, ki traja daljše obdobje, običajno desetletja ali več. Podnebne spremembe so lahko posledica naravnih notranjih procesov ali zunanjih vplivov, kot so modulacije sončnih ciklov, vulkanski izbruhi in nenehne antropogene spremembe v sestavi ozračja ali rabi tal.”

Treba je pa tudi opomniti, da Okvirna konvencija Združenih narodov o podnebnih spremembah (UNFCCC) v svojem 1. členu opredeljuje podnebne spremembe kot:

“spremembo podnebja, ki je neposredno ali posredno pripisana človekovi dejavnosti, ki spreminja sestavo globalnega ozračja in, ki je poleg naravnega spreminjanja podnebja, opažena v primerljivih časovnih obdobjih.”

UNFCCC tako razlikuje med podnebnimi spremembami, ki jih je mogoče pripisati človekovim dejavnostim, ki spreminjajo sestavo ozračja in spreminjanjem podnebja, ki ga je mogoče pripisati naravnim vzrokom (IPCC, 2018).

² Na tisoče ljudi z vsega sveta prispeva k delu IPCC-ja. Za ocenjevalna poročila strokovnjaki, avtorji IPCC-ja, prostovoljno namenjajo svoj čas, da pregledujejo na tisoče znanstvenih člankov, objavljenih vsako leto. S tem zagotavljajo izčrpen povzetek vsega, kar je znanega o pospeševalcih podnebnih sprememb, njihovih vplivih in prihodnjih tveganjih. Pa tudi o tem, kako lahko prilagoditve in blaženje podnebnih sprememb zmanjšajo tveganja. Odprta in transparentna presoja strokovnjakov in vlad po celem svetu je bistven del IPCC-jevega procesa, ki zagotavlja objektivno in dokončno oceno stanja. Vključen je raznolik nabor pogledov in strokovnih mnenj glede podnebnih sprememb. Skozi proces presoje poskuša IPCC ugotoviti, kako močno je znanstveno soglasje na različnih področjih in kje so potrebne še dodatne raziskave. IPCC ne izvaja nobenih lastnih raziskav (IPCC, 2018).

Šesto ocenjevalno poročilo (AR6) Medvladnega foruma za podnebne spremembe je šesto v nizu poročil, ki predstavljajo pregled znanstvenih, tehničnih in socialno-ekonomskih podatkov v zvezi s podnebnimi spremembami. Tri delovne skupine (DSI, DSII in DSIII), ki so delale na poročilu IPCC-ja, so obravnavale sledeča področja: fizikalne znanstvene osnove (DSI), vplivi, prilagajanje in ranljivost (DSII), blaženje podnebnih sprememb (DSIII). Od tega je bila prva študija objavljena 9. avgusta 2021, prispevki druge in tretje delovne skupine pa 28. februarja in 4. aprila 2022. Zaključno zbirno poročilo je bilo objavljeno 20. marca 2023.

Prva delovna skupina IPCC-ja (IPCC, 2023) v svojem zadnjem poročilu ne le rekonstruira preteklih znanj o podnebnih spremembah in preučuje tista, ki se dogajajo danes, ampak tudi raziskuje različne možne prihodnosti. Pet novih scenarijev izpustov toplogrednih plinov, uporabljenih v tem poročilu, predstavlja možno evolucijo podnebja v 21. stoletju glede na izpuste emisij toplogrednih plinov (TGP) in smer družbeno-ekonomskega razvoja.

Razvitih je bilo pet narativ, ki opisujejo možen družbeni, gospodarski, politični in tehnološki razvoj do konca stoletja. Teh pet narativ je bilo uporabljenih za modeliranje različnih scenarijev razvoja gospodarskih, energetskih in sistemov rabe zemljišč. Nekateri od teh scenarijev so bili omejeni z doseganjem podnebnega cilja (ti se imenujejo “prehodni scenariji”), drugi pa ne (“referenčni scenariji”). Rezultati so podani kot spremembe v bližnji prihodnosti (2021–40), sredini (2041–60) in koncu stoletja (2081–2100) glede na obdobje 1850–1900, ki je primerljivo z obdobjem pred Industrijsko revolucijo. Kot povzame slovenski prevod zadnjega IPCC povzetka za odločevalce (ARSO, 2021), se scenariji začnejo v letu 2015 in so sledeči: dva z velikimi in zelo velikimi izpusti toplogrednih plinov (SSP3-7.0 in SSP5-8.5) in izpusti CO₂, ki približno podvojijo sedanjo raven do leta 2100 oz. 2050, scenarij s srednjimi izpusti (SSP2-4.5) in izpusti CO₂ na sedanji ravni do sredine stoletja, nato pa z njihovim padcem in scenarija z zelo majhnimi in majhnimi izpusti in izpusti CO₂, ki se zmanjšujejo do ničelne neto vrednosti okrog leta 2050 ali po njem, čemur bi sledili negativni neto izpusti CO₂ (SSP1-1.9 in SSP1-2.6). Izpusti med scenariji so različni zaradi različnih družbeno-ekonomskih predpostavk, stopnje blaženja podnebnih sprememb in stopnje izpustov onesnaževal zraka. Narrative teh petih scenarijev so sledeče:

- SSP1: trajnostni razvoj (zelena pot) (angl. Sustainability (Taking the Green Road)). Svet bi po tem scenariju postopoma, vendar odločno krenil po poti trajnostnega razvoja, izboljšanja izobrazbe in zdravstvenega sistema, gospodarski razvoj pa bi poudarjal manjšo materialno porabo in energijsko intenzivnost;
- SSP2: srednja pot (angl. Middle of the Road). Svet bi sledil poti, kjer družbeni, gospodarski in tehnološki trendi ne bi preveč odstopali od dosedanjih zgodovinskih. Globalne in nacionalne institucije bi le počasi dosegale cilje trajnostnega razvoja. Razvoj in povečanje dohodka bi napredovala neenakomerno;
- SSP3: regionalno tekmovanje (skalnata pot) (angl. Regional rivalry (A rocky Road)). Nacionalizem, skrb glede konkurence in varnosti ter regionalni konflikti bi prisilili države k osredotočanju na težave na največ regionalni ravni na račun širšega razvoja. Gospodarski razvoj bi bil počasen, poraba materialno intenzivna, neenakost bi se ohranjala ali poslabšala;
- SSP4: neenakost (ločene poti) (angl. Inequality (A Road Divided)). Velika neenakost vlaganja v človeški kapital ter nesorazmernost v gospodarskem razvoju in političnem vplivu bi vodili do povečanja neenakosti med državami in znotraj njih. Med razvitimi in nerazvitimi državami bi se neenakost povečevala. V prvih bi bil tehnološki razvoj visok, v drugih bi gospodarstvo temeljilo na delovno intenzivni sili in nizko razviti tehnologiji. Energijski sektor bi vlagal tako v ogljično intenzivna goriva (premog, nafta) kot tudi v nizkoogljicne vire;
- SSP5: razvoj s fosilnimi gorivi (vožnja po avtocesti) (angl. Fossil-Fuel Development (Taking the Highway)). Svet bi kot pot k trajnostnemu razvoju prepustil skrb tekmovalnemu trgu, inovacijam in sodelovanju med družbami. Vlaganja v zdravstvo in izobraževanje bi bila visoka, po drugi strani bi še vedno izkoriščali tudi fosilna goriva, energijsko in materialno potraten življenjski slog bi se razširil po vsem svetu. Svetovno gospodarstvo bi pospešeno raslo.

(Povzeto po: ARSO - Agencija Republike Slovenije za okolje: Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo. (2021). Podnebne spremembe 2021, Fizikalne osnove in stanje v Sloveniji, Poročilo IPCC 2021, Povzetek za odločevalce z dodanim opisom stanja v Sloveniji.)

Zadnje IPCC poročilo naj bi služilo kot podlaga za konferenco Združenih narodov o podnebnih spremembah - COP28, ki so jo gostili Združeni arabski emirati v Dubaju od 30. novembra 2023 dalje. Na COP-u je bil ponovno ocenjen napredek

držav pri zmanjševanju emisij toplogrednih plinov vse od Pariškega podnebnega sporazuma leta 2015.

3 Pomembnejše mednarodne podnebne politike

Raziskave in ugotovitve tako okvir Planetarnih omejitev kot tudi poročila IPCC so uporabljene kot podlaga za oblikovanje različnih podnebnih politik in mednarodnih pogajanj. Med pomembnejše mednarodne okoljske in podnebne sporazume zagotovo sodita Pariški sporazum (začel veljati leta 2016) in Kjotski protokol (v veljavi od leta 2005 do leta 2012 in podaljšan za obdobje 2013–2020), ki sta bila sprejeta v okviru Okvirne konvencije Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC). Države članice Okvirne konvencije se od leta 1995 srečujejo na letnih konferencah (angl. Conference of the Parties – COP).

3.1 Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC)

Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC) je ena od treh konvencij, sprejetih leta 1992 na vrhu o okolju v Riu de Janeiru, ko je mednarodna skupnost priznala, da je potrebno skupno ukrepanje, da bi zaščitili ljudi in okolje ter omejili emisije toplogrednih plinov. Ratificirale so jo skoraj vse države sveta. UNFCCC je začela veljati 21. marca 1994. Danes ima skoraj univerzalno članstvo; 198 držav, ki so ratificirale konvencijo in so pogodbenice konvencije. UNFCCC navaja, da so njeni cilji “stabilizirati koncentracije toplogrednih plinov v ozračju še na ravni, ko bi lahko preprečili nevarne antropogene posege v podnebni sistem” (UNFCCC, 2022). UNFCCC je prva svetovna pogodba o podnebnih spremembah in organizirana skupnost članic. Članice se sestanejo vsako leto, da razpravljajo o napredku in sprejemajo različne ukrepe. Kjotski protokol in novejši Pariški sporazum sta dve prelomni pogodbi, ki sta rezultata takšnih letnih srečanj. Pogodbenice Okvirne konvencije se od leta 1995 srečujejo na letnih konferencah (angl. Conference of the Parties – COP), kjer ocenjujejo napredek pri obvladovanju podnebnih sprememb. V okviru konferenc potekajo tudi pogajanja o vsebini mednarodnih podnebnih sporazumov za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov. V skladu z dogovori naj bi bile industrijsko razvite države prve v vrsti pri zmanjševanju izpustov. Eden od dogovorov je bil tudi, da bo UNFCCC zagotovila finančno podporo državam v razvoju za blažitev vpliva podnebnih sprememb. Pri

tem velja omeniti, da je Svetovni sklad za okolje³ tisti, ki nadzira sistem nepovratnih sredstev in posojil za usmerjanje pomoči v gospodarstva v vzponu. Industrijsko razvite države morajo prav tako redno poročati o svojih politikah glede podnebnih sprememb in zagotavljati letne popise emisij toplogrednih plinov od leta 1990 dalje. Države v razvoju morajo poročati o svojih ukrepih za obravnavo podnebnih sprememb in načinih prilagajanja nanje. UNFCCC sicer prepozna, da se bo delež emisij držav v razvoju verjetno povečal, kljub temu pa si prizadeva pomagati tem državam pri zavezitvi emisij, ne da bi pri tem oslabil njihova gospodarstva. V prvih letih pogodbe je UNFCCC poudarjala predvsem blažitev podnebnih sprememb in ne prilagajanja, da bi lahko z večjo gotovostjo ugotovila sam vpliv podnebnih sprememb. Pred kratkim pa je UNFCCC začela podpirati in financirati tudi politike prilagajanja na podnebno krizo. Kot navaja UNFCCC (2022) na svoji uradni spletni strani, trenutno delo na področju prilagajanja poteka v okviru različnih organov konvencije. Odbor za prilagajanje (angl. Adaptation Committee), za katerega so se pogodbenice dogovorile, da ga bodo ustanovile v skladu s prilagoditvenim okvirom UNFCCC iz Cancuna (angl. Cancun Adaptation Framework), je pomemben korak h kohezivnemu pristopu k prilagajanju, ki temelji na konvenciji.

3.2 Kjotski protokol

Kjotski protokol je bil sprejet 11. decembra 1997. Zaradi zapletenega procesa ratifikacije je začel veljati komaj 16. februarja 2005. Kjotski protokol naj bi operacionaliziral Okvirno konvencijo Združenih narodov o spremembi podnebja (UNFCCC), tako da je zavezal industrijsko razvite države in gospodarstva v prehodu, da omejijo in zmanjšajo emisije toplogrednih plinov (TGP) v skladu z dogovorjenimi posameznimi cilji. Sama konvencija je od teh držav zahtevala, da sprejmejo politike in ukrepe za blažitev podnebnih sprememb ter redno poročajo.

Kot navaja UNFCCC (2019a) na svoji spletni strani, je Kjotski protokol temeljil na načelih in določbah konvencije in sledil strukturi, ki je temeljila na prilogah (aneksih). Zavezoval je le razvite države in jim nalagal težje breme po načelu »skupne, a diferencirane odgovornosti in ustreznih zmogljivosti«, ker priznava, da so v veliki meri odgovorne za visoke ravni izpustov TGP v ozračje. Kjotski protokol je večino

³ Mednarodna organizacija, ustanovljena leta 1990 z namenom nudenja konkretne pomoči vladam pri doseganju okoljskih izboljšav. Svetovni sklad za okolje (Global Environmental Facility-GEF) upravlja Svetovna banka, ki prispeva 2/3 vseh sredstev, s preostalo tretjino upravlja Razvojni program Združenih Narodov.

podpisnic Priloge I (Aneks I) zavezal k obveznim ciljem zmanjšanja emisij, ki so se razlikovali glede na edinstvene okoliščine vsake države. Drugim podpisnicam UNFCCC in protokola, ki so večinoma države v razvoju, ni bilo treba omejiti svojih emisij. Protokol je zagotovil več možnosti za države, da dosežejo svoje cilje. Eden od pristopov je bil uporaba naravnih procesov, imenovanih ponori ali ponori ogljika (angl. carbon sinks), ki črpajo toplogredne pline iz ozračja. Eden takšnih primerov je bilo sajenje dreves, ki absorbirajo ogljikov dioksid iz zraka. Drugi pristop je bil mednarodni program, imenovan Mehanizem čistega razvoja (CDM), ki je spodbujal razvite države k vlaganju v tehnologijo in infrastrukturo v manj razvitih državah. Kjotski protokol je na takšen način na žalost odprl tudi vrata nekaterim ne-etičnim praksam, ki so jih sebi v prid izkoristile nekatere korporacije in vlade (prilaščanje zemljišč avtohtonih ljudstev, izsekavanje pragozdov ter zasaditve monokulturnih drevesnih nasadov itd.).

Na 18. konferenci pogodbenic (COP18), ki je leta 2012 potekala v Dohi v Katarju, so se delegati dogovorili o podaljšanju Kjotskega protokola do leta 2020 (UNFCCC, 2019a). Čeprav je Kjotski protokol predstavljal pomemben diplomatski dosežek, njegov uspeh še zdaleč ni bil dosežen. Tudi, če bi bili cilji izpolnjeni, pa po mnenju nekaterih kritikov končna korist za okolje ne bi bila pomenljiva, saj Kitajska, ki prispeva največ toplogrednih plinov na svetu in ZDA, druga največja onesnaževalka na svetu, nista bili zavezani s protokolom (Kitajska zaradi statusa države v razvoju in ZDA, ker protokola niso ratificirale).

3.3 Pariški sporazum

Pariški sporazum je pravno zavezujoča mednarodna pogodba o podnebnih spremembah in predstavlja akcijski načrt za omejitev globalnega segrevanja. Države so s Pariškim sporazumom obnovile svojo zavezanost podnebnemu ukrepanju in se dogovorile o novih ciljih za pospešitev prizadevanj za omejitev globalnega segrevanja. Sprejelo ga je 196 pogodbenic na konferenci Združenih narodov o podnebnih spremembah (COP21) v Parizu, 12. decembra 2015. Pariški sporazum je začel veljati 4. novembra 2016, potem ko je bil izpolnjen pogoj, da ga ratificira vsaj 55 držav, ki skupaj ustvarijo najmanj 55 % svetovnih emisij toplogrednih plinov. Sporazum so ratificirale vse države članice EU.

Kot navaja UNFCCC (2023) na svoji spletni strani, je dolgoročni cilj Pariškega sporazuma in dogovor vlad, da bodo zvišanje povprečne svetovne temperature omejile na precej manj kot 2 °C v primerjavi s predindustrijsko ravno ter si prizadevale, da zvišanje ne bi preseglo 1,5 °C. Vendar pa so v zadnjih letih svetovni voditelji poudarili potrebo po omejitvi globalnega segrevanja na 1,5 °C do konca tega stoletja. To pa tudi zato, ker IPCC navaja, da preseganje praga 1,5 °C predstavlja tveganje za še veliko resnejše in večje posledice podnebnih sprememb, vključno s pogostejšimi in hudimi sušami, vročinskimi valovi in padavinami. Da bi omejili globalno segrevanje na 1,5 °C, lahko emisije toplogrednih plinov dosežejo vrh najpozneje do leta 2025 in potem se morajo do leta 2030 zmanjšati za vsaj 43 % (UNFCCC, 2023).

Pariški sporazum je pomemben politični dosežek, ki je opredelil ambiciozne, vendar nujno potrebne cilje za preprečitev nevarnih podnebnih sprememb. Pariški sporazum je prvič v zgodovini združil vse narode v prizadevanju za boj proti podnebnim spremembam in prilagajanje na njihove učinke z okrepljeno podporo za pomoč državam v razvoju.

IPCC v svojem Povzetku za odločevalce (IPCC, 2023) navaja, da UNFCCC, Kjotski protokol in Pariški sporazum podpirajo ravni naraščajočih ambicij držav. Pariški sporazum, sprejet v okviru UNFCCC, s skoraj univerzalno udeležbo, je privedel do razvoja politik in določanja ciljev na nacionalnih in podnacionalnih ravneh, zlasti v zvezi z blaženjem podnebnih sprememb ter večjo transparentnostjo ukrepov in sredstev podpore. Številni regulativni in ekonomski instrumenti so že uspešno v uporabi. V mnogih državah so te politike izboljšale energetske učinkovitost, zmanjšale stopnjo krčenja gozdov in pospešile uvajanje novih tehnologij. To je v nekaterih primerih privedlo do preprečevanja in zmanjšanja ali celo odprave izpustov. Vsaj 18 držav članic UNFCCC vzdržuje zmanjševanje toplogrednih plinov iz proizvodnje in porabe že več kot 10 let. Na žalost pa je to zmanjševanje le delno izravnilo in zmanjšalo globalno rast emisij (IPCC, 2023).

Za boljše razumevanje in podroben pregled podnebnih politik (tudi politik na evropski ravni in v Sloveniji) v branje priporočamo publikacijo *Politično-zakonodajno ozadje blaženja podnebnih sprememb*, ki jo je leta 2022 izdala slovenska organizacija Umanotera.

4 Postogljični transport - primeri alternativ

Eden od ciljev UNFCCC in seveda tudi EU je zmanjšanje negativnih vplivov prometa na okolje. Decembra 2020 je Evropska komisija objavila *Strategijo za trajnostno in pametno mobilnost – usmerjanje evropskega prometa na pravo pot za prihodnost*, s katero je predstavila vizijo, ki bo zagotovila, da bo prometni sistem EU dosegel zeleno preobrazbo. Tu so navedeni različni mejniki doseganja ciljev trajnostne, pametne in odporne mobilnosti v povezavi z obsegom in sestavo potniškega prevoza in prometa. Okvir vizije transporta v postogljični družbi v letu 2050 pa je postavila tudi UNFCCC znotraj Marakeškega partnerstva za globalne podnebne spremembe. UNFCCC (2021) za leto 2050 predvideva, da bosta potniški in tovorni promet popolnoma razogljivena s preходом na bolj trajnosten izbor novih, odpornejših tehnologij vozil. Čeprav bodo morale posamezne države še določiti lastno pot razogljivenja prometnega sektorja na podlagi obstoječih ali potencialnih predpisov, izzivov in prednostnih nalog politike, bodo premiki izvedeni postopno in skozi več mejnikov. Tu so predvideni nizko- ali popolnoma brezogljivi načini transporta (kot so: vlak, javni prevoz, hoja in kolesarjenje) in vozil (npr. plovila in letala na elektriko, vodik, hibridna, na biogoriva ali amonijak). To naj bi vodilo do popolnega razogljivenja vseh načinov prevoza do leta 2050.

Številne ladjarske družbe že iščejo alternativne vire goriva, kot so vodik, amonijak ali metanol, vendar so trenutni stroški, povezani s proizvodnjo "zelenega" goriva, previsoki, da bi lahko konkurirali fosilnim gorivom. Veter je znan obnovljiv vir energije, ki bi ga lahko izkoristile ladjarske družbe – navsezadnje je nekoč poganjal ves svetovni ladijski promet. *“Preprosto povedano - da bi izpolnili podnebne in širše okoljske cilje, morajo plovila zmanjšati porabo goriva na minimum s počasnejšimi in učinkovitejšimi ladjami, ki uporabljajo jadra in druge obnovljive tehnologije na krovu, pri čemer naj preostala goriva, ki jih potrebujejo, predstavljajo nova goriva brez emisij”* je za UNFCCC povedal John Maggs, višji svetovalec za politike pri organizaciji Seas At Risk (UNFCCC, 2021a).

4.1 Podnebnju prijazen pomorski transport

Po podatkih Mednarodne pomorske organizacije Združenih narodov (IMO) mednarodni ladijski promet namreč povzroči približno 2,2 % vseh svetovnih emisij toplogrednih plinov⁴. Za lažjo predstavo to pomeni, da, če bi bil čezoceanski ladijski

⁴ Leta 2018 je sektor pomorskega prometa in plovbe po celinskih plovnih poteh prispeval 13,5 % vseh emisij toplogrednih plinov v prometu v EU, kar je precej manj kot cestni promet in nekoliko manj kot letalski promet.

promet država, bi bila šesta največja onesnaževalka, saj bi letno izpustila več CO₂ kot Nemčija. Kot navaja Willner (2021), ta letni izpust ogljika v atmosfero, ki ga prispevajo čezooceanke, ne samo, da znatno prispeva k pospeševanju podnebnih sprememb (eni od devetih znanstveno opredeljenih planetarnih omejitev, ki jih tvegamo prekoračiti), ampak tudi k zakisevanju oceanov (druga planetarna omejitev), ki močno vpliva tudi na biotsko raznovrstnost (tretja planetarna omejitev). Vsemu temu pa moramo dodati še kemično onesnaževanje (četrta planetarna omejitev), ki prihaja iz ladijskih dimnikov.

Današnje industrije tovarnega prometa pa ne pestijo le okoljska vprašanja, ampak tudi zapleteni logistični in gospodarski problemi, poudarja Willner (2021). Tovorne ladje, ki uporabljajo fosilna goriva, so večinoma gromozanskih razsežnosti, z ogromnimi nosilnimi zmogljivostmi. Vendar pa prav zaradi teh presežnih zmogljivosti te ladje nimajo možnosti, da bi se prilagajale nenadnim in nepričakovanim spremembam na svetovnem trgu. Dandanes bi potrebam mednarodnih tovarnih pristanišč in specializiranim trgov veliko bolje služile manjše tovarne ladje z učinkovito in varčno porabo goriva, zapiše Willner (2021). Wilner (2021) tudi poudarja, da je trenutni sistem pomorskega tovarnega prometa vedno bolj ranljiv zaradi nepredvidljivih cen in pomanjkanja fosilnih goriv, geopolitičnih konfliktov, vojn, nestabilnosti Bližnjega vzhoda, v Venezueli in drugod.

Ob srečevanju s številnimi izzivi, ki jih ima tovarni ladijski promet, pa se na tem mestu sprašujemo, kako naprej? Kakšna naj bo tranzicija v novo dobo ladijskega prometa, ki ne bo odvisen od fosilnih goriv in gospodarstvo vseeno ne bo utrpelo hujših posledic. Dobra novica je ta, da je sprememba že na poti. Ladje, ki jih poganja veter, sončna energija in vodik, ponujajo inovativne nizkoogljične ali brezogljične alternative tovarnim plovilom na fosilna goriva, pri čemer se bo veter, kot glavni vir pogonske energije kmalu vrnil v ladijski promet, pravijo strokovnjaki. Nove eksperimentalne zasnove jader vključujejo trda jadra, vrtljive navpične cilindre in celo vetrne zmaje (angl. kite).

Daleč največ emisij toplogrednih plinov, ki jih je ustvaril sektor pomorskega prometa, je predstavljal ogljikov dioksid (CO₂), ki nastane zaradi izgorevanja goriva. Ladje, ki pristajajo v pristaniščih EU in EGP, so leta 2018 skupaj ustvarile 140 milijonov ton emisij CO₂ (približno 18 % vseh emisij CO₂, ki jih je istega leta ustvaril pomorski promet po vsem svetu). (European Environment Agency, 2021)

4.1.1 Fairtransport

Od poznih sedemdesetih let prejšnjega stoletja do prvih let 21. stoletja je legendarni kapitan Paul Wahlen vodil tovorno jadrnico, škuner⁵, po imenu *Avontuur*. Takrat je bil zadnji kapitan jadrnalne tovarne flote na Karibih. V evropskih vodah je bil poznan še en jadralni tovarni operator, severnomorski kliper⁶ *Albatros* in njegov kapitan Ton Brouwer. Ti dve podjetji sta najbrž bili zadnji na severni polobli, ki sta izkoriščali veter za ladijsko plovbo. Nekaj let zatem pa se je vse spremenilo in plovba tovornih ladij na jadra se je vrnila, trajnostnost je postala "mainstream", tovorjenje na ladjah z jadri se je začelo promovirati na spletu kot ultimativna pustolovščina in oboje je izpolnilo družbeno hrepenenje po resnični izkušnji.

Trenutno poteka več kot 20 projektov tovornih jadrnic, ki plujejo od Danske do Karibov (EcoClipper, 2018). Koncept se je izkazal za primer dobre prakse tudi v 21. stoletju. Ustanovljena sta bila dva lobija: *International Windship Association* (IWSA) in *Sail Cargo Alliance* (SCA). Lahko bi govorili o pojavu nove gospodarske panoge znotraj domene ladijskega tovarnega prometa.

Leta 2006 sta *Avontuur* in *Albatros* prenehala opravljati tovarne dejavnosti. Nato je nova (prenovljena) jadrnica *Kwai* prevzela trgovanje med Havaji in Cookovimi otoki. Kmalu zatem je bilo ustanovljeno še eno podjetje za jadralni ladijski tovor: *Fairtransport*. Fairtransport je upravljal ladjo, ki je na splošno veljala za neuradnega ambasadorja ladijskega jadralnega tovara, *Tres Hombres*. Nekaj let pozneje se je jadrnici *Tres Hombres* pridružila še najstarejša tovarna ladja na svetu *Nordlys*. Sledile so splovitve čudovite ladje *Grayhound*, vrnitev škunerja *Avontuur* ter predelava *Lune II* in *Gallanta* iz potniške v tovorno ladjo. Prevažanje tovara na jadra je ponovno vzcvetelo.

Kot so zapisali na njihovi spletni strani (Fairtransport, 2022), je poslanstvo Fairtransporta, že vse od samega začetka obstoja organizacije, leta 2027, ozaveščanje o podnebjui prijaznem transportu in zmanjševanju ogljičnega odtisa. S svojo floto jadrnic, ki delujejo brez motorjev, se v prvi vrsti posvečajo predvsem trgovanju z ekološkimi in tradicionalnimi obrtniškimi izdelki. Tovor prevažajo na popolnoma

⁵ Večja tovarna jadrnica s tremi do sedmimi jambori. (fran.si)

⁶ Zelo hitra trgovska jadrnica z več jambori. (fran.si)

trajnosten način, samo s pomočjo vetrne energije. Na tak način dokazujejo, da je transport s skorajda ničelnim ogljičnim odtisom mogoč in okolju prijazen.

V intervjuju za *Sailors for Sustainability* (2022) eden izmed soustanoviteljev Fairtransporta, kapitan ladje Tres Hombres, Andreas Lackner, pove, da je Fairtransport največji ladijski prevoznik na svetu, ki uporablja jadrnice. Njihova trenutna flota sedmih tovornih jadrnic pluje po Atlantiku in Severnem morju. Brez motorja, samo z vetrom. Sončne celice in vetrni generatorji zagotavljajo energijo za njihovo komunikacijsko in navigacijsko opremo. Za nujne primere imajo tudi generator, ki deluje na reciklirano jedilno olje. Njihov čezoceanski škuner Tres Hombres meri 32 metrov in pluje trajnostno, brez emisij, že od decembra 2009. Uporabljajo ga za generalni tovor med Evropo, atlantskimi in karibskimi otoki ter Ameriko. Njegova nosilnost presega 35 ton, sprejme pa lahko posadko sedmih profesionalcev in osmih pripravnikov (usposabljanje je pri Fairtransportu bistvenega pomena, saj je treba današnje jadrnce naučiti kombinacije preteklih let in najsodobnejših jadralskih veščin). V svoji floti imajo še jadrnico Nordlys, ki je 25-metrski *ketch* - dvojbornica, zgrajena na otoku Wight leta 1873 kot ribiška ladja, zdaj pa med evropskimi pristanišči prevaža do 30 ton tovora. Pa tudi jadrnice De Gallant, SV Zeehaen, SV Brigantes, prej omenjena Avontuur in ena bolj znanih jadrnic - Hawila. Hawila se namreč ne uporablja le kot tovarna ladja, temveč tudi kot kulturna in izobraževalna platforma za dvig okoljske ozaveščenosti in za spodbujanje svetovne ladijske industrije k trajnostni kulturi brezogljčnega prevoza (Fairtransport Holding B.V., 2022).

Fairtransport ne prevaža le, kar se da trajnostno, ampak za svoj tovor uporablja tudi stroga trajnostna načela. Poznajo proizvajalce dobrin, ki jih prevažajo in vedo, da je njihov način dela pošten, da spoštujejo tako naravo kot svoje delavce. *»Poleg tega tororimo le luksuzno blago, kot so kava, kakav in rum. Tako zadovoljimo posebne potrebe, brez škode za okolje. Druge izdelke je najbolje proizvesti lokalno, zato prevoz sploh ni potreben,«* pojasnjuje kapitan Andreas (Sailors for Sustainability, 2022).

Še v poznih štiridesetih letih prejšnjega stoletja so ogromne jeklene jadrnice prevažale tovor po nekaterih čezoceanskih poteh. Zdaj bodo tovarne ladje, ki plujejo na fosilna goriva, do leta 2030 morale ponovno odstopiti ocean visoko in nizko tehnološkim jadrcam, ki bodo zmanjšale stroške prevoza in izpust emisij.

4.2 Po mestu: tovorna kolesa in souporaba električnih avtomobilov

Okvir vizije transporta, ki ga je postavila UNFCCC znotraj Marakeškega partnerstva za globalne podnebne spremembe (2020), govori tudi o skoraj popolnoma razogljičenih mestih. V viziji tako v mestih prednjačijo: hoja, kolesarjenje in druge oblike aktivne mobilnosti – skupaj z obstoječim javnim prevozom in storitvami mobilnosti z uporabo aplikacij - predstavljajo velik del mestnega premikanja. To naj bi se zgodilo predvsem zaradi pomembnih sprememb v demografiji, gospodarskih dejavnostih, potovalnih vzorcih, vedenju, naložbah in politikah. Takšne spremembe so mogoče zaradi povezovanja, načrtovanja rabe zemljišč z načrtovanjem prometnih ureditev, kar bo zmanjšalo prepotovane razdalje na prebivalca. Število lastništev avtomobilov se bo v mestnih območjih precej zmanjšalo, za kar so zaslužni številni predpisi, kot je zaračunavanje cestnin in parkirišč, shema omejevanja prometa v mestih skupaj z naložbami v kakovosten javni prevoz, zelena javna naročila in ostale oblike storitev skupne mobilnosti. Mestni prevozi so popolnoma brez izpustov, izboljšan bo faktor obremenitve in nepotrebnih voženj, so zapisali v viziji UNFCCC (2020).

Nekatera mesta pa že dalj časa uresničujejo vizijo postogljične mobilnosti in se poslužujejo rešitev, ki so se razvile bodisi iz pobud skupnosti ali pa nastale kot odgovor na potrebe mest. Hkrati s hitrim porastom digitalnih tehnologij in povpraševanja po boljši mestni logistiki rastejo tudi zahteve po izboljšanju kakovosti mestnega življenja. Kot navajajo Vasiutina et al. (2021), dobiva pristop od spodaj navzgor (angl. bottom-up approach) zagon zaradi vse boljše ozaveščenosti prebivalstva o nevarnosti globalnega segrevanja in zlasti o vplivu prometa, kot enemu glavnih dejavnikov podnebnih sprememb. Z ozirom na to, da je vse več ljudi zaskrbljenih nad življenjskimi razmerami v svojih soseskah in poziva mestne oblasti k ustreznemu odzivu, se postavlja vprašanje uvajanja novih, okolju prijaznih poslovnih modelov in strategij. Kot odziv na takšne ljudske pobude so številna mesta po svetu uvedla politike mestnega prometa, katerih cilj je podpreti uporabo mestnega prostora za pešce in nemotorizirana vozila. Pa tudi omejiti hitrost in dostop težkih motornih vozil do mestnih središč. Poleg tega so si oblasti zadale nalogo, da prebivalce mest spodbujajo k bolj trajnostnemu prevozu. Na primer spodbudi za nakup električnih avtomobilov in tovornih koles sta lahko tako finančna podpora kot tudi znižanje plačila davkov. Premikanje na kolesu se lahko spodbudi z izboljšanjem infrastrukture in z različnimi družbenimi pobudami, navajajo Vasiutina et al. (2021).

4.2.1 Tovorna kolesa

Upravljanje dobavnih verig v mestnih središčih je deležno vse večje pozornosti. Za učinkovito dostavo blaga so se v zadnjih letih razvile nove pobude za mobilnost v mestih, ki zmanjšujejo stroške dostave in negativne vplive na okolje. Tovorna kolesa so se izkazala kot zelo učinkovita alternativa dostave v urbanih središčih v zadnjih kilometrih do cilja. Tak način dostave ima nizke stroške naložbe (je ekonomičen) v vozila, ki so vsestranska, se z lahkoto premikajo tudi skozi gosto naseljena mesta, ozke ulice in imajo skoraj ničeln vpliv na okolje (so ekološka). Z uporabo tovornih koles bi lahko prepolovili prevoz blaga v urbanih središčih z vozili, ki onesnažujejo, zmanjšali emisije in stroške dostave.

Kot navaja Sesana (2023) v svojem prispevku za italijanski mesečnik *Altereconomia*, se je na Dunaju že leta 2017 uvedel projekt souporabe tovornih koles. »Grätzrad« je nemški izraz, ki ga lahko prevedemo kot »sosedsko kolo« in je ime, ki ga je Mestna občina Dunaj izbrala za inovativen projekt souporabe koles, da bi spodbudila uporabo in souporabo tovornih koles v mestnem okolju. Način delovanja in spodbud za souporabo takih koles je preprost; občina najprej sofinancira nakup kolesa podjetju, gostilni, baru ali lokalnemu društvu iz soseske. Ti nato, poleg uporabe tovornega kolesa za lastne potrebe (dostava, opravi), dajo kolo na voljo za brezplačen najem za obdobje najmanj dveh let. Tisti, ki živijo v bližini, imajo možnost izposoje kolesa za en dan ali celo le za nekaj ur, odvisno za kaj ga potrebujejo. Izposoje kolesa lahko uredijo v samo nekaj korakih na namenski spletni platformi. Dunaj pa ni edino mesto, ki je v zadnjih letih spodbudilo širjenje in skupno rabo tovornih koles, poudarja Sesana (2023). Evropska kolesarska zveza (angl. European cyclists' federation - ECF) je uporabo tovornih koles popisala v kar 125 evropskih mestih (od Rotterdama do Kopenhagna, vse do Salzburga in Bruslja) in združila rezultate popisa na namenski spletni strani; »Tovornim kolesom prijazna mesta« (angl. "Cargo-bike friendly cities"). Na tej interaktivni platformi si lahko za vsako izbrano mesto posebej ogledate analitiko uporabe tovornih koles na podlagi sedmih različnih kazalnikov, vključno s spodbudami za nakup, načini sistemov souporabe, urbanim kontekstom in proizvajalci koles (Sesana, 2023).

Tovorno kolo je kolo, ki služi prevozu različnih tovorov (blaga, potnikov itd.) in je bilo zasnovano s tem namenom pred skoraj stoletjem. Prva tovorna kolesa so se med drugim uporabljala za dostavo pošte, kruha in mleka. Kot navajajo Vasiutina in ostali (2021), so kolesa poimenovana glede na zasnovo, število koles ali namen.

Imenujemo jih lahko tovorna kolesa, transportna ali "škatlasta" kolesa, nosilna kolesa, tricikli in štirikolesniki, cikel-tovornjaki, long-john idr. Sodobna tovorna kolesa so običajno kombinirana z električnim pogonom. Modeli pa se zelo razlikujejo, od enostavnih dvokolesnih koles, opremljenih s škatlami na sprednjem ali zadnjem kolesu, do naprednejših *longtailov* in daljših koles, ki lahko prevažajo težo od 50 pa do 100 kg. Najnaprednejši večkolesniki ali lahka električna vozila lahko prevažajo tovor tudi od 500 do 700 kg.

Nedavne študije potrjujejo ogromen potencial tovornih koles, ki lahko služijo kot trajnostna alternativa tradicionalnim dostavnim vozilom, navajajo Vasiutina in ostali (2021). Hkrati je pripravljenost ljudi (v zvezi z dostavo v zadnjem kilometru) za prehod na bolj ekološka prevozna sredstva (na električni pogon) zaznati v nekaj več kot 60 % raziskavah. Medtem ko skoraj 50 % znanstvenih virov zagovarja uveljavitev tovornega kolesa. Glede na rezultate projekta *CycleLogistics* bi lahko skoraj polovico vsega mestnega prevoza blaga v EU prepeljali s tovrnimi kolesi (Vasiutina in ostali, 2021). Seveda same finančne spodbude in druge iniciative za uporabo tovornih koles v mestih niso dovolj. Potrebne so tudi dovolj široke kolesarske steze, od dva do štiri metre v vsako smer, da bodo tisti, ki se vozijo s tovrnimi kolesi, lahko to počeli varno in ne bodo ovirali ostalih udeležencev v prometu, pove Anna-Karina Reibold iz ECF (Sesana, 2023).

"Tovorna kolesa imajo velike potencial za preoblikovanje naših mest z zmanjšanjem prometa motornih vozil, zastojev, hrupa in onesnaženosti zraka. Lokalne oblasti lahko pomagajo sprostiti ta potencial z omogočanjem politik in infrastrukture, spodbud, storitev in drugih oblik podpore." za časopis *Altereconomia* pove Jill Warren, direktorica ECF (Sesana, 2023).

4.2.2 Souporaba električnih avtomobilov v mestih in SPARK

Težave, povezane z mobilnostjo in prometom v urbanih območjih, so danes eno prednostnih področji politik izboljšanja kakovosti življenja državljanov. Neučinkovita organizacija prometnega sistema in izkrivljen razvoj mobilnosti razkrivajo scenarij, ki dobiva iz dneva v dan vedno bolj kritične razsežnosti. Priča smo številnim zastojem, onesnaževanju zraka in zvočnemu onesnaževanju, veliki porabi energije, prometnim nesrečam, čezmerni zasedenosti javnih površin z avtomobili, neenakomerni porazdelitvi in višanju stroškov (gorivo, parkirnine) itd. Vse to prispeva k temu, da naša mesta ne nudijo več kakovosti bivanja. Enega od alternativnih načinov, ki je nedvomno zanimiv in že v uporabi, predstavlja souporaba

avtomobilov (angl. carsharing). *Carsharing* sicer dopolnjuje javni prevoz, pogosto pa vključuje tudi hojo ali kolesarjenje. Je eden najvidnejših primerov ekonomije delitve (angl. sharing economy) in ena od sodobnih, trajnostnih oblik mobilnosti. Pomemben napredek na področju politike trajnostnega razvoja in usmerjanja v elektromobilnost je privedel do vse večjega zanimanja za uporabo električnih vozil tudi med ponudniki souporabe avtomobilov.

Kot navajajo Turoń in drugi (2019) v svoji študiji o električnih vozilih v sistemu *carsharinga*, je osnovna ideja souporabe avtomobilov omejiti število vozil v mestih in zmanjšati potrebo ljudi po lastništvu avtomobila. Sistemi *carsharinga* vključujejo storitve, ki temeljijo na načelu kratkoročnega najema vozil. Sprva so sistemi souporabe avtomobilov temeljili na možnosti najema vozila in vračila samo na istem mestu (sistem povratne vožnje). Kasneje se je uvedla tudi možnost vračanja avtomobilov na različna mesta, ki jih je za to določil ponudnik storitve. Končno pa se je uvedla možnost t. i. prostega najema (angl. free-floating system) in vračila avtomobilov znotraj območja delovanja določenega operaterja carsharing sistema. Trenutno najpogostejše uporabljena oblika souporabe avtomobila je prav ta model izposoje. Vozilo lahko uporabnik odpelje z mesta, kjer je parkirano (kjerkoli) in ga tudi parkira kjerkoli v mestu, na svojem končnem cilju. Prvi sistem souporabe avtomobilov je bil na trgu vzpostavljen leta 1948. Glavni razvoj sistemov souporabe avtomobilov pa se je začel po letu 2006. Leta 2008 so v Evropi souporabo avtomobilov ustvarili avtomobilski mogotci, kot sta koncerna Daimler in BMW. Zaradi velikega zanimanja za sisteme souporabe je bilo v letu 2009 na trgu že 14 operaterjev, ki ponujajo te storitve (Turoń et al., 2019).

Eden takih operaterjev je tudi podjetje in platforma SPARK, ki je eden izmed primerov dobre prakse souporabe električnih avtomobilov v mestih Vilna (Litva) in Sofija (Bolgarija). Ta sistem zagotavlja cenovno ugodne, okolju prijazne rešitve mobilnosti z uporabo modela souporabe prosto lebdečih (free-floating) avtomobilov. Uporaba avtomobilov je vezana na mobilno aplikacijo, preko katere uporabnik lahko najde in rezervira avtomobil, ki bi ga rad uporabil. S pomočjo aplikacije si uporabnik lahko ogleda pot do izbranega vozila, rezervira, odklene in zaklene avto, hkrati pa prejme tudi račun za uporabo. Vsaka vožnja se zaračuna na minuto ali na dan, stroški pa vključujejo zavarovanje, tehnično vzdrževanje in polnjenje. Polnjenje je brezplačno na eni od polnilnih postaj SPARK ali pa ga lahko opravite doma (zagotovljen je kabel). Tudi parkiranje je brezplačno, če je v kateremkoli od plačljivih parkirnih območij Vilne in Sofije. SPARK ima mrežo 85

polnilnih postaj v Vilniusu in skupno 88 električnih vozil v Vilni in 63 v Sofiji. Do danes je bila tako v Vilni kot v Sofiji storitev SPARK uporabljena približno 225.000-krat in s prevoženimi 2.000.000 kilometri, kar je pomagalo prihraniti 400 ton emisij CO₂, navaja Kaveckis (2018).

Kaveckis (2018) še poudari, da souporaba električnih avtomobilov zmanjšuje zastoje, pomanjkanje parkirnih mest, onesnaženost in raven hrupa v urbanih območjih, kar so glavni problemi vsakega sodobnega mesta. To prispeva k načrtom trajnostne mobilnosti v mestih in bi moralo biti spodbuda za občine, da razvijejo mreže polnilnih mest. Pa tudi, da bi spodbudili večjo uporabo električnih vozil, ki so prihodnost avtomobilske industrije.

5 Zaključek

Velik del svoje zgodovine je človek izboljševal svoj način in sposobnost premikanja, izumom so sledile izboljšave in spet novi izumi. Preizkušanje in inoviranje verzij koles, jader in motorjev je ustvarilo pomemben napredek v transportu. Za hitro prilagoditev transportnih sistemov bližajočim se energetskim izzivom pa bo potrebno več kot le prilagajanje obstoječih. Potrebne bodo nove revolucije v transportu, da bo lahko uporaba fosilnih goriv postala nepomembna. Del tega je tudi ugotoviti, kako lahko spremenimo stvari, kot so trenutni avtomobili in tovornjaki, ki znatno prispevajo k segrevanju ozračja in posledično k podnebnim spremembam. Da bi dosegli odpornost na vplive podnebnih sprememb, ki so že očitni in preprečili poslabšanje negativnih vplivov, moramo radikalno zmanjšati emisije celotnega svetovnega gospodarstva ter zaščititi in obnoviti naravno sposobnost absorpcije emisij, ki so že v ozračju. Za uspešen postogljični zeleni prehod bomo potrebovali novo revolucijo na področju prevoza in pa tudi razumevanje dinamik te revolucije oziroma bistvene spremembe v transportu in premikanju ljudi nasploh. Ta bistvena sprememba pa bi v dani situaciji pomenila, da se prometna dejavnost močno zmanjša (ali poveča) in nek nov način prevoza postane tako razširjen, da bi ga uporabljala vsaj desetina prebivalstva. Spremembe pa bodo morale biti dovolj daljnosežne in drzne, da bodo lahko prekinile ustaljene organizacijske strukture in pričakovanja uporabnikov.

Kljub temu da je za podnebno krizo kriv človek, pa velja spomniti na to, da je človekova iznajdljivost lahko tudi vir pozitivnih sprememb. Prav zaradi tega dejstva lahko ostajamo optimistični. Poleg tega imamo za izgradnjo boljše in svetlejš

prihodnosti na voljo že veliko orodji in inovacij - od potencialnega ustvarjanja alternativ letalskemu prevozu in večjih naložb v javni prevoz do prehoda na električna vozila in čistejše načine prevoza na dolge razdalje. Toda kot jasno navaja najnovejše poročilo IPCC, časa nimamo več – zdaj je trenutek, da ukrepamo.

Literatura in viri

- Allan, S. (2017). The Jishi Outburst Flood of 1920 BCE and the Great Flood Legend in Ancient China: Preliminary Reflections. *Journal of Chinese Humanities*, 3(1), 23–34.
<https://doi.org/10.1163/23521341-12340041>
- ARSO - Agencija Republike Slovenije za okolje: Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo. (2021). *Podnebne spremembe 2021, Fizikalne osnove in stanje v Sloveniji, Poročilo IPCC 2021, Povzetek za odločevalce z dodanim opisom stanja v Sloveniji*. ARSO - Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Baines, D. (2021). Images that help us see time with new eyes [Spletno]. In *www.activehope.info*.
<https://www.activehope.info/images>
- EcoClipper. (2018). *Proof of concept*. EcoClipper ; EcoClipper Cooperative.
<https://ecoclipper.org/proof-of-concept/>
- Edenhofer, O., & Seyboth, K. (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics*, 1(1), 48–56.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-375067-9.00128-5>
- European Environment Agency. (2021). *Dejstva in številke: Evropsko okoljsko poročilo o pomorskem prometu*. European Environment Agency.
<https://www.emsa.europa.eu/publications/download/6756/4515/23.html>
- Fairtransport Holding B.V. (2022). *Fairtransport - Cargo Under Sail*. Fairtransport; Fairtransport Holding B.V. <https://fairtransport.eu/en/>
- Fleming, J. R. (2014). Climate, Change, History. *Environment and History*, 20(4), 577–586.
<https://doi.org/10.3197/096734014x14091313617442>
- IPCC, 2018: Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 541–562, doi:10.1017/9781009157940.008.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1–34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
- Issberner, L.-R., & Léna, P. (2018). Anthropocene: the vital challenges of a scientific debate. *UNESCO Courier*, 2018-2. <https://en.unesco.org/courier/2018-2/anthropocene-vital-challenges-scientific-debate>
- Kaveckis, G. (2018). SPARK - Electric Car Sharing | Interreg Europe - Sharing solutions for better policy. In *www.interreg.eu*. Interreg Europe. <https://www.interreg.eu/good-practices/spark-electric-car-sharing>
- Lade, S. J., Steffen, W., de Vries, W., Carpenter, S. R., Donges, J. F., Gerten, D., Hoff, H., Newbold, T., Richardson, K., & Rockström, J. (2019). Human impacts on planetary boundaries amplified by Earth system interactions. *Nature Sustainability*, 3(2), 119–128.
<https://doi.org/10.1038/s41893-019-0454-4>

- Pavid, K. (2019). *What is the Anthropocene and why does it matter?* Nhm.ac.uk; Natural History Museum. <https://www.nhm.ac.uk/discover/what-is-the-anthropocene.html>
- Rafferty, J. P. (2023). Anthropocene Epoch. Encyclopedia Britannica. In *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/Anthropocene-Epoch>
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., Werner von Bloh, Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Willem Huiskamp, Matti Kumm, Mohan, C., Bravo, D., & Petri, S. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9(37). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rockström, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Sailors for Sustainability. (2022). *Emission-Free Shipping over Sea (PRT)*. Sailors for Sustainability. <https://sailorsforsustainability.nl/portfolio/emission-free-shipping-sea-prt/>
- Sesana, I. (2023, March 10). *Le città che scommettono sulle cargo-bike secondo l'European cyclists' federation*. Altreconomia. <https://altreconomia.it/le-citta-che-scommettono-sulle-cargo-bike-secondo-leuropean-cyclists-federation/>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Rayers, B., & Sorlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Stockholm Resilience Centre. (2023). *Planetary boundaries - Stockholm Resilience Centre*. <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>
- Turoń, K., Kubik, A., & Chen, F. (2019). Operational Aspects of Electric Vehicles from Car-Sharing Systems. *Energies*, 12(24), 4614. <https://doi.org/10.3390/en12244614>
- UNFCCC. (2019a). *What is the Kyoto Protocol?* UNFCCC; UNFCCC secretariat (UN Climate Change). https://unfccc.int/kyoto_protocol
- UNFCCC. (2019b, June 12). *Conference of the Parties (COP) | UNFCCC*. [unfccc.int; UNFCCC secretariat \(UN Climate Change\). https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop](https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop)
- UNFCCC. (2020). *Climate Action Pathway: Transport. Executive Summary*. Global Climate Action - UN Climate Change. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/ExecSumm_Transport_1.pdf
- UNFCCC. (2021a). All At Sea. *Unfccc.int*. <https://unfccc.int/blog/all-at-sea>
- UNFCCC. (2021b, May 5). Transport - Climate Action Pathway. *Unfccc.int*. <https://unfccc.int/climate-action/marrakech-partnership/reporting-tracking/pathways/transport-climate-action-pathway>
- UNFCCC. (2022). *What is the United Nations Framework Convention on Climate Change?* unfccc.int; United Nations Climate Change. <https://unfccc.int/process-and-meetings/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>
- UNFCCC. (2023). *The Paris Agreement*. UNFCCC; UNFCCC secretariat (UN Climate Change). <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Vasiutina, H., Szarata, A., & Rybicki, S. (2021). Evaluating the Environmental Impact of Using Cargo Bikes in Cities: A Comprehensive Review of Existing Approaches. *Energies*, 14(20), 6462. <https://doi.org/10.3390/en14206462>
- Willner, A. (2021, March 15). *New age of sail looks to slash massive maritime carbon emissions*. Mongabay Series; Mongabay. <https://news.mongabay.com/2021/03/new-age-of-sail-looks-to-slash-massive-maritime-carbon-emissions/>

TRAJNOSTNA TRANSFORMACIJA ORGANIZACIJE

MATJAŽ KNEZ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje, Slovenija
matjaz.knez@um.si

Trajnostnost je postala bistven del poslovnih strategij po vsem svetu, saj podjetja odkrivajo, kako zeleni pristopi krepijo njihovo finančno in tržno pozicijo. Uvajanje trajnostnih praks vodi k večji dobičkonosnosti, z zagotavljanjem učinkovitosti in inovacij, ki zmanjšujejo stroške in ustvarjajo nove priložnosti. Podjetja, ki upoštevajo ekološke standarde in zakonodajo, pogosto presegajo minimalne zahteve, kar prinaša prednost v obliki zniževanja tveganj in gradnje blagovne znamke, ki odraža družbeno odgovornost in etičnost. Učinkovito načrtovanje trajnostne transformacije zahteva natančno oceno trenutnega stanja, postavitev SMART ciljev in izdelavo strategije, ki vodi do resnično trajnostnih operacij. V naslednjem besedilu bomo raziskali, kako se podjetja premikajo skozi različne faze trajnostne transformacije, od zavezanosti k akciji do popolne integracije trajnostnosti v jedro poslovnega modela.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.2](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.2)

ISBN
978-961-299-012-1

Ključne besede:
trajnostni razvoj,
trajnostni cilji,
faze trajnostne
transformacije,
trajnostna strategija,
SMART cilji



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.2](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.2)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:
sustainable development,
sustainable goals,
phases of sustainable
transformation,
sustainability strategy,
SMART goals

SUSTAINABLE ORGANIZATIONAL TRANSFORMATION

MATJAŽ KNEZ

University of Maribor, Faculty of Logistics, Celje, Slovenia
matjaz.knez@um.si

Sustainability has become an essential part of business strategies around the world, as companies discover how green approaches strengthen their financial and market positions. Implementing sustainable practices leads to greater profitability, by ensuring efficiency and innovation that reduce costs and create new opportunities. Companies that comply with environmental standards and legislation often go beyond minimum requirements, which brings advantages in reducing risks and building a brand that reflects social responsibility and ethics. Effective planning for sustainable transformation requires a careful assessment of the current situation, setting SMART goals, and developing a strategy that leads to truly sustainable operations. In the following text, we will explore how companies move through the different stages of sustainable transformation, from committing to action to fully integrating sustainability into the core of the business model.

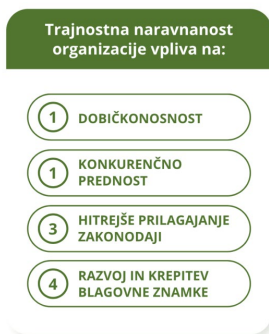
1 Pomen trajnostnosti v današnjem poslovnem okolju

Trajnostnost je postala ključen dejavnik v današnjem poslovnem okolju, saj podjetja in organizacije po vsem svetu prepoznavajo njeno naraščajočo vrednost in pomembnost. Trajnostnost ni le modna muha, temveč nujnost za dolgoročni uspeh podjetij.

Podjetja, ki se osredotočajo na trajnostnost svojega poslovanja, s tem vplivajo na (glej Sliko 1):

1. **Dobičkonosnost:** trajnostne prakse lahko pozitivno vplivajo na dobičkonosnost podjetij (Elkington, 1997). Številne raziskave so pokazale, da podjetja, ki vlagajo v trajnostnost, dosegajo boljše poslovne rezultate. To vključuje prihranke pri virih, zmanjšanje stroškov upravljanja odpadkov ter boljše upravljanje tveganj.
2. **Konkurenčno prednost:** trajnostnost lahko prinese konkurenčno prednost (Porter et al., 2011). Podjetja, ki so trajnostno naravnana, se pogosto pojavljajo kot privlačnejša za potrošnike in investitorje. S tem lahko pridobijo več tržnega deleža in dostopajo do novega kapitala za nadaljnjo rast.
3. **Hitrejša prilagajanje zakonodaji:** vse več držav uvaja zakonodajo in regulacijo, ki spodbujata trajnostne prakse. To zahteva od podjetij, da se prilagajajo okoljskim standardom in obnovljivim virom energije, kar lahko vpliva na njihovo dolgoročno obstojnost (Hopkins, 2012).
4. **Razvoj in krepitev blagovne znamke:** trajnostnost lahko prispeva k pozitivnemu razvoju blagovne znamke. Podjetja, ki so predana trajnostnosti, gradijo ugled kot odgovorna in etična podjetja, kar privablja zveste potrošnike in poslovne partnerje.

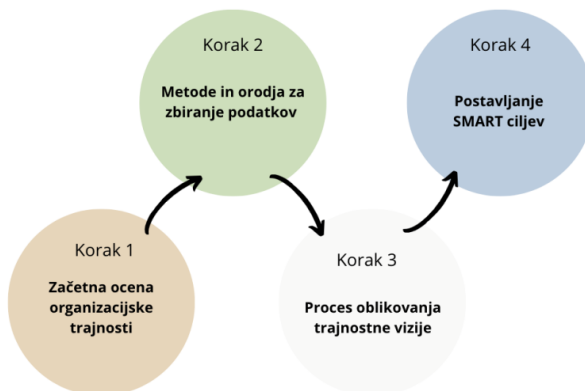
Trajnostnost je tako postala nepogrešljiv del sodobnega poslovanja, ki ne le vpliva na dobičkonosnost, temveč tudi na dolgoročno preživetje in ugled organizacij. Razvoj trajnostnih strategij in praks je postal nujen korak za uspešno navigacijo v današnjem poslovnem okolju.



Slika 2.1: Vpliv trajnostne osredotočenosti organizacije

1.1 Kako začeti s trajnostno transformacijo podjetja?

Kako se pravzaprav sploh lotiti, kje začeti s trajnostno transformacijo podjetja oziroma organizacije? Na Sliki 2 predstavljamo bistvene korake:



Slika 2.2: Kako se lotiti trajnostne transformacije organizacije

Vir: lasten

1.1.1 Korak 1: pomen začetne ocene organizacijske trajnosti

Začetna ocena organizacijske trajnosti je ključni korak za podjetja in organizacije, ki želijo uresničiti svoje trajnostne cilje. Ta proces omogoča organizacijam, da ocenijo svoje trenutno stanje v zvezi s trajnostnostjo, identificirajo področja za izboljšave ter razvijejo strategije za trajnostni razvoj.

Začetna ocena organizacijske trajnosti pomaga podjetjem razumeti, kje se nahajajo v primeru upoštevanja trajnostnih praks (Epstein & Roy, 2001). To vključuje analizo trenutnih:

- okoljskih;
- družbenih in
- ekonomskih vplivov njihovih dejavnosti.

Zavedanje izhodišča je ključno za nadaljnji razvoj trajnostnih strategij.

Na podlagi začetne ocene organizacije lahko podjetja postavijo **jasne in dosegljive cilje za trajnostni razvoj** (Schaltegger & Wagner, 2011). Ti cilji lahko vključujejo:

- zmanjšanje ogljičnega odtisa;
- povečanje energetske učinkovitosti ali
- izboljšanje delovnih pogojev zaposlenih.

Začetna ocena organizacijske trajnosti prispeva k **izgradnji zavesti** o trajnostnih vprašanjih med zaposlenimi in vodstvom. To omogoča boljšo usklajenost in sodelovanje pri izvajanju trajnostnih praks (Lozano & Huisinigh, 2011).

Začetna ocena organizacijske trajnosti je zato ključen prvi korak na poti k trajnostnemu poslovanju. Omogoča organizacijam, da prepoznajo svoje močne in šibke točke ter priložnosti za izboljšave, kar je ključno za dolgoročno uspešno izvajanje trajnostnih strategij in doseganje trajnostnih ciljev.

1.1.2 Korak 2: metode in orodja za zbiranje podatkov o trenutnem stanju

Zbiranje podatkov o trenutnem stanju je pomemben korak pri načrtovanju trajnostnih sprememb v organizaciji. Za uspešno identifikacijo področij za izboljšave je potrebno imeti na voljo natančne in zanesljive informacije o obstoječem stanju.

Zbiranja podatkov se lahko lotimo z različnimi orodji.

- a) **Ankete in vprašalniki:** so pogosto uporabljena orodja za zbiranje mnenj in informacij zaposlenih, strank ali drugih deležnikov v organizaciji (Dillman et al., 2014). Uporaba standardiziranih vprašalnikov omogoča enostavno primerjavo odgovorov in analizo podatkov.
- b) **S pregledom dokumentacije:** pregled dokumentov, kot so: interna poročila, finančne evidence in politike podjetja, lahko zagotovi vpogled v obstoječe prakse in rezultate (Yin, 2018). To lahko vključuje tudi pregled zakonodaje in regulativ, ki vplivajo na organizacijo.
- c) **Z delavnicami in intervjuji:** organizacija lahko izvede delavnice ali intervjuje z zaposlenimi, vodstvom ali drugimi deležniki, da pridobi podrobnejše informacije o trenutnem stanju in morebitnih izzivih (Rubin, & Rubin, 2011). Te metode omogočajo bolj globok vpogled in razumevanje.
- d) **Z analizo podatkov o uspešnosti:** uporaba kvantitativnih meril, kot so ključni kazalniki uspešnosti (KPI), omogoča kvantitativno oceno trenutnega stanja (Neely, 2005). Na primer, merjenje porabe energije ali stopnje zavržkov lahko ponudi konkretno sliko.

Uporaba ustrezne metode ali orodja za zbiranje podatkov je odvisna od specifičnih ciljev in potreb organizacije. Temeljita analiza trenutnega stanja je ključna za oblikovanje učinkovitih strategij trajnostnega razvoja in izboljšav.

Zbiranje podatkov o trenutnem stanju je torej temelj za načrtovanje trajnostnih sprememb znotraj organizacije. Natančne in zanesljive informacije so bistvene za identifikacijo izboljšav. Organizacije lahko zbirajo podatke preko anket in vprašalnikov, pregledov dokumentacije, delavnic, intervjujev ter analize ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI – Key Performance Indicators). Vsaka metoda prinaša različne vpoglede, ki so ključni za izdelavo uspešnih trajnostnih strategij.

Učinkovito zbiranje in analiza podatkov omogočata organizacijam, da natančno določijo svoje trenutne zmogljivosti in področja, kjer je mogoče doseči trajnostne izboljšave, s čimer krepijo svoj trajnostni razvoj.

1.1.3 Korak 3: proces oblikovanja trajnostne vizije organizacije

Oblikovanje trajnostne vizije organizacije je ključna stopnja v procesu usmerjanja podjetja k trajnostnemu razvoju. Trajnostna vizija določa jasne cilje, vrednote in pristope, ki bodo organizacijo vodili k odgovornejšemu in trajnostnemu delovanju.

Proces zajema.

- a) **Razumevanje trenutnega stanja:** prvi korak pri oblikovanju trajnostne vizije je temeljito razumevanje trenutnega stanja organizacije. To vključuje analizo obstoječih praks, procesov, okoljskih vplivov ter družbenih in gospodarskih vidikov delovanja (Schaltegger & Burritt, 2018).
- b) **Vključevanje ključnih deležnikov:** za oblikovanje trajnostne vizije je ključno sodelovanje vseh relevantnih deležnikov, vključno z vodstvom, zaposlenimi, strankami, dobavitelji in lokalno skupnostjo (Figge & Hahn, 2018). Dialog in sodelovanje z različnimi skupinami omogočata boljše razumevanje njihovih pričakovanj in potreb.
- c) **Postavljanje ciljev:** na osnovi razumevanja trenutnega stanja in povratnih informacij deležnikov organizacija postavi konkretne cilje, ki jih želi doseči na področju trajnostnosti. Cilji naj bodo merljivi, dosegljivi in časovno opredeljeni (SMART cilji) (Doran & Ryan, 2017).
- d) **Razvoj trajnostne strategije:** trajnostna vizija organizacije služi kot temelj za razvoj trajnostne strategije. Ta vključuje konkretne ukrepe in pristope, ki bodo omogočili uresničevanje zastavljenih ciljev.
- e) **Spremljanje in izboljšave:** proces oblikovanja trajnostne vizije se ne zaključi s postavljenimi cilji in razvojem strategije. Organizacija mora kontinuirano spremljati svoj napredek, analizirati dosežke in izvajati izboljšave, kjer je to potrebno (Epstein & Buhovac, 2014).

Trajnostna vizija organizacije služi kot vodilo za celotno organizacijo in jo usmerja k trajnostnemu poslovanju ter odgovornemu odnosu do okolja in družbe. S pravilnim procesom oblikovanja trajnostne vizije se organizacija lahko postavi na pot trajnostnega razvoja, ki prinaša koristi tako njej sami kot tudi širši skupnosti.

Oblikovanje trajnostne vizije je torej ključno za usmerjanje organizacije k trajnostnemu razvoju. Vključuje razumevanje trenutnega stanja, vključevanje deležnikov, postavljanje SMART ciljev, razvoj trajnostne strategije ter spremljanje in izboljšave. Trajnostna vizija služi kot temelj za usmerjanje organizacij k bolj odgovornemu poslovanju in večjemu prispevku v družbi. Trajnostna vizija podjetja je kot kompas, ki usmerja njegovo potovanje v prihodnost. Usmerja ne le notranje odločitve in procese, temveč tudi, kako podjetje komunicira in deluje v širši skupnosti, kar je bistvenega pomena za doseganje trajnostnih ciljev in pozitivnega vpliva na okolje in družbo.

1.1.4 Korak 4: postavljanje SMART ciljev za trajnostnost

Postavljanje SMART ciljev (Specifični, Merljivi, Dosegljivi, Relevantni, Časovno opredeljeni) je ključnega pomena za uspešno doseganje trajnostnih prizadevanj v podjetjih. SMART cilji zagotavljajo jasnost, usmerjenost in merljivost prizadevanj na področju trajnostnosti.

- a) **Specifični (Specific):** SMART cilji morajo biti dovolj specifični in natančno določeni, da zaposlenim, partnerjem in deležnikom omogočajo razumevanje, kaj točno želi podjetje doseči v zvezi s trajnostjo.

Primer specifičnega cilja bi bil: "Zmanjšati emisije ogljikovega dioksida (CO₂) v našem logističnem omrežju za 20 % v naslednjih treh letih."

- b) **Merljivi (Measurable):** merljivost je ključna za oceno napredka in učinkovitosti prizadevanj za trajnost.

Logistično podjetje bi lahko postavilo merljiv cilj, na primer: "Povečati izkoriščenost prevoznih sredstev za 15 % do konca leta 2026."

- c) **Dosegljivi (Achievable):** SMART cilji morajo biti realni in dosegljivi ob upoštevanju razpoložljivih virov, tehnologije in kapacitet.

Na primer: "Vgraditi energijsko učinkovitejšo floto vozil v naslednjem letu."

- d) **Relevantni (Relevant):** cilji morajo biti povezani z organizacijsko strategijo in pomembnimi trajnostnimi izzivi.

Primer relevantnega cilja bi bil: "Zmanjšati količino odpadkov v naših skladiščih, kar bo zmanjšalo negativne vplive na okolje in znižalo stroške ravnanja z odpadki."

- e) **Časovno opredeljeni (Time-bound):** cilji morajo imeti jasno časovno okvirno opredelitev, ki določa, do kdaj naj bi bili doseženi.

Na primer: "Do konca leta 2026 zmanjšati porabo energije za 10 % v vseh naših distribucijskih centrih."

Postavljanje SMART ciljev je temelj za usmerjeno in učinkovito doseganje trajnostnih sprememb v podjetju. Ta proces prispeva k razvoju kulture odgovornosti in angažiranosti pri vseh zaposlenih. Kot dodatek lahko izpostavimo - SMART cilji omogočajo podjetju, da svoj napredek ne le meri, ampak tudi komunicira z zunanjimi deležniki, kar krepi transparentnost in zaupanje. Pomembno je, da so ti cilji dinamični in prilagodljivi, da lahko podjetje proaktivno reagira na spreminjajoče se okoljske razmere in tehnološki napredek.

Primeri logističnih podjetij:

- a) **UPS (United Parcel Service):** UPS je določil specifičen cilj zmanjšanja ogljičnega odtisa z uporabo svoje flote vozil. Njihov cilj je bil zmanjšati emisije CO₂ za 20 % do leta 2020. Cilj je bil merljiv z natančnimi meritvami emisij in prevoženimi kilometri. UPS je ta cilj dosegel z izboljšanjem učinkovitosti voznega parka in uporabo vozil na alternativna goriva (UPS, 2020).
- b) **DHL:** si je postavil ambiciozen cilj - postati najbolj trajnostno logistično podjetje na svetu. Cilj je specifičen, saj se osredotoča na trajnost, merljiv - z uporabo merilnikov emisij in upravljanjem s podatki. DHL je uresničil ta cilj s preходом na električna vozila, optimizacijo poti in zmanjšanjem porabe energije v skladiščih (DHL, b.d.).
- c) **Maersk Line:** eden največjih svetovnih pomorskih prevoznikov, si je zadal cilj zmanjšati emisije CO₂ na prevoženi kontejnerski kilometer za 60 % do leta 2020. Ta cilj je bil merljiv in dosegljiv s preходом na bolj energetske učinkovite ladje in uporabo čistejših goriv (Maersk, 2020).

- d) **Amazon:** si je zadal cilj postati podjetje z ogljično nevtralno dostavo do leta 2040. Ta cilj je specifičen, merljiv in časovno omejen. Amazon je za doseganje tega cilja naročil veliko število električnih dostavnih vozil in se zavezal k zmanjšanju svojega ogljičnega odtisa (Amazon, b.d.).

Ti primeri logističnih podjetij kažejo, kako SMART cilji postavljajo temelje za trajnostno preoblikovanje. Cilji so specifični, merljivi, dosegljivi, relevantni in časovno omejeni, kar omogoča spremljanje napredka in usmerja napore k trajnostnim rešitvam.

2 Štiri faze trajnostne transformacije organizacije

Trajnostna preobrazba organizacije je lahko dolgotrajen proces, ki vključuje številne korake, pri čemer se organizacija postopoma prilagaja trajnostnim praksam. Hitrost in obseg transformacije sta odvisna tudi od višine finančnih sredstev, ki jih organizacija namenja za to.



Slika 2.3: Štiri faze trajnostne transformacije organizacije

Trajnostno transformacijo lahko razdelimo v štiri glavne faze, ki vključujejo ozelenjevanje zaposlenih, ozelenjevanje obrata, ozelenjevanje procesov in končno, vožnjo po zelenem valu (Slika 2.3).

2.1 Faza 1: ozelenjevanje zaposlenih

Prva faza trajnostne preobrazbe se začne s ozaveščanjem in izobraževanjem zaposlenih. Organizacija se osredotoči na to, da svoje zaposlene seznani s trajnostnimi vrednotami in praksami ter jih spodbudi, da postanejo ambasadorji trajnostnosti. Lahko pa preprosto samo spiše navodila ali pa okrožnico, v kateri zaposlene obvesti/jih spodbudi, kako v prihodnje ravnati/se obnašati, da bodo delovali bolj trajnostno.

Primer. Podjetje "XGreen" je organiziralo usposabljanje za svoje zaposlene o trajnostnih načelih in spodbudilo zaposlene, da delijo svoje trajnostne zamisli za izboljšanje delovnega okolja.

Višina investicij: v tej fazi so glavni stroški povezani z izobraževanjem in ozaveščanjem zaposlenih o trajnostnosti. To vključuje stroške usposabljanja, komunikacije in ozaveščanja.

Primer. Podjetje "GreenX" je vložilo 50.000 evrov v program izobraževanja zaposlenih o trajnostnih praksah. Rezultat tega je bilo povečanje ozaveščenosti zaposlenih o trajnostnosti in zmanjšanje porabe električne energije za 15 % v prvem letu.

Faza ozelenjevanja zaposlenih se torej nanaša na začetni korak v procesu trajnostne transformacije podjetja, kjer je poudarek na ozaveščanju in izobraževanju zaposlenih o pomenu in praktičnih aspektih trajnostnosti. V tej fazi se organizacija osredotoča na spodbujanje zaposlenih, da razumejo trajnostne vrednote in kako lahko s svojim delovanjem prispevajo k okoljski odgovornosti in trajnostnemu razvoju podjetja. Cilj je spodbuditi zaposlene, da postanejo aktivni udeleženci in ambasadorji trajnostnih iniciativ znotraj podjetja.

2.2 Faza 2: ozelenjevanje obrata

Naslednja faza se osredotoči na spremembe v obratu ali objektu podjetja. To lahko vključuje zmanjšanje porabe energije, učinkovitejšo rabo virov in bolj trajnostno infrastrukturo.

Primer. Proizvajalec avtomobilov je namestil sončne panele na streho svoje tovarne in tako zmanjšal svojo odvisnost od fosilnih goriv.

Višina investicij: v tej fazi so investicije osredotočene na energetske učinkovitost in obnovljive vire energije. To vključuje naložbe v sončne panele, energetske učinkovite opreme in okolju prijazne tehnologije.

Primer. Proizvajalec "EcoX" je vložil 500.000 evrov v namestitev sončnih panelov na strehi svoje tovarne. To jim je omogočilo, da so zmanjšali svojo odvisnost od električne energije iz fosilnih goriv za 40 % in prihranili 100.000 evrov na leto.

Faza ozelenjevanja obrata je torej drugi korak v procesu trajnostne transformacije podjetja, kjer se pozornost usmerja na fizično okolje in operativne procese. V tej fazi podjetja sprejmejo ukrepe za zmanjšanje okoljskega vpliva svojih operacij, kot so: zmanjšanje porabe energije in vode, izboljšanje učinkovitosti virov ter vlaganje v zeleno infrastrukturo, kot so sončne elektrarne ali sistemi za upravljanje odpadkov. Cilj je zmanjšati ogljični odtis podjetja in ustvariti bolj trajnostno delovno okolje.

2.3 Faza 3: ozelenjevanje procesov

V tej fazi organizacija preučuje svoje poslovne procese in išče načine za zmanjšanje svojega okoljskega odtisa. To vključuje optimizacijo proizvodnih procesov, zmanjšanje količine odpadkov in izboljšanje trajnostne oskrbovalne verige.

Primer. Distribucijsko podjetje je prešlo na elektronske dokumente in s tem zmanjšalo porabo papirja in emisije CO₂.

Višina investicij: ta faza zahteva vlaganja v optimizacijo proizvodnih procesov, recikliranje odpadkov in zmanjšanje emisij. To vključuje naložbe v bolj učinkovite stroje, reciklažne naprave in obdelavo odpadkov.

Primer. Distribucijsko podjetje "XEcoL" je vložilo 300.000 evrov v prehod na elektronsko dokumentiranje. To jim je omogočilo zmanjšanje porabe papirja za 70 % in zmanjšanje emisij CO₂ za 20 %.

Faza ozelenjevanja procesov je torej napredovanje v trajnostni transformaciji, kjer podjetja analizirajo in preoblikujejo svoje poslovne procese, da zmanjšajo okoljski odtis in izboljšajo družbeno odgovornost. Ta faza vključuje optimizacijo proizvodnje, povečanje učinkovitosti, zmanjšanje količine odpadkov in izboljšanje celotne trajnostne uspešnosti dobavne verige. Cilj je razviti bolj zelene in učinkovite poslovne procese, ki ne le zmanjšujejo vpliv na okolje, ampak tudi prinašajo ekonomske koristi podjetju.

Pogosto se organizacije v tej fazi transformacije, poleg ostalih metod (Lean Manufacturing, Six Sigma, Eko-dizajn, Okoljski benchmarking, Energetske revizije), poslužujejo uporabe analize življenjskega cikla (Life Cycle Assessment - LCA). LCA je metoda, ki se uporablja za ocenjevanje okoljskih vplivov izdelka, procesa ali storitve skozi celoten življenjski cikel; od pridobivanja surovin, proizvodnje, uporabe, recikliranja do končne odstranitve. Analiza LCA podjetjem omogoča, da identificirajo, kje v njihovih procesih lahko uvedejo izboljšave, ki zmanjšajo negativne vplive na okolje in povečajo učinkovitost.

2.4 Faza 4: vožnja po zelenem valu

Zadnja faza vključuje trajnostno vodenje organizacije in uporabo trajnostnih načel kot gonilne sile za inovacije in rast. Prevzema vlogo vodje v panogi, vlogo t. i. »trend setterja«, s čimer daje zgled drugim, konkurentom pa motiv za posnemanje.

Primer. Veliko tehnološko podjetje se je zavezalo, da bo do leta 2030 postalo popolnoma ogljično nevtralno in spodbujalo druge v industriji k istemu cilju.

Višina investicij: v tej fazi se organizacija zaveže k trajnostnemu vodenju in nenehnim izboljšavam. To vključuje vlaganja v raziskave in razvoj trajnostnih izdelkov ter spodbujanje trajnostnih praks v vseh vidikih poslovanja.

Primer. Tehnološko podjetje "GreenX" je namenilo 1 milijon evrov za raziskave trajnostnih rešitev. Kot rezultat so razvili izdelek, ki zmanjšuje porabo energije v pametnih napravah, kar jim je v prvem letu prineslo dodatna 2 milijona evrov prihodka.

Zadnja faza, "Vožnja po zelenem valu", predstavlja zaključno stopnjo v procesu trajnostne transformacije podjetja, kjer organizacija ne le implementira trajnostne prakse, ampak jih tudi aktivno promovira in integrira v vse aspekte poslovanja. To

je faza, v kateri podjetje izkorišča vse prednosti trajnostnega poslovanja, postane zgled v industriji in vpliva na svoje dobavitelje, partnerje in kupce, da tudi oni sledijo trajnostnim praksam. Cilj je ustvariti "zeleni val", ki presega meje podjetja in ima širše pozitivne učinke na celotno industrijo in družbo.

Vsaka faza predstavlja ključen korak na poti trajnostne preobrazbe organizacije. S pravilno izvedbo teh faz lahko organizacija doseže boljšo učinkovitost, zmanjša svoj vpliv na okolje in postane trajnostno naravnana, kar ima dolgoročne koristi za vse deležnike. Višina investicij se lahko razlikuje glede na velikost in panogo organizacije, vendar so trajnostne naložbe dolgoročno donosne zaradi zmanjšanja stroškov in izboljšanja ugleda organizacije.

2.5 Še nekaj primerov uvajanja konkretnih ukrepov za doseganje trajnostnih ciljev v logistiki

Uvajanje konkretnih ukrepov za doseganje trajnostnih ciljev v logistiki je ključno za organizacije, ki si prizadevajo zmanjšati svoj okoljski vpliv, izboljšati družbeno odgovornost in povečati učinkovitost svojih operacij. Tukaj je še nekaj ključnih ukrepov in pristopov, ki jih organizacije lahko uporabijo.

- a) **Zeleno prevozno sredstvo:** zamenjava obstoječih vozil z vozili na alternativna goriva, kot so električna vozila ali vozila na vodik, lahko znatno zmanjša emisije CO₂.
- b) **Optimizacija poti:** uporaba naprednih tehnologij za optimizacijo prevoznih poti lahko zmanjša čas potovanja, porabo goriva in izpuste.
- c) **Zmanjšanje količine odpadkov:** implementacija programov za recikliranje in zmanjšanje količine odpadkov v logističnih operacijah lahko pripomore k zmanjšanju okoljskega vpliva.
- d) **Uporaba obnovljivih virov energije:** uvajanje obnovljivih virov energije, kot so sončne ali vetrne elektrarne za oskrbo z električno energijo v logističnih objektih, prispeva k zmanjšanju ogljičnega odtisa (Sarkis et al., 2011).

- e) **Usposabljanje zaposlenih:** izobraževanje zaposlenih o trajnostnih praksah in ozaveščanje o pomenu trajnostnosti lahko pripomore k njihovi večji angažiranosti in vključenosti v trajnostne dejavnosti (Seuring & Müller, 2008).
- f) **Povečanje varnosti in učinkovitosti:** vgrajevanje naprednih telematskih sistemov in tehnologij za sledenje omogoča boljšo varnost in učinkovitost prevoza (Kleindorfer et al., 2005).

Uvajanje teh ukrepov zahteva celostno razmišljanje in zavezanost organizacije k trajnostnim ciljem. S temi ukrepi lahko logistična podjetja zmanjšajo svoj ekološki odtis, povečajo učinkovitost in ustvarijo pozitiven vpliv na družbo.

3 Pomembnost stalnega spremljanja trajnostnih kazalnikov

V današnjem poslovnem okolju, kjer se trajnostnost in odgovornost do okolja in družbe vedno bolj uveljavljata kot ključna dejavnika uspeha, je stalno spremljanje trajnostnih kazalnikov postalo nepogrešljivo. To je ključnega pomena za organizacije, ki si prizadevajo za trajnostni razvoj svojih operacij.

Trajnostni kazalniki so merila, ki organizacijam omogočajo, da merijo in spremljajo svoj napredek v smeri trajnostnih ciljev. Ti kazalniki lahko vključujejo različne kvantitativne in kvalitativne podatke, kot so: emisije toplogrednih plinov, poraba energije, ravnanje z odpadki, družbena odgovornost in ekonomska uspešnost. Trajnostni kazalniki so ključni za ocenjevanje, kako dobro podjetje izpolnjuje svoje trajnostne strategije in za obveščanje deležnikov o njihovem trajnostnem delovanju (Global Reporting Initiative, 2016).

S stalnim spremljanjem trajnostnih kazalnikov organizacije pridobivajo vpogled v svoje dejavnosti, to pa jim hkrati omogoča razvoj.

Ocenjevanje napredka: s spremljanjem kazalnikov lahko organizacije ocenijo, kako dobro izvajajo svoje trajnostne cilje in strategije. Na podlagi teh ocen lahko prilagajajo svoje ukrepe in strategije ter izboljšujejo svoj trajnostni vpliv (Eccles et al., 2011).

Transparentnost: stalno spremljanje in objavljane trajnostnih podatkov povečuje transparentnost organizacije. To je ključno za izpolnjevanje pričakovanj strank, investitorjev in drugih deležnikov glede trajnostnega poslovanja (Porter & Kramer, 2011).

Pravilno odločanje: trajnostni kazalniki zagotavljajo podlago za boljše odločitve. Na podlagi zbranih podatkov organizacije lahko bolje razumejo, kateri ukrepi so najučinkovitejši in kje je potrebno izboljšanje (Elkington, 1997).

Izboljšanje konkurenčnosti: organizacije, ki uspešno sledijo trajnostnim kazalnikom, so bolj pripravljene na prihodnje spremembe v poslovnem okolju. To jim daje konkurenčno prednost (Hart, 1997).

Povečanje zavedanja: trajnostni kazalniki povečujejo zavedanje o trajnostnih vprašanjih tako znotraj organizacije kot tudi med zaposlenimi in deležniki. To lahko pripomore k večji vključenosti in motivaciji za trajnostno delovanje (Kiron et al., 2012).

Izpolnjevanje regulativnih zahtev: vse več držav in regij uveljavlja zakonodajo, ki zahteva spremljanje in poročanje o trajnostnih kazalnikih. Stalno spremljanje je ključno za izpolnjevanje teh zahtev (Delmas & Montes-Sancho, 2011).

Za uspešno spremljanje trajnostnih kazalnikov je pomembno, da organizacije uporabljajo ustrezne metode in orodja za zbiranje, analizo in poročanje o trajnostnih podatkih. Poleg tega je potrebno dosledno pristopiti k integraciji trajnostnosti v vse vidike poslovanja.

4 Izvajanje evalvacij in ocenjevanja za trajnostni razvoj

Evalvacije in ocenjevanja so ključni koraki pri doseganju trajnostnega razvoja v organizaciji. Omogočajo nam, da merimo učinkovitost in uspešnost trajnostnih praks ter prepoznavamo področja za izboljšave.

Koraki evalvacije in ocenjevanja so:

- **določitev merilnih kazalnikov:** prvi korak pri evalvaciji trajnostnosti je določitev merilnih kazalnikov, ki bodo uporabljeni za merjenje trajnostnih

dosežkov organizacije. To vključuje kvantitativne in kvalitativne kazalnike, kot so emisije ogljikovega dioksida, poraba vode, družbena odgovornost, inovacije in drugi kazalniki (Luka Koper, 2020);

- **zbiranje in analiza podatkov:** naslednji korak je zbiranje relevantnih podatkov za vsak merilni kazalnik. To vključuje podatke o poslovanju, poročila o trajnostnosti, anketiranje deležnikov in druge vire informacij. Nato se podatki analizirajo in primerjajo s preteklimi rezultati ter postavljenimi cilji (Schaltegger & Burritt, 2018);
- **ocenjevanje dosežkov:** na podlagi analize podatkov se izvede ocenjevanje dosežkov organizacije glede na zastavljene trajnostne cilje. To vključuje oceno učinkovitosti praks in njihov vpliv na okolje, družbo in gospodarstvo (Eccles & Krzus, 2010);
- **identifikacija področij za izboljšave:** na podlagi ugotovitev evalvacije se prepoznajo področja, kjer je mogoče izboljšati trajnostne prakse. To lahko vključuje spremembe v procesih, tehnologijah, politikah ali strategijah organizacije (Kurucz et al., 2017);
- **poročanje in komuniciranje:** rezultati evalvacij in ocenjevanj se morajo ustrezno poročati in komunicirati znotraj organizacije ter tudi navzven. Transparentnost in komunikacija sta ključni za izpolnjevanje pričakovanj deležnikov in zagotavljanje zaupanja (CSR Europe, 2015);
- **nadgrajevanje trajnostnega načrta:** na koncu evalvacije in ocenjevanja prispevajo k nadgrajevanju trajnostnega načrta organizacije. To pomeni postavljanje novih ciljev, izboljšave praks ter nenehno prilagajanje in usklajevanje trajnostnih pristopov (Lozano, 2015).

Evalvacije in ocenjevanja so ključni dejavnik za zagotavljanje, da organizacija ostaja na poti trajnostnega razvoja. S pravilno izvedbo teh postopkov lahko organizacija izboljša svoj trajnostni vpliv in prispeva k boljšemu poslovnemu, družbenemu in okoljskemu rezultatu.

5 Pomen komunikacije o trajnostnih dosežkih in prizadevanjih

Trajnostnost je postala nepogrešljiv del poslovnega sveta in zato je ključno, da organizacije učinkovito komunicirajo svoje trajnostne dosežke in prizadevanja. S pravilno komunikacijo lahko organizacije izboljšajo ugled svoje organizacije, povečajo zaupanje deležnikov ter privabijo potrošnike, ki cenijo trajnostne prakse.

Nekaj ključnih nasvetov za učinkovito komuniciranje o trajnostnih vidikih vaše organizacije.

1. Določite sporočilo: preden začnete komunicirati, morate jasno določiti, kaj želite sporočiti. Upoštevajte svoje trajnostne cilje, dosežke in prizadevanja ter izberite tista sporočila, ki so najbolj relevantna za vaše ciljno občinstvo (Kotler et al., 2019).

2. Uporabite različne kanale: uporabite različne komunikacijske kanale, kot so: spletna mesta, družabni mediji, tiskani materiali in medijske objave. Pravilna izbira kanalov bo omogočila, da dosežete različne skupine deležnikov (Du et al., 2010).

3. Zgodbe z deležniki: povežite se s svojimi deležniki in pripovedujte zgodbe o vaših trajnostnih prizadevanjih. Uporaba primerov in resničnih zgodb lahko pripomore k večji verodostojnosti in prepoznavnosti vaše organizacije (Whelan et al., 2017).

4. Uporabite številke in statistiko: uporabite številke in statistične podatke, ki podpirajo vaše trditve o trajnostnih dosežkih. Jasni podatki lahko dodajo avtoriteto in prepričljivost vašim sporočilom (Hansen & Machin, 2019).

5. Bodite proaktivni: namesto, da čakate na vprašanja ali kritike, bodite proaktivni pri komuniciranju o trajnostnih vprašanjih. S tem boste lahko obvladovali razpravo in oblikovali javno mnenje (Lyon & Montgomery, 2015).

6. Vključite zaposlene: vaši zaposleni so lahko močan vir za širjenje trajnostnih sporočil. Vključite jih v komunikacijske dejavnosti in jim omogočite, da postanejo ambasadorji trajnostnosti.

7. Vzdržujte konsistentnost: vaše trajnostno sporočilo mora biti konsistentno s trajnostnimi praksami vaše organizacije. Konsistentnost bo preprečila zmedo in dvom v vaše namene.

Komuniciranje o trajnostnih dosežkih in prizadevanjih je ključnega pomena za gradnjo ugleda in privabljanje deležnikov. S pravilnim pristopom lahko organizacija postane prepoznavna kot vodilna v trajnostnih praksah.

6 Pomen ozaveščanja internih in eksternih deležnikov o trajnostnosti

V današnjem poslovnem svetu je ozaveščanje internih in eksternih deležnikov o trajnostnosti postalo ključnega pomena. Organizacije morajo komunicirati svoje trajnostne prakse, cilje in dosežke, da bi gradile ugled, pridobile zaupanje in izpolnile pričakovanja deležnikov, vključno z zaposlenimi, strankami, dobavitelji in širšo javnostjo (Bansal & Song, 2017).

6.1 Ozaveščanje notranjih (internih) deležnikov

Zaposleni: notranji (interni) deležniki, kot so zaposleni, so pomembna skupina, ki jo je treba ozaveščati o trajnostnih praksah organizacije. To se doseže s stalnim izobraževanjem, usposabljanjem in vključevanjem zaposlenih v trajnostne dejavnosti. Primer: organizacija organizira interno usposabljanje o okoljskih vplivih svojih dejavnosti.

Vodstvo: vodstvo organizacije mora postaviti zgled in aktivno sodelovati v komuniciranju trajnostnih ciljev in praks. Primer: izvršni direktor objavi sporočilo o trajnostnih ciljih v letnem poročilu.

6.2 Ozaveščanje zunanjih (eksternih) deležnikov

Stranke: podjetja morajo svojim strankam jasno predstaviti svoje trajnostne pristope in proizvode. To lahko vključuje označevanje trajnostnih izdelkov ali storitev. Primer: prehrambna družba označuje izdelke s certifikati o trajnostni pridelavi.

Dobavitelji: komunikacija z dobavitelji o trajnostnih pričakovanjih in zahtevah je ključna za trajnostno dobavno verigo. Primer: trgovinska družba izvaja ocene trajnostnosti za svoje dobavitelje.

Investitorji: investitorji se vse bolj zanimajo za trajnostne vidike podjetij. Organizacije morajo svoje trajnostne dosežke jasno predstaviti investitorjem. Primer: podjetje pripravi posebno poročilo o trajnostni finančni uspešnosti.

Javnost: organizacije morajo redno komunicirati s širšo javnostjo preko medijev, družbenih omrežij in drugih komunikacijskih kanalov. Primer: kampanja o zmanjšanju ogljičnega odtisa podjetja.

Ozaveščanje internih in eksternih deležnikov je ključno za gradnjo zaupanja, razumevanja in podporo za trajnostne prakse organizacije. Pomembno je, da se ta komunikacija izvaja pregledno, dosledno in pošteno, saj lahko privede do dolgoročne uspešnosti in trajnostne rasti organizacije (Dias-Sardinha et al., 2021).

7 Pomen prepoznavanja zelenega zavajanja v komuniciranju

Zeleno zavajanje (ang. Greenwashing) pomeni zavajajoče trženje, pri katerem podjetja lažno predstavljajo svoje izdelke, storitve ali poslovne prakse kot okolju prijazne, čeprav to v resnici niso. Cilj je ustvariti vtis trajnostnosti in odgovornosti, čeprav dejanska okoljska korist ni ustrezna ali pa je zanemarljiva (Delmas et. Al., 2011). V nadaljevanju navajamo nekaj primerov, na kaj morajo biti pozorni v podjetjih, in kako se potrošniki lahko izognejo zavajajočim trženjskim praksam zelenega zavajanja.

7.1 Na kaj morajo biti pozorna podjetja?

Podjetja morajo zagotoviti, da so njihovi trajnostni ukrepi resnični, preverljivi in skladni z zakonodajo ter etičnimi standardi. Ključni vidiki vključujejo:

- **transparentnost:** jasno in natančno komuniciranje o okoljskih prizadevanjih in rezultatih;
- **podprte trditve:** vse ekološke trditve morajo biti podprte z dokazi (npr. certifikati, študijami, analizami življenjskega cikla izdelkov);
- **celovitost trajnostnih praks:** podjetja ne smejo poudarjati le enega trajnostnega vidika (npr. reciklirane embalaže), če druge prakse (npr. ogljični odtis proizvodnje) niso okolju prijazne;

- **izogibanje nejasnim izrazom:** izraze, kot so "okolju prijazno", "zeleno" ali "trajnostno", je pravilno uporabljati le, če so podprti s konkretnimi podatki;
- **spoštovanje zakonodaje:** upoštevanje predpisov o zavajajočem oglaševanju in trajnostnem poročanju (npr. direktive EU o nefinančnem poročanju).

7.2 Na kaj morajo biti pozorni potrošniki?

Potrošniki se morajo izogibati zavajajočim trženjskim praksam in kritično ocenjevati zelene trditve podjetij. Pri tem naj bodo pozorni na:

- **dokazila in certifikate:** preverjanje, ali so trajnostne trditve podprte z neodvisnimi certifikati (npr. EU Ecolabel, Fair Trade, FSC);
- **celovitost podjetja:** ugotavljanje, ali podjetje izvaja trajnostne prakse v celotnem poslovanju ali samo pri določenem izdelku;
- **sledenje podrobnostim:** bodite pozorni na specifične in merljive obljube, ne le na splošne slogane;
- **pasti simbolov in barv:** zeleno obarvana embalaža ali logotipi z naravnimi motivi še ne pomenijo, da je izdelek dejansko trajnosten;
- **neodvisni viri:** pregled ocene neodvisnih organizacij in poročila o trajnosti podjetja.

7.3 Slabe prakse zelenega zavajanja

Obstaja več oblik zelenega zavajanja, med najpogostejšimi so:

- **zavajajoče oznake in certifikati** – uporaba lastnih, neuradnih ekoloških oznak brez neodvisne verifikacije;
- **poudarjanje ene zelene lastnosti, ignoriranje drugih** – npr. izdelek z ekološko embalažo, a s škodljivimi sestavinami;
- **uporaba nejasnih ali neutemeljenih trditev** – izrazi, kot so "100 % naravno" ali "okolju prijazno", brez dokazov;
- **skrivanje resničnega vpliva** – podjetja, ki promovirajo en "zeleni" izdelek, medtem ko večina njihove proizvodnje močno onesnažuje okolje;
- **napačne podobe in simboli** – uporaba listkov, dreves ali zelenih barv za ustvarjanje vtisa trajnostnosti brez dejanskih okoljskih koristi;

- **nepopolne informacije** – podjetja izpostavljajo okoljske prednosti enega vidika, ne da bi razkrila celoten vpliv izdelka (npr. električni avtomobili, katerih proizvodnja baterij močno onesnažuje okolje).

Zeleno zavajanje je vedno resnejša težava, ki zmanjšuje zaupanje potrošnikov in preprečuje resnično trajnostne spremembe. Podjetja bi morala bolj stremeti k iskreni in celoviti trajnostni politiki, potrošniki pa naj ostanejo kritični ter preverjajo trditve. Izobraževanje, ozaveščanje in regulacije so ključne za preprečevanje teh praks in zagotavljanje dejansko bolj trajnostne prihodnosti.

8 Nenehna rast in prilagajanje organizacije trajnostnim izzivom

Trajnostnost je, kot smo že večkrat zapisali in to vedno bolj prepoznavajo tudi podjetja oz organizacije, postala ključna točka v poslovnem svetu, pri čemer organizacije razumejo, da trajnostnost ni le enkratno prizadevanje, temveč nenehno rastoč proces prilagajanja trajnostnim izzivom. To zahteva trajnostno naravnost, ki se razvija skozi čas, s stalnimi prizadevanji za izboljšave.

Nenehno prilagajanje organizacije trajnostnim izzivom vključuje več ključnih vidikov.

Kultura trajnosti: pravilna vzpostavitev kulture trajnosti v organizaciji zahteva vztrajnost in nenehno osveščanje zaposlenih o pomembnosti trajnostnosti. To je podprto s stalnim izobraževanjem in usposabljanjem, ki se osredotoča na trajnostne prakse in vrednote (Darnall et al., 2009).

Strateško načrtovanje: organizacija mora nenehno pregledovati in posodabljati svojo trajnostno strategijo, da se odziva na spreminjajoče se okoljske in družbene izzive. Prilagajanje strategije lahko pomaga zagotoviti, da so cilji še vedno relevantni in dosegljivi (Hart, 1997).

Inovacije: inovacija je ključnega pomena pri reševanju trajnostnih izzivov. Organizacije morajo spodbujati inovacije, ki prispevajo k zmanjšanju vpliva na okolje in družbo. Sčasoma se morajo prilagajati novim tehnologijam in pristopom, ki omogočajo bolj trajnostno poslovanje (Porter & van der Linde, 1995).

Spremljanje in poročanje: organizacije morajo nenehno spremljati svoj trajnostni napredek in rezultate ter te podatke deliti s svojimi deležniki. To omogoča odgovornost in omogoča prilagajanje ciljev in praks, kadar je to potrebno (Epstein & Roy, 2001).

Vključevanje deležnikov: delo z različnimi deležniki, vključno s strankami, dobavitelji, investitorji in lokalnimi skupnostmi, je ključnega pomena za nenehno prilagajanje organizacije. Upoštevanje njihovih mnenj in potreb prispeva k bolj trajnostnemu poslovanju (Freeman et al., 2010).

Organizacije, ki se nenehno prilagajajo trajnostnim izzivom, bodo bolje pripravljene na prihodnost in bolje opremljene za obravnavanje okoljskih in družbenih vprašanj. Nenehno prizadevanje za trajnostnost bo pripomoglo k dolgoročni rasti in uspehu organizacije.

9 Ali podjetje za trajnostno transformacijo potrebuje ISO standard?

Da se podjetja lotijo trajnostne transformacije, ne potrebujejo ISO standardov, kot je ISO 14001, vendar ti standardi lahko pomembno prispevajo k uspešnosti in verodostojnosti procesa. ISO standardi zagotavljajo priznane metode in postopke, ki so mednarodno sprejeti in lahko služijo kot vodilo za doseganje trajnostnih ciljev. Uporaba ISO standardov lahko podjetjem olajša strukturiranje njihovih trajnostnih prizadevanj, pomaga pri merjenju in poročanju o okoljski uspešnosti ter izboljša upravljanje tveganj in skladnost z zakonodajo. Ne glede na to, ISO standardi niso obvezni in podjetja lahko izvajajo trajnostne prakse tudi brez njih.

ISO standardi, kot je ISO 14001, ki se osredotoča na okoljski menedžment, lahko podjetjem, ki želijo izvesti trajnostno transformacijo, nudijo predvsem številne prednosti.

Okvir za izboljšave: zagotavljajo jasen okvir za vzpostavitev, izvajanje, spremljanje in izboljševanje okoljskega menedžmenta.

Mednarodno priznanje: ISO standardi so mednarodno priznani, kar povečuje verodostojnost in lahko izboljša podobo podjetja na globalnem trgu.

Skladnost z zakonodajo: pomagajo zagotoviti skladnost z okoljskimi zakoni in regulativami, zmanjšujejo tveganja in lahko znižajo stroške, povezane s kaznimi ali tožbami.

Učinkovitost virov: spodbujajo učinkovito upravljanje in uporabo virov ter zmanjšujejo količine odpadkov.

Zmanjšanje okoljskega odtisa: poudarek na zmanjševanju negativnih vplivov na okolje prispeva k bolj zelenemu poslovanju.

Konkurenčna prednost: lahko ponudi konkurenčno prednost v očeh strank in partnerjev, ki vrednotijo trajnost.

Vsekakor je pridobitev in vzdrževanje ISO standardov prednost, ki podpira trajnostne cilje podjetja, zagotavlja doslednost in zavezanost izboljšavam ter krepi njegov tržni položaj, ni pa, kot smo dejali, pogoj, da podjetje uspešno izpelje trajnostno transformacijo.

10 Zaključek

Trajnostna transformacija organizacije je dolgotrajen proces, ki vključuje spremembe v poslovnem modelu, kulturi podjetja, procesih ter odnosu do okolja in družbe.

Organizacije, ki se odločijo za temeljito trajnostno transformacijo, kar običajno traja dlje časa, običajno razvijajo nove, inovativne trajnostne poslovne modele, investirajo v zelene tehnologije, kot so: električna vozila, sončne elektrarne in pametna logistika. Organizacije, ki se trajnostno preoblikujejo, pogosto vlagajo tudi v spremembo organizacijske kulture in vodenja. Ni hitrih sprememb, v želji po hitrejši implementaciji le-teh, pa organizacije izbirajo tudi hitrejša implementacije trajnostnih rešitev, kot npr. takojšen prehod na električna vozila za kratke dostave v mestih. Organizacije, ki sledijo kratkoročnim ciljem trajnostne transformacije, se osredotočajo na hitre ukrepe, kot so: optimizacija poti in zmanjšanje količin odpadkov. Včasih organizacije za trajnostne rešitve sodelujejo s tretjimi ponudniki, da hitreje dosežejo cilje itd.

Skratka, trajnostna transformacija organizacije tako ali drugače, vsakič organizacije lahko pridobijo trajnostno konkurenčno prednost in pozitiven vpliv na okolje.

Trajnostna transformacija organizacije je kompleksen in večdimenzionalen proces, ki sega onkraj osnovnih okoljskih ukrepov in zahteva temeljno preobrazbo poslovnega modela, korporativne kulture, vodenja in operativnih procesov. Vključuje strateško usmeritev k inovacijam in zelenim tehnologijam, kot so: obnovljivi viri energije in električna vozila ter optimizacijo logističnih operacij za zmanjšanje količin odpadkov. Organizacije, ki sprejemajo trajnostno miselnost, lahko izboljšajo svojo tržno pozicijo, pridobijo prednost pred konkurenti ter prispevajo k zdravju planeta in blagostanju družbe.

Končni cilj trajnostne transformacije ni le izpolnjevanje kratkoročnih ciljev, ampak je zasidranje trajnostnosti v jedro poslovanja, s čimer organizacije postanejo gonilna sila za inovacije, rast in družbeno odgovornost lokalno in, če je možnost, tudi globalno.

Literatura in vir

- Amazon. (n.d.). Sustainability. Pridobljeno 12. septembra 2023 s <https://sustainability.aboutamazon.com/reporting>
- Bansal, P., & Song, H. C. (2017). Similar but not the same: Differentiating corporate sustainability from corporate responsibility. *Academy of Management Annals*, 11(1), 105-149.
- CSR Europe. (2015). A Guide to Communicating on Corporate Social Responsibility. CSR Europe.
- Darnall, N., Jolley, G. J., & Handfield, R. (2009). Environmental management systems and green supply chain management: complements for sustainability? *Business Strategy and the Environment*, 18(1), 30-45.
- Delmas, M. A., & Montes-Sancho, M. J. (2011). An institutional perspective on the diffusion of international management system standards: The case of the environmental management standard ISO 14001. *Business Ethics Quarterly*, 21(1), 103-132.
- DHL. (n.d.). Sustainable Logistics. Pridobljeno 15. septembra 2023 s <https://www.dhl.com/global-en/home/logistics-solutions.html>
- Dias-Sardinha, I., Oliveira, M. G., & Lourenço, I. C. (2021). The Corporate Sustainability Communication Model: Assessing the Causality Relationship with Stakeholder Satisfaction and Loyalty. *Sustainability*, 13(2), 1000.
- Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method. John Wiley & Sons.
- Doran, R., & Ryan, M. (2017). Measuring SMART: Developing a practical tool for planning and monitoring KPIs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(2), 167-184.
- Du, S., Bhattacharya, C. B., & Sen, S. (2010). Maximizing business returns to corporate social responsibility (CSR): The role of CSR communication. *International Journal of Management Reviews*, 12(1), 8-19.

- Eccles, R. G., & Krzus, M. P. (2010). *One Report: Integrated Reporting for a Sustainable Strategy*. John Wiley & Sons.
- Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2011). The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. *Management Science*, 60(11), 2835-2857.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Capstone Publishing.
- Epstein, M. J., & Buhovac, A. R. (2014). *Making sustainability work: Best practices in managing and measuring corporate social, environmental, and economic impacts*. Berrett-Koehler Publishers.
- Epstein, M. J., & Roy, M. J. (2001). Sustainability in action: Identifying and measuring the key performance drivers. *Long Range Planning*, 34(5), 585-604.
- Figge, F., & Hahn, T. (2018). *Value Creation Through Sustainability: How Sustainability Can Affect the Quality of Business*. Routledge.
- Freeman, R. E., Harrison, J. S., Wicks, A. C., Parmar, B. L., & De Colle, S. (2010). Stakeholder theory: The state of the art. *The Academy of Management Annals*, 4(1), 403-445.
- GRI (2016). *GRI Standards 2016: Environmental and Social Topics*. Global Reporting Initiative.
- Hansen, J. M., & Machin, J. E. (2019). Green branding and consumers: Exploring the role of persuasion knowledge. *Journal of Advertising*, 48(2), 180-197.
- Hart, S. L. (1997). Beyond greening: strategies for a sustainable world. *Harvard Business Review*, 75(1), 66-76.
- Hopkins, M. (2012). *The Planetary Bargain: Corporate Social Responsibility Comes of Age*. Macmillan International Higher Education.
- Kiron, D., Kruschwitz, N., Haanaes, K., Reeves, M., & Goh, E. (2012). Sustainability Nears a Tipping Point. *MIT Sloan Management Review*, 53(2), 69-74.
- Kleindorfer, P. R., Singhal, K., & Van Wassenhove, L. N. (2005). Sustainable operations management. *Production and operations management*, 14(4), 482-492.
- Kotler, P., Kartajaya, H., & Setiawan, I. (2019). *Marketing 4.0: Moving from Traditional to Digital*. John Wiley & Sons.
- Kurucz, E. C., Colbert, B. A., & Wheeler, D. (2017). *Business Ethics Quarterly*, 27(2), 213-239.
- Lozano, R. (2015). A holistic perspective on corporate sustainability drivers. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 22(1), 32-44.
- Lozano, R., & Huisingh, D. (2011). Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. *Journal of Cleaner Production*.
- Luka Koper (2020). *Trajnostno poročilo 2020*. Pridobljeno 24. februarja 2025 s https://www.luka-kp.si/wp-content/uploads/2022/03/Trajnostno-porocilo-2020-SLO.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- Lyon, T. P., & Montgomery, A. W. (2015). The means and end of greenwashing. *Organization & Environment*, 28(2), 223-249.
- Maersk. (2020). *Sustainability Report*. Pridobljeno 19. oktobra 2023 s <https://www.maersk.com/sustainability>
- Neely, A. (2005). The evolution of performance measurement research: Developments in the last decade and a research agenda for the next. *International journal of operations & production management*.
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). The Big Idea: Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1/2), 62-77.
- Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.
- Rubin, H. J., & Rubin, I. S. (2011). *Qualitative interviewing: The art of hearing data*. Sage.
- Sarkis, J., Zhu, Q., & Lai, K. H. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 1-15.
- Schaltegger, S., & Burritt, R. (2018). *Contemporary Environmental Accounting: Issues, Concepts and Practice*. Routledge.
- Schaltegger, S., & Wagner, M. (2011). Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: Categories and interactions. *Business Strategy and the Environment*.

- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of cleaner production*, 16(15), 1699-1710.
- UPS. (2020). Global Impact Report. Pridobljeno 22. septembra 2023 s
<https://about.ups.com/us/en/our-impact/sustainability/climate/2020-ups-corporate-sustainability-report.html>
- Whelan, T., Fink, C., & Smith, N. C. (2017). *The Business of Changing the World: How Billionaires, Tech Disrupters, and Social Entrepreneurs Are Transforming the Global Aid Industry*. Oxford University Press.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage publications.

OKOLJSKA PRESOJA: OSNOVE IZRAČUNA OGLJIČNEGA ODTISA

MATEVŽ OBRECHT

Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje, Slovenija
matevz.obrecht@um.si

Zaradi naraščanja prebivalstva, življenjskega standarda in posledično vse obsežnejših aktivnosti posameznika in proizvodnje, postaja skrb za okolje vse pomembnejša in trenutno linearno gospodarstvo ne deluje trajnostno. Koncept o okoljsko ozaveščenem (zelenem) upravljanju oskrbovalne verige se je prvič pojavil v zgodnjih sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, vendar sistematičnega pristopa še danes nimamo. Osrednji namen tega poglavja je zato podati boljši vpogled v okoljsko presojo za učinkovito ozelenitev oskrbovalnih verig, dvigniti raven zavedanja o življenjskem ciklu in razogljichenju ter preučiti in obravnavati uporabo metod za presojo vplivov na okolje. Celovita presoja vplivov na okolje je ključnega pomena za upravljavce oskrbovalnih verig, saj jim omogoča boljše razumevanje pomena okolju prijaznih poslovnih modelov in poudarja trajnostni razvoj za odporno prihodnost razogljichenja, saj so aktivnosti posameznika glavni povzročitelj toplogrednih plinov. Ogljični odtis opredeljuje in meri vpliv ter omogoča sistematično zmanjševanje emisij iz procesov in poslovanja podjetja.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.3](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.3)

ISBN

978-961-299-012-1

Ključne besede:

ogljčni odtis,
LCA,
trajnostni razvoj,
odporne oskrbovalne
verige,
odgovorna proizvodnja in
potrošnja



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.3](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.3)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:
carbon footprint,
LCA,
sustainable development,
resilient supply chains,
responsible production and
consumption

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT: INTEGRATION OF CARBON FOOTPRINT

MATEVŽ OBRECHT

University of Maribor, Faculty of Logistics, Celje, Slovenia
matevz.obrecht@um.si

Due to increasing number of population, the standard of living and consequently increasing human activities and production, environmental concern is gaining importance and current linear economy is becoming unsustainable. The idea of environmentally conscious (green) supply chain management first began in the early 1970s, however, systematic approach is still lacking today. The focus of this chapter is therefore to get better insight on environmental assessment for efficient greening of supply chains, to raise importance of life cycle thinking and decarbonisation and to study and discuss the use of methods for environmental impact assessment. Comprehensive assessment of environmental impacts is crucial for supply chain managers to enable them to better understand the importance of environmentally sound business models and emphasises sustainable development for resilient future of decarbonisation since human activities are major contributor of carbon dioxide and other greenhouse gases. Carbon footprint identifies and measures the impact and enables systematic minimisation of emissions from company's processes and business.

1 Uvod

Zaradi naraščajočega prebivalstva, življenjskega standarda in posledično vse številnejših dejavnosti ljudi in proizvodnje, postaja skrb za okolje vse pomembnejša. Postaja jasno, da se naš planet ne more več obnoviti sam in da se viri ne uporabljajo trajnostno (Obrecht in Knez 2017). Ker aktivnosti posameznika povzročajo hudo škodljive lokalne in globalne vplive na okolje, se pri gospodarskih dejavnostih vse bolj upoštevajo okoljski vidiki. Velja prepričanje, da lahko okoljsko ozaveščeno in bolj trajnostno usmerjeno delovanje organizacijam zagotovi konkurenčno prednost, zlasti na dolgi rok (Plouffe et al. 2011; Albino et al. 2009; Dangelico et al. 2017; Gerstlberger et al. 2014).

Številna dejstva so pokazala, da je sedanje linearno gospodarstvo nevzdržno. Rast prebivalstva in vse višji življenjski standard zahtevata vedno večje pridobivanje materialov, porabo hrane, vode in energije. Posledično cene teh materialov naraščajo, obdelovalne površine in gozdovi izginjajo, dolgoročno dostopna čista voda je pod vprašajem, biotska raznovrstnost se hitro spreminja itd. (The 2030 Water Resource Group 2009; Alexandratos in Bruinsma 2012; International Energy Agency 2017). Glede na napovedane trende okolju prijazni modeli gospodarstva, kot so: krožno gospodarstvo, na življenjskem ciklu temelječ ekodizajn in trajnostne oskrbovalne verige, ne bodo postali le del primerjalne prednosti pri doseganju konkurenčne strategije, temveč tudi možen potencialni odgovor na napovedane družbenoekonomske izzive v prihodnjih desetletjih (Bešter 2017) in sistemska rešitev za trajnostni obstoj človeške vrste (Širec idr. 2018).

Vendar osredotočanje na okoljski vidik samo v enem delu oskrbovalne verige (OV) ne zadostuje za učinkovite izboljšave. Vplivi na okolje nastajajo v celotni oskrbovalni verigi; od pridobivanja surovin, proizvodnje materialov in sestavnih delov, proizvodnje končnega izdelka, njegove distribucije, uporabe in do konca življenjske dobe. Pregled literature kaže, da okoljskih ciljev, npr. ciljev 20/20/20, ki jih je določila EU, ni mogoče doseči le z medorganizacijskimi dejavnostmi in ukrepi, temveč v sodelovanju vzdolž celotne vrednostne verige z izkoriščanjem sinergij med deležniki oskrbovalne verige (Szegedi et al. 2017). Zato tudi sheme okoljskega ravnanja (npr. ISO 14001 ali EMAS) vključujejo sodelovanje različnih deležnikov znotraj celotne OV. Kompleksnost trajnostne OV, krožno gospodarstvo in ekodizajn zahtevajo sodelovanje različnih deležnikov na različnih ravneh, zato je sistemski pristop neizogiben. Vodje podjetij se morajo zavedati, da gospodarski in

okoljski cilji niso v medsebojnem nasprotju, temveč jih je mogoče doseči hkrati (Preston 2012; Lieder in Rashid 2016; Ghisellini et al. 2016).

Koncept okoljsko ozaveščenega (zelenega) upravljanja oskrbovalne verige (SCM) se je v strokovni literaturi prvič pojavil v začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Integracija disciplin tako zelenega poslovanja kot kompleksne OV (vključno z nabavo, proizvodnjo in logistiko) je prišla v ospredje v devetdesetih letih prejšnjega stoletja, zlasti v avtomobilski industriji (Szegeci idr. 2017). Številne organizacije še vedno zelo ozko dojemajo svoj vpliv na okolje, ki je večinoma omejen na proizvodne dejavnosti na posameznih proizvodnih mestih (Ammenberga in Sundin 2005). V nasprotju s tem je eden glavnih trendov trajnostnih programov v industrializiranih državah t. i. razmišljanje o življenjskem ciklu, ki širi poudarek z mesta proizvodnje na različne okoljske in družbene vidike, povezane z izdelkom v njegovem celotnem življenjskem ciklu (UNEP 2006). Razmišljanje o življenjskem ciklu temelji na načelu preprečevanja onesnaževanja, pri katerem se vplivi na okolje zmanjšujejo pri viru ter na zapiranje kroga materialov in energije (Evropska komisija 2014). Vsi izdelki in storitve imajo namreč določen vpliv na okolje, ki se lahko pojavi v katerikoli ali vseh fazah življenjskega cikla izdelka, vključno s pridobivanjem surovin, proizvodnjo, distribucijo, uporabo in odlaganjem odpadkov (Denac et al. 2018). Podjetja z bolj razvitimi tradicionalnimi OV imajo tudi bolj razvit sistem zelenega upravljanja oskrbovalne verige (GSCM) (Szegeci et al. 2017).

Jasno je tudi, da je zavezanost k ekodizajnu in trajnostnemu razvoju v organizaciji najpomembnejše vprašanje za izboljšave, okoljske oznake pa so močno orodje za komunikacijo s potrošniki (zlasti zeleno usmerjenimi). Ker so vodje podjetij vedno zainteresirani za doseganje poslovnih koristi hkrati z okoljskimi izboljšavami, so okoljske oznake močno orodje za doseganje prav tega - po eni strani izboljšanje podobe podjetja, pridobitev novih zeleno usmerjenih potrošnikov, možnost konkuriranja na zelenih javnih razpisih, razlikovanje na zelo konkurenčnem trgu, zmanjšanje pristojbin za odpadke ali uporabo nevarnih snovi, po drugi strani pa prinašajo koristi okoljskih izboljšav tudi neposredno - manjša poraba materiala ali energije, manjša količina odpadkov, večja učinkovitost, manjša poraba vode.

Cilj poglavja je torej omogočiti boljši vpogled v ozelenitev oskrbovalnih verig, povečati pomembnost načela življenjskega cikla za upravljalce oskrbovalnih verig ter preučiti in razpravljati o uporabi različnih metod, načel in orodij, kot so ogljični odtis, ekodizajn in okoljske oznake pri upravljanju oskrbovalnih verig. Zato so

predstavljene študije primerov najboljših praks ocenjevanja življenjskega cikla in ekodizajna, povezanega z ogljičnim odtisom, da bi utrdili znanje o okoljskih vprašanjih in ga vključili v upravljanje oskrbovalne verige. Celovita zbirka takih orodij, načel in metod ter primerov reševanja dejanskih problemov je ključnega pomena za upravljavce oskrbovalnih verig, saj jim omogoča boljše razumevanje in pomen okolju prijaznih poslovnih modelov ter poudarja trajnostni razvoj tudi za podjetja.

2 Integracija koncepta življenjskega cikla v management oskrbovalnih verig

Organizacije se vse bolj zavedajo svojih vplivov na okolje in sprejemajo ukrepe za zmanjšanje svojih vplivov z vključevanjem čistejše proizvodnje znotraj organizacije, večanjem energetske učinkovitosti za zmanjšanje porabe energije pri končnih potrošnikih, optimizacijo prevoza in distribucije ali dematerializacijo proizvodnje za zmanjšanje stroškov. Zaradi vse večjega pomanjkanja energije, ki ga opažamo zlasti v EU, so Cerovac et al. (2014) opozorili, da ni pomembna le količina energije, ki se uporablja v proizvodnji, temveč je pomemben dejavnik tudi upoštevanje mešanice energetskih virov, ki se uporablja v OV. Vendar so vsi ti ukrepi delni in ne zajemajo vseh okoljskih vplivov, povezanih z OV podjetja. Vse višje cene materialov, povezane z izčrpavanjem materialov, strožja okoljska zakonodaja, zlasti v EU in vse večja okoljska ozaveščenost potrošnikov silijo podjetja k sprejetju celovitih ukrepov. Ko govorimo o trajnostnih OV, morajo vodje OV upoštevati vse faze življenjskega cikla izdelkov, ki ne zajemajo le posameznih členov OV, temveč celotno OV. Če se upoštevajo samo proizvodnja, logistika ali uporaba določenega izdelka, je mogoče ugotoviti le delne okoljske obremenitve, take analize pa so lahko zavajajoče in morda ne obravnavajo najpomembnejših okoljskih vplivov, zato najprimernejših okoljskih izboljšav ni mogoče izvesti. Ta ideja je osnovno načelo razmišljanja o življenjskem ciklu, kar pomeni, da je treba upoštevati vplive na okolje v vseh fazah življenjskega cikla, vključno z dobavo surovin, proizvodnjo, distribucijo, uporabo in fazo ob koncu življenjske dobe, ki je v SCM pogosto povezana s povratno logistiko. Poudarek je na vključitvi celovitih okoljskih obremenitev in njihovem obravnavanju v skladu z njihovim pomenom v celotnem OV. Težavno pri tem je, da razmišljanje o življenjskem ciklu zahteva sodelovanje vseh strani/članov OV in je lahko problematično zlasti za mala in srednje velika podjetja, ki nimajo dovolj pogajalske moči v odnosu do večjih in močnejših dobaviteljev. Kljub temu mora biti jasno, da je trajnostno proizvodnjo in potrošnjo mogoče doseči s pristopi od spodaj navzgor

in od zgoraj navzdol ali z izvajanjem novih poslovnih modelov (Lukman Kovačič idr. 2017), kar pomeni, da to ni le naloga najvišjega vodstva, temveč zaveza celotne organizacije.

2.1 Faze življenjskega cikla izdelka ali procesa

Za oblikovanje okolju prijaznih izdelkov ali storitev je treba najprej oceniti njihov vpliv na okolje v celotnem življenjskem ciklu. Ocena življenjskega cikla (LCA) je bila pogosto opredeljena kot ustrezna metoda za celovito oceno okoljskih vplivov določenega izdelka, saj ocenjuje okoljske vplive v vseh fazah življenjskega cikla in omogoča dober pregled številnih okoljskih vplivov, ki niso takoj vidni. Vendar je zaradi velike količine podatkov, ki so potrebni in vključeni v LCA, to izjemno zapletena in časovno potratna metoda za vrednotenje okoljskih vplivov (Obrecht in Knez 2017).

Na Sliki 1 so predstavljene faze življenjskega cikla izdelkov in sistemske meje LCA, ki se osredotočajo na vse glavne faze življenjskega cikla. Šele po opredelitvi in oceni okoljskih vplivov v celotnem življenjskem ciklu lahko podjetja ugotovijo, kateri vplivi v njihovi oskrbovalni verigi so najbolj kritični in si zato začnejo prizadevati za okoljske izboljšave ali se tem vplivom povsem izognejo. Običajno (vendar ne nujno) je najpogostejša rešitev, da se začne optimizirati faze z največjim vplivom na okolje in tiste, za katere se zdi, da imajo največ možnosti za prihranke.

LCA je edina standardizirana metoda (v seriji ISO 14000) za ocenjevanje okoljskih vplivov v celotnem življenjskem ciklu, vendar je sama LCA le prvi korak k okolju prijaznejšim OV, saj zgolj razkriva okoljske vplive, jih ne zmanjšuje. Naslednji korak je npr. uporaba ekodizajna ali podobnih orodij, ki omogočajo zmanjšanje okoljskih vplivov, ugotovljenih z okoljsko presojo. Bistvo vidika življenjskega cikla za večino proizvajalcev je, da se njihove obveznosti razširijo in se njihova (okoljska in pravna) odgovornost ne konča pred vrati tovarne.



Slika 3.1: Faze življenjskega cikla in sistemske meje pristopa živega cikla

Vir: lasten

Študija primera 2

IBMova in Applova prizadevanja za začetek razmišljanja o življenjskem ciklu

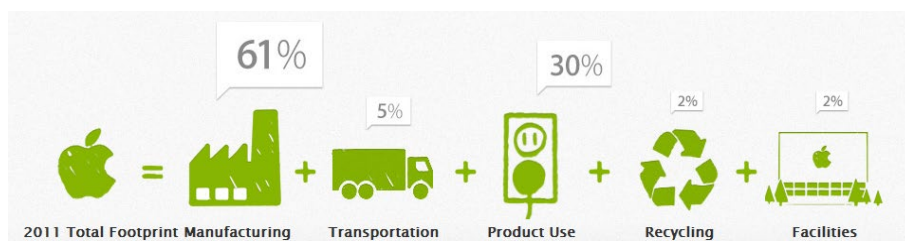
IBM je predlagal pobudo, ki temelji na Kodeksu ravnanja v elektronski industriji (Electronics Industry Code of Conduct - EICC), da bi svoje partnerje v tržnih kanalih pooblastil za sprejetje okoljskih ukrepov, kar pomeni, da se ni osredotočil samo na svojo organizacijo, ampak je poskušal spodbuditi celotno oskrbovalno verigo z vsemi fazami življenjskega cikla svojih izdelkov, da bi naredili nekaj izboljšav in postali bolj pregledni ter predstavili svoje okoljske vplive javnim

interesnim skupinam. Predlagali so štiri cilje, ki jih morajo izpolniti njihovi dobavitelji, in sicer:

- opredelitev in uvedba **sistema okoljskega ravnanja** (EMS);
- **merjenje** obstoječih okoljskih vplivov in določitev ciljev za izboljšanje le-teh;
- **javno razkritje** svojih parametrov in tudi rezultatov analize;
- "**kaskadno**" prenašati te zahteve za izboljšave na vse dobavitelje, ki so materialni dobavitelji njihovih (IBM) izdelkov/komponent.

S tem konceptom lahko sledijo odtisu vsake faze pridobivanja surovin in proizvodnje izdelka ter s tem vplivajo na potencial izboljšanja vpliva na okolje skozi celotno OV. Najvišji vodstveni delavci se zavedajo, da je okolju prijazen pot razvoja poslovanja zakonska obveza, postaja tudi vse bolj donosna.

Ker so okoljske analize večkrat drage in časovno intenzivne ter njihova interpretacija zahteva določeno predznanje metode okoljske presoje, okoljskih vplivov, procesov v podjetju ipd., organizacije vzpostavljajo oddelke in zaposlujejo strokovnjake, ki so sposobni integrirati koncepte vitke, pametne in zelene OV in se osredotočajo tudi na ugotavljanje in zmanjševanje okoljskih obremenitev izven zidov podjetja, torej z razmišljanjem o življenjskem ciklu. Apple je to že storil in o svojih rezultatih poročal na potrošniku prijazen in preprost način, kot je predstavljeno na Sliki 2.



Slika 3.2: Komunikacija družbe Apple z zainteresiranimi deležniki o okoljskih vplivih z vključeno perspektivo življenjskega cikla

Vir: povzeto po Apple, 2012

3 Ogljični odtis

Ogljični odtis je merilo, ki se uporablja za oceno količine toplogrednih plinov, ki jih posameznik, organizacija ali družba sprosti v ozračje skozi svoje aktivnosti, izvedbo procesov in poslovanje. Izraža se v enotah mase, običajno v tonah CO₂ ekvivalenta (CO₂eq).

Ozadje izračuna ogljičnega odtisa temelji na spoznanju, da je človeška (antropogena) dejavnost vzrok večine okoljskih izzivov. Najvidnejši vzrok je uporaba fosilnih goriv (na primer premoga, nafte in plina) ter drugih virov, povezanih s sproščanjem toplogrednih plinov (TGP). Povečanje koncentracije le-teh ima dolgoročne negativne posledice za podnebje, kot so: globalno segrevanje, spremembe v padavinah, dvig morske gladine, zakisevanje oceanov, širjenje puščav itd.

Z namenom prilagajanja in blaženja posledic podnebnih sprememb je interes po zmanjšanju emisij TGP zaznan na različnih ravneh ter spodbujan z mednarodnimi dogovori (npr. Pariški podnebni sporazum) na ravni EU (npr. v preteklosti z Direktivo IPPC, od leta 2024 z direktivo o trajnostnem poročanju). Da pa lahko zmanjšamo emisije TGP, moramo najprej poznati, kakšne emisije določen proizvod, proces, organizacija ali posameznik sploh povzroča. Ogljični odtis je merilo emisij TGP, ki bi naj upoštevalo tudi vidik življenjskega cikla, torej bi morale zajemati celotne emisije TGP skozi življenjsko dobo npr. izdelka – od pridobivanja surovin do predelave/ponovne uporabe po koncu primarne življenjske dobe.

Izračun ogljičnega odtisa vključuje identifikacijo in kvantifikacijo vseh virov toplogrednih plinov, ki jih povzročajo posameznik, organizacija ali proces. Ti viri lahko vključujejo neposredne emisije, kot so: izpusti iz prometa in proizvodnih obratov ter posredne emisije, ki nastanejo zaradi proizvodnje električne energije, prevoza, izdelave izdelkov in drugega. Izračun se izvede z uporabo različnih metodologij, ki temeljijo na emisijskih dejavnikih, podatkih o porabi energije, izpustih iz posameznih virov ter drugih parametrov. Za pravilno oceno je pomembno upoštevati celoten življenjski cikel izdelka ali storitve, vključno z izdelavo, transportom, uporabo in odlaganjem odpadkov oz. uporabo po koncu življenjskega cikla.

Izračun in prikaz ogljičnega odtisa sta tudi izjemno pomembna koraka pri osveščanju o negativnih vplivih na podnebje ter seveda pri možnostih zmanjševanja le-tega. Z merjenjem ogljičnega odtisa lahko posameznike, podjetja in organizacije spodbujamo k sprejemanju ukrepov za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, kot so: izboljšanje energetske učinkovitosti, uporaba obnovljivih virov energije, spremembe v proizvodnji in potrošnji, trajnostna mobilnost, substitucija energetske potratnih materialov z manj potratnimi ipd.

V EU in preostalem svetu je v zadnjem času najbolj široko priznan t. i. »GHG Protocol Standard«, kar je globalno sprejet okvir za merjenje in poročanje podjetij o emisijah TGP. Zagotavlja usmeritve in načela za podjetja pri merjenju, kvantificiranju in poročanju o emisijah TGP in izboljševanju stanja na dosleden in pregleden način.

Razvili so ga na WRI (World Resources Institute, 2012), podjetjem pa omogoča razumevanje lastnega ogljičnega odtisa in učinkovito upravljanje z emisijami. Standard vsebuje niz smernic in metodologij, ki vzpostavljajo skupen jezik in metodologijo za merjenje TGP.

GHG Protocol Standard za merjenje in poročanje vključuje tri glavna področja:

1. Področje (Scope 1): neposredne emisije TGP; to vključuje emisije iz virov, ki jih organizacija lastniško obvladuje, na primer izgorevanje goriva v lastnih vozilih ali emisije iz lastnih proizvodnih objektov.

2. Področje (Scope 2): posredne emisije TGP zaradi kupljenega električnega toka, toplote ali pare. Gre za emisije, povezane z generacijo kupljenega energijskega vira, ki ga organizacija porabi.

3. Področje (Scope 3): druge posredne emisije TGP. Ta obseg zajema emisije, ki se pojavljajo vzdolž dobavne verige ali v odvisnosti od dejavnosti organizacije, na primer emisije iz dobavne verige, transporta, prevoza zaposlenih ter uporabe in uničevanja izdelkov. Te emisije niso obvezne za poročanje, čeprav so lahko celo višje kot tiste pod točkama 1 in 2.

GHG Protocol zagotavlja specifične metodologije in smernice za izračun emisij na vsakem področju, vključno z emisijskimi faktorji, pristopi za zbiranje podatkov in zahtevami za poročanje. Sledenje omogoča organizacijam natančno merjenje in poročanje o emisijah TGP, določanje ciljev zmanjšanja emisij ter izvajanje strategij za zmanjšanje njihovega okoljskega vpliva.

GHG Protocol Standard je postal široko sprejet okvir za poročanje o trajnosti podjetij, uporablja se po vsem svetu za spremljanje emisij.

3.1 Prednosti in pomanjkljivosti izračuna ogljičnega odtisa

Prednosti izračuna ogljičnega odtisa.

1. Identifikacija ključnih virov emisij. Izračun ogljičnega odtisa pomaga identificirati ključne vire emisij toplogrednih plinov. To omogoča ciljno usmerjanje prizadevanj za zmanjšanje emisij, saj se lahko osredotočimo na sektorje ali dejavnosti, ki imajo največji vpliv na ogljični odtis.
2. Zavedanje in ozaveščanje. Izračun ogljičnega odtisa omogoča ljudem, podjetjem in organizacijam, da se zavejo svojega prispevka k podnebnim spremembam. To spodbuja ozaveščenost o lastnem vplivu na okolje in podnebje, kar je prvi korak k sprejemanju ukrepov za zmanjšanje vplivov in svojega odtisa.
3. Spremljanje napredka. Izračun ogljičnega odtisa omogoča spremljanje napredka pri zmanjševanju emisij skozi čas. S primerjavo podatkov iz preteklosti in trenutnih podatkov lahko ugotovimo, ali se izvajanje ukrepov za zmanjšanje emisij izboljšuje ali ne ter prilagajamo strategije, če je potrebno.
4. S primerjavo podatkov iz preteklosti in trenutnih podatkov lahko ugotovimo, ali se izvajanje ukrepov za zmanjšanje vplivov (emisij) izboljšuje ali ne ter po potrebi prilagajamo strategije in ukrepe.

Ne glede na prednosti, pa je potrebno posebej izpostaviti pomanjkljivosti.

1. Fokus ogljičnega odtisa le na emisijah TGP, kar predstavlja le enega od številnih možnih vplivov, ki jih lahko določen proces, produkt, organizacija ali posameznik ima na okolje.
2. Ne upošteva namreč porabe vode, rabe prostora, eutrofikacije, rakotvornosti, sevanja, kar je zajeto v celovitejših okoljskih presojah, kot je npr. Life Cycle

Impact Assessment ali skrajšano LCIA (Okoljska presoja celotnega življenjskega cikla).

3. Včasih izračun zahteva veliko podatkov ter zapletene metodologije pretvornih faktorjev, ki so lahko nerazumljive za zaposlene v organizacijah, ki niso neposredno iz področja. Poseben izziv predstavlja pridobivanje natančnih in zanesljivih podatkov za celoten življenjski cikel izdelka ali storitve.
4. Pomanjkanje standardizacije. Obstaja pomanjkanje enotnih standardov in metodologij za izračun ogljičnega odtisa, kar lahko povzroči nekonsistentne rezultate med različnimi izračuni. To lahko otežuje primerjavo med subjekti in ovira učinkovito spremljanje napredka.
5. Neupoštevanje posrednih učinkov. Izračun ogljičnega odtisa se osredotoča na neposredne emisije toplogrednih plinov, vendar lahko prezre druge posredne učinke (t. i. »Scope 3«). Je prostovoljen, čeprav je lahko včasih celo hujši kot direktne emisije in omejuje transparentnost ter celovitost tovrstne okoljske presoje.

Kljub slabostim ostaja izračun ogljičnega odtisa eden vodilnih instrumentov za presojo okoljskih vplivov, metodologije se razvijajo, dopolnjujejo in postopki standardizirajo, kar pomeni, da bo v prihodnje postal bolj zanesljiv in posledično bodo rezultati bolj primerljivi, s tem pa bomo lahko delovali tudi v smeri podnebno odgovornega ravnanja.

Tabela 1: Najpogosteje uporabljeni GWP faktorji pogostih TGP

TGP	GWP	Opomba
Ogljikov dioksid (CO ₂)	1	Ta vrednost se uporablja kot referenčna točka za primerjavo z drugimi toplogrednimi plini.
Metan (CH ₄)	21	To pomeni, da je njegov vpliv na segrevanje ozračja 25-krat močnejši kot vpliv CO ₂ v obdobju 100 let
(di)Dušikov oksid (N ₂ O)	310	To pomeni, da je njegov vpliv na segrevanje ozračja 298-krat močnejši kot vpliv CO ₂ v obdobju 100 let
Heksafluorid žvepla (SF ₆)	23.900	Izjemno visok, 23.500-krat močnejši od CO ₂
Klorofluorogljikarbonati (CFC)	Izjemno visoki, od 4.470 do 10.720	CFC so močni toplogredni plini, ki so bili v preteklosti pogosto uporabljeni v industriji

Vir: IPCC, 1995

Različni TGP imajo različne faktorje potenciala za globalno segrevanje. T. i. GWP ali »Global Warming Potential« je določen glede na njihov vpliv na segrevanje ozračja v obdobju 100 let v primerjavi z ogljikovim dioksidom (CO₂), katerega GWP faktor je 1. Ti faktorji so uporabljeni za pretvorbo emisij različnih toplogrednih plinov v ekvivalentne emisije CO₂ za lažji izračun vpliva posameznih plinov in njihovo medsebojno primerjavo. Najpogosteje uporabljeni GWP faktorji pogostih TGP so prikazani v tabeli 1.

4 Zaključek

Izračun ogljičnega odtisa je eno od orodij za presojo okoljskih vplivov, ki vključuje identifikacijo in kvantifikacijo vseh virov toplogrednih plinov, ki jih povzročajo posameznik, organizacija ali proces. Ti viri lahko vključujejo neposredne emisije, kot so: izpusti iz prometa in proizvodnih obratov ter posredne emisije, kot so na primer emisije, povzročene s proizvodnjo električne energije. Osnovni namen izračuna ogljičnega odtisa pa ni prikazati vpliv, ampak omogočiti vrednotenje trenutnega stanja z možnimi scenariji in izboljšavami procesov. Samo z merjenjem in presojo trenutnih in bodočih okoljskih vplivov, ki bi/bodo nastali ob implementaciji različnih scenarijev, lahko namreč presodimo, katera poslovna odločitev je najboljša iz okoljskega vidika; enako kot lahko z ekonomskimi izračuni presodimo, katera investicija je najbolj smiselna iz ekonomskega vidika. Ogljični odtis postaja eno najpomembnejših orodij za presojo okoljskih vplivov zaradi trendov v mednarodni politiki po zniževanju emisij toplogrednih plinov. Z razvojem metodologije in standardizacijo postajajo zmeraj bolj primerljivi in zanesljivi tudi sam postopek izračuna in emisijski faktorji. Kljub temu pa se je potrebno zavedati, da, čeprav zajema vplive na okolje skozi celotno oskrbovalno verigo oziroma življenjski cikel, je njegova glavna pomanjkljivost, da je osredotočen le na emisije, izražene v ekvivalentu CO₂, izpušča pa druge, prav tako pomembne okoljske vplive, kot so: poraba vode, prostora, sevanje, vpliv na zdravje ljudi, vpliv na biotsko raznovrstnost idr.

Literatura in viri

Albino V, Balice A, Dangelico RM. (2009). Environmental strategies and green product development: an overview on sustainability-driven companies. *Business Strategy and the Environment*, 18: 83 – 96. <https://doi.org/10.1002/bse.638>.

- Alexandratos, N. in Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working Paper 3. Food and Agricultural Organisation [FAO] of the United Nations. Rim.
- Ammenberg J, Sundin E. 2005. Products in environmental management systems: drivers, barriers and experiences. *Journal of Cleaner Production* 13: 405–415. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.12.005>.
- Bešter, J. (2017). Economically efficient circular economy. Ljubljana: Institute for economic research.
- Cerovac, T., Čosić, B., Pukšec, T. and Duić, N., (2014). Wind energy integration into future energy systems based on conventional plants – The case study of Croatia. *Applied Energy*. 135, 643–655.
- Dangelico RM, Pujari D, Pontrandolfo P. (2017). Green Product Innovation in Manufacturing Firms: A Sustainability-Oriented dynamic Capability Perspective. *Business Strategy and the Environment*, 26 (4): 490-506. <https://doi.org/10.1002/bse.1932>
- Denac, M., Obrecht, M. and Radonjić, G. (2018). Current and potential ecodesign integration in small and medium enterprises : construction and related industries. *Business strategy and the environment*, pp: 1-13. <https://doi.org/10.1002/bse.2034>.
- Gerstlberger W, Præst Knudsen M, Stampe I. (2014). Environmental Requirements, Knowledge Sharing and Green Innovation: Empirical Evidence from the Electronics Industry China. *Business Strategy and the Environment*, 23 (2): 131-144. <https://doi.org/10.1002/bse.1746>.
- Ghisellini, P., Cialani, C. in Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114: 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC). (1995). Second Assessment Report (SAR), Climate Change 1995. UNEP.
- International Energy Agency. (2017). World Energy Outlook 2017 – Executive Summary. Paris, France. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf> Accessed 20 Sep 2018.
- Kovačič Lukman, R., Glavič, P., Carpenter, A., Vrtič, P. (2016). Sustainable consumption and production : research, experience, and development : the Europe we want. *Journal of cleaner production*, 138: 139-147, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.08.049
- Lieder, M. in Rashid, A. (2016), Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115: 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Obrecht M, Knez M. 2017. Carbon and resource savings of different cargo container designs. *Journal of Cleaner Production*, 155: 151 – 156. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.076>
- Plouffe S, Lanoie P, Berneman C, Vernier MF. 2011. Economic benefits tied to ecodesign. *Journal of Cleaner Production*, 19: 573–579. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.12.003>
- Preston, F. (2012). A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. Briefing Paper. London: Chatham House.
- Szegedi, Z., Gabriel, M. and Papp, I. (2017). Green supply chain awareness in the Hungarian automotive industry. *Polish Journal of Management Studies*, 16(1): 259-268.
- Širec, K., Bradač Hojnik, B., Denac, M., Močnik, D., Rebernik, M. (2018). Slovenska podjetja in krožno gospodarstvo : slovenski podjetniški observatorij 2017, Maribor: University of Maribor publishing house. (in slovenian language only)
- The 2030 Water Resource Group. (2009). Charting Our Water Future Economic Frameworks to Inform Decision-making. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability%20and%20Resource%20Productivity/Our%20Insights/Charting%20our%20water%20future/Charting%20our%20water%20future%20Full%20Report.ashx> Accessed Jan 2 2018.
- UNEP – United Nations Environmental Programme. (2006). UNEP Guide to Life cycle Management. Report, Jensen AA, Remmen A (eds.), UNEP: Paris.

OKOLJSKA PRESOJA Z LCA

MATJAŽ DENAC

Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta, Maribor, Slovenija
matjaz.denac@um.si

Vsako dejavnost je mogoče povezati z vplivi na okolje. Za načrtovanje učinkovitih ukrepov zmanjševanja vplivov na okolje pa je potrebno le-te predhodno ovrednotiti. Presoja okoljskih vplivov (LCA) je do danes edina standardizirana in najbolj celovita metoda za presojo vplivov na okolje. Slovenska podjetja metode LCA ne uporabljajo v takem obsegu kot njihovi tekmeci v tujini, zato tudi ne morejo izkoristiti prednosti, ki jih LCA ponuja. LCA analiza je delo za inženirje in ga lahko izvajajo le usposobljeni strokovnjaki s širokim poznavanjem materialov, tehnologij, energetike, z ustrezno programsko opremo in dostopom do baz podatkov. Kljub temu pa LCA analize ni mogoče izvesti brez podatkov naročnika in komunikacije namena uporabe rezultatov. Tako je namen tega gradiva razumevanje, kaj LCA sploh je, kako naj se LCA projekt zastavi, da lahko izvajalci pripravijo ustrezno ponudbo za izvedbo storitve presoje vplivov na okolje z metodo LCA in kasneje presojo tudi izvedejo. V izogib napačnim pričakovanjem potencialnih naročnikov bodo prikazani nekateri primeri rezultatov izvedenih LCA študij. Bralec bo tako spoznal, katere podatke in v kakšni obliki mora naročnik pripraviti, in kako bodo le-ti uporabljeni. Podane vsebine bodo koristne za vse, ki se bodo srečevali s potrebo po vrednotenju vplivov na okolje in dokazovanjem okoljsko odgovornega delovanja.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.4](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.4)

ISBN

978-961-299-012-1

Ključne besede:

presoja vplivov na okolje,
LCA,
okoljski življenjski cikel,
okoljski podatki,
okoljski kazalniki



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.4](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.4)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:
environmental impact
assessment,
LCA,
Environmental Life Cycle,
environmental data,
environmental indicators

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT WITH LCA

MATJAŽ DENAC

University of Maribor, Faculty of Economics and Business, Maribor, Slovenia
matjaz.denac@um.si

Every activity can be correlated with environmental impacts. But designing effective measures to reduce them requires an evaluation of the impacts first. To date, life cycle assessment (LCA) is the only standardised and most comprehensive method for assessing environmental impacts. Slovenian companies do not use the LCA method to the same extent as their competitors abroad and therefore cannot take advantage of the benefits that LCA can offer. LCA is a job for engineers and can only be carried out by trained professionals with a broad knowledge of materials, technologies, energy, appropriate software and access to databases. However, an LCA cannot be carried out without the client's input and notification of the intended use of the results. The purpose of this material is therefore to understand what an LCA is, how an LCA project should be designed so that contractors can prepare a suitable tender for the LCA service and then carry out the assessment. In order to avoid misleading expectations of potential clients, some examples of the results of LCA studies will be presented to show the reader will thus learn what data and in what form the client has to provide and how it will be used to create responsible business.



University of Maribor Press

1 Uvod v LCA

Poslovanje podjetij je danes vpeto v globalne povezave. Proizvodni procesi postajajo vse bolj tehnološko raznoliki, dobavne poti pa geografsko močno razvejane, zato želijo podjetja poznati potencialne okoljske vplive pri pridobivanju virov, pri proizvodnji in montaži, uporabi in na koncu pri odstranitvi proizvodov. Taka globalna širitev, skupaj z naraščajočo zavestjo o trajnostnosti in odgovornosti do okoljskih, gospodarskih in družbenih razsežnosti, ki jo spremljajo, je okoljske menedžerje in odločevalce spodbudila, da na proizvode in storitve gledajo širše, celostno, 'od zibelke do groba'. Potreba po orodju, ki uporabnikom pomaga pridobiti podatke in informacije za natančno in dosledno merjenje porabe virov in okoljskih vplivov njihovih dejavnosti, še nikoli ni bila tako pereča. Pomembno je, da so se ljudje pričeli zavedati, da odločitve ne smejo voditi k izboljšanju enega dela industrijskega sistema na škodo drugega. V procesu odločanja je torej ključno prepoznavanje in izogibanje nenamernim posledicam. Iz te potrebe je nastala presoja življenjskega cikla (angl. *Life cycle assessment*, LCA) (Curran, 2012).

Podjetja lahko k uresničevanju okoljskih in trajnostnih ciljev pristopijo na različne načine. Med okoljskimi cilji se v zadnjih letih najpogosteje izpostavljajo: zmanjšanje ogljičnega odtisa in porabe vode, povečanje deleža energije iz obnovljivih virov, vzpostavljane krožnih tokov in drugi. Cilji so običajno zelo ambiciozni, zato se upravičeno postavlja vprašanje, ali bodo podjetja in nacionalne vlade pri uresničevanju ciljev uspešni (PRE, 2016).

Tudi orodja za podporo poslovnim odločitvam so raznolika. Nekatera orodja, kot npr. koncept 'od zibelke do zibelke' ali krožno gospodarstvo, so uspešna zato, ker ponujajo privlačno zgodbo, ki jo znajo uporabniki enostavno povezati z dogajanjem v podjetjih. Druga orodja, kot npr. analiza okoljskega življenjskega cikla, pa nas lahko prepričajo z velikim številom okoljskih kazalnikov.

Najpogosteje okoljske in trajnostne cilje v podjetjih postavlja vodstvo (npr. glede energije, vode in podnebnih sprememb), za tem pa posamezne poslovne enote in oddelki pričnejo z izvajanjem ukrepov za doseganje teh ciljev v določenem časovnem okvirju. Vendar pa cilji pogosto niso usklajeni z izvedbenimi možnostmi na operativnem nivoju, kjer bi naj to izboljšanje dosegli. Posledično se posamezne poslovne enote lotevajo ukrepov za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, ne da bi poznale obstoječe stanje glede izpustov, niti ne vedo, kateri ukrepi v njihovem

obratu/enoti lahko največ prispevajo k izboljšavam oz., kje bi bilo primerno prednostno ukrepati in kakšen bo njihov prispevek k doseganju skupnih ciljev. Tak pristop se pogosto izkaže kot neustrezen in ne prinese želenih rezultatov. Uspešna podjetja praviloma najprej pregledajo značilnosti posameznih poslovnih enot ali proizvodov, za katere s pomočjo LCA določijo vrednosti kazalnikov ter prepoznajo kritične točke v poslovnih procesih ali v dobavni verigi. Za tem preverijo, kateri cilji so pomembni za posamezni oddelek, enoto ali proizvod in jih poskušajo uresničiti s pomočjo ukrepov v predhodno prepoznanih kritičnih točkah. Za doseganje ciljev si stalno prizadevajo preko načrtovanja ukrepov za posodobitve in izboljšave, ki jih izvajajo na kritičnih točkah (PRE, 2016).

Kombinirana uporaba LCA in trajnostnega oz. krožnega gospodarstva tako omogoča razvijalcem proizvodov, da dejansko merijo okoljsko uspešnost, primerjajo krožne strategije in zagotovijo pozitivno okoljsko bilanco zaradi novih proizvodov, zasnovanih na krožnih tokovih. Poleg tega LCA zahteva veliko enakih podatkov kot npr. za izračun kazalnika kroženja snovi pri krožnem gospodarstvu. Zato se te meritve dopolnjujejo z razmeroma malo napora. Tudi izračun kazalnika kroženja snovi se lahko izvede na isti programski opremi kot LCA. Pomembno je opozoriti, da se kazalnik kroženja snovi osredotoča na pretok materiala med proizvodnjo in uporabo proizvoda, kar izrecno spodbuja uporabo recikliranih ali ponovno uporabljenih materialov in podaljšanje življenjske dobe proizvoda. Nasprotno pa se LCA osredotoča na določanje okoljskih vplivov na ravni celotnega življenjskega cikla (PRE, 2017). Ker je metoda LCA vse bolj uporabljena v praksi, jo v nadaljevanju nekoliko podrobneje predstavimo.

Uporaba LCA v Sloveniji ni tako razširjena kot v tujini. LCA analiza je delo za inženirje in ga lahko izvajajo le usposobljeni strokovnjaki s širokim poznavanjem materialov, tehnologij, energetike, z ustrezno programsko opremo in dostopom do baz podatkov. Kljub temu pa LCA analize ni mogoče izvesti brez podatkov naročnika in komunikacije namena uporabe rezultatov. Tako je namen tega gradiva izboljšati razumevanje, kaj LCA sploh je, kako naj se LCA projekt zastavi, da lahko izvajalci pripravijo ustrezno ponudbo za izvedbo storitve presoje vplivov na okolje z metodo LCA in kasneje presojo tudi izvedejo. V izogib napačnim pričakovanjem potencialnih naročnikov so prikazani nekateri primeri rezultatov izvedenih LCA študij. Bralec bo tako spoznal, katere podatke in v kakšni obliki jih mora naročnik pripraviti in kako bodo le-ti uporabljeni. Podane vsebine bodo koristne za vse, ki se

bodo srečevali s potrebo po vrednotenju vplivov na okolje in dokazovanjem okoljsko odgovornega delovanja.

2 Razumevanje in uporabnost rezultatov LCA analize

2.1 Splošno o metodi LCA

Za izvajanje učinkovite okoljske politike vsako podjetje (ne glede na dejavnost) potrebuje relevantne okoljske podatke. S podatki, ki jih podjetja pridobijo npr. za vzpostavitev sistema ravnanja z okoljem (ISO 14001, EMAS), si je težko pomagati pri celovitem razvoju okolju primernejših proizvodov in storitev ter razumevanju vplivov vzdolž dobavnih verig. V tem primeru samo podatki o vrednostih emisij iz tehnoloških procesov ali rabi energije med uporabo proizvodov niso dovolj, da bi proizvode lahko dejansko okoljsko optimizirali. V ta namen se danes zahtevajo in uporabljajo drugi, dodatni podatki, pridobljeni na osnovi drugih metodologij. Pričakujemo lahko, da bodo zahteve po verodostojnih in vse bolj celovitih okoljskih podatkih za proizvode in storitve v prihodnje vse večje (na področju komuniciranja, ISO standardov, razvoju proizvodov idr.).

V ta namen se je po vsem svetu uveljavila analiza okoljskega življenjskega cikla proizvodov. Vendar pri uvajanju tega koncepta potrebujemo orodja, s katerimi lahko kvantitativno določimo takšne celovite vplive. Eno takšnih orodij je metoda LCA, ki je postala eno od najpomembnejših orodij vrednotenja vplivov proizvodov na okolje v svetu. Z metodo LCA ovrednotimo vse vplive na okolje, ki jih v svojem življenjskem ciklu izzove nek proizvod s ciljem, da bi ta proizvod okoljsko optimizirali. Predstavlja zbir vseh vtokov (vstopkov), iztokov (izstopkov) in potencialnih vplivov na okolje določenega proizvodnega sistema v celotnem življenjskem ciklu (ISO, 2006a).

LCA je edina mednarodno standardizirana metoda okoljske presoje (ISO 1997, 1998, 2000a, b). Standard ISO 14040 opredeljuje LCA kot tehniko za ocenjevanje okoljskih vidikov in možnih vplivov, povezanih s proizvodom. Izvedemo jo s pomočjo:

- priprave popisa ustreznih vhodov in izhodov sistema (vtokov in iztokov),
- ocenjevanja možnih vplivov na okolje, povezanih s temi vtoki in iztoki,

- interpretacije rezultatov popisa (inventarizacije) in vplivov na okolje glede na cilje študije.

Cilj LCA je ugotoviti in količinsko opredeliti vse okoljske vplive, povezane s proizvodom. LCA to doseže s pristopom 'od zibelke do groba', pri čemer upošteva vse vplive, povezane s proizvodom v njegovi življenjski dobi ali življenjskem ciklu, t. j. od pridobivanja surovin ('zibelka') preko proizvodnje, uporabe in odstranjevanja ('grob'). Na ta način LCA pokaže tiste vidike proizvoda, ki imajo največji vpliv na okolje. Proizvajalci lahko nato svoja prizadevanja usmerijo v te vidike, da bi zmanjšali vpliv proizvoda na okolje (EEA, 1998).

Okoljski življenjski cikel proizvoda v splošnem obsega naslednje faze: pridobivanje in pripravo surovin, proizvodnjo, distribucijo in transport, porabo ali uporabo ter odstranitev proizvodov. V obravnavanje okoljskega cikla nekega proizvoda je vedno vključeno tudi pridobivanje energije, potrebne za pridobivanje surovin, za njihovo predelavo, proizvodnjo, transport, distribucijo, uporabo itn., ki se prične prav tako s pridobivanjem potrebnih energijskih virov. Zato s pomočjo metode LCA podjetja ne pridobijo le podatkov, kakšni so vplivi v posameznih fazah življenjskih ciklov, ampak tudi podatke o vplivih na okolje, ki se jih z drugimi metodami ne da določiti (Denac, Radonjič, 2023).

V skladu z metodologijo, zapisano v standardu ISO 14040, je metoda LCA sestavljena iz 4 korakov oz. strukturnih elementov: (i) opredelitve cilja in meje, (ii) popisa podatkov (inventarizacije), (iii) ocene vplivov na okolje in (iv) interpretacije rezultatov.

2.2 Uporaba presoje okoljskega življenjskega cikla

V zadnjih desetletjih smo priča pogostejši uporabi LCA za podporo odločanju glede varovanja okolja. Vloženega je bilo veliko napora za vključevanje koncepta življenjskega cikla v družbo in njegovo lažjo uporabo na vseh ravneh – od regulatorne in vladne ravni, preko industrije in proizvodnje, pa vse do državljanov in potrošnikov. K širjenju LCA so pripomogle številne iniciative za podporo in harmonizacijo uporabe tega orodja na globalni ravni (npr. mednarodni standard ISO 14040, globalno partnerstvo, znano kot Life Cycle Initiative (LCI), vzpostavitev Evropske platforme za LCA in druge), temu pa so sledile tudi iniciative za podporo

uporabe LCA na nacionalnem nivoju. V zadnjem času se storitve v zvezi z LCA odražajo preko okoljskih deklaracij proizvodov (angl. *Enironmental Product Declaration*, EPD) in spremljanja obremenitev zaradi izpustov toplogrednih plinov. Univerze, raziskovalne institucije in zasebna podjetja pogosto tesno sodelujejo tudi v okviru komercialnih projektov ali doktorskih nalog za potrebe industrije (Hauschild et al., 2018).

Izjemna priljubljenost koncepta življenjskega cikla je povzročila njegovo uporabo v različnih pristopih presojanja, tudi v tistih, ki so osredotočeni na en sam okoljski vidik. Povečana zaskrbljenost zaradi podnebnih sprememb se odraža tako, da si posamezniki in organizacije močno prizadevajo izmeriti sproščanje in vpliv toplogrednih plinov. Tako se npr. izraz LCA pogosto uporablja tudi pri pisanju o spremljanju emisij ogljika, čeprav rezultati obravnavajo le podnebne spremembe in ne drugih enako ali celo bolj pomembnih vplivov. Natančen pomen metodologije je tako pogosto napačno razumljen, kar ima za posledico, da se ogljični odtis in LCA uporabljata kot sinonima, kar ni pravilno. Z zožitvijo presoje na eno samo okoljsko kategorijo, rezultati ne bodo odražali potrebne širine, ki jo nudi samo LCA (Curran, 2012).

Uporabnost metode LCA za odločevalce na nacionalni ravni

Uporaba LCA in pristopov, zasnovanih na življenjskem ciklu, lahko nudi podporo pri oblikovanju politike, izvajanju politike in predpisov, lahko pa so uporabljeni tudi za vrednotenje politik. Evropska komisija je LCA opredelila za enega izmed referenčnih modelov za presojo vplivov politik v EU v okviru Smernic za boljše predpise (angl. *better regulation guidelines*) (EC, 2015b). To kaže na potencialno povečano rabo LCA za presojo obstoječih političnih okvirjev (npr. presoja ali preverjanje skladnosti) in za presojo bodočih alternativ politike (angl. *future possible policy options*).

Uporabnost metode LCA v podjetništvu in industriji

Uporabo LCA v podjetjih je po namenu mogoče razvrstiti v pet glavnih skupin: (i) podpora odločanju pri razvoju proizvodov in procesov, (ii) za tržne namene (npr. okoljsko označevanje), (iii) razvoj in izbira kazalnikov, ki se uporabljajo pri spremljanju okoljske učinkovitosti proizvodov ali proizvodnih obratov, (iv) izbor dobaviteljev ali podizvajalcev in (v) strateško načrtovanje (Hauschild et al., 2018).

Opažamo, da lahko uporaba LCA znotraj industrije dobro služi več kot enemu namenu in pogosto je mogoče iste rezultate uporabiti za različne namene tudi znotraj podjetja (npr. razvoj proizvoda je pogosto združen s trženjem). Po tem, ko v podjetju pridobijo več izkušenj z uporabo LCA, lahko ena analiza sproži drugo (npr. vpogled v okoljske vplive proizvoda lahko privede do odločitev o izbiri drugih dobaviteljev ali spremembe strategij). Opazimo tudi, da čeprav je bila LCA razvita kot orodje, ki se uporablja na ravni proizvodov, je vse več zanimanja za uporabo LCA na korporativni ravni, da odraža tudi uspešnost podjetja ali posameznih obratov v celotnem življenjskem ciklu. To je še posebej pomembno za velika podjetja (Hauschild et al., 2018). Za več informacij glej vir Bradač Hojnik et al., 2020 (Bradač Hojnik et al., 2020).

Razlogov za izvedbo LCA je več. Ti so lahko naslednji.

- Finančne koristi. LCA preučuje življenjski cikel proizvoda in ugotavlja, kje se pojavljajo glavni vplivi na okolje. Pogosto je te okoljske vplive mogoče zmanjšati s povečanjem učinkovitosti uporabe vhodnih materialov in energije. Povečanje učinkovitosti uporabe virov bo zmanjšalo količino uporabljenih vhodnih tokov in nastalih odpadkov ter s tem zmanjšalo stroške. Stroški pa so povezani tudi z okoljskimi dajatvami zaradi povzročene okoljske škode.
- Načrtovanje proizvodov. LCA se lahko uporablja kot pripomoček pri odločanju o oblikovanju ali preoblikovanju proizvoda ali procesa. LCA se lahko uporablja za primerjavo okoljskih vplivov različnih alternativ pri načrtovanju in za oceno, ali ima katera alternativa potencialno pomembne okoljske prednosti ali slabosti.
- Trženje. Velika podjetja so LCA pogosto uporabljala kot trženjsko orodje. Proizvajalci izrabljajo okoljsko prijaznost svojih proizvodov kot sredstvo za povečanje prodaje. LCA se lahko uporablja kot podlaga za oglaševalske trditve, da ima nek proizvod manjši vpliv na okolje kot drugi podobni proizvodi. Vendar pa je bila uporaba LCA v te namene občasno tudi sporna (EEA, 1998).

V preteklosti je bil pobudnik za izvedbo LCA običajno oddelek trženja, ki je želel predstaviti okoljske koristi proizvodov. Oddelek trženja pa je največkrat ugotovil, da je rezultate LCA zelo težko uporabiti pri marketinškem komuniciranju. Pozneje so vlogo pobudnika prevzeli drugi oddelki, običajno oddelek za raziskave in razvoj ali oddelek za varstvo okolja, kar je privedlo do pogostih zagat pri izvajanju LCA; pomanjkanja jasnega namena in predvidene uporabe LCA. Danes se trajnostno

poslovanje podjetij počasi spreminja iz trenutnih aktivnosti v aktivnosti, ki so integrirane v tekoče poslovanje podjetja, pri čemer se LCA uporablja za spremljanje in merjenje vplivov na okolje. Raziskava Sloan je pokazala, da je že leta 2012 približno 70 % menedžerjev zagotavljalo, da je doseganje trajnostnega poslovanja njihov cilj, ki je redno vključen v vsebine delovnih sestankov v podjetjih. To poročilo kaže, da trajnostnost postaja orodje za ustvarjanje vrednosti in ne orodje za zmanjševanje stroškov. Poudarek se z dejavnosti in strategij zmanjševanja stroškov preusmerja na boljše proizvode z večjimi tržnimi deleži (Goedkoop et al. 2013, 6).

Številna velika podjetja zdaj ne skrbijo le za svojo okoljsko ustreznost, temveč tudi za ustreznost dobaviteljev in prodajalcev v celotni dobavni verigi. Z drugimi besedami, skrbijo za okoljsko uspešnost vseh podjetij, ki so vključena v celoten življenjski cikel njihovih proizvodov. S spodbujanjem podjetij, naj izboljšajo svoje okoljsko delovanje, lahko velika podjetja zmanjšajo okoljske vplive svojih proizvodov v celotnem življenjskem ciklu (EEA, 1998). To pomeni, da bodo morali dobavitelji velikega podjetja dokazati ustrezno okoljsko ravnanje in svojim strankam zagotoviti informacije, ki jim bodo omogočile izvedbo LCA za njihove proizvode. Zmožnost dokazovanja ustreznega okoljskega ravnanja in zagotavljanja ustreznih informacij za LCA bo podjetje nedvomno postavila v dober položaj za nadaljnje sodelovanje z obstoječimi strankami, medtem ko bi lahko stranke, če tega podjetje ne bi storilo, zamenjale dobavitelja (EEA, 1998).

2.3 Nekatere značilnosti trenutne metodologije LCA

Temeljna značilnost LCA je upoštevanje okoljskih vplivov, ki nastanejo v celotnem življenjskem ciklu proizvoda, od pridobivanja surovin, proizvodnje, uporabe in odstranjevanja. Upoštevanje celotnega življenjskega cikla pri posameznih okoljskih vprašanjih pa je mogoče izvesti na različne načine. Ta problematika je bila glavna gonilna sila vseh metodoloških razprav v zadnjih desetletjih (Werner 2005, 29).

Metode za okoljsko presojo v okviru LCA se nenehno razvijajo, zato so rezultati LCA za podporo odločanju lahko veljavni le omejen čas, dokler se ne razvijejo novi modeli izračunavanja vplivov na okolje ali objavijo posodobitve uporabljenih baz podatkov. Zaradi navedenega bi bilo potrebno presoje vplivov na okolje izvajati kontinuirano.

Glavne značilnosti LCA v primerjavi z drugimi orodji odločanja, so naslednje:

- LCA je orodje za modeliranje okoljskih vidikov poslovanja.
- LCA se uporablja kot orodje v postopku podpore odločanju, sama pa ne obsega celotnega postopka odločanja.
- LCA je zasnovana za podporo odločanju na mikroravni, pri čemer so predmet analize proizvodi, vključno s storitvami in procesi oz. proizvodnimi obrati.
- LCA ocenjuje spremembe zaradi posameznih človekovih dejavnosti ali povprečnih človekovih dejavnosti in ne more opisati stanja okolja ali družbenih odzivov na okoljske obremenitve.
- LCA ocenjuje posege v okolje in povzročeno škodo tako, da predpostavlja/upošteva enake (globalne) podatke s povprečnimi meteorološkimi in okoljskimi pogoji.
- LCA temelji na spremljanju vhodnih in izhodnih tokov.
- LCA v fazi modeliranja in v fazi ocene vplivov na okolje odraža le trenutno časovno komponento, zato je potrebna kontinuirana izvedba analiz s posodabljanjem podatkov v matematičnih modelih (Werner 2005, 31).

Kot je bilo že navedeno, je LCA edina mednarodno standardizirana metoda za presojo vplivov na okolje. Prve LCA študije so bile opravljene že v sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Zgodovinski razvoj LCA je povzet v (Klöppfer 2006) s posebnim poudarkom na vlogi SETAC (angl. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) v tem procesu. Mednarodni standardi so bili v letu 2006 nekoliko spremenjeni in posodobljeni (ISO 2006a, b; Finkbeiner et al., 2006). Spremenjeni standardi so nadomestili staro serijo, ki se je uporabljala pred oktobrom 2006. Po drugi strani pa je LCA aktivno raziskovalno področje, na katerem je mogoče pričakovati nadaljnji metodološki razvoj. Vodilna standarda za LCA sta ISO 14040 in ISO 14044. ISO 14040 obravnava načela in okvir za LCA (angl. *Principles and Framework*), ISO 14044 pa določa zahteve in smernice za izvedbo študije LCA (angl. *Requirements and Guidelines*) (Goedkoop et al. 2013, 7). Poleg standardov je pri izvedbi LCA analiz potrebno upoštevati še usmeritve iz ILCD (angl. *International Reference Life Cycle Data System*) priročnikov. Standardi ISO so opredeljeni precej ohlapno, zato je težko oceniti, ali je bila LCA študija izvedena v skladu s standardom. V nasprotju s standardom ISO 14001, za LCA ni mogoče pridobiti uradne akreditacije, ki bi potrjevala, da je bila študija LCA, metodologija LCA ali uporaba programske opreme za LCA, izvedena v skladu s standardom ISO (Goedkoop et al. 2013, 7).

Standard ISO 14044 na primer ne dovoljuje tehtanja/uteženja med okoljskimi kategorijami, če bodo rezultati namenjeni za javne primerjave med proizvodi. Vendar pa je tehtanje izrecno dovoljeno za druge aplikacije, zato nekateri programi, kot je npr. SimaPro, podpirajo tehtanje oz. uteženje rezultatov. To pomeni, da je odgovornost izvajalca LCA študije, da tehtanje uporabi na ustrezen način. Podobne primere bi lahko navedli pri pravilih za alokacijo okoljskih vplivov, mej sistema itd. (Goedkoop et al. 2013, 7). Najpomembnejša posledica prizadevanja za upoštevanje standarda ISO je potreba po skrbnem dokumentiranju cilja in področja uporabe ter vprašanj razlage. Izvajalec lahko izvede LCA študijo na več različnih načinov, če le skrbno dokumentira, kaj je počel. Druga posledica upoštevanja standardov pa je, da boste morda potrebovali še validacijo oz. strokovni pregled izvedene LCA študije na strani neodvisnih strokovnjakov (Goedkoop et al. 2013, 7).

Od izvajalca LCA študije je odvisno, ali bo v dogovoru z naročnikom te standarde upošteval ali (namerno) odstopal od njih. V primeru odstopanja pa bo težje prepričati druge deležnike o zanesljivosti rezultatov (Goedkoop et al. 2013, 7).

Poleg pristopa LCA, ki analizira več okoljskih kategorij, so bili v zadnjem času razviti tudi pristopi, ki se omejujejo le na eno okoljsko kategorijo. Tak primer je izračunavanje ogljičnega odtisa in vodnega odtisa. Tudi ti pristopi upoštevajo perspektivo življenjskega cikla, vendar se osredotočajo le na eno kategorijo vpliva in ne pokažejo celotne slike. Kot odziv na potrebe družbe po preglednosti emisij toplogrednih plinov, povezanih s proizvodi, je bilo razvitih, ali se še razvija več metod/standardov za ugotavljanje ogljičnega odtisa (Goedkoop et al. 2013, 7).

2.4 Smernice za LCA na evropski ravni

Na evropski ravni mednarodni referenčni sistem podatkov o življenjskem ciklu (ILCD) zagotavlja skupno podlago za dosledne, zanesljive in kakovostno zagotovljene podatke in študije o življenjskem ciklu. Takšni podatki in študije podpirajo skladne instrumente trajnostne potrošnje in proizvodnje, kot so: okoljsko označevanje, okoljsko primerna zasnova (ekodizajn), ugotavljanje ogljičnega odtisa in zelena javna naročila. Leta 2010 je bil objavljen priročnik ILCD. Ta priročnik temelji na standardih ISO 14040 in ISO 14044, vendar vsebuje veliko podrobnejše tehnične smernice. Priročnik ILCD obsega več kot 400 strani, medtem ko imata ISO 14040 in ISO 14044 skupaj približno 60 strani. Priročnik ILCD vsebuje podrobne opise in zahteve, da bi se na tak način zmanjšala prožnost izbire ter podprla skladnost

in zagotavljanje kakovosti rezultatov LCA. Sicer pa je objavljenih več ILCD priročnikov, ki podrobno obravnavajo posamezne korake izvedbe LCA študij.

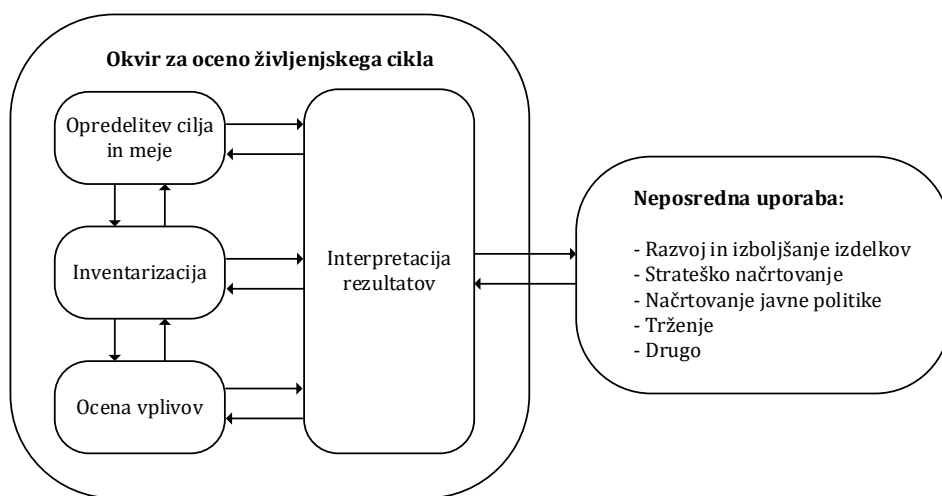
V obdobju od junija 2011 do februarja 2012 sta GD (angl. *Directorate-general*) za okolje in JRC-IES (angl. *Joint Research Centre – Institute for Environment and Sustainability*) razvila in preizkusila usklajeno metodologijo za izračun okoljskega odtisa proizvodov in organizacij, tako imenovani Osnutek metode okoljskega odtisa proizvoda (angl. *Product Environmental Footprint*, PEF) in Osnutek metode okoljskega odtisa organizacije (angl. *Organization Environmental Footprint*, OEF). Ti dve metodi sta temeljili na standardih ISO 14040 in ISO 14044 in priročniku ILCD, vendar sta strožji in bolj jedrnat. Vzporedno se razvijajo Pravila o kategorijah okoljskega odtisa proizvodov (angl. *Product Environmental Footprint Category Rules*, PEFCR) in Pravila o kategorijah okoljskega odtisa organizacij (angl. *Organization Environmental Footprint Category Rules*, OEFCR). PEFCR/OEFCR temeljijo na standardu ISO 14025 za okoljsko označevanje proizvodov in dopolnjujejo splošna metodološka navodila za okoljski odtis z dodatnimi specifikacijami na ravni proizvoda. PEFCR/OEFCR bodo povečala ponovljivost in doslednost študij okoljskega odtisa. Sčasoma lahko ti dve metodi postaneta del prihodnjih evropskih politik o trajnostni potrošnji in proizvodnji (EC 2021, 18). Na tak način se bo za vse deležnike močno povečala potreba po znanju s področja LCA.

3 Metodološka struktura LCA

Metodološko strukturo LCA opredeljujejo okoljski standardi serije ISO 14040. Standard ISO/SIST EN ISO 14040 opredeljuje LCA kot "zbiranje in vrednotenje vhodnih in izhodnih podatkov ter možnih vplivov proizvodnega sistema na okolje v njegovem življenjskem ciklu" (ISO 14040, poglavje 3.9). V uvodu standarda ISO 14040 (ISO, 2006a) je navedeno, da "LCA obravnava okoljske vidike in potencialne vplive (npr. porabo virov in okoljske posledice izpustov) v celotnem življenjskem ciklu proizvoda; od pridobivanja materiala do proizvodnje, uporabe in odstranjevanja (t. j. od zibelke do groba)" (Klöpffer in Renner, 2008). Presoje vplivov na okolje je seveda mogoče izvesti tudi v drugačnih mejah: (i) 'od zibelke do vrat' (od pridobivanja virov do konca proizvodnega procesa določenega proizvoda), (ii) 'od vrat do vrat' (samo proizvodni proces določenega proizvoda), (iii) 'od zibelke do zibelke' (od pridobivanja virov do ponovne uporabe proizvoda oz. njegovih sestavnih delov).

Metodologija LCA je dokaj kompleksna in zahteva poglobljeno znanje izvajalca, zato na tem mestu ne bo podrobneje pojasnjena. Kot je razvidno iz Slike 1, se analiza LCA izvede v štirih korakih: (i) opredelitev cilja in meje, (ii) inventarizacija, (iii) ocena vplivov in (iv) interpretacija rezultatov.

Opredelitev cilja in meje. V prvem koraku LCA študije postavimo začetni okvir za izvedbo raziskave. Pri tem mora biti jasno navedeno, komu bodo rezultati LCA študije namenjeni in zakaj bodo rezultati uporabljeni. Natančno je potrebno opredeliti predmet raziskave in določiti funkcijsko enoto ter referenčni tok. Ob upoštevanju okoljskega življenjskega cikla definiramo še meje sistema, opredelimo način alokacije okoljskih vplivov, nabor okoljskih kategorij in s tem računske metode, zahteve glede podatkov; vrsto kritičnega pregleda in obliko poročila (Werner, 2005).



Slika 4.1: Metodološka struktura LCA

Vir: (ISO, 2006a).

Inventarizacija (analiza popisa življenjskega cikla) vključuje zbiranje podatkov in postopke preračunavanja za količinsko ovrednotenje posegov v okolje, ki nastanejo v okoljskem življenjskem ciklu proizvoda. Ti vtoki in iztoki morajo vključevati porabo virov in izpuste v zrak, vodo in tla, ki jih je mogoče povezati s preučevanim sistemom. Zbirka vseh posegov v okolje v njegovem življenjskem ciklu se imenuje tudi Popis življenjskega cikla (angl. *Life Cycle Inventory*, LCI) (Werner, 2005). Analiza inventarizacije je precej zapleten in poglobljen proces, pri čemer zberemo podatke o

uporabljenih materialih in energiji, kar predstavlja najzahtevnejši in najbolj zamuden korak celotne analize LCA. Analizo inventarizacije običajno opravijo svetovalci ali več notranjih delovnih skupin z znanjem in izkušnjami o vsaki fazi življenjskega cikla. Če so potrebne informacije v različnih oblikah oz. bazah podatkov že na voljo v podjetju, jih je mogoče združiti/sestaviti in na tak način zaključiti analizo inventarizacije (IMA, 1996). Del inventarizacijskih podatkov se vedno pridobi tudi od poslovnih partnerjev, ki so vključeni v dobavno verigo.

LCA študije pa ni mogoče izvesti brez uporabe specializiranih baz podatkov. Pri tem je treba izpostaviti bazo Ecoinvent, ki predstavlja najbolj celovito, najobsežnejšo in verjetno tudi najbolj uporabljeno podatkovno bazo na svetu. Trenutno je v bazo vključenih že več kot 4.000 produktov in 19.000 procesov, ki so na voljo za tri različne sistemske modele, podatki v bazi pa se dopolnjujejo in posodablja vsaj enkrat letno (PRe, 2023). Zaradi izredno velike dinamike razpoložljivosti in veljavnosti podatkov, bi se moral naročnik pred vsako analizo LCA prepričati, katere podatkovne baze bodo uporabljene za izračune (Hauschild et al., 2018).

Ocena vplivov v življenjskem ciklu proizvoda (angl. *Life Cycle Impact Assessment*, LCIA) ovrednoti vtoke in iztoke snovi glede na njihove vplive na okolje. Pri ocenjevanju se izvede več korakov: klasifikacija (razvrščanje inventarizacijskih podatkov v kategorije vplivov), karakterizacija (uteženje klasificiranih inventarizacijskih podatkov znotraj posameznih kategorij vpliva) in vrednotenje (združevanje okoljskih kategorij z normalizacijo in seštevanjem) (Werner, 2005). Pri oceni vplivov na okolje je ključna izbira računske metode in obravnavanih kategorij učinkov, ki se določijo glede na opredelitev cilja in obsega raziskave. Pri tem je potrebno upoštevati tudi želeno raven integracije rezultatov (katere rezultate prikazati in kako razčlenjeno). Obstaja več kot 40 različnih kvalitativnih metod za izvajanje LCA. Zdi se, da je koncept ekoindikatorja najuspešnejši pri praktični uporabi LCIA, saj dodatno omogoča primerjavo vplivov na okolje med različnimi okoljskimi kategorijami (Zbicinski et al., 2006). Metoda je bila večkrat nadgrajena in je trenutno kot metoda ReCiPe 2016 najbolj razširjena za vrednotenje okoljskih vplivov na globalnem nivoju. Rezultate okoljske presoje podaja v obliki 18 kazalnikov okoljskih kategorij (midpoint pristop) in 3 kazalnikov povzročene okoljske škode (endpoint pristop) (PRe, 2020).

Mednarodna standarda ISO 14040 in ISO 14044 (ISO, 2006a; ISO 2016b) ločujeta korake znotraj LCIA na obvezne in neobvezne. Obvezni koraki so:

- izbor okoljskih kategorij, njihovih kazalnikov in karakterizacijskih modelov (pri modeliranju izvajalec analize LCA to izvede z izborom ene izmed že obstoječih LCIA metod).
- Klasifikacija; povezovanje inventarizacijskih podatkov z okoljskimi kategorijami na osnovi znanih potencialnih učinkov.
- Karakterizacija; izračun vrednosti okoljskih kazalnikov s preračunavanjem prispevkov inventarizacijskih tokov k posameznim okoljskim kategorijam.

Rezultati karakterizacije nam ne dajo informacije o medsebojnih relativnih vplivih okoljskih kategorij. Prav tako ne dajejo informacije o tem, katera okoljska kategorija ima večji vpliv v primerjavi z vsemi okoljskimi vplivi na določenem geografskem področju.

Neobvezni koraki LCIA glede na zahteve standardov ISO 14040 in ISO 14044 pa so:

- normalizacija; izražanje LCIA rezultatov glede na podatke referenčnega sistema. Z normalizacijo lahko ocenimo, kakšen je prispevek določene okoljske kategorije k celotnemu vplivu na nekem geografskem področju oz., kakšen je prispevek glede na delež, ki ga prispeva prebivalec določene regije. Normalizacija je lahko koristen korak pri analizi LCA, če želimo primerjavo vplivov na okolje v različnih geografskih področjih.
- Uteženje; določitev prioritet ali uteži posameznim okoljskim kategorijam.
- Združevanje; združevanje različnih kazalnikov okoljskih učinkov v skupine okoljskih škod.

Poudariti je treba, da standard ISO 14044 v zvezi z uteženjem vplivov na okolje pravi: "Weighting (uteženje) shall not be used in LCA studies intended to be used in comparative assertions intended to be disclosed to the public" (ISO, 2006b). Opisano ovrednotenje vplivov na okolje LCIA je specifično za metodo LCA in zahteva res dobro poznavanje modelov ter razlik med vsemi obstoječimi metodologijami LCIA (Hauschild in soavtorji, 2018).

Interpretacija rezultatov, pri čemer se pojasnijo ugotovitve iz analize inventarizacije in ocene vplivov na okolje. Zapišejo se tudi ugotovitve raziskave in priporočila glede na cilj in obseg študije.

Analize LCA lahko vključujejo tudi različne poenostavitve, predpostavke in vrednostne ocene procesov, zato lahko analize LCA dajejo različne rezultate, čeprav je videti, da obravnavajo isti proizvod. Razlike lahko nastanejo zaradi več dejavnikov: različno postavljenih ciljev, uporabe različnih funkcijskih enot, različno postavljene meje preučevanega sistema in uporabljene različne predpostavke pri modeliranju podatkov. Ključno je, da se obseg poenostavitev minimalizira, in da je v fazi poročanja natančno navedeno, katere predpostavke in vrednosti so bile uporabljene. Bralec študije bo tako lahko presodil in se odločil o sprejemljivosti poenostavitev ter rezultate študije sprejel ali jih kot neustrezne v celoti zavrnil (Curran, 2015).

4 Študijski primeri

Kot primer ustreznega definiranja problema in podajanja podatkov, potrebnih za izvedbo LCA študije, navajamo prispevek avtorjev Ardente et al. (Ardente et al., 2006). V prispevku so prikazani rezultati poenostavljene LCA študije pridelave grozdja in procesov predelave v ustekleničena vina vrhunske kakovosti v južni Italiji. Rezultati študije so bili uporabljeni kot podpora odločanju v okviru sistema upravljanja z okoljem (angl. *Environmental Management System*, EMS) in za pridobitev okoljskih oznak tipa III (EPD). V študiji so bili izvedeni naslednji koraki:

- analiza podjetja in definiranje funkcijske enote;
- izvedba LCA študije proizvoda, ki je vključevala: (i) opis in analizo proizvodnih procesov, (ii) analizo vhodnih in izhodnih tokov, (iii) izdelavo ekoprofila za funkcijsko enoto in (iv) podrobno analizo okoljskih vplivov;
- priprava načrta okoljskih izboljšav (angl. *Environmental improvement program*).

Analiza podjetja in izbor funkcijske enote

Preučevani proizvod je ustekleničeno rdeče vino, proizvedeno v podjetju na Siciliji. Proizvodnja rdečega vina predstavlja glavno dejavnost podjetja in zagotavlja 95 % prihodkov. Na trgu ponujajo šest vrst visoko kakovostnega in vrhunskega vina. Podjetje na 138 ha obdelovalnih površin samostojno pridelava 77 % grozdja,

potrebnega za predelavo, medtem ko preostalih 23 % grozdja, ki je pridelano na 43 ha obdelovalnih površin, odkupi od okoliških pridelovalcev. Povprečna oddaljenost lastnih vinogradov od mesta predelave znaša 2,1 km, medtem ko velikost predelovalnega obrata znaša 0,25 km². Podjetje bi lahko opredelili kot tipično italijansko manjšo vinsko klet z letno proizvodnjo 950 m³ vina. Kot funkcijska enota je bila izbrana steklenica rdečega vina s prostornino 0,75 litra.

Izvedba LCA študije proizvoda

Pri LCA živilskih proizvodov se srečujemo z nekaterimi specifičnimi težavami. Več kot očitno je, da je proizvodnja kmetijskih proizvodov zelo odvisna od vremenskih pogojev, zato se nekateri okoljski vplivi z leti občutno spreminjajo. Pričujoča študija se nanaša na letnik 2003, ki predstavlja povprečno letno proizvodnjo. Podobno kot večina kmetijskih dejavnosti tudi vinarstvo obremenjuje okolje z uporabo pesticidov in umetnih gnojil, vendar v zvezi s temi proizvodi ni dovolj okoljskih informacij (Weidema and others, 1995). Nadalje proizvodnja vina zahteva več faz obdelave, ki se lahko med proizvajalci razlikujejo glede na pričakovano kakovost vina. Iz tega izhaja, da rezultati LCA za različne vinske kleti na splošno niso primerljivi. LCA študija je bila izvedena skladno z zahtevami mednarodnega standarda ISO 14040. V življenjski cikel so bile vključene naslednje faze: pridelava grozdja in transport do obrata za predelavo, proizvodnja vina in hramba, ustekleničenje in embaliranje ter prevoz končnih proizvodov. Vplive zaradi odlaganja odpadkov so zanemarili.

Pri analizi procesov so se omejili na vhodne in izhodne tokove materialov in energije. Inventarizacijski podatki so bili pridobljeni z neposrednimi meritvami. Posredne obremenitve okolja, povezane s proizvodnjo materialov, pridobivanjem energentov ter transportom surovin in končnih proizvodov, pa so bile ocenjene. Materiali, vključeni v analizo, so organska in umetna gnojila, žveplo in fitofarmacevtska sredstva, natrijev karbonat, perlit in materiali za stekleničenje. Uporabljeni viri energije so goriva za pogon kmetijskih strojev, električna energija, porabljena pri procesih v vinogradništvu, tekoči naftni plin, ki se uporablja za proizvodnjo pare in tople vode ter za ogrevanje stavb ter dizelsko gorivo, ki se uporablja za transport. Zbrani podatki so bili smiselno razvrščeni v posamezne skupine.

(i) Opis in analiza proizvodnega procesa. Pridelava vina je sestavljena iz dveh glavnih faz: kmetijske (pridelava grozdja) in industrijske (predelava grozdja v vino). Procesi so podrobno predstavljeni v prispevku avtorjev in jih na tem mestu ponovno ne

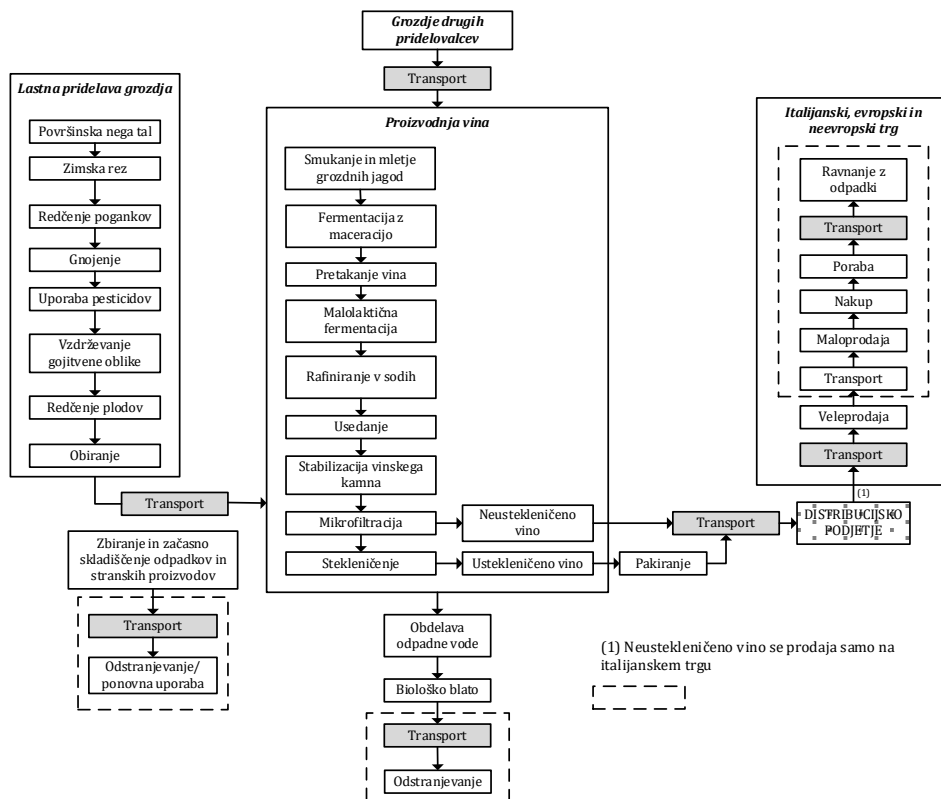
navajamo. Preučevani sistem je potrebno predstaviti tudi grafično in na njem označiti meje sistema oz. faze, ki v LCA niso bile vključene. Meje sistema za preučevani primer prikazuje Slika 2.

(ii) Analiza vhodnih in izhodnih tokov. Naslednji korak LCA študije je pridobivanje vhodnih in izhodnih podatkov, ki se nanašajo na porabo surovin, materialov, virov energije, emisij in odpadkov. Najtežje je oceniti masne tokove, ki so povezani s proizvodnjo surovin in povzročajo posredne vplive na okolje (Ardente in drugi, 2005a, 2005b).

Visoka natančnost študije zahteva veliko število podatkov, kar podaljšuje čas izvedbe in s tem povečuje stroške. Zato nekateri avtorji predlagajo poenostavitev LCA, da bi pomagali majhnim organizacijam, ki pogosto nimajo ustreznih virov in kompetenc (Luciani in drugi, 2003). Vendar pa ni enostavno navesti, kaj naj "poenostavljena" LCA vključuje. Glavna poenostavitev je lahko povezana s pravili izločitve, ki dopuščajo manjšo natančnost pri definiciji sistemskih meja in kakovosti podatkov (t. j. izključitev materialov, katerih količine so nižje od določenega deleža skupnih uporabljenih mas ali uporaba podatkov, ki niso popolnoma reprezentativni ali posodobljeni). O vseh teh "poenostavitvah" je potreben dogovor med naročnikom in izvajalcem študije.

Tabela 1 prikazuje vhodne in izhodne masne tokove v glavnih fazah procesov, Tabela 2 pa prikazuje energijske tokove. Vse količine v Tabeli 2 je treba obravnavati kot primarne, opredeljene kot: "energija, utelešena v naravnih virih (npr. premog, surova nafta, sončna svetloba, uran), ki ni bila podvržena nobeni antropogeni pretvorbi ali transformaciji" (Boustead, 2001). Sekundarne vire je mogoče pretvoriti v primarne količine s posebnimi konverzijskimi faktorji.

(iii) Ekoprofil za funkcijsko enoto. V naslednjem koraku je potrebno preračunati porabo materialov, energije in emisij na funkcijsko enoto. Analiza je vključevala vrednotenje neposrednih vplivov (tistih, ki so neposredno povezani z dejavnostmi organizacije, t. j. emisije toplarn ali kmetijskih strojev) in posrednih (t. j. vplivov, ki so vključeni v vhodne materiale). Preračune na funkcijsko enoto lahko izvede naročnik ali izvajalec študije po dogovoru. Več informacij o študiji in rezultatih je na voljo v Ardente et al. (Ardente et al., 2006).



Slika 4.2: Shema življenjskega cikla ustekleničenega vina

Vir: Prirejeno po (Ardente et al., 2006)

Tabela 1: Analiza vhodnih in izhodnih tokov za vino letnik 2003

Glavni vhodni tokovi			Glavni izhodni tokovi	
Surovine			Proizvodi	
Grozdje	1.269.400 kg		Ustekleničeno vino	377.000
Kmetijski proizvodi			Neustekleničeno vino	575.050
Kompost	181.339 kg		Stranski produkti	
Kalijev sulfat	54.402 kg		Jagodni olupki	230.782
Urea	36.268 kg		Grozdni peclji	57.123 kg
Gnojilo (na osnovi	36.268 kg		Usedlina	29.445 kg
Žveplo	23.175 kg		Kmetijski odpadki	
Gnojilo (na osnovi	15.232 kg		Odpadna olja	400 kg
Pesticidi	3.919 kg		Embalaža za kemikalije	260 kg
Dodatki			Drugo	234 kg
Perlit	1.269 kg		Procesni odpadki	
Kalijev metabisulfit	222 kg		Plastika	10.000 kg
Albumin	286 kg		Karton	5.000 kg
Kvas	97 kg		Steklo	3.765 kg
Stekleničenje in pakiranje			Blato in mulji	864 kg

Glavni vhodni tokovi		Glavni izhodni tokovi	
Steklo	262.750 kg	Posebni odpadki (olja, embalaža,	844 kg
Karton	19.167 kg	Mešani odpadki	118 kg
Lesena embalaža	6.730 kg	Odpadne vode	
Zamaški	2.257 kg	Odpadne vode	1.728 m ³
Etikete	903 kg		
Palete	900 kg		
Poraba vode			
Namakanje	98.104 m ³		
Poraba v procesih	2.160 m ³		
Skupaj	100.264 m ³		
Drugo			
Soda	2.500 kg		
Čistila	377 kg		
Perocetna kislina	20 kg		
Laboratorijske	8 kg		

Vir: Prirejeno po (Ardente et al., 2006)

(iv) Podrobna analiza okoljskih vplivov. Kot je bilo že omenjeno, bi se morala organizacija v okviru EMS osredotočiti na vplive, ki štejejo za pomembnejše, da lahko vzpostavi učinkovit program izboljšav. V zvezi s študijo primera proizvodnje in pakiranja vina so bili podrobno analizirani trije kazalniki: poraba energije, emisije ogljikovega dioksida in poraba vode.

Tabela 2: Skupna porabljena energija (v GJ)

Dizelsko gorivo	
Kmetijski stroji	2.870
Prevozi	66
Prevoz vhodnih snovi	346
Prevoz proizvodov in stranskih	1.013
Skupaj	4.295
Električna energija	
Kmetijstvo (namakanje)	84
Procesi	5.814
Stekleničenje	275
Skupaj	6.173
Utekočinjen naftni plin (UNP)	
Proizvodnja tople vode	121
Proizvodnja pare	33
Ogrevanje obrata	88
Skupaj	242

Vir: Prirejeno po (Ardente et al., 2006)

Sicer pa so kazalniki vplivov na okolje določeni z izborom računske metode, ki jo opredelita naročnik in izvajalec študije. V Tabelah 3 (a) – 3 (c) navajamo primere okoljskih kategorij, ki so vključene v računske metode Eco-indicator 99, ReCiPe

Tabela 3: Okoljske kategorije, obravnavane v okviru različnih metod za presojo LCA: (a) Eco-indicator 99, (b) ReCiPe 2008, (c) ReCiPe 2016

(a) Eco-indicator 99		(b) ReCiPe Midpoint		(c) ReCiPe 2016 Midpoint	
Okoljske kategorije	Merske enote	Okoljske kategorije	Merske enote	Okoljske kategorije	Merske enote
Rakotvorne snovi	DALY	Podnebne spremembe	kg CO2 eq	Globalno segrevanje	kg CO2 eq
Respiratorne organske snovi	DALY	Tanjšanje stratosferske ozonske plasti	kg CFC-11 eq	Tanjšanje stratosferske ozonske plasti	kg CFC11 eq
Respiratorne anorganske snovi	DALY	Zakisljevanje tal/kopnega	kg SO2 eq	Ionizirajoče sevanje	kBq Co-60 eq
Podnebne spremembe	DALY	Evtrofikacija sladkih voda	kg P eq	Nastajanje prizemnega ozona - vpliv na človekovo zdravje	kg NOx eq
Sevanje	DALY	Evtrofikacija morja	kg N eq	Nastajanje drobnih trdnih delcev	kg PM2.5 eq
Ozonska plast	DALY	Toksičnost za človeka	kg 1,4-DB eq	Nastajanje prizemnega ozona - vpliv na kopenske ekosisteme	kg NOx eq
Ekotoksičnost	PAF*m2yr	Nastajanje fotokemičnih oksidantov	kg NMVOC	Zakisljevanje tal/kopnega	kg SO2 eq
Zakisljevanje/Evtrofikacij a	PDF*m2yr	Nastajanje drobnih trdnih delcev	kg PM10 eq	Evtrofikacija sladkih voda	kg P eq
Raba zemljišč	PDF*m2yr	Kopenska ekotoksičnost	kg 1,4-DB eq	Evtrofikacija morja	kg N eq
Minerali	MJ surplus	Ekotoksičnost sladkih voda	kg 1,4-DB eq	Kopenska ekotoksičnost	kg 1,4-DCB
Fosilna goriva	MJ surplus	Ekotoksičnost morja	kg 1,4-DB eq	Ekotoksičnost sladkih voda	kg 1,4-DCB
11 okoljskih kategorij		Ionizirajoče sevanje	kBq U235 eq	Ekotoksičnost morja	kg 1,4-DCB
		Raba kmetijskih zemljišč	m2a	Toksičnost za človeka zaradi rakotvornih snovi	kg 1,4-DCB
		Raba urbanih zemljišč	m2a	Toksičnost za človeka zaradi nerakotvornih snovi	kg 1,4-DCB
		Spreminjanje naravnega okolja	m2	Raba zemljišč	m2a crop eq
		Pomanjkanje pitne vode	m3	Redkost mineralnih virov	kg Cu eq
		Izčrpavanje mineralnih virov	kg Fe eq	Redkost fosilnih surovinskih virov	kg oil eq
		Izčrpavanje fosilnih goriv	kg oil eq	Poraba vode	m3
		18 okoljskih kategorij		18 okoljskih kategorij	

Vir: (PRe, 2020)

2008 in ReCiPe 2016. Rezultati izračunov okoljske presoje se medsebojno razlikujejo tako po številu okoljskih kategorij, njihovi definiciji in merskih enotah, kakor tudi po končnem rezultatu. Več o tem lahko zainteresiran bralec prebere v pohaščenem priručniku (Denac, Radonjič, 2022).

V naslednjem študijskem primeru bomo predstavili razliko v prikazih rezultatov LCA študije, kadar so le-ti podani samo v obliki, ki jo zahteva mednarodni standard ISO 14040 oz. v drugih oblikah, ki jih omogoča profesionalna programska oprema. Navedeni prikazi temeljijo na uporabi programske opreme SimaPro Analyst 9.3.0.2. Različne oblike prikaza rezultatov zahtevajo različne postavitve modelov okoljskega življenjskega cikla, zato morajo biti dogovorjene že v fazi zasnove projektne naloge. Za take razgovore je potrebno naročnikovo predhodno poznavanje koncepta LCA.

V okviru presoje okoljske ustreznosti rešitev s področja elektro-mobilnosti sta primerjani dve različni izvedbi vozil – vozilo z električnim pogonom v kombinaciji z motorjem z notranjim izgorevanjem in vozilo z notranjim izgorevanjem s konvencionalnim mehanskim menjalnikom (Dobnik, 2023).

Opredelitev cilja in meje. Cilj naloge je izvesti LCA študijo kot podporo pridobljenim rezultatom iz simulacije pogonskih sklopov. Rezultati LCA študije dajejo boljši vpogled o vplivih na okolje, če sta upoštevani tudi uporaba surovin in poraba goriva posameznega sklopa. V strukturo LCA študije so vneseni predvideni podatki o elementih, iz katerih je sestavljen bodisi mehanski menjalnik bodisi električni pogon tovrnega vozila. Prav tako bo upoštevana poraba goriva, ki je pridobljena na podlagi predhodne simulacije. LCA študija zajema celoten življenjski cikel v mejah od zibelke (pridobivanje surovin) do groba (reciklaža oz. uničenje delov).

Analiza inventarizacije. Ker v tej fazi analize še ni točnih podatkov o elementih posamičnega pogona, kot so mase komponent in materiali, iz katerih so izdelani, bomo predpostavili enako porazdelitev mase komponent in materialov, kot so najpogostejše uporabljeni za proizvodnjo takih delov (Tabela 4 in 5). Za osnovno porazdelitev mase posameznih komponent je uporabljen 3D model primerljivega menjalnika GAZ A32R22-1700010. Na koncu je bila vsakemu pogonu dodana pripadajoča poraba goriva ob upoštevanju pričakovane življenjske dobe (10 let) in prevožene razdalje (1.000.000 km) s povprečno hitrostjo 90 km/h, ki znaša 313.800 litrov oz. 265.161 kg dizelskega goriva (D-2) za konvencionalni mehanski pogon in 213.900 litrov oz. 180.745 kg D-2 za električni pogon. Teža menjalnika Eaton Fuller

T-955ALL, ki je izbran za simulacijo vožnje, znaša 293 kg. Za analizo električnega pogona je uporabljen konkurenčni elektro motor ZF CeTrax, katerega teža znaša 285 kg. Predpostavljeno je tudi, da je to skupna masa generatorja in elektro motorja, saj sta slednja po karakteristikah enaka in vsak posebej doprineseta k polovici skupne mase.

Tabela 4: Porazdelitev teže posameznih komponent mehanskega menjalnika

Komponenta ročnega menjalnika	Material komponente	Delež skupne mase (%)	Masa (kg)
Ohišje	Siva litina (EN-GJL-350)	50	146,5
Zobniki, Osi, Ležaji	Jeklo SCr420	30	87,9
Nenosilni deli	Aluminij Si11Cu2	10	29,3
Nenosilni deli	Bron CuSn12	10	29,3

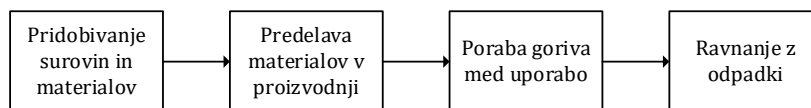
Vir: (Dobnik, 2023)

Tabela 5: Porazdelitev teže posameznih komponent elektro motorja

Komponenta Elektro motorja	Material komponente	Delež skupne mase (%)	Masa (kg)
Ohišje	Aluminij Si11Cu2	39	111,15
Navitje statorja	Baker Cu	10	28,5
Jedro rotorja in statorja	Jeklo S235 JR	43	122,55
Magneti	Neodim NdFeB	8	22,8

Vir: (Dobnik, 2023)

V študiji so bili uporabljeni podatki o materialih in obdelovalnih postopkih iz knjižnice Ecoinvent 3.6. in so podrobneje opisani v magistrski nalogi. Za modeliranje ravnanja z odpadki so bili uporabljeni povprečni podatki za Francijo. Model okoljskega življenjskega cikla je prikazan na Sliki 3.



Slika 3: Model okoljskega življenjskega cikla mehanskega menjalnika

Vir: (Dobnik, 2023)

Presoja vplivov na okolje. Modeliranje okoljskega življenjskega cikla je bilo izvedeno na programski opremi SimaPro Analyst 9.3.0.2 z metodo ReCiPe 2016 (H). Z midpoint pristopom so bile pridobljene vrednosti za 18 kazalnikov okoljskih

vplivov, ki so v okviru karakterizacije obvezen del poročila o LCA študiji. Z endpoint pristopom so bile pridobljene vrednosti za 22 okoljskih kazalnikov, vrednosti pa so bile agregirane v tri skupine povzročene škode (zdravje, ekosistem, viri). Z uporabo uteženja so bili izračunani skupni okoljski vplivi in izraženi v ekotočkah, ki omogočajo primerjavo okoljskih vplivov med različnimi okoljskimi kategorijami. Izdelana je bila tudi procesna shema s prikazom najvplivnejših procesov. Tak prikaz rezultatov po standardu ISO 14040 ni obvezen, ponuja pa ključne informacije za okoljsko optimizacijo procesov in proizvodov. V nadaljevanju navajamo le del rezultatov za konvencionalni pogon z mehanskim menjalnikom, pri čemer bodo označeni prikazi, ki so obvezni po standardu ISO 14040 in tisti, ki presegajo zahteve standarda. Rezultati so prikazani za demonstracijo in posebej ne bodo podrobno komentirani. Rezultati bodo prikazani v izvorni obliki, kot jo podaja programska oprema SimaPro Analyst 9.3.0.2, ker bodo tudi rezultati v poročilih realnih LCA analiz podani na enak način.

Tabela 6: Rezultati LCA karakterizacije za življenjski cikel pogona s konvencionalnim menjalnikom. Presoja, izvedena po ReCiPe 2016 Midpoint (H) (obvezen korak po ISO 14040)

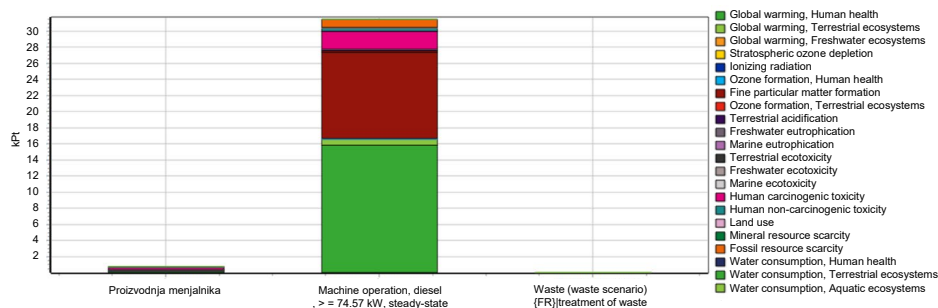
Se	Impact category /	Unit	Total	Proizvodnja menjalnika	Machine operation, diesel, >= 74,57 kW,	Waste (waste scenario) (FR)
✓	Global warming	kg CO ₂ eq	1,03E6	9,57E3	1,02E6	32,4
✓	Stratospheric ozone depletion	kg CFC11 eq	0,372	0,00318	0,368	3,2E-5
✓	Ionizing radiation	kBq Co-60 eq	5,79E3	720	5,07E3	0,116
✓	Ozone formation, Human health	kg NO _x eq	5,38E3	23,5	5,35E3	0,0368
✓	Fine particulate matter formation	kg PM _{2.5} eq	1,04E3	22,9	1,02E3	0,00816
✓	Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO _x eq	5,59E3	25,1	5,56E3	0,0376
✓	Terrestrial acidification	kg SO ₂ eq	2,57E3	39,4	2,53E3	0,0199
✓	Freshwater eutrophication	kg P eq	40,6	5,39	35,2	0,00598
✓	Marine eutrophication	kg N eq	23,3	0,752	22,5	0,000728
✓	Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB	1,31E6	1,66E5	1,15E6	20
✓	Freshwater ecotoxicity	kg 1,4-DCB	6,42E3	1,58E3	4,76E3	75,3
✓	Marine ecotoxicity	kg 1,4-DCB	9,65E3	2,06E3	7,5E3	91,9
✓	Human carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	4,42E4	4,53E3	3,97E4	4,24
✓	Human non-carcinogenic toxicity	kg 1,4-DCB	1,42E5	2,56E4	1,16E5	337
✓	Land use	m ² a crop eq	7,25E3	231	7,02E3	0,0423
✓	Mineral resource scarcity	kg Cu eq	2,02E3	364	1,65E3	0,02
✓	Fossil resource scarcity	kg oil eq	3,36E5	2,45E3	3,33E5	1,15
✓	Water consumption	m ³	1,15E3	57,1	1,1E3	0,0981

Vir: (SimaPro)

Pri karakterizaciji so rezultati LCA študije podani preko kazalnikov vplivov na okolje, ki so odvisni od uporabljene metode. Kot je razvidno iz Tabele 6, metoda ReCiPe 2016 podaja rezultate presoje s kazalniki 18 okoljskih kategorij. Rezultati znotraj posameznih okoljskih kategorij so izraženi z ekvivalentnimi količinami izbranih referenčnih snovi, kar pa še ne pomeni, da so izbrane referenčne snovi tudi najvplivnejše znotraj posamezne okoljske kategorije. Rezultate je mogoče obravnavati agregirano ali razčlenjeno, glede na potrebe analize (najvplivnejši

procesih, uporabljeni materiali, faze življenjskega cikla). Na podlagi rezultatov karakterizacije še ni mogoče oceniti, katera okoljska kategorija je najbolj obremenilna. Rezultati karakterizacije so po ISO 14040 obvezen element v vsakem poročilu o okoljski presoji z LCA.

Za okoljsko optimizacijo proizvodov je zato potrebno uporabiti še druga orodja in oblike prikaza rezultatov, ki jih ISO 14040 ne zahteva. Primer take podrobnejše analize sta normalizacija in uteženje rezultatov, s katerima pridobimo rezultate o povzročeni škodi. Rezultati so podani v ekotočkah (Pt), ki jih je mogoče medsebojno seštevati. Na Sliki 4.4 in Tabeli 7 so grafično in tabelarično prikazani rezultati uteženja, razčlenjeni po posameznih fazah življenjskega cikla: proizvodnja, uporaba in ravnanje z odpadki. Višji stolpci na Sliki 4 oz. višje vrednosti v Tabeli 7 prikazujejo višje vplive na okolje, prispevki posameznih okoljskih kategorij na Sliki 4 pa so razvidni iz priložene legende.



Slika 4.4: Rezultati LCA single score za življenjski cikel pogona s konvencionalnim menjalnikom. Presoja, izvedena po ReCiPe 2016 Endpoint (H), rezultati izraženi z ekotočkami (Pt). (neobvezen korak po ISO 14040)

Vir: (SimaPro)

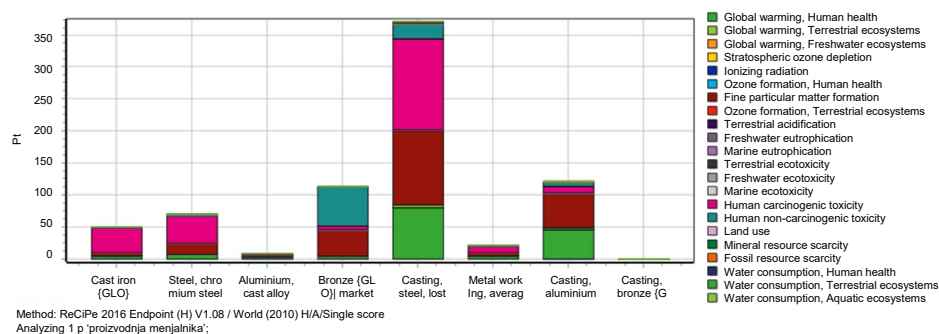
Tako kot pri karakterizaciji, je tudi rezultate o povzročeni škodi (normalizirani in uteženi rezultati) mogoče podajati agregirano ali razčlenjeno na različne načine, v odvisnosti od namena uporabe rezultatov LCA študije. Na Sliki 5 so prikazani prispevki posameznih procesov pri proizvodnji konvencionalnega menjalnika. Višji stolpci nakazujejo višje prispevke okoljskih obremenitev, prispevki posameznih okoljskih kategorij pa so razvidni iz priložene legende. Tak prikaz rezultatov omogoča ekodizajniranje proizvodov, česar drugi prikazi ne omogočajo, zato je ustrezna zasnova LCA študije ključnega pomena za uporabnost rezultatov študije.

Podajanje rezultatov na način, kot so prikazani na Sliki 5, ni obvezen korak po standardu ISO 14040.

Tabela 7: Rezultati LCA uteženja za življenjski cikel pogona s konvencionalnim menjalnikom. Presoja, izvedena po ReCiPe 2016 Endpoint (H), rezultati izraženi z ekotočkami (Pt). (neobvezen korak po ISO 14040)

Se	Impact category /	Unit	Total	Proizvodnja menjalnika	Machine operation,	Waste (waste scenario) (FR)
	Total	kPt	32,2	0,756	31,5	0,00215
☒	Global warming, Human health	kPt	16	0,148	15,8	0,000501
☒	Global warming, Terrestrial ecosystems	kPt	0,782	0,00725	0,775	2,45E-5
☒	Global warming, Freshwater ecosystems	kPt	2,14E-5	1,98E-7	2,12E-5	6,7E-10
☒	Stratospheric ozone depletion	kPt	0,00329	2,82E-5	0,00326	2,83E-7
☒	Ionizing radiation	kPt	0,00082	0,000102	0,000718	1,64E-8
☒	Ozone formation, Human health	kPt	0,0816	0,000357	0,0813	5,58E-7
☒	Fine particulate matter formation	kPt	11	0,24	10,7	8,56E-5
☒	Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kPt	0,195	0,000875	0,194	1,31E-6
☒	Terrestrial acidification	kPt	0,147	0,00226	0,145	1,14E-6
☒	Freshwater eutrophication	kPt	0,00735	0,000975	0,00638	1,08E-6
☒	Marine eutrophication	kPt	1,07E-5	3,45E-7	1,04E-5	3,35E-10
☒	Terrestrial ecotoxicity	kPt	0,00404	0,000514	0,00353	6,18E-8
☒	Freshwater ecotoxicity	kPt	0,0012	0,000296	0,000894	1,41E-5
☒	Marine ecotoxicity	kPt	0,000274	5,86E-5	0,000213	2,61E-6
☒	Human carcinogenic toxicity	kPt	2,45	0,251	2,2	0,000235
☒	Human non-carcinogenic toxicity	kPt	0,54	0,0975	0,442	0,00128
☒	Land use	kPt	0,0174	0,000555	0,0168	1,02E-7
☒	Mineral resource scarcity	kPt	0,00333	0,000601	0,00273	3,29E-8
☒	Fossil resource scarcity	kPt	1,05	0,00418	1,04	2,96E-6
☒	Water consumption, Human health	kPt	0,0144	0,000786	0,0136	8,3E-7
☒	Water consumption, Terrestrial ecosystem	kPt	0,00265	0,000111	0,00254	1,18E-7
☒	Water consumption, Aquatic ecosystems	kPt	4,51E-7	2,15E-8	4,3E-7	8,86E-12

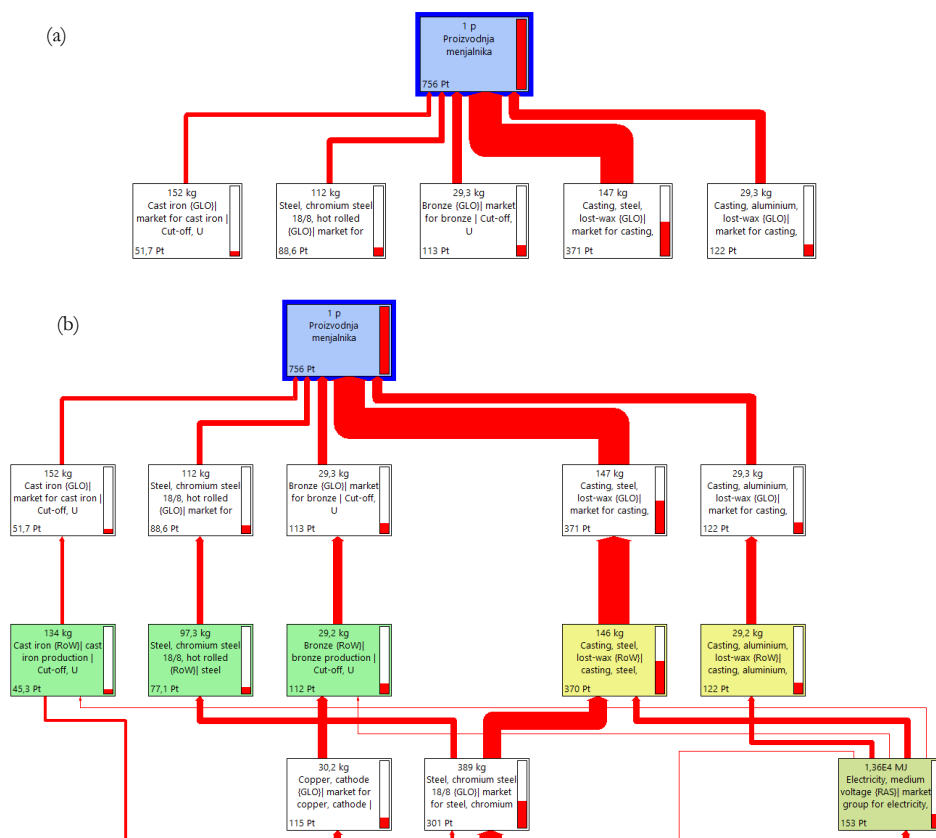
Vir: (SimaPro)



Slika 5: Rezultati LCA single score za proces proizvodnje pogona s konvencionalnim menjalnikom. Presoja, izvedena po ReCiPe 2016 Endpoint (H), rezultati izraženi z ekotočkami (Pt). (neobvezen korak po ISO 14040)

Vir: (SimaPro)

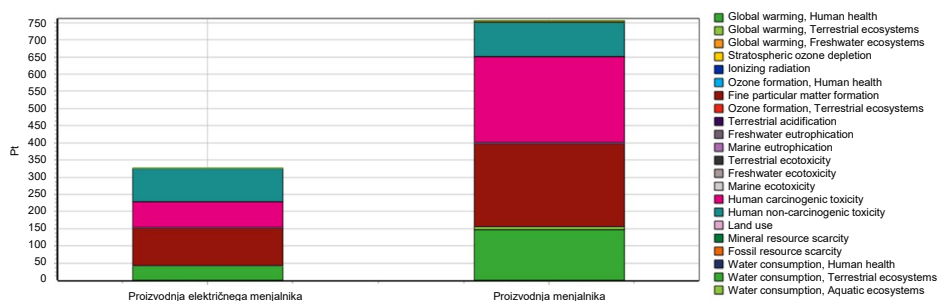
Podatke o povzročni škodi je mogoče prikazati tudi s Sankey-evimi diagrami. Pri tem gre za vizualizacijo okoljskih obremenitev, pri čemer debelejša puščica predstavlja okoljsko bolj obremenilne faze/procese, obseg prikazanih procesov pa je mogoče prilagajati. Tudi tak prikaz (Slika 6) je po ISO 14040 neobvezen, zato se redkeje pojavi v poročilu o LCA študiji. Na Sliki 6a je prikazan Sankey-ev diagram za primer procesa proizvodnje pogona s konvencionalnim menjalnikom, ki podobno kot Slika 5 izpostavi najvplivnejše procese med proizvodnjo, medtem ko Sankey-ev diagram na Sliki 6b dodatno pojasni tudi od kod tak rezultat izvira, kar je ključno pri okoljski optimizaciji procesov in proizvodov.



Slika 6: Rezultati LCA single score za proces proizvodnje pogona s konvencionalnim menjalnikom: Prikaz najvplivnejših procesov (Slika 6a), Bolj razčlenjen prikaz vplivov posameznih procesov (Slika 6b). Presoja, izvedena po ReCiPe 2016 Endpoint (H), rezultati izraženi z ekotočkami (Pt). Debelejša puščica predstavlja okoljsko bolj obremenilne faze/procese. (neobvezen korak po ISO 14040)

Vir: (SimaPro)

Če rezultatov karakterizacije v LCA študijah ni mogoče medsebojno primerjati, pa so primerjave mogoče na nivoju povzročene škode, v kolikor so bili rezultati okoljske presoje pridobljeni z uporabo enake metodologije. Na Sliki 7 so podani rezultati primerjalne analize za proces proizvodnje elektro pogona in pogona s konvencionalnim menjalnikom, pri čemer višine stolpcev predstavljajo skupne okoljske obremenitve pri proizvodnji posamezne alternative. Iz Slike 7 je razvidno, da proizvodnja elektro pogona povzroči za polovico manjše okoljske obremenitve kot proizvodnja pogona s konvencionalnim menjalnikom. To pa še ne pomeni, da so nižje tudi okoljske obremenitve elektro pogona v celotnem življenjskem ciklu, kar bi bilo potrebno preveriti z izračunom. Tudi tak prikaz je neobvezen korak po standardu ISO 14040.



Slika 7: Rezultati primerjalne LCA analize single score za proces proizvodnje elektro pogona in pogona s konvencionalnim menjalnikom. Presoja, izvedena po ReCiPe 2016 Endpoint (H), rezultati izraženi z ekotočkami (Pt). (neobvezen korak po ISO 14040)

Vir: (SimaPro)

Literatura in viri

- Ardente, F., G. Beccali, M. Cellura, and V. Lo Brano. 2005a. Life cycle assessment of a solar thermal collector: Sensitivity analysis, energy and environmental balances. *Renewable Energy* 30:109–130.
- Ardente, F., G. Beccali, M. Cellura, and V. Lo Brano. 2005b. Life cycle assessment of a solar thermal collector. *Renewable Energy* 30:1031–1054.
- Ardente F., Beccali G., Cellura M., Marvuglia A. (2006). POEMS: A Case Study of an Italian Wine-Producing Firm, *Environmental Management* Vol. 38, No. 3, pp. 350–364, DOI: 10.1007/s00267-005-0103-8
- Boustead Consulting Ltd. 2001. Environmental database, ver. 4.4. Boustead Consulting, Ltd., Black Cottage, West Sussex, UK.
- Bradač Hojnik, B., Primec, A., Denac, M., Močnik, D. (2020) Slovenska podjetja in izzivi transformiranja poslovanja. Rebernik M-, Širec K. (ur.), Slovenski podjetniški observatorij 2019, Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba, 2020.
- Curran, M. A. (Ed.) (2012). *Life Cycle Assessment Handbook. A Guide for Environmentally Sustainable Products*, Wiley Scrivener Publishing.

- Denac, M., Radonjič, G. (2022) Primerjalna analiza metod za ocenjevanje vplivov pohištenih izdelkov na okolje. V: Volfand J. (ur.) Izzivi in rešitve za ponovni vzpon pohištenne industrije, Zelena Slovenija, str. 90-93.
- Denac, M., Radonjič, G., (2023) LCA analiza varnostnega sefa Starprim: poročilo o raziskavi. Pripravljeno za podjetje Primat tovarna kovinske opreme d.d., Maribor, Univerza v Mariboru, Ekonomsko poslovna fakulteta.
- Dobnik, L. (2023). Simulacija vozila z električnim pogonom v kombinaciji z motorjem z notranjim zgorevanjem, Magistrsko delo-gospodarsko inženirstvo, Univerza v Mariboru
- EC. (2015b). Better Regulation Guidelines. Commission staff working document, COM(2015) 215 final; SWD(2015) 111 final. Pridobljeno s http://ec.europa.eu/smart-regulation/guidelines/docs/swd_br_guidelines_en.pdf
- EC. (2021). *Recommendation on the use of Environmental Footprint Methods, Annex 1 to 2* (Recommendation No. C(2021) 9332 final. *Official Journal of the European Union*. Pridobljeno s https://environment.ec.europa.eu/publications/recommendation-use-environmental-footprint-methods_en
- EEA (1998): Environmental Management Tools for SMEs: A Handbook. Starkey, R. (ed.). European Environment Agency.
- Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R.B.H., Christiansen, K. & Klüppel, H.J. (2006): The new international standards for life-cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *International Journal of LCA*, 11(2), 80–85.
- Goedkoop M., Oele M., Leijting J., Ponsioen T. & Meijer E. (2013): Introduction to LCA with SimaPro. PRé, www.pre-sustainability.com (Accessed: August 2016).
- Hauschild, M.Z., Rosenbaum, R.K., Olsen, S.I. (2018). Life Cycle Assessment. Theory and Practice. Springer International Publishing.
- IMA - Institute of Management Accountants (1996): Institute of Management Accountants: Statements on Management Accounting: Tools and Techniques of Environmental Accounting for Business Decisions, http://www.imanet.org/docs/default-source/thought_leadership/external_reporting_systems/tools_and_techniques_of_environmental_accounting_for_business_decisions.pdf?sfvrsn=2 (Accessed: 17.07.2016).
- ISO (1997): Environmental management—Life-cycle assessment: Principles and framework. Geneva: International organisation for standardisation.
- ISO (1998): Environmental management—Life-cycle assessment: Goal and scope definition and inventory analysis. Geneva: International organisation for standardisation.
- ISO (2000a): Environmental management—Life-cycle assessment: Life-cycle impact assessment. Geneva: International organisation for standardisation.
- ISO (2000b): Environmental management—Life-cycle assessment: Interpretation. Geneva: International organisation for standardisation.
- ISO (2006a): Environmental management—Life-cycle assessment: Principles and framework. Geneva: International organisation for standardisation.
- ISO (2006b): Environmental management—Life cycle assessment: Requirements and guidelines. Geneva: International organisation for standardisation.
- Klöppfer, W. (2006): The role of SETAC in the development of LCA. *International Journal of LCA*, 11(1), 116–122.
- Klöppfer, W., Renner, I. (2008): “Life-Cycle Based Sustainability Assessment of Products”, in: Schaltegger, S. et al. (eds.): Environmental Management Accounting for Cleaner Production. Springer Science + Business Media B.V., 91-102.
- Luciani, R., L. Andriola, and S. Sibilio. 2003. I sistemi di gestione ambientale orientati al prodotto: POEMS, un nuovo strumento (in Italian). *Ambiente* 8:789–796.
- PRé. (2016). 2020 – the year of the perfectly sustainable world? Pridobljeno s <https://www.pre-sustainability.com/news/2020-the-year-of-the-perfectly-sustainable-world/>
- PRé. (2017). Why circular economy business models need LCA – Part 1. Pridobljeno s <https://www.presustainability.com/news/why-circular-economy-business-models-need-lca/>

- PRé Consultants. (2020). SimaPro Database Manuel. Methods Library. Dostopno: <https://simapro.com/wp-content/uploads/2020/10/DatabaseManualMethods.pdf> (6.10.2022).
- PRe (2023). Environmental Footprint database 3.1 in SimaPro, webinar, 20.6.2023
- SimaPro (verzija 9.3.0.2) programska oprema SimaPro Analyst (2023), Amersfoort, The Netherlands . PRe Sustainability B.V.
- Weidema, B. P., R. Pedersen, and T. S. Drivsholm. 1995. Life cycle screening of food products: Two examples and some methodological proposals. Danish Academy of Technical Sciences, Lyngby, Denmark.
- Werner, F., (2005): "LCA as a Method and its Modelling Characteristics ". in: Tukker, A. (ed.) Ambiguities in Decision-oriented Life Cycle Inventories. Springer, 27-39.
- Zbicinski, I., Stavenuiter, J., Kozłowska, B. & van de Coevering, H.P.M. (2006): Product Design and Life Cycle Assessment. The Baltic University Press.

KROŽNO GOSPODARSTVO IN VREDNOSTNE VERIGE (ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA)

REBEKA KOVAČIČ LUKMAN,¹ KRISTIJAN BRGLEZ²

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje, Slovenija

rebeka.kovacic@um.si

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor, Slovenija

kristijan.brglez1@um.si

Razumevanje in uveljavljanje koncepta krožnega gospodarstva predstavlja ključno gonilo trajnostnega razvoja, družbene preobrazbe ter zmanjšanja obremenitve naravnih sistemov. Krožno gospodarstvo zasleduje cilj preusmerjanja od linearne potrošniške paradigme k sistemu, kjer se viri ohranjajo, obnavljajo in učinkovito izkoriščajo. Ključno vlogo igrajo vrednostne verige, saj omogočajo preoblikovanje proizvodnih procesov, podaljšanje življenjske dobe izdelkom ter spodbujanje ponovne uporabe in recikliranja materialov. V drugem delu pa se osredotočamo na analizo življenjskega cikla (LCA) kot orodja in pristopa za prehod iz teoretičnih konceptov krožnega gospodarstva v praktično izvajanje. Zgodovinsko izhodišče LCA sega v potrebo po ocenjevanju celovitih vplivov izdelkov na okolje, družbo in ekonomijo. LCA omogoča kvantitativno oceno okoljskih obremenitev skozi celoten življenjski cikel izdelka, vključno z izdelavo, uporabo, in odlaganjem. Njegova uporaba omogoča identifikacijo ključnih točk za izboljšave ter informirano odločanje za vzpostavitev trajnostnih praks v realnem okolju. S celovitim razumevanjem krožnega gospodarstva in uporabo orodij, kot je analiza življenjskega cikla, lahko dosežemo bolj premišljeno in trajnostno upravljanje virov, kar je bistvenega pomena za ustvarjanje prihodnosti, ki bo temeljila na ravnotežju med človeškim napredkom in ohranjanjem okolja.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.5](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.5)

ISBN

978-961-299-012-1

Ključne besede:

krožno gospodarstvo,
vrednostne verige,
trajnostni razvoj,
analiza življenjskega cikla,
povratna logistika



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.5](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.5)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:
circular economy,
value chains,
sustainable development,
Life Cycle Analysis,
reverse logistics

CIRCULAR ECONOMY AND VALUE CHAINS (LIFE CYCLE ANALYSIS)

REBEKA KOVAČIČ LUKMAN,¹ KRISTIJAN BRGLEZ²

¹ University of Maribor, Faculty of Logistics, Celje, Slovenia
rebeka.kovacic@um.si

² University of Maribor, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Maribor, Slovenia
kristijan.brglez1@um.si

Adopting the circular economy concept holds paramount significance for sustainable development, societal metamorphosis, and alleviating pressures on natural systems. This paradigm shift transcends linear consumption models, championing a resource-efficient system where conservation, renewal, and judicious resource use prevail. Integral to this transformation are value chains, pivotal in reshaping production methods, prolonging product longevity, and advocating reuse and recycling. A cornerstone tool in translating circular economy principles into action is Life Cycle Analysis (LCA). LCA meticulously evaluates products' holistic environmental, social, and economic ramifications, pinpointing areas for enhancement and empowering informed decisions towards sustainability. A profound grasp of the circular economy coupled with instrumental tools like LCA facilitates the sustainable stewardship of resources, an imperative for harmonizing human advancement with environmental preservation in times ahead.



University of Maribor Press

1 Krožno gospodarstvo

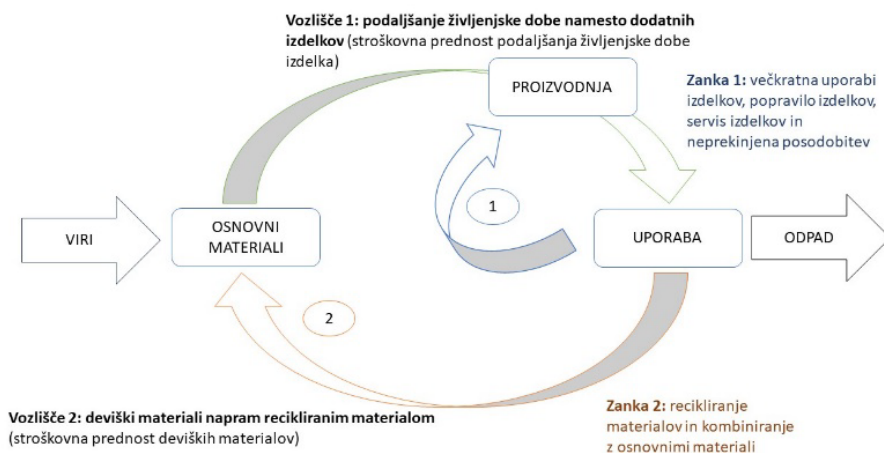
Ideja o krožnem gospodarstvu se je oblikovala na temelju dveh vidikov. Prvi se nanaša na pretok materialov skozi gospodarstvo, medtem ko se drugi nanaša na razmišljanje o gospodarskih razmerah, ki bi lahko povzročile tak tok. Oba vidika takšnega razmišljanja izvirata iz šestdesetih in sedemdesetih let prejšnjega stoletja, ko so se začela pojavljati različna okoljska gibanja v smeri ohranjanja okolja (Ekind idr., 2020). Sam trenutni koncept krožnega gospodarstva ni nov, saj so se prvi zametki njegovega nastanka začeli že v zgodnjih osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Ena izmed ključnih prelomnic za oblikovanje krožnega gospodarstva je bilo poročilo, ki ga je leta 1973 pripravil Rimski klub. Gre za mednarodno organizacijo strokovnjakov, politikov in znanstvenikov s področja analiz globalnih izzivov, kot so: gospodarska rast, okoljski vplivi in trajnostni razvoj. V omenjenem poročilu, poznanim pod imenom »The Limits to Growth«, so člani kluba predstavili rezultate simulacij, ki so opozarjale tako na nevzdržnost obstoječih gospodarskih sistemov kot omejenosti naravnih virov (Meadows idr., 1973). Njihove ugotovitve so spodbudile nadaljnje razprave o nujnosti prehoda na bolj trajnostne gospodarske modele.

1.1 Začetki krožnega gospodarstva

Prvi resni pristop h konceptualizaciji krožnega gospodarstva je bil izveden s strani Walterja Stahela in Genevieve Reday-Mulvey (1981), ki sta poskušala rešiti takratno krizo z visokimi cenami nafte in brezposelnostjo v Evropi. Njun pristop je temeljil na ustvarjanju delovnih mest s podaljšanjem življenjske dobe in obnove proizvodov ter nadomeščanjem uporabe primarnih virov z recikliranimi materiali. Rezultat njune vizije takšnega gospodarstva »z zanko« je bil prvi slikovni prikaz krožnega gospodarstva, kjer sta povzela njegov vpliv na ustvarjanje delovnih mest, gospodarsko konkurenčnost, prihranke virov in preprečevanje nastajanja dodatnih odpadkov.

Koncept krožnega gospodarstva sta prvič izpostavila okoljska ekonomista Pearce in Turner leta 1989. V knjigi »Ekonomija naravnih virov in okolja« sta poudarila, da se je tradicionalno odprto gospodarstvo razvilo brez vgrajene nagnjenosti k recikliranju, kar se je odražalo v obravnavi okolja kot zbiralnika odpadkov. Pearce in Turner (1989) sta razlikovala med (krožnim) naravnim sistemom in (linearnim) ekonomskim

sistemom, pri čemer sta se naslanjala na prispevek Kennetha E. Bouldinga: »The Economics of the Coming Spaceship Earth« (1966). V tem eseju je Boulding izpostavil pomen zakonov termodinamike, zlasti koncepta omejenosti virov in energije ter opozoril na pomembnost prehoda od linearnega »kavbojskega gospodarstva«, značilnega predvsem po neomejeni porabi virov, k »vesoljskemu gospodarstvu«, kjer Zemlja deluje kot zaprt sistem z omejenimi količinami virov. Boulding je poudarjal, kar sta Pearce in Turner naknadno še dodatno razvila v svojem modelu; da gospodarstvo in okolje nista linearni in medsebojno ločeni entiteti, temveč sta medsebojno povezana v krožni zanki, kjer morajo vsi viri vstopati v tokove, ki jih je možno ponovno uporabiti. V takšnem sistemu, ki je tudi temelj današnjega koncepta krožnega gospodarstva, vsak vir postane vhodni vir za drugega.

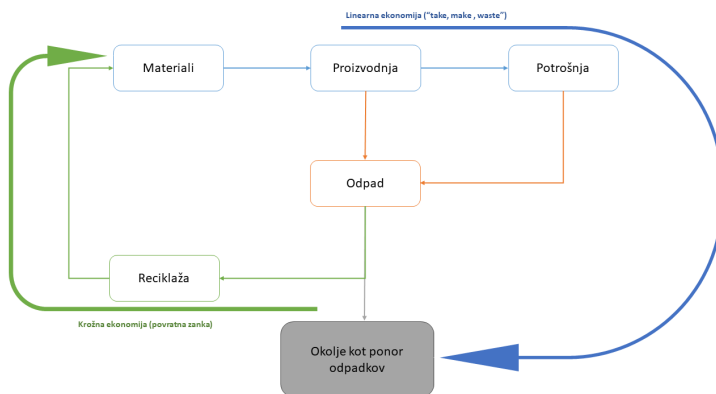


Slika 5.1: Konceptualizacija krožnega gospodarstva

Vir: Stahel & Reday-Mulvey (1981)

Po nenadnem vzniku krožnega gospodarstva pa je sama ideja nekako usahnila za dvajset let, saj v devetdesetih letih prejšnjega stoletja na omenjeno temo ni bilo opravljenih veliko raziskav ali izdanih publikacij (Ekins idr., 2020). Trenutek, ki je spodbudil nadaljnje raziskave in delo, je bila publikacija McDonougha in Braungarta v knjigi: "Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things". Koncept načrtovanja od zibelke do zibelke dojema proizvodne procese naravnega 'biološkega metabolizma' kot modele za razvoj 'tehničnega metabolizma' za industrijske

materiale. Vsi izdelki so lahko zasnovani za stalno predelavo in ponovno uporabo kot biološka ali tehnična hranila v procesih (McDonough and Braungart, 2002).



Slika 5.2: Konceptualizacija krožnega gospodarstva

Vir: Pearce & Turner (1989)

Nato se je leta 2010 pojavila Ellen MacArthur in njena organizacija Fundacija Ellen MacArthur. Gre za najbolj avtoritativno globalno omrežje na temo krožnega gospodarstva, ki je ozaveščenost o krožnem gospodarstvu pripeljala na splošno raven. Medtem ko je bilo krožno gospodarstvo desetletja večinoma tematika znanstvenih razprav, je Ellen MacArthur uspelo krožno gospodarstvo približati politikom in podjetjem. Tako je krožno gospodarstvo postala pomembna tematika na globalnem nivoju. K pospešenemu razvoju krožnega gospodarstva je pripomogel tudi spremenjen odnos podjetij, kjer družbena odgovornost podjetij presega ekološko prakso in je danes bolj pravilo kot izjema. Rezultat njihovega delovanja je bila tudi konceptualizacija t. i. »metuljevega diagrama« krožnega gospodarstva, pri čemer sta obe strani diagrama pomembni za okolje.

Desna stran prikazuje tehnični cikel in zapira zanke virov, ki jih omogočajo strategije krožnosti, kot so ponovna uporaba, obnova in recikliranje, medtem ko leva stran diagrama prikazuje biološki cikel ter zanke in kaskade, ki zagotavljajo trajnostno upravljanje bioloških virov ter ustvarjajo obnovljive tokove in zaloge. Končni cilj ekonomskega modela krožnega gospodarstva je čim bolj zmanjšati pridobivanje surovin in nastajanje odpadkov. Evropska komisija je decembra 2015 sprejela in

predstavila ambiciozen nov sveženj za krožno gospodarstvo, z namenom spodbujanja prehoda Evrope h krožnemu gospodarstvu, ki bo okrepilo svetovno konkurenčnost, spodbudilo trajnostno gospodarsko rast in ustvarilo nova delovna mesta. Ta novi sveženj bo evropskim podjetjem in potrošnikom pomagal pri prehodu h krožnemu gospodarstvu, kjer se viri uporabljajo na bolj trajnosten način.

Predlagani ukrepi bodo prispevali k "zapiranju zanke" življenjskih ciklov izdelkov z večjo stopnjo recikliranja in ponovne uporabe ter prinesli koristi tako za okolje kot za gospodarstvo. Načrt je bil, da se spodbujata največja vrednost in uporaba surovin, proizvodov in odpadkov ter da se ustvarijo prihranki energije in se zmanjšajo emisije toplogrednih plinov. Predlogi, ki jih podaja Evropska komisija, zajemajo celoten življenjski cikel; od proizvodnje in porabe do ravnanja z odpadki in trga sekundarnih surovin. Ta prehod je Evropska komisija finančno podprla s sredstvi ESIF, 650 milijonov EUR iz programa Obzorje 2020 (program EU za financiranje raziskav in inovacij), 5,5 milijarde EUR iz strukturnih skladov za ravnanje z odpadki in naložb v krožno gospodarstvo na nacionalni ravni.

Ta sveženj krožnega gospodarstva je dal gospodarskim subjektom jasen signal, da EU uporablja vsa razpoložljiva orodja za preoblikovanje svojega gospodarstva, odpira pot novim poslovnim priložnostim in povečuje konkurenčnost. Široki ukrepi, kot jih izpostavlja Evropska komisija, presegajo ozek poudarek na stopnji izrabe proizvoda in obsegajo celoten življenjski cikel ter poudarjajo jasno ambicijo Evropske komisije, da preoblikuje gospodarstvo EU in doseže rezultate. Zaradi spodbud, ki jih uvaja Evropska komisija, se pričakuje, da se bodo pojavljali vedno bolj inovativni in učinkoviti načini pridelave (proizvodnje) in porabe (potrošnje). Krožno gospodarstvo ima potencial za ustvarjanje številnih delovnih mest v Evropi, hkrati pa ohranja dragocene vire, ki jih je vedno manj, zmanjšuje vplive na okolje in dodaja novo vrednost proizvodom (Evropska komisija, 2015). Nadalje je Evropska komisija pripravila še posodobljen Akcijski načrt za krožno gospodarstvo in ga predstavila v začetku leta 2020 ter leta 2019 Evropski zeleni dogovor.

2.1 Definicije krožnega gospodarstva

Krožno gospodarstvo je hitro razvijajoče se področje. Skladno z njegovim razvojem se pojavljajo tudi različne definicije krožnega gospodarstva. Vsekakor je na tem mestu potrebno omeniti definicijo Fundacije Ellen MacArthur, in sicer: "Krožno

gospodarstvo je industrijski sistem, ki se po namenu in zasnovi obnavlja ali regenerira. Koncept „izrabljene življenjske dobe“ (angl. end-of-life) nadomešča z obnovo, preusmerja k uporabi obnovljivih virov energije, odpravlja uporabo strupenih kemikalij, ki škodijo ponovni uporabi in si prizadeva za odpravo odpadkov z vrhunsko zasnovo materialov, izdelkov, sistemov, znotraj tega pa tudi za nove krožne poslovne modele" (EMF, 2013: 7).

Tabela 1: Pregled razvoja definicij krožnega gospodarstva

Št.	Avtorji	Vsebina	Glavne ugotovitve
1	Ghisellini idr. (2016)	Povzetek 155 člankov o krožnem gospodarstvu	Krožno gospodarstvo zahteva sistemski pristop, pri čemer se mora vpeti vse deležnike (politika, javnost in industrija). Politika mora spodbujati trajnostno proizvodnjo in potrošnjo.
2	Lieder and Rashid (2016)	Primerjava koncepta krožnega gospodarstva in trajnostnosti	Za razvoj krožnega gospodarstva in trajnostnosti so potrebni sistemi, ki vključujejo tako okolje, materialne vire in ekonomski doprinos za vse deležnike.
3	Blomsma and Brennan (2017)	Povzetek literature o krožnem gospodarstvu v predelovalni industriji	Krožno gospodarstvo predstavlja katalizator za oblikovanje politik in strategij za ravnanje z odpadki in upravljanje virov, pri čemer je ključen razvoj tehnologij iz področja industrijske ekologije.
4	Sauvé idr. (2016)	Pojasnilo nastanka koncepta krožnega gospodarstva	Potreba po interdisciplinarnem pristopu pri konceptualizaciji krožnega gospodarstva. Problematika vzpostavitve enotnega koncepta, ki bi bil praktično izvedljiv v realnem svetu.
5	Murray idr. (2017)	Primerjava koncepta krožnega gospodarstva z okoljskimi znanostmi in trajnostnim razvojem	Krožno gospodarstvo kot orodje za uvajanje trajnostnega razvoja, razvijanja strategij (9R) in ravnanja z viri. Glavna problematika, vezana na trenutne omejitve koncepta in njegovega doprinosa za javnost, ne le industrijo.
6	Geissdoerfer idr. (2017)	Primerjava koncepta krožnega gospodarstva in trajnostnega podjetja, poslovanja	Čeprav trajnostnost in krožno gospodarstvo pridobivata veljavo v akademski sferi, industriji in politiki, ni jasne povezave med obema konceptoma, kar bi omogočilo integracijo v realnem svetu.
7	Lewandowski (2016)	Konceptualizacija krožnega poslovnega modela	Krožno gospodarstvo implementirajo podjetja iz finančne koristi, kot tudi socialne in okoljske. Potrebno je vzpostaviti celovit pristop, ki bi omogočil učinkovito implementacijo na vseh ravneh (podjetjih, mestih).

Št.	Avtorji	Vsebina	Glavne ugotovitve
8	Kirchherr idr. (2017)	Pregled 114 definicij krožnega gospodarstva	Potreba po sistemskem pristopu ključna za učinkovito implementacijo krožnega gospodarstva. Prevelik poudarek na gospodarski blaginji in okoljski kakovosti, pri čemer pa je socialna pravičnost (socialni aspekt trajnosti) v veliki meri zanemarjen.
9	Kovačič Lukman idr. (2016)	Umeščenost krožnega gospodarstva v trajnostni razvoj	Krožno gospodarstvo je orodje, ki omogoča vpeljavo trajnostnosti v obstoječe proizvodne in storitvene procese v podjetjih in družbenem okolju, predvsem s celovitimi sistemskimi pristopi in globalno politiko.

vir: Kovačič-Lukman idr. (2016)

Iz slik v razdelku 1.1. je razvidno, da je bilo recikliranje (obtakanje) ključni element razmisleka o krožnem gospodarstvu že od same idejne zasnove koncepta. Sčasoma pa se je število »R-jev« povečalo. Npr. pobuda japonske vlade za »3R« (angl. reduce, reuse, recycle) - zmanjšanje, ponovna uporaba, recikliranje (obtakanje) leta 2004. Nadalje je Evropska komisija v dokumentu Okvirna direktiva o odpadkih iz leta 2008 predstavila »4R« (angl. reduce, reuse, recycle, recover) – zmanjšanje, ponovna uporaba, obtakanje, obnova 4 ima štiri R (zmanjšanje, ponovno uporabo, recikliranje, predelavo).

Po pregledu 114 obstoječih definicij v času njihove objave so Kirchherr idr. (2017) postavili posodobljeno definicijo, in sicer: »Krožno gospodarstvo opisuje gospodarski sistem, ki temelji na poslovnih modelih, ki koncept zaključene življenjske dobe nadomeščajo z zmanjševanjem, alternativno ponovno uporabo, recikliranjem in predelavo materialov v proizvodnji/distribuciji in potrošnji. Ti procesi delujejo tako na mikro ravni (izdelki, podjetja, potrošniki), mezo ravni (eko-industrijski parki) in makro ravni (mesto, regija, država in širše), z namenom doseganja trajnostnega razvoja, kar pomeni ustvarjanje kakovosti okolja gospodarsko blaginjo in socialno pravičnost v korist sedanjih in prihodnjih generacij" (Kirchherr idr. 2017: 224-225).

Če se ponovno osredotočimo na obe definiciji, se pravi EMF in Kirchherr idr., lahko ugotovimo, da je definicija EMF splošno zasnovana, uporablja terminologijo v skladu z idejami o ekologiji in simbiozi, ki so bile temelj koncepta krožnega gospodarstva na začetku razvoja le-tega (Ekins idr., 2020). Pomembna je opazka, da ne omenja recikliranja.

Definicija Kirchherr idr. (2017) pa opredeljuje krožno gospodarstvo kot gospodarski sistem (in ne le kot industrijski sistem, kot je v EMF) in omenja štiri od devetih R-jev. Definicija vsebuje dve ključni sestavini – 1) idejo o ravneh in 2) povezavo s trajnostnim razvojem - o katerih razpravljamo v nadaljevanju. Slednja pa je cilj krožnega gospodarstva (Kirchherr idr., 2017). Ekins idr. (2020) trdijo, da je definicija Kirchherr idr. (2020) utopična, saj še nobeno znano gospodarstvo ni bilo uspešno pri »hkratnem ustvarjanju okoljske kakovosti, gospodarske blaginje in socialne pravičnosti v korist sedanjih in prihodnjih generacij«, čeprav menijo, da bi to globalna družba morala imeti za cilj. Ekins idr. (2020) v obeh definicijah zaznavajo pomanjkljivost, in sicer je to politika. Nazadnje opredelitev Kirchherr idr. (2020) opredeljuje tudi dva dejavnika: poslovne modele (ki se pojavljajo tudi v opredelitvi EMF) in „odgovorne potrošnike“. Nadalje Ekins idr. (2020) v povezavi z definicijo omenjajo omogočitvena dejavnika; poslovni modeli in odgovorni potrošniki, pri čemer je glavna polemika dejavnikov omogočanja politika.

OECD je sprejela definicijo, ki se osredotoča na značilnosti krožnega gospodarstva McCarthy idr. (2018) in opredeljuje njegove ključne značilnosti: povečano popravilo in predelavo izdelkov, povečano recikliranje materialov, robustnejši dolgotrajni izdelki, večjo ponovno proizvodnjo, uporabo in popravila, povečano produktivnost materiala, izboljšano uporabo sredstev in spremenjeno vedenje potrošnikov. Predvideni učinki teh funkcij so navedeni kot: zmanjšano povpraševanje po novem blagu (in neobdelanih materialih), zamenjava sekundarnih surovin v proizvodnji, razširjen sekundarni sektor, trajnejši in popravljivi izdelki ter razširjena ekonomija delitve in storitev (McCarthy idr., 2018).

2 Politike, strategije in direktive krožnega gospodarstva

Kot pojasnjujejo Ekins idr. (2020), lahko intervencijo (poseg) javne politike v okoljske politike, trajnostni razvoj in krožno gospodarstvo, opredelimo in razvrstimo na različne načine, odvisno od namena in interesa razvrševalca. Eden od pristopov je združevanje posegov po njihovem načinu delovanja, zlasti z uporabo treh širokih kategorij, ki so dobro uveljavljene v literaturi o okoljski politiki-regulativi:

- določanje zahtev ali prepovedi;
- spreminjanje gospodarskih spodbud in

- zagotavljanje informacij akterjem v gospodarstvu ali družbi, na osnovi katerih se lahko ozaveščeno odločajo.

Te kategorije se ujemajo in poskušajo odpraviti klasične tržne pomanjkljivosti ter so pomemben, a nezadosten nabor orodij za spodbujanje radikalnih inovacij in preoblikovanj. Drugi pristop je razvrščanje po sektorjih ali stopnjah vrednostne verige (ali strategije krožnosti), ki jih poskuša obravnavati (ali spodbuditi) politična pobuda, kot prikazuje slika (5.3). Vendar je tak pristop lahko okoren, saj številni posegi vplivajo na različne sektorje ali elemente vrednostne verige Ekins idr. (2020). Leta 2015 je EMF objavila dokument: »Priročnik za oblikovalce politik krožnega gospodarstva«, namenjen podpori „oblikovalcem politik, ki so se odločili za prehod v krožno gospodarstvo pri oblikovanju strategije za pospešitev tega procesa“ (EMF, 2015: 39). Čeprav je dokument namenjen predvsem oblikovalcem nacionalnih politik, avtorji poudarjajo, da je to orodje uporabno za oblikovalce politik na vseh ravneh od občinskih do nadnacionalnih. Priročnik vključuje šest kategorij političnih intervencij (posegov), Slika (5.4). Ta kategorizacija odraža tri kategorije, ki poskušajo obravnavati klasične tržne pomanjkljivosti, vendar jih dopolnjuje s kategorijami posegov, ki želijo dodatno spodbuditi in podpreti inovacije ter jih prenesti na trg.



Slika 5.3: Strategije krožnega gospodarstva

Vir: povzeto po Potting idr. (2017)

	OBLIKE POLITIČNE INTERVENCIJE	PRIMERI
	IZOBRAZBA, INFORMACIJE IN RAZGLEBANOST	Implementacija krožnega gospodarstva in sistemskega razmišljanja v osnovnošolske, srednješolske in višješolske učne programe. Informiranost javnosti in izvedba kampanj z namenom ozaveščanja javnosti.
	PLATFORME ZA MEDSEBOJNO SODELOVANJE	Vzpostavitev partnerskih odnosov med javnimi in zasebnimi udeleženci gospodarstva na nacionalni, regionalni in lokalni ravni. Spodbujanje vzpostavitve platform za prostovoljno sodelovanje industrije, spodbujanje vrednostnih verig in iniciativ za medsektorsko sodelovanje in izmenjavo informacij med deležniki. Vzpostavitev raziskav in razvoja na področju znanosti in biosistemov.
	SHEME ZA PODPORO PODJETNIŠTVA	Finančna podpora podjetjem, kot so neposredne subvencije, dokapitalizacija in finančno zavarovanje. Tehnična podpora, svetovanje, usposabljanje in demonstracija najboljših praks za podjetja.
	JAVNA NAROČILA IN INFRASTRUKTURA	Javna naročila. Javne investicije in infrastruktura.
	REGULATIVNI OKVIRI	Strategija državnega sektorja in cilji vezani na produktivnost virov in krožno gospodarstvo. Regulative izdelkov, vključujoč podaljšanimi garancijskimi roki za dizajn in izdelave potnih listov za sledenje izdelkom. Regulative o odpadkih, vključujoč standarde zbiranja in obdelave le teh z namenom definiranja razširjene odgovornosti proizvajalca in vzpostavitve sistema "take-back". Vzpostavitev regulative industrije, konkurence, potrošnikov in regulative trgovanja, kot npr. varnosti hrane. Računovodsko poročanje in finančni predpisi, vključujoč obračunavanje naravnih virov in fiduciarno dolžnostjo vlagatelj in upravljalcev.
	FISKALNI OKVIRI	Znižanje DDV in trošarine za krožne izdelke in storitve. Premik davkov iz dela na naravne vire in vire.

Slika 5.4: Politiche usmeritve Evropske komisije v krožnem gospodarstvu

Vir: Evropska komisija (2015)

Vzpostavitev krožnega gospodarstva je kompleksen, večplasten izziv, ki ga je treba obravnavati z ustreznimi mešanici politik. Ne obstaja politična usmeritev, ki bi ustrezala vsem, vendar pa morajo biti osnovni politični posegi, da bi bili učinkoviti, skladni pri svojem delovanju (znotraj in med ravnmi upravljanja), skladni s svojimi cilji in dovolj verodostojni, da vzbudijo zaupanje med deležniki v gospodarstvu (Wilts & O'Brien, 2019). Ključno je učenje in širjenje lekcij iz preteklih izkušenj, na primer s smernicami OECD o politiki učinkovitosti virov (OECD, 2016a). Vendar pa bo v vedno bolj medsebojno povezanem svetovnem gospodarstvu vzpostavitev krožnosti po stopnji in v zahtevani meri vključevala znatno mednarodno sodelovanje pri zbiranju in izmenjavi podatkov in znanja, naložbah in političnem usklajevanju. Natančneje, Geng idr. (2019) predlagajo pet prednostnih ukrepov za olajšanje „globalizacije“ krožnega gospodarstva: (1) vzpostaviti globalno bazo podatkov za zajemanje povezav med rabo virov; (2) vzpostaviti globalno platformo

za izmenjavo znanja o krožnem gospodarstvu; (3) ustanoviti mednarodna zavezništva za spodbujanje obsežnih eksperimentov; (4) razviti mednarodne standarde za merjenje uspešnosti, poročanje in računovodstvo za ključne izdelke in (5) razviti pristope k uveljavljanju predpisov, reševanju sporov in izvajanju sankcij. Predlagajo, da bi morala biti ta prizadevanja usklajena za oblikovanje mednarodnega sporazuma o trajnostnem gospodarjenju z viri.

V skladu z razvojem krožnega gospodarstva je leta 2015 Evropska komisija sprejela svoj prvi Akcijski načrt za krožno gospodarstvo. Vključeval je ukrepe za spodbujanje prehoda Evrope v krožno gospodarstvo, povečanje svetovne konkurenčnosti, spodbujanje trajnostne gospodarske rasti in ustvarjanje novih delovnih mest. Akcijski načrt je določil konkretne in ambiciozne ukrepe, ki zajemajo celoten življenjski cikel; od proizvodnje in porabe do ravnanja z odpadki in trga sekundarnih surovin ter revidiranega zakonodajnega predloga o odpadkih (Evropska komisija, 2015). Ta je vključeval 5 ključnih akcijskih področij krožnega gospodarstva, ki jih je bilo potrebno prestrukturirati: proizvodnja (načrtovanje proizvodov, proizvodni procesi), potrošnja, ravnanje z odpadki, sekundarni viri in podporni sistemi (inovacije, investicije in monitoring). V skladu s področji so bili ustanovljeni prioritetni sektorji, ki jih je Evropska komisija ciljno obravnavala, predvsem zaradi zagotavljanja upoštevanja interakcij v celotni verigi vrednosti (Evropska komisija, 2015). To so bili: plastični materiali, odpadki hrane, kritične surovine, sektor gradbeništva, biomateriali.

Prvotnemu Akcijskemu načrtu je sledil drugi Akcijski načrt krožnega gospodarstva (2020), ki predstavlja osnovni element evropskega zelenega dogovora (angl. EU Green Deal). Evropska komisija predvideva, da bo prehod EU v krožno gospodarstvo zmanjšal pritisk na naravne vire in ustvaril trajnostno rast in delovna mesta. Prav tako je krožno gospodarstvo predpogoj za doseg cilja EU glede podnebne nevtralnosti do leta 2050 in zaustavitve izgube biotske raznovrstnosti. Novi akcijski načrt napoveduje pobude v celotnem življenjskem ciklu izdelkov (angl. product's life cycle) (Evropska komisija, 2021a). V skladu z akcijskim načrtom je bila vzpostavljena okvirna politika za trajnostne izdelke, z namenom povečanja spodbud proizvajalcem za preoblikovanje trenutnega linearne sistema v krožnega ter posledično zmanjšanje okoljskega vpliva na okolje celotne življenjske dobe izdelka (Evropska komisija, 2020). V skladu z določili se je Evropska komisija usmerila predvsem na tri specifične cilje: načrtovanje trajnostnih izdelkov, opolnomočenje

potrošnikov in javnih kupcev in krožnosti v proizvodnih procesih. Ker je največji vpliv izdelka ravno v proizvodnem procesu, je velik delež teh določil namenjen proizvajalcem v vrednostnih verigah ključnih proizvodov, kot so: elektronika in IKT, baterije in vozila, embalaža, plastika, tekstil, gradbeništvo in zgradbe ter hrana, voda in hranila (Evropska Komisija, 2020).

V zadnjem času je velik poudarek tudi na vpeljavi logistike in vrednostnih verig v samo krožno gospodarstvo. Tukaj je predvsem govora o povratni ter zeleni logistiki. Namen zelene logistike je zadostiti, da se logistični procesi izvajajo pravilno, hkrati pa čim bolj zmanjšati njihov negativni vpliv na naravno okolje. Zelena logistika je večnivojski koncept, ki vključuje tako "zelene" logistične dejavnosti kot tudi družbene dejavnosti v pomoč zelenemu logističnemu upravljanju, standardizaciji in povratni logistiki kot njenemu podsistemu (Zheng & Zhang, 2010). Iz opredelitev zelene logistike izhajajo, da ta koncept ne služi le ohranjanju naravnih virov, ampak zagotavlja tudi povezavo med naravnimi viri in izdelki ter izdelki in potrošniki. Predstavlja orodje za zapiranje zanke v sistemu krožnega gospodarstva. Pomembne dejavnosti zelene logistike v uresničevanju koncepta krožnega gospodarstva vključujejo naslednje dejavnosti: zelene embalaže, zeleni transport, skladiščenje in tok materialov (Seroka-Stolka in Ociepa-Kubicka, 2019). Razumevanje principov krožnega gospodarstva je prvi korak k razumevanju, zakaj je potrebno ter kako se izvaja v praksi.

3 Analiza življenjskega cikla in LCT

Za razumevanje analize življenjskega cikla je treba najprej razumeti, kaj sploh življenjski cikel predstavlja ter kako se v okviru le-tega razmišlja. LCT oz. »razmišljanje v okviru celotnega življenjskega cikla« je pristop, ki poskuša opredeliti možne izboljšave izdelkov in storitev v obliki zmanjšanih vplivov na okolje in zmanjšane uporabe virov v vseh fazah življenjskega cikla. LCT se prične pri pridobivanju surovin, ohranja med proizvodnjo in distribucijo, uporabo in/ali potrošnjo. Konča se s ponovno uporabo in recikliranjem materialov, pridobivanjem energije in končnim odstranjevanjem (Mazzi, 2020).

Pri tem LCT stremi k preprečevanju prelaganja bremena. V posplošenem smislu gre tukaj za zmanjševanje vplivov na eni stopnji življenjskega cikla v geografski regiji ali v določeni kategoriji vplivov, pri čemer ne povečuje bremena druge. Če se vrnemo

nazaj na poglavje krožnega gospodarstva, bi poenostavljen primer lahko bila proizvodnja izdelka, pri čemer smo energijo iz termoelektrarne zamenjali s sončno energijo. Čeprav smo breme energije sedaj zmanjšali, pa smo povečali breme odpadnih sončnih panelov, kot tudi breme njihove proizvodnje, s čimer smo teoretično dosegli zmanjšanje ali povečanje znotraj proizvodne linije izdelka. V tem smislu ima LCT mnogo širšo perspektivo, saj je potrebno zajeti ne le pozornosti pri okoljskih vplivih, temveč tudi pri surovinah, materialih, verigah vrednosti, uporabi izdelkov in nazadnje učinkih odstranjevanja, možnosti ponovne uporabe ali recikliranja (Mazzi, 2020).

LCT se v veliki meri naslanja na teorijo sistemskega razmišljanja, se pravi metodologije, pri kateri je glavni vzvod predvsem holistični oz. celostni pristop. Vrednostne verige ne smemo gledati kot svojega sistema, temveč kot kopico individualnih sistemov, pri čemer je največji poudarek predvsem na medsebojnih povezavah in soodvisnosti delovanja le-teh. V kontekstu sistemskega razmišljanja in posledično LCT so glavne točke povezave in interakcije znotraj sistema in zunanjega okolja okoli sistema ter ga obravnavamo kot celoto in ne kot posamezne enote ali podsisteme (Kim, 1999). V praktičnem smislu to pomeni usmeritev predvsem na:

- medsebojne odnose, se pravi iskanje konteksta in povezav znotraj sistema oz. med posameznimi komponentami in zunanjim okoljem;
- perspektive, kjer se zavedamo, da ima vsak akter v sistemu in zunaj sistema svoj unikatni pogled in mnenje o trenutnem stanju sistema oz. situacije;
- določitev mej, kjer se moramo zavedati, kakšne so optimalne meje nekega sistema, kakšne so omejitve in uteži, po katerih bomo ocenjevali in prilagajali meje in nenazadnje, kakšne izboljšave ali popravki v samem sistemu so smotni in bodo sistem dodatno nadgradili.

Vpeljava LCT v krožno gospodarstvo tako predstavlja veliko priložnost za prehod iz linearnega v krožni sistem. Čeprav je veliko govora o vpeljavi krožnosti, pa se je treba zavedati, da le teoretična perspektiva ne predstavlja zadostnih dokazov o smotnosti krožnega gospodarstva. Avtorji tako podpirajo vpeljavo krožnega gospodarstva, obenem pa opozarjajo, da je potrebno praktične vpeljave v gospodarstvu tudi meriti in nadzorovati, s čimer bi se zagotovili statistični dokazi o izboljšavah. V tem smislu je velik poudarek na vpeljavi LCT v samo krožno

gospodarstvo, saj bi le-to predstavljalo platformo oz. orodja, s katerimi bi lahko izvajali predhodne in kasnejše analize krožnih aktivnosti ter tudi pridobili vpogled v potencialne izboljšave kot tudi možno poslabšanje trenutnega stanja. Takšen sistematičen pristop je ključ, da se omogoči vpeljava nadaljnjih izboljšav (Gheewala in Silalertruksa, 2020). V ta namen so bila konceptualno zasnovana orodja, med drugim najbolj poznana »Life Cycle Analysis« (LCA) oz. po slovensko Analiza življenjskega cikla.

3.1 Life Cycle Assessment (LCA)

LCA (Life Cycle Assessment) je prvoten in osnovni model, na podlagi katerega so se razvili in implementirali tudi drugi podobni modeli in koncepti, vključno s celovitim LCM. Iyyanki & Manickam (2017) definirata LCA kot tehniko za ocenjevanje okoljskih vidikov izdelka skozi celoten življenjski cikel, medtem ko Cowie idr. (2019) LCA opredeljujejo kot okvir za ocenjevanje okoljskih vplivov sistemov izdelka in sprejemanje odločitev. Algren idr. (2021) pa LCA razumejo kot sistematičen, standardiziran pristop h kvantificiranju potencialnih okoljskih vplivov izdelka ali procesov od pridobivanja primarnih surovin do konca življenjskega cikla. Z uporabo LCA lahko organizacije pridobijo vpogled v celoten življenjski cikel svojih izdelkov ali procesov ter sprejemajo bolj informirane odločitve za doseganje trajnostnih ciljev. S tem lahko prispevajo k zmanjševanju negativnih vplivov na okolje in družbo ter izboljšajo svoje trajnostno ravnanje.

Na splošno LCA vključuje štiri ključne stopnje, ki temeljijo na ISO standardu 14040 in so naslednje (Iyyanki & Manickam, 2017):

- določitev mej, kjer se moramo zavedati, kakšne so optimalne meje nekega sistema, kakšne so omejitve in uteži, po katerih bomo ocenjevali in prilagajali meje in nenazadnje, kakšne izboljšave ali popravki v samem sistemu so smotni in bodo sistem dodatno nadgradili;
- prva stopnja je določitev ciljev in obsega študije, kjer opredelimo, katere faze življenjskega cikla izdelka bomo vključili v ocenjevanje ter za kaj bodo končni rezultati uporabljeni. Ta stopnja vključuje tudi določitev meril za primerjavo sistemov in specifičnih časovnih okvirjev;
- druga stopnja je analiza inventarja, ki nam omogoča razumevanje masnih in energetskih tokov sistema izdelka ter interakcij z okoljem, kot sta poraba

primarnih surovin in emisije. Ključni procesi, sekundarni energetske viri in materialni tokovi so v tej fazi podrobno opisani, kar služi kot osnova za nadaljnje analize;

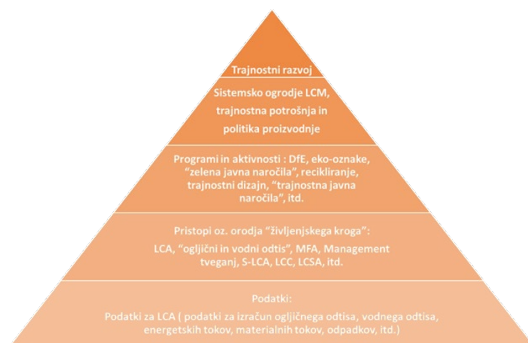
- tretja stopnja povzema podrobnosti iz analize inventarja in jih uporabi za ocenjevanje okoljskih vplivov. Rezultati kazalnikov vseh kategorij vplivov so podrobno opisani v tej fazi, pri čemer se pomembnost vsake kategorije vpliva oceni z normalizacijo in določitvijo uteži;
- četrta stopnja predstavlja sintezo vseh prej omenjenih stopenj in vključuje razlago življenjskega cikla ter kritičen pregled podatkov in pripravo predstavitve rezultatov;
- z uporabo LCA lahko organizacije pridobijo vpogled v celoten življenjski cikel svojih izdelkov ali procesov ter sprejemajo bolj informirane odločitve za doseganje trajnostnih ciljev. S tem lahko prispevajo k zmanjševanju negativnih vplivov na okolje in družbo ter izboljšajo svoje trajnostno ravnanje.

3.2 Izvajanje LCT/LCA v praksi

Z upoštevanjem vidika življenjskega cikla lahko organizacije, državne tvorbe in družba razvijajo izdelke, ponujajo storitve ter implementirajo strategije, politike in iniciative za spodbujanje »zelene ekonomije«. Razumevanje življenjskega cikla in širjenje obzorja na osnovi načel tega pristopa odpira obsežne možnosti za zmanjšanje vplivov na ekonomijo, okolje in družbo, s čimer omogoča odločevalcem, da sprejemajo bolj premišljene odločitve. Uporaba pristopa življenjskega cikla omogoča izbiro rešitev, ki že vnaprej predvidijo in preprečujejo prenos okoljskih težav iz ene stopnje ali faze življenjskega cikla na drugo stopnjo ali fazo, na druge kategorije vpliva, družbe in globalno raven, vključno z drugimi državami in regijami po svetu. Podobno kot trajnostni pristop tudi ta pristop prispeva k varovanju in ohranjanju okolja za prihodnje generacije (LCI, 2012).

Kot je bilo omenjeno, LCT predstavlja teoretični aspekt sistemskega razmišljanja ali pristop k trajnostnemu krožnemu gospodarstvu, medtem ko LCM poda na razpolago praktična orodja, metodologije in sisteme, ki omogočajo izvedbo meritev, analiz in smotrnosti izvedbe trajnostnih in posledično krožnih aktivnosti znotraj izbranega sistema ali produkta. Skladno s tem je organizacija LCI pripravila

shematski pristop k izvajanju LCT v praksi, obenem pa tudi obsežno dokumentacijo, v kateri so opisani vsi koraki, postopki in metodologije za uspešno izvedbo.



Slika 5.5: Shematski prikaz izvedbe LCT v praksi

LCT v veliki meri sledi metodologiji, podani za izvedbo preostalih LCA analiz. Predstavljena shema prikazuje le okvirne oporne točke izvedbe, pri čemer je dejanska metodologija izvedbe LCA analiz mnogo bolj obširna ter jo je kot takšno priporočeno temeljito prebrati, preden se prične izvajati analize. Kot že tolikokrat omenjeno v prejšnjih podpoglavjih, so LCA analize smotrne le v primeru, da so pravilno izvedene, zbrani podatki sistematično in celostno pregledani in overjeni ter analiza izvedena po vnaprej kvalificiranih metodah in metodologijah, podanih na strani organizacij na področju LCA tehnik (LCI, 2012).

Združevanje LCT in krožne ekonomije omogoča celostni pristop k doseganju trajnostnega razvoja. Krožno gospodarstvo predstavlja koncept novega tipa ekonomije, ki se postopoma uvaja v določenih segmentih gospodarstva in se že izvaja v praktičnem smislu. Po drugi strani pa je LCT pristop, ki nas usmerja k trajnostnemu razmišljanju v trenutnem gospodarstvu in je bolj teoretične narave, saj se še ne izvaja tako pogosto v praksi. Ključna povezava med obema konceptoma je, da krožno gospodarstvo uvaja konkretne in praktične spremembe, medtem ko LCT omogoča preverjanje in oceno učinkovitosti implementacije krožnih praks. Z uporabo LCT lahko preverimo, kako uspešno smo izvedli in implementirali krožne prakse ter ocenimo njihov vpliv na življenjski cikel izdelka ali storitve. LCT nam omogoča preverjanje trenutnega stanja ter identifikacijo področij, kjer bi bilo najbolj smiselno uvesti krožne pristope za doseganje bolj trajnostnih rezultatov (LCANZ, 2020).

S kombinacijo krožnega gospodarstva in LCT lahko dosežemo napredek na poti k trajnostni družbi. Krožno gospodarstvo uvaja praktične spremembe, ki temeljijo na trajnostnih načelih, medtem ko LCT omogoča celovito analizo in oceno učinkovitosti teh sprememb. Z združevanjem znanja o življenjskem ciklu in trajnostnem razvoju lahko dosežemo celovit pristop k ustvarjanju bolj trajnostne prihodnosti. To omogoča boljše načrtovanje, bolj premišljene odločitve in učinkovitejšo rabo virov, kar je ključnega pomena za ustvarjanje bolj trajnostne in odgovorne družbe. S tem se lahko zagotovi, da bodo izdelki, storitve in strategije usmerjeni v trajnostni razvoj ter prispevali k varovanju našega planeta in blaginji vseh ljudi.

Literatura in viri

- Algren, M., Fisher, W., & Landis, A. E. (2021). Machine learning in life cycle assessment. V J. Dunn, & P. Balaprakash, *Data Science Applied to Sustainability Analysis* (str. 167-190). Amsterdam: Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-817976-5.00009-7
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 21, 603-614.
- Boulding, E. K. (1956). General Systems Theory--The Skeleton of Science. *Management Science*, 2(3), 197-208. doi:http://dx.doi.org/10.1287/mnsc.2.3.197
- Boulding, E. K. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In H. Jarrett (Ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy* (pp. 3-14). Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Cowie, A. L., Brandao, M., & Soimakallio, S. (2019). Quantifying the climate effects of forest-based bioenergy. V T. M. Letcher, *Managing Global Warming An Interface of Technology and Human Issues* (str. 399-418). Cambridge: Academic Press. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814104-5.00013-2
- EC. (2016). Buying green! A handbook on green public procurement. Bruselj: Evropska Unija. doi: 10.2779/246106
- Ekins, P., Domenech, T., Drummond, P., Bleischwitz, R., Hughes, N., & Lotti, L. (2019). "The Circular Economy: What, Why, How and Where?". Paris: OECD. Pridobljeno iz <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Ekins-2019-Circular-Economy-What-Why-How-Where.pdf>
- Ellen MacArthur. (2017). A new Textiles Economy: Redesigning fashion's future. Cowes: Ellen MacArthur.
- EMF. (2013). Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition. Cowes: Ellen MacArthur Foundation.
- EMF. (2015). Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers. Cowes: Ellen MacArthur Foundation.
- European Commission. (15. Januar 2015). Closing the loop: Commission adopts ambitious new Circular Economy Package to boost competitiveness, create jobs and generate sustainable growth [Press Release]. Pridobljeno iz EC: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_15_6203
- Evropska komisija. (11.3.2020). COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A new Circular

- Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe (COM(2020) 98 final izd.). Bruselj: European Commission.
- Evropska komisija. (2.12.2015). COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy (COM(2015) 614 final izd.). Bruselj: European Commission.
- Evropska komisija. (2021). Critical raw materials. Pridobljeno 18. januar 2022 iz European Commission: https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en
- Evropska komisija. (2021a). Circular economy action plan. Pridobljeno 18. januar 2022 iz European Commission: https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geng, Y., Sarkis, J., & Bleischwitz, R. (2019). How to globalize the circular economy. *Nature*, 565, str. 153-155. doi:<https://doi.org/10.1038/d41586-019-00017-z>
- Gheewala, S. H., & Silalertruksa, T. (2020). Life Cycle Thinking in a Circular Economy. V *An Introduction to Circular Economy*, str. 35-53. Singapur: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8510-4_3
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 114, 11-32.
- ISO 14040 International Standard. (2006). Environmental management-Life cycle assessment - Principles and framework. Ženeva: International Organization for Standardization.
- ISO 14044 International Standard. (2006). Environmental management- Life cycle assessment - Requirements and guidelines. Ženeva: International Organization for Standardization.
- Iyyanki, M., & Manickam, V. (2017). Life Cycle Assessment. V M. Iyyanki, & V. Manickam, *Environmental Management: Science and Engineering for Industry* (str. 57-75). Oxford: Butterworth-Heinemann. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811989-1.00005-1>
- Kim, D. H. (1999). Introduction to Systems Thinking. Waltham: Pegasus Communications .
- Kirchher, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kovačič Lukman, R., Glavič, P., Carpenter, A., & Virtič, P. (2016). Sustainable consumption and production – Research, experience, and development – The Europe we want. *Journal of Cleaner Production*, 138(2), str. 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.049>
- LCANZ. (2020). LCA, LCT and transitioning to a Circular Economy. Wellington: LCANZ.
- LCI. (2012). Greening the Economy Through Life Cycle Thinking - Ten Years of the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Nairobi: UNEP.
- LCI. (2022). Life Cycle Management. Pridobljeno 8. januar 2022 iz Life Cycle Initiative: <https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/life-cycle-approaches/life-cycle-management/>
- Lewandowski, M. (2016). Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework. *Sustainability*, 8(1), 43. <https://doi.org/10.3390/su8010043>
- Mazzi, A. (2020). Chapter 1 - Introduction. Life cycle thinking. V *Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making*, str. 1-19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818355-7.00001-4>
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York: North Point Press.

- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W., & Club of Rome. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-016-3174-3>
- OECD. (2016a). *Policy Guidance on Resource Efficiency*. Pariz: OECD Publishing. doi:<https://dx.doi.org/10.1787/9789264257344-en>
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of Natural Resources and the Environment*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). Circular economy: Measuring innovation in the product chain. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Pridobljeno iz <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf>
- Reday-Mulvey, G., & Stahel, W. R. (1977). *The potential for substituting manpower for energy : final report 30 July 1977 for the Commission of the European Communities*. Geneva: Bastelle, Geneva Reseach Centre.
- Seroka-Stolka, O., & Ociepa-Kubicka, A. (2019). Green logistics and circular economy. *Transportation Research Procedia*, 39, 471-479. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.049>
- Stahel, W. R., & Reday-Mulvey, G. (1981). *Jobs for tomorrow : the potential for substituting manpower for energy*. New York: Vantage Press.
- Wilts, H., & O'Brien, M. (2019). A Policy Mix for Resource Efficiency in the EU: Key Instruments, Challenges and Research Needs. *Ecological Economics*, 155, 59-69. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.05.004>
- Zheng, L., & Zhang, J. (2010). Research on green logistics system based on circular economy. *Asian Social Science*, 6(11). doi:10.5539/ass.v6n11p116

INTEGRACIJA EKODIZAJNA V UPRAVLJANJE OSKRBOVALNIH VERIG

MATEVŽ OBRECHT

Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje, Slovenija
matevz.obrecht@um.si

Zaradi naraščajočega števila prebivalstva, življenjskega standarda in posledično vedno obsežnejših človekovih dejavnosti in proizvodnje, pridobiva okoljska zaskrbljenost na pomenu. Postaja jasno, da se naš planet ne more več obnoviti in da se viri uporabljajo na nevzdržen način. Okoljsko ozaveščeno in bolj trajnostno sonaravnano delovanje pa organizacijam zagotavlja konkurenčno prednost in zmožnost delovanja na dolgi rok. Vendar se osredotočanje na okoljski vidik le v enem delu oskrbovalne verige ne izkazuje za zadosten ukrep za učinkovite izboljšave, saj okoljski vplivi nastajajo v celotni OV; od pridobivanja surovin, proizvodnje materialov in komponent, izdelave končnega izdelka, njegove distribucije, uporabe do konca življenjske dobe. Ekodizajn kot orodje za okolju prijaznejše oblikovanje izdelkov tako podjetja sili v razmislek o različnih okoljskih vplivih, ki nastajajo tudi izven meja organizacije ter deluje v smeri njihovega preprečevanja in minimaliziranja že v fazi načrtovanja.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.6](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.6)

ISBN

978-961-299-012-1

Ključne besede:

ekodizajn,
trajnostni razvoj,
čistejša proizvodnja,
trajnostna oskrbovalna
veriga,
zelena organizacija



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.6](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.6)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:

eco-design,
sustainable development,
cleaner production,
sustainable supply chain,
green organization

INTEGRATION OF ECO DESIGN IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

MATEVŽ OBRECHT

University of Maribor, Faculty of Logistics, Celje, Slovenia
matevz.obrecht@um.si

Due to the increasing population, increasing standard of living, and consequently, increasing human activities and production, environmental concerns are gaining more and more importance. It is becoming clear that our planet can no longer regenerate, and resources are being used in an unsustainable manner. Environmentally conscious and more sustainable practices provide organizations with a competitive advantage and the ability to operate in the long term. However, focusing on the environmental aspect within company walls, in just one part of the supply chain, is not sufficient for effective improvements. Environmental impacts occur throughout the entire supply chain, from resource extraction, material and component production, final product manufacturing, distribution, usage, to the end of the product's life cycle. Eco-design, as a tool for creating environmentally-friendly products, compels companies to consider various environmental impacts that occur beyond company walls and work towards preventing and minimizing them already within product/service planning and design phase.



University of Maribor Press

1 Uvod

Zaradi naraščajočega števila prebivalstva, življenjskega standarda in posledično vedno obsežnejših človekovih dejavnosti in proizvodnje pridobiva okoljska zaskrbljenost na pomenu. Postaja jasno, da se naš planet ne more več obnoviti in da se viri uporabljajo na nevzdržen način (Obrecht & Knez, 2017). Ker človekove dejavnosti povzročajo hude negativne lokalne in globalne okoljske vplive, se naše dejavnosti vse bolj začenjajo osredotočati na okoljske vidike. Prepričanje je, da lahko okoljsko ozaveščeno in bolj trajnostno naravnano delovanje organizacijam zagotovi konkurenčno prednost, še posebej na dolgi rok (Albino idr., 2009; Dangelico idr., 2017; Plouffe idr., 2011; Wong, 2013).

Številna dejstva kažejo, da sedanja linearna ekonomija ni vzdržna. Porast prebivalstva in naraščajoči življenjski standard zahtevata vse večjo ekstrakcijo materialov, uporabo več hrane, vode in energije. Posledično se cene teh materialov dvigajo, obdelovalna zemlja in gozdna območja izginjajo, dostopnost čiste vode na dolgi rok postaja vprašljiva, biodiverziteta se hitro spreminja itd. (Alexandratos & Bruinsma, 2012; International Energy Agency, 2009, str. 2030; The 2030 Water Resource Group, 2009). Zaradi napovedanih trendov bodo okolju prijazne vrste ekonomije, kot so: krožna ekonomija, ekološko načrtovanje z osnovami življenjskega cikla in trajnostne oskrbovalne verige, postale ne le del konkurenčne prednosti pri doseganju strategije diferenciacije, temveč tudi potencialni odgovor na napovedane socio-ekonomske izzive v prihodnjih desetletjih (Bešter, 2017) ter sistematična rešitev za trajnostni obstoj človeštva (Širec idr., 2018).

Vendar se osredotočanje izključno na okoljski vidik v enem delu oskrbovalne verige (OV) ne izkazuje za zadostno za učinkovite izboljšave, saj okoljski vplivi nastajajo v celotni OV; od pridobivanja surovin, proizvodnje materialov in komponent, izdelave končnega izdelka, njegove distribucije, uporabe do konca življenjske dobe. Pregled literature namiguje, da okoljski cilji, kot na primer cilji 20/20/20, določeni na strani EU, izpostavljajo, da jih ni mogoče doseči zgolj skozi medorganizacijske dejavnosti in ukrepe, temveč v sodelovanju vzdolž celotne verige vrednosti, ki izkorišča sinergije med udeleženci oskrbovalne verige (Szegedi in sod., 2017). Zato vključujejo tudi okoljski upravljavski sistemi (npr. ISO 14001 ali EMAS) in sodelovanje različnih akterjev znotraj celotne OV. Prepletenost trajnostne OV, krožnega gospodarstva in ekodizajna zahteva sodelovanje različnih deležnikov na različnih ravneh, zato je sistematičen pristop nujen. Vodje podjetij morajo postati pozorni na to, da

gospodarski in okoljski cilji niso medsebojno nasprotujoči si, temveč jih je mogoče doseči sočasno (Preston, 2012; Lieder in Rashid, 2016; Ghisellini in sod., 2016).

Ideja upravljanja oskrbovalne verige (SCM) z okoljsko ozaveščenim (zelenim) pristopom se je začela uveljavljati v tehnični literaturi v zgodnjih 1970-ih letih. Integracija disciplin zelenega delovanja in kompleksne OV (vključno s pridobivanjem, proizvodnjo in logistiko) je prišla v ospredje v 1990-ih letih, še posebej v avtomobilski industriji (Szegeci idr., 2017). Mnoge organizacije poznajo še vedno zelo ozko dojemanje svojega okoljskega vpliva, ki je večinoma omejen na lokacijske proizvodne dejavnosti (Ammenbergh & Sundin, 2005). Eden glavnih trendov programov trajnostnosti v industrializiranih državah je tako imenovano razmišljanje o življenjskem ciklu, ki širi fokus od proizvodne lokacije in vključuje različne gospodarske, okoljske in socialne vidike, povezane s produktom v celotnem življenjskem ciklu (UNEP, 2017). Razmišljanje o življenjskem ciklu temelji na načelih preprečevanja onesnaževanja, pri katerih se okoljski vplivi zmanjšujejo pri viru ter na zapiranju zanke materialov in energije (European Commission, 2014). Vsi izdelki in storitve imajo nek vpliv na okolje, ki se lahko pojavi v katerikoli ali v vseh fazah življenjskega cikla izdelka, vključno s pridobivanjem surovin, proizvodnjo, distribucijo, uporabo in odstranjevanjem odpadkov (Denac idr., 2018). Podjetja z bolj razvito tradicionalno OV imajo tudi bolj razvit sistem upravljanja zelenih oskrbovalnih verig (GSCM) (Szegeci idr., 2017).

Močni znaki so potrdili, da je zavezanost ekodizajnu in trajnostnemu razvoju znotraj organizacije najpomembnejše vprašanje za izboljšave in okoljske oznake močno orodje za komuniciranje s strankami (še posebej tistimi, usmerjenimi v okolje). Vodje podjetij so vedno zainteresirani doseči poslovne koristi sočasno z okoljskimi izboljšavami in okoljske oznake so močno orodje za doseg tega cilja. Po eni strani izboljšujejo podobo podjetja, pridobivajo nove potrošnike, usmerjene v okolje, omogočajo tekmovanje na zelenih javnih razpisih, razlikovanje na izjemno konkurenčnem trgu, zmanjšujejo stroške za odpadke ali uporabo nevarnih materialov itd. Po drugi strani pa prinašajo koristi izboljšanja stanja okolja tudi neposredno znotraj podjetja - na primer zmanjšana uporaba materialov ali energije, manj odpadkov, povečana učinkovitost, manjša poraba vode.

Cilj poglavja je torej ponuditi boljši vpogled v ozelenjevanje oskrbovalnih verig, poudariti pomembnost razmišljanja o življenjskem ciklu za upravljalce oskrbovalnih verig ter preučiti in razpravljati o uporabi različnih metodologij, načel in orodij, kot

so: ocena vplivov v življenjskem ciklu, ekodizajn in okoljske oznake v okviru upravljanja oskrbovalne verige. Zato so predstavljene tudi študije primerov najboljših praks pri ocenjevanju življenjskega cikla in ekodizajna, da se utrdi znanje o okoljskih vprašanjih in ga integrira v upravljanje oskrbovalne verige. Celovita zbirka takšnih orodij, načel in metod s primeri reševanja dejanskih problemov je ključna za upravljalce oskrbovalnih verig, saj jim omogoči boljše razumevanje pomena poslovnih modelov, usmerjenih v okolje ter poudari pomen trajnostnega razvoja tudi za podjetja.

2 Integracija ekodizajna

2.1 Načela in ideje za ekodizajn

Čeprav se glavni okoljski vplivi pojavijo pri pridobivanju materialov, proizvodnji, uporabi ali celo po koncu življenjske dobe izdelka, večino okoljskih bremen izdelka določimo že v fazi oblikovanja. Zato ta faza predstavlja ključen korak pri izboljšanju okoljske uspešnosti izdelka (Obrecht & Knez, 2017; Prendeville & Bocken, 2015). Ko govorimo o trajnostnih oskrbovalnih verigah, je treba upoštevati vse faze življenjskega cikla izdelkov in jih po možnosti optimizirati že pri načrtovanju oskrbovalne verige. Če se okoljski vidiki upoštevajo preventivno že v zgodnjih fazah razvoja izdelka ali oskrbovalne verige, je bolj verjetno, da se lahko celoten okoljski vpliv izdelka skozi oskrbovalno verigo znatno zmanjša. Eno od orodij, ki omogoča preventiven pristop, je tudi ekodizajn.

Ekodizajn temelji na vključevanju okoljskih vidikov v oblikovanje in razvoj izdelka, s ciljem zmanjšati negativne okoljske vplive v celotnem življenjskem ciklu izdelka (Denac idr., 2018). Pregled literature je razkril, da se ekodizajn opira na načela čiste proizvodnje, trajnostnega razvoja in življenjskega cikla. Glavni cilji ekodizajna so zmanjšati porabo (zlasti redkih in primarnih) virov, uporabiti več obnovljivih virov, zmanjšati porabo nevarnih materialov, povečati porabo recikliranih materialov, optimizirati proizvodnjo in distribucijo, narediti proizvodnjo čistejšo, podaljšati življenjsko dobo izdelka ter olajšati in povečati učinkovitost ravnanja z izdelkom po koncu življenjske dobe tako okoljsko kot ekonomsko (Brezet idr., 1997). To pomeni, da potencial ekonomskih in okoljskih prednosti ekodizajna presega okvirje proizvajalca ter povezuje oblikovanje izdelka v širšo mrežo članov oskrbovalne verige, vključno s pridobivanjem surovin, proizvodnjo, transportom in distribucijo, uporabo in odlaganjem.

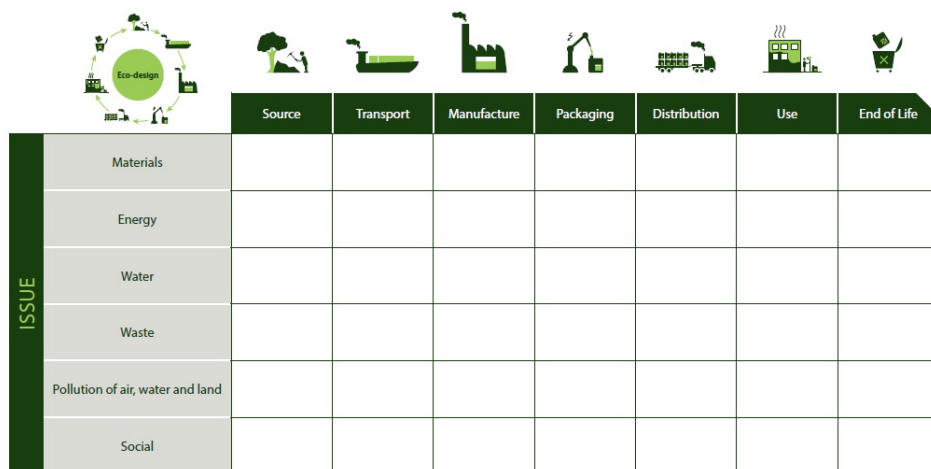
Vendar pa ni enostavno uvesti ekodizajna ali razvoja okolju prijaznih izdelkov (Albino idr., 2009), saj hkrati zahteva razmišljanje o življenjskem ciklu, trajnostni razvoj in čisto proizvodnjo (Brezet idr., 1997). To še posebej velja za mala in srednje velika podjetja (MSP-ji) (van Hemel & Cramer, 2002). Čeprav je trenutno na voljo veliko metod in orodij za ekodizajn, obstaja vrzel v njihovem vključevanju v proces oblikovanja ter v vsakodnevno prakso oblikovalcev, še posebej, če vrhovno vodstvo podjetja ni zavezano k zelenemu usmerjanju oskrbovalne verige podjetja. Obstoječi metodologiji za ekodizajn nista vedno primerni za vse organizacije ali poslovne sektorje (Andriankaja idr., 2015). Posledično je treba dejavnosti ekodizajna skrbno in sistematično načrtovati, še posebej v MSP-jih, kjer sta človeški in finančni kapital pogosto omejena (Miedzinski idr., 2013; van Hemel & Cramer, 2002). Za to je potrebna podpora vrhnjega vodstva, vključno s SCM, ne glede na velikost podjetja (Annunziata idr., 2016; Dekoninck idr., 2016).

2.2 Okvir in orodja za ekodizajn

Pri ekodizajnu pomeni prvi korak oceniti okoljske vplive in bremena skozi celoten življenjski cikel izdelka ali storitve. To je mogoče storiti na različne načine, kot je na primer z metodo ocene življenjskega cikla ali s poenostavljenimi merami, kot je uporaba orodja za oceno vplivov v življenjskem ciklu izdelka (LIT), predstavljenem na Sliki 1. Lahko celo s specifičnimi vprašalniki za ekodizajn. LIT lahko podjetjem pomaga razumeti vplive, povezane z okoljskimi vidiki njihovega izdelka ali storitve (Denac idr., 2018; Maribor Development Agency & Enterprise Europe Network, 2013).

Nekatera področja, predstavljena na Sliki 1 in vključena v LIT, morda niso relevantna za vsak izdelek/storitev. Vendar je osnovna ideja prisiliti oblikovalce izdelkov, da začnejo razmišljati o okoljskih vplivih, ki nastajajo zunaj zidov podjetja. Na primer, zelo majhna količina energije bo porabljena za osvetlitev stranišča med uporabo in vprašanje porabe vode potem v fazi distribucije izdelkov ne bo tako pomembno. Vendar morajo biti upravljalci oskrbovalne verige seznanjeni z obsežnim zmanjševanjem okoljskih vplivov in morajo to upoštevati pri načrtovanju trajnostne oskrbovalne verige. LIT omogoča podjetjem, da odpravijo nekatere vplive in morda tudi faze življenjskega cikla (dela oskrbovalne verige) ter poudarjajo področja, kjer se pojavljajo glavni vplivi. Matrika je koristna, saj enkrat, ko je izpolnjena, lahko oblikovalci izdelkov in upravljalci oskrbovalne verige enostavno vidijo, katera vprašanja v kateri fazi življenjskega cikla morajo biti osredotočena na

ekodizajn. Lahko enostavno prepoznajo ključne točke (Maribor Development Agency & Enterprise Europe Network, 2013; Obrecht, 2010), ko začnejo razmišljati, katere vplive zmanjšati (če že ne vseh zaradi omejenih virov in proizvodnih zmogljivosti).



Slika 6.1: Orodje vpliva na življenjski cikel (LIT)

Vir: prilagojeno po (Maribor Development Agency & Enterprise Europe Network, 2013; Obrecht, 2010)

Potem, ko so uporabili LIT za identifikacijo najpomembnejših okoljskih vplivov v življenjskem ciklu izdelka, se morajo oblikovalci izdelkov in upravljavci (zlasti tehnični direktorji in upravljavci oskrbovalne verige) osredotočiti na potencialne izboljšave oblikovanja, ki omogočajo največje priložnosti za zmanjšanje teh vplivov. V Tabeli 3 je predstavljen vprašalnik za ekodizajn z različnimi področji osredotočenja oblikovanja v skladu s strategijami ekodizajna, ki so do neke mere uporabne za vse vrste izdelkov ali storitev. Treba je tudi upoštevati, da se lahko zaradi povezav znotraj oskrbovalne verige izdelkov in dejavnosti življenjskega cikla organizacijam, ki predstavljajo druge člene oskrbovalne verige, pojavijo dodatni stroški ali koristi, zato je celovita analiza ključna za doseg najboljšega rezultata s stališča oskrbovalne verige.

Čeprav je trenutno na voljo veliko metod in orodij za ekodizajn, obstaja vrzel v njihovem vključevanju v postopek oblikovanja v industriji, pa tudi v vsakodnevni praksi oblikovalcev. Po (Andriankaja idr., 2015) obstoječe metode ekodizajna niso

vedno prilagojene lahkim strukturam. Gerrard & Kandlikar, 2007 napovedujeta, da je najpomembnejša sprememba v sektorjih prevoza oblikovanje novih izdelkov, ki vključuje spremembo materialne sestave: spodbujanje uporabe lahkih materialov, podaljšanje življenjske dobe (ponovna uporaba in predelava) ter izboljšanje okoljske komunikacije o izdelkih. Poenostavitve teh metodologij so ključne za celovito oceno vpliva in zmanjšanje okoljskih vplivov, saj so njihovi izhodi lažje pridobljivi in cenejši za proizvajalce.

Tabela 1: Struktura ekodizajn vprašalnika

Osredotočena področja dizajna	Ključna vprašanja za oblikovalce	Okoljske koristi	Poslovne koristi
Dizajn za nabavo materiala	Ko navajate materiale in komponente, ali upoštevate vpliv na okolje v zvezi s težo, prostornino, uporabo recikliranih materialov, vgrajeno energijo in vodo ter vplive na biotsko raznovrstnost?	Zmanjšano izčrpavanje virov. Zmanjšana utelešena energija/voda. Zmanjšano transportno breme. Zmanjšane emisije ogljikovega dioksida (CO ₂). Zmanjšan vpliv na biotsko raznovrstnost.	Zmanjšani transportni stroški. Izboljšana slika/dostop do trgov.
Dizajn za proizvodnjo	Ali ste razmišljali o spremembi proizvodnih procesov za zmanjšanje porabe energije in vode, odpadkov in recikliranja odpadkov?	Zmanjšanje emisij CO ₂ in izčrpavanje vodnih virov. Zmanjšano izčrpavanje virov.	Zmanjšani stroški energije. Manj odpadkov - zmanjšani stroški materiala.
Dizajn za transport in distribucijo	Ali ste upoštevali velikost, obliko in prostornino svojih izdelkov z vidika pakiranja in transporta? Ali pri določanju embalaže upoštevate vgrajeno energijo in vodo, proizvodnjo HOS ali nevarnih snovi?	Zmanjšanje emisij CO ₂ in izčrpavanje vodnih virov. Zmanjšana onesnaženost zraka. Zmanjšana raba prometa – manj emisij in obrabe infrastrukture. Zmanjšan potencial za širjenje nevarnih snovi v okolju.	Zmanjšani transportni stroški. Zmanjšani stroški pakiranja.
Dizajn za uporabo (vključno z namestitvijo in vzdrževanjem)	Ko oblikujete svoje izdelke, ali razmišljate o njihovi porabi energije in/ali vode, ko se uporabljajo? Ali upoštevate količino potrošenega materiala in morebitnih nevarnih snovi,	Zmanjšano povpraševanje po novih materialnih virih. Zmanjšane emisije CO ₂ . Zmanjšano izčrpavanje vodnih virov.	Nižji stroški življenjskega cikla za stranko – večji dobiček zaradi višjih cen. Zmanjšani stroški vzdrževanja.

Osredotočena področja dizajna	Ključna vprašanja za oblikovalce	Okoljske koristi	Poslovne koristi
	ki se lahko sprostijo med uporabo? Ali upoštevate njihovo dolgo življenjsko dobo in preprosto vzdrževanje?	Zmanjšan potencial za širjenje nevarnih snovi v okolju.	Dobra podoba izdelka.
Dizajn za konec življenjske dobe	Ko oblikujete svoje izdelke, ali razmišljate o tem, kako enostavno bi jih lahko ponovno uporabili ali razstavili in reciklirali? Ali menite, da so v izdelku nevarne snovi, ki bi se lahko sprostile med razstavljanjem ali recikliranjem?	Zmanjšana raba zemljišča za odlaganje. Zmanjšano povpraševanje po novih materialnih virih. Zmanjšane emisije CO ₂ Zmanjšano izčrpavanje vodnih virov.	Skladnost z uredbo. Zmanjšani stroški ob koncu življenjske dobe.

Vir: prilagojeno po (Maribor Development Agency & Enterprise Europe Network, 2013; Obrecht, 2010)

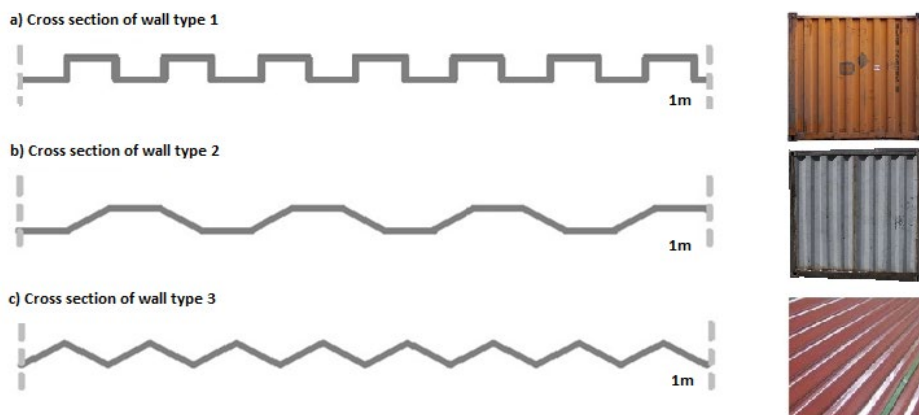
2.1.1 Študija primera 4 – Poenostavljen pristop ekodizajna za prihranek ogljika in virov v različnih oblikah zaboju za tovar¹

Trenutno se po celem svetu ogromna količina tovornih kontejnerjev prevaža s pomorskim in cestnim transportom, kar povzroča visoke okoljske vplive zaradi prevoza ter izdelave kontejnerjev; to je izčrpavanje materialov zaradi velikih količin uporabljenega materiala za proizvodnjo približno 18,6 milijona tovornih kontejnerjev, ki se uporabljajo globalno. Drugi okoljski vpliv so emisije ogljika, ki se sproščajo pri proizvodnji in uporabi tovornih kontejnerjev. Ena od možnih rešitev za bolj trajnosten transport tovora je oblikovanje okolju prijaznejših tovornih kontejnerjev, izdelanih v skladu z načeli ekodizajna. Ti so lažji, izdelani z manj materiala in z manjšim okoljskim vplivom skozi celoten življenjski cikel. Naša prejšnja študija se je osredotočila na standardne 20-stopinjske kontejnerske modele ISO s poenostavljeno oceno življenjskega cikla, pri čemer smo se posebej osredotočili na emisije toplogrednih plinov. Ugotovili smo, da je okoljski vpliv tovornega kontejnerja najvišji v prvi fazi njegovega življenjskega cikla, t. j. v fazi pridobivanja surovin.

Zaradi relativno visoke mase standardnih 20-stopinjskih aluminijastih in jeklenih tovornih kontejnerjev (1.877 kg in 2.250 kg) ter narave faz proizvodnje materialov (obdelava surovin, varjenje, montaža itd.) ta delež predstavlja 67 % vseh vplivov.

¹ prilagojeno po (Obrecht & Knez, 2017)

Rešitev za okolju prijaznejše tovarne kontejnerje je v ekodizajnerski strategiji dematerializacije, s posebnim poudarkom na uporabi materiala in proizvodni fazi, vendar brez ogrožanja učinkovitosti. Iz okoljskega vidika je bila ocenjena učinkovitost treh različnih oblik sten tovornih kontejnerjev, prikazanih na Sliki 6.2.

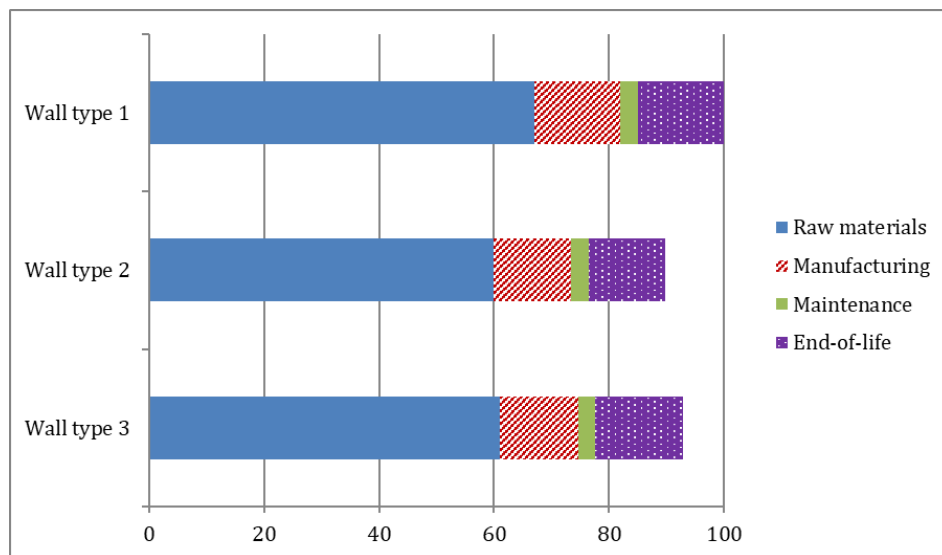


Slika 6.2: Prerezi in slike treh pregledanih vrst sten zabojnikov

Vir: (Obrecht & Knez, 2017)

Primerjalna analiza je pokazala razliko približno 15 % (315 kg primarnega materiala na posamezen kontejner) v porabi materiala pri primerjavi med vrstami sten tovornega kontejnerja z najvišjimi in najnižjimi vplivi ter pomembne razlike tudi pri okoljski oceni, kot je razvidno iz Slike 6.3.

Možnosti zmanjšanja uporabljenega materiala za tovarne kontejnerje pomenijo, da se za eno stransko steno standardnega 20-stopinskega kontejnerja uporabi 20,97 kvadratnih metrov aluminija ali jekla, seveda pa dvojno količino za standardni 40-stopinski ISO kontejner, kadar je uporabljena zasnova Stene tipa 1. Pomembno zmanjšanje je mogoče doseči z menjavo kontejnerjev Stene tipa 1 s kontejnerji Stene tipa 2 ali Stene tipa 3. Količina uporabljenega materiala za eno stransko steno standardnega 20-stopinskega kontejnerja se lahko zmanjša z izvedbo zasnove Stene tipa 2 ali Stene tipa 3 za 6,13 m² oziroma 4,86 m².



Slika 3: Primerjava relativnega GWP različnih preučevanih vrst sten posode

Vir: (Obrecht & Knez, 2017)

Dodatno izboljšanje stanja okolja in zmanjšanje stroškov je mogoče pri mega kontejnerskih ladjah, ki lahko naložijo več kot 18.000 enakovrednih enot dvajsetih čevljev (TEU). To pomeni, da se naložena masa lahko zmanjša za 4.734 ton pri primerjavi aluminijastih kontejnerjev in za 5.670 ton pri primerjavi jeklenih kontejnerjev, samo s prilagoditvijo zasnov kontejnerjev. Posledično je mogoče pričakovati tudi pomembne izboljšave v učinkovitosti porabe goriva pri kontejnerskih ladjah. Zaradi velikega števila tovornih kontejnerjev po vsem svetu in kontejnerskih ladij na morju, bi lahko sprememba tipov sten prinesla velik vpliv na zmanjšanje porabe materiala, gorivno učinkovitost ter manjše emisije toplogrednih plinov v pomorskem prometu.

Izraz "okolju prijazno oblikovanje" se nanaša na ukrepe, ki se sprejmejo za razvoj izdelkov "čim bolj okolju prijazno". Na ta način se zmanjša okoljski vpliv izdelkov v celotnem življenjskem ciklu izdelka, pri čemer pa to ne ogroža drugih lastnosti izdelka, kot so funkcionalnost, cena in kakovost (Johansson, 2002). Trajnostno oblikovanje izdelkov predstavlja filozofijo in prakso oblikovanja, pri katerih izdelki prispevajo k družbenemu in ekonomskemu blagostanju ter imajo zanemarljiv vpliv na okolje, saj so lahko proizvedeni iz trajnostne osnove virov (Niinimäki, 2006; Vergheze idr., 2012).

Podjetja, ki sprejemajo ukrepe za varovanje okolja v celotni oskrbovalni verigi (kot je oblikovanje izdelkov tako, da so okolju prijaznejši), običajno skušajo pridobiti finančne koristi iz takšnih dejavnosti, ki lahko v začetni fazi zahtevajo precejšnje vložke. Zato bi morala biti okoljska izboljšava nagrajena z različnimi nagradami ter z oznakami, ki potrošnike obveščajo o okoljskem vplivu izdelkov, da bi spodbujali trajnostno proizvodnjo in potrošnjo. V naslednjem delu se bomo osredotočili na okoljske oznake in certifikate.

3 Orodje za poenostavljeno izvedbo v praksi

Zaradi kompleksnosti področja so bila razvita orodja za poenostavljeno izvedbo ekodizajna. Eno takih orodij so t. i. "ekodizajn vprašalniki", skozi katere organizacije pridobijo dober vpogled v to, kako dobre so na posameznih področjih, kje so možne izboljšave, kje je največji potencial za izboljšave in kakšne so okoljske in poslovne koristi posameznih izboljšav. Tabeli z vprašanji prikazujemo v nadaljevanju.

Tabela 2: Tabela ključnih področij načrtovanja izvedbe ekodizajna – za presojo stanja

Ključna področja načrtovanja	Ključna vprašanja za načrtovalce /oblikovalce	Okoljske koristi	Poslovne koristi	Trenutno stanje (opisno + ocena)
Načrtovanje za pridobivanje materiala	Ali pri specifikaciji materialov in komponent upoštevate njihov vpliv na okolje v povezavi s težo, prostornino, uporabo recikliranih materialov, porabljeno energijo in vodo ter vpliv na biotsko raznovrstnost?	– Manjša izčrpanost virov. – Manjša poraba energije/vode. – Manjša transportna obremenitev. – Nižje emisije ogljikovega dioksida.	– Nižji stroški prevoza. – Izboljšana podoba podjetja.	
Načrtovanje za proizvodnjo	Ali ste razmišljali o spreminjanju proizvodnih procesov z namenom manjše porabe energije, vode, manjših količin odpadkov ter njihovi reciklaži?	– Nižje emisije CO₂ in manjša izraba vodnih virov. – Manjša izčrpanost virov.	– Nižji stroški energije. – Manj odpadkov. – Nižji stroški materiala.	

Ključna področja načrtovanja	Ključna vprašanja za načrtovalce /oblikovalce	Okoljske koristi	Poslovne koristi	Trenutno stanje (opisno + ocena)
Načrtovanje za transport in distribucijo	Ali upoštevate velikost, obliko in volumen vaših izdelkov iz vidika embalaže in transporta? Ali pri izbiri embalaže upoštevate porabo energije in vode ter nastajanje hlapnih organskih spojin ali nevarnih snovi?	- Nižje emisije CO2 in manjše izčrpavanje vodnih virov. - Manjša onesnaženost zraka. - Manj transporta - nižje emisije in manjša dotrajanost infrastrukture. - Manjša možnost izpusta nevarnih snovi v okolje.	- Nižji stroški prevoza. - Nižji stroški pakiranja.	
Načrtovanje za uporabo (vključno z instalacijo in vzdrževanjem)	Ali pri načrtovanju svojih proizvodov upoštevate njihovo porabo energije in/ali vode med uporabo? Ali upoštevate količino potrošnega materiala in nevarnih materialov, ki se sproščajo? Ali upoštevate življenjsko dobo in enostavno vzdrževanje proizvodov?	- Manjša potreba po novih virih-materialih. - Nižje emisije CO2. - Manjše izčrpavanje vodnih virov. - Manjša možnost izpusta nevarnih snovi v okolje.	- Nižji stroški življenjskega cikla za stranke. - Povečan dobiček zaradi višjih cen. - Nižji stroški vzdrževanja. - Dobra podoba proizvoda.	
Načrtovanje ravnanja z odpadki	Ali pri načrtovanju svojih proizvodov razmišljate o njihovi ponovni uporabi, odstranitvi ali reciklaži? Ali upoštevate nevarne snovi v proizvodih, ki se lahko sprostijo med razgradnjo ali reciklažo?	- Manjše število odlagališč. - Manjše povpraševanje po novih virih materialov. - Nižje emisije CO2. - Manjše izčrpavanje vodnih virov.	- Skladnost s predpisi. - Nižji stroški na koncu življenjskega cikla.	

Z drugim sklopom vprašanj, ki jih prikazujemo v tabeli 3, lahko še bolj natančno definiramo trenutno stanje in potencial posameznih izboljšav.

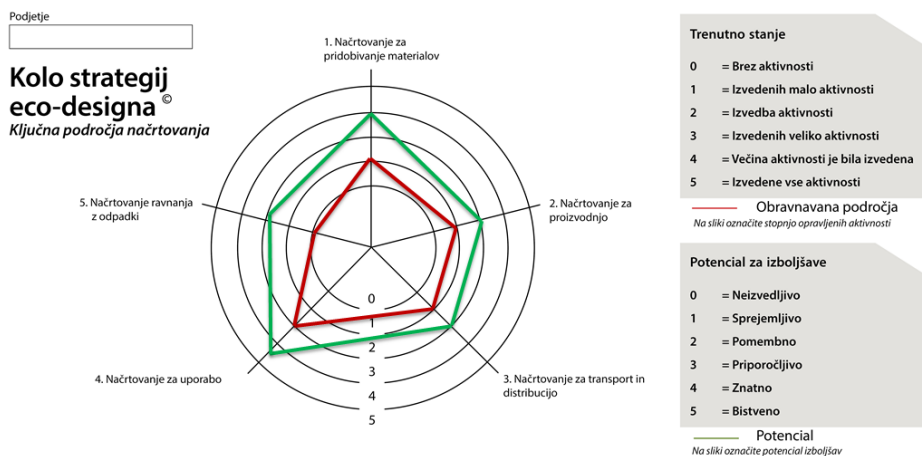
Tabela 3: Kontrolni seznam (priloga ekodizajn vprašalnika) za presojo trenutnega stanja in potenciala

Področje načrtov.	Možnosti izboljšanja načrtovanja	a) se že izvaja (npr. 0-5)	b) potencial (npr. 0-5)
Načrtovanje za pridobivanje materiala	Zmanjšajte težo in volumen proizvoda.		
	Povečajte uporabo recikliranega materiala, da bi nadomestili nov material.		
	Povečajte uporabo obnovljivih/trajnostnih materialov (npr. FSC za les).		
	Povečajte vgradnjo rabljenih komponent.		
	Zmanjšajte uporabo redkih materialov – baker postaja redek material.		
	Ukinite nevarne substance - substance, ki so v uredbi REACH 1907/2006 identificirane kot zelo nevarne substance (SVHC).		
	Izberite materiale, pridobljene iz rastlin ali živali, pri katerih je bilo pri vzreji uporabljeno malo ali nič umetnih gnojil.		
	Določite materiale, ki so proizvedeni s procesi, ki ne sproščajo ali sproščajo nizke koncentracije hlapnih organskih spojin.		
	Uporabite materiale z nižjo porabo energije/vode.		
Načrtovanje za proizvodnjo	Zmanjšajte porabo energije.		
	Zmanjšajte porabo vode.		
	Zmanjšajte količino odpadkov, ki nastane med proizvodnjo.		
	Uporabite interno obnovljene ali reciklirane materiale, ki so nastali iz proizvodnih odpadkov.		
	Med proizvodnjo zmanjšajte emisije v zrak, vodo in tla.		
	Zmanjšajte število delov.		
Načrtovanje za transport in distribucijo	Zmanjšajte velikost in težo proizvoda.		
	Optimizirajte obliko in volumen za čim večjo gostoto pakiranja.		
	Optimizirajte transport/distribucijo glede porabe goriva in emisij.		
	Optimizirajte pakiranje glede na uredbe.		
	Zmanjšajte težo in velikost embalaže.		
	Zmanjšajte porabljeno energijo in vodo za pakiranje.		
	Uporabite embalažo, ki med proizvodnjo sprošča nizke koncentracije hlapnih organskih spojin.		
	Povečajte uporabo recikliranih materialov za embalažo.		
	Ukinite nevarne substance v embalaži.		
Načrtovanje za uporabo (vključno z instalacijo in vzdrževanjem)	Zmanjšajte energijo, potrebno za uporabo.		
	Zmanjšajte porabo vode med uporabo.		
	Optimizirajte količino in lastnosti potrošnega materiala.		
	Podaljšajte življenjsko dobo proizvoda z načrtovanjem za obstojnost in zanesljivost.		
	Podaljšajte življenjsko dobo proizvoda z načrtovanjem za lažje vzdrževanje.		
	Zmanjšajte emisije v zrak, vodo in tla med uporabo.		
	Ukinite potencialno nevarne substance, ki se lahko sproščajo med uporabo.		

Področje načrtov.	Možnosti izboljšanja načrtovanja	a) se že izvaja (npr. 0-5)	b) potencial (npr. 0-5)
Načrtovanje ravnanja z odpadki	Omejite uporabo substanc, ki so uvrščene med nevarne (Direktiva RoHS 2011/65/EU) – samo za električne proizvode.		
	Povečajte enostavnost ponovne uporabe, demontaže in recikliranja.		
	Izogibajte se načrtovanju, ki slabo vpliva na ponovno uporabo ali recikliranje npr. mešanica materialov.		
	Zmanjšajte količino končnih odpadkov.		
	Zmanjšajte porabljeno energijo med demontažo in recikliranjem.		
	Zmanjšajte porabljeno vodo med demontažo in recikliranjem.		

V tabelo 3 vpisujemo številske ocene posameznega področja za trenutno stanje in sočasno ocenimo tudi potencial za izboljšave v prihodnosti. Če organizacija že izvaja 4 od desetih ukrepov, se to na intervalu od 1 do 5 oceni s številko 2. Tudi za potencial izračunamo delež, torej katere izmed vseh ukrepov je mogoče izvesti in izboljšati ter za koliko ocenjujemo, da to lahko storimo

S pomočjo grafičnega prikaza (npr. pajkovega diagrama) lahko nato ocenimo, katera so ključna področja načrtovanja izboljšav (kjer je največji razmak med trenutnim in potencialnim stanjem).



Slika 4: Grafični prikaz ključnih strategij za načrtovanje izboljšav

Vir: (Maribor Development Agency & Enterprise Europe Network, 2013; Obrecht, 2010)

4 Sklep

Opisani koncept ekodizajna omogoča sistematično "zelene" pristope v oskrbovalni verigi, pa tudi pri izdelkih, kjer dejanski poslovni primeri kažejo, da "zelena" oskrbovalna veriga ni nujno zapletena, če je dobro načrtovana in organizirana. Gre preprosto za izvajanje več ekonomskih in obenem tudi okoljskih koristi iz trenutnih operacij. Upravljanje oskrbovalne verige se danes sooča z novimi izzivi pravočasne proizvodnje, povečanih variacij izdelkov, proizvodnje serij velikosti ena, skrajševanja življenjskih ciklov izdelkov in storitev, hitro spreminjajočega se okolja ter povečanega okoljskega pritiska. Nedavno je slednje postalo prednostno med upravljalci oskrbovalne verige in inovativni načini za zeleno usmerjanje oskrbovalne verige se preučujejo. Ekodizajn je orodje za okolju prijazno oblikovanje izdelkov in storitev, ki omogoča okolju prijazno oskrbovalno verigo že v fazi oblikovanja izdelkov in oskrbovalne verige. Tu so še okoljski oznakovni programi, ki vključujejo razmišljanje o življenjskem ciklu kot potencialnem orodju za izboljšanje okoljske učinkovitosti oskrbovalne verige ter za komunikacijo s strankami. Zaradi omejenih naravnih virov in zavedanja, da je prihodnje blagostanje družbe in podjetij povezano z varovanjem okolja in uspešnostjo, so te ideje postale bolj relevantne kot kadarkoli prej. Vsa te načela so v prid ideji, da sta ekonomska rast in okoljska trajnostnost ne nasprotujoči si, temveč dopolnjujoči si ideji, ki povezujeta vse več deležnikov znotraj oskrbovalne verige.

Literatura in viri

- Albino, V., Balice, A., & Dangelico, R. M. (2009). Environmental strategies and green product development: An overview on sustainability-driven companies. *Business Strategy and the Environment*, 18(2), 83–96. <https://doi.org/10.1002/bse.638>
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision*.
- Ammenberg, J., & Sundin, E. (2005). Products in environmental management systems: Drivers, barriers and experiences. *Journal of Cleaner Production*, 13(4), 405–415. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2003.12.005>
- Andriankaja, H., Vallet, F., Le Duigou, J., & Eynard, B. (2015). A method to ecodesign structural parts in the transport sector based on product life cycle management. *Journal of Cleaner Production*, 94, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.026>
- Annunziata, E., Testa, F., Iraldo, F., & Frey, M. (2016). Environmental responsibility in building design: An Italian regional study. *Journal of Cleaner Production*, 112, 639–648. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.137>
- Bešter, J. (2017). *Economically efficient circular economy*. Institute for economic research.
- Brezet, H., Hemel, C. van, & Instituut, R. (1997). *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. United Nations Environment Programme, Industry and Environment, Cleaner Production.

- Dangelico, R. M., Pujari, D., & Pontrandolfo, P. (2017). Green Product Innovation in Manufacturing Firms: A Sustainability-Oriented Dynamic Capability Perspective. *Business Strategy and the Environment*, 26(4), 490–506. <https://doi.org/10.1002/bse.1932>
- Dekoninck, E. A., Domingo, L., O'Hare, J. A., Pigosso, D. C. A., Reyes, T., & Troussier, N. (2016). Defining the challenges for ecodesign implementation in companies: Development and consolidation of a framework. *Journal of Cleaner Production*, 135, 410–425. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.045>
- Denac, M., Obrecht, M., & Radonjič, G. (2018). Current and potential ecodesign integration in small and medium enterprises: Construction and related industries. *Business Strategy and the Environment*, 27(7), 825–837. <https://doi.org/10.1002/bse.2034>
- European Commission. (2014). *Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52014DC0398>
- Gerrard, J., & Kandlikar, M. (2007). Is European end-of-life vehicle legislation living up to expectations? Assessing the impact of the ELV Directive on 'green' innovation and vehicle recovery. *Journal of Cleaner Production*, 15(1), 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.06.004>
- International Energy Agency. (2009). *World Energy Outlook 2017 – Executive Summary*. IEA. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf>
- Johansson, G. (2002). Success factors for integration of ecodesign in product development: A review of state of the art. *Environmental Management and Health*, 13(1), 98–107. <https://doi.org/10.1108/09566160210417868>
- Maribor Development Agency, & Enterprise Europe Network. (2013). *Ecodesign – environmentally friendly design in construction industry*. MRA.
- Miedzinski, M., Charter, M., Doranova, A., Castel, J., & Roman, L. (2013). *Eco-Innovate! A Guide to Eco-innovation for SMEs and Business Coaches*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4107.3048>
- Niinimäki, K. (2006). Ecodesign and Textiles. *Research Journal of Textile and Apparel*, 10(3), 67–75. <https://doi.org/10.1108/RJTA-10-03-2006-B009>
- Obrecht, M. (2010). *Ecodesign of buildings*. Faculty of Economics and Business.
- Obrecht, M., & Knez, M. (2017). Carbon and resource savings of different cargo container designs. *Journal of Cleaner Production*, 155, 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.076>
- Plouffe, S., Lanoie, P., Berneman, C., & Vernier, M.-F. (2011). Economic benefits tied to ecodesign. *Journal of Cleaner Production*, 19(6), 573–579. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.12.003>
- Predeville, S., & Bocken, N. (2015). *Design for Remanufacturing and Circular Business Models*.
- Szegedi, Z., Gabriel, M., & Papp, I. (2017). Green supply chain awareness in the hungarian automotive industry. *Polish Journal of Management Studies*, 16, 259–268. <https://doi.org/10.17512/pjms.2017.16.1.22>
- Širec, K., Hojnik, B. B., Denac, M., & Močnik, D. (2018). *Slovenska podjetja in krožno gospodarstvo: Slovenski podjetniški observatorij 2017*. Univerzitetna založba Univerze.
- The 2030 Water Resource Group. (2009). *Charting Our Water Future Economic Frameworks to Inform Decision-making*. McKinsey. <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/charting-our-water-future>
- UNEP. (2017). *Life cycle management: A business guide to sustainability*. UNEP. <http://www.unep.org/resources/report/life-cycle-management-business-guide-sustainability>
- van Hemel, C., & Cramer, J. (2002). Barriers and stimuli for ecodesign in SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 10(5), 439–453. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00013-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00013-6)
- Verghese, K., Lewis, H., & Fitzpatrick, L. (2012). *Packaging for Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-988-8>
- Wong, S. K. S. (2013). Environmental Requirements, Knowledge Sharing and Green Innovation: Empirical Evidence from the Electronics Industry in China. *Business Strategy and the Environment*, 22(5), 321–338. <https://doi.org/10.1002/bse.1746>

TRAJNOSTNA ENERGETSKA SAMOOSKRBA

MATEVŽ OBRECHT, MARTIN FALE

Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje, Slovenija
matevz.obrecht@um.si, martin.fale1@um.si

Energetska samooskrba pomeni, da smo sposobni na mikrolokaciji zagotavljati dovolj električne energije za vzdrževanje vseh sistemov, ki za delovanje potrebujejo električno energijo. Za pridobivanje električne energije lahko uporabimo sončne elektrarne. Preko teh naprav pretvorimo energijo sonca v električno energijo. Če viška proizvedene elektrike ne moremo shraniti, ga oddamo v elektroenergetsko omrežje. Ker s sončnimi elektrarnami ne moremo zagotavljati neprekinjene proizvodnje, moramo ali shraniti višek proizvedene električne energije ali pa manjkajočo energijo pridobiti iz elektroenergetskega omrežja. Za hrambo potrebujemo hranilnike električne energije, baterije. Kot hranilnik lahko uporabimo tudi baterijski sklop električnih vozil. Z upravljanjem teh hranilnikov lahko uravnavamo dnevno povpraševanje po električni energiji na mikrolokaciji. Preko energetske tržnice električne energije lahko trgujemo z elektriko in tako učinkoviteje upravljamo s proizvedeno električno energijo. Sončno elektrarno lahko na mikrolokaciji združimo s toplotno črpalko in tako vzpostavimo povsem samozadosten energetski sistem mikrolokacije, ki je teoretično sposoben delovati neodvisno od elektroenergetskega omrežja.

DOI

[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.7](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.7)

ISBN

978-961-299-012-1

Ključne besede:

energetska samooskrba,
baterijski hranilniki,
sončne elektrarne,
pametno omrežje,
energetski management



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025.7](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025.7)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:

energy self-sufficiency,
battery storage systems,
solar power plants,
smart grid,
energy management

SUSTAINABLE ENERGY SELF-SUFFICIENCY

MATEVŽ OBRECHT, MARTIN FALE

University of Maribor, Faculty of Logistics, Celje, Slovenia
matevz.obrecht@um.si, martin.fale1@um.si

Energy self-sufficiency means that we are capable of generating enough electrical energy on a micro-level to power all systems that require electricity to operate. Solar power can be used to generate electrical energy. Through these devices, we convert solar energy into electrical energy. If we cannot store the excess electricity produced, we feed it back into the electrical grid. Since solar power plants cannot provide continuous production, we either need to store excess electrical energy or obtain the missing energy from the electrical grid. For storage, we require energy storage systems, such as batteries. A battery pack from electric vehicles can also be used as an energy storage system. By managing these storage systems, we can regulate the daily demand for electrical energy on a micro-level. Through an energy marketplace, we can trade electricity and manage the generated electrical energy of the micro-location. Combining a solar power plant with a heat pump on a micro-level can create a fully self-sufficient energy system for the micro-location, capable of operating independently of the electrical grid.



University of Maribor Press

1 Trajnostno upravljanje z električno energijo

1.1 Predstavitev okolja

Potreba po električni energiji narašča. V Sloveniji znaša končna poraba energije 82 kWh na prebivalca na dan, pri čemer na promet odpade 33 kWh, na ogrevanje gospodinjstev in industrije 28 kWh ter na električno energijo za gospodinjstva in industrijo 20 kWh¹ (Skupina GEN, 2025a). Največji delež energije v gospodinjstvih in v javnem sektorju porabimo za ogrevanje. Med največjimi porabniki energije v javnem sektorju so vzgojno-izobraževalne ustanove in dijaški domovi ter zdravstvene in socialno-varstvene ustanove. Večino energije v prometu porabimo za vožnjo, pri čemer več kot 60 % za vožnjo z osebnimi vozili (Skupina GEN, 2025b).

Električno energijo lahko proizvajamo s fosilnimi gorivi, v jedrskih reaktorjih ali z obnovljivimi viri energije. Pri fosilnih gorivih prednjačita plin in premog, pri obnovljivih virih energije pa veter, hidroenergija in sonce. Obnovljivi viri energije so tisti viri, ki jih zajemamo iz naravnih procesov in se obnavljajo kot posledica naravnih procesov ali človekovega delovanja. Tako jih lahko znova uporabimo za proizvodnjo energije (Lucey, 2023; Skupina GEN, 2025d). V Sloveniji približno enak delež električne energije proizvedemo v jedrski elektrarni, termoelektrarnah in hidroelektrarnah, manjši delež pa predstavljajo drugi obnovljivi viri, pretežno sončne elektrarne (Skupina GEN, 2025c).

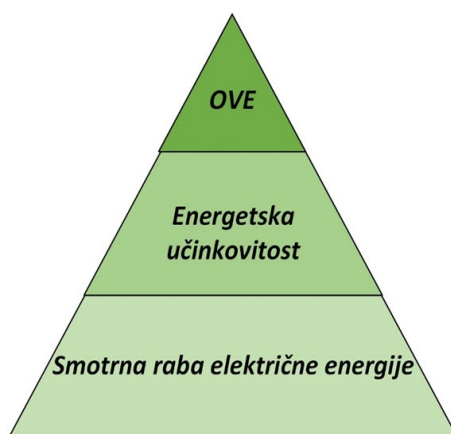
S proizvedeno električno energijo se trguje na energetskih borzah. Cena električne energije je določena na podlagi najdražjega vira energije (trenutno plina), upoštevajoč načelo vrstnega reda gospodarnosti. Najcenejša elektrika se proda najprej. Tu gre za elektriko, pridobljeno iz obnovljivih virov. Če te elektrike ni dovolj, električno energijo prodajajo iz drugih, dražjih virov elektrike, kot so plinske elektrarne ali termoelektrarne. Vendar se elektrika ne prodaja po ceni glede na proizvodni vir, ampak glede na ceno najdražjega načina proizvodnje elektrike (Consilium, 2023). Zato lahko distribucijska podjetja ustvarijo precejšnje dobičke s prodajo električne energije, pridobljene iz cenejših virov elektrike, predvsem iz obnovljivih virov. Energetska samooskrba odpravlja odvisnost od uvoza energije, kar zmanjšuje možne negativne posledice pri oskrbi z energijo, predvsem cenovna nihanja na trgu.

¹ Končna poraba ne upošteva izgub pri pretvorbah in odpadne toplote (Skupina GEN, 2025a).

Energetska samooskrba pomeni sposobnost nekega območja, da samo zadosti potrebam po energiji in tako ni odvisno od uvoza energije iz okoliških območij. Samooskrbno območje poseduje kapacitete za proizvodnjo in distribucijo energije do končnih porabnikov. Treba je izpostaviti redkost območij, ki posedujejo vse vrste energije, ki jih potrebujemo. Viri energije so namreč neenakomerno razporejeni, zato med območji obstajajo razlike pri prisotnosti različnih virov energije, kar pomeni, da moramo potrebno energijo pridobiti od drugod. Energetska samooskrba delno odpravlja izgube, ki nastanejo pri prenosu energije preko distribucijskega omrežja (Lucey, 2023; Iberdrola, 2025).

1.2 Energetska piramida

Trajnostno upravljanje z električno energijo je sestavljeno iz več korakov. Prikažimo to z energetske piramido. Prvi korak je, da smotrneje rabimo električno energijo. Zmanjšanje porabe električne energije nas ne stane nič. Premišljena raba električnih naprav namreč lahko prinese določene prihranke. Naslednji korak je energetska učinkovitost. Z zamenjavo in vgradnjo energetske učinkovitejših tehnoloških rešitev dosežemo prihranek pri rabi električne energije. Tu je prihranek električne energije večji, kot pa je pri zmanjšanju rabe električne energije. Vrh piramide predstavlja raba obnovljivih virov za pridobivanje električne energije, npr. vgradnja sončne elektrarne na mikrolokaciji (glej Sliko 7.1) (comorinsolar.com, b. d.).



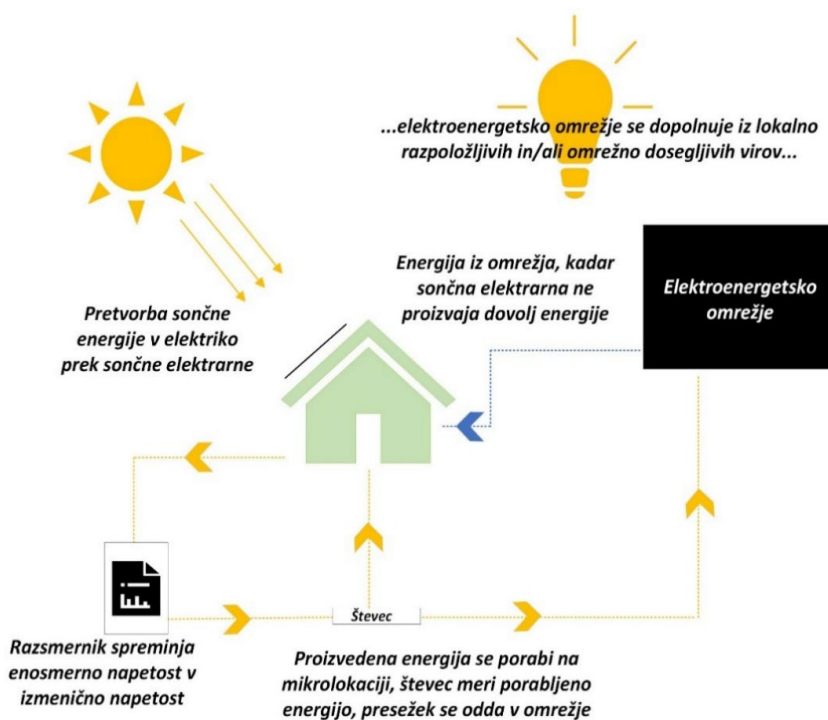
Slika 7.1: Shema energetske piramide

Vir: lasten

1.3 Energetski management

Energetski management nam omogoča upravljanje z električno energijo za zmanjšanje stroškov električne energije preko spremljanja rabe elektrike. Spremljanje porabe električne energije nam omogočajo vgrajeni števec za elektriko. Števci za elektriko omogočajo daljinsko odčitavanje in s tem spremljanje porabe na daljavo, kar lahko uporabimo pri energetskem managementu (Energetska izkaznica, b. d.).

Ker na proizvodnjo električne energije s sončnimi elektrarnami vpliva moč sonca, količine proizvedene energije ne moremo uskladiti s svojimi dnevnimi potrebami. V osvetljenem delu dneva lahko nastane presežek električne energije, kadar pa je moč sonca manjša, ali pa je noč, proizvodnje električne energije s sončnimi elektrarnami ni. Manjkajočo elektriko za svoje potrebe pridobimo iz elektroenergetskega omrežja. Presežena količina elektrike se prenese v last elektro podjetja, nekateri dobavitelji pa jo tudi odkupujejo (glej Sliko 7.2) (Pi-solarus, b. d.; termoshop.si, 2023).



Slika 7.2: Upravljanje s proizvedeno elektriko

Vir: lasten

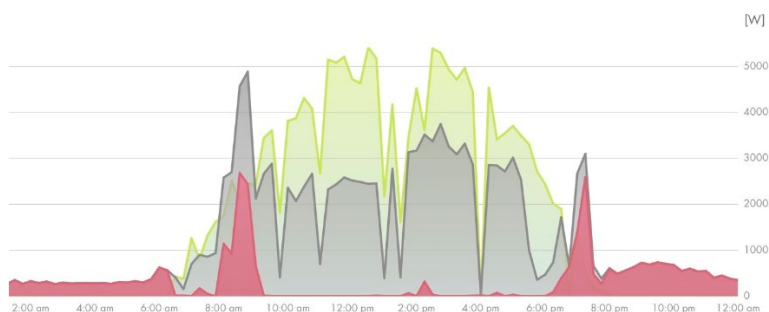
Uporabljajo pa se tudi druge možnosti upravljanja s presežkom proizvedene elektrike. Viške proizvedene električne energije sončnih elektrarn lahko prenesemo na drugo odjemno mesto v omrežju, ali pa prenesemo samim sebi za rabo v prihodnosti. Električno energijo lahko prenesemo kot kilovatne ure ali v deležu proizvedene električne energije (suncontract.org, 2023a). Tako lahko združimo več mikrolokacij v lasten, samooskrben sistem. Primer, presežek proizvedene električne energije na vikendu, ki je postavljen na sončno močno obsevani lokaciji, lahko uporabimo za polnjenje baterijskega električnega vozila doma. Takšen način upravljanja s presežkom proizvedene električne energije nudi možnost zmanjšanja stroškov elektrike za odjemalce in povečanja prihodkov s prodajo elektrike za proizvajalce brez posrednikov (suncontract.org, 2023b).

Sistemi upravljanja s presežkom proizvedene elektrike poslovnim odjemalcem nudijo možnost nakupa ali prodaje električne energije po cenah, ki se spreminjajo vsako uro, uporabniki pa lahko preverijo tudi cene elektrike po avkcijskem trgovanju za dan vnaprej (NGEN, b. d.a). Uporabnikom nudijo tudi možnost vključitve hranilnikov električne energije v trgovanje, kar da odjemalcem več možnosti za nakup električne energije, kadar je le-ta poceni ali za hrambo proizvedene električne energije za kasnejšo rabo (NGEN, b. d.b).

1.4 Pametno omrežje

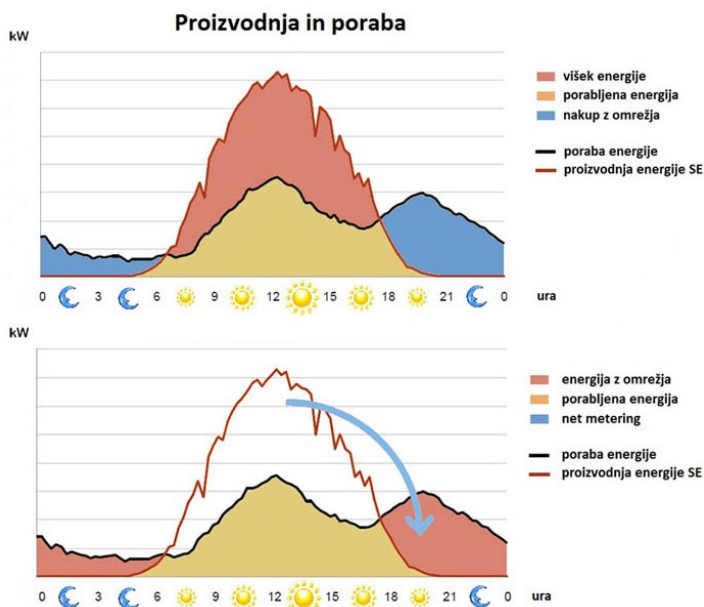
Pametno elektroenergetsko omrežje bo tisto omrežje, ki bo sposobno dnevno uravnavati proizvodnjo in povpraševanje. Če se osredotočimo na proizvodnjo električne energije čez dan, lahko ugotovimo, da več elektrike proizvedemo v osvetljenem delu dneva, kar je na Sliki 4 prikazano z zeleno barvo. Če je sončno obsevanje optimalno, preko sončnih elektrarn proizvedemo mnogo več elektrike kot pa, če je oblačno. Glede na povečano hitrost vetra ali večji pretok rek lahko proizvedemo več elektrike preko vetrnih elektrarn ali hidroelektrarn, kot smo načrtovali. Seveda je ob brezvetrju ali suši povsem obratno. To vodi v nastanek nihanj v proizvodnji električne energije, kar lahko čez dan ob določenih urah prispeva k presežku ali pomanjkanju elektrike. Ob presežkih moramo to energijo shraniti, če je le mogoče. V primeru pomanjkanja pa lahko pride do izpadov. Glede porabe, ki je na Sliki 4 prikazana s sivo barvo, lahko izpostavimo; raba v gospodinjstvih je višja zjutraj in zvečer kot pa čez dan, ko smo v službi ali šoli. Tu imamo največje pomanjkanje električne energije, pridobljene v osvetljenem delu dneva, kar je razvidno iz Slike 4. Manjkajočo energijo v neosvetljenem delu dneva

nam tako mora zagotoviti elektroenergetsko omrežje iz hranilnikov električne energije ali drugih, neprekinjeno delujočih proizvodnih virov, kar je na Sliki 3 prikazano z rdečo barvo. Cilj pametnega omrežja je doseči, da bomo tekom dneva porabljali višek električne energije, ki je do tedaj ostajal neizkoriščen ob določenem času in tako odpravili višek povpraševanja, kadar je proizvodnja elektrike manjša od trenutnih potreb (glej Sliko 7.3 in Sliko 7.4) (Let's Talk Science, 2019; Partlin, 2021; Ekart, 2023b).



Slika 3: Prikaz nihanja rabe električne energije v odvisnosti od časa

Vir: Partlin, 2021



Slika 4: Prikaz koncepta samooskrbe z elektriko

Vir: Ekart, 2023b

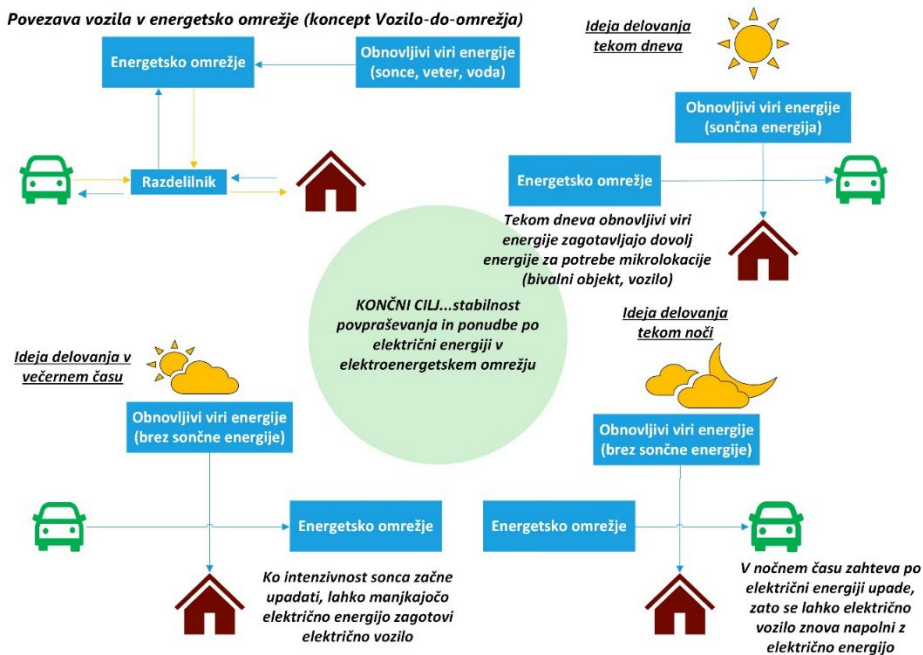
Samooskrba z elektriko² je mogoča s števcem, ki je vrtljiv v obe smeri. Ponoči meri rabljeno elektriko iz elektroenergetskega omrežja, podnevi pa od te količine odšteva elektriko, ki jo preko sončne elektrarne oddamo v omrežje. Samooskrba nam omogoča bodisi oddajanje viškov električne energije v omrežje bodisi odvzem električne energije iz omrežja (glej Sliko 4) (Ekart, 2023b).

1.5 Trajnostni energetski krog

Obnovljivi viri pridobivanja elektrike trenutno ne predstavljajo zanesljivega vira proizvodnje električne energije. Shranjevanje vse električne energije, pridobljene iz obnovljivih virov, ni finančno vzdržno zaradi visoke cene večjih zalogovnikov. Trajnostni energetski krog povečuje možnost rabe obnovljivih virov energije v elektroenergetskem omrežju preko shranjevanja električne energije na mikrolokacijah samih. Vsako novo baterijsko električno vozilo ali vtični hibrid namreč predstavlja nov zalogovnik električne energije in nam nudi novo lokacijo, ki jo lahko uporabimo za hrambo električne energije in s tem uravnavanje povpraševanja po elektriki. V trajnostnem energetskem krogu postane to baterijsko električno vozilo ali vtični hibrid del elektroenergetskega omrežja, ki je sposobno regulirati tako viške kot primanjkljaj elektrike. Višek energije se lahko skladišči v teh električnih vozilih ali v zalogovniku v hiši, ob povečanem povpraševanju v elektroenergetskem omrežju pa se lahko to shranjeno elektriko preusmeri iz teh mikrolokacij nazaj v omrežje do drugih porabnikov. Pri inštitutu Metron navajajo, da večina baterijske kapacitete teh električnih vozil ostaja neizkoriščena, ker se ta vozila uporabljajo le za premagovanje krajših razdalj med tednom. Uporaba tehnologije »Vozilo-do-omrežja«³ nam omogoča, da nerabljeno kapaciteto baterijskega sklopa v vozilu rabimo za blaženje povečanega povpraševanja v elektroenergetskem omrežju in hrambo presežkov. Večje število mikrolokacij v elektroenergetskem sistemu občutno poveča sposobnost skladiščenja električne energije, pridobljene iz obnovljivih virov energije. Skupek mikrolokacij lahko deluje tudi neodvisno od elektrodistribucijskega sistema kot samostojna enota, ki lahko pridobiva električno energijo iz obnovljivih virov in jo skladišči na mikrolokacijah v bližini do rabe (glej Sliko 5) (eauto.si, b. d.; Hanley, 2021).

² Angleško Net Metering.

³ Angleško Vehicle-to-grid.



Slika 5: Koncept vozilo-do-omrežja (V2G, tudi P2X)

Vir: lasten

2 Sončne elektrarne

2.1 Opredelitev sončne elektrarne

Sončna elektrarna ali fotonapetostni sistem pretvarja sončno energijo v električno energijo. Poznamo fotonapetostne oz. fotovoltaične sončne elektrarne in termalne sončne elektrarne. Fotonapetostna sončna elektrarna pretvori sončno sevanje v električno energijo. Preko polprevodniških materialov, npr. silicija, v sončni celici fotonapetostnega modula nastane električna napetost, ki poganja električni tok. Takšne sončne elektrarne imajo nizek izkoristek, nekje med 10 % in 20 %. Najnaprednejši sistemi dosegajo izkoristek 25 % (energija-solar.si, b. d.). Maksimalen izkoristek takšnega sistema sicer znaša 60 %. Če želimo doseči čim boljše delovanje sončne elektrarne, je treba ob namestitvi upoštevati lokacijo, torej kam nameravamo postaviti sončno elektrarno. Izbrano mesto naj bo čim bolj sončno obsevano. Nepravilna orientiranost in naklon sončne elektrarne ter morebitno senčenje v okolici zmanjšajo proizvodnjo električne energije. Priporoča se, da so sončne

elektrarne usmerjene proti jugu, vgrajene pod kotom 30° (trajnostnaenergija.si, b. d.). Fotonapetostni modul sicer deluje tudi v oblačnem vremenu, a količina proizvedene električne energije je manjša (Fraile, Latour, El Gammal, Annett & Nemač, b. d., str. 3). Pri termalni sončni elektrarni pa se elektrika proizvaja na takšen način, da se sončna energija koncentrira v neko snov, ki nato poganja turbino in preko turbine proizvaja električno energijo. Zasnova delovanja termalnih sončnih elektrarn je ista kot pri termoelektrarnah, le da se namesto kurjenja premoga za proizvodnjo električne energije izkorišča sončno energijo (Skupina GEN, 2023).

2.2 Vrste sončnih elektrarn

Glede na lokacijo vgradnje poznamo več vrst sončnih elektrarn. Hišne sončne elektrarne, priključene na elektroenergetsko omrežje, pridobivajo električno energijo preko modulov, ki so nameščeni na stanovanjskih objektih (Valenčič, 2022). Neposredna povezava v omrežje omogoča prodajo viškov, ob pomanjkanju elektrike pa jo lahko odvezujemo oz. odkupimo iz omrežja. Samostojne sončne elektrarne, priključene na elektroenergetsko omrežje, proizvajajo večje količine elektrike in so mnogo večje kot hišne sončne elektrarne. Postavljene so na večjih površinah zaradi boljše izrabe prostora. Otočni sistemi za elektrifikacijo oddaljenih območij so namenjeni območjem, kjer ni elektroenergetskega omrežja. Takšen sistem je podprt z akumulatorskimi baterijami za hrambo elektrike in lahko z elektriko oskrbuje posamezen objekt ali pa združuje več lokacij v manjše samostojno omrežje. Pri hibridnih sistemih se sončna elektrarna kombinira z drugim virom energije, da se omogoči neprekinjena oskrba z elektriko. Sončne elektrarne na končnih izdelkih se uporabljajo na električnih napravah samih in zagotavljajo vso potrebno energijo za delovanje električne naprave ali le del. Otočne industrijske naprave se uporabljajo za dovajanje električne energije na območja, ki so zelo oddaljena od elektroenergetskega omrežja. Tako ni visokih stroškov za izgradnjo novega elektroenergetskega omrežja (Fraile, Latour, El Gammal, Annett & Nemač, b. d., str. 10-11). Možne lokacije za vgradnjo posameznih vrst sončnih elektrarn so navedene v Tabeli 1.

Tabela 1: Lokacije vgradnje posameznih vrst sončnih elektrarn

Vrsta sončne elektrarne	Lokacije vgradnje
Hišne sončne elektrarne	Strehe, zunanje stene, fasade in balkoni stanovanjskih objektov, senčila na oknih.
Samostojne sončne elektrarne	Strehe večjih industrijskih objektov ali javnih zgradb, na območju letališč ali železniških postaj,
Otočni sistemi za elektrifikacijo odmaknjenih območij	Na vseh območjih, kjer ni vzpostavljeno elektroenergetsko omrežje, gorske koč.
Hibridni sistemi	Pri vetrnih turbinah, poleg generatorjev.
Otočne elektrarne na končnih izdelkih	Ure, žepni računalniki, igrače, polnilci baterij, vozila, prometni znaki, luči, parkirni avtomati, telefonske govornice.
Otočne industrijske naprave	Stebri za mobilno komunikacijo, prometna signalizacija, pomorska navigacija, odročna razsvetljava, naprave za obdelavo vode.

Vir: Fraile, Latour, El Gammal, Annett & Nemas, b. d., str. 10-11.

2.3 Prednost in slabosti uporabe sončnih elektrarn

Prednosti uporabe sončnih elektrarn so v nizkih obratovalnih stroških, ni zvočnega onesnaževanja okolice s hrupom, pri delovanju ne oddajajo toplogrednih plinov. Omogočajo nam še razpršeno proizvodnjo, saj so lahko kolektorji nameščeni tudi na posameznih napravah, ki za delovanje potrebujejo električno energijo in tako ni potrebe, da je porabnik blizu električnega omrežja. Če so ena izmed prednosti nizki obratovalni stroški, so velika slabost visoki naložbeni stroški. Izpostaviti je treba še zanesljivost sončne energije kot vira energije. Proizvodnja električne energije s sončnimi elektrarnami je odvisna od količine sončnega obsevanja, zato obstaja velika verjetnost, da proizvodnja električne energije le s sončnimi elektrarnami ne bo zadostila povpraševanju po električni energiji (Skupina GEN, 2023). Raba sončne energije pa ni omejena na proizvodnjo električne energije, saj jo lahko izkoristimo tudi za pripravo tople vode in ogrevanje prostorov (trajnostnaenergija.si, b. d.). Sončne elektrarne lahko zaradi modularne zasnove nadgradimo, da povečamo njihovo zmogljivost zaradi povečanih potreb po električni energiji, npr. zaradi vgradnje polnilnice za baterijsko električno vozilo ali toplotne črpalke (termoshop.si, 2023). Module sončne elektrarne je mogoče reciklirati in jih znova uporabiti pri proizvodnji fotonapetostnih modulov. Tako sklenemo življenjski krog fotonapetostnih modulov (trajnostnaenergija.si, b. d.).

Pri vsaki naložbi nas zanima čas za povrnitev naložbe. To velja tudi za sončne elektrarne. Na voljo imamo orodja, s katerimi si lahko izračunamo prihranek električne energije in čas, kdaj se nam povrne naložba v sončno elektrarno. Za npr.

100 m² veliko streho se naložba v sončno elektrarno z močjo 6,72 kW povrne v 6,5 letih. Če trenutno povprečno plačujemo 70 EUR mesečno za električno energijo, v 30 letih, kolikor je življenjska doba sončne elektrarne, z vgradnjo le-te privarčujemo 7.669 EUR pri povprečnem mesečnem strošku električne energije (vrhunskaemobilnost.si, b. d.).

2.4 Izzivi pri integraciji sončnih elektrarn

Spodbujanje namestitve sončnih elektrarn s strani države in ponudnikov sončnih elektrarn je naletelo na veliko oviro, in sicer zmogljivost obstoječega distribucijskega omrežja. Posledično distribucijska podjetja zavračajo vloge za postavitev sončnih elektrarn. Vpeljava sistema neto meritev leta 2016 je namreč povzročila izjemno rast zanimanja za vgradnjo sončnih elektrarn, saj so si gospodinjstva z vgradnjo sončne elektrarne lahko občutno zmanjšala strošek za električno energijo. Med drugim so bila oproščena plačevanja omrežnine, čeprav lastniki sončnih elektrarn še vedno koristijo distribucijsko omrežje tako za oddajo viškov proizvedene električne energije kot tudi za prejem električne energije iz distribucijskega omrežja, kadar proizvodnja na mikrolokaciji ne zadosti trenutni rabi (Zgonik, 2023).

Težava je tudi v predimenzioniranosti sončnih elektrarn glede na potrebe gospodinjstev, kar je pri gospodinjstvih dejansko povzročilo povečanje rabe električne energije zaradi želje, da bi čim manj viškov proizvedene električne energije oddala v distribucijsko omrežje. Zato so gospodinjstva začela kombinirati sončno elektrarno s toplotno črpalko ali polnilno postajo za električna vozila zaradi nakupa takšnega vozila. Težava pri tem načinu razmišljanja nastopi v obdobju leta, ko je proizvodnja manjša. Gospodinjstva zaradi vgradnje dodatnih porabnikov električne energije potrebujejo še več električne energije iz distribucijskega omrežja in s tem se povečuje potreba po električni energiji. Industrija to težavo rešuje z vgradnjo hranilnikov energije, prednost za industrijo pa predstavlja tudi organiziranost delovnega procesa, ki je prilagojen delu dneva, ko je proizvodnja električne energije največja. Večja samooskrba industrije pomeni tudi manjšo obremenitev distribucijskega omrežja. Poudariti je treba tudi pomen spodbud za vgradnjo sončnih elektrarn. Sistem neto meritev je znova obudil zanimanje za vgradnjo sončnih elektrarn, ki je popolnoma zamrlo po ukinitvi državnih subvencij (Zgonik, 2023).

2.5 Projekcije na področju implementacije sončnih elektrarn do leta 2050

V okviru projekta LIFE Podnebna pot 2050 je bila izvedena raziskava, ki je ugotavljala potencial sončnih elektrarn na strehah objektov v Sloveniji do leta 2050. Za modeliranje potenciala sončnih elektrarn so uporabili podatke o osončenju, razdelane po lokalnih enotah, oceno deleža razpoložljivih površin za postavitve sončnih elektrarn, kjer so zajeli obstoječe stavbe, parkirišča in degradirana okolja, uporabna za postavitve sončne elektrarne, oceno vpliva podnebnih sprememb zaradi dvigovanja povprečne temperature, oceno ekonomskih parametrov in oceno drugih vplivov na delovanje sončnih elektrarn, npr. povečevanje izkoristka sončnih panelov zaradi napredka tehnologije. Raziskava je ugotovila, da je tehnični potencial sončnih elektrarn v Sloveniji za proizvodnjo električne energije 27 teravatnih ur letno, kar je skoraj dvakratnik proizvedene količine električne energije v letu 2020, ko smo v Sloveniji proizvedli 16,5 teravatne ure električne energije. Ugotovljeno je bilo tudi, da bodo referenčni stroški sončnih elektrarn v letu 2050 znašali med 40 in 105 EUR na megavatno uro. Za 2020 so bili ti stroški ocenjeni med 70 in 170 EUR na megavatno uro, kar pomeni, da naj bi se ti stroški do leta 2050 občutno zmanjšali (Kovač, Urbančič & Staničič, 2018, str. 13-49).

3 Toplotne črpalke

3.1 Opredelitev pojma toplotne črpalke

Za ogrevanje in hlajenje lahko uporabimo toplotne črpalke. Toplotna črpalka s pomočjo električne energije prenaša toploto iz toplotnega vira, kar so lahko zrak ali voda ali zemlja, v ogrevalni sistem. Vso potrebno energijo za ogrevanje toplotna črpalka dobi iz okolice. Za delovanje toplotna črpalka izkorišča obnovljive vire energije in pri tem ne proizvaja škodljivih emisij toplogrednih plinov. S kombinacijo sončne elektrarne in toplotne črpalke lahko postane neka mikrolokacija popolnoma samooskrbna (termoshop.si, 2023). Toplotni viri toplotne črpalke se med seboj razlikujejo. Zemlja in voda nudita konstantno temperaturo skozi vse leto, pri zraku pa se temperatura spreminja. Pri vodi se lahko pojavi težava v razpoložljivosti vira zaradi nihajočega vodostaja in kakovosti vode, medtem ko pri zemlji in zraku teh težav ni (Kronoterm, b. d.a).

Ločimo ogrevalne toplotne črpalke in sanitarne toplotne črpalke. Ogrevalne toplotne črpalke delimo glede na toplotni vir in glede na doseg temperature. Glede na toplotni vir ločimo toplotne črpalke zrak/voda, toplotne črpalke voda/voda, toplotne črpalke zemlja/voda in hibridne toplotne črpalke zemlja/zrak. Glede na temperaturo ločimo toplotne črpalke, ki delujejo v visokotemperaturnem režimu in toplotne črpalke, ki delujejo v nizkotemperaturnem režimu. Sanitarne toplotne črpalke delujejo s pomočjo enega toplotnega vira, in sicer zraka (Kronoterm, b. d.a). Glavna karakteristika toplotne črpalke je grelno število, ki predstavlja razmerje med pridobljeno toploto in vloženo električno energijo. Prikaže nam, koliko kWh toplotne energije dobimo iz vložene 1 kWh električne energije. Primer, če s sončno elektrarno proizvedemo 3.000 kWh električne energije in imamo toplotno črpalko, lahko s to elektriko pridobimo približno 9.000 kWh toplote za ogrevanje objektov. Grelno število je v tem primeru 3. Z integracijo toplotnih črpalk in sončnih elektrarn lahko učinkovito dosežemo energetske samooskrbo, a le ob upoštevanju neto poročuna na daljše časovno obdobje, npr. na letni ravni. Za samooskrbo na dnevni ali tedenski ravni pa bi bilo potrebno v tovrsten energetski krog integrirati tudi hranilnik energije v obliki baterije (Kronoterm, b. d.b).

Tabela 2: Primerjava prihrankov z različnimi energenti, preračunano na dan 6. september 2023

Energent	Cena enote	Letno potrebna količina energenta	Letni strošek ogrevanja	Letni strošek ogrevanja vode	CO ₂ emisije	Prihranek CO ₂ emisij s toplotno črpalko
Toplotna črpalka	0,14 €	4.852,22 kWh	771,43 €	92,12 €	2.572 kg	
Zemeljski plin	0,81 €	2.652,63 m ³	1.832,09 €	316,54 €	5.090 kg	2.519 kg
Plin UNP	0,97 €	3.625,90 m ³	2.998,97 €	518,16 €	5.418 kg	2.846 kg
Peleti	222,00 €	5,14 m ³	973,51 €	168,20 €	9.828 kg	7.256 kg
Drva	55,00 €	25,20 m ³	1.181,81 €	204,19 €	9.828 kg	7.256 kg
Kurilno olje	1,08 €	2.500,00 l	2.302,23 €	397,77 €	6.678 kg	4.106 kg
Elektrika	0,14 €	25.200,00 kWh	3.008,24 €	519,76 €	13.356 kg	10.784 kg

Vir: Sagadin, b. d.

Za primer si vzemimo 4-člansko družino iz Maribora, ki živi v stanovanjskem objektu s 170 m² bivalne površine. Za ogrevanje trenutno uporablja peč na kurilno olje. Letno porabi 2.500 litrov kurilnega olja. Prostore ogreva z radiatorji, količina porabljene sanitarne vode pa ne odstopa od povprečja. Z vgradnjo toplotne črpalke bi družina na letni ravni privarčevala okoli 2.000 EUR, izpusti CO₂ pa bi se zmanjšali

za okoli 4 tone (Sagadin, b. d.). Podrobnejša primerjava prihrankov z različnimi energenti za naš primer je podana v Tabeli 2.

Prihranek pa lahko izračunamo tudi za različne vrste toplotnih črpalk in za daljše obdobje. Za primer si vzemimo 4-člansko družino, ki živi na 170 m² bivalne površine. Za ogrevanje trenutno uporablja peč na kurilno olje. Letno porabi 2.500 litrov kurilnega olja. Starost peči na kurilno olje je 20 let (ceu.ijs.si, b. d.). Podrobnejša primerjava prihrankov z različnimi energenti za daljše obdobje je podana v Tabeli 3.

Tabela 3: Primerjava prihrankov z različnimi energenti s prikazom skupnih stroškov v 20 letih, preračunano na dan 6. september 2023

Vrsta ogrevanja	Letni stroški	Skupni stroški v 20 letih	Letni prihranki pri stroških rabe energenta	Letne CO ₂ emisije
Daljinsko ogrevanje	1.300 EUR	26.600 EUR	1.620 EUR	6.900 kg
Toplotna črpalka voda/voda	1.700 EUR	33.260 EUR	1.810 EUR	1.900 kg
Toplotna črpalka zemlja/voda s horizontalnimi kolektorji	1.700 EUR	33.820 EUR	1.820 EUR	1.900 kg
Toplotna črpalka zemlja/voda z geosondami	1.700 EUR	34.600 EUR	1.850 EUR	1.800 kg
Toplotna črpalka zrak/voda	1.800 EUR	35.920 EUR	1.470 EUR	2.700 kg
Ogrevanje s peleti	1.900 EUR	37.900 EUR	1.510 EUR	
Ogrevanje s poleni	2.000 EUR	40.820 EUR	1.340 EUR	
Ogrevanje s sekanci	2.200 EUR	44.800 EUR	1.630 EUR	

Vir: ceu.ijs.si, b. d.

4 Električna vozila

4.1 Baterijska električna vozila

Baterijska električna vozila so vozila, ki za delovanje rabijo električno energijo, ki je shranjena v baterijskem sklopu vozila. Ta zagotavlja energijo elektromotorju, ki omogoči premikanje vozila. Polnjenje baterijskega sklopa vozila poteka večinoma preko polnjenja z elektriko iz električnega omrežja na polnilnih mestih. Baterijska električna vozila omogočajo tiho vožnjo brez emisij in so cenejša za vzdrževanje ter polnjenje kot pa vozila z motorjem z notranjim izgorevanjem. Oviro pri uporabi baterijskih električnih vozil predstavljajo: majhen doseg, višja cena ob nakupu in

obstoječa mreža polnilne infrastrukture, saj je občutno manj razvejana kot pa mreža črpalk za vozila z motorjem z notranjim izgorevanjem (DriveClean, 2021a).

Povrnitev naložbe v baterijsko električno vozilo se razlikuje glede na segment avtomobilov. V segmentu mestnih avtomobilov se naložba v nakup baterijskega električnega vozila povrne v osmih letih ob prevoženih 200.000 kilometrih oz. v šestih letih ob predpostavki brezplačnega polnjenja. V segmentu športnih terencev se stroškovna izenačitev v primerjavi z vozilom z dizelskim motorjem doseže v 4,7 leta oz. po prevoženih 118.000 kilometrih, v primerjavi z vozilom z bencinskim motorjem pa po 15,6 leta oz. po prevoženih 391.000 kilometrih. Pri razredu premijskih vozil se naložba povrne v manj kot letu dni, saj med pogoni dražjih vozil ni takšnih razlik v ceni, kot je npr. v segmentu mestnih avtomobilov (Božin, 2022).

4.2 Priključni hibridi

Hibridna vozila so vozila, ki za premikanje uporabijo kombinacijo motorja z notranjim izgorevanjem in elektromotorja, ki mu energijo zagotavlja baterijski sklop v vozilu. Prednosti kombinacije obeh načinov pri hibridih sta v zmanjšani porabi goriva in v manjših emisijah izpušnih plinov (DriveClean, 2021b). Priključni hibridi združujejo značilnosti baterijskih električnih vozil in hibridnih vozil. V enem vozilu sta združena električni motor z baterijskim sklopom, ki ga lahko napolnimo preko električnih polnilnic in klasični motor z notranjim izgorevanjem. Priključni hibrid omogoča vožnjo na elektriko tako pri nižjih kot višjih hitrostih, seveda na krajših razdaljah. Doseg vožnje na elektriko je še manjši, kot pa je doseg pri baterijskih električnih vozilih. Ko se baterijski sklop izprazni, vozilo preklopi na motor z notranjim izgorevanjem. Na takšen način se baterijskemu električnemu vozilu občutno podaljša doseg. Polnjenje priključnega hibrida z električno energijo poteka na polnilnih mestih za električna vozila, rezervoar z gorivom pa se napolni na bencinski črpalki. Cilj je, da bi čim več vsakodnevnih poti opravili izključno na elektriko in samo po potrebi uporabili motor z notranjim izgorevanjem. Tak način delovanja vozila občutno podaljša doseg vozila, zmanjša emisije izpušnih plinov med vožnjo, na voljo pa imamo obsežnejšo mrežo polnilnih mest kot pa za baterijska električna vozila (DriveClean, 2021c).

4.3 Vozila na gorivne celice in medsebojna primerjava električnih vozil

Vozila na gorivne celice preko gorivnih celic pretvorijo tekoči vodik (gorivo za gorivne celice) v električno energijo, kar poganja elektromotor in s tem vozilo. Tako kot baterijsko električno vozilo, vozilo na gorivne celice med delovanjem ne proizvaja nobenih izpustov. Kot stranski proizvod pri pretvarjanju vodika v elektriko nastaja voda. Glede na doseg, polnjenje z gorivom in vozne lastnosti, so vozila na gorivne celice primerljiva vozilom z motorjem z notranjim izgorevanjem (DriveClean, 2021d). Razlike med posameznimi vrstami električnih vozil so podane v Tabeli 4.

Tabela 4: Medsebojna primerjava vrst električnih vozil

Tip vozila	Baterijsko električno vozilo	Hibridno vozilo	Priključni hibrid	Vozilo na gorivne celice
Vir energije	Elektrika	Gorivo	Elektrika, gorivo	Tekoči vodik
Polnjenje vozila	Polnilno mesto za električna vozila	Bencinska črpalka	Bencinska črpalka, polnilno mesto za električna vozila	Bencinska črpalka s tekočim vodikom
Emisije toplogrednih plinov	Brez emisij	Da, kadar vozilo deluje na motor z notranjim izgorevanjem	Da, kadar vozilo deluje na motor z notranjim izgorevanjem	Brez emisij

Vir: DriveClean, 2021a; DriveClean, 2021b; DriveClean, 2021c; DriveClean, 2021d.

Če primerjamo baterijska električna vozila in hibridna vozila z bencinskimi oz. dizelskimi različicami, lahko ugotovimo, da so baterijska električna vozila in hibridna vozila že nekaj let cenovno primerljiva z vozili z motorjem z notranjim izgorevanjem. Primerjalni test iz leta 2018 (Lukić) je prikazal primerljivost teh vozil na podlagi stroškov na prevoženi kilometer. Če vozilo v 5 letih prevozi 50.000 km, znašajo stroški na prevoženi kilometer za baterijsko električno vozilo 0,41 EUR, za hibridno vozilo 0,40 EUR, za vozilo z bencinskim motorjem 0,40 EUR in za vozilo z dizelskim motorjem 0,41 EUR. Če pa vozilo v 5 letih prevozi 125.000 km, znašajo stroški na prevoženi kilometer za baterijsko električno vozilo 0,18 EUR, za hibridno vozilo 0,16 EUR, za vozilo z bencinskim motorjem 0,16 EUR in za vozilo z dizelskim motorjem 0,18 EUR.

5 Hranilniki energije

5.1 Opredelitev pojma hranilnika energije

Hranilniki energije ali baterije so naprave, ki shranjeno kemično energijo pretvorijo v električno energijo. Baterije lahko razdelimo na primarne in sekundarne. Primarne baterije so tiste, ki jih ne moremo ponovno napolniti in jih po koncu uporabe zavržemo, sekundarne baterije pa so tiste, ki jih lahko ponovno napolnimo. Rečemo jim tudi akumulatorji (Linden, 1995, str. 20-22).

5.2 Potrebne karakteristike baterij

Od vrste porabnika je odvisno, kakšne karakteristike naj ima baterija. Baterije za baterijska električna vozila morajo imeti dovolj visoko gostoto energije za zadosten doseg vozila, dovolj moči za pospeševanje vozila, dolgo življenjsko dobo baterijskega sklopa ob minimalnem vzdrževanju in nizko ceno. Baterije za hibridna vozila morajo imeti dovolj moči za pospeševanje vozila, sposobnost stalnega polnjenja preko regenerativnega zaviranja, zelo dolgo življenjsko dobo in nizko ceno. Elektronske naprave zahtevajo poceni in dostopne baterije, ki imajo veliko moč in gostoto energije. Baterije za naprave, ki so del energetskega omrežja, morajo imeti nizke naložbene stroške, morajo biti zanesljive in imeti veliko moč ter gostoto energije. Za vse baterije za različne porabnike pa sta obvezna varno delovanje in minimalni vpliv na okolje pri proizvodnji, rabi in odstranitvi iz rabe (Symons & Butler, 1995, str. 1187). Baterije, ki se uporabljajo za hrambo električne energije, omogočajo rabo električne energije tudi v primeru okvar, popravil ali izpadov elektrike v elektroenergetskem omrežju, kar je ključno za samooskrbo mikrolokacije (termoshop.si, 2023).

5.3 Ponovna raba baterij izrabljenih električnih vozil

Ugotovljeno je bilo, da baterije, ki so del baterijskega sklopa v električnih vozilih, po izteku predvidene dobe uporabnosti kot del pogonskega sklopa vozila še vedno ohranjajo 70 % prvotne kapacitete in bi bile uporabne še vsaj deset let kot hranilniki električne energije (nrel.gov, b. d). Raziskava avtorjev Wood, Alexander in Bradley (2011), ki se je osredotočila samo na priključne hibride, je ugotovila, da je delež preostale kapacitete baterijskega sklopa pri teh vozilih kar 80 %. Glede na večanje števila električnih vozil na cestah, se bo skladno s tem sčasoma povečevalo tudi

število odpadnih električnih vozil in s tem število baterij, primernih za hranilnike električne energije. Da pa bi shranjevali električno energijo v takšnih hranilnikih, bi morala cena takšnih sistemov pasti za 90 % na 0,05 EUR/kWh (battery council.org, 2022). Trenutno takšna hramba električne energije ni ekonomsko smiselna (Lamp & Samano, 2022). Vseeno pa lahko dosežemo prihranek pri ceni elektrike. Porabnik s 5.000 kWh letne rabe elektrike lahko preko sončne elektrarne in hranilnika pri 80 % samooskrbi z elektriko ob trenutnih reguliranih cenah prihrani 680 EUR, ob pričakovanem dvigu cene električne energije po izteku obdobja regulacije pa še več. Če bi cena narasla na raven cen za nemška gospodinjstva, bi letni prihranek znašal kar 1.800 EUR (Ekart, 2023a).

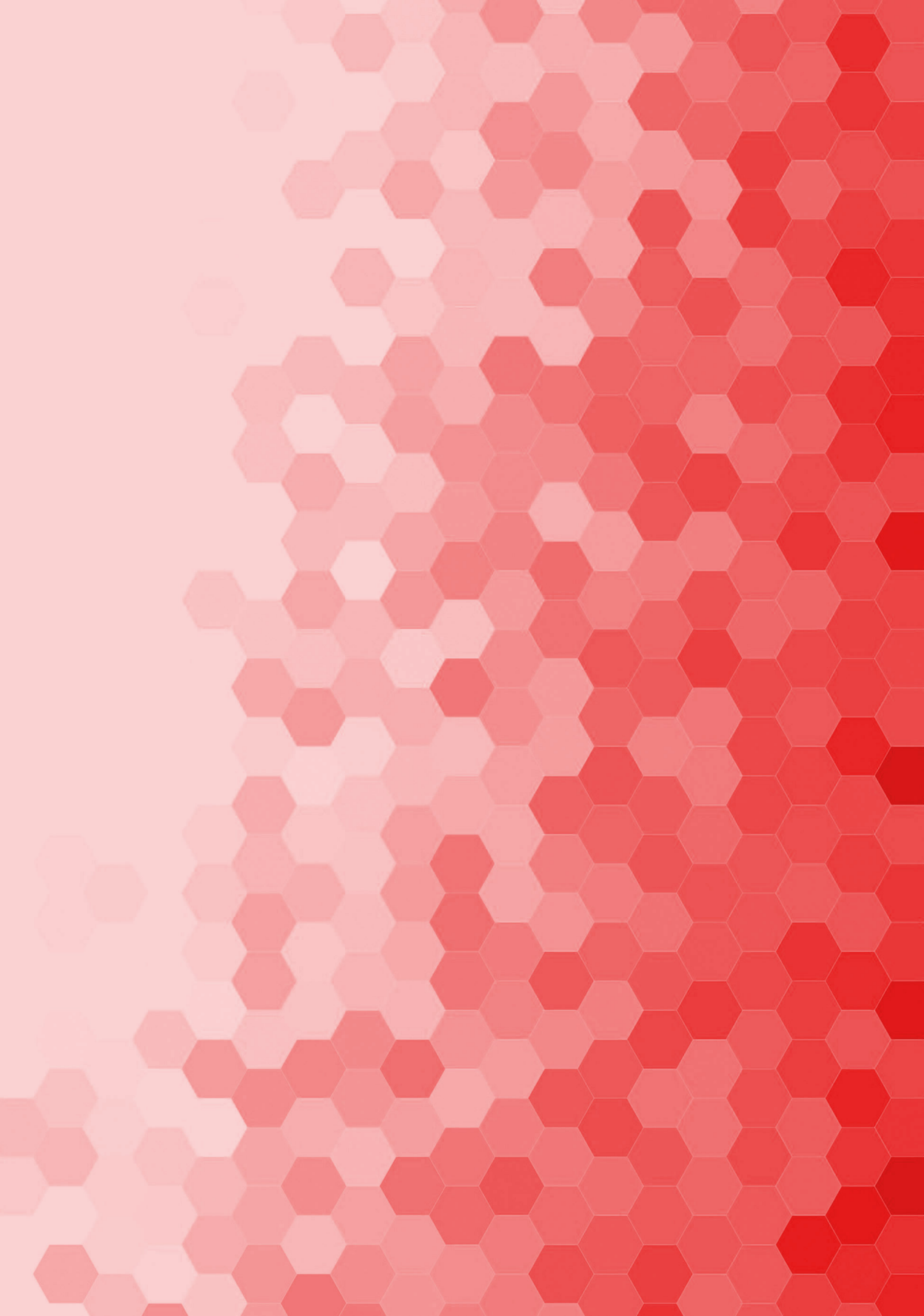
Zmeraj večji poudarek podjetij, ki pokrivajo različne člene v oskrbovalnih verigah in delujejo na različnih geografsko oddaljenih predelih sveta in gospodinjstev na večji lastni proizvodnji energije, večanje učinkovitosti in zniževanje rabe energije, kažejo na to, da je sektor upravljanja z energijo med prioritetskimi področji, saj je strošek energije lahko tudi prevladujoč strošek izbranega energetskega intenzivnega podjetja. Zaradi relativno visokih cen energije v EU je to pri nas še toliko bolj vidno. Trajnostna energetska samooskrba nas dela bolj odporne na motnje v oskrbi in neodvisne od dobaviteljev. Omogoča izrabo lastnih virov in v kombinaciji z naprednimi sistemi prožnosti v elektroenergetskem sistemu prinaša zanesljivost in večjo dodano vrednost, ki se ustvari v lokalnem okolju. Samooskrba pa bo mnogo bolj učinkovita, če bo vzpostavljena in bo delovala na ravni celotne EU in ne le na mikrolokacijah. Proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov kot tudi raba energije sta namreč razpršeni, časovno pogojeni in variabilni, zato je smiselno med seboj povezati večje sisteme, s čimer dosežemo večjo stabilnost in robustnost sistema.

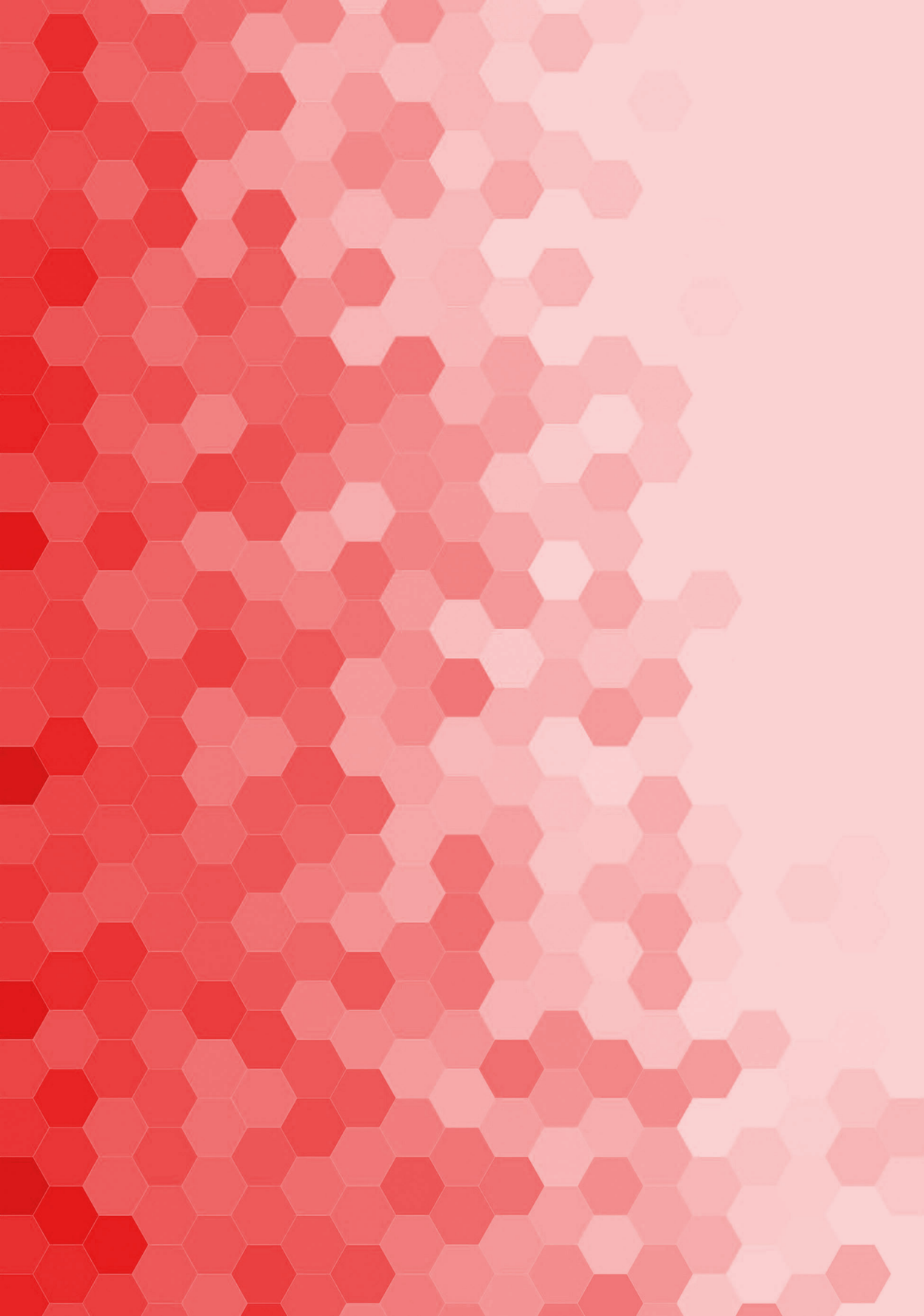
Literatura in viri

- battery council.org. (2022). *DOE Says Lead Batteries Have Better Chance of Achieving Target Energy Storage Goals Than Lithium-Ion Batteries*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://battery council.org/lead-batteries-better-chance-to-achieve-energy-storage-goals/>
- Božin, U. (2022, 18. avgust). *Po koliko kilometrih se povrne nakup električnega avta*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://si.bloombergadria.com/ostalo/avto/7333/elektricni-avto-po-koliko-kilometrih-se-povrne-nakup/news>
- ceu.ijs.si. (b. d.). *Replace Kalkulator menjave ogrevalnega sistema*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://ceu.ijs.si/projekti/zamenjaj-star-kotel.html>
- comorinsolar.com. (b. d.). *Energy Pyramid – The Holy Grail of Energy & Sustainability*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://www.comorinsolar.com/blog/energy-pyramid-the-holy-grail-of-energy-sustainability/>

- Consilium. (2023). *Kako se proizvaja in prodaja električna energija v EU?* Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://www.consilium.europa.eu/sl/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>
- DriveClean. (2023a). *Battery-Electric Cars* Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://driveclean.ca.gov/battery-electric>
- DriveClean. (2023b). *Hybrid Electric Cars*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://driveclean.ca.gov/hybrid>
- DriveClean. (2023c). *Hydrogen Fuel Cell Electric Cars*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://driveclean.ca.gov/hydrogen-fuel-cell>
- DriveClean. (2023d). *Plug-in Hybrid-Electric Cars*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://driveclean.ca.gov/plug-in-hybrid>
- eauto.si. (b. d.). *Trajnostno energetske kroge*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://eauto.si/sl/projekti-3/trajnostni-energetski-krog/>
- Ekart, J. (2023a, 11. februar). *Hranilnik električne energije - cena in prihranki*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://www.varcevanje-energije.si/fotovoltaične-elektarne/powerwall-tesla-in-sončna-elektarna.html>
- Ekart, J. (2023b, 4. september). *Kako deluje samooskrba z elektriko ali net metering in kaj se obeta?* Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://www.varcevanje-energije.si/fotovoltaične-elektarne/kako-deluje-samooskrba-z-elektricno-energijo-net-metering-v-sloveniji.html>
- energija-solar.si. (b. d.). *Izkoristek sončnih celic*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://www.energija-solar.si/30/izkoristek-soncnih-celic>
- Energetska izkaznica. (b. d.). *Meritve porabe energije*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/meritve-porabe-energije/>
- Fraille, D., Latour, M., El Gammal, A., Annett, M. & Nemač, F. (b. d.). *Sončne elektrarne Energija, ki nam jo nudi sonce*. Pridobljeno 14. avgusta 2023 na spletnem naslovu: <http://www.ape.si/publikacije/brosura-soncne-elektarne.pdf>
- Hanley, S. (2021, 5. september). *UK Energy Regulator Supports Vehicle-To-Grid Proposal*. Pridobljeno 18. avgusta 2023, s <https://cleantechnica.com/2021/09/05/uk-energy-regulator-supports-vehicle-to-grid-proposal/>
- Iberdrola. (2025). *The major challenges of self-sufficiency and energy security*. Pridobljeno 8. januarja 2025, s <https://www.iberdrola.com/sustainability/energy-transition/energy-self-sufficiency-security>
- Kovač, M., Urbančič, A. & Staničič, D. (2018, 14. junij). *Potencial sončnih elektrarn na strehah objektov v Sloveniji do leta 2050*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s https://www.podnebnapot2050.si/wp-content/uploads/2020/06/Deliverable_C_1_1-Part-5B-Potencial-son%C4%8Dnih-elektarn-na-strehah-objektov-v-Sloveniji.pdf
- Kronoterm. (b. d.a). *Kaj je toplotna črpalka?* Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://kronoterm.com/osnove-toplotne-crpalke/kaj-je-toplotna-crpalka/>
- Kronoterm. (b. d.b). *Zakaj toplotna črpalka Kronoterm?* Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://kronoterm.com/zakaj-toplotna-crpalka-kronoterm/>
- Lamp, S. & Samano, M. (2022, marec). Large-scale battery storage, short-term market outcomes, and arbitrage. *Energy Economics Volume 107*, 105786.
- Let's Talk Science. (2019). *Understanding Electricity Supply and Demand*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://letstalkscience.ca/educational-resources/backgrounders/understanding-electricity-supply-and-demand>
- Linden, D. (1995). Basic concepts. V Linden, D. & Reddy, T. B. (ur.). *Handbook of batteries Third Edition* (str. 20-22). McGraw-Hill.
- Lucey, E. (2023, 13. februar). *What exactly is the role of renewable energy in a circular economy?* Pridobljeno 8. januarja 2025, s <https://acehub.org.au/news/the-role-of-renewable-energy-in-a-circular-economy>
- Lukič, D. (2018, 3. avgust). *Kam vložiti prihranke: v električni, hibridni, dizelski ali bencinski avtomobil? Primerjalni test*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://avto-magazin.metropolitan.si/avtomobilski-testi/elektricni-avto-hibrid-dizel-in-bencinec-osebna-izbira/>
- NGEN. (b. d.a). *Dobava in odkup električne energije*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://www.ngen.si/sl/ponudba/podjetja/dobava-in-odkup-elektricne-energije>

- NGEN. (b. d.b). *Hranilniki električne energije*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://www.ngen.si/sl/ponudba/podjetja/hranilniki-elektricne-energije>
- nrel.gov. (b. d.). *Battery Second Use for Plug-In Electric Vehicles Analysis*. Pridobljeno 17. avgusta 2023, s <https://www.nrel.gov/transportation/battery-second-use-analysis.html>
- Partlin, S. (2021, 30. avgust). *Automatic Energy Cost Savings: With Solar power and the SMA Sunny Home Manager*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://www.sma-sunny.com/en/automatic-energy-cost-savings-with-solar-power-and-the-sma-sunny-home-manager/>
- Pi-solarus. (b. d.). *Sončne elektrarne za samooskrbo - svetovanje in postavitve na ključ*. Pridobljeno 18. avgusta 2023, s https://www.pi-solarus.com/soncne_elektrarne_samooskrba-netmetering
- Sagadin. (b. d.). *Izračun porabe energije objekta s toplotno črpalko*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <http://www.sagadin.net/sl/izracun-za-toplotno-crpaliko>
- Skupina GEN. (2023). *Sončna energija*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://www.esvet.si/drugi-viri-energije/soncna-energija>
- Skupina GEN. (2025a). *Koliko energije porabimo v Sloveniji?* Pridobljeno 8. januarja 2025, s <https://www.esvet.si/energija-mi>
- Skupina GEN. (2025b). *Poraba energije v gospodinjstvih: največ je potrebujemo za ogrevanje*. Pridobljeno 8. januarja 2025, s <https://www.esvet.si/energija/koliko-energije-porabimo-v-sloveniji>
- Skupina GEN. (2025c). *Oskrba z energijo danes*. Pridobljeno 8. januarja 2025, s <https://www.esvet.si/energetska-oskrba-slovenije/oskrba-z-energijo-danes#viri-energije-za-oskrbo-slovenije>
- Skupina GEN. (2025d). *Trajnostni in netrajnostni viri energije*. Pridobljeno 8. januarja 2025, s <https://www.esvet.si/energija/viri-pretvorbe-enote/trajnostni-netrajnostni-viri-energije>
- suncontract.org. (2023a). *Bodite sam svoj gospodar s presežki elektrike iz vaše sončne elektrarne*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://suncontract.org/si/prosto-razpolaganje-z-viski-samooskrba-soncna-elektrarna/>
- suncontract.org. (2023b). *Vaša energetska tržnica za obnovljivo energijo*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://suncontract.org/si/elektricna-trznica-proizvajalce-odjemalce-energije/>
- Symonds, P. C. & Butler, P. C. (1995). Advanced batteries for electric vehicles and emerging applications – Introduction. V Linden, D. & Reddy, T. B. (ur.). *Handbook of batteries Third Edition* (str. 1187). McGraw-Hill.
- termoshop.si. (2023). *Sončna elektrarna: Kaj se zgodi s presežkom proizvedene električne energije?* Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://www.termoshop.si/novice/soncna-elektrarna-kaj-se-zgodi-s-presezkom-proizvedene-elektricne-energije/>
- trajnostnaenergija.si. (b. d.). *Sončna energija*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://www.trajnostnaenergija.si/Trajnostna-energija/Proizvajajte/Obnovljivi-viri-energije/Vse-o-obnovljivih-virih-energije/son%C4%8Dna-energija>
- Valenčič, M. (2022, 12. oktober). *Balkonske sončne elektrarne*. Pridobljeno 14. avgusta 2023, s <https://zaensvet.si/balkonske-soncne-elektrarne/>
- vrhunskaemobilnost.si. (b. d.). *Izračunajte električni potencial vaše hiše*. Pridobljeno 6. septembra 2023, s <https://www.vrhunskaemobilnost.si/orodja/izracunajte-si-elektricni-potencial-vase-hise/>
- Wood, E., Alexander, M. & Bradley, T. H. (2011, 12. februar). Investigation of battery end-of-life conditions for plug-in hybrid electric vehicles. *Journal of Power Sources*, 5147–5154.
- Zgonik, S. (2023, 5. november). *Paradoks samooskrbe: Ko sončna elektrarna na strehi poveča porabo iz omrežja*. Pridobljeno 8. januarja 2025, s <https://n1info.si/poglabljeno/paradoks-samooskrbe-ko-soncna-elektrarna-poveca-porabo-iz-omrezja/>





UPRAVLJANJE TRAJNOSTNOSTI V OSKRBOVALNIH VERIGAH

MATEVŽ OBRECHT (ED.)

Univerza v Mariboru, Fakulteta za logistiko, Celje, Slovenija
matevz.obrecht@um.si

Visokošolski učbenik »Upravljanje trajnostnosti v oskrbovalnih verigah« je celovit vodnik, namenjen podpiranju trajnostnosti in ozelenitve logističnih procesov. Poudarek je na modernih pristopih in konceptih varovanja okolja in minimiranja okoljskih vplivov s sočasnim povečevanjem dodane vrednosti in produktivnosti, uporabi orodij za okoljsko presojo in vzpostavitvi krožnih oskrbovalnih verig. interdisciplinarni pristop združuje znanja iz več področij - okoljski management, okolju prijazno oblikovanje izdelka, ogljični odtis, zelena logistika, energetska oskrba in aplikacijo uporabnih znanj tudi na področja izven logistike in oskrbovalnih verig. Bralci so opremljeni s praktičnimi znanji in veščinami za izboljšanje trajnostnosti in produktivnosti ter preglednosti posameznih procesov. Učbenik pokriva teme, kot so: 1) Podnebne spremembe; 2) Okoljska presoja -ogljčni odtis; 3) Okoljska presoja LCA; 4) Krožno gospodarstvo; 5) Trajnostna energetska samooskrba in 6) Ekodizajn. Celotna vsebina je usmerjena v krepitev trajnostnih kompetenc, ki so ključne za zeleni prehod logističnih podjetij in večanje odpornosti oskrbovalnih verig.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025)

ISBN
978-961-299-012-1

Ključne besede:
trajnostni razvoj,
okoljska presoja,
interdisciplinarna znanja,
zelena logistika,
krožno gospodarstvo,
energetska samooskrba

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fl.4.2025](https://doi.org/10.18690/um.fl.4.2025)

ISBN
978-961-299-012-1

Keywords:

sustainable development,
environmental assessment,
interdisciplinary knowledge,
green logistics,
circular economy,
energy self-sufficiency

MASTERING SUSTAINABILITY IN SUPPLY CHAINS

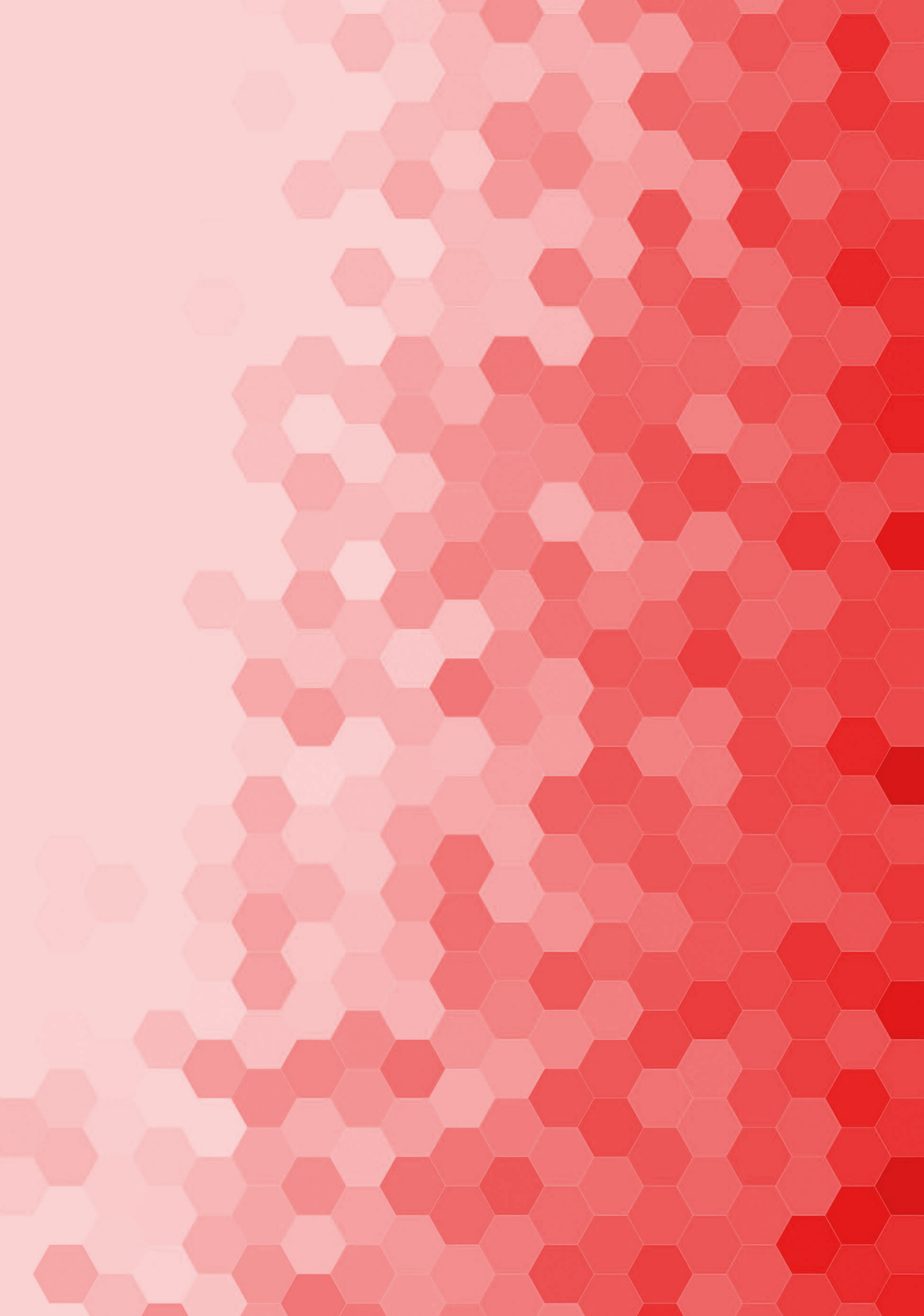
MATEVŽ OBRECHT (UR.)

University of Maribor, Faculty of Logistics, Celje, Slovenia
matevz.obrecht@um.si, martin.fale1@um.si

The higher education textbook "Mastering Sustainability in Supply Chains" is a comprehensive guide designed to support sustainability and the greening of logistics processes. It emphasizes modern approaches and concepts for environmental protection and minimizing environmental impacts while simultaneously increasing added value and productivity. The textbook covers the use of environmental assessment tools and the establishment of circular supply chains. An interdisciplinary approach integrates knowledge from various fields, including environmental management, eco-friendly product design, carbon footprint assessment, green logistics, energy supply, and the application of practical knowledge beyond logistics and supply chains. Readers are equipped with practical skills to enhance sustainability, productivity, and process transparency. The textbook covers topics such as: 1) Climate change, 2) Environmental assessment- carbon footprint, 3) Life cycle assessment (LCA), 4) Circular economy, 5) Sustainable energy self-sufficiency, 6) Eco-design. The entire content is aimed at strengthening sustainability competencies, which are crucial for the green transition of logistics companies and increasing the resilience of supply chains.



University of Maribor Press





Univerza v Mariboru

Fakulteta za logistiko



Podnebne spremembe in postogljične alternative v transportu

Maja Vrčon

Trajnostna transformacija organizacije

Matjaž Knez

Okoljska presoja: osnove izračuna ogljičnega odtisa

Matevž Obrecht

Okoljska presoja z LCA

Matjaž Denac

Krožno gospodarstvo in vrednostne verige (analiza življenjskega cikla)

Rebeka Kovačič Lukman, Kristijan Brglez

Integracija ekodizajna v upravljanje oskrbovalnih verig

Matevž Obrecht

Trajnostna energetska samooskrba

Matevž Obrecht, Martin Fale



NAČRT ZA
OKREVANJE
IN ODORNOST



Univerza v Mariboru



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA VISOKO ŠOLSTVO,
ZNANOST IN INOVACIJE



Financira
Evropska unija
NextGenerationEU