

DINAMIČNI MEDSEBOJNI VPLIV TEHNOLOŠKIH INOVACIJ NA TRAJNOSTNO PROIZVODNJO IN EKOLOŠKE SLEDI

ŠTEFAN ŽUN

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija
stefan.zun@guest.um.si

Obravnavamo vpliv tehnoloških inovacij pri oblikovanju trajnostne proizvodnje in vrednotenju ekoloških sledi v Sloveniji, ob prepoznavanju potrebe po bolj kritičnem vrednotenju vpliva trajnostne proizvodnje na vrednotenje ekoloških sledi (vplivov na okolje). Povečana raba naravnih virov in gospodarska rast povečujeta ekološke sledi, tehnološke inovacije pa prispevajo k zmanjševanju negativnih vplivov na okolja. Slovenija na področju inovativnosti dosega inovacijski indeks 84,9% (2020) in želi doseči do leta 2030 vrednost 110% glede na povprečje EU. Kazalec ekoloških sledi Slovenije leta 2020 je 4,78 gha kar je 102,7% povprečja EU in po letu 2008 upada in šibko nakazuje potrditev hipoteze okoljske Kuznetsove krivulje. Ocenjujemo, da raziskave tega področja ne dajejo točnih rezultatov (manjka preučevanje socialnega okolja), ob upoštevanju dejstva, da vsaka aktivnost usmerjena v rabo virov in tehnološke inovacije lahko bistveno spremeni ekološke sledi. Naše ključne ugotovitve vodijo k zavedanju pomena inovacij za doseganje trajnostne proizvodnje in posledično k zmanjševanju ekoloških sledi.

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.84](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.84)

ISBN
978-961-286-963-2

Ključne besede:
trajnostna proizvodnja,
tehnološke inovacije,
ekološke sledi,
zeleni prehod,
raba virov



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

DOI
[https://doi.org/
10.18690/um.fov.2.2025.84](https://doi.org/10.18690/um.fov.2.2025.84)

ISBN
978-961-286-963-2

Keywords:
sustainable production,
technological innovation,
ecological footprints,
green transition,
resource use

DYNAMIC INTERACTIONS OF TECHNOLOGICAL INNOVATIONS ON SUSTAINABLE PRODUCTION AND EF

ŠTEFAN ŽUN

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia
stefan.zun@guest.um.si

We discuss the impact of technological innovations in shaping sustainable production and assessing ecological footprints in Slovenia, recognizing the need for a more critical assessment of the impact of sustainable production on the assessment of ecological footprints (impacts on the environment). Increased use of natural resources and economic growth increase ecological footprints, while technological innovations contribute to reducing negative environmental impacts. Slovenia achieves an innovation index of 84.9% (2020) in the field of innovation and aims to achieve a value of 110% by 2030 compared to the EU average. Slovenia's ecological footprint indicator in 2020 is 4.78 gha, which is 102.7% of the EU average and has been declining since 2008, weakly indicating confirmation of the hypothesis of the environmental Kuznetsov curve. We estimate that research in this area does not provide accurate results (the study of the social environment is missing), taking into account the fact that any activity aimed at resource use and technological innovation can significantly change ecological footprints. Our key findings lead to an awareness of the importance of innovation for achieving sustainable production and, consequently, reducing ecological footprints.



1 Uvod

Inovacije so gonilna sila za omogočanje trajnostne proizvodnje. Intenzivna proizvodnja v predelovalnem sektorju je vir velikih pritiskov na okolje, zato je potrebno takšen pristop spremeniti in sprejeti omejitve virov in okolja ter pri razvoju upoštevati tudi socialne koristi.

Razvoj tehnoloških inovacij in vpliv podnebnih sprememb, skupaj z novim gospodarskim, političnim in družbenim kontekstom, kažejo na potrebo po prožnih proizvodnih sistemih, ki olajšajo in pospešijo razvoj trajnostnih pobud, ki so lahko posledica upoštevanja načel trajnostne proizvodnje (Dwivedi, 2021).

Določitev jasnih ciljev pri določanju definicije trajnosti moti odločevalce v podjetjih, ki so tradicionalno osredotočeni na merjenje ekonomskih rezultatov (Henao, 2022). Rast novih tehnologij, povezanih z znanostjo o podatkih, bi lahko vodila k uporabi merilnih tehnologij in določiti obvladljiv nabor kazalnikov.

2 Kazalci trajnostne proizvodnje

Kazalci trajnostne proizvodnje razdelimo v tri nivoje (tabela 1). Vsi, razen emisije odpadne vode, izpustov v zrak in odlaganje odpadkov, so pozitivni. Vrednost podatke za večje statistično obdelane opazovane sisteme lahko črpamo iz statističnih podatkov SURSa, na manjših opazovalnih skalah pa iz letnih poročil podjetij.

Glede na stopnjo inovativnosti in razvoja proizvodnje na državnem nivoju lahko kazalce trajnostne proizvodnje razvrstimo po šestih področjih (Quan, 2021). Prikazujemo jih v tabeli 1.

- Inovacije so gonilna sila pri trajnostni proizvodnji, spremljamo investicije v inovacije in njihove rezultate.
- Intenzivnost rabe virov je primarni kazalec trajnostne proizvodnje, upoštevamo omejitve rabe virov in učinkovitost rabe virov ter tudi učinkovitost investicij, dela in energije.
- Posodabljanje proizvodnje povezujemo s preходом na trajnostno proizvodnjo z vključitvijo trajnostnih izdelkov in storitev.

- Spremljanje in optimizacija koristi v ekonomskem, socialnem in ekološkem okolju.
- Spremljanje vplivov v okolju, kot so emisije odpadne vode, izpustov v zrak in odlaganje odpadkov.
- Prosta trgovina, spremljanje celotne oskrbovalne verige s pogleda proste trgovine in tujih naložb.

Tabela 1: Kazalci trajnostne proizvodnje

	1. nivo	2. nivo	3. nivo	Izračun kazalca
1	Inovacije	Vlaganje v inovacije	Investicijska intenzivnost raziskav in razvoja	Število zaposlenih v industrijskih raziskavah in razvoju
			Talenti	Število zaposlenih v proizvodnji
			Investicijska intenzivnost raziskav in razvoja	Izdatki za industrijske raziskave in razvoj / BDP
		Rezultati vlaganj v inovacije	Število patentov / Zaposlenega	Število patentov / Število apliciranih patentov
			Število novih izdelkov / Zaposlenega	Prihodek od novih industrijskih izdelkov / Celoten prihodek
		Učinkovitost kapitala	Produktivnost kapitala	Dodana vrednost / Skupna naložba v proizvodnjo – osnovna sredstva
2	Intenzivnost rabe virov	Učinkovitost dela	Produktivnost dela	Dodana vrednost / Zaposlenega
		Učinkovita raba energije	Energetska produktivnost	Dodana vrednost / Porabo energije
		Učinkovita raba površine	Pozidana površina	Dodana vrednost / Pozidano površino
		Posodabljen izdelkov	Število posodobitev izdelka	Število posodobljenih izdelkov
3	Posodabljanje je proizvodnje	Posodabljen podjetja	Uvajanje novih tehnologij	Vlaganje v nove tehnologije / Celoten prihodek
			Vlaganje v raziskave v podjetju	Vlaganje v raziskave in razvoj / Celoten prihodek
		Ekonomске koristi	Dobiček	Dobiček / Zaposlenega
4	Spremljanje in optimizacija koristi	Socialne koristi	Vlaganje v lokalno skupnost – Plačilo davkov	Vlaganje v lokalno skupnost / Zaposlenega
		Okoljske koristi	Z4t življenjski krog izdelka	Delež recikliranih surovin
		Emisije v vode		Emisije/ dodano vrednost
5	Spremljanje vplivov v okolju	Emisije v zrak		Emisije/ dodano vrednost
		Odlaganje odpadkov		Vrednost tujih naložb / vrednost lastnih naložb
6	Prosta trgovina	Tuje naložbe	Odvisnost od tujih naložb	Vrednost tujih naložb / Vrednost lastnih naložb
			Odvisnost od uvoza	Vrednost uvoza / Vrednost proizvodnje
			Odvisnost od izvoza	Vrednost izvoza / Vrednost proizvodnje

Vir: Quan, 2021

3 Inovacije

Inovacije pomembno prispevajo k reševanju ključnih družbenih izzivov, kar je tudi opredeljeno v devetem cilju trajnostnega razvoja (SDG9, United Nation, 2025). Razvoj novih tehnologij, skrajševanje življenjskega cikla izdelkov in naraščajoča globalna konkurenca povečujejo pomen inovacij, ne le za prihodnjo rast podjetij, temveč tudi za dvig konkurenčnosti podjetij in njihovo uspešno rast na dolgi rok ter zmanjšanju pritiskov na okolje.

V obdobju 2018–2020 je bilo inovacijsko aktivnih 55 % podjetij, registriranih v Sloveniji (tabela 2). V primerjavi s prejšnjim obdobjem so bila podjetja bolj inovacijsko aktivna, uvedla so več inovacij poslovnega procesa in manj inovacij proizvodov (Inovacijska dejavnost v industriji in izbranih storitvenih dejavnostih, 2018–2020).

Tabela 2: Inovacijsko aktivna in inovativna podjetja, 2018–2020 Vir: SURS

	Skupaj	Mala in srednje velika podjetja	Velika podjetja
Inovacijsko aktivna podjetja	2715	2547	168
Podjetja, ki so razvila inovacijo proizvoda	1788	1648	140
Podjetja, ki so razvila inovacijo poslovnega procesa	2114	1970	143

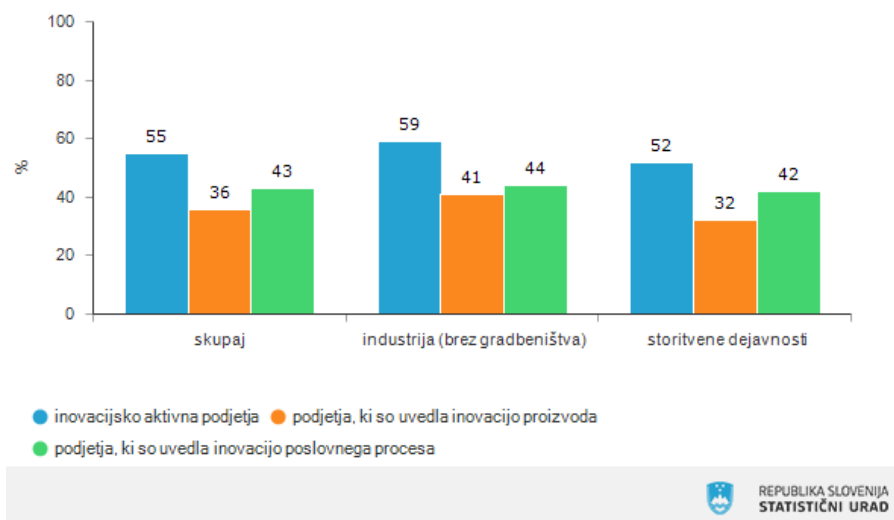
Vir: SURS

V primerjavi z obdobjem 2016–2018 so podjetja uvedla za 0,2 % manj inovacij proizvodov in za 16 % več inovacij poslovnega procesa. Velika podjetja so vpeljala za 4 % manj inovacij in za 4 % več inovacij poslovnega procesa, 17 % več inovacij poslovnega procesa so uvedla tudi mala in srednje velika podjetja.

Velika podjetja pri raziskovalno-razvojni dejavnosti (RRD) in drugih inovacijskih dejavnostih bolj sodelujejo z drugimi kot mala in srednje velika, 15 % inovacijsko aktivnih podjetij je pri RRD in drugih inovacijskih dejavnostih sodelovalo z drugimi podjetji ali organizacijami. Med velikimi podjetji je bilo takih 59 %, med malimi in srednje velikimi podjetji pa 13 %. V primerjavi s prejšnjim obdobjem so velika podjetja na tem področju za 4 % manj sodelovala z drugimi, mala in srednje velika

pa za 5 % več (Inovacijska dejavnost v industriji in izbranih storitvenih dejavnostih, 2018–2020).

Delež inovativnih in inovacijsko aktivnih podjetij je bil tudi v tem opazovanem obdobju nekoliko večji med podjetji, registriranimi za predelovalne dejavnosti, kot pa med podjetji v izbranih storitvenih dejavnostih. Inovacijsko aktivnih je bilo 59 % podjetij, registriranih za predelovalne dejavnosti; inovacijo proizvoda jih je uvedlo 41 % in inovacijo poslovnega procesa 44 %. Med podjetji, registriranimi v izbranih storitvenih dejavnostih, je bilo 52 % inovacijsko aktivnih, 32 % jih je uvedlo inovacijo proizvoda in 42 % inovacijo poslovnega procesa (slika 1).



Slika 1: Inovacijsko aktivna podjetja po dejavnosti podjetja, 2018–2020

Vir: SURS

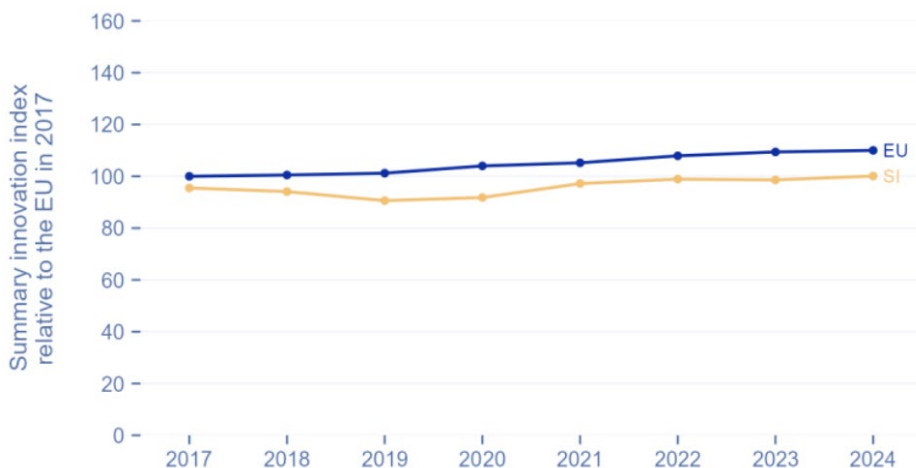
Za področje ustvarjalnega razvoja je kot ključni kazalnik izbran inovacijski indeks, ki vključuje različne vidike ustvarjalnosti in inovativnosti vrednosti kazalnika v primerjavi z EU prikazujemo v tabeli 3.

Slovenija je zmerna inovatorica z uspešnostjo 91 % povprečja EU leta 2024 (slika 2). Uspešnost je nad povprečjem zmernih inovatorjev (84,8 %). Uspešnost se povečuje manj kot v EU (+10 %) (European Innovation Scoreboard 2024 Country profile Slovenia).

Tabela 3: Inovacijski indeks (glede na razvitost EU)

	Zadnji znani podatek	2030, cilj
Inovacijski indeks (glede na razvitost EU)	84,9 % (2020)	110,00%
Število veljavnih nacionalnih znamk	24.599 (julij 2020)	26.000
Število raziskovalcev v poslovnem sektorju	8.285 (2018)	12.000
Delež inovacijsko aktivnih podjetij	48,6 % (2016–2018)	55,00%
Vključenost v podjetništvo (% od populacije)*	7,8 % (2019)	10,00%
Zaznavanje poslovnih priložnosti (% odraslega prebivalstva v starosti od 18 do 64 let)*	3,6 % (2019)	4,00%
Zaznavanje poslovnih priložnosti (% odraslega prebivalstva v starosti od 18 do 64 let)*	47,6 % (2019)	55,00%
Število hitro rastočih podjetij v zadnjih petih letih	5.347 (2014–2018)	7.000 (2026-2030)
Delež zaposlenih v kreativni ekonomiji (glede na vse zaposlene)	7 % (2017)	10%
Bruto dodana vrednost na zaposlenega v KKS (BDV)	45.527 EUR (2017)	5 % nad povprečjem v RS

Opomba: GEM (kazalniki, označeni z *, se nanašajo na metodologijo GEM), European Innovation Scoreboard 2019, Ajpes, Statistična analiza stanja KKS v Sloveniji 2008–2017, Tm View, napovedi: Analitika GZS, URSIL, Vir: Slovenska industrijska strategija 2021–2030



Slika 2: Sumarni indeks inovativnosti

Vir: European Innovation Scoreboard 2024 Country profile Slovenia

4 Ekološke sledi

Izračun ekoloških sledi temelji na naslednjih predpostavkah:

- da je mogoče slediti snovnim in energijskim tokovom v nekem sistemu, vključno s količinami odpadkov, ki pri porabi in pretvorbah nastajajo,
- za večino surovin in odpadkov, ki pri njihovi uporabi nastanejo lahko njihove količine z upoštevanjem tehnologij črpanja, uporabe in odlaganja izrazimo s površino prostora, ki je potrebna, da so ti tokovi stalni,
- surovine za katere ne moremo določiti toka porabe in odpadkov ne vključujemo v izračun ekoloških sledi,
- da v primeru dvomov izberemo najbolj previdno oceno ekoloških sledi, to je tisto, ki nam da največjo vrednost,
- da pri izračunu ekoloških sledi ne upoštevamo aktivnosti ljudi, za katere trenutno ni zadovoljivih podatkov,
- pri analizah ne upoštevamo aktivnosti, ki nepopravljivo uničujejo okolje (izsuševanje vodonosnikov, golosek,...) ali raba snovi, ki se v okolju ne razgradijo (plutonij, PCB, CFC in druge).

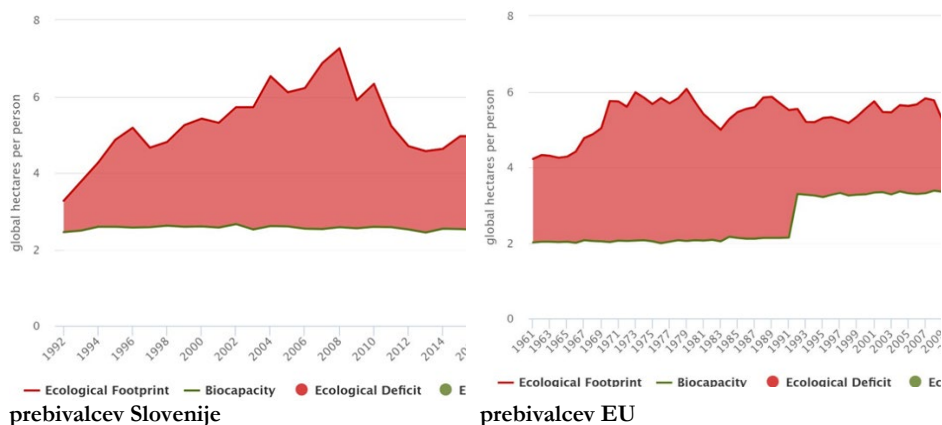
Ekološke sledi, ki so posledica rabe energije pri integralni metodi določimo z izrazom:

$$ES_E = \sum_{m=1}^n \sum_{j=1}^6 (k_{j,m} u_m + k_{j,m} v_m - k_{j,m} e_m) \quad (1)$$

kjer je:

- ES_E energijske ekološke sledi (gha/ leto)
- m , vrsta energenta (1),
- j , vrsta bioproduktivne površine (1),
- u_m količina primarne energije, ki jo v sistem uvozimo z energentom m (GWh/leto)
- v_m notranji vir primarne energije energenta m (GWh/leto)

- e_m količina primarne energije, ki jo iz sistema izvozimo z energentom m (GWh/leto)
- $k_{j,m}$ utežni faktor za j vrsto bioproduktivne površine in energent m (gha/GWh)



Slika 3: Ekološke sledi in biokapaciteta prebivalcev Slovenije (gha/preb)

Vir: Global Footprint Network

Ekološke sledi, ki so posledica rabe snovi pri integralni metodi določimo z izrazom:

$$ES_S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^5 (k_{j,i} p_i + k_{j,i} u_i - k_{j,i} e_i) + \sum_{i=1}^n (k_{6,i} u_i - k_{6,i} e_i) + \sum_{i=1}^n (k_{6,h,i} s_{h_i} u_i - k_{6,h,i} s_{h_i} e_i) \quad (2)$$

kjer je:

- ES_S , ekološke sledi, ki so posledica rabe snovi (gha/leto),
- i , vrsta snovi (1)
- j , vrsta bioproduktivne površine (1),
- h , sredstvo transporta,
- u_i , količina uvožene snovi i (t/leto),
- e_i , količina izvožene snovi i (t/leto),
- p_i , količina proizvedene snovi i (t/leto)
- j , 6 tipov bioproduktivne površine: pozidana površina, morja, pašniki, gozdovi, kmetijske površine, energijske površine

- k_i , pretvorbni faktor za snov i (gha/t leto),
- k_h , pretvorbni faktor za vrsto prevoza h (gha/kmt leto),
- s , prevožena razdalja snovi, ki jih uvozimo ali izvozimo, med mestom proizvodnje in mejo sistema (km)

Ekološke sledi porabe vode določimo na osnovi porabljene energije za črpanje in oskrbo. Zato jih pri integralni metodi ne upoštevamo, pri komponentni metodi pa zgolj kot energijsko površino.

Tabela 4: Ekološke sledi in biokapaciteta prebivalcev Slovenije (gha/preb)

leto		pozidane površine	energijske površine	kmetijske površine	vodne površine	gozd	pašniki	skupaj
		gha/preb						
2006	ES/preb	0,11	3,74	0,74	0,69	0,75	0,2	6,22
2006	Biocap/preb	0,11	0	0,28	0,01	2,1	0,13	2,54
2008	ES/preb	0,08	3,96	0,8	1,57	0,59	0,26	7,26
2008	Biocap/preb	0,08	0	0,34	0,01	1,99	0,17	2,58
2014	ES/preb	0,07	2,66	0,76	0,05	0,87	0,22	4,63
2014	Biocap/preb	0,07	0	0,38	0,01	1,92	0,16	2,54
2020	ES/preb	0,08	2,48	0,71	0,06	1,31	0,23	4,87
2020	Biocap/preb	0,08	0	0,39	0,01	1,85	0,16	2,49
2022	ES/preb	0,08	2,39	0,71	0,06	1,31	0,23	4,78
2022	Biocap/preb	0,08	0	0,39	0,01	1,85	0,16	2,49

Vir: Global Footprint Network

Ekološke sledi populacije v opazovanem sistemu so lahko večje ali manjše od bioproduktivne površine tega sistema. V prvem primeru govorimo o ekološkem primanjkljaju in razvoj sistema temelji na izkoriščanju potencialov drugih sistemov. V nasprotnem primeru govorimo o ekološkem presežku. Za tak sistem velja, da je njegov razvoj uravnotežen, presežek ekoloških sledi pa je lahko ekonomska veličina.

Glede na to ali primerjamo ekološke sledi sistema z lastno bioproduktivno površino ali pa z bioproduktivno površino celotnega planeta, lahko opredelimo lokalno ali globalno uravnoveženost ekoloških sledi (slika 3, tabela 4 in 5). Mnenja raziskovalcev o potrebni površini za ohranjanje biotske raznolikosti so različna – od 3.5 do 50%. Najpogosteje, v literaturi uporabljajo vrednost 12% (Wackernagel, 1996, Chambers, 2014). Ta površina zmanjšuje površino prostora, ki jo za svoje potrebe lahko izkoriščajo ljudje.

Tabela 5: Ekološke sledi in biokapaciteta prebivalcev Evrope (gha/preb)

leto		pozidane površine	energijske površine	kmetijske površine	vodne površine	gozd	pašniki	skupaj
		gha/preb						
2006	Biocap/preb	0,11	0	0,89	0,45	1,66	0,18	3,29
2006	ES/preb	0,11	3,43	1,8	0,21	0,57	0,25	5,66
2008	Biocap/preb	0,12	0	0,99	0,45	1,65	0,17	3,38
2008	ES/preb	0,12	3,49	1,18	0,2	0,54	0,24	5,77
2014	Biocap/preb	0,13	0	0,98	0,44	1,61	0,17	3,33
2014	ES/preb	0,13	2,86	1,7	0,19	0,57	0,22	5,4
2020	Biocap/preb	0,11	0	1	0,45	1,59	0,17	3,31
2020	ES/preb	0,11	2,41	1,1	0,18	0,59	0,2	4,49
2022	Biocap/preb	0,11	0	1	0,45	1,58	0,17	3,31
2022	ES/preb	0,11	2,57	1,1	0,18	0,59	0,2	4,65

Vir: Global Footprint Network

5 Zaključek in razprava

Namen raziskave je bil večplasten. Na teoretičnem nivoju želimo ugotoviti omejitve in izbrati najprimernejšo metodo določitve trajnostne proizvodnje. Na aplikativnem nivoju pa želimo ovrednotiti vpliv inovacij na ekološke sledi izbranega opazovanega sistema – Slovenije.

Ekološke sledi prebivalcev Slovenije (4,78 gha/preb) bistveno presegajo globalno razpoložljivo bioproduktivno (1.51 gha/preb); primerjava z EU (ES = 4,78 gha/preb BC = 3,314,78 gha/preb) pokaže, da so ekološke sledi naše države nad povprečjem, biokapaciteta pa pod povprečjem EU,

Slovenski raziskovalci so zelo dejavni pri skupnem raziskovanju s tujimi raziskovalnimi partnerji, na kar kaže visok delež mednarodnih znanstvenih objav, ki presega povprečje EU, in sicer 152,0 %. Kljub raziskovalnemu sodelovanju z drugimi državami so slovenske znanstvene objave v 10 % najbolj citiranih pod povprečjem EU (76,4 % povprečja EU). Slovenski visokošolski zavodi vsako leto pritegnejo več študentov iz tujine, predvsem tujih doktorskih študentov, katerih udeležba se je v primerjavi s povprečjem EU med letoma 2017 in 2024 povečala za 84,5 % točk. Vendar to ni povzročilo povečanja števila novih doktoratov s področja STEM (science, technology, engineering, and mathematics), ki je enako povprečju EU in je v zadnjih letih zelo nestanovitno. Na splošno je prebivalstvo s terciarno izobrazbo 40,7 %, kar predstavlja 86,9 % povprečja EU leta 2024. (Slovenska industrijska strategija).

Poraba javnega sektorja za RR (raziskovanje in razvoj) v Sloveniji je nizka in znaša 0,6 % BDP (78,7 % povprečja EU), vendar je med letoma 2017 in 2024 zabeležila pozitivno rast (+13,1 %-točke). Po drugi strani so izdatki za RR v poslovni sektor je znašal 1,5 % BDP, kar je enako povprečju EU, in je od leta 2017 doživel močan padec. (-14,3 %-točke) (Slovenska industrijska strategija).

Inovacijska dejavnost v Sloveniji je dobro razvita in nad povprečjem EU, razen pri ustvarjanju intelektualnih sredstev, kjer Slovenija zaostaja, predvsem PCT (Patent Cooperation Treaty) patentnih prijav in modelov, ki predstavljajo 74,6 % oziroma 76,0 %. Po drugi strani pa je Slovenija boljše kot v EU pri prijavah blagovnih znamk (118,5 % povprečja EU). (Slovenska industrijska strategija).

Vplivi na okoljsko trajnost so vidni, zlasti na produktivnost virov in emisije finih delcev, ki so se v zadnjih letih vztrajno izboljševale (+28,3 %-točke oziroma +14,6 %-točke) in so tik pod povprečjem EU. Vendar pa Slovenija zaostaja pri proizvodnji okoljskih tehnologij (54,1 % povprečja EU), kar ob skupni omejeni proizvodnji patentov kaže na zelo nizko generacijo znanja na tem področju.

Slovenski BDP na prebivalca je pod povprečjem EU (90,3 % povprečnega BDP EU) in raste z 2,0 % letno. Slovenija ima močan proizvodni sektor, ki predstavlja 22,2 % zaposlenosti, kar je precej več od povprečja EU, kjer prevladujejo strojogradnja, kovinska, električna in kemična proizvodnja. Storitveni sektor je manjši od povprečja EU in predstavlja 37 % zaposlenosti, vendar je glede na EU bolj usmerjen v storitve, ki temeljijo na znanju. Nekoliko nad povprečjem EU je tudi delež zaposlenosti v visoki in srednji visoki tehnologiji.

Okoljski okvir v Sloveniji je zmeren. Učinkovitost rabe virov in energije nekoliko zaostajata za EU, zlasti glede izpustov toplogrednih plinov, intenzivnosti porabe energije in stopnje krožne porabe materiala. Pod povprečjem EU je Slovenija tudi na indeksu ekološke inovativnosti.

Pri oceni primernosti metode ekoloških sledi pa je najbolj pomembno, da ugotovimo ali te enakovredno vrednotijo vse tri sfere trajnostnega razvoja – ekonomsko, socialno in okoljsko in tudi možnost vrednotenja trajnostne proizvodnje.

Odgovor je lahko pritrdilen, sej v opazovanih sistemih Slovenija presega povprečja ekoloških sledi, pri vrednotenju inovacij pa ne dosega povprečja primerljivih opazovanih sistemov.

Primerjava vrednosti ES in gospodarske rasti kažejo pozitiven vpliv gospodarske rasti na ES, kar je potrjeno tudi v literaturi Uddin, 2019, Destek, 2020. Ugotovitve kažejo, da se v zgodnjih fazah gospodarska rast pospešuje in povečuje ES, po dosegu določene točke pa začne krivulja kazati padajoči trend kar potrjuje prisotnost Kuznetsove teorije (Danish, 2020).

Negativna povezava med tehnološkimi inovacijami in ES je potrjena, tehnološke inovacije so pomemben dejavnik, ki ga je treba upoštevati in vključiti v trajnostni razvoj gospodarstva. Poleg tega tehnološke inovacije vplivajo na zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in doseganju energetske učinkovitosti. Pozitivni učinki tehnoloških inovacij so potrjeni tudi v literaturi (Cho, 2018). Tehnološke inovacije veljajo za enega od načinov, ki jih je mogoče sprejeti za zmanjšanje naraščajočega ES. Empirični podatki kažejo, da so ES, tehnološke inovacije in gospodarska rast med seboj stabilno in povezani. Raba virov povečuje ES, medtem ko imajo

tehnološke inovacije negativno povezavo z ES, zato vse aktivnosti usmerjene v učinkovito rabo virov, tehnološke inovacije in gospodarsko rast, pomembno vplivajo na ES in obratno.

Literatura

- Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M. (2014). *Sharing Nature's Interest: Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability*. eBook.
- Cho, J.H., Sohn, S.Y. (2018). A novel decomposition analysis of green patent applications for the evaluation of R&D efforts to reduce CO₂ emissions from fossil fuel energy consumption. *J. Clean. Prod.*, 193, 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.060>
- Danish, Ulucak, R., Khan, S.U.D. (2020). Determinants of the ecological footprint: role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustain. Cities Soc.*, 54, 101996. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996>
- Destek, M.A., Sinha, A. (2020). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: evidence from Organization for Economic Co-operation and Development countries. *J. Clean. Prod.*, 242, 118537. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118537>
- Dwivedi, A., Agrawal, D., Jha, A., Gastaldi, M., Paul, S.K., D'Adamo, I. (2021). Addressing the challenges to sustainable initiatives in value chain flexibility: implications for sustainable development goals. *Glob. J. Flex. Syst. Manag.* <https://doi.org/10.1007/s40171-021-00288-4>
- European Innovation Scoreboard 2024 Country profile Slovenia. The report was prepared by EFIS Centre, Technopolis Group and OldContinent for the European Commission, Directorate-General for Research and Innovation under the Specific Contract LC-03213706 implementing framework contract European Innovation Scoreboard (EIS) and the Regional Innovation Scoreboard (RIS) 2024-2027 N° FW-00154786, https://ec.europa.eu/assets/rtd/eis/2024/ec_rtd_eis-country-profile-si.pdf, 26.11.2024
- Global Footprint Network, <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=,198&type=BCpc,EFCpc>, 29.11.2024
- Global Innovation Index, <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/>, 18.12.2024
- Henao, R., Sarache, W. (2022). Sustainable performance in manufacturing operations: the cumulative approach vs. trade-offs approach. *Int. J. Prod. Econ.*, 244, 108385. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108385>
- Inovacijska dejavnost v industriji in izbranih storitvenih dejavnostih, 2018–2020. Več kot polovica podjetij, registriranih v Sloveniji, je bilo inovacijsko aktivnih, <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/10264>
- Quan, Z., Renyan, M., Yue, H., Lu, Z., Zhen, Z., Chunjiao, L. (2021). Measurement of sustainable development index in China's manufacturing industry based on Er-xiang Dual theory. *Alexandria Engineering Journal*, 60(6), 5897-5908. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016821002453>
- Slovenska industrijska strategija 2021—2030. RS, Vlada, RS, 2021, https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.gov.si%2Fassets%2Fministrstva%2FMGTS%2FDokumenti%2FDIPT%2FIndustrija-spodbu1je-inovativnosti-in-tehnologija%2FDokumenti%2FISIS2021_2030.docx&wdOrigin=BROWSELINK, 26.11.2024
- Uddin, G.A., Alam, K., Gow, J. (2019). Ecological and economic growth interdependency in the Asian economies: an empirical analysis. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 26, 13159–13172. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04791-1>

United Nation, <https://sdgs.un.org/goals>, 9.1.2025

Wackernagel, M., Rees, W.E. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. <http://www.amazon.com>

