

Izvorni naučni članak

UDK: 338.12:001.895
doi:10.5937/ekonhor2503211P

PROCENA UTICAJA PRIVREDNOG RASTA NA KONKURENTNOST I INOVACIJE U OKVIRU CIRKULARNE EKONOMIJE

Andrija Popović^{1*}, Andreja Todorović¹ i Vladan Vučić²

¹ Univerzitet u Nišu, Inovacioni centar, Niš, Republika Srbija

² University „UNION - Nikola Tesla“, Fakultet za pravo, bezbednost i menadžment,
Niš, Republika Srbija

U ovom radu se analizira odnos privrednog rasta, konkurentnosti i inovacija u cirkularnoj ekonomiji u 27 zemalja EU u periodu od 2011. do 2020. godine. U radu se kroz deskriptivnu statistiku, analizu glavnih komponenti (PCA), regresiju panel podataka i klaster analizu ispituje kako ključni ekonomski indikatori, kao što su BDP, BDP po glavi stanovnika i bruto formacija stalnog kapitala, utiču na performanse cirkularne ekonomije. Rezultati ukazuju na pozitivnu korelaciju između ukupnog privrednog rasta i cirkularne konkurentnosti, iako bogatije zemlje nisu uvek lideri u cirkularnoj tranziciji. Analizom se naglašava potreba za prilagođenim, specifičnim nacionalnim politikama kako bi se promovisale održive prakse cirkularne ekonomije, posebno u manje razvijenim privredama. Istraživanje pruža vredne uvide tvorcima politika koji nastoje da uravnoteže privredni rast sa održivošću.

Ključne reči: cirkularna ekonomija, privredni rast, inovacije, održivost, EU, konkurentnost

JEL Classification: Q56, O44, O33

UVOD

U savremenoj globalnoj ekonomiji, konkurentnost i inovacije nametnule su se kao glavni pokretači rasta, održivosti i prosperiteta. Potencijal zemlje u smislu produktivnosti i rasta, oblikovan je konkurentnošću, koja utiče na raspodelu resursa,

povoljnost proizvodnje i celokupan ekonomski učinak (Vuća, Vuća, Enciu & Cioacă, 2018). Inovacije, naročito u kontekstu cirkularne ekonomije (CE), donose nove tehnologije i prakse koje unapređuju konkurentnost optimizacijom korišćenja resursa i minimizacijom otpada (Mitrović & Veselinov, 2018; Silvério, Ferreira, Fernandes & Dabić, 2023). Evropska unija (EU) je dala prioritet ovom razvoju kroz inicijative kao što su Evropski zeleni dogovor i Akcioni plan za cirkularnu ekonomiju (CEAP), s ciljem promovisanja održivih rešenja (OECD, 2019; European Commission, 2020).

* Korespondencija: A. Popović, Univerzitet u Nišu, Inovacioni Centar, Vardarska 10/6/11, 18000 Niš, Republika Srbija;
e-mail: andrija.m.popovic@gmail.com

Ipak, nedavna revizija Evropskog revizorskog suda (European Court of Auditors, 2023) ukazuje na „ograničene dokaze“ da su dosadašnje CEAP mere ubrzale cirkularni dizajn u ranim fazama, čime je istaknut jaz između političkih ambicija i opipljivog napretka.

Međutim, uprkos ostvarenim pomacima, i dalje postoje praznine u razumevanju odnosa ekonomskog rasta i cirkularne konkurentnosti u različitim zemljama. Dok je znatna pažnja posvećena uticaju cirkularnih praksi na privredni rast, manje je poznato kako privredni rast utiče na sposobnost jedne zemlje da inovira i takmiči se u CE (Karman & Pawlowski, 2022). Ovo je posebno važno za zemlje EU, gde se održivi rast smatra ključnim za buduću konkurentnost (Popović & Milijić, 2022). Nedavne panel-analize na uzorku više zemalja pokazuju pozitivnu vezu bruto domaćeg proizvoda (GDP) i cirkularnosti (Hondroyiannis, Papapetrou & Tzeremes, 2024), dok je veza sa bruto domaćim proizvodom po glavi stanovnika (GDPpc) znatno dvosmislenija, u nekim kontekstima pozitivna, u drugim neutralna ili čak negativna, u zavisnosti od otiska potrošnje i kvaliteta politika (European Court of Auditors, 2023; Lacko, Hajduova & Dula, 2024). Ovi rezultati odražavaju ranije dokaze da visoke stope privrednog rasta same po sebi ne garantuju značajne performanse u CE bez istovremenih tehnoloških inovacija i napredaka u efikasnom korišćenju resursa (Ying & Wen-Ping, 2015; Jakopin, 2020).

Globalizacija je pojačala zabrinutost da zemlje koje ne usvoje cirkularne inovacije mogu izgubiti konkurentnost. One koje daju prioritet efikasnom korišćenju resursa imaju bolju šansu da privuku strane investicije i ostanu konkurentne na globalnom tržištu (Ferrante & Germani, 2020; Silvério *et al.*, 2023). Stoga je presudno ispitati da li je privredni rast usklađen sa naporima EU da unapredi cirkularnu konkurentnost i inovacije. Velike razlike među zemljama, posebno postojanje trajne podele Sever-Jug i Zapad-Istok u efikasnosti cirkularnih procesa (Hondroyiannis *et al.*, 2024; Lacko *et al.*, 2024), ukazuju na to da strukturni, institucionalni i investicioni faktori posreduju u ovoj usklađenosti.

Pored toga, i dalje postoje istraživački jazovi u pogledu kreiranja standardizovanih alata za merenje performansi CE u različitim zemljama (Vuță *et al.*, 2018; Busu & Trica, 2019). Iako je EU 2023. godine ažurirala svoj okvir za praćenje CE, istraživači i dalje ističu nedostatke u podacima, posebno u podacima o dizajnu proizvoda i društvenim ishodima, te apeluju na kreiranje sveobuhvatnijeg skupa indikatora i usklađene metodologije (Ghormare, Patil & Petrescu, 2024). Prethodna istraživanja uglavnom su se bavila razvijenim ekonomijama, ostavljajući otvoreno pitanje kako zemlje sa sporijim rastom prolaze u pogledu cirkularne konkurentnosti (Popović, Ivanović Đukić & Milijić, 2022). Ovaj rad nastoji da popuni te praznine ispitivanjem u kojoj meri privrede sa sporijim rastom mogu da drže korak sa naprednijim zemljama u tranziciji ka CE.

Ovim istraživanjem analizira se kako privredni rast utiče na konkurentnost i inovacije u CE u 27 zemalja EU između 2011. i 2020. godine, pritom se fokusirajući na ključne indikatore kao što su GDP, GDPpc i bruto formiranje osnovnog kapitala (GFCF). Performanse CE procenjuju se kroz stopu cirkularne upotrebe materijala (CMUr), cirkularne patente i zaposlenost u cirkularnim sektorima. Cilj rada je da utvrdi da li privredni rast podstiče konkurentnost i inovacije u CE.

Istraživanje je zasnovano na tri glavne hipoteze:

- H1: Viši nivo GDP, GDPpc i njihove stope rasta pozitivno su povezani sa višim nivoom konkurentnosti i inovacija u CE.
- H2: Zemlje sa višom produktivnošću resursa (ResP, ResPppp) pokazuju bolje performanse u CE.
- H3: Zemlje sa višim investicijama (GFCF, InvAbs) teže ostvaruju značajnije inovacije i viši nivo konkurentnosti, merene Indeksom cirkularne konkurentnosti i inovacija - CCII (patentima, GVA) u CE.

Pored testiranja ovih hipoteza, rad daje doprinos teoriji kontekstualizacijom paradoksa GDP-cirkularnost kroz prizmu otiska potrošnje i usmeravanja investicija, kao i praksi kroz identifikaciju poluga

politika, podsticaja za dizajn, finansiranja usmerenog na inovacije i digitalnog praćenja koji mogu ubrzati zaostalu tranziciju EU. Ostatak rada je strukturiran da obuhvati pregled literature, objašnjenje podataka, varijabli i metoda, prikaz empirijskih rezultata, diskusiju implikacija i preporuke za politike, a na kraju i zaključak celokupnog istraživanja.

PREGLED LITERATURE

Veza privrednog rasta i konkurentnosti u cirkularnoj ekonomiji (CE) sve više privlači pažnju, ali u literaturi i dalje postoje neslaganja oko njenih mehanizama i ishoda. CE nastoji da odgovori na izazove održivosti, iako ostaje sporno u kojoj meri rast podstiče cirkularne prakse. U ovom kontekstu, J. Korhonen, A. Honkasalo i J. Seppälä (2018) ukazuju na paradoks između potrošnje vođene rastom i načela CE modela o efikasnosti resursa i smanjenju otpada.

Rast GDP-a je istovremeno i pokretač i prepreka prelasku na CE. W. R. Stahel (2016) tvrdi da su privrede sa visokim rastom bolje pozicionirane za širenje CE praksi zahvaljujući ulaganjima u istraživanje, razvoj i infrastrukturu, ali i upozorava da nekontrolisani rast može dovesti do neodržive potrošnje. A. Popović *et al* (2022) sličnog su mišljenja, naglašavajući da, iako viši GDP može podstaći cirkularne inovacije, on takođe može učvrstiti linearne ekonomske aktivnosti ukoliko nema adekvatnog vođenja. Đ. Mitrović i M. Veselinov (2018) dodaju da bogatije zemlje, iako imaju veće kapacitete za sprovođenje CE praksi, nisu imune na izazove, posebno ako su politički podsticaji slabi. Serija novijih panel-studija potvrđuje postojanje pozitivne dugoročne korelacije ukupnog GDP-a i nacionalnih stopa cirkularnosti (Hondroyannis *et al*, 2024), ali ukazuje i na nejasnu, ponekad negativnu povezanost sa GDPpc, nakon što se u obzir uzmu rastuće potrošačke tendencije (Lacko *et al*, 2024; Marjanović, Stanković, Östh, Marković & Stanojević, 2025). Nalazi F. Ying i Z. Wen-Ping (2015) i E. Jakopin (2020) dodatno ukazuju da brza ekspanzija privrede, bez pratećeg tehnološkog unapređenja može usporiti napredak CE.

ResP, kao ključni pokazatelj CE, meri koliko efikasno privrede koriste prirodne resurse za kreiranje vrednosti. M. Busu (2019) je utvrdio da zemlje sa višom ResP obično imaju veću konkurentnost u cirkularnim sektorima, dok X. Zhou, M. Song i L. Cui (2020) tvrde da se unapređenje ResP često povezuje sa ulaganjima u cirkularne tehnologije, potvrđujući vezu privrednog rasta i CE konkurentnosti. Slično tome, E. Hysa, A. Kruja, N. U. Rehman i R. Laurenti (2020) navode da su inovacije ključne za prelazak na cirkularnu ekonomiju, pri čemu se viši nivo inovacija najčešće povezuje sa većom cirkularnom konkurentnošću. Detaljnije analize pokazuju da uticaj ResP zavisi od konteksta: investicije omogućavaju usvajanje cirkularnih tehnologija (Karman & Pawłowski, 2022), inovacioni kapaciteti dobijaju na značaju kako sistemi sazrevaju (Hysa *et al*, 2020; Herrero-Luna, Ferrer-Serrano & Latorre-Martinez, 2022), a u EU je dokumentovana izražena disperzija efikasnosti pomoću DEA kompozitnog indikatora (Marjanović *et al*, 2025).

Investicije, naročito u fizičku imovinu, od suštinskog su značaja za podsticanje inovacija u CE. A. Karman i M. Pawłowski (2021) naglašavaju da veći obim GFCF pruža podršku usvajanju cirkularnih tehnologija, posebno u oblasti obnovljivih izvora energije i održive proizvodnje. Ipak, S. Herrero-Luna *et al* (2022) ističu da, iako investicije donose kratkoročne dobitke u konkurentnosti, dugoročni efekti cirkularnih ulaganja, poput uticaja na zaposlenost i raspodelu dohotka, ostaju nedovoljno istraženi. European Court of Auditors (2023) ukazuje na to da se sredstva EU i dalje nesrazmerno usmeravaju na „end-of-pipe“ upravljanje otpadom, umesto na dizajn u ranoj fazi, što ublažava efekte kapitalnih tokova. Komplementarni dokazi na nivou preduzeća, poput istraživanja D. Jovanović i V. Janjić (2018) o uvođenju ISO 14001 i A. P. Egbunike i E. G. Okoro (2018) o izdacima za zeleno računovodstvo, potvrđuju da ciljano finansiranje zaštite životne sredine može poboljšati efikasnost i profitabilnost.

Tabela 1 daje sintetički prikaz postojećih empirijskih studija, najrelevantnijih za naše tri hipoteze, grupisanih prema osnovnoj ekonomskoj poluzi koja se ispituje (rast, produktivnost resursa ili investicije/inovacije).

Literatura ukazuje na to da postoje i mogućnosti i izazovi u usklađivanju privrednog rasta sa cirkularnom konkurentnošću. Iako veći rast može podržati tranziciju ka CE, njime se rizikuje narušavanje održivosti ukoliko nije praćen adekvatnom regulativom. Međutim, jaz i dalje postoji u razumevanju dugoročnog uticaja privrednog rasta na CE konkurentnost, naročito u manje razvijenim zemljama. Buduća istraživanja treba da koriste

longitudinalne pristupe kako bi se ispitalo kako se ovaj odnos menja vremenom. Pored toga, istraživači ističu nerešena metodološka pitanja (Busu & Trica, 2019; Ghormare *et al*, 2024) i trajne regionalne razlike u Evropi (European Court of Auditors, 2023), što ukazuje na potrebu za usklađenim indikatorima i kontekstualizovanim političkim intervencijama.

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA I PODACI

Ovo istraživanje primenjuje sveobuhvatnu kvantitativnu metodologiju kako bi se ispitala međusobna veza privrednog rasta, konkurentnosti i

Tabela 1 Sinteza empirijskih studija

Grupa/ Hipoteza	Autori	Uzorak i period	Ključne ekonomske varijable	CE pokazatelji	Metod	Glavni nalaz
H1: Rast	W. R. Stahel (2016)	Konceptualno	GDP growth (rast BDP-a)	Skalabilnost CE	Teorija	Rast podstiče, ali može i da oslabi CE.
	F. Ying i Z. Wen-Ping (2015)	Shaanxi, 2000-12	GDP, GDPpc	Faza CE putem IPAT	IPAT/OLS	Visok GDP uz slabu tehnologiju zadržava CE na „srednjem“ nivou.
	G. Hondroyannis <i>et al</i> (2024)	EU-28, 1995-2022	Real GDP	Stepen cirkularnosti	FMOLS	Dugoročni GDP dovodi do višeg nivoa cirkularnosti.
	R. Lacko <i>et al</i> (2024)	EU-11 posle 2004.	GDPpc	Efikasnost CE	DEA	Efekat GDPpc je za neke zemlje pozitivan, a za druge negativan.
H2: Produktivnost resursa	M. Busu (2019)	EU-27, 2008-17	ResP	Indeks CE	Panel FE	Viši ResP povećava konkurentnost u CE.
	X. Zhou <i>et al</i> (2020)	Kina, 2000-16	ResP, tech change	GDP growth (rast BDP-a)	Spatial panel	Napredak ResP podstiče eko-rast.
	I. Marjanović <i>et al</i> (2025)	EU-27 (2019)	Ulazi/izlazi iz Eurostat CE indikatora	DEA efikasnost	DEA (CCR; superefikasnost)	Izražena međudržavna heterogenost; više članica je efikasno što umereno korelira sa razvojem
H3: Investicije i inovacije	A. Karman i M. Pawlowski (2021)	EU-27, 2010-19	GFCF	Indeks konkurentnosti CE	Catastrophe prog./PCA	GFCF je snažno povezan sa vođstvom u CE.
	S. Herrero-Luna <i>et al</i> (2022)	38 studija	Investment	Mešoviti ishodi u CE	Systematic review	Dugoročni socio-ekonomski efekti ulaganja u cirkularne prakse ostaju nejasni.
	D. Jovanović i V. Janjić (2018)	Srbija, anketa	EMS investment	Efikasnost, profit	Deskriptivno/logit	ISO 14001 poboljšava efikasnost i profit.
	A. P. Egbonike i E. G. Okoro (2018)	Nigerija, 2012-16	Green CAPEX	ROE, Tobin's Q	Canonical corr.	Zeleni izdaci su neutralni u odnosu na zaradu - potrebna je politička podrška.

inovacija u CE u 27 zemalja članica EU tokom perioda od 2011. do 2020. godine. Struktura istraživanja direktno se bavi definisanim ciljevima i omogućava testiranje hipoteza, uz istovremeno obezbeđivanje metodološke sveobuhvatnosti i pouzdanosti.

Odabir promenljivih zasnovan je na detaljnom pregledu prethodne literature i dostupnosti pouzdanih izvora podataka, slično pristupima koje su koristili M. Vučič *et al* (2018) i Đ. Mitrović i M. Veselinov (2018). Podaci su prikupljeni iz dva glavna izvora:

- World Bank: Za makroekonomske indikatore kao što su GDP, GDPpc i GFCF (World Bank, 2024).
- Eurostat: Za indikatore specifične za CE, poput ResP, CMUr i patenata povezanih sa cirkularnim inovacijama (Eurostat, 2024).

Skup podataka obuhvata nezavisne promenljive (pokazatelje ekonomskog rasta) i zavisne promenljive (pokazatelje performansi CE). U inicijalni skup nezavisnih promenljivih uvršteni su GDP, stopa rasta GDP-a (GDPgr), GDPpc, stopa rasta GDPpc (GDPpcg), GFCF, stopa rasta GFCF-a (GFCFgr), ResP i produktivnost resursa u paritetu kupovnih snaga (ResPppp). Zavisne promenljive obuhvatile su CMUr, patente povezane sa tehnologijama ublažavanja klimatskih promena, zaposlenost u cirkularnim sektorima i investicije u cirkularne sektore. Važno je napomenuti da u skupu podataka nije bilo nedostajućih vrednosti, što je obezbedilo potpunost analize.

Pre sprovođenja analize, autori su pažljivo ispitali distribuciju vrednosti promenljivih kako bi utvrdili eventualne ekstremne vrednosti ili nepravilnosti. U skladu sa savremenim raspravama o kompleksnostima u merenju (Ghormare *et al*, 2024), posebna pažnja posvećena je obezbeđivanju konzistentnosti vrednosti podataka za sve zemlje i godine. Radi uporedivosti rezultata, korišćene su sledeće tehnike normalizacije: Logaritamska transformacija, Z-score normalizacija, Min-Max normalizacija.

Ove tehnike normalizacije u skladu su sa onima koje su korišćene u sličnim studijama (Hysa *et al*, 2020; Karman & Pawlowski, 2021) i prate pristup F. Ying i Z. Wen-Ping (2015), koji naglašavaju značaj

prilagođavanja asimetričnih ekonomskih pokazatelja prilikom ispitivanja faza cirkularnih performansi.

Autori su primenili Analizu glavnih komponenti (PCA) radi smanjenja dimenzionalnosti skupa podataka i formiranja dva složena indeksa, prateći pristup A. Androniceanu, J. Kinnunen i I. Georgescu (2021):

- Indeks cirkularne konkurentnosti i inovacija (CCII): Agregira indikatore u vezi sa performansama u CE.
- Indeks privrednog rasta (EG): Obuhvata tradicionalne indikatore ekonomskog rasta.

Oba indeksa su standardizovana i skalirana u opsegu od 0 do 100 radi lakše interpretacije i poređenja između zemalja i vremenskih perioda.

PCA za CCII izvršena je na devet promenljivih: CMUr, Patents, PatentsPM, PersEmp, PersEmpPerc, InvAbs, InvPerc, GVA i GVAperc. Za EG indeks, PCA je sprovedena na užem skupu od pet promenljivih: GDP, GDPpc, GFCF, ResP i ResPppp.

Autori su na početku sprovedi regresionu analizu panel-podataka korišćenjem modela sa fiksnim i slučajnim efektima, radi ispitivanja odnosa indikatora ekonomskog rasta i ishoda CE. Hausman test je primenjen kako bi se utvrdila najprimerenija specifikacija modela, prateći pristup M. Busu (2019). Nakon početne regresione analize, autori su sprovedi nekoliko dijagnostičkih testova radi provere validnosti i pouzdanosti rezultata: Breusch-Pagan test, Wooldridge test i analizu faktora inflacije varijanse (VIF).

Na osnovu rezultata ovih testova, autori su precizirali model prilagođavanjem skupa nezavisnih promenljivih. Konačni skup nezavisnih promenljivih je uključivao GDP, GDPpc, GFCF, ResP i ResPppp, adresirajući probleme multikolinearnosti i poboljšavajući prilagođavanje modela. Ovakav pristup usklađen je sa nedavnim nalazima (Jakopin, 2020; Lacko *et al*, 2024) koji ističu da istovremeno kontrolisanje nivoa rasta i efikasnog korišćenja resursa može bolje obuhvatiti pokretače cirkularne konkurentnosti.

Koristeći prilagođeni skup promenljivih, autori su sprovedi revidiranu regresionu analizu panel-podataka. Radi dalje jasnoće, opšti osnovni model može se izraziti na sledeći način:

$$CCII_{it} = \alpha + \beta_1 GDP_{it} + \beta_2 GDPpc_{it} + \beta_3 GFCF_{it} + \beta_4 RESP_{it} + \beta_5 RESPPP_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Gde:

$CCII_{it}$ - CCII za zemlju i u periodu t ,

GDP_{it} - GDP za zemlju i u periodu t ,

$GDPpc_{it}$ - GDPpc za zemlju i u periodu t ,

$GFCF_{it}$ - GFCF za zemlju i u periodu t ,

$RESP_{it}$ - ResP za zemlju i u periodu t ,

$ResPppp_{it}$ - ResPppp za zemlju i u periodu t ,

ϵ_{it} - slučajna greška,

α - Konstanta,

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ - Koeficijenti koji se procenjuju.

što omogućava zajedničko testiranje tri postavljene hipoteze.

Kako bi se utvrdili obrasci i grupisanja zemalja na osnovu performansi u CE i ekonomskom rastu, autori su sprovedi K-means klaster analizu koristeći standardizovane indekse CCII i EG. Na ovaj način, zemlje su svrstane u različite grupe u zavisnosti od nivoa cirkularne konkurentnosti i ekonomskog rasta, slično pristupu R. Bucea-Manea-Tonis, A. Šević, M. P. Ilić, R. Bucea-Manea-Tonis, N. Popovic Šević i L. Mihoreanu (2021). Ovde su rezultati klasterovanja tumačeni u kontekstu potencijalnih podela Sever-Jug i Zapad-Istok u EU (Hondroyannis *et al*, 2024).

Radi obezbeđivanja pouzdanosti nalaza, autori su sprovedi nekoliko proveru robusnosti: *Cronbach's Alpha*, analiza osetljivosti, alternativne specifikacije modela.

Neophodno je istaknuti nekoliko ograničenja primenjene metodologije:

- Potencijalna endogenost u odnosu ekonomskog rasta i performansi CE.
- Izazov potpunog obuhvatanja svih aspekata konkurentnosti i inovacija u CE putem kvantitativnih indikatora.

Uprkos ovim ograničenjima, primenjena metodologija nudi sveobuhvatan i pouzdan pristup ispitivanju odnosa ekonomskog rasta i konkurentnosti i inovacija u CE u 27 zemalja članica EU. Kombinacija regresione analize panel-podataka, formiranja kompozitnih indeksa i klaster analize pruža višedimenzionalnu perspektivu ovog odnosa. Dodatno, pozivanje na dopunske uvide na nivou preduzeća (Jovanović & Janjić, 2018; Egbunike & Okoro, 2018) naglašava značaj ciljnih ulaganja u zaštitu životne sredine za podršku makroekonomskim nalazima.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Ovaj deo prikazuje detaljne nalaze studije. Dobijeni rezultati pružaju ključne uvide u različite ekonomske putanje i njihove implikacije za razvoj CE u EU.

Deskriptivna statistika

Radi boljeg razumevanja veze privrednog rasta i CE, autori započinju deskriptivnom analizom odabranih promenljivih u 27 zemalja EU.

Tabela 2 prikazuje pregled deskriptivne statistike za odabrane promenljive, uključujući kako ekonomske indikatore tako i pokazatelje CE za zemlje EU27 u periodu 2011-2020.

Deskriptivna analiza ukazuje na značajne razlike u ekonomskim i cirkularnim performansama u EU27, naglašavajući potrebu za prilagođenim pristupima koji bi podstakli cirkularnu konkurentnost. Ove razlike otvaraju prostor za kompleksniju analizu primenom PCA i regresije panel-podataka.

Podaci o GDP-u pokazuju visoku varijabilnost među zemljama EU, uz SD (\$882,92 milijarde) koja znatno premašuje srednju vrednost (\$557,85 milijardi), ukazujući na izražene ekonomske razlike. Visok koeficijent varijacije (158,27%) i asimetrija (2,36) ukazuju na postojanje zemalja sa izrazito visokim performansama (outliers), što doprinosi ekonomskim disparitetima koji oblikuju ishode cirkularne konkurentnosti, a koji će biti analizirani u nastavku.

Tabela 2 Deskriptivna statistika ključnih promenljivih za EU27 (2011-2020)

Zemlja	Promenljiva	Broj	Ar. sredina	St. devijacija	Medijana	Trimovana vrednost	Mad	Min	Max	Range	Asimetričnost	Spljoštenost	SE	verovatnoća
EU27	CMUr	270	8,61	6,22	6,95	7,79	5,63	1,3	29,1	27,7	1,12	0,78	0,38	5,35E-13
EU27	Patents	270	11,94	19,33	4,13	7,44	6,12	0	110,25	110,25	2,71	8,04	1,18	1,79E-23
EU27	PatentsPM	270	0,84	1,31	0,48	0,58	0,71	0	11,9	11,9	4,4	27,11	0,08	5,34E-25
EU27	PersEmp	270	136250,60	189837,14	51803,00	94489,90	51436,58	1700,00	764770,00	763070,00	1,77	1,74	11553,12	5,60E-23
EU27	PersEmpPerc	270	1,79	0,5	1,75	1,79	0,67	0,4	3,5	3,1	0,04	-11,47	0,04	2,05E-03
EU27	InvAbs	270	3240,46	5650,32	741	1806,15	917,73	33	34489,00	34456,00	2,87	9	343,87	9,01E-25
EU27	InvPerc	270	0,67	0,34	0,6	0,63	0,3	0,1	1,7	1,6	0,87	0,55	0,02	1,42E-09
EU27	GVA	270	8453,77	14424,51	2587,00	4651,55	3249,86	144	79177,00	79033,00	2,66	7,12	877,85	9,62E-25
EU27	GVAperc	270	1,74	0,73	1,6	1,66	0,44	0,5	6,2	5,7	3,16	15,33	0,04	6,41E-21
EU27	GDP (USD bn)	270	557,85	882,92	227,73	329,96	269	9,46	3974,44	3964,98	2,36	4,88	53,73	5,03E-24
EU27	GDPgr	270	1,63	3,61	1,95	1,81	2,13	-11,17	24,48	35,64	0,16	6,8	0,22	1,27E-12
EU27	GDPpc	270	33664,95	22852,78	25689,15	30372,64	17580,27	7078,86	123678,70	116599,84	1,7	3,57	1390,78	1,56E-16
EU27	GDPpeg	270	1,4	3,59	1,54	1,61	2,45	-11,6	23,3	34,9	0,02	5,83	0,22	2,71E-11
EU27	GFCF	270	20,95	4,37	20,49	20,81	3,22	10,69	54,27	43,59	2	1,8	0,27	5,48E-15
EU27	GFCFgr	270	3,09	11,5	2,34	2,04	6,09	-25,37	100,69	126,06	3,48	22,93	0,7	1,29E-20
EU27	RESP	270	1,74	1,05	1,39	1,63	0,99	0,3	4,47	4,17	0,76	-0,29	0,06	1,59E-10
EU27	RESPppp	270	1,83	0,8	1,62	1,77	0,66	0,62	4,09	3,48	0,65	-0,28	0,05	6,02E-09

Izvor: Autori na osnovu podataka Svetske banke (2024) i Eurostata (2024)

CMUr takođe pokazuje izrazitu raspršenost (srednja vrednost 8,61%, SD 6,22%, CV 72,24%), što odražava neujednačeno usvajanje principa cirkularne ekonomije (Busu, 2019). Raspon tipičnih CMUr vrednosti (od 4,33% do 18,75%) ukazuje na značajne razlike u stepenu implementacije cirkularnih praksi u EU (Popović *et al*, 2022).

Patenti pokazuju visoku spljoštenost (8,04), ukazujući na raspodelu sa izrazito „teškim krajevima“ (Herrero-Luna *et al*, 2022). Ovo sugerise da nekoliko zemalja generise nesrazmerno veliki broj патената povezanih sa CE, dok većina zaostaje (Zhou *et al*, 2020).

Ovi uvidi čine osnovu za naprednije tehnike modelovanja koje će obuhvatiti složene odnose privrednog rasta i performansi CE (Androniceanu *et al*, 2021).

Nemačka, najveća privreda u EU, ima prosečan GDP od \$3716,90 milijardi i prosečan GDPpc od \$4.427,04. CMUr iznosi 11,67% (nešto iznad proseka EU), a ResP 2,44 EUR/kg, što ilustruje da ekonomska snaga sama po sebi ne garantuje lidersku poziciju u CE (Stahel, 2016).

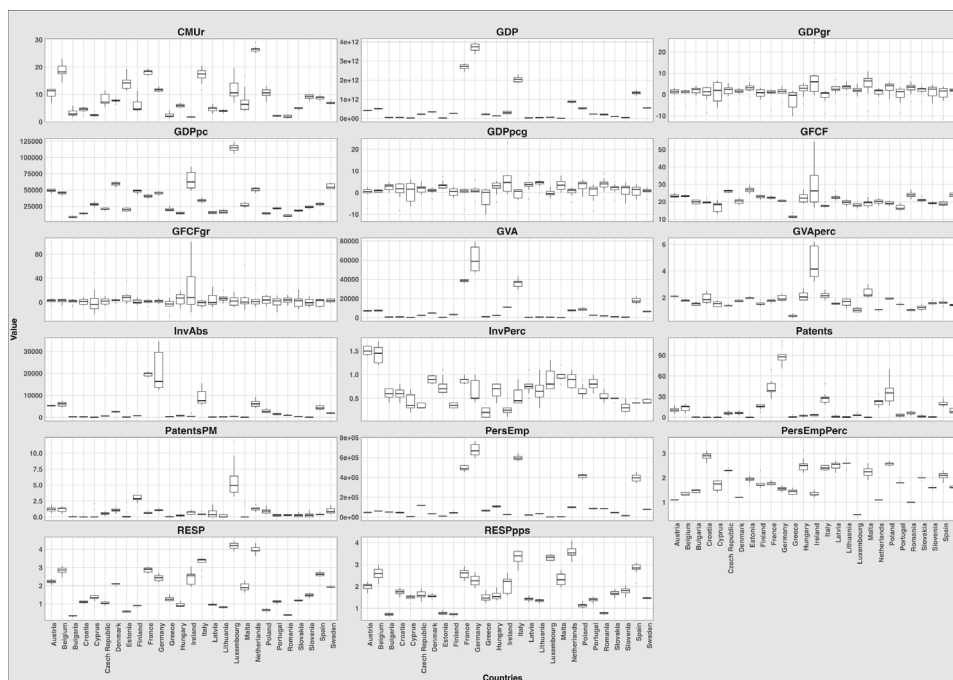
Francuska ima prosečan GDP od \$2689,12 milijardi i prosečan GDPpc od 40411,76 USD. CMUr iznosi 18,15%, nadmašujući prosečni nivo EU, dok je GFCF 22,42% BDP-a. Vidljiva je pozitivna korelacija između ekonomskog razvoja i usvajanja CE (Hysa *et al*, 2020).

Holandija beleži prosečan GDP od \$863,11 milijardi, najviši CMUr (26,55%) i 1,35 патената na milion stanovnika. Ovo pokazuje kako manje razvijene privrede mogu postići izvanredne rezultate u cirkularnim praksama kroz ciljne politike (Busu, 2019; European Commission, 2020).

Poljska ima prosečan GDP od \$533,05 milijardi, a njen GDPpc iznosi \$14030,31. CMUr je 10,55%, blizu proseka EU. Ovo ukazuje na posvećenost CE uprkos ekonomskim ograničenjima (Popović *et al*, 2022).

Rumunija beleži nizak GDPpc (\$10562,86), CMUr od 1,94% i 0,30 патената na milion stanovnika. Ovo naglašava izazove sa kojima se suočavaju istočnoevropske zemlje u cirkularnim tranzicijama (Zhou *et al*, 2020).

Luksemburg ima najviši GDPpc (114426,14 USD), CMUr od 11,97% i 5,84 патената na milion. Ovo potvrđuje da visoki GDPpc ne obezbeđuje automatski uspeh u CE (Mitrović & Veselinov, 2018).



Slika 1 Boks-dijagrami deskriptivne statistike promjenljivih u pojedinačnim zemljama

Izvor: Autori na osnovu World Bank (2024) i Eurostat (2024)

Analiza pokazuje da, iako razvijene privrede generalno ostvaruju bolje rezultate u CE, izuzeci ukazuju na složenu dinamiku. Ovi nalazi podržavaju tvrdnje A. Androniceanu *et al* (2021) da je potrebno kreirati prilagođene strategije unutar EU. Razlike u ResP i CMUr pružaju mogućnosti za razmenu znanja (Ferrante & Germani, 2020). Ekonomska snaga obezbeđuje osnovu za razvoj CE, ali nije jedini presudni faktor.

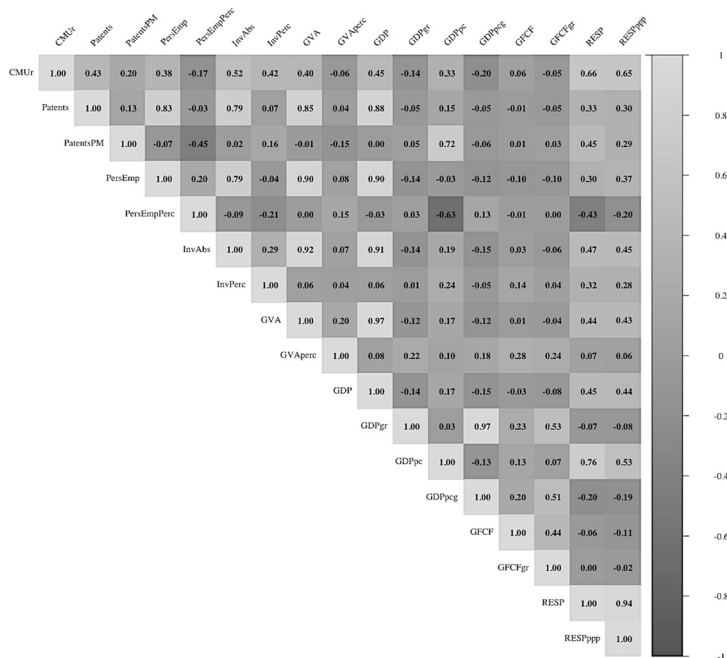
Ove uvide dalje produbljuju PCA i regresione analize panel-podataka, kako bi se rasvetlile ključne dinamike u razvoju cirkularne konkurentnosti i inovacija u okviru EU.

Korelaciona matrica ističe ključne odnose u razvoju CE:

- CMUr pozitivno korelira sa ResP ($r = 0,66$) i Patentima ($r = 0,43$), potvrđujući prethodne nalaze o značaju efikasnosti resursa i inovacija u cirkularnim privredama.

- Patenti snažno koreliraju sa Investicijama ($r = 0,79$) i GVA ($r = 0,85$), što potvrđuje argument A. Karman i M. Pawlowski (2022) o ulozi ulaganja u cirkularnim inovacijama.
- GDPpc snažno korelira sa ResP ($r = 0,76$), ali slabo sa CMUr ($r = 0,33$), što ukazuje na to da bogatstvo ne vodi nužno ka višim CMUr.
- GFCF pokazuje slabe ili negativne korelacije sa indikatorima CE, dovodeći u pitanje uobičajene pretpostavke o ulozi formiranja kapitala.
- RESP i RESPpps snažno koreliraju ($r = 0,94$), ukazujući na konzistentnost bez obzira na razlike u kupovnoj moći.
- PersEmp ima jaku korelaciju sa GVA ($r = 0,90$) i apsolutnim investicijama (InvAbs) ($r = 0,79$), što je usklađeno sa naglaskom European Commission (2020) na potencijal stvaranja radnih mesta.

Ovi odnosi ukazuju na složenu prirodu razvoja CE, sugerišući da, iako ekonomski prosperitet generalno olakšava usvajanje cirkularnih praksi, putevi razvoja variraju u zavisnosti od posmatranih indikatora.



Slika 2 Korelaciona matrica ključnih promenljivih

Izvor: Autori na osnovu World Bank (2024) i Eurostat (2024)

Analiza naglašava potrebu za sofisticiranim modelovanjem i prilagođenim politikama.

Analiza glavnih komponentata (PCA) i kreiranje indeksa

Nakon deskriptivne analize, sprovedena je PCA radi dubljeg sagledavanja ključnih pokretača cirkularne konkurentnosti i privrednog rasta. PCA sažima podatke u glavne komponente, otkrivajući centralne promenljive koje utiču na pomenute ishode. Ovaj korak omogućava konstrukciju dva indeksa - CCII i EG - kojima se meri performansa u EU27 za period 2011-2020.

PCA za CCII pokazala je da prve četiri komponente objašnjavaju 87,30% ukupne varijanse indikatora CE, što ukazuje na visok stepen zadržavanja informacija. Tabela 3 prikazuje opterećenja komponenti:

Tabela 3 Opterećenja komponenti za CCII

Varijable	PC1	PC2	PC3	PC4
CMUr	0,421	-0,183	0,265	0,102
Patents	0,475	0,112	-0,138	-0,092
PatentsPM	0,453	0,165	-0,201	-0,073
PersEmp	0,418	-0,246	0,185	0,124
PersEmpPerc	-0,089	0,587	0,321	0,418
InvAbs	0,399	-0,278	0,194	0,153
InvPerc	-0,065	0,595	0,302	0,385
GVA	0,412	-0,258	0,189	0,138
GVAperc	-0,078	0,592	0,315	0,401

Izvor: Autori

Prva glavna komponenta (PC1) pokazuje snažna pozitivna opterećenja za Patentima, CMUr i PersEmp, što sugerise da ona obuhvata sveukupne performanse CE. Ovo se poklapa sa nalazima E. Hysa *et al* (2020) o značaju ovih faktora u tranziciji ka CE. Čini se da PC2 naglašava relativni značaj cirkularnih sektora

u privredi, uz visoka opterećenja za promenljive izražene u procentima, odražavajući strukturalne aspekte integracije CE o kojima diskutuje M. Busu (2019).

Za EG, prve tri komponente objašnjavaju 91,21% ukupne varijanse, što ukazuje na visok nivo sažimanja podataka. Tabela 4 predstavlja opterećenja komponenti.

PC1 beleži snažna pozitivna opterećenja za GDP, GDPpc, RESP i RESPppp, predstavljajući sveukupne ekonomske performanse. Ovo podržava naglasak Đ. Mitrović i M. Veselinov (2018) na ove indikatore pri oceni privrednog rasta. PC2 i PC3 obuhvataju dodatne aspekte privrednog rasta, pri čemu PC2 naglašava investicije (GFCF), dok PC3 pokazuje kontrast između investicija i produktivnosti resursa, odražavajući složenu vezu između formiranja kapitala i efikasnosti resursa koju navode A. Karman i M. Pawlowski (2021).

Na osnovu ovih rezultata PCA, autori su konstruisali desetogodišnje indekse CCII i EG za svaku zemlju i godinu u posmatranom skupu podataka. Indeksi su standardizovani i skalirani u rasponu 0-100 radi lakše interpretacije i poređenja među zemljama i

Tabela 4 Opterećenje komponenti za EG

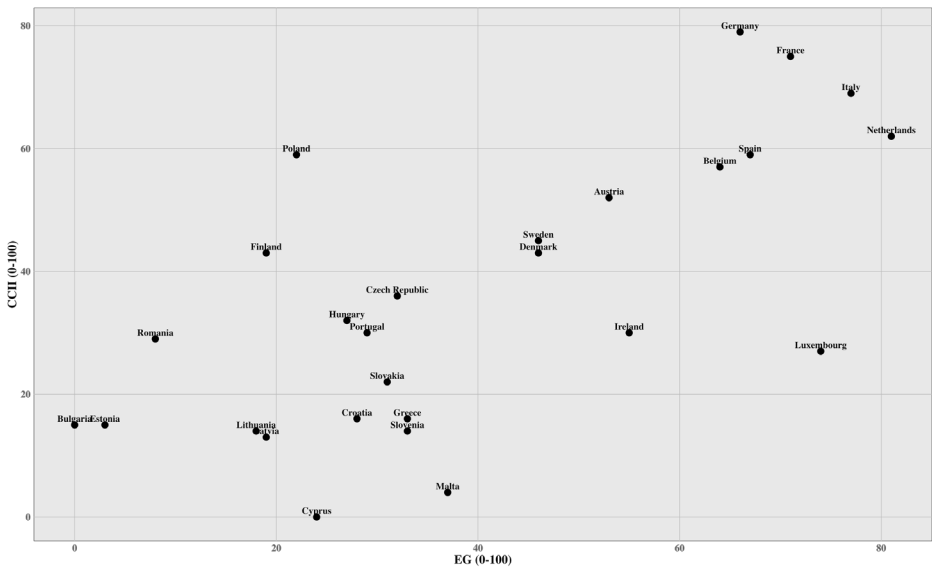
Varijable	PC1	PC2	PC3
GDP	0,512	-0,245	0,168
GDPpc	0,498	0,312	-0,215
GFCF	0,089	0,687	0,718
RESP	0,487	0,325	-0,398
RESPppp	0,495	0,307	-0,242

Izvor: Autori

vremenskim periodima. Slika 3 prikazuje dijagram rasipanja prosečnih CCII i EG vrednosti za svaku od 27 zemalja EU u periodu 2011-2020.

Dijagram rasipanja otkriva ključne obrasce u performansama CE u EU:

- Pozitivna korelacija: CCII i EG skorovi generalno pokazuju pozitivan međusobni odnos, podržavajući W. R. Stahel-ov (2016) argument da ekonomska snaga olakšava cirkularnu tranziciju.
- Klaster lidera: Nemačka, Francuska, Italija i Holandija ističu se i u privrednom rastu i u cirkularnim praksama.



Slika 3 Dijagram rasipanja prosečnih vrednosti CCII naspram EG za EU27 (2011-2020)

Izvor: Autori na osnovu World Bank (2024) i Eurostat (2024)

- Različite performanse: Luksemburg i Irska imaju visoke EG skorove, ali umerene CCII skorove, dok Poljska ima viši CCII u odnosu na EG, što podržava zapažanje Đ. Mitrović i M. Veselinov (2018) da GDPpc nije garant liderstva u CE.
- Potencijal za sustizanje: Zemlje Istočne Evrope grupisane su u donjem levom kvadrantu, što je u skladu sa nalazima A. Popović *et al* (2022) o izazovima tranzicije.
- Srednji rang: Austrija, Švedska, Danska i Finska pokazuju umerene do dobre performanse na oba indeksa.
- Autlajeri: Kipar ima primetno nizak CCII u odnosu na svoj EG skor.

Ova analiza pruža sveobuhvatan pregled pejzaža CE u EU, ističući dostignuća i oblasti za

unapređenje. Ona čini osnovu za naredne analize panel-podataka i klaster analizu, omogućavajući nijansirano razumevanje odnosa privrednog rasta i konkurentnosti CE u EU.

Analiza panel podataka

Nakon identifikovanja ključnih pokretača cirkularne konkurentnosti putem PCA, autori su nastavili sa regresionom analizom panel-podataka. Početni model se suočio sa izazovima poput heteroskedastičnosti, multikolinearnosti i autokorelacije, koji su rešeni preciziranjem modela.

Autori su sproveli regresione analize panel-podataka koristeći i modele sa fiksnim efektima i modele sa slučajnim efektima, primenjujući prečišćeni skup nezavisnih promenljivih (GDP, GDPpc, GFCF,

Tabela 5 Rezultati regresione analize panel-podataka za CCII

Zemlja	Tip Modela	Nezavisna promenljiva	Zavisna promenljiva	Ocenjeni koeficijent.	St. greška.	t-vrednost	p-vrednost		
	Fiksni efekti	GDP	CCII	1,8609	1,0148	1,8338	0,0679		
		GDPpc		-2,2070	2,3615	-0,9346	0,3509		
		GFCF		1,6993	0,6652	2,5545	0,0113		
		RESP		-1,9733	0,9421	-2,0946	0,0373		
		RESPppp		1,5892	0,5328	2,9828	0,0032		
	Slučajni efekti	(Konstanta)		0,4063	0,3362	1,2084	0,2269		
		GDP		3,3335	0,2450	13,6055	0,0000		
		GDPpc		-2,8025	1,1574	-2,4215	0,0155		
		GFCF		1,4024	0,6302	2,2252	0,0261		
		RESP		0,4017	0,4984	0,8059	0,4203		
	Hausman Test	ResPppp		0,2879	0,3260	0,8830	0,3772		
						8,493	0,1332		
	EU27	Fiksni efekti		GDP	CCII standardized	0,4713	0,2570	1,8338	0,0679
				GDPpc		-0,5589	0,5981	-0,9346	0,3509
GFCF			0,4304	0,1685		2,5545	0,0113		
RESP			-0,4998	0,2386		-2,0946	0,0373		
RESPppp			0,4025	0,1349		2,9828	0,0032		
Slučajni efekti		(Konstanta)	0,0676	0,0852		0,7939	0,4273		
		GDP	0,8442	0,0621		13,6055	0,0000		
		GDPpc	-0,7098	0,2931		-2,4215	0,0155		
		GFCF	0,3552	0,1596		2,2252	0,0261		
		RESP	0,1017	0,1262		0,8059	0,4203		
Hausman Test		ResPppp	0,0729	0,0826		0,8830	0,3772		
						8,4493	0,1332		
		Fiksni efekti	GDP	CCII (0-100)		9,8311	5,4296	1,8106	0,0715
			GDPpc			-12,1820	12,6354	-0,9641	0,3360
	GFCF		8,7066		3,5593	2,4461	0,0152		
	RESP		-10,6121		5,0407	-2,1053	0,0363		
	RESPppp		8,5221		2,8508	2,9893	0,0031		
	Slučajni efekti	(Konstanta)	41,1882		1,7983	22,9034	0,0000		
		GDP	17,8408		1,3099	13,6198	0,0000		
		GDPpc	-15,4568		6,1943	-2,4953	0,0126		
		GFCF	7,1202		3,3750	2,1097	0,0349		
		RESP	2,3215		2,6675	0,8703	0,3841		
	Hausman Test	ResPppp	1,4344		1,7450	0,8220	0,4111		
						9,4332	0,0930		

ResP i ResPppp) i CCII kao zavisnu promenljivu. Hausmanov test je primenjen da bi se odredila najprikladnija specifikacija modela. Rezultati su prikazani u Tabeli 5.

Rezultat Hausmanovog testa ukazuju da je model sa slučajnim efektima prikladniji za našu analizu. Ovo je u skladu sa nalazima A. Karman i M. Pawlowski (2021), koji su primetili da modeli sa slučajnim efektima često efikasnije obuhvataju varijacije i unutar zemalja i između njih u studijama o CE.

Na nivou EU27, model sa slučajnim efektima otkriva nekoliko značajnih odnosa. GDP pokazuje snažnu pozitivnu vezu sa CCII, ali interesantno, GDPpc pokazuje negativnu vezu sa CCII. GFCF pokazuje pozitivnu vezu sa CCII. Rezultati RESP i RESPppp nisu statistički značajni u modelu sa slučajnim efektima.

Analiza panel-podataka otkriva različite obrasce na nivou zemalja u vezi privrednog rasta i cirkularne konkurentnosti. Ovi obrasci mogu se grupisati na sledeći način:

- Prva grupa obuhvata zemlje sa značajnom pozitivnom vezom GDP i CCII. Tu spadaju Belgija, Malta i Holandija. Ove zemlje pokazuju snažnu pozitivnu vezu između ukupnog privrednog rasta i performansi CE, sugerišući da je ukupni privredni rast usko povezan sa performansama CE u ovim državama.
- Druga grupa zemalja pokazuje značajnu negativnu vezu GDPpc i CCII. Belgija i Holandija pokazuju negativnu vezu, ukazujući da veće individualno bogatstvo ne mora nužno da se pretoči u bolje performanse CE.
- Treća grupa zemalja pokazuje značajnu pozitivnu vezu GFCF i CCII. Irska i Portugal demonstriraju snažnu pozitivnu vezu između GFCF i cirkularne konkurentnosti, sugerišući da investicije u osnovna sredstva igraju ključnu ulogu u njihovom razvoju CE.
- Četvrtu grupu čine zemlje sa značajnom pozitivnom vezom RESP i CCII. Belgija, Danska, Mađarska, Irska i Malta pokazuju pozitivnu

vezu između produktivnosti resursa i cirkularne konkurentnosti, ukazujući da je efikasna upotreba resursa ključni faktor u njihovim performansama CE.

- Peta grupa obuhvata zemlje sa značajnom negativnom vezom RESP i CCII. Bugarska se ističe negativnom vezom, sugerišući jedinstvenu dinamiku u njenom razvoju CE.
- Sledeća grupa su zemlje sa značajnom negativnom vezom RESPppp i CCII. Danska, Mađarska i Irska pokazuju negativnu vezu između produktivnosti resursa prilagođene standardima kupovne moći i cirkularne konkurentnosti, ukazujući na složenu interakciju između efikasnosti resursa i ekonomskih faktora.
- Poslednja i najveća grupa zemalja nema statistički značajne veze. Austrija, Hrvatska, Kipar, Češka Republika, Estonija, Finska, Francuska, Nemačka, Grčka, Italija, Letonija, Litvanija, Luksemburg, Poljska, Rumunija, Slovačka, Slovenija, Španija i Švedska nisu pokazale statistički značajne veze između posmatranih promenljivih i CCII. Ova velika grupa zemalja demonstrira složenost razvoja CE širom EU.

Ovi nalazi naglašavaju heterogenost razvoja CE širom EU i potrebu za prilagođenim pristupima, specifičnim za svaku zemlju, u promovisanju cirkularne konkurentnosti. Oni su takođe u skladu sa zapažanjima A. P. Egbunike i E. G. Okoro (2018) da kapitalni i zeleni izdaci ne daju uvek uniformne rezultate u različitim kontekstima.

Analize osetljivosti i alternativne specifikacije modela potvrdile su robusnost nalaza:

- Zemlje EU15 pokazale su sličnu GDP-CCII vezu ($\beta = 3,5621$, $p < 0,001$) kao EU27 ($\beta = 3,3335$, $p < 0,001$).
- GDPpc-CCII veza je varirala: negativna u EU27 ($\beta = -2,8025$, $p < 0,05$), statistički neznačajna u EU15 ($\beta = -1,9876$, $p = 0,1234$).
- GDP-CCII veza je jačala tokom vremena (2011-2015: $\beta = 2,9876$, $p < 0,01$; 2016-2020: $\beta = 3,7654$, $p < 0,001$).

Alternativne specifikacije su otkrile:

- Zaostajuće promenljive poboljšale su prilagođenost modela, podržavajući nalaze X. Zhou *et al* (2020) o odloženim efektima.
- Interakcija GDP-RESP bila je značajna ($\beta = 0,4567$, $p < 0,05$), ukazujući na jači uticaj GDP-a na CCII u zemljama sa višom produktivnošću resursa.
- Kvadratni član GDP-a ($\beta = -0,0234$, $p < 0,05$) sugerisao je opadajuće prinose na visokim nivoima ekonomskog outputa.

Ove analize naglašavaju složenu, nelinearnu i vremenski zavisnu prirodu faktora koji utiču na cirkularnu konkurentnost, ističući potrebu za dinamičkim pristupima koji uzimaju u obzir i neposredne i dugoročne efekte ekonomskih politika.

Klaster analiza

Da bi se dalje istražili obrasci identifikovani putem panel regresije, autori su izvršili K-means klaster analizu, grupišući zemlje EU na osnovu njihove CCII i

EG. Ovo klasterovanje pruža dodatne uvide u to kako se različite ekonomije usklađuju ili razilaze u svojim putanjama CE. Na osnovu metoda „lakta“, „siluete“ i „statističkog jaza“ za K-means klasterovanje, kao i prosečne širine siluete za hijerarhijsko klasterovanje, utvrđeno je da je optimalan broj klastera dva. Analiza je otkrila jasne klastere, kao što je ilustrovano na Slici 4.

Klaster analiza je otkrila dve jasne grupe:

- Napredne cirkularne ekonomije (Klaster 1): Ovaj klaster uključuje zemlje sa generalno višim skorovima i u CCII i u EG, kao što su Nemačka, Francuska, Italija, Holandija, Španija, Belgija, Austrija, Švedska, Danska, Finska, Luksemburg i Irska. Ove zemlje pokazuju različite stepene uspeha u kombinovanju privrednog rasta sa praksama CE. Unutar ovog klastera, identifikovano je više podgrupa:
 - Vodeće ekonomije: Nemačka, Francuska i Holandija pokazuju najviše kombinovane skorove, ukazujući na snažnu usklađenost između ekonomskih performansi i praksi CE.



Slika 4 Klaster dijagram standardizovanih CCII naspram EG skorova za zemlje EU27

Izvor: Autori

- Snažne ekonomije: Italija, Španija i Belgija demonstriraju visoke skorove, mada nešto niže od vodećih.
- Nordijske zemlje: Švedska, Danska i Finska čine posebnu podgrupu sa natprosečnim performansama na oba indeksa.
- Ekonomske sile sa umerenom cirkularnošću: Luksemburg i Irska pokazuju visoke EG skorove, ali relativno niže CCII skorove, što je u skladu sa zapažanjem Đ. Mitrović i M. Veselinov (2018) da visok GDPpc ne vodi automatski ka liderstvu u CE.
- Cirkularne ekonomije u razvoju (Klaster 2): Ovaj klaster prvenstveno obuhvata zemlje Istočne i Južne Evrope, uključujući Poljsku, Češku Republiku, Portugal, Mađarsku, Rumuniju, Bugarsku, Hrvatsku, Slovačku, Sloveniju, Grčku, Litvaniju, Letoniju, Estoniju, Kipar i Maltu. Ove zemlje generalno pokazuju niže skorove i u EG i u CCII, ali sa značajnim varijacijama:
 - Lideri u nastajanju: Poljska se ističe unutar ovog klastera, pokazujući viši CCII skor u odnosu na svoj EG skor, sugerišući uspešnu implementaciju praksi CE uprkos nižem ukupnom ekonomskom outputu.
 - Tranzicione ekonomije: Zemlje poput Češke Republike, Portugala i Mađarske pokazuju umerene skorove, ukazujući na napredak i u privrednom rastu i u usvajanju CE.
 - Ekonomije u razvoju: Zemlje kao što su Rumunija, Bugarska i Baltičke države pokazuju niže skorove na oba indeksa, odražavajući izazove sa kojima se suočavaju manje ekonomski razvijene članice EU u tranziciji ka modelima CE, kako primećuju L. Ferrante i A. R. Germani (2020).

Zaključno, rezultati iz deskriptivne statistike, PCA, panel regresije i klaster analize otkrivaju složen odnos između privrednog rasta i cirkularne konkurentnosti u EU. Iako ekonomska snaga generalno podržava cirkularne inovacije, varijabilnost među zemljama naglašava potrebu za prilagođenim politikama, specifičnim za svaku zemlju. Ovo ističe da se

jedinstvene ekonomske i strukturne karakteristike svake zemlje moraju se uzeti u obzir za efikasnu cirkularnu tranziciju. Štaviše, ovi nalazi rezoniraju sa zapažanjem European Court of Auditors (2023) da političke ambicije moraju biti praćene diferenciranim strategijama, posebno u regionima sa slabijim performansama.

DISKUSIJA

Ova studija ispitala je kako privredni rast utiče na konkurentnost i inovacije u CE u 27 zemalja EU u periodu od 2011. do 2020. godine. Dobijeni nalazi ukazuju na složene interakcije između ekonomskih pokazatelja i cirkularnih performansi, ističući da, iako rast može podržati cirkularne tranzicije, dinamika tog procesa nije ujednačena među zemljama.

Odnos između privrednog rasta i konkurentnosti i inovacija u cirkularnoj ekonomiji

Hipoteza 1 (H1) pretpostavljala je da će viši GDP, GDPpc i njihove stope rasta biti pozitivno povezani sa višim nivoom konkurentnosti i inovacija u CE. Nalazi delimično podržavaju ovu hipotezu, ukazujući na nijansiran odnos privrednog rasta i cirkularnih performansi. Dok je GDP snažno povezan sa uspehom u CE, što potvrđuje pozitivna veza sa CCII, negativni koeficijent za GDPpc naglašava da ekonomska snaga sama po sebi ne garantuje naprednu implementaciju CE. Ovo je u skladu sa složenostima koje su identifikovali F. Ying i Z. Wen-Ping (2015) u kontekstu visokog rasta ali niže tehnološke razvijenosti. Nalaz sugerise da se bogatije nacije mogu suočavati sa dodatnim izazovima u postizanju cirkularne konkurentnosti, potencijalno zbog ukorenjenih linearnih privrednih praksi ili slabih podsticajnih politika za održivost, što je u skladu sa argumentom W. R. Stahel (2016) da ekonomska snaga obezbeđuje neophodne resurse za cirkularne tranzicije.

Međutim, veza između GDPpc i CCII pokazala se negativnom, što je u suprotnosti sa delom prve

hipoteze. Ovaj neočekivani rezultat odražava zapažanja Đ. Mitrović i M. Veselinov (2018), ukazujući da viši nivo individualnog bogatstva ne mora nužno voditi ka boljim performansama CE. Takođe odražava kontrastne ishode primećene u nekim naprednim ekonomijama sa umerenim cirkularnim pokazateljima (European Court of Auditors, 2023). Ovaj nalaz dovodi u pitanje pretpostavku da su bogatije zemlje automatski veštije u primeni praksi CE. On sugerise da drugi faktori, kao što su okviri politika, industrijske strategije i društveni stavovi prema održivosti, mogu biti presudniji pokretači cirkularne konkurentnosti nego sam dohodak po stanovniku.

Klaster analiza dodatno osvetljava ovu složenu vezu. Iako zemlje u Klasteru 1 generalno pokazuju visoke skorove i u EG i u CCII, postoje značajni izuzeci. Luksemburg i Irska demonstriraju visoke EG skorove, ali relativno niže CCII skorove, pojačavajući ideju da visok GDPpc ne vodi automatski ka liderstvu u CE. Suprotno tome, Poljska u Klasteru 2 pokazuje viši CCII skor u odnosu na svoj EG skor, sugerisući da efikasne politike i ciljani naponi mogu pokrenuti performanse CE čak i u zemljama sa nižim ukupnim ekonomskim učinkom. Ovo je u skladu sa naglaskom A. P. Egbunike i E. G. Okoro (2018) na ciljane investicije u životnu sredinu i instrumente politike, koji mogu prevazići niže osnovne nivoe dohotka.

Uloga investicija u razvoju cirkularne ekonomije

Naša treća hipoteza (H3) pretpostavila je da zemlje sa višim investicijama (GFCF, InvAbs) teže da imaju značajnije inovacije i viši nivo konkurentnosti u CE. Rezultati podržavaju ovu hipotezu, naglašavajući važnost formiranja kapitala u pokretanju cirkularnih tranzicija.

Model sa slučajnim efektima pokazao je pozitivnu vezu GFCF i CCII. Ovaj nalaz je u skladu sa tvrdnjom S. Herrero-Luna *et al* (2022) da su investicije u materijalnu imovinu ključne za cirkularne tranzicije. To sugerise da zemlje koje alociraju više resursa u osnovna sredstva, potencijalno uključujući

infrastrukturu i tehnologije koje podržavaju prakse CE, teže da ostvare bolje rezultate u pogledu cirkularne konkurentnosti.

Na nivou pojedinačnih zemalja, ova veza je bila posebno izražena u Irskoj ($\beta = 2,0618$, $p < 0,05$) i Portugalu ($\beta = 23,3467$, $p < 0,05$). Ovi rezultati ukazuju da ciljane investicije mogu značajno podstaći performanse CE, čak i u zemljama sa različitim ukupnim ekonomskim položajem. Takvi ciljani pristupi dalje rezoniraju sa nalazima Jakopin (2020) u vezi sa strukturnim reformama i alokacijom kapitala, ukazujući da usklađivanje investicija sa ciljevima CE može prevazići ograničenja rasta.

Značaj investicija dodatno je potvrđen alternativnim specifikacijama modela, koje su pokazale da uključivanje zaostajućih GFCF promenljivih poboljšava prilagođenost modela i smanjuje autokorelaciju. Ovo podržava nalaze X. Zhou *et al* (2020) o odloženim efektima ekonomskih faktora na ishode CE, sugerisući da koristi od investicija u inicijative CE možda nisu odmah vidljive, ali mogu imati značajne dugoročne uticaje.

Produktivnost resursa i performanse cirkularne ekonomije

Druga hipoteza (H2) sugerisala je da zemlje sa višim ResP i ResPppp ispoljavaju bolje performanse CE. Rezultati pružaju ograničenu i mešovitu podršku ovoj hipotezi, otkrivajući složen odnos između efikasnosti resursa i cirkularne konkurentnosti.

U modelu sa slučajnim efektima za EU27, rezultati za RESP i RESPppp nisu bili statistički značajni. Ova dvosmislenost odražava zapažanja M. Busu (2019) o složenoj vezi između produktivnosti resursa i performansi CE. To sugerise da, iako je efikasnost resursa teorijski ključna za prakse CE, njen uticaj može biti posredovan drugim faktorima kao što su usvajanje tehnologije, regulatorni okviri i industrijska struktura.

Na nivou pojedinačnih zemalja, primećeni su mešoviti rezultati. Neke zemlje, poput Belgije (RESP: $\beta = 33,1388$, $p < 0,1$) i Danske (RESP: $\beta = 22,3519$, $p < 0,05$), pokazale

su pozitivne veze između produktivnosti resursa i CCII. Međutim, druge, poput Bugarske (RESP: $\beta = -40,2117$, $p < 0,1$), demonstrirale su negativne veze. Ova varijabilnost sugerije da je uticaj produktivnosti resursa na performanse CE zavisao od konteksta i da može interagovati sa drugim faktorima specifičnim za zemlju.

Interakcioni član između GDP i RESP u našim alternativnim specifikacijama modela ($\beta = 0,4567$, $p < 0,05$) pruža dodatni uvid. On sugerije da je pozitivan uticaj GDP-a na CCII jači u zemljama sa višom produktivnošću resursa. Ovaj nalaz je u skladu sa I. Marjanović *et al* (2025), koji ističu kako efikasnost resursa može intenzivirati koristi ekonomskog širenja za konkurentnost CE. Sveukupno, efikasnost resursa može delovati kao moderator, pojačavajući efektivnost privrednog rasta u pokretanju cirkularne konkurentnosti.

Implikacije za politiku i praksu

Nalazi imaju nekoliko važnih implikacija za kreatore politika i praktičare:

- Iako GDP podržava cirkularni razvoj, negativna korelacija sa GDPpc ukazuje da su bogatijim nacijama potrebne ciljne politike kako bi ekonomski prosperitet pretočile u cirkularnu konkurentnost.
- Prioritizacija investicija u infrastrukturu, tehnologije i sisteme koji podržavaju cirkularne prakse biće od suštinskog značaja za održivu konkurentnost.
- Efikasnost resursa različito utiče na performanse CE u različitim zemljama. Kreatori politika treba da razviju strategije specifične za kontekst koje integrišu produktivnost resursa u šire ciljeve CE.
- Klaster analiza pokazuje potrebu za prilagođenim politikama CE, u zavisnosti od faze razvoja zemlje i njenih ekonomskih karakteristika.
- Vremenski odloženi efekti investicija i produktivnosti resursa zahtevaju održivo, dugoročno planiranje kako bi se postigli smisleni ishodi CE.

Ograničenja i budući pravci istraživanja

Iako ovo istraživanje pruža vredne uvide, ono ima nekoliko ograničenja koja ukazuju na pravce za buduća istraživanja:

- Kompozitni indeksi (CCII i EG) mogu prikriti veze specifičnih promenljivih. Buduća istraživanja treba da istraže detaljnije interakcije između pojedinačnih ekonomskih i cirkularnih indikatora.
- Analiza je ograničena na podatke od 2011. do 2020. Uključivanje novijih podataka pružilo bi uvide u evoluirajuću prirodu praksi CE.
- Fokusiranje na zemlje EU ograničava mogućnost generalizacije nalaza. Uporedne studije koje uključuju zemlje van EU mogle bi proširiti obim istraživanja CE.
- Buduća istraživanja mogla bi ispitati dodatne faktore koji utiču na cirkularnu konkurentnost, kao što su intervencije politika i inicijative specifične za sektor. Takođe bi moglo biti korisno ispitati heterogenost na nivou preduzeća, u skladu sa D. Jovanović i V. Janjić (2018) i A. P. Egbunike i E. G. Okoro (2018), kako bi se istražilo kako korporativni izdaci za mere zaštite životne sredine interaguju sa makro-nivo indikatorima.

Konačno, istraživanje otkriva složen odnos između privrednog rasta i konkurentnosti i inovacija u CE u EU. Iako ekonomska snaga generalno olakšava razvoj CE, put ka uspehu u CE nije jednostavan i zavisi od niza faktora izvan pukog ekonomskog outputa. Ovi nalazi naglašavaju potrebu za nijansiranim, kontekstualno osetljivim pristupima promovisanju praksi CE širom raznolikog pejzaža Evropske unije. Podizanje efikasnosti resursa, efektivno usmeravanje kapitala i rešavanje strukturnih dispariteta ključni su za osiguravanje da se ekonomski dobici pretoče u opipljive cirkularne ishode (European Court of Auditors, 2023).

ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje ukazuje na složen odnos između privrednog rasta i konkurentnosti u CE u zemljama EU u periodu 2011-2020. godine. Iako privredni rast, meren GDP-om, uglavnom podržava performanse CE, primećene su razlike među zemljama, što naglašava potrebu za prilagođenim politikama, specifičnim za nacionalne okolnosti. Značajno je istaći negativnu vezu između GDPpc i cirkularnih ishoda, ranije uočenu i u kontekstu privreda sa visokim rastom (Ying & Wen-Ping, 2015; European Court of Auditors, 2023). Ovo pokazuje da samo bogatstvo nije dovoljan preduslov za lidersku poziciju u CE, već da veći značaj mogu imati faktori poput okvira politika, industrijskih strategija i društvenih stavova.

Ulaganje u osnovna sredstva izdvojilo se kao ključni pokretač cirkularnih tranzicija, potvrđujući važnost infrastrukture i tehnologije za unapređenje cirkularnih praksi. Ovakva ciljana alokacija kapitala usklađena je sa nalazima da politike usmerene na „zeleno“ izdatke mogu podstaći efikasnost i konkurentnost (Egbunike & Okoro, 2018). Veza između produktivnosti resursa i cirkularnih performansi pokazala se složenijom, uz varijacije među zemljama koje ukazuju da privredne strukture i način korišćenja resursa različito utiču na cirkularne ishode.

Klaster analiza otkrila je dve prepoznatljive grupe zemalja: jednu s naprednim i drugu s razvijajućim se cirkularnim privredama. Neke zemlje sa nižim ekonomskim učinkom, poput Poljske, pokazuju snažne cirkularne performanse, ukazujući da efikasne politike mogu dovesti do uspeha i u manje imućnim državama. Ovo istraživanje takođe naglašava odložene efekte ulaganja, što zahteva dugoročno planiranje i istrajnost kako bi rezultati bili trajni. Pored toga, usklađivanje makroekonomskih strategija rasta sa strukturnim reformama (Jakopin, 2020) može doprineti tome da ulaganja u CE donesu dugoročnu korist.

Generalno gledano, studija pokazuje da, iako ekonomska snaga olakšava razvoj CE, uspeh zavisi od različitih faktora, a ne samo od veličine ekonomskog outputa. Prilagođeni pristupi, specifični

za svaku zemlju, biće od presudnog značaja kako bi EU napredovala ka održivijoj, CE. Budući naponi u kreiranju politika trebalo bi da integrišu razmatranja o efikasnosti resursa u šire ekonomske agende, u skladu sa preporukama I. Marjanović *et al* (2025), osiguravajući da rast sistematski vodi ka unapređenoj cirkularnoj konkurentnosti.

ZAHVALNICA

Istraživanje je sprovedeno uz finansijsku podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Broj ugovora: 451-03-136/2025-03/200371.

REFERENCE

- Androniceanu, A., Kinnunen, J., & Georgescu, I. (2021). Circular economy as a strategic option to promote sustainable economic growth and effective human development. *Journal of International Studies*, 14(1), 60-73. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2021/14-1/4>
- Bucea-Manea-Tonis, R., Šević, A., Ilić, M. P., Bucea-Manea-Tonis, R., Popovic Šević, N., & Mihoreanu, L. (2021). Untapped aspects of innovation and competition within a European resilient circular economy. *Sustainability*, 13(15), 8290. <https://doi.org/10.3390/su13158290>
- Busu, M. (2019). Adopting circular economy at the European Union level and its impact on economic growth. *Social Sciences*, 8(5), 159. <https://doi.org/10.3390/socsci8050159>
- Busu, M., & Trica, C. L. (2019). Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union. *Sustainability*, 11(19), 5481. <https://doi.org/10.3390/su11195481>
- Egbunike, A. P., & Okoro, E. G. (2018). Does green accounting matter to the profitability of firms? A canonical assessment. *Economic Horizons*, 20(1), 15-23. <https://doi.org/10.5937/ekonhor1801017M>
- European Commission. (2020). *A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe*. https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf

- European Court of Auditors. (2023). *Special Report: Circular Economy - Slow transition by Member States despite EU action*. <https://www.eca.europa.eu/en/publications?ref=sr-2023-17>
- Eurostat. (2024). *Circular economy indicators*. Luxembourg: European Union. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/>
- Ferrante, L., & Germani, A. R. (2020). Does circular economy play a key role in economic growth? *Economics Bulletin*, 40(3), 1855-1862.
- Ghormare, K., Patil, R., & Petrescu, I. (2024). Exploring the paradigm shift towards sustainability: A systematic literature review on circular economy and eco-innovation. *AIMS Environmental Science*, 11(1), 47-65.
- Herrero-Luna, S., Ferrer-Serrano, M., & Latorre-Martinez, M. P. (2022). Circular economy and innovation: A systematic literature review. *Central European Business Review*, 11(1), 65-78. <https://doi.org/10.18267/j.cebr.275>
- Hondroyannis, G., Papapetrou, E., & Tzeremes, P. (2024). Circular economy and macroeconomic performance: A panel cointegration analysis for EU-28. *Ecological Economics*, 215, 108002. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.108002>
- Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N. U., & Laurenti, R. (2020). Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: An integrated model for sustainable development. *Sustainability*, 12(12), 4831. <https://doi.org/10.3390/su12124831>
- Jakopin, E. (2020). Effects of structural changes in the economy of the Republic of Serbia: Old problems, new reform challenges. *Economic Horizons*, 22(3), 179-196. <https://doi.org/10.5937/ekonhor2003191j>
- Jovanović, D., & Janjić, V. (2018). Motives for, benefit from and accounting support to the ISO 14001 standard implementation. *Economic Horizons*, 20(1), 25-41. <https://doi.org/10.5937/ekonhor1801027j>
- Karman, A., & Pawlowski, M. (2021). Circular economy competitiveness evaluation model based on the catastrophe progression method. *Journal of Environmental Management*, 303, 114223. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114223>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Lacko, R., Hajduova, Z., & Dula, R. (2024). Development of environmental performance and circular economy in the European union countries: The case of "post-2004" members. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1467370. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1467370>
- Marjanović, I., Stanković, J. J., Östh, J., Marković, M., & Stanojević, M. (2025). Insight into territorial efficiency of circular economy through data envelopment analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 13, 1494184. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1494184>
- Mitrović, Đ., & Veselinov, M. (2018). Measuring countries competitiveness in circular economy - Composite index approach. In J. Kočović, J. Selimović, B. Boričić, V. Kaščelan, & V. Rajić (Eds.), *Quantitative Models in Economics* (pp. 417-440). Belgrade: Faculty of Economics and Business.
- OECD. (2019). *Business Models for the Circular Economy: Opportunities and Challenges for Policy*. Paris: OECD Publishing.
- Popović, A. M., & Milijić, A. D. (2022). Particular contributions of the circular economy to the socio-economic sustainability of Serbia. In J. Ateljević & J. Petrović (Eds.), *8th REDETE Conference: Researching Economic Development and Entrepreneurship in Transition Economies: Conference Proceedings* (pp. 255-268). Banja Luka, BiH: Faculty of Economics, University of Banja Luka.
- Popović, A., Ivanović Đukić, M., & Milijić, A. (2022). Assessment of the impact of circular economy competitiveness and innovation on European economic growth. *Eurasian Journal of Applied Economics*, 19(2), 1-14. <https://doi.org/10.5937/EJAE19-39057>
- Silvério, A. C., Ferreira, J. J., Fernandes, P. O., & Dabić, M. (2023). How does circular economy work in industry? Strategies, opportunities, and trends in scholarly literature. *Journal of Cleaner Production*, 412, 137312. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137312>
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435-438. <https://doi.org/10.1038/531435a>
- Vuță, M., Vuță, M., Enciu, A., & Cioacă, S. (2018). Assessment of the circular economy's impact in the EU economic growth. *Amfiteatru Economic*, 20(48), 248-261. <https://doi.org/10.24818/EA/2018/48/248>
- World Bank. (2024). *World Development Indicators*. Washington, DC: World Bank Group. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

- Ying, F., & Wen Ping, Z. (2015). Circular economy development phase research based on the IPAT equation: The case of Shaanxi. *Economic Horizons*, 17(1), 33-44. <https://doi.org/10.5937/ekonhor1501033y>
- Zhou, X., Song, M., & Cui, L. (2020). Driving force for China's economic development under Industry 4.0 and circular economy: Technological innovation or structural change? *Journal of Cleaner Production*, 271, 122680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122680>

Primljeno 1. novembra 2024,
nakon revizije,
prihvaćeno za publikovanje 4. jula 2025.
Elektronska verzija objavljena 19. decembra 2025.

Andrija Popović je istraživač saradnik u Inovacionom centru Univerziteta u Nišu. Usko se specijalizuje za makroekonomiju, privredni razvoj, održivost, cirkularnu ekonomiju i Industriju 4.0. Autor je nekoliko naučnih radova i poglavlja u knjigama iz oblasti privrednog razvoja i cirkularne ekonomije.

Andreja Todorović je istraživač saradnik u Inovacionom centru Univerziteta u Nišu. Specijalizuje se za istraživanje u oblasti finansija i bankarstva, a posebno neto kamatnih marži banaka. Objavio je radove iz oblasti finansija i bankarstva, i prezentovao ih je na nacionalnim i međunarodnim konferencijama.

Vladan Vučić je vanredni profesor na Fakultetu za pravo, bezbednost i menadžment "Konstantin Veliki" Univerziteta "Union - Nikola Tesla" u Beogradu. Usko se specijalizuje za zaštitu konkurencije, analizu tržišta, javne finansije, makroekonomiju i privredni razvoj. Autor je nekoliko udžbenika, monografija i naučnih radova.

ASSESSING THE INFLUENCE OF ECONOMIC GROWTH ON COMPETITIVENESS AND INNOVATION WITHIN THE CIRCULAR ECONOMY

Andrija Popović¹, Andreja Todorović¹ and Vladan Vučić²

¹ *University of Niš, Innovation Center, Niš, Republic of Serbia*

² *University „UNION - Nikola Tesla“, Faculty of Law, Security and Management,
Niš, Republic of Serbia*

This research explores the relationship between economic growth and circular economy competitiveness and innovation across 27 EU countries from 2011 to 2020. Using descriptive statistics, Principal Component Analysis (PCA), panel data regression, and cluster analysis, the research investigates how key economic indicators, such as GDP, GDP *per capita*, and gross fixed capital formation, affect circular economy performance. Results indicate a positive correlation between overall economic growth and circular competitiveness, though wealthier nations do not consistently lead in circular transitions. The analysis underscores the need for tailored, country-specific policies to promote sustainable circular economy practices, especially in less developed economies. These findings provide valuable insights for policymakers aiming to balance economic growth with sustainability.

Keywords: circular economy, economic growth, innovation, sustainability, EU, competitiveness

JEL Classification: Q56, O44, O33