

Testiranje Ekološke Kuznjecove krive na primeru Srbije

Testing the Environmental Kuznets curve on the example of Serbia

Dušica Karić^{1}, Lidija Madžar², Borjana Mirjanić³*

^{1,3}Beogradska akademija poslovnih i umetničkih strukovnih studija, Kraljice Marije 73, Beograd, Srbija / Belgrade Academy of Business and Art Vocational Studies, 73 Kraljice Marije Street, Belgrade, Serbia

²Alfa BK Univerzitet, Fakultet za finansije, bankarstvo i reviziju, Palmira Toljatija 3 i Bulevar maršala Tolbuhina 8, 11070 Novi Beograd, Srbija /

Alfa BK University, Faculty of Finance, Banking and Auditing, 3 Palmira Toljatija and 8 Boulevard of Marshal Tolbukhin, New Belgrade 11070, Serbia

*Autor za prepisku / Corresponding author

Rad primljen / Received: 31.11.2022, Rad prihvaćen / Accepted: 22.10.2023.

Sažetak: Ekološka Kuznjecova kriva (EKK) proučava vezu između devastirane životne sredine i privrednog razvoja, najčešće izraženog BDP-om po glavi stanovnika. EKK se zasniva na izvornoj Kuznjecovoj krivoj koja istražuje odnos između privrednog razvoja i nejednakosti, dok je vremenom našla svoju široku primenu i u mnogim drugim oblastima prirodnih i društvenih nauka. Svrha ovog članka je da testira validnost hipoteze o EKK krivoj na primeru Srbije, u periodu od 1995. do 2020. godine. U radu je procenjen oblik EKK krive postupkom modeliranja njenog trenda, da bi nakon toga bila sprovedena kvadratna regresija sa ciljem predstavljanja njene matematičke interpretacije. Ovim metodološkim postupcima je u članku dokazana validnost hipoteze o delovanju EKK u Srbiji, imajući i u vidu da je do 2004. godine ubrzani privredni rast najpre doveo do rasta per capita GHG emisija, da bi nakon toga došlo do postepenog i blagog smanjivanja zagađenja, a u poslednje vreme i do njihove stagnacije. U radu se zaključuje da bi Srbija trebalo da se usmeri na uvoz i primenu čistih i zelenih tehnologija, kao i održivih poslovnih strategija i praksi da bi uhvatila korak sa razvijenim zemljama, u njihovoj borbi za očuvanje životne sredine.

Ključne reči: Ekološka Kuznjecova kriva (EKK), GHG emisije, životna sredina, Srbija, kvadratna regresija, priroda.

Abstract: The Environmental Kuznets Curve (EKC) examines the relationship between the devastated environment and economic development, most often expressed as GDP per capita. The EKC is based on the original Kuznets curve that investigates the relation between economic development and inequality, while over time it has found its wide application in many other areas of natural and social sciences. The purpose of this article is to test the validity of the EKC hypothesis on the example of Serbia, in the period from 1995 to 2020. In the paper, the shape of the EKC curve was estimated by the approach of modelling its trend, after which a quadratic regression was applied with the aim of finding and presenting its mathematical interpretation. With these methodological procedures, the article proves the validity of the EKC hypothesis in Serbia, bearing in mind that until 2004, the accelerated economic growth first led to an increase in per capita GHG emissions, following a gradual and slight reduction in pollution, and finally to times of its stagnation. The paper concludes that Serbia should focus on the import and application of clean and green technologies, as well as on sustainable business strategies and practices in order to catch up with developed countries in their struggle to preserve the environment.

Keywords: Environmental Kuznets Curve (EKC), GHG emissions, environment, Serbia, quadratic regression, nature.

¹orcid.org/0000-0002-8796-1562, e-mail: prof.dusica@gmail.com

²orcid.org/0000-0002-1708-5683, e-mail: lidija.madzar@alfa.edu.rs

³orcid.org/0000-0002-9260-130X, e-mail: borjana.mirjanic@gmail.com

UVOD / INTRODUCTION

Ekološka Kuznjecova kriva (EKK) proučava vezu između kvaliteta životne sredine i bruto domaćeg proizvoda (BDP) po glavi stanovnika. Kuznjecovu krivu, na kojoj EKK počiva, prvi put u ekonomsku teoriju uveo je čuveni američki ekonomista ruskog porekla Simon Kuznjec (Simon Kuznetc) sredinom prošlog veka, koji će ostati zapamćen i kao dobitnik Nobelove nagrade za ekonomiju za 1971. godinu, za svoju empirijski utemeljenu interpretaciju privrednog rasta koja je otvorila nove i dublje uvide u ekonomsku i društvenu strukturu razvojnog procesa. Na taj način je Kuznjec dao odlučujuću doprinos razvoju kvantitativne ekonomske istorije, kao i transformaciji ekonomije u empirijsku nauku (The Nobel Prize, 2022).

Ekološka Kuznjecova kriva se temelji na izvornoj Kuznjecovoj krivoj prema kojoj uporedo sa razvojem privrede, tržišne sile najpre utiču na rast, a zatim i na pad privrednih nejednakosti. Drugim rečima, ova kriva pokazuje zavisnost stepena nejednakosti u raspodeli dohotka od nivoa privrednog razvoja zemlje, merenog BDP-om po glavi stanovnika. Ona ima oblik obrnutog latiničnog slova U, ukazujući na to da tokom privrednog razvoja dohodovna nejednakost najpre raste, a zatim opada (Jakšić i dr., 2006, str. 362). U momentima kada je nastajala, Kuznjecova kriva je bila prilagođena tadašnjim okolnostima, da bi sa razvojem društva i rastom globalnih nejednakosti ona postala predmet brojnih modifikacija i teorijskih rasprava. Tako je Kuznjecova kriva našla svoju praktičnu primenu u mnogim oblastima ekonomskih i širih prirodnih i društvenih nauka kao što su zaštita životne sredine, ekološka ekonomija, obrazovanje, proučavanje ljudskog kapitala, meteorologija, društvene nejednakosti, društveno blagostanje, metalurgija i mnoge druge.

Aktivnosti koje prate savremene razvojne procese kao što su proizvodnja, saobraćaj, rudarstvo, transport i špedicija, građevinska industrija, poljoprivreda, urbanizacija, ubrzana industrijalizacija, finansijski razvoj, globalizacija i mnoge druge ne samo da iscrpljuju prirodne resurse, već generišu i velike količine otpada koje dovode do zagađenja vode, vazduha i tla, ali i do globalnih klimatskih promena, globalnog zagrevanja i pojave kiselih kiša. Pri tome se neadekvatno tretiranje otpada može javiti kao glavni uzročnik ekoloških zagađenja, degradacije životne sredine i biodiverziteta, pogoršanja zdravlja stanovništva i gubitka poljoprivrednih useva (Shivaji College, 2022, p. 164). Danas antropogene i tehnogene aktivnosti, izazvane promenom načina života savremenog čovečanstva, brзом industrijalizacijom i intenzivnim rastom globalnog stanovništva, deluju

pogubnije na životnu sredinu nego što je to ikada do sada bio slučaj (Lukinović i dr., 2021, str. 487). Aktuelna antropogena zagađenja su do te mere degradirala životnu sredinu da je zaštitni ozonski omotač u gusto naseljenim oblastima severne hemisfere počeo da se proređuje dvostruko brže od očekivane dinamike. Zbog toga se ubuduće očekuje intenzivnije zagrevanje površine planete Zemlje, a samim tim i pojava novih opasnosti od elementarnih nepogoda i katastrofalnih ekoloških posledica poput pojave kancerogenih i tropskih bolesti, prekida lanaca ishrane, potapanja manjih ostrva, otapanja malih kopnenih glečera, poplava, suša, gubitka poljoprivrednih useva i dr. (Appannagari, 2017, str. 151).

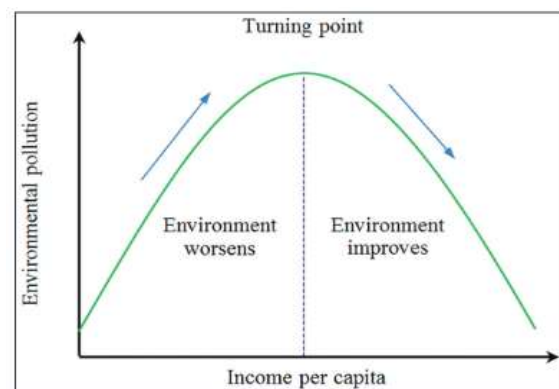
U poslednje vreme poseban problem predstavljaju i dotrajali elektronski uređaji, odnosno takozvani e-otpad koji se javlja kao najbrže rastuća kategorija otpada posmatrano po svojoj veličini i toksičnosti. Ako se ne odlažu na adekvatan i zakonom propisani način, toksične supstance iz e-otpada poput olova i kadmijuma mogu zagađiti obližnju vodu, vazduh i zemljište, a time naneti i nesagledivu štetu prirodnim ekosistemima, životnoj sredini, poljoprivrednim usevima, pijućoj vodi, zdravlju ljudi i sl. (Mijatović i dr., 2023, str. 175). Aktuelni ekološki problemi su nastali i kao posledica delovanja Četvrte industrijske revolucije i razvoja digitalizacije, pojave sasvim novih tehnologija, industrijskih grana i društvenih obrazaca i procesa usled kojih je savremeno društvo zanemarilo bezbednosne pretnje nad prirodom (Aleksić i dr., 2023, str. 180). Iako se cilj koncepta Industrije 4.0 može opisati kao upotreba savremenih tehnologija za realizaciju efikasnije proizvodnje, ona i njoj srodne industrije poput Interneta stvari (IoT) i cyber-fizičkih sistema ostavljaju negativan efekat po održivost životne sredine jer uzrokuju zagađenja tla i vazduha, neadekvatno ispuštanje i odlaganje otpada, ali i intenzivnu upotrebu sirovina, informacija i energije. U ovom trenutku još uvek postoji detektovani jaz između stvarnog i željenog stanja jer se linearni koncept proizvodnje pokazao kao slab model održivosti. Rezultati brojnih istraživačkih studija ukazuju na negativnu vezu između protoka proizvodnih faktora, sirovina, energetskih inputa, informacija i odlaganja otpada, sa jedne, i njihovog uticaja na životnu sredinu sa druge strane. Ipak, integracija Industrije 4.0 i ciljeva održivog razvoja budi izvesnu nadu u lepšu budućnost i stvaranje adekvatne ekološke podrške koja će jednog dana iznedriti visoke ekološke performanse sa daleko povoljnijim ekološkim uticajima nego što je to pre bio slučaj (Olah et al., 2020, str. 1)

Pobuđeni iskrenom zabrinutošću za perspektive stanja životne sredine i ljubavlju prema prirodi, mnogi su autori počeli da proučavaju uticaj štetnih proizvodnih i industrijskih aktivnosti na zagađenja našeg životnog okruženja. Ovi motivi su pobudili i autorke ovog članka na to da posvete izvesnu pažnju ovim esencijalnim ekološkim pitanjima. Ekološka Kuznjecova kriva je dobila na svojoj popularnosti u onom trenutku kada je počela obilato da se koristi kao teorijski okvir za proučavanje odnosa između proizvodnih prinosa i degradacije životne sredine, uglavnom iskazivane emisijama štetnih gasova poput ugljen-dioksida (CO₂), amonijaka, azotnih oksida, sumpor-dioksida (SO₂), emisija PM čestica i ugljen-monoksida (CO), ali i ispuštanjem industrijskog čvrstog i tečnog otpada, potrošnjom energije, ekološkim otiskom i dr. Pre njene pojave, zabrinutost društva bila je uglavnom usmerena na ograničene kapacitete planete Zemlje za apsorpciju urbanog i industrijskog otpada, dok je nakon njene pojave počeo da se stavlja veći akcenat na oskudicu ekoloških resursa, očuvanje prirode i rastuća zagađenja životne sredine (Leal & Marques, 2022, str. 2-6).

Do sada su brojne istraživačke studije opširno proučavale vezu između privrednog rasta i štetnih zagađenja životne sredine ukazujući na to da se tehnološke promene, kao i promene u savremenim obrascima proizvodnje i potrošnje, korišćenja energije, a samim tim i emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG) mogu razložiti na efekte obima, efekte tehnologija i efekte kompozicije, odnosno sastava (Cole, 2004, str. 72). Efekat obima se odnosi na verovatni rast GHG emisija koji se javlja kao posledica ukupnog privrednog rasta. Sa druge strane, efekat tehnologija, koji prati savremene razvojne procese, smanjuje intenzitet GHG emisija korišćenjem čistijih i zelenih proizvodnih tehnologija, dok efekat kompozicije ukazuje na promenu privredne strukture do koje može doći kada se zemlja specijalizuje za proizvodnju nekog proizvoda u kojoj ima komparativne prednosti. Istražujući hipotezu o Ekološkoj Kuznjecovoj krivoj i negativnu vezu između privrednih procesa i zagađenja životne sredine, brojni su teorijski i empirijski radovi došli do zaključka o različitim uzročnicima, zagađivačima i tehnologijama zagađenja, ističući jasnu poruku o tome da savremeni privredni procesi u manjoj ili većoj meri zagađuju i ugrožavaju životnu sredinu. Imajući u vidu relevantnost svih ovih pitanja, cilj ovog rada je da ispita da li hipoteza o delovanju Ekološke Kuznjecove krive važi i u slučaju Srbije, primenom kvadratne regresije koja bi trebalo da potvrdi ili da opovrgne ovu tezu, ujedno i uz primenu pratećih statističkih i ekonometrijskih metoda i postupaka.

1. MATERIJALI I METODE / MATERIALS AND METHODS

Poslednjih nekoliko decenija obeležio je snažan razvoj privrednih aktivnosti koji je pobudio i zabrinutost javnog mnjenja za njihov uticaj na životnu sredinu, kako na lokalnom i nacionalnom, tako i na regionalnom i globalnom nivou. Veza između privrednog rasta i kvaliteta životne sredine privukla je značajnu pažnju, još od pojave epohalnog članka autora Grossmana i Kruegera (1991) koji su prvi uveli hipotezu o Ekološkoj Kuznjecovoj krivoj (EKK). EKK se zasniva na pretpostavci o tome da u svojoj početnoj fazi privredni rast podstiče štetne emisije CO₂, dok u narednoj fazi, nakon dostizanja takozvane prelomne tačke (turning point), odnosno maksimalnog nivoa emisija CO₂, dolazi do negativne veze između zagađenja i dohotka po glavi stanovnika. Ova se veza između štetnih emisija CO₂ i privrednog rasta po glavi stanovnika opisuje obrnutom Kuznjecovom krivom u obliku latiničnog slova U, kako je i prikazano na Slici 1. Sa slike se jasno vidi da dok u prvoj fazi privrednog rasta dolazi do pogoršanja stanja životne sredine, od prelomne tačke pa nadalje se uporedo sa daljim privrednim razvojem i stanje životne sredine postepeno poboljšava. Dok se na x osi uglavnom prikazuju ekonomski pokazatelji poput BDP-a po glavni stanovnika, na y osi se predstavljaju već pomenuti pokazatelji degradacije životne sredine.



Slika 1. Ekološka Kuznjecova kriva
Figure 1. Environmental Kuznets Curve
Izvor / Source: Phong, 2019, str. 42

Najjednostavniji i klasičan oblik matematičkog izraza Ekološke Kuznjecove krive može se predstaviti sledećom kvadratnom jednačinom (Rongxing, 2012):

$$y = \alpha + \beta x + \gamma x^2 + \varepsilon_t \quad (1)$$

gde varijabla y predstavlja nivo sačinjene ekološke štete, odnosno zagađenja, varijabla x predstavlja trenutni nivo dohotka (BDP-a) po glavni stanovnika,

gde su α , β i γ koeficijenti koji se procenjuju, dok je ε_t slučajna greška regresije. Ovako definisana EKK odražava uticaj efekata privrednog razvoja na kvalitet životne sredine. Pri tome bi, prema polaznoj hipotezi o Ekološkoj Kuznjecovoj krivoj, drugi koeficijent trebalo da bude pozitivan ($\beta > 0$), dok bi treći koeficijent trebalo da bude negativan ($\gamma < 0$).

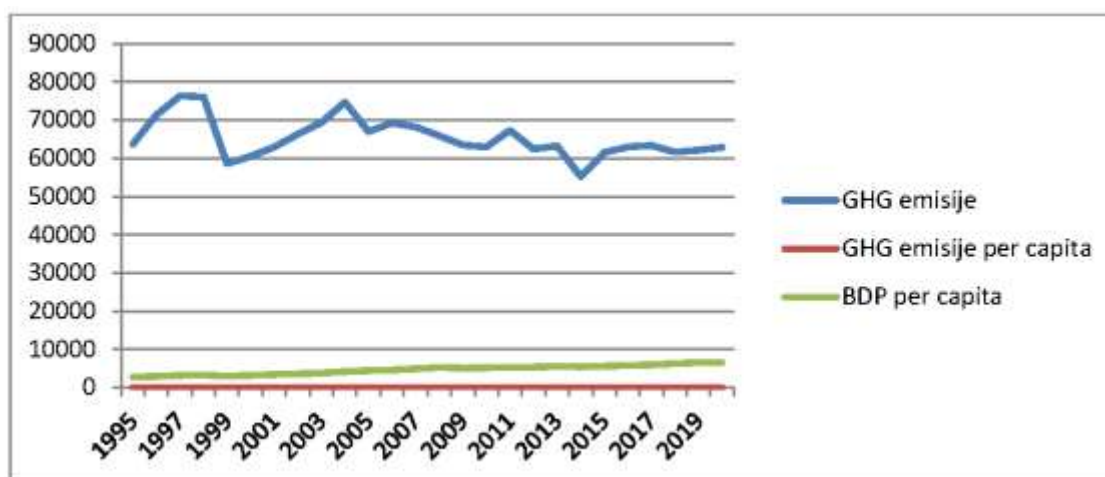
Brojni teorijski radovi pokazali su da EKK može dati validne rezultate, odnosno obrnuti oblik krive latiničnog slova U ako sa rastom dohotka dolazi do konstantne ili opadajuće granične korisnosti potrošnje, do rastuće granične beskorisnosti zagađenja, kao i do konstantne ili rastuće marginalne štete od zagađenja. Pri tome, stvarne vrednosti prelomnih tačaka zavise od relativnih vrednosti osnovnih parametara, kao i od njihovih predznaka (Hettige et al., 2000, str. 446). Istovremeno, ako proizvođači plaćaju i snose društvene marginalne troškove zagađenja, odnos između štetnih GHG emisija i privrednog razvoja zavisi od svojstava korišćene tehnologije i njihovih preferencija. Sa druge strane, u okolnostima sličnih preferencija proizvođača, rast autputa će rezultirati povećanjem zagađenja, dok će u okolnostima njihovih različitih preferencija uticaj privrednog rasta na zagađenja zavisiti od stepena njihove relativne averzije prema riziku i elastičnosti supstitucije u proizvodnji između zagađenja i korišćenja konvencionalnih faktora proizvodnje (López, 1994, str. 163-184).

Svrha ovog članka je da ispita validnost hipoteze o Ekološkoj Kuznjecovoj krivoj na primeru Srbije, u periodu od 1995. do 2000. godine za koji postoje dostupni podaci. Podaci koji su korišćeni u ovoj

analizi potiču samo iz baze podataka Svetske banke, čime je obezbeđena njihova međusobna uporedivost. U članku se ispituje uticaj kretanja BDP-a po glavi stanovnika na nivo zagađenja izražen štetnim emisijama ugljen-dioksida (CO_2). Naučni doprinos ovog rada ogleda se u konkretnoj kvantifikaciji uticaja privrednog razvoja na zagađenje i perspektive poboljšanja životne sredine u Srbiji u posmatranom periodu od dve i po decenije.

2. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

U članku se prati uticaj privrednog razvoja Srbije merenog njenim BDP-om po glavi stanovnika na ukupne emisije gasova sa efektom staklene bašte izražene u kilotonama (kt) ekvivalenta CO_2 , u periodu od 1995. do 2020. godine. Da bi se obezbedila potpuna uporedivost podataka, izračunate su vrednosti GHG emisija po glavi stanovnika koje se dalje stavljaju u odnos sa BDP-om po glavi stanovnika. Slika 2 ukazuje na kretanje ukupnih GHG emisija, GHG emisija po glavi stanovnika i dohotka po glavi stanovnika u Srbiji, u periodu od 1995. do 2020. godine. Sa slike se jasno uočava da je u proteklom periodu došlo do postepenog pada ukupnih GHG emisija i do rasta autputa po glavi stanovnika, s tim što su GHG emisije po glavi stanovnika ostale konstantne. Relativna nepromenljivost per capita GHG emisija proizilazi iz istovremenog blagog pada i ukupnih GHG emisija, ali i stanovništva, što u krajnjoj instanci generiše konstantan rezultat. Međutim, ovaj nalaz je takođe nastao i kao rezultat blagog pada ukupnih GHG emisija u proteklom periodu



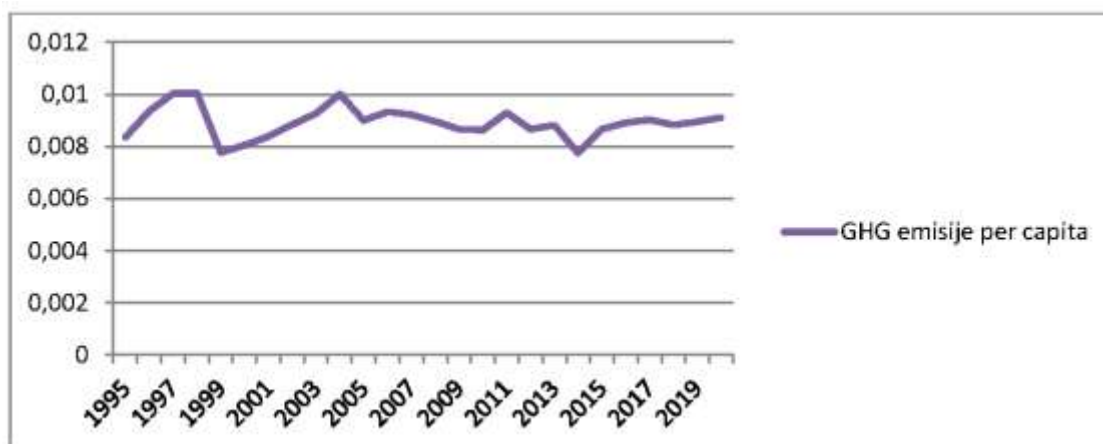
Slika 2. Kretanje posmatranih varijabli u periodu od 1995. do 2020. godine

Figure 2. The trend of observed variables in the period from 1995 to 2020

Izvor / Source: slika autorki / authors' figure

Nešto dublji uvid u kretanje per capita GHG emisija (Slika 3) takođe potvrđuje njihovu relativnu konstantnost jer su se one u posmatranom periodu kre-

tale samo u rasponu od 0,0077 do 0,01 (Tabela 1). Tabela 1 predstavlja rezultate deskriptivne statistike posmatranih varijabli.



Slika 3. Kretanje GHG emisija po glavi stanovnika u periodu od 1995. do 2020. godine

Figure 3. The trend of GHG emissions per capita in the period from 1995 to 2020

Izvor / Source: slika autorki / authors` figure

Tabela 1. Rezultati deskriptivne statistike posmatranih varijabli

Table 1. Descriptive statistics results of the observed variables

Varijable	Srednja vrednost	Medijana	Maksimalna vrednost	Minimalna vrednost	Standardna devijacija	Jarque-Bera test	Verovatnoća
Ukupne GHG emisije	65360,31	63406,00	76287,00	55199,00	5140,90	1,5445	0,4620
GHG emisije per capita	0,0089	0,0089	0,0100	0,0077	0,0006	0,0026	0,9987
BDP per capita	4673,37	5057,60	6567,90	2781,20	1199,76	1,8704	0,3925

Napomena / Note: * označava statističku značajnost na nivou od 5% / denotes statistical significance at the level of 5%

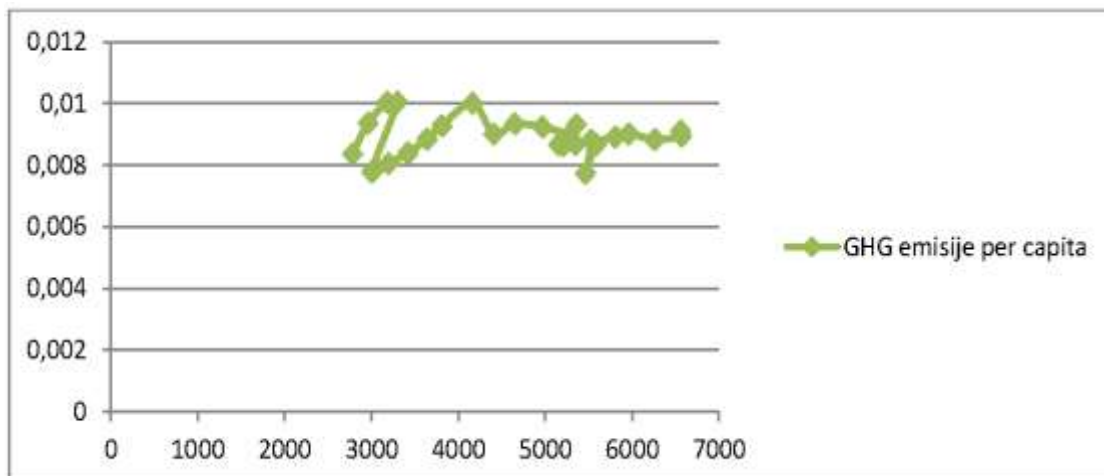
Izvor / Source: proračun autorki / authors` calculations

Rezultati sprovedenog Jarque-Bera testa normalnosti raspodele ukazuju na to da su sve razmatrane varijable imale normalnu raspodelu. U narednom koraku se pristupilo konstrukciji dijagrama raspršenosti varijabli GHG emisija po glavi stanovnika i BDP-a po glavi stanovnika sa ciljem da se utvrdi okvirni oblik Ekološke Kuznjecove krive u Srbiji (Slika 4).

Sa Slike 4 se uočava da Ekološka Kuznjecova kriva Srbije ne prati njenu strogo definisanu formu, iako se ipak naziru njeni obrisi. Ako bismo izuzeli početni period njenog oštrog rasta i pada sa kraja 90-tih godina prošlog veka, koji je prevashodno bio uzrokovan padom privrednih aktivnosti usled međunarodne izolacije Srbije, iz analize zaista sledi da je EKK naglo rasla od 2000. do 2004. godine, od kada je počela postepeno da opada. Kuznjecova kriva Srbije je svoju najmanju vrednost zabeležila 2014. godine, od kada je počela ponovo da raste ukazujući na rast

zagađenja izazvanih ekspanzijom privrednih aktivnosti. Ipak, u poslednje vreme se uočava relativna stabilnost štetnih GHG emisija, budeći nadu u to da je uvoz novih i čistijih tehnologija vremenom doveo do poželjnih ekoloških ishoda. Ovim je potvrđena teza o tome da je privredni rast od početka ovog veka, kada se Srbija otvorila i počela da sprovodi tržišne reforme, najpre bio praćen rastom zagađenja izraženim u per capita GHG emisijama, da bi od prelomne tačke iz 2004. godine došlo do njihovog blagog i postepenog dugoročnog smanjivanja.

Dalje je u analizi bio primenjen Prošireni Dickey-Fullerov (ADF) test jediničnog korena sa ciljem utvrđivanja stacionarnosti svih šire razmatranih varijabli (Tabela 2). Pošto je bilo utvrđeno da su sve razmatrane serije bile stacionarne na nivou, pristupilo se proceni oblika i modeliranju trenda kretanja Ekološke Kuznjecove krive u Srbiji.



Slika 4. Ekološka Kuznjecova kriva Srbije
 Figure 4. Environmental Kuznets Curve of Serbia
 Izvor / Source: slika autorki / authors' figure

Tabela 2. Rezultati primenjenog ADF testa
 Table 2. Results of the applied ADF test

Varijable	Uključenje u jednačinu testa	Vrednost t-statistike	Verovatnoća	Dijagnostika testa
Ukupne GHG emisije	Odsečak i trend	-3,6622*	0,0445	Seriya je stacionarna
GHG emisije per capita	Odsečak i trend	-3,6557*	0,0451	Seriya je stacionarna
BDP per capita	Odsečak i trend	-4,5218*	0,0284	Seriya je stacionarna

Napomena / Note: * označava statističku značajnost na nivou od 5% / denotes statistical significance at the level of 5%

Izvor / Source: proračun autorki / authors' calculations

Pošto je Slika 4 ukazala na to da veza između per capita GHG emisija i per capita privrednog rasta nije bila linearnog, već u većoj meri paraboličnog oblika, u članku se pristupilo proceni EKK krive, odnosno modeliranju trenda kretanja ekoloških zagađenja izraženih per capita GHG emisijama sa ciljem da se utvrdi funkcija koja na najbolji način opisuje ponašanje Ekološke krive Srbije. Postupak modeliranja trenda generiše specifičnu analitičku vrstu funkcija kojima se proučava neka pojava u zavisnosti od kretanja prediktora. Da bi se utvrdio oblik krive i trend kretanja ekoloških zagađenja u Srbiji, u radu se analizira 11 različitih ekonometrijskih međusobno konkurentnih modela u okviru kojih je adekvatan trend kretanja određen onim modelom koji ima najveći koeficijent determinacije R^2 , a time i najveću moć objašnjenja. U ovim funkcijama, varijabla y predstavlja GHG emisije po glavi stanovnika, varijabla x je prediktor koji ukazuje na prosečan nivo

ostvarenog privrednog rasta, dok ε_t predstavlja slučajnu komponentu modela. Rezultati sprovedenog postupka ocene EKK krive prikazani su Tabelom 3.

Rezultati procenjenih ekonometrijskih konkurentnih modela ukazuju na to da se sa verovatnoćom od 95% može pretpostaviti da model kvadratne funkcije predstavlja najbolji model za opisivanje trenda kretanja Ekološke Kuznjecove krive u Srbiji na početku ovog veka, čime je zapravo i dokazana polazna hipoteza o postojanju EKK krive u našoj zemlji. Ovaj model je dao najveću vrednost koeficijenta determinacije R^2 , zbog čega se, a s obzirom na raspoložive podatke, može smatrati modelom koji najbolje objašnjava ponašanje domaće EKK krive. Nakon ovog koraka, pristupilo se sprovođenju kvadratne regresije čiji je kratak opis osnovnih statističkih karakteristika i procenjenih parametara predstavljen Tabelom 4.

Tabela 3. Rezultati 11 konstruisanih ekonometrijskih međusobno konkurentnih modela
Table 3. Results of 11 constructed econometric mutually competitive models

Međusobno konkurentni ekonometrijski modeli	Osnovne karakteristike razmatranih modela				
	Koeficijent determinacije R^2	Vrednost F-statistike	df1	df2	Nivo statističke značajnosti
$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon_t$	0,169	4,889	1	24	0,37
$Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln x + \varepsilon_t$	0,148	4,166	1	24	0,52
$Y_t = \beta_0 + \frac{\beta_1}{x} + \varepsilon_t$	0,123	3,367	1	24	0,79
$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \varepsilon_t$	0,204	2,952	2	23	0,72
$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3$	0,196	2,800	2	23	0,82
$Y_t = \beta_0 x^{\beta_1} + \varepsilon_t$	0,160	4,575	1	24	0,43
$Y_t = \beta_0 \beta_1^x + \varepsilon_t$	0,139	3,877	1	24	0,61
$Y_t = e^{\beta_0 + \frac{\beta_1}{x}}$	0,115	3,113	1	24	0,90
$Y_t = \frac{1}{\frac{1}{u} + \beta_0 \beta_1^x} + \varepsilon_t$	0,160	4,575	1	24	0,43
$Y_t = e^{\beta_0 + \beta_1 x}$	0,160	4,575	1	24	0,43
$Y_t = \beta_0 e^{\beta_1 x}$	0,160	4,575	1	24	0,43

Napomena / Note: * označava statističku značajnost na nivou od 5% / denotes statistical significance at the level of 5%

Izvor / Source: proračun autorki / authors' calculations

Tabela 4. Rezultati primenjene kvadratne regresije
Table 4. Results of applied quadratic regression

Varijable	Vrednost koeficijenata	Vrednost t-statistike	Verovatnoća
C	57468,847 [*]	3485	0,002
BDP per capita	5075	765	0,452
(BDP per capita)²	-0,001	-1006	0.325

Napomena / Note: * označava statističku značajnost na nivou od 5% / denotes statistical significance at the level of 5%

Izvor / Source: proračun autorki / authors' calculations

Iz ovih rezultata sledi da se kvadratna jednačina ovog modela sada može predstaviti sledećim izrazom:

$$y = \alpha + 5075x - 0,001x^2 + \varepsilon_t \quad (2)$$

Ovim postupkom je bila dokazana validnost Teorije o ekološkoj Kuznjecovoj krivoj na primeru Srbije. Naime, ubrzani privredni rast je zaista do 2004. godine podsticao i vidni rast zagađenja merenih per capita GHG emisijama, da bi od te godine pa nadalje došlo do njihovog postepenog i blagog smanjivanja, a u poslednje vreme i do stagnacije. Pošto u ovom radu nije bilo mesta za uključivanje i razmatranje nekih drugih varijabli poput emisija ugljen-dioksida (CO₂), amonijaka, azotnih oksida, sumpor-dioksida (SO₂), emisija PM čestica, metana i ugljen-monoksida (CO), ali i ispuštanja industrijskog čvrstog i tečnog otpada, potrošnje energije, korišćenja obnovljivih izvora energije, industrijske proizvodnje, vrednosti pruženih usluga, ekološkog otiska i sl., uključiva-

vanje ovih varijabli bi moglo da bude predmet nekih narednih istraživanja.

ZAKLJUČAK / CONCLUSION

U radu je sprovedena ekonometrijska analiza sa ciljem testiranja validnosti hipoteze o postojanju Ekološke Kuznjecove krive u Srbiji, u periodu od 1995. do 2020. godine. Rezultati sprovedenog istraživanja su nedvosmisleno ukazali na to da ova kriva zaista i važi u slučaju naše zemlje. U proteklom periodu je u Srbiji došlo do postepenog pada ukupnih GHG emisija i do rasta BDP-a po glavi stanovnika, s tim što su GHG emisije po glavi stanovnika ostale relativno konstantne. Iz sprovedenog istraživanja jasno sledi zaključak da je Ekološka Kuznjecova kriva naglo rasla u periodu od 2000. do 2004. godine, od kada je počela postepeno da opada, čime je zapravo i potvrđena hipoteza o postojanju efekata ove ekološke krive u našoj zemlji. Primenjena ekonometrijska analiza nas upućuje na saznanje o

tome da model kvadratne funkcije predstavlja najbolji model za opisivanje trenda kretanja Ekološke Kuznjecove krive u Srbiji na početku ovog veka. Ovaj model je dao najveću vrednost koeficijenta determinacije R^2 , zbog čega se, a s obzirom na raspoložive podatke, može smatrati modelom koji najbolje opisuje ponašanje domaće EKK krive.

S obzirom na brojne pogodnosti koje nudi i obezbeđuje stranim investitorima, Srbija bi ubuduće trebalo da se usmeri na one ulagače koji favorizuju primenu čistih i zelenih tehnologija, koje dokazano smanjuju negativan uticaj privrednih aktivnosti na životnu sredinu i eksploataciju prirodnih resursa. Kao potpisnica Pariskog ugovora iz 2016. godine, naša zemlja bi trebalo da preduzme i nešto ambicioznije zvanične i praktične napore u pravcu intenzivnije borbe protiv katastrofalnih posledica klimatskih promena, ali i da pokaže veću posvećenost ciljevima očuvanja i zaštite prirode. Ovi koraci, pre svega, uključuju veću privrženost korišćenju obnovljivih izvora energije, aktivnu primenu pametnih i bezpapirnih tehnologija, dalje podsticanje upotrebe električnih vozila, korišćenje čistih tehnologija usmerenih na smanjenje štetnih GHG emisija, razvoj zelene privrede i zelenih poslova, jaču regulatornu i finansijsku kontrolu zagađivača i sl. Ekonomska politika vođena motivima profita nesporno utiče na degradaciju životne sredine, dok smo svedoci činjenice da je priroda i na ovim prostorima počela da uzvraća udarac pojavom brojnih klimatskih poremećaja i problema.

U ovom kontekstu dolaze do izražaja i održive poslovne strategije i prakse koje se javljaju kao svojevrsna integracija ekonomskih, ekoloških i društvenih ciljeva u poslovni model, a koje se sprovode sa ciljem stvaranja dugoročne vrednosti za kompaniju, njene klijente i zaposlene, ali i građane, institucije i šire društvo. Srbija bi trebalo intenzivnije da podstiče primenu održivih poslovnih praksi jer bi na taj način mogla da generiše novu, ekološki i društveno prihvatljivu vrednost svojih proizvoda i usluga, kako na nacionalnom, tako i na globalnom planu, a time i da poveća svoju konkurentnost i vidljivost na međunarodnim tržištima. Dok održive poslovne strategije podstiču razvoj održivih poslovnih modela, sve ovo može dalje doprineti stvaranju jedinstvene prepoznatljivosti i konkurentne prednosti, a time i razvoju koncepta održive privrede naše zemlje. Ovde se prevashodno radi o poslovnim modelima koji su usmereni na (Long, 2019, str. 7) maksimizaciju efikasnog korišćenja materijala i energije; stvaranje vrednosti iz otpada (cirkularna ekonomija); prelazak na prirodne procese; usmerenje na štednju, samodovoljnost i funkcional-

nost poslovnih procesa; podsticanje društveno odgovornog poslovanja i dr. U ovom bi kontekstu trebalo ozbiljnije uzeti u obzir i domete savremene cirkularne prakse koja nedvosmisleno smanjuje ekološke pritiske i neželjene efekte, podstiče privredni rast i mogućnosti reciklaže, unapređuje efikasnost i bezbednost snabdevanja sirovinama i faktorima proizvodnje i utiče na rast konkurentnosti, a samim tim i na višak potrošača i društveno blagostanje (Madžar, 2021, str. 130). Na kraju ove analize, valja se prisetiti i čuvene sentence Alberta Ajnštajna (Albert Einstein) koji nam je ostavio u nasleđe jednu od najlepših mudrosti o samoj prirodi: "Pogledaj duboko u prirodu i onda ćeš sve stvari bolje razumeti". Ovo upućuje na zaključak da savremeno industrijsko i materijalistički orijentisano društvo ne bi smelo da gubi iz vida znake i upozorenja iz prirode da ne bi ugrozilo i sam svoj opstanak na planeti Zemlji.

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Aleksić, I., Vujović, T., Arsić, Lj. (2023). Zelena i cirkularna ekonomija kao simboli brige o zaštiti životne sredine. *Ecologica*, 30(110): 180-188. doi:10.18485/ecologica.2023.30.110.2
- [2] Appannagari, Ramamohana R. (2017). Environmental Pollution Causes and Consequences: A Study. *North Asian International Research Journal of Social Sciences & Humanities*, 3(8): 151-161.
- [3] Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological economics*, 48(1): 71-81. doi:10.1016/j.ecolecon.2003.09.007
- [4] Grossman, G., Krueger, A. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. *National Bureau of Economics Research Working Paper*, No 3194. NBER, Cambridge.
- [5] Hettige, H., Mani, M., Wheeler, D. (2000). Industrial pollution in economic development: the environmental Kuznets curve revisited. *Journal of Development Economics*, 62(2): 445-476. doi:0.1016/S0304-3878(00)00092-4
- [6] Jakšić, M., Backović, M., Cerović, B., Medojević, B. (2006). *Ekonomski rečnik*. Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta u Beogradu, Beograd.
- [7] Leal, P. H., Marques, A. C. (2022). The evolution of the environmental Kuznets curve hypothesis assessment: A literature review under a critical analysis perspective. *Heliyon*, 8(11): 1-18. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e11521
- [8] Long, T. B. (2019). Sustainable Business Strategy. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L.,

- Özuyar, P.G., Wall, T. (Eds.) *Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals: Decent Work and Economic Growth*, Springer, UK.
- [9] López, R. (1994). The Environment as a Factor of Production: The Effects of Economic Growth and Trade Liberalization. *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2): 163-184. doi:10.1006/jeem.1994.1032
- [10] Lukinović, M., Škvareninová, L., Jovanović, L. (2021). Results of 26th United Nations Climate Change Conference (COP26) held in Glasgow. *Ecologica*, 28(104): 487-493. doi:10.18485/ecologica.2021.28.104.1
- [11] Madžar, L. (2021). The Concept, Principles and Innovations in Circular Economy. *Glasnik za društvene nauke*, 13(13): 120-133.
- [12] Mijatović, M., Gajinović, T., Uzelac, O. (2023). Planirana dotrajnost kao korporativna strategija proizvođača: pojmovno određenje, posledice primene i pravna regulacija. *Ecologica*, 30(110): 173-179. doi:10.18485/ecologica.2023.30.110.1
- [13] Olah, J., Aburumman, N., Popp, J., Khan, M. A., Haddad, H., Kitukutha, N. (2020). Impact of Industry 4.0 on environmental sustainability. *Sustainability*, 12(11): 1-21. doi:10.3390/su12114674
- [14] Phong, L. H. (2019). Globalization, Financial Development, and Environmental Degradation in the Presence of Environmental Kuznets Curve: Evidence from ASEAN-5 Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2): 40-50. doi:10.32479/ijeeep.7290
- [15] Rongxing, G. (2012). 3-Cross Border Regional Science. *Developments in Environmental Science*, 10: 77-119. doi:10.1016/B978-0-08-098319-6.00003-0
- [16] Shivaji College. (2022). Environmental Pollution. Module-4: Contemporary Environmental Issues. Shivaji College, University of Delhi, New Delhi.
- [17] The Nobel Prize. (2022). Simon Kuznets Facts. <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/1971/kuznets/facts/>
- [18] The World Bank Data. (2023a). GDP per capita (constant 2015 US\$) – Serbia. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PC.AP.KD?locations=RS>
- [19] The World Bank Data. (2023b). Population, total – Serbia. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TO.TL?locations=RS>
- [20] The World Bank Data. (2023c). Total greenhouse gas emissions (kt of CO₂ equivalent) – Serbia. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GH.GT.KT.CE?locations=RS>