

EKONOMSKO VREDNOTENJE UČINKOV PODNEBNO-ENERGETSKIH UKREPOV

Miha Dominko
Renata Slabe Erker
Kaja Primc
Matevž Pušnik
Boris Majcen

EKONOMSKO VREDNOTENJE UČINKOV PODNEBNO- ENERGETSKIH UKREPOV

Miha Dominko
Renata Slabe Erker
Kaja Primc
Matevž Pušnik
Boris Majcen

Ljubljana, 2023

EKONOMSKO VREDNOTENJE UČINKOV PODNEBNO-ENERGETSKIH UKREPOV

Miha Dominko, Renata Slabe Erker, Kaja Primc, Matevž Pušnik, Boris Majcen

© 2023 Inštitut za ekonomska raziskovanja, Ljubljana

Vse pravice pridržane. Nobenega dela tega gradiva se brez predhodnega privoljenja lastnikov avtorskih pravic ne sme reproducirati, shranjevati ali prepisovati v katerikoli obliki oziroma na katerikoli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače.

Izdal in založil: Inštitut za ekonomska raziskovanja, Ljubljana

Recenzenta: prof. dr. Maja Klun, doc. dr. Janez Dolšak

Oblikovanje naslovnice: Solos d.o.o., Ljubljana

Tisk: Solos d.o.o., Ljubljana

Naklada: 200 izvodov

Knjižna zbirka: EkonomIERa, ISSN 2630-2896

Urednik: dr. Damjan Kavaš

Področje: Okolje in trajnostni razvoj

Projekt Vzpostavitev in razvoj modelske infrastrukture za ekonomska vrednotenje učinkov podnebno-energetskih ukrepov na gospodarstvo in družbo (CRP V5-2120), v okviru katerega so nastale predmetne analize, so financirali Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije, Ministrstvo za finance in Ministrstvo za infrastrukturo.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana
005.585:504.7

EKONOMSKO vrednotenje učinkov podnebno-energetskih ukrepov / pripravili Miha Dominko ... [et al.]. - Ljubljana : Inštitut za ekonomska raziskovanja, 2023. - (EkonomIERa, ISSN 2630-2896. Okolje in trajnostni razvoj ; 06/2023)

ISBN 978-961-6906-76-0
COBISS.SI-ID 165093635

KAZALO VSEBINE

POVZETEK	1
SUMMARY	3
1 UVOD	5
2 PREGLED LITERATURE O CGE MODELIH	7
2.1 Predstavitev modela izračunljivega splošnega ravnovesja	7
2.1.1 Pristop in razvoj modeliranja splošnega ravnovesja	7
2.1.2 Temeljne lastnosti CGE modelov za vrednotenje podnebno-energetskih ukrepov	10
2.2 Primerjava CGE modela z ostalimi modeli	14
2.2.1 Ekonomski modeli	14
2.2.2 Metode okoljskih presoj, ki se povezujejo z ekonomskimi modeli	23
2.3 Bibliometrična analiza uporabe CGE modelov v podnebni politiki	24
2.3.1 Metodologija	25
2.3.2 Podatki	28
2.3.3 Rezultati	33
2.3.4 Omejitve bibliometrične analize	50
3 OSNOVNI PRISTOP IN VHODNI PODATKI CGE MODELA	51
3.1 Osnovni pristop CGE modeliranja	51
3.2 Matrika družbenih računov	54
3.2.1 Lastnosti in struktura matrike družbenih računov	55
3.2.2 Umerjanje in dezagregacija matrike družbenih računov Slovenije	60
3.3 Predstavitev energetskega modela kot vira nemonetarnih vhodnih podatkov	61
3.3.1 Povezan sistem modelov v podporo odločanju	61
3.3.2 REES-SLO model	64
4 MATEMATIČNI OPIS CGE MODELA	69
4.1 Proizvodnja	69
4.2 Institucije	72
4.3 Cene	74
4.4 Omejitve sistema	76
4.5 Dinamična in energetska-okoljska komponenta	77



4.6 Validacija CGE modela.....	78
5 SCENARIJSKA ANALIZA UČINKOV ŠOKOV NA GOSPODARSTVO.....	79
5.1 Opis scenarijev.....	79
5.2 Temeljne predpostavke, uporabljene v scenarijih	81
5.3 Rezultati scenarijske analize	84
6 SKLEP	97
VIRI IN LITERATURA	99
SEZNAM SLIK.....	109
SEZNAM TABEL	110
STVARNO KAZALO.....	111

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

ABM	angl. Agent-Based Model (agentski model)
BDP	Bruto domači proizvod
CCS	angl. Carbon Capture and Storage (zajemanje in shranjevanje CO ₂)
CCU	angl. Carbon Capture and Utilization (zajemanje in uporaba CO ₂)
CGE	angl. Computable General Equilibrium (izračunljivo splošno ravnovesje)
DSGE	angl. Dynamic Stochastic General Equilibrium (dinamično stohastično splošno ravnovesje)
EABM	angl. Evolutionary Agent-Based Model (evolucijski model z agenti)
EF	angl. Ecological Footprint (okoljski odtis)
EMK	angl. Ecological Macroeconomic Model in the Keynesian Tradition (ekološki makroekonomski model v keynesianski tradiciji)
EU	Evropska Unija
FP	angl. Footprints (metode odtisov)
GAMS	angl. General Algebraic Modeling System (splošni algebraični modelni sistem)
HE	Hidroelektrarna
IAM	angl. Integrated Assessment Model (integriran model ocenjevanja)
IO	angl. Input-Output (vhodni-izhodni)
IS-LM	angl. Investment Saving - Liquidity Preference Money Supply (naložbeno in varčevalno ravnovesje - likvidnostna prednost in ravnovesje ponudbe denarja)
KLEM	angl. Capital, Labour, Energy, Materials (kapital, delo, energija, materiali)
LCA	angl. Life Cycle Assessment (ocena življenjskega cikla)
LULUCF	angl. Land Use, Land Use Change and Forestry (Raba zemljišč, sprememba rabe zemljišč in gozdarstvo)
MESAP	angl. Modular Energy System Analysis and Planning Environment (Okolje za analizo in načrtovanje modularnega energetskega sistema)
MFA	angl. Material Flow Analysis (analiza snovnih tokov)
NEK	Nuklearna elektrarna Krško
NEPN	Nacionalni energetske in podnebni načrt
OVE	Obnovljivi viri energije
PE	angl. Partial Equilibrium (delno ravnovesje)
PPE TE-TOL	Plinsko parna enota Termoelektrarne toplarne Ljubljana
REES-SLO	Referenčni energetske in emisijske model Slovenije



SAM	angl. Social Accounting Matrix (matrika družbenih računov)
SCM	angl. Structural Change Model (model strukturnih sprememb)
SD	angl. System Dynamics (sistemska dinamika)
SPT	Soproizvodnja toplote in električne energije
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
TE	Termoelektrarna
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
TGP	Toplogredni plini
UK	angl. United Kingdom (Združeno Kraljestvo)
ZDA	Združene države Amerike

POVZETEK

Monografija predstavlja izsledke raziskave »Vzpostavitev in razvoj modelske infrastrukture za ekonomsko vrednotenje učinkov podnebno-energetskih ukrepov na gospodarstvo«, s čimer se Slovenija usmerja k prehodu v podnebno nevtralno družbo. V okviru tega cilja je bilo razvito analitično orodje, ki omogoča družbeno-ekonomsko vrednotenje ukrepov za blaženje podnebnih sprememb na srednji in dolgi rok. V tem kontekstu je bil razvit izračunljivi dinamični model splošnega ravnovesja (CGE model) z okoljsko in energetsko komponento slovenskega gospodarstva.

Monografija je razdeljena na šest poglavij. Po uvodnem poglavju sledi drugo poglavje, ki je namenjeno pregledu literature o CGE modelih, s poudarkom na energetsko-okoljskih modelih. S pomočjo bibliometričnih metod je analizirana uporaba CGE modelov v podnebni politiki. Tretje poglavje se osredotoča na zasnovo CGE modela in vhodne podatke, vključno z opisom REES-SLO modela, ki je prispeval nemonetarne vhodne podatke za CGE model. Četrto poglavje se posveča razvoju CGE modela, ki vsebuje dinamično komponento in energetsko-okoljsko komponento. Enako pomemben korak je validacija modela, v okviru katere se preverjajo napake pri kodiranju in obdelavi podatkov ter skladnost modela z zgodovinskimi rezultati. V petem poglavju so predstavljeni rezultati scenarijske analize učinkov podnebno-energetskih ukrepov na slovensko ekonomijo. Sklepno poglavje povzema ključne ugotovitve.

Razviti CGE model temelji na matriki družbenih računov za leto 2019 in količinskih podatkih iz REES-SLO modela. Model simulira delovanje tržnega gospodarstva ter omogoča analizo učinkov podnebno-energetskih ukrepov na makroekonomski in sektorski ravni. Analiza scenarijev kaže, da dodatna vlaganja v energetsko učinkovitost vodijo v zmanjšanje porabe energije, povečanje zaposlovanja, dvig konkurenčnosti in BDP-ja ter rahlo znižanje cen osnovnih potrebščin. Kljub temu naj bi učinki ukrepov po letu 2036 postopoma slabeli. Konkurenčnost energetsko intenzivnih panog se lahko poslabša, vendar pa se lahko izboljša sektorski položaj v drugih panogah, kot je oskrba s plinastimi gorivi.

Predstavljeni CGE model je bil razvit v Sloveniji z domačim znanjem. Rezultati analize scenarijev kažejo na pomembnost socialne pravičnosti pri prehodu v nizkoogljično družbo, saj učinki ukrepov niso enakomerno razporejeni med



različne družbene razrede. Model je smiselno razvijati še naprej ter ga uporabljati za preučevanje različnih političnih scenarijev.

SUMMARY

The monograph presents the results of the research project titled "The Establishment and Development of Model Infrastructure for the Economic Evaluation of the Effects of Climate and Energy Measures on the Economy and Society," which represents Slovenia's progress toward transitioning to a climate-neutral society. As part of this objective, an analytical tool has been developed to facilitate the socio-economic assessment of climate change mitigation measures in the medium and long term. In this context, a Computable Dynamic General Equilibrium model (CGE model) incorporating environmental and energy components of the Slovenian economy was developed.

The monograph is organized into six chapters. After the introduction, the second chapter provides a review of the literature on CGE models, with a particular focus on energy-environmental models. The use of CGE models in climate policy is analyzed using bibliometric methods. The third chapter delves into the design and inputs of the CGE model. This includes an in-depth description of the REES-SLO model, which contributed non-monetary inputs to the CGE model. The fourth chapter is dedicated to the development of the CGE model, encompassing both a dynamic component and an energy-environmental component. An equally vital aspect is model validation, which involves checking for coding and data processing errors and ensuring the model's consistency with historical results. The fifth chapter presents the results of the scenario analysis, examining the impacts of climate-energy measures on the Slovenian economy. Finally, the concluding chapter provides a summary of the key findings.

The developed CGE model is based on the social accounting matrix for the year 2019 and quantitative data from the REES-SLO model. The model simulates the workings of a market economy and enables the analysis of the effects of climate and energy measures on a macroeconomic and sectoral level. The analysis of the scenarios shows that additional investments in energy efficiency lead to a reduction in energy consumption, an increase in employment, an increase in competitiveness and GDP, and a slight decrease in the prices of basic necessities. Nevertheless, the effects of the measures should gradually weaken after 2036. The competitiveness of energy-intensive industries may deteriorate, but the sectoral position in other industries, such as the supply of gas, may improve.



The presented CGE model was developed in Slovenia, utilizing local knowledge. The results of the scenario analysis highlight the significance of social justice in the transition to a low-carbon society, as the impacts of these measures are not evenly distributed among various social classes. It is logical to continue developing the model and apply it to the study of various political scenarios.

1 UVOD

Slovenija se v skladu s Strategijo razvoja Slovenije 2030 podaja na prehod v podnebno nevtralno družbo. Kot vsaka odgovorna nacionalna vlada, si je tudi slovenska zadala, da bo vzpostavila analitično orodje za podporo odločanju na področjih, ki so ključna za doseg tega cilja. Orodje ji bo namreč omogočilo usmerjati in oblikovati obstoječe in prihodnje ukrepe za blaženje podnebnih sprememb na srednji in dolgi rok. V skladu s tem izhodiščem smo v sklopu raziskovalnega projekta »Vzpostavitev in razvoj modelske infrastrukture za ekonomsko vrednotenje učinkov podnebno-energetskih ukrepov na gospodarstvo in družbo« razvili izračunljivi dinamični model splošnega ravnovesja z okoljsko in energetsko komponento slovenskega gospodarstva (CGE model). CGE modeli namreč simulirajo delovanje tržnega gospodarstva in ponujajo edinstveno možnost analiziranja učinkov odločitev ekonomske politike, zlasti kadar ima politika makroekonomske ter sektorske učinke.

Pričujoča monografija je razdeljena na pet večjih vsebinskih sklopov oz. poglavij. Prvo vsebinsko poglavje je namenjeno pregledu literature o CGE modelih s poudarkom na energetsko-okoljskih modelih. Podrobneje so analizirane razlike med CGE modeli ter preostalimi ekonomskimi modeli, uporaba CGE modelov v podnebni politiki pa je predstavljena tudi s pomočjo bibliometričnih metod. Drugo vsebinsko poglavje se osredotoča na zasnovo CGE modela, vključno s potrebnimi vhodnimi podatki, kot tudi na sam razvoj in modeliranje CGE modela slovenskega gospodarstva. Podrobneje je predstavljen osnovni pristop modeliranja, ki ga zasledujemo pri razvoju CGE modela. Prav tako je predstavljena matrika družbenih računov (SAM) Slovenije, vključno z dezagregacijo po posameznih proizvodih ter aktivnostih, ki predstavlja ključni vhodni podatek modela. S pomočjo enačb so opisane značilnosti in struktura modela. V tem poglavju je opisan tudi REES-SLO model Centra za energetsko učinkovitost Instituta »Jožef Stefan«, saj prispeva glavno nemonetarnih vhodnih podatkov za CGE model. V skupino nemonetarnih podatkov sodijo na primer raba energije po dejavnostih in energentih, investicije po dejavnostih in emisije po dejavnostih. Razvoj modela je predmet tretjega vsebinskega poglavja, ki se osredotoča predvsem na modeliranje dinamične komponente in energetsko-okoljske komponente. Ker je za model ključnega pomena, da je računsko brezhiben, uporablja primerne podatke in predpostavke, ustrezno zajema vedenjske in



institucionalne značilnosti ter je skladen z zgodovinskimi rezultati, bo v tem poglavju prikazana tudi validacija modela. Postopek validacije vključuje preverjanje napak pri kodiranju in obdelavi podatkov z izvajanjem testov homogenosti. Rezultati scenarijske analize učinkov šokov na slovensko ekonomijo so opisani in ponazorjeni v četrtem vsebinskem poglavju, ključne ugotovitve pa so povzete v sklepnem poglavju.

2 PREGLED LITERATURE O CGE MODELIH

Modeli izračunljivega splošnega ravnovesja (angl. »computable general equilibrium models«, CGE) so obsežni numerični modeli, ki združujejo ekonomsko teorijo z resničnimi ekonomskimi podatki za izračun učinkov politike ali šokov na gospodarstvo in družbo (Burfisher, 2017). Modeli CGE prilagajajo ekonomske podatke naboru enačb, katerih namen je zajeti strukturo gospodarstva in vedenjski odziv sektorjev (podjetij, gospodinjstev, držav). To zagotavlja okvir za simulacijo sprememb politike in ugotavljanje vplivov na ključne gospodarske spremenljivke, vključno s tokovi dohodkov in odhodkov (Škotska vlada, 2016). Prvi CGE model za analizo vplivov politike je razvil Johansen (1960), norveška vlada pa še danes uporablja njegove naslednike. Z leti so se modeli CGE začeli uporabljati na več področjih, kot so trgovina, kmetijstvo in podnebne spremembe. Široko uporabo so spodbudile njihove prednosti v primerjavi z drugimi ekonomskimi modeli. V splošnem imajo CGE modeli v primerjavi z drugimi ekonomskimi modeli naslednje ključne prednosti: (i) zajemajo celotno gospodarstvo in upoštevajo interakcije med različnimi segmenti, (ii) vključujejo ponudbo in s tem omogočajo modeliranje gibanja cen, (iii) imajo močnejšo podlago v ekonomski teoriji in (iv) razdeljeni so na več sektorjev.

2.1 Predstavitev modela izračunljivega splošnega ravnovesja

2.1.1 Pristop in razvoj modeliranja splošnega ravnovesja

Modeliranje splošnega ravnovesja izhaja iz Arrow-Debreujevega teorema ekonomskega ravnovesja in iz dokaza obstoja ravnovesja, ki temelji na Brower-Kakutanijevem teoremu (Arrow & Debreu, 1954; Kakutani, 1941). Po Arrow-Debreujevem teoremu je gospodarstvo skupina subjektov na strani ponudbe in povpraševanja, ki medsebojno vplivajo na enako število dobrin na več trgih. Cene določajo interakcije na trgu, ne pa sami tržni akterji. Vsak akter individualno določi svojo ponudbo ali povpraševanje z optimiranjem lastne koristnosti, dobička ali stroškovnih ciljev. Teorem pravi, da v splošnih pogojih obstaja niz cen, ki privedejo količine ponudbe in povpraševanja v ravnovesje in potrebe vseh akterjev so zadovoljene v celoti in posamično. Brower-Kakutanijev teorem se tvori v smislu implementacije procesa, imenovanega *tâtonnement* (pri katerem gre za diskretni iterativni postopek), okrog fiksne točke, kjer se nahaja ravnotežni vektor cen.



Modeli, ki sledijo temu procesu, se imenujejo izračunljivi modeli splošnega ravnovesja ali CGE modeli.

Dokazano je, da je Arrow-Debreujevo ravnovesje mogoče doseči tudi z globalno optimizacijo, ki izpolnjuje Pareto optimalnost in uporablja ravnotežne lastnosti po Negishiju (1962). Modeli, ki sledijo tej metodologiji, imajo obliko matematičnega programiranja in jih imenujemo optimizacijski ravnovesni modeli.

Slaba stran modelov splošnega ravnovesja je t. i. problem zapiranja modela (angl. »closure rule«), torej da so rezultati odvisni od izbire pravila zapiranja (Dewatripont & Michel, 1987). Najpomembnejše alternativne opcije obnašanja/zapiranja so: (i) mobilnost kapitala med sektorji/državami, (ii) fleksibilen ali fiksni tekoči račun (glede na sektor tujine), (iii) fleksibilna ali fiksna ponudba dela, (iv) nacionalni ali mednarodni trg emisijskih dovoljenj, okoljskih omejitev, (v) fiksni ali fleksibilni javni deficit, (vi) popolna ali nepopolna konkurenca. Ker je obnašanje modelov precej odvisno od izbire opcije zapiranja, je smiselno izbrati tisto opcijo zapiranja, ki je najbližje realnosti. Če na primer vzamemo, da sta tako delo kot kapital fleksibilna, bo reakcija na ceno gotovo manjša, delo in kapital pa se bosta nerealno veliko gibala (CES KULeuven and NTUA, 2002). Številni zgodnji pristopi so bili zato klasificirani glede na vrsto prevzetih pravil zapiranja (neoklasični, neokeynesianski idr.).

Sodobni modeli vključujejo IS-LM mehanizem z dvema trgovoma (trg dobrin in trg denarja), kjer se kratica IS nanaša na ravnovesje na trgu kapitala ($I = S$), kratica LM pa na ravnovesje na trgu denarja ($L = M$). Tovrstno integracijo so tradicionalno uporabljali keynesianski modeli. V takem modelu sta endogeno določena BDP in obrestna mera. IS-LM zapiranje CGE modelov presega omejitev arbitrarnega pravila zapiranja. Poleg tega prinaša vpogled v finančne tržne mehanizme in povezane strukturne prilagoditve, ki dopuščajo različne izbire proste monetarne spremenljivke za določanje ravni inflacije. Ti modeli so bili pogosto uporabljeni za vrednotenje stabilizacijskih paketov. Večkrat vsebujejo dodatne kratkoročne oz. srednjeročne analitične posebnosti, kot so finančne ali monetarne omejitve in dinamična regulacijska pričakovanja (CES KULeuven and NTUA, 2002).

Kadar so modeli podprti z eksplicitnim opisom trgov, jih je mogoče razširiti v modeliranje nepopolnih trgov blaga oz. dela in drugih ekonomskih mehanizmov, ki se odmikajo od omejitve Pareto optimuma. Da bi poudarili možne razširitve in

tudi fleksibilnost modela v smislu možnosti predstavljanja in celo kombiniranja različnih načinov iskanja tržnih ravnovesij (npr. popolne ali nepopolne konkurence) z enim samim modelom, se je uveljavil tudi izraz modeliranje splošnega ravnovesja. Te možnosti načeloma bogatijo analitično moč modela, predvsem kar se tiče strukturnih sprememb in njihovih povezav z izkrivljanjem trga, npr. regulacijo cen, postavljanjem cen glede na stroške idr.

Razširitve modela, ki omogočajo vpeljavo alternativnih režimov iskanja tržnih ravnovesij, prinašajo možnost vpeljave elementov nove trgovinsko-ekonomske teorije znotraj CGE modelov. Od enostavnih, statičnih modelov odprte ekonomije iz 70-ih let prejšnjega stoletja je zdaj mogoče razviti sofisticirane večnacionalne modele. Ti omogočajo ekspliciten prikaz koristi od ekonomije obsega in večje konkurence, ki jo prinaša trgovinska liberalizacija.

Podobni metodološki pristopi so privedli do vključitve mehanizmov, ki odsevajo dinamiko endogene tehnološke evolucije (Romer, 1990; Grossman in Helpman, 1991; Barro et al., 1995). Bili so tudi poskusi vključitve endogene rasti v celoti v CGE model. Naslednje zanimivo področje so nepopolnosti na trgu dela, ki so bile prav tako vpeljane v modele prek pogajalske moči sindikatov, medtem ko so pravila o mobilnosti kapitala vključena le v nekatere modele (CES KULeuven and NTUA, 2002).

Današnje usmeritve pri razvoju CGE modelov obsegajo celotno področje moderne ekonomike, ki presega standardno neoklasično ekonomiko, na katero se je omejevala prva generacija CGE modelov. Inspiracija za naš model je prav ta nova generacija modelskega oblikovanja.

Ozaveščenost ljudi glede problema tople grede je spodbudila odkrivanje številnih empiričnih modelov za analizo medsebojnega vplivanja oz. delovanja gospodarstva in okolja. Nordhaus (1994), Jorgenson in Wilcoxon (1990), Manne in Richels (1997), Blitzer in Eckaus (1986) Bergmann (1988; 1991), Proost in Van Regemorter (1992), na primer, se v svojih delih osredotočajo na ekonomske pogoje za doseganje zmanjšanja emisij ogljikovega dioksida z vpeljavo ogljikovega davka. Lotevanje takšnega političnega izziva zahteva zagotovitev konsistentnega upoštevanja medsebojnih povezav med gospodarstvom, energetskega sistemom in emisijami.



2.1.2 Temeljne lastnosti CGE modelov za vrednotenje podnebno-energetskih ukrepov

Modeli za vrednotenje podnebno-energetskih ukrepov, podobno kot standardni CGE modeli, običajno temeljijo na štirih ključnih lastnostih. Prva lastnost je oblikovanje modela okrog osnovnega jedra splošnega ravnovesja na modularen način, tako da različne opcije modeliranja, tržne režime in pravila zapiranja podpira ista modelska specifikacija. Druga lastnost so popolnoma fleksibilni (endogeni) koeficienti proizvodnje in potrošnje. Naslednja lastnost je kalibracija na serije podatkov baznega leta, vključno s podrobnimi matrikami družbenih računov ali SAM matrikami (angl. »social accounting matrices«) (tabela 1). Zadnja lastnost pa so dinamični mehanizmi, ki delujejo prek akumulacije zaloga kapitala.

Temeljna struktura modelov z okoljsko oz. energetsko komponento je enaka kot pri standardnih modelih Svetovne banke. Po zgledu tradicije teh modelov so zgrajeni na osnovi SAM matrik in eksplicitno oblikujejo ravnovesje ponudbe in povpraševanja (tabela 1) (Decaluwé, Martens & Monette, 1987).

Tabela 1: Primer poenostavljene SAM matrike

PRIMER	Proizvodnja	Produkti	Faktorji	Davki	Gospodinjstva	Podjetja	Država	Kapital	Ostali svet	Skupaj
Proizvodnja		550								550
Produkti	300					150	75	25	50	600
Faktorji	200									200
Davki	50		25							75
Gospodinjstva			175	75						250
Podjetja					150					150
Država					75					75
Kapital					25					25
Ostali svet		50								50
Skupaj	550	600	200	75	250	150	75	25	50	

Opomba: Matrika je kvadratna; vrstica poroča o prihodkih, stolpec o porabi; vsaka celica pomeni porabo na enem računu in prihodek na drugem računu.

Tehnični koeficienti proizvodnje in povpraševanja so fleksibilni v tem smislu, da proizvajalci lahko menjajo strukturo proizvodnje, in to ne le kar se tiče produkcijskih faktorjev, ampak tudi kar se tiče vmesnih proizvodov. Produkcija je modelirana s KLEM, tj. s produkcijskimi funkcijami kapitala, dela, energije in materiala. Hkrati lahko potrošniki prav tako endogeno določajo strukturo svojega povpraševanja po blagu in storitvah. Njihova potrošna kombinacija je določena s fleksibilnim sistemom izdatkov, ki obsegajo trajne in netrajne dobrine. Specifikacija proizvodnje in potrošnje sledi generaliziranim modelom tipa Leontief, ki ga je prvič empirično formuliral D. W. Jorgenson.

Statični modeli so omejeni na komparativno statično vrednotenje politik, dinamični pa so zasnovani v smislu projekcij oz. vplivov določenega šoka v različnih časovnih obdobjih. Njihove lastnosti se v glavnem odražajo v povezavah zalog in tokov, tehničnem napredku, akumulaciji kapitala in pričakovanjih tržnih akterjev (npr. McKibbin & Wilcoxon, 1995).

Modeli so kalibrirani oz. umerjeni na podatkovne nize baznega leta, ki vsebujejo popolne SAM matrice za državo ali skupino držav. To omogoča kombiniranje input-output tabel s podatki iz nacionalnih računov. Prav tako so kalibrirani bilateralni trgovinski tokovi za vsak sektor v modelu, z upoštevanjem trgovinskih marž in stroškov transporta. Potrošnja in investicije se tvorijo okrog tranzicijskih matrik, ki povezujejo potrošnjo po namenu s povpraševanjem po blagu in investicije po izvoru investiranja z investicijami po namenu. Modeli v izhodišču tako vključujejo zelo natančno obravnavo obdavčenja in trgovine (npr. Shoven & Whalley, 1984). Celotno povpraševanje (končno in vmesno) je optimalno alocirano med domače in uvoženo blago, ob predpostavki, da sta ti dve vrsti blaga nepopolna substituta (predpostavka Armingtona) (Armington, 1969).

Modeli eksplicitno upoštevajo mehanizme iskanja tržnih nasprotnih polov in s tem povezano oblikovanje cen v gospodarstvu, energetiki in na okoljskih trgih. Če sledimo mikroekonomskemu pristopu, se obnašanje ponudbe in povpraševanja ekonomskih subjektov v CGE modelu izraža glede na proizvodnjo, potrošnjo, investicije, zaposlenost in alokacijo finančnega premoženja. Cene, izračunane z modelom, so rezultat opisovanja hibridnih ali reguliranih situacij ter popolne ali nepopolne konkurence. Nekatere različice modelov vključujejo sektorje, v katerih deluje omejeno število podjetij (oligopol). Modeli z nepopolno konkurenco so novejši dodatek v literaturi o CGE modelih. Navadno temeljijo na

konceptu produktne raznolikosti, kot izvira iz teorije industrijske organizacije in koncepta ekonomij obsega, ki predstavljajo mikroekonomski okvir za vključevanje nelinearnosti v proizvodnjo in potrošnjo (npr. Dixit & Stiglitz, 1977; Tirole, 1988). Tovrstni modeli so bili razviti za preučevanje učinkov združevanja Evrope. Podobne tehnike so bile uporabljene za preučevanje nepopolnosti trga dela. Koncept produktne raznolikosti je bil prav tako uporabljen za endogenizacijo tehničnega napredka v številnih teoretičnih modelih. Podjetja v takih modelih delujejo pod pogoji ekonomije obsega in imajo fiksen stroškovni element. Njihovi pribitki k cenam oz. stroškom so endogeno določeni na osnovi Nash-Bertrandovih ali Nash-Cournotovih predpostavk. Podjetja ustvarjajo dobiček ali izgubo, ki spremeni koncentracijo in velikost podjetij v sektorju. Spremembe v produktni raznolikosti pa neposredno vplivajo na potrošnikovo koristnost.

Institucionalni režimi, ki vplivajo na obnašanje ekonomskih subjektov in iskanje tržnih ravnovesij, so eksplicitno modelirani, vključno z javnimi financami, obdavčevanjem in socialno politiko. Vključeni so vsi instrumenti skupne politike, ki vplivajo na gospodarstvo, energetiko in okolje. Načini zapiranja modelov, zlasti enakost investicij/varčevanja, se razlikujejo glede na mobilnost kapitala ali dela po sektorjih oz. državah in možnosti prilagajanja eksternega sektorja.

Modeli so splošni oz. celostni, saj vključujejo vse ekonomske subjekte, trge in v primeru evropskega prostora vsa geografska območja, ki vplivajo na Evropsko ekonomsko ravnovesje. Nekateri se lotevajo tudi eksternih stroškov in koristi družbe, na primer škode v okolju (za zdravje, stavbe, biodiverzitetu ipd.) (European Commission, 1995). Internalizacija okoljskih eksternalij se v takih različicah modelov izpelje prek obdavčenja ali globalnega sistema omejitev in prisojenih stroškov, ki vplivajo na odločitve ekonomskih subjektov. V modelih se globalne omejitve povezujejo z emisijami, spremembami v vzorcih potrošnje ali proizvodnje, eksternimi stroški in koristmi, obdavčevanjem, investicijami v zmanjševanje onesnaženja, emisijskimi dovoljenji. Modeli vrednotijo učinke političnih sprememb na okolje z izračunavanjem sprememb emisij in škod ter izračunavajo stroške in koristi.

Posledice predpostavljenih podnebno-energetskih scenarijev se lahko merijo tudi z oceno učinka na blaginjo potrošnika oz. ekvivalentne spremembe potrošnikove funkcije blaginje, ki je neposredno vezana na eno od endogenih spremenljivk



(potrošnja, zaposlenost, raven cen). Predznak spremembe v blaginji potrošnika je merilo vpliva politike in posledic porazdelitve bremen.

2.2 Primerjava CGE modela z ostalimi modeli

Oblikovalci politik potrebujejo orodja za napovedovanje, ne le za načrtovanje verjetne poti pomembnih gospodarskih kazalnikov, kot so inflacija, brezposelnost in bruto domači proizvod (BDP), torej tudi za določanje verjetnih gospodarskih posledic sprememb v politikah. Na primer za ugotavljanje, kakšne bodo gospodarske posledice povečanja ogljikovega davka ali višje cene emisijskih kuponov. Zato so v zadnjih 50 letih razvijali različne empirične *ex-ante* makro (včasih tudi mezzo) modele, ki lahko dvignejo razpravo na znanstveno in sistematično raven ter dajo oblikovalcem politik strokovno podlago za njihove daljnosežne in na različna področja posegajoče odločitve. Razviti so bili številni ekonomski modeli, ki imajo svoje prednosti in slabosti.

2.2.1 Ekonomski modeli

V osnovi razlikujemo empirične in teoretično empirične modele. Empirični modeli temeljijo na statistični analizi ekonomskih podatkov, teoretično empirični modeli pa obsegajo modelska orodja, zgrajena na teoretični strukturi z uporabo ključnih spremenljivk, kalibriranih z empiričnimi podatki in/ali statističnimi metodami. Med empirične ekonomske modele oz. orodja poleg CGE modelov uvrščamo tudi input-output modele (IO), dinamične stohastične modele splošnega ravnovesja (angl. »dynamic stochastic general equilibrium models«, DSGE), modele parcialnega ravnovesja (angl. »partial equilibrium models«, PE), modele z agenti (angl. »agent-based models, ABM) in modele sistemske dinamike (SD) (Beaussier et al., 2019). Medtem ko IO, CGE, DSGE in PE modele uvrščamo v skupino tradicionalnih ekonomskih modelov z analitično rešljivo strukturo, ABM in SD modeli spadajo v skupino simulacijskih modelov z numerično rešljivo strukturo.

Poleg ukvarjanja z gospodarsko rastjo se ekonomski modeli uporabljajo tudi za raziskovanje strukturnih sprememb v ekonomiji. Strukturne spremembe, kot so panožna struktura, industrijska organiziranost, tehnološke spremembe, zaposlenost, povpraševanje in institucije, pa ne vplivajo le na razmerja med ekonomskimi aktivnostmi, ampak tudi na naravno okolje. Različne panoge imajo na primer različno emisijsko intenzivnost, potrošniki kupujejo bolj ali manj »zelene« izdelke, njihovo povpraševanje pa je odvisno od dohodkovne

porazdelitve. Na tak način panoge, potrošniki in država vplivajo eden na drugega in končno tudi na okolje. Ciarli in Savona (2019) sta analizirala pet skupin modelov, ki raziskujejo interakcije med različnimi vidiki strukturnih sprememb in okoljskimi učinki. Poleg CGE modelov sta izpostavila še integrirane modele ocenjevanja (angl. »integrated assessment models«, IAM), modele strukturnih sprememb (angl. »structural change models«, SCM), ekološke makroekonomske modele v keynesianski tradiciji (angl. »ecological macroeconomic models in the Keynesian tradition«, EMK) in evolucijske modele z agenti (angl. »evolutionary agent-based models«, EABM). V tabeli 2 prikazujemo delitev ekonomskih modelov.

Tabela 2: Ekonomski modeli

Empirični
<ul style="list-style-type: none"> • Ekonometrični modeli napovedovanja
Teoretično empirični (rešljivi analitično)
<ul style="list-style-type: none"> • Input-output modeli • Modeli splošnega ravnovesja • Integrirani modeli ocenjevanja • Modeli strukturnih sprememb • Ekološki makroekonomski modeli
Teoretično empirični (rešljivi numerično)
<ul style="list-style-type: none"> • Modeli z agenti • Modeli sistemske dinamike

Vir: Prirejeno po Beaussier et al., 2019.

Medtem ko se PE modeli osredotočajo samo na del gospodarstva, se z input-output modeli (IO) upošteva medsektorska razmerja in navadno izračunava učinke sprememb povpraševanja na posamezne sektorje ob predpostavki nespremenjene tehnologije – so torej statični po svoji vsebini. Nasprotno so CGE modeli dinamični v smislu projekcij oz. vplivov določenega šoka v različnih časovnih obdobjih, medtem ko je vrednotenje učinkov komparativno statično. DSGE modeli imajo cilj zajeti nihanja v poslovnem ciklu – so torej bolj osredotočeni na kratkoročne vplive. ABM in SD so simulacijski modeli, ki temeljijo na podatkih o stanjih, tokovih in povratnih zankah, a sta pri njih oteženi sledljivost in standardizacija. Temeljne značilnosti bolj razširjenih ekonomskih modelov – formalizacijo, enačbe, časovno dinamiko, geografsko razsežnost, prednosti in pomanjkljivosti – prikazujemo v tabeli 3.



Tabela 3: Temeljne značilnosti izbranih ekonomskih modelov

Značilnost	IO in SAM	Ekonometrični modeli	CGE	PE	ABM	SD
Formalizacija	Linearna povezanost outputov	Povezanost različnih podatkov v regresiji	Ravnovesje ponudbe in povpraševanja na podlagi ekonometrično ocenjenih funkcij	Ravnovesje ponudbe in povpraševanja na podlagi ekonometrično ocenjenih funkcij	Pravila obnašanja	Stanje, tokovi in povratne zanke
Enačbe	Linearne	Linearne, nelinearne	Linearne in nelinearne	Linearne in nelinearne	Linearne in nelinearne	Nelinearne
Časovna dinamika	Statični	Dinamični	Statični in dinamični	Statični in dinamični	Statični in dinamični	Dinamični
Geografska razsežnost	Mezzo/makro	Vse ravni	Makro (večinoma), mezo (redko)	Od mezo do makro	Zelo makro ali zelo mikro	Zelo makro ali zelo mikro
Prednosti	Sledenje medpanožnih povezav; enostavna implementacija	Natančne, časovno omejene napovedi na kratki rok	Endogene cene in učinki substitucije	Endogene cene in učinki substitucije, enostavnejši od CGE	Prosto modeliranje vedenja agentov in interakcij v primerjavi z analitičnimi	Prosto uvajanje relevantnih spremenljivk in kompleksnih interakcij

Slabosti	Fiksne cene, ni učinka substitucije, nagnjenost k precejšenosti učinkov	Moč napovedovanja odvisna od kakovosti podatkov, omejitev na kratkoročne napovedi	Visoki stroški izvajanja, visoke zahteve po podatkih, učinek črne skrinjice	Omejeno na enega ali nekaj gospodarskih sektorjev, manj podrobni družbeno-ekonomski kazalniki kot pri CGE	ekonomskimi modeli	Pomanjkljiva standardizacija, sledljivost, učinek črne skrinjice
-----------------	---	---	---	---	--------------------	--

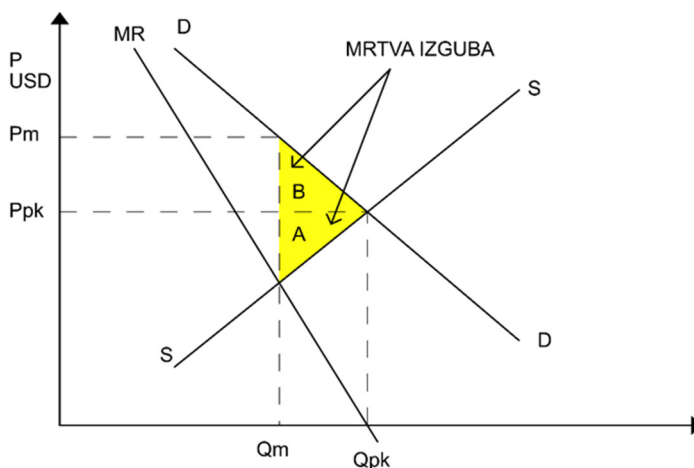
Vir: Beaussier et al., 2019.

Ekonometrični napovedni modeli so bili razviti za kratkoročno napovedovanje, npr. za četrtletne napovedi gospodarske rasti. Vključujejo lahko različne družbeno-ekonomske spremenljivke in izhajajo iz preteklih razpoložljivih podatkov. Napovedi so zanesljive za obdobja do dveh let (Pindyck & Rubinfeld, 2008). Uporaba na lokalni ravni je zaradi slabe razpoložljivosti podatkov na tej ravni manj pogosta. V teh modelih tudi ni podrobne sektorske razčlenitve (Loveridge, 2004).

IO model je primarno namenjen analizi nacionalnega računovodstva in razmerij med gospodarskimi aktivnostmi (Leontief, 1936). Model predpostavlja, da vsak gospodarski sektor proizvaja homogen proizvod, določen z dano tehnologijo. Proizvodi v enem sektorju so si torej popolni substituti, medtem ko substituiranje proizvodov med sektorji ni možno. Poleg tega model predpostavlja eksogene in fiksne cene ter popolno elastičnost proizvodnih faktorjev (delo in kapital) (Miller & Blair, 2009), kar je sprejemljivo za regionalno raven (Dwyer, Forsyth & Spurr, 2006). Ker IO model ne vključuje vedenjskih enačb potrošnikov in proizvajalcev, lahko precenjuje pozitivne ekonomske učinke (Partridge and Rickman, 2010). Če IO model razširimo z dodano vrednostjo, sektorjem gospodinjstev in institucij ter eksogenimi sektorji, dobimo matriko družbenih računov (angl. »social accounting matrix«, SAM).

Modeli PE, tako kot CGE modeli, temeljijo na teoriji ravnovesja med ponudbo in povpraševanjem v pogojih popolne konkurence, pri čemer sta ponudba in povpraševanje modelirana z ekonometričnimi postopki (slika 1). V nasprotju s CGE modeli pa PE modeli vključujejo le enega ali nekaj povezanih sektorjev (gl. npr. Fathelrahman, Davies & Muhammad, 2021). Oba tipa modelov se uporabljata na regionalni ravni, vključeni parametri pa so določeni na podlagi nacionalnih ocen.

Slika 1: Primer analize parcialnega ravnovesja: družbeni stroški v primeru monopola



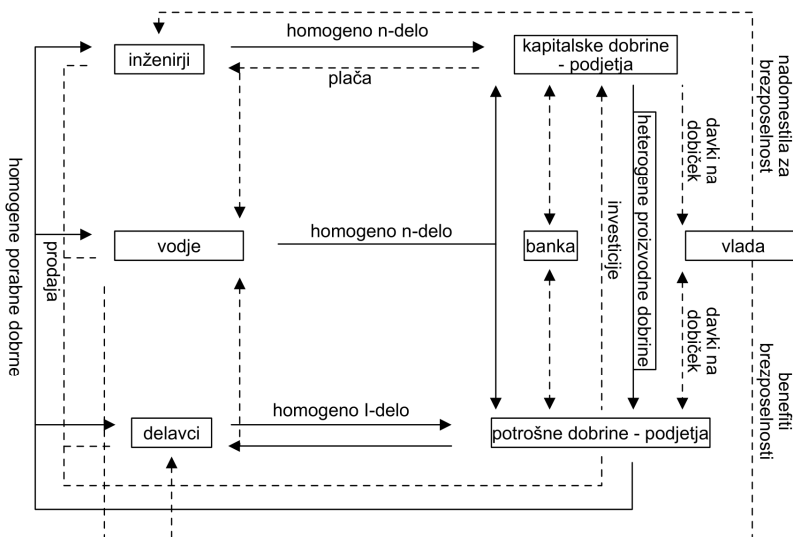
Vir: Pindyck & Rubinfeld, 2005, str. 360.

ABM so simulacijski modeli, ki izhajajo iz povezav med gospodarskimi subjekti, opredeljenih s pravili vedenja (slika 2). Razširjeni so na različnih raziskovalnih področjih, kot so biologija, sociologija in ekonomija (Avin, Currie & Montgomery, 2021; Lee & Brown, 2021; Rzeszutek et al., 2021). Gre za stohastične modele, ki ne predvidevajo vzpostavitve splošnega ravnovesja, kot je to značilno za CGE modele. Njihova prednost je inherentna neravnotežna dinamika, ki je načeloma bližje stvarnosti. Model je prost glede strukture interakcij in ekonomskega obnašanja, zlasti v primerjavi z modeli CGE in IO (Farmer in Foley, 2009). Pomanjkljivost ABM modelov je, da pogosto temeljijo na preprostih lokalnih pravilih, izoblikovanih z različnimi heuristikami, zaradi česar je kontrola kakovosti modelov, povezana z določanjem vedenja agentov, lahko problematična (Conte in Paolucci, 2014; Farmer in Foley, 2009).

ABM modeli sproščajo tri osnovne predpostavke modelov: agregatno ali povprečno vedenje, popolno racionalnost heterogenih medsebojno delujočih agentov in ravnovesno dinamiko. Ponujajo vpogled v razmerje med strukturnimi spremembami (v populaciji, (ne)ravnovesnem stanju sistema, tehnologijah, nepovratnih tehnoloških strukturah) in podnebnimi spremembami.

Uvajajo industrijsko dinamiko, spremembe velikosti podjetja in v omejenem obsegu spreminjajo sestavo virov energije ter geografsko koncentracijo. Tehnični napredek je modeliran endogeno prek RR funkcije čistih tehnologij. Nekateri modeli uvajajo radikalne inovacije ter negotovost, povezano z odkritjem novih tehnologij. Kar zadeva zaposlenost, ABM modeli endogenizirajo trge dela, brezposelnost, razlike v plačah, zelene spretnosti in panoge z različno intenzivnostjo dela. Uvajajo tudi strukturne spremembe na strani povpraševanja, ki endogenizirajo porazdelitev dohodka in njen vpliv na potrošnjo in potrošnikove preference. ABM modeli delno vključujejo tudi institucionalne elemente, v smislu interakcij med odločevalci. Pred kratkim so v ABM modele uvedli tudi obratni učinek, tj. učinek podnebnih sprememb na gospodarske sektorje (Ciarli & Savona, 2019).

Slika 2: Primer ABM modela – diagram poteka modela za oblikovanje politik proti neenakosti in polarizaciji

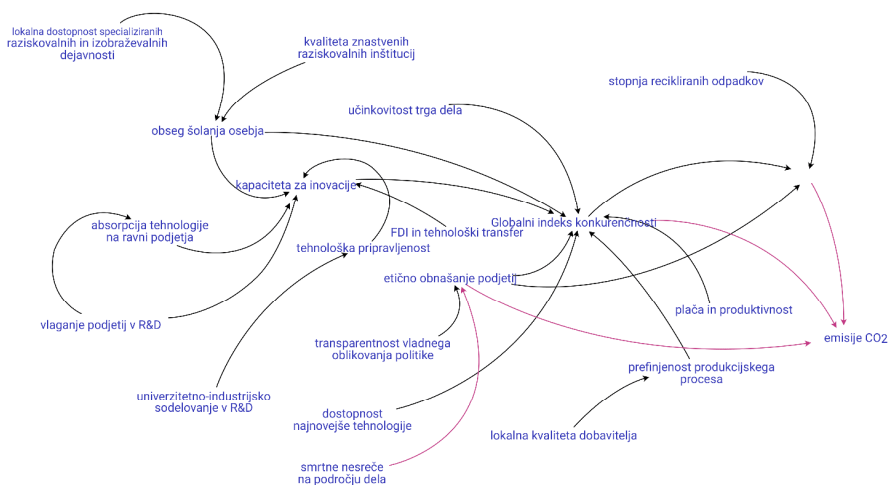


Vir: Mellacher & Scheuer, 2021, str. 238.

SD je simulacijski model, ki se uporablja za modeliranje in preučevanje kompleksnih, dinamičnih, nelinearnih sistemov (slika 3). Prvotno je bil razvit za modeliranje industrijskih procesov, kasneje pa uporabljen za poročilo Rimskega kluba *The Limits to Growth* (Forrester, 1971). Omogoča pretvorbo modeliranega sistema v poljuben niz spremenljivk stanja in tokov ter interakcij s pristopom »od

zgoraj navzdol« (angl. »top-down«). Omogoča tudi identifikacijo vzročnih učinkov in spremljanje njihovega vpliva na sistemska stanja in tokove skozi čas, ne vključuje pa vedenja gospodarskih subjektov (McCauley in Küffner, 2004).

Slika 3: Primer diagrama vzročne zanke modela sistemske dinamike za oceno vplivov industrije 4.0 na odgovorno okoljsko in družbeno upravljanje v družinskem podjetju



Vir: Kazancoglu, 2021, str. 7

Bistvo povezav med okoljem, družbo in gospodarstvom v IAM modelih povzemata Stern (2008) in Pindyck (2013) v šestih korakih: (1) odločitve o potrošnji in proizvodnji ustvarjajo toplogredne pline (TGP); (2) tok toplogrednih plinov se akumulira v atmosferi; (3) tam TGP zadržujejo toploto in ustvarjajo globalno segrevanje; (4) segrevanje povzroča podnebne spremembe; (5) podnebne spremembe imajo številne učinke na posameznike in okolje (funkcija škode), ki jih je precej težko zajeti in oceniti; (6) TGP se lahko zmanjšajo z določenimi stroški, ki so odvisni od sedanjih in prihodnjih stroškov podnebnih sprememb, sedanjih stroškov zmanjševanja emisij TGP in časovnih preferenc.

IAM modeli so veliko prispevali k razumevanju povezav med okoljem, družbo in gospodarstvom. Ključno zanje je, da upoštevajo nekatere panožne razlike. Za oceno okoljskih učinkov je namreč pomembno, da razlikujejo vire rabe energije po panogah. Imajo pa številne pomanjkljivosti, kot so eksogena rast, neodvisna od podnebnih sprememb, neupoštevanje negotovosti, redko upoštevanje verjetnostne porazdelitve tveganj, omejeno upoštevanje tehnoloških sprememb

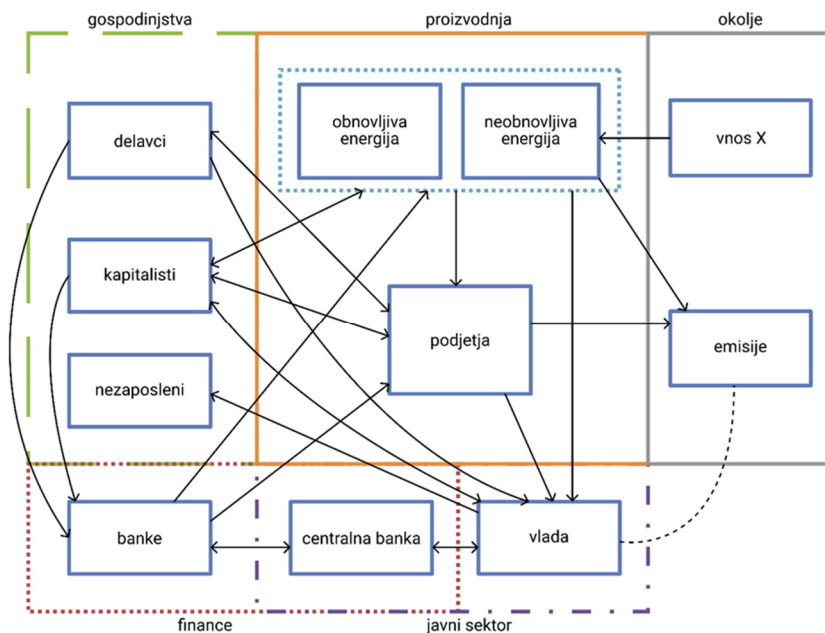


idr. Prav tako ne upoštevajo industrijske organiziranosti (npr. vpliva stopnje specializacije prek produktivnosti na energetska intenzivnost ali vpliva zunanje proizvodnje prek transporta na emisije). Tehnični napredek je modeliran kot mejna sprememba v agregatni produkcijski funkciji z učenjem skozi prasko (angl. »learning-by-doing«), glavne spremembe v povpraševanju pa so časovne preference. Ekonomske politike so vpeljane eksogeno (Ciarli & Savona, 2019).

Večina SCM modelov je dvopanožnih modelov (panoga onesnaževalcev in panoga neonesnaževalcev). Razporeditev delovne sile in sprememba dohodka po teh dveh panogah je odvisna od stroškov proizvodnje, ti pa so pogojeni s pomanjkanjem virov, negativnimi eksternalijami in zunanjimi dejavniki, kot so tehnološke spremembe in politike. Redki SCM modeli uvajajo tudi spremembe tehničnih koeficientov (Pan, 2006) ali nove, bolj dematerializirane panoge (Ayres in van den Bergh, 2005). SCM modeli redko vključujejo spremembe na strani potrošnje (npr. Antoci, Russu, & Ticci, 2012; Ayres & van den Bergh, 2005). Endogene spremembe v institucijah, tako kot pri modelih IAM in CGE, niso predvidene, pač pa so institucionalni sektorji pomembni za preučevanje alternativnih scenarijev (Ciarli & Savona, 2019).

Modeli EMK integrirajo kratkoročna ekološka in denarna neravnovesja v posebne makroekonomske okvire za preučevanje razmerij med omejitvami obeh vrst ravnovesij (slika 4). Čeprav temeljijo na povpraševanju, na strani povpraševanja ne predvidevajo strukturnih sprememb. V glavnem prispevajo k analizi povezave med dinamiko zaposlovanja, naložbami, vplivi na okolje in gospodarsko rastjo (Jackson, Victor & Naqvi, 2016).

Slika 4: Primer strukture EMK modela



Vir: Jackson, Victor & Naqvi, 2016, str. 44.

2.2.2 Metode okoljskih presoj, ki se povezujejo z ekonomskimi modeli

Na raziskovalnem področju okoljske ekonomike se ekonomski modeli pogosto povezujejo z metodami okoljskih presoj, kot so metode odtisov (angl. »footprints«, FP; npr. okoljskih, ogljičnih, vodnih), ocena življenjskega cikla (angl. »life cycle assessment«, LCA) in analiza snovnih tokov (angl. »material flow analysis«, MFA).

Metoda odtisa temelji na pojmu nosilne sposobnosti planeta, ki ohranja populacijo, ne da bi škodila ekosistemu (Rees, 1992). Temeljna metoda odtisa je okoljski odtis (angl. »ecological footprint«, EF) (Ayres & Ayres, 2002). Gre za kazalnik t. i. globalnega hektarja na prebivalca, ki izraža biološko produktivno površino zemlje in morja. To je površina, ki jo človek potrebuje, da zadovolji svoje potrebe, in ki je potrebna za absorpcijo onesnaženja, ki ga človek proizvede pri svojih dejavnostih (vključno s CO₂, ki izhaja iz porabe energije) (Wackernagel et al., 1999). Uporablja se večinoma na ravni držav ali mest (Wackernagel & Beyers, 2019) ali na regionalni ravni (npr. Bagliani et al., 2008; Graymore et al., 2008).

LCA je mednarodno standardizirano orodje za oceno možnih vplivov na okolje v celotnem življenjskem ciklu izdelka ali storitve od zibelke do groba (Finkbeiner et al., 2016). Gre za večkriterijski pristop, ki zajema široko paleto okoljskih vprašanj (kot so emisije, odpadki, strupi, zdravje, povezano s kakovostjo okolja). Vplivi so izračunani za funkcionalno enoto preučevanega sistema. V osnovi je metoda namenjena raziskavam vplivov izdelkov in se torej uporablja na mikro nivoju, vendar se širi tudi na mezo raven (gl. npr. Beloin-Saint-Pierre et al., 2017).

MFA omogoča sistematično oceno tokov in zalog materiala v sistemu v določenem prostoru in času (Brunner in Rechberger, 2016), da se vzpostavi snovno ravnovesje. Zaradi enostavne dostopnosti do ustreznih podatkov in obstoja metodološkega okvira, ki ga je razvil Eurostat (2001), se najpogosteje uporablja na nacionalni ravni, vse več pa je tudi študij regionalnih MFA (gl. npr. Courtonne et al., 2015). MFA je priznано orodje na področju raziskovanja okoljske politike (Ehrenfeld, 2004), pomembno zlasti za prehod iz linearnega v krožno gospodarstvo (gl. npr. Gibbs, Deutz & Proctor, 2005).

V praksi se IO modeli najpogosteje povezujejo z LCA in FP, tudi z MFA. Manj pogosti so CGE modeli, ki se povezujejo zlasti z LCA ali MFA. Sledijo SD modeli v kombinaciji z LCA ter PE modeli v kombinaciji z LCA. Najmanj se uporabljajo ABM modeli, in sicer večinoma v kombinaciji z LCA. Glede na šest meril (možnosti razčlenjevanja, možnosti večkriterijske analize, prostorski okvir, obseg in specializacija, časovni okvir in uporabnost) se v splošnem najvišje uvrščajo modeli PE/CGE skupaj s FP/LCA. Nekaj študij primerov pa je pokazalo tudi, da je lahko koristna vključitev tretjega orodja, na primer modeliranje AB ali MFA s PE/CGE-LCA/FP, ki lahko odpravi nekatere pomanjkljivosti, prvo v zvezi z modeliranjem vedenja agentov, drugo pa v zvezi z razpoložljivostjo podatkov o fizičnih tokovih (Beaussier et al., 2019).

2.3 Bibliometrična analiza uporabe CGE modelov v podnebni politiki

Tematika podnebja je ena tistih, ki se v povezavi s CGE modeli v raziskavah pojavljajo pogosto. Razlog za to je kompleksnost zmanjševanja emisij TGP, ki nacionalne politike neposredno povezuje z globalnimi vprašanji socialno-ekonomske in okoljske politike. Medtem ko snovalci globalne politike iščejo dolgoročno stabilizacijo podnebja (Calvin et al., 2009; Glomsrød, Wei in Alfsen,

2013), oblikovalce regionalnih politik zanimajo predvsem študije povezave z ogljikom (Paltsev, 2001), prilagoditev okoljskega davka na mejah (Ghosh et al. 2012) in nadzor čezmejnega onesnaževanja zraka (Bollen in Brink, 2014). Snovalci nacionalnih politik medtem dajejo prednost gospodarskim vplivom prehoda v nizkoogljično gospodarstvo (Böhringer in Rutherford, 2013; Wong et al., 2016), dostopu do energije in varnosti kot nacionalnemu cilju (Matsumoto, 2015; Park et al., 2016), v ospredju sektorske politike pa so vprašanja, povezana s konkurenčnostjo in zaposlovanjem. Po sprejetju Pariškega sporazuma 12. decembra 2015, s katerim so se države zavezale k zmanjšanju emisij TGP, se je uporaba CGE modelov še povečala (Babatunde et al., 2017). Ker literatura kaže, da večina emisij ogljika prihaja iz energetskega sektorja, se je večina študij usmerila v energetske sistem, zlasti davek na energijo (Maxim in Zander, 2020; Solaymani, 2017). V nadaljevanju predstavljamo sistematičen pregled literature o uporabi CGE modelov v scenarijih okoljske politike z uporabo bibliometričnih metod.

2.3.1 Metodologija

Bibliometrične metode so postale sestavni del vrednotenja raziskav tako na znanstvenem področju kot tudi v praksi. Raziskovalci jih vse pogosteje uporabljajo zaradi vse večje in boljše razpoložljivosti spletnih zbirk podatkov, ki zagotavljajo podrobne podatke o člankih in citatih, pa tudi zaradi nenehnega razvoja novih in izboljšanih programskih orodij za izvajanje analiz (Dominko in Verbič, 2019; Ellegaard in Wallin, 2015; Župić in Čater, 2015). Bibliometrične metode imajo kar nekaj prednosti pred tradicionalnimi kvalitativnimi tehnikami, ki se uporabljajo za pregled literature. Prvič, zagotavljajo količinski in s tem objektivni in sistematičen način merjenja raziskovalnega učinka; drugič, omogočajo pregled velikih naborov podatkov; tretjič, so prilagodljive, kar pomeni, da lahko preučevano področje analiziramo tako z mikro (raziskovalec, ustanova) kot makro (država, svet) ravni.

Bibliometrične metode temeljijo na citiranih referencah (Kullenberg in Nelhans, 2015; Small, 1978). Skupna vsota citatov je najpomembnejše merilo pomena oz. veljave publikacije v znanstveno-raziskovalni sferi (Garfield, 1979; Small, 1978). V svoji analizi uporabljamo dve bibliometrični metodi: kocitacijsko analizo (angl. »co-citation analysis«) (Small, 1973) in bibliografsko povezovanje (angl. »bibliographic coupling«) (Kessler, 1963). Vsaka metoda na svoj način preučuje odnose med primarnimi in sekundarnimi publikacijami. Ker se dopolnjujeta, nam



njuno kombiniranje omogoča, da odgovorimo na raziskovalna vprašanja, vezana na preteklost, sedanost in prihodnost raziskav na preučevanem področju. V tabeli 4 podajamo kratek pregled obeh metod.

Tabela 4: Primerjava kocitacijske analize in bibliografskega povezovanja

	Kocitacijska analiza	Bibliografsko povezovanje
Fokus	Citirane (sekundarne) publikacije, ki so navedene skupaj z navedbami (primarnih) publikacij	Citiranje (primarnih) publikacij, ki navajajo iste publikacije
Metodološki mehanizem	Publikacije so povezane na podlagi povezanosti na referenčnih seznamih	Publikacije so povezane glede na število skupnih referenc
Časovni okvir	Preteklost	Sedanost in prihodnost
Stabilnost v času	Da	Ne
Prednosti	Omogoča zgodovinski pregled raziskovalnega področja in opredeljuje najpomembnejše publikacije	Zazna trenutno stanje raziskav in omogoča prepoznavanje prihodnjih trendov
Omejitve	Ker so za zajetje publikacij potrebni citati, lahko novejše publikacije zanemarimo	Težje je ugotoviti, ali so zajete publikacije pomembne za preučevano področje

Vir: Primc et al., 2020.

Kocitacijska analiza se osredotoča na to, kako primarne publikacije skupaj navajajo pare sekundarnih publikacij. Metoda za ugotavljanje pomenske podobnosti uporablja štetje kocitiranja, ki je opredeljeno kot število skupnih navedb/pojavitvev dveh publikacij (Small, 1973). Temeljna zamisel kocitacijske analize je, da bolj ko sta dve publikaciji citirani skupaj, več vsebinskih podobnosti si delita. Na tak način identificiramo pogostost citiranih publikacij, tudi če te ne izvirajo iz raziskovalnega področja – morebiti so kljub temu izjemnega pomena za njegov razvoj. Ta lastnost nam omogoča prepoznavanje zelo citiranih relevantnih publikacij, ki niso nujno vključene v našo bazo podatkov. Pomembna omejitev kocitacijske analize je dejstvo, da se citati le počasi akumulirajo. Posledično vizualizacije, ki temeljijo na kocitacijski analizi, ne odražajo trenutnega stanja raziskovalnega področja, temveč raziskovalnega področja, kakršno je bilo pred časom.

Bibliografsko povezovanje (Kessler, 1963) je tehnika, ki je starejša od analize citiranja (Small, 1973), vendar njena uporaba kljub temu ni tako razširjena (Zhao in Strotmann, 2008). Poudarek pri tej metodi je na primarnih publikacijah in ne na sekundarnih, saj bibliografsko povezovanje kot merilo podobnosti uporablja število referenc v dveh publikacijah. To pomeni, da bolj kot se dve bibliografiji dveh primarnih publikacij prekrivata, bolj sta si podobni. Tehnika pokriva več pomanjkljivosti kocitacijske analize. Prednost bibliografskega povezovanja je predvsem to, da ne zahteva zbiranja citatov, zato kaže sedanje stanje in omogoča lažje odkrivanje raziskovalnih trendov in prioritet. Primernejša je tudi za analizo manjšega podpolja, kot je naše (Dominko in Verbič, 2019). Pomembna omejitev bibliografskega povezovanja v primerjavi s kocitacijsko analizo pa je, da je težje ugotoviti, ali je publikacija pomembna za preučevano področje – to težavo je sicer mogoče rešiti s hkratno analizo števila citatov za vsako primarno publikacijo.

Za oblikovanje in vizualizacijo bibliometričnih omrežij bomo uporabili programski paket VOSviewer, ki omogoča izvedbo tako analize citiranja kot bibliografskega povezovanja. VOSviewer strukturira bibliometrični zemljevid v treh korakih. Najprej uporabi matriko sočasnih dogodkov za pridobitev matrike podobnosti s popravljanjem prve matrike za razlike v številu dogodkov ali sojavitvev, nato pa sestavi zemljevid, tako da locira predmete drug blizu drugega z zmanjšanjem tehtane vsote kvadratnih evklidskih razdalj med vsemi

pari postavk. Nazadnje, v tretjem koraku, za doseg doslednih rezultatov uporablja prevajanje, rotacijo in refleksijo. Vsakemu grozdu (angl. »cluster«) je dodeljen en element, za razlikovanje med različnimi grozdi pa se uporabljajo barve. Podrobna tehnična razlaga in razprava o metodi je na voljo v van Ecku in Waltmanu (2010; 2014b).

Analizo VOSviewer smo dopolnili s programskim paketom CitNetExplorer. CitNetExplorer vizualizira primarne in sekundarne vire na zemljevidu, kjer je bližina med objavami poudarjena na vodoravni osi ter leto izdaje na navpični osi. Orodje nam pomaga analizirati razvoj raziskovalnega področja in prepoznati njegove predhodnike. Podrobno tehnično razlago programske opreme je moč najti v van Ecku in Waltmanu (2014a).



2.3.2 Podatki

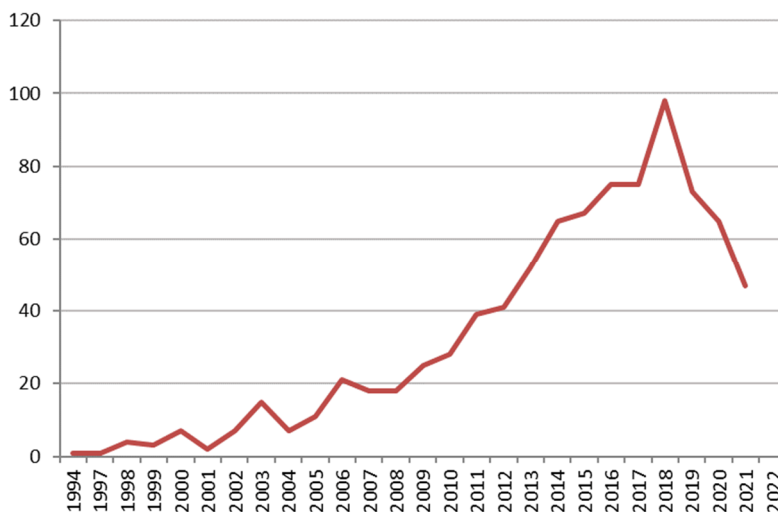
Bibliometrične metode temeljijo na različnih citatnih analizah primarnih in sekundarnih znanstvenih publikacij. Medtem ko so primarne publikacije identificirane s ključnimi besedami, so sekundarne tiste, ki jih navajajo primarne publikacije. Za določitev nabora primarnih publikacij, ki vsebujejo CGE modele na področju okoljske politike, smo uporabili podatkovno zbirko Scopus, ki vsebuje vse potrebne podatke o publikacijah in citatih. V primerjavi s podatkovno bazo Web of Science ima zbirka Scopus širšo pokritost in je zato bolj primerna za obdelavo nastajajočih raziskovalnih področij, kot je naše.

Iskanje tem smo pričeli z iskalnimi izrazi »computable general equilibrium model«, »computable general equilibrium models« in »computable general equilibrium«, kar je prineslo 4093 rezultatov.

Z uporabo ustreznih logičnih operatorjev (AND in OR) smo nato omejili iskanje na publikacije, ki se osredotočajo predvsem na uporabo CGE modelov v podnebni politiki, tako da smo vključili naslednje dodatne iskalne termine: »CGE«, »climate policy«, »climate«. Nazadnje smo iskanje omejili na znanstvene publikacije v angleščini (natančen zapis je sledeč: *TITLE-ABS-KEY ("computable general equilibrium model" OR "computable general equilibrium models" OR "computable general equilibrium" OR "CGE") AND ("climate policy" OR "climate") AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))*). Predstavljeni pristop je vrnil 867 člankov. Ker je vzorec razmeroma majhen, smo kvalitativno analizirali naslove in povzetke pridobljenih člankov, da bi ugotovili ali so zajeti članki relevantni. Zaradi vsebine, ki ne sodi v tematski okvir, smo izločili 11 dokumentov. Naš vzorec je tako sestavljalo 856 znanstvenih publikacij. Te navajajo 33.976 dokumentov, ki so naše sekundarne publikacije. Vzorec smo pridobili septembra 2021.

Deskriptivni pregled vzorca razkriva, da je najstarejša publikacija v naši bazi podatkov nastala leta 1994, vendar je bila glavnina ustvarjena v obdobju zadnjih 10 let. Slika 5 prikazuje, da se je področje razširilo s samo 11 člankov, objavljenih leta 2005, na 98 člankov, objavljenih leta 2018. V zadnjih dveh letih je ta številka nekoliko nižja in se giblje okoli 70 člankov.

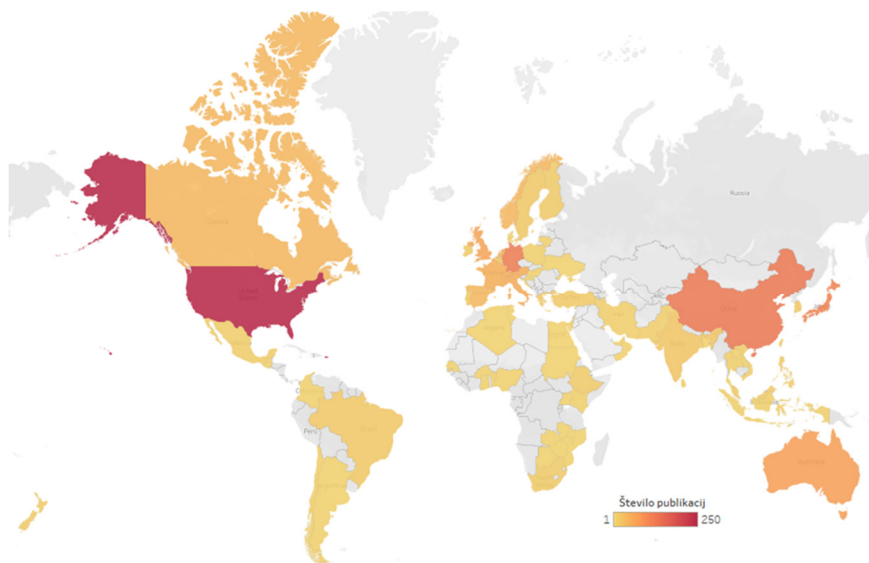
Slika 5: Število objavljenih znanstvenih publikacij po letih



V preučevanem obdobju se je raziskovalno področje močno globaliziralo. Slika 6 prikazuje države, ki objavljajo raziskave na področju CGE modelov v okoljski politiki. Različna barvna shema nam omogoča oceno globalnega dosega raziskovalnega področja in prepoznavanje najbolj produktivnih držav. Na splošno je Evropa, poleg Združenih držav Amerike (ZDA), Kitajske in Japonske, vodilna na področju raziskav. Država z največ znanstvenimi publikacijami je ZDA (250 publikacij), sledijo ji Kitajska (128 publikacij), Nemčija (120 publikacij) in Japonska (108 publikacij).

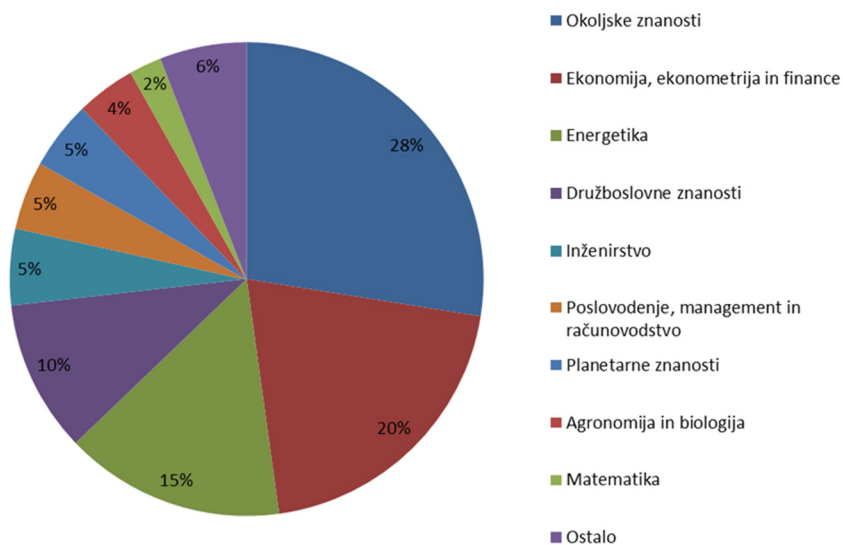


Slika 6: Države z objavami na področju CGE modelov v okoljski politiki



Raziskave na področju CGE modelov v okoljski politiki najdemo na številnih raziskovalnih področjih. Slika 7 prikazuje najpogostejša raziskovalna področja iz podatkovne baze Scopus. Večino člankov najdemo v okoljskih znanostih, sledijo raziskovalna področja »ekonomija, ekonometrija in finance«, »energetika« in »družboslovne znanosti«, ki poudarjajo interdisciplinarno in transdisciplinarno naravo obravnavanega raziskovalnega področja.

Slika 7: Raziskovalna področja v povezavi z relevantno tematiko



V nadaljevanju smo analizirali tudi znanstvene revije, ki prispevajo k razvoju področja. Najbolj produktivne so bile *Energy Economics*, *Energy Policy*, *Climate Change Economics*, *Environmental and Resource Economics* in *Climate Change*, ki so skupaj izdale preko 200 publikacij na relevantnem področju. Zanimiv je tudi podatek, da ima 8 reviji faktor vpliva večji od 5, kar kaže na velik pomen področja. Tabela 5 navaja 21 revij, v katerih so te publikacije izhajale.

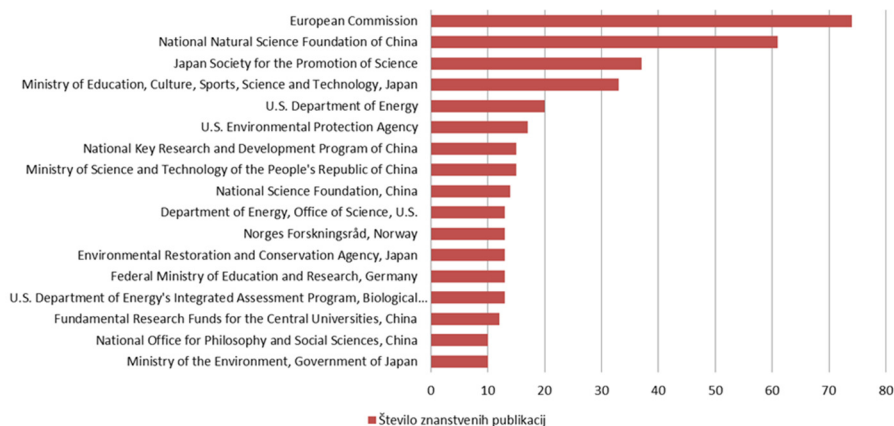


Tabela 5: Znanstvene revije, ki so največ prispevale k razvoju področja

Ime revije	Faktor vpliva (2020)	Število publikacij
<i>Energy Economics</i>	7,042	73
<i>Energy Policy</i>	6,142	57
<i>Climate Change Economics</i>	1,465	28
<i>Environmental and Resource Economics</i>	2,181	24
<i>Climate Change</i>	4,743	21
<i>Climate Policy</i>	5,085	20
<i>Applied Energy</i>	9,746	19
<i>Energy Journal</i>	2,414	19
<i>Journal of Cleaner Production</i>	9,297	19
<i>Sustainability Switzerland</i>	3,251	19
<i>Ecological Economics</i>	5,389	17
<i>Mitigation And Adaptation Strategies For Global Change</i>	3,583	17
<i>Economic Modelling</i>	3,127	13
<i>Environment And Development Economics</i>	1,939	13
<i>Environmental Research Letters</i>	6,793	13
<i>Energy</i>	7,147	11
<i>Environmental Modeling And Assessment</i>	2,333	11
<i>Journal Of Policy Modeling</i>	2,640	8
<i>Resource And Energy Economics</i>	2,688	8
<i>Springer Climate</i>	/	8
<i>Swiss Journal Of Economics And Statistics</i>	/	8

Pregled po institucijah, ki financirajo obravnavane raziskave (slika 8), prav tako razkriva, da te prihajajo večinoma iz Evrope, Kitajske, ZDA in Japonske. V Evropi največ denarja za raziskave vplivov na okolje s pomočjo CGE poleg Evropske komisije namenita Norveška in Nemčija.

Slika 8: Institucije, ki financirajo raziskave na relevantnem področju



2.3.3 Rezultati

2.3.3.1 Raziskovalne tematike

Razvoj področja uporabe CGE modelov v okoljski politiki je mogoče raziskati s pomočjo najpomembnejših ključnih besed (slika 9). Analiza ključnih besed razkriva izredno multidisciplinarno in interdisciplinarno naravo področja.



Najpomembnejše tematike preučevanega področja lahko razvrstimo v štiri grozde (gl. sliko 9). Največji grozd je rdeči, kjer je poudarek na metodološkem prispevku ter posameznih sektorjih, npr. turizmu, kmetijstvu in prehrani, ter oskrbi z vodo. Rdečemu grozdu sledi zeleni, ki obravnava tematike, povezane z emisijami toplogrednih plinov in globalnim segrevanjem, posameznimi energeti ter električno energijo. V rumenem grozdu je poudarek na politikah ter ukrepih, vključno z njihovo analizo. Najmanjši je modri grozd, kjer se znanstvene publikacije v veliki meri ukvarjajo z makroekonomsko politiko, tj. z davki, zaposlovanjem, ekonomsko rastjo in investicijam. Ta grozd se močno prepleta predvsem z modrim in zelenim grozdom.

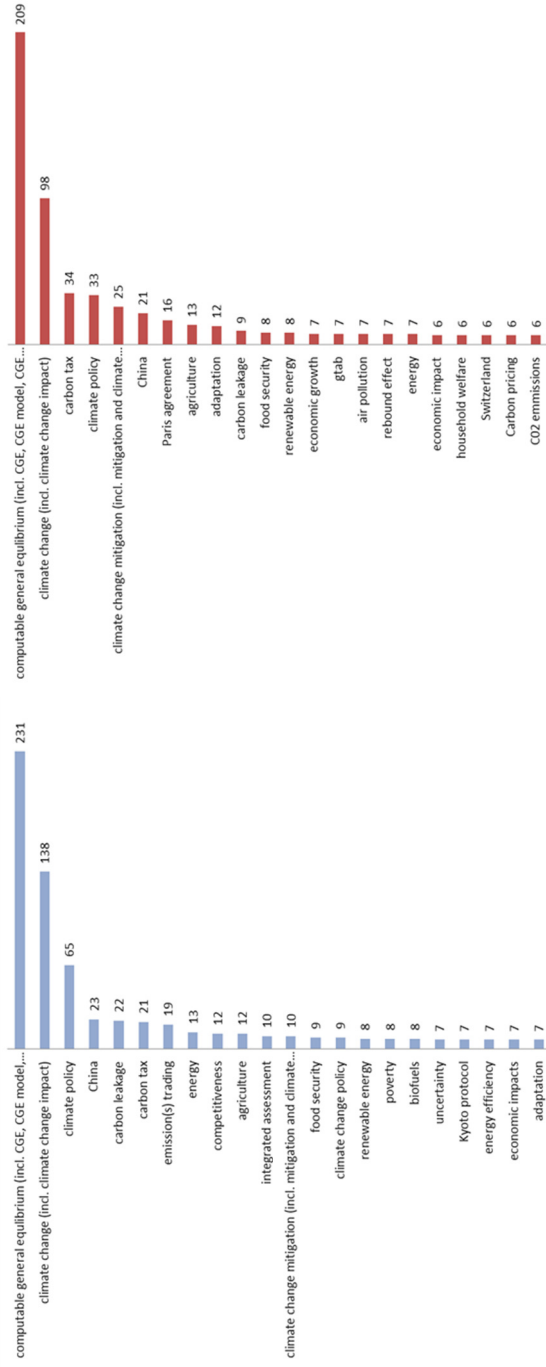
Pogostost pojavljanja ključnih besed ni edina lastnost predstavljene analize. Da bi pridobili informacijo, katere teme se pogosteje citirajo, smo izvedli tudi vizualizacijo citiranosti, ki je predstavljena na sliki 10. V vizualizaciji so ključne besede obarvane glede na povprečno normalizirano oceno citiranosti, kjer je povprečno število točk citiranja deljeno s povprečjem točk vseh elementov. Primerjava štirih predstavljenih grozdov kaže, da imajo ključne besede v modrem in zelenem grozdu višjo povprečno normalizirano oceno citiranosti kot tiste v rdečem grozdu. Poleg tega natančnejši pogled rezultatov kaže, da se najbolj citirane ključne besede nanašajo na socioekonomske vplive, kvaliteto in onesnaženost zraka, obnovljive vire energije, zdravstveni vidik (smrtnost), globalno ekonomijo in metodološki napredek na področju podnebne modeliranja, kar pomeni, da so raziskave izrazito usmerjene v prihodnost. Predstavljene ugotovitve nam omogočajo sklep, da so v ospredju vprašanja, povezana z globalno politiko preprečevanja nadaljnjega intenzivnega onesnaževanja okolja v okviru sprejemljivih ekonomskih posledic.



Poleg omenjenega smo analizirali tudi uporabo ključnih besed pred in po letu 2017 (slika 11). Zgodovinski pregled najpomembnejših ključnih besed razkriva, da se ključne besede na lestvici največ uporabljenih med obema preučevanima obdobjema niso bistveno spremenile. Še vedno ostajajo v ospredju »computable general equilibrium« in sorodni izrazi, »climate change« skupaj s »climate change impact« ter »climate policy«. V zadnjem obdobju, vključujoč leto 2017, raziskave več pozornosti v primerjavi z leti prej namenjajo davku na ogljik ter ceni ogljika, Pariškemu sporazumu, onesnaženosti zraka in blaginji potrošnikov. Pomembne pa ostajajo teme, povezane s prehransko varnostjo, ekonomskimi vplivi, energijo, obnovljivimi viri energije ter kmetijstvom. V ospredju ostaja tudi ključna beseda »Kitajska«, ki se ji je v zadnjih letih na lestvici pridružila »Švica«.



Slika 11: Uporaba ključnih besed pred in po letu 2017

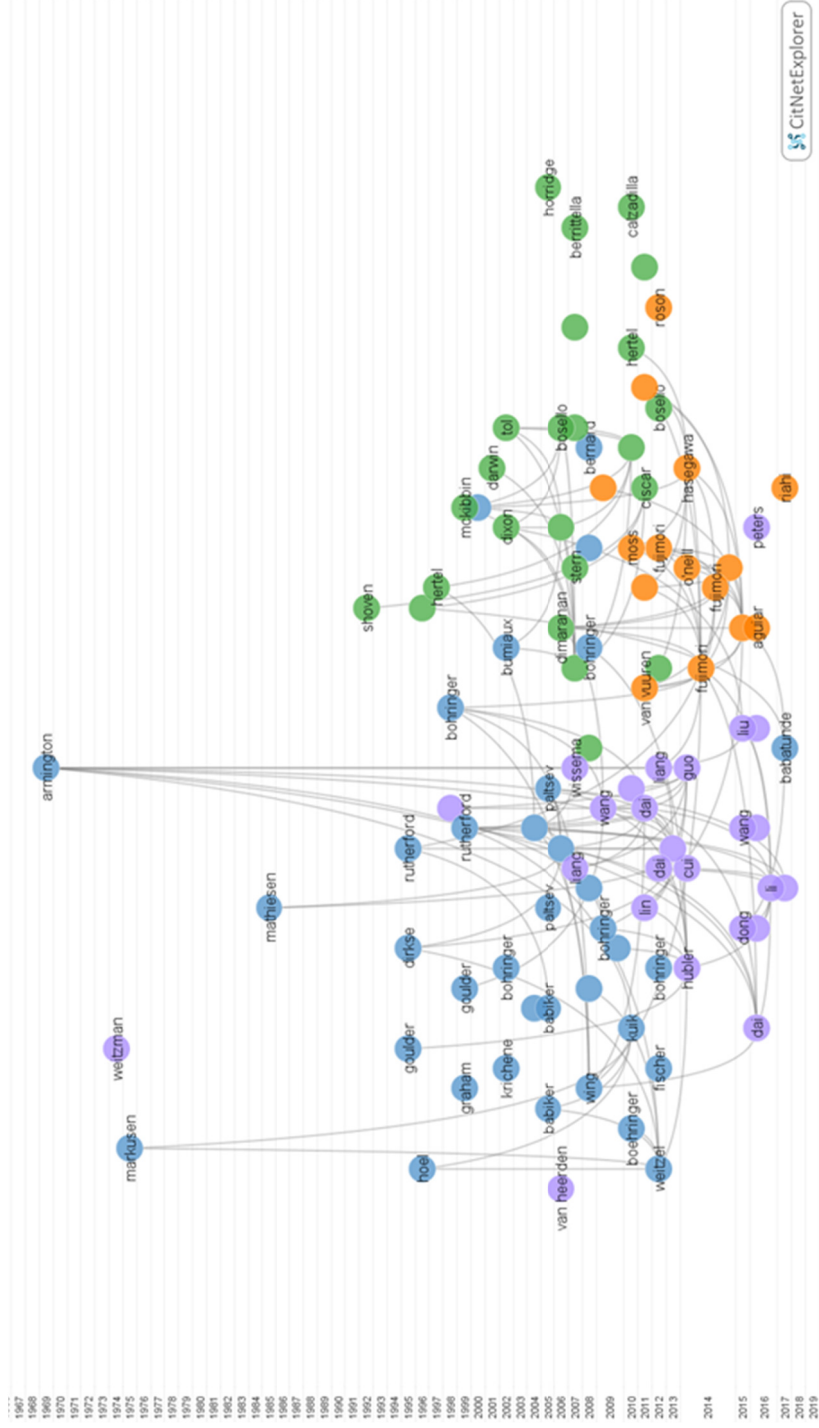


Razvoj raziskav in predhodnike smo preučili z uporabo programskega orodja CitNetExplorer, ki nam je omogočilo vizualizacijo mreže citiranja na podlagi vseh primarnih in sekundarnih publikacij v našem naboru podatkov. Za namen te analize smo uporabili podatkovno zbirko Web of Science, kajti zbirka Scopus omenjene analize ne omogoča. Izhajali smo iz baze publikacij, ki je vsebovala 885 znanstvenih enot (članke, poglavja v knjigah, zborniki itd.). Publikacije se v veliki meri prekrivajo z bazo Scopus.

Rezultati, predstavljeni na sliki 12, kažejo, da je pomembnega predhodnika moč najti že leta 1969. Tega leta je namreč Paul S. Armington objavil svoje prelomno delo »The Geographic Pattern of Trade and the Effects of Price Changes«, v katerem ponazarja, kako uporabiti podatke o strukturi trgovine za doseganje najboljših možnih ocen učinkov sprememb cen. Poleg omenjenega sta pomembni zgodnji znanstveno-raziskovalni publikaciji tudi »Prices vs. Quantities« Martina L. Weitzmana iz leta 1974 in »International Externalities and Optimal Tax Structures« Jamesa R. Markusena, ki sta prispevala k metodološkemu razvoju CGE modelov. Kasneje, v letu 1985, so bile ključne ugotovitve Larsa Mathiesena, ki se je ukvarjal z modeli in algoritmi za reševanje problemov delnega in splošnega ekonomskega ravnovesja. V letih 1995 in 1999 je bilo ključno delo Thomasa R. Rutherforda, ki je prispeval k razvoju funkcij za reševanje problemov nelinearne komplementarnosti. Knjiga Johna B. Shovena in Johna Whalleya (1992) z naslovom *Applying General Equilibrium* je bila prelomno delo, v katerem sta avtorja opisala ključne vidike razvoja CGE modelov z namenom njihove uporabe za oceno ukrepov z določitvijo parametrov proizvodnje in povpraševanja ter vključitvijo podatkov, ki odražajo realna gospodarstva. To je hkrati predstavljajo osnovo za uporabo CGE modelov v okoljski politiki pri zgodnjih predstavnikih, kot so Böhringer (1998), Berrittella in drugi (2006) ter Bosello, Roson in Tol (2007). K razvoju področja so pomembno prispevali tudi številni raziskovalci, ki so se ukvarjali s preučevanjem ukrepov podnebne politike na Kitajskem (vijolični grozd), ter avtorji, kot je Shinichiro Fujimori, ki so kombinirali uporabo CGE modelov v sektorjih energetike, kmetijstva itd. (oranžni grozd).



Slika 12: Citacijsko omrežje na podlagi kociacijske analize



2.3.3.2 Znanstvene publikacije

Citacijsko omrežje člankov na sliki 13, ki je bilo pridobljeno s pomočjo metode bibliografskega povezovanja, nam razkriva 5 večjih grozdov člankov ter s tem pet ključnih usmeritev raziskav, prav tako pa je moč potegniti vzporednice s prej predstavljeno sliko ključnih besed. V vijoličnem grozdu, z glavnima predstavnikama Shinichiom Fujimorijem in Hugom Valinom, nastopajo predvsem članki, ki raziskujejo okoljsko problematiko na makroekonomski ravni. V zelenem grozdu imamo publikacije, ki so sektorsko usmerjene, npr. v kmetijstvo in turizem. Pomembna tematika tega grozda so tudi vodni viri. V nadaljevanju imamo rdeči grozd, ki je izrazito usmerjen v modeliranje ukrepov in politik boja proti podnebnim spremembam. Tu je največkrat citirano delo Williama A. Pizerja »Combining price and quantity controls to mitigate global climate change«. V modrem grozdu se študije osredotočajo na Kitajsko. Na koncu imamo še manjši rumeni grozd, ki se ukvarja s tarifami za ogljik (Christoph Böhringer) in tveganjem selitve toplogrednih plinov (angl. »carbon leakage«), geografsko pa se osredotoča predvsem na EU. Najbolj citirane publikacije so prikazane v tabeli 6.

Slika 13: Citacijsko omrežje na podlagi bibliografskega povezovanja

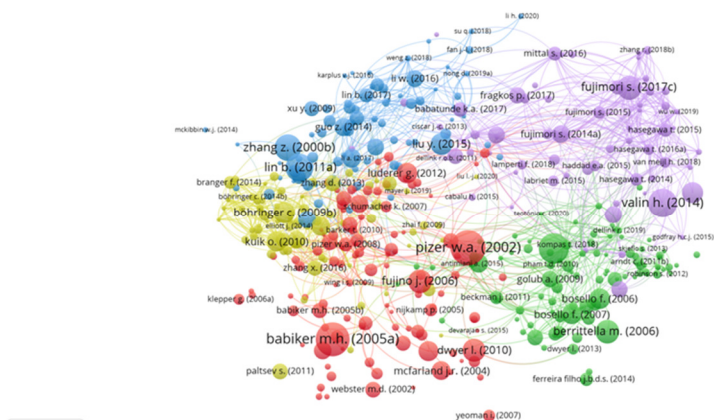


Tabela 6: Najbolj citirane publikacije, vključno z avtorji, revijo, letom, številom citatov in ključnimi besedami

R	Avtorji	Publikacija	Revija	Leto	Št. citatov	Ključne besede
1	Pizer, WA	Combining price and quantity controls to mitigate global climate change	<i>JOURNAL OF PUBLIC ECONOMICS</i>	2002	291	climate change, decision-making under uncertainty, price and quantity controls, general equilibrium modeling
2	Babiker, MH	Climate change policy, market structure, and carbon leakage	<i>JOURNAL OF INTERNATIONAL ECONOMICS</i>	2005	272	CGE model, leakage, energy-intensive, market structure, oligopoly
3	Ciscar, JC, Iglesias, A, Feyen, L, in ostali	Physical and economic consequences of climate change in Europe	<i>PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE USA</i>	2011	227	climate adaptation policy, climate impact and adaptation assessment, integrated assessment model, computable general equilibrium
4	Valin, H, Sands, RD, van der Mensbrugghe, D in ostali	The future of food demand: understanding differences in global economic models	<i>AGRICULTURAL ECONOMICS</i>	2014	216	world food demand, socioeconomic pathways, climate change, computable general equilibrium, partial equilibrium
5	Fujimori, S, Hasegawa, T, Masui, T in ostali	SSP3: AIM implementation of Shared Socioeconomic Pathways	<i>GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE-HUMAN AND POLICY DIMENSIONS</i>	2017	162	SSPs, socioeconomic scenarios, AIM, computable general equilibrium model, integrated assessment model, climate mitigation
6	Dai, HC, Xie, XX, Xie, Y in ostali	Green growth: The economic impacts of large-scale renewable energy development in China	<i>APPLIED ENERGY</i>	2016	157	Renewable energy, economic impact, green growth, general equilibrium model (CGE), China
7	Berritella, M, Bigano, A, Roson, R	A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism	<i>TOURISM MANAGEMENT</i>	2006	156	climate change, computable general equilibrium models, tourism

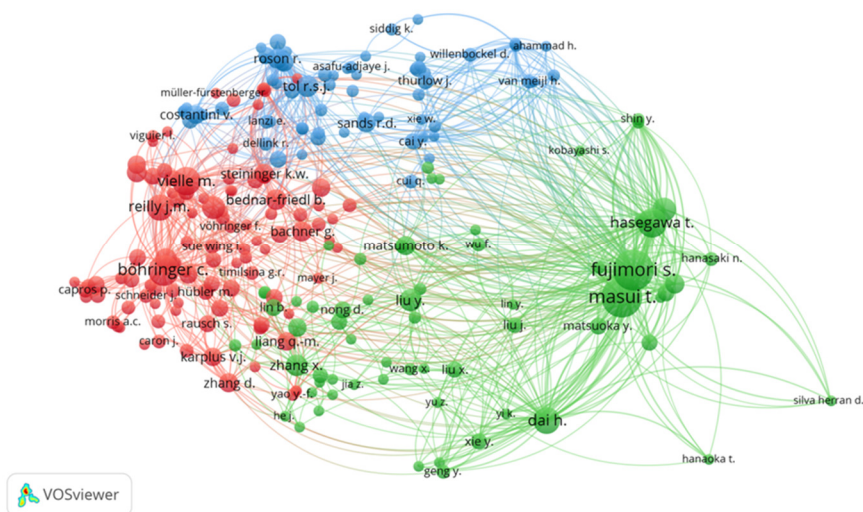
8	Liu, Y, Lu, YY	The Economic impact of different carbon tax revenue recycling schemes in China: A model-based scenario analysis	APPLIED ENERGY	2015	136	carbon tax, tax revenue recycle, economic impact, CGE model, scenario analysis
9	von Lampe, M, Willenbockel, D	Why do global long-term scenarios for agriculture differ? An overview of the AgMIP Global Economic Model Intercomparison	AGRICULTURAL ECONOMICS	2014	130	computable general equilibrium, partial equilibrium, meta-analysis, socioeconomic pathway, climate change, bioenergy, land use, model intercomparison
10	Bohringer, C, Loschel, A in ostali	EU climate policy up to 2020: An economic impact assessment	ENERGY ECONOMICS	2009	125	climate policy, market distortions, baseline projections, computable general equilibrium
11	Luderer, G, Bosetti, V	The economics of decarbonizing the energy system-results and insights from the RECIPE model intercomparison	CLIMATIC CHANGE	2012	117	climate policy, mitigation, stabilization, scenarios, costs
12	Kuik, O, Hofkes, M	Border adjustment for European emissions trading: Competitiveness and carbon leakage	ENERGY POLICY	2010	115	border adjustment, carbon leakage, climate change policy
13	Bosello, F, Roson, R, Tol, RSJ	Economy-wide estimates of the implications of climate change: Human health	ECOLOGICAL ECONOMICS	2006	114	impacts of climate change, human health, computable general equilibrium
14	McFarland, JR, Reilly, JM, Herzog, HJ	Representing energy technologies in top-down economic models using bottom-up information	ENERGY ECONOMICS	2004	104	energy technology, climate change, general equilibrium modeling
15	Guo, ZQ, Zhang, XP, Zheng, YH	Exploring the impacts of a carbon tax on the Chinese economy using a CGE model with a detailed disaggregation of energy sectors	ENERGY ECONOMICS	2014	103	carbon tax, computable general equilibrium model, carbon emissions
16	Bosello, F, Roson, R, Tol, RSJ	Economy-wide estimates of the implications of climate change: Sea level rise	ENVIRONMENTAL & RESOURCE ECONOMICS	2007	102	computable general equilibrium, impacts of climate change, sea level rise

17	O'Neill, BC, Ren, XL, Jiang, LW in ostali	The effect of urbanization on energy use in India and China in the iPETS model	<i>ENERGY ECONOMICS</i>	2012	101	climate change, greenhouse gas emissions, demography, urbanization, emissions scenarios
17	Dai, HC, Masui, T, Matsuoka, Y in ostali	Assessment of China's climate commitment and non-fossil energy plan towards 2020 using hybrid AIM/CGE model	<i>ENERGY POLICY</i>	2011	101	China's commitment, non-fossil energy, computable general equilibrium models
19	Fujimori, S, Mosui, T, Matsuoka, Y	Development of a global computable general equilibrium model coupled with detailed energy	<i>APPLIED ENERGY</i>	2014	95	computable general equilibrium model, energy end-use technologies, integrated assessment model, hybrid model
20	Dimitropoulos, J	Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge	<i>ENERGY POLICY</i>	2007	94	macro-economic rebound effect, energy productivity, energy efficiency

2.3.3.3 Avtorji

Slika 14 prikazuje pogostost pojavljanja avtorjev. Analiza kaže, da sta avtorja z največ publikacijami Fujimori in Masui, ki sta sodelovala pri 50 znanstvenih publikacijah. Sledi jima Böhringer (26 publikacij). Kot razkriva analiza, tako Fujimori kot Masui objavljata predvsem študije, povezane s socioekonomskimi posledicami podnebnih sprememb in ukrepov. Po drugi strani pa Böhringer, ki je predstavnik rdečega grozda, raziskuje predvsem področje tarif za emisije ogljika ter stroške zmanjševanja toplogrednih plinov. Poleg omenjenih se na sliki v najmanjšem modrem grozdu pojavljata Rason in Tol, ki se ukvarjata predvsem s preučevanjem vpliva podnebnih sprememb in politik na vodne vire ter turizem (Rason).

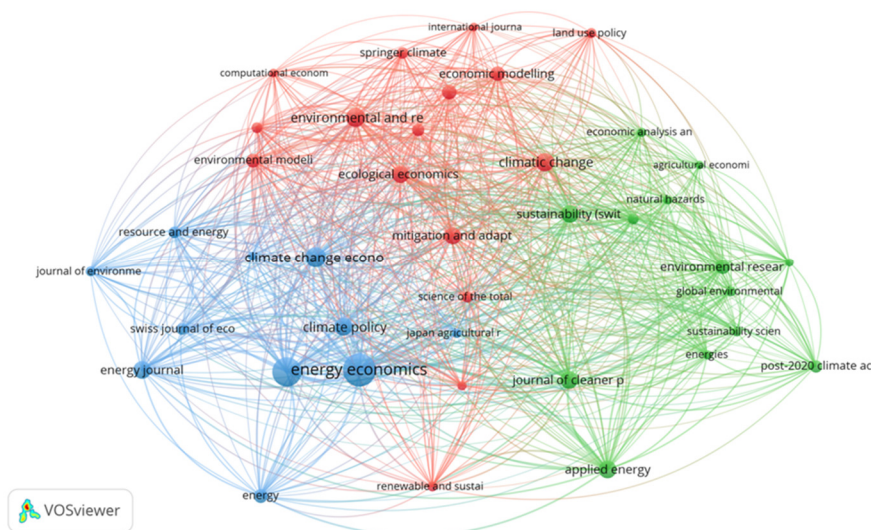
Slika 14: Skupine avtorjev, ki se ukvarjajo z raziskavami na relevantnem področju



2.3.3.4 Znanstvene revije

Slika 15 prikazuje zemljevid znanstvenih revij, ki so objavile vsaj štiri publikacije o okoljski politiki na osnovi CGE modelov. Zemljevid ločuje tri glavne teme. Podrobnejša kvalitativna analiza razkriva, da rdeča skupina revij obravnava predvsem področja, povezana s podnebnimi spremembami in vplivom emisij toplogrednih plinov, okoljskimi ukrepi ter metodološkim razvojem (revija *Economic Modelling*). Vodilni reviji v tej skupini sta *Environmental and Resource Economics* in *Climatic Change*. Vodilni reviji v modri skupini, ki preučuje predvsem sektor energetike, sta *Energy Economics* in *Energy Policy*. Tretja skupina znanstvenih revij, v kateri so najbolj produktivne *Applied Energy*, *Journal of Cleaner Production* in *Sustainability (Switzerland)*, se osredotoča na koncept trajnosti, kot skupek okoljske, družbene in ekonomske dimenzije, v različnih sektorjih.

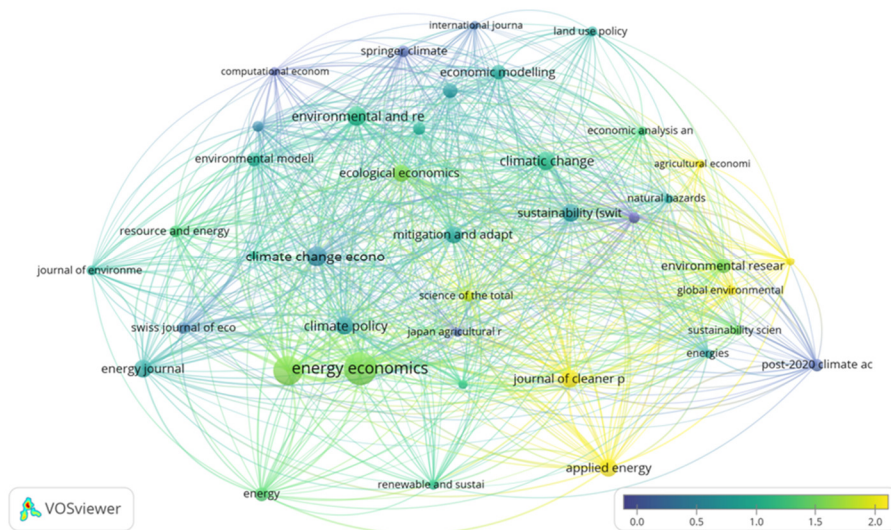
Slika 15: Najpomembnejše znanstvene revije



Vizualizacija citiranosti revij (slika 16) kaže, da so po številu normaliziranih citatov najbolj vplivne revije Applied Energy, Journal of Cleaner Production, Science of the Total Environmnet, Global Environmental Change, Environmental Science and Techology in Agricultural Economics (UK), ki so z izjemo prvih dveh objavile le majhno število člankov o okoljski politiki z uporabo CGE modelov. Te revije

objavljajo predvsem naravoslovne članke, ki so povezani z vodnimi viri, živilskimi sistemi, rabo in pokritostjo tal, biotsko raznovrstnostjo ipd.

Slika 16: Najpomembnejše znanstvene revije – vizualizacija citiranosti



2.3.3.5 Trenutni trendi

Analiza, napovedovanje in usmerjanje prihodnjih raziskav so izredno pomembni za učinkovit razvoj področja. Za identifikacijo trenutnih trendov smo kvalitativno pregledali našo bazo podatkov in izbrali članke z najvišjo 180-dnevno stopnjo uporabe. Stopnja uporabe pomeni število ogledov ali shranitev članka v zadnjih 180 dneh (naše opazovano obdobje se razteza od 1. aprila 2021 do 1. oktobra 2021). Ker znanstveniki raje uporabljajo novejšje članke, podatki o stopnji uporabe običajno dosežejo vrh prva leta po objavi članka ter ponujajo razmeroma veliko natančnost v realnem času v primerjavi s citati članka, ki zahtevajo čas, da se nakopičijo (Wang, Fang in Sun, 2016). Za pridobitev 180-dnevne stopnje uporabe smo uporabili bazo podatkov Web of Science, saj Scopus te možnosti ne ponuja. Podrobnejši pregled seznama člankov v tabeli 7 razkriva nekaj novih in potencialno zanimivih področij raziskav, kot so davek na ogljik, obsežna uporaba obnovljivih virov energije in sektorsko razogljičenje (težka industrija, promet itd.). Na področje prodirajo tudi novi metodološki pristopi.



Tabela 7: Znanstveni članki z najvišjo 180-dnevno stopnjo uporabe

R	Avtorji	Publikacija	Revija	Leto	Uporaba (180)
1	Ren, M, Lu, PT, Liu, XR in stali	Decarbonizing China's iron and steel industry from the supply and demand sides for carbon neutrality	APPLIED ENERGY	2021	31
2	Tang, L, Wang, HH, Li, L in ostali	Quantitative models in emission trading system research: A literature review	RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	2020	31
3	Lin, BQ, Jia, ZJ in ostali	Can carbon tax complement emission trading scheme? The impact of carbon tax on economy, energy and environment in china	CLIMATE CHANGE ECONOMICS	2020	22
4	Dai, HC, Xie, XX, Xie, Y in ostali	Green growth: The economic impacts of large-scale renewable energy development in China	APPLIED ENERGY	2016	22
5	Zhang, WW, Zhao, B, Gu, Y in ostali	Environmental impact of national and subnational carbon policies in China based on a multi-regional dynamic CGE model	JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	2020	21
6	Cao, J, Dai, HC, Li, ST in ostali	The general equilibrium impacts of carbon tax policy in China: A multi-model comparison	ENERGY ECONOMICS	2021	20
7	Yang, Q, Hu, XR, Wang, YQ in ostali	Comparison of the impact of China's railway investment and road investment on the economy and air pollution emissions	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	2021	20
8	Liu, Y, Lu, YY	The Economic impact of different carbon tax revenue recycling schemes in China: A model-based scenario analysis	APPLIED ENERGY	2015	20
9	Jia, ZJ, Lin, BQ	Rethinking the choice of carbon tax and carbon trading in China	TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE	2020	19

10	Li, XY, Yao, XL	Can energy supply-side and demand-side policies for energy saving and emission reduction be synergistic?-- A simulated study on China's coal capacity cut and carbon tax	<i>ENERGY POLICY</i>	2020	19
11	Bekchanov, M, Sood, A, Pinto, A in ostali	Systematic Review of Water-Economy Modeling Applications	<i>JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT</i>	2017	19
12	Fu, YP, Huang, GH, Liu, LR	A factorial CGE model for analyzing the impacts of stepped carbon tax on Chinese economy and carbon emission	<i>SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT</i>	2021	18
13	Zhang, K, Liang, QM	Recent progress of cooperation on climate mitigation: A bibliometric analysis	<i>JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION</i>	2020	18
14	Zhou, YX, Fang, WS Li, MJ in ostali	Exploring the impacts of a low-carbon policy instrument: A case of carbon tax on transportation in China	<i>RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING</i>	2018	18
15	Weng, YW, Cai, WJ, Wang, C	Evaluating the use of BECCS and afforestation under China's carbon-neutral target for 2060	<i>APPLIED ENERGY</i>	2021	16

2.3.4 Omejitve bibliometrične analize

Z analizo nam je uspelo zagotoviti objektivni, celovit in integrativen pregled raziskav na področju CGE modelov v okoljski politiki. Vendar ima tako kot velika večina analiz tudi naša določene omejitve, ki se nanašajo predvsem na pridobljeno bazo podatkov. Prvič, podatke smo črpali tako iz podatkovne zbirke Scopus kot tudi iz zbirke Web of Science, zato smo pri kociacijski analizi zajeli nekaj člankov več, kot bi jih sicer. Drugič, analizo smo posvetili omenjenim ključnim besedam, ne pa tudi drugim iskalnim terminom, ki jih dopolnjujejo. Ne nazadnje pa bi lahko analizo razširili tudi na druge metodološke pristope in vrste publikacij. Kljub predstavljenim omejitvam nam je s pomočjo različnih bibliometričnih tehnik uspelo identificirati najpomembnejše članke, avtorje, revije, ključne besede in usmeritve za nadaljnje raziskave na omenjenem področju.

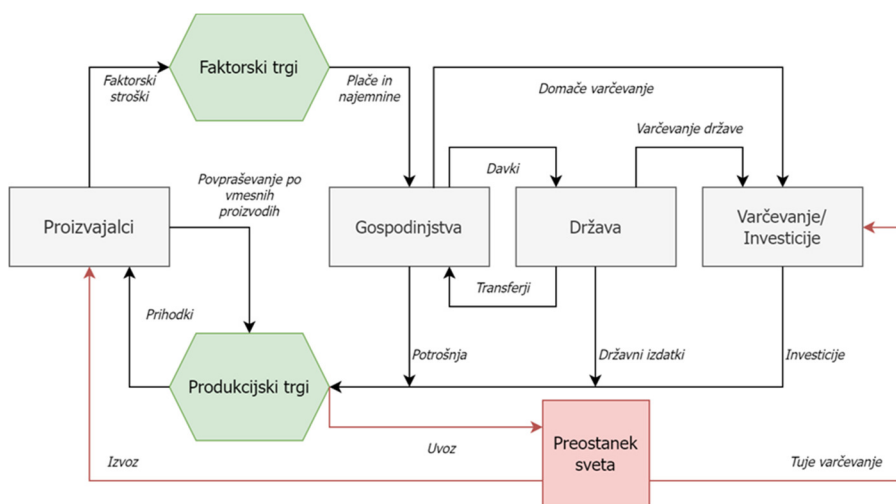
3 OSNOVNI PRISTOP IN VHODNI PODATKI CGE MODELA

3.1 Osnovni pristop CGE modeliranja

CGE modeli obravnavajo gospodarstvo kot sistem medsebojno povezanih sektorjev, kar prikazuje stilizirana struktura modela na sliki 17. Spadajo v družino modelov splošnega ravnovesja in imajo sledeče lastnosti:

- več med seboj povezanih agentov (gospodinjstva, podjetja, država, preostanek sveta);
- individualno vedenje temelji na optimizaciji;
- na večino interakcij med agenti vplivajo trgi in cene;
- ravnovesje nastane takrat, ko se endogene spremenljivke prilagodijo na tak način, da posamezni agenti s spremembo vedenja ne morejo izboljšati svojega položaja in da se ponudba in povpraševanje izenačita.

Slika 17: Stilizirana struktura modela



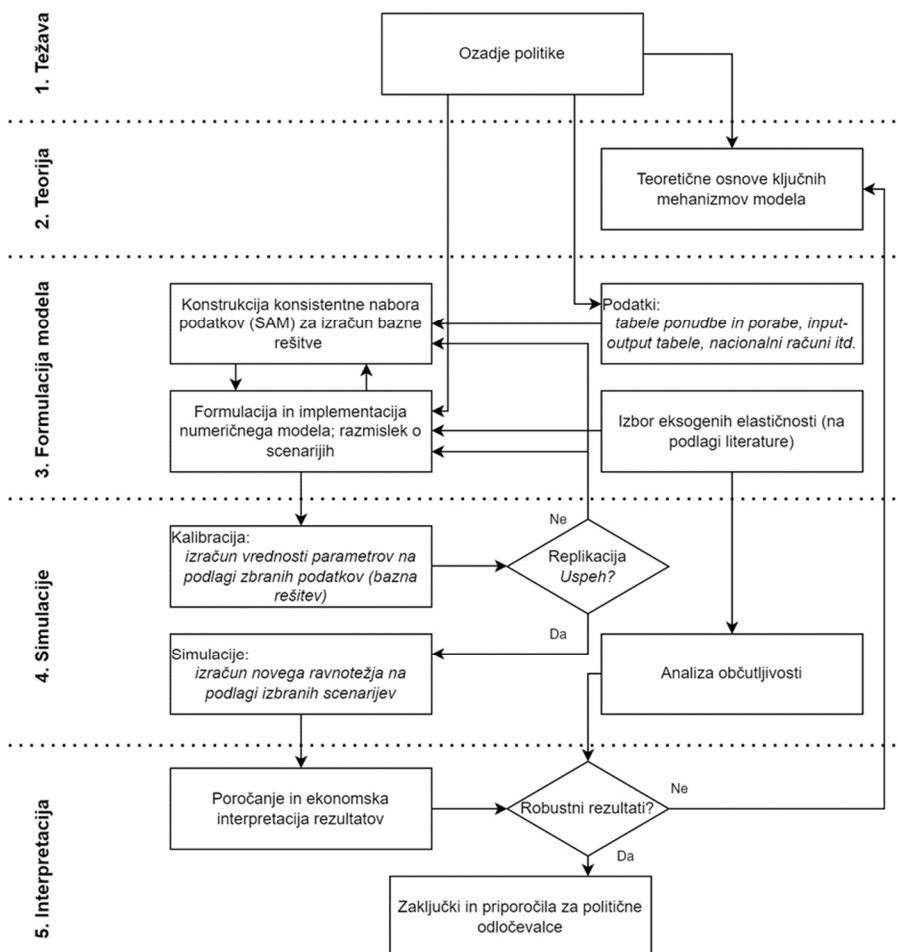
Osnovni pristop, ki ga zasledujemo pri razvoju CGE modela, je nazorno prikazan na sliki 18. Sestavljen je iz petih korakov, kjer je v prvem koraku potreben razmislek o potencialnih odločitvah in njihovih potencialnih učinkih, kar nam omogoča ustrezno zasnovo modela ter identifikacijo potrebnih podatkov. Drugi korak vključuje ekonomsko teorijo, s pomočjo katere določimo ključne



ekonomske mehanizme, ki vplivajo na rezultate, pridobljene v okviru kompleksnega numeričnega modela. Delo na podatkih in na formulaciji ter implementaciji nam nato poda okvir za numerično analizo. Ta korak vsebuje tudi razmislek o alternativnih političnih scenarijih, ki jih primerjamo z osnovnim scenarijem. Za izvedbo simulacij je ključnega pomena izbira parametrov in funkcionalnih oblik, ki pomembno pripomorejo k robustnosti rezultatov. Samo modeliranje lahko strnemo v sledeče korake:

1. Specifikacija dimenzij modela:
 - število proizvodov in faktorjev;
 - število potrošnikov;
 - število aktivnih trgov.
2. Izdelava konsistentnega nabora podatkov:
 - podatki ustrezajo predpostavki ničelnega dobička oz. prerazporeditvi dohodkov;
 - podatki ustrezajo predpostavki obračuna vseh trgov.
3. Izbira funkcionalnih oblik za proizvodnjo, transformacijo, funkcijo koristnosti ter stranskih omejitev:
 - vključuje izbor vložkov in izidov posamezne aktivnosti.
4. Kalibracija:
 - izbrani so parametri, ki zagotavljajo konsistentnost funkcionalnih oblik.
5. Replikacija modela:
 - model replicira vhodne podatke.
6. Simulacijski eksperimenti:
 - prikažejo učinke posameznih politik v primerjavi z osnovnim scenarijem.

Slika 18: Osnovni pristop pri razvoju modela



Vse modeliranje poteka v sistemu GAMS (angl. »General Algebraic Modeling Language«), ki ga je razvila skupina ekonomistov Svetovne banke za lažje izračunavanje velikih in kompleksnih nelinearnih modelov na osebнем računalniku (Brook, Kendrick, & Meeraus, 1988). GAMS omogoča izračunavanje simultanih nelinearnih enačb z optimizacijo ciljne funkcije ali brez nje. Glavne prednosti GAMS so: (1) enostavnost izvedbe, (2) prenosljivost med uporabniki in sistemi ter (3) enostavnost tehničnih posodobitev zaradi nenehnega vključevanja novih algoritmov (Bussieck & Meeraus, 2004). Poenostavljeni koraki modeliranja v sistemu GAMS so sledeči:



1. Prvi korak pri modeliranju v sistemu GAMS je zagotoviti t. i. konstantne elemente (tj. podatke, ki v modelu niso določeni, imajo pa fiksno vrednost, ki jo je treba navesti), kar storimo z uporabo izjav SCALARS in PARAMETERS.
2. V drugem koraku navedemo seznam endogenih spremenljivk, ki jih bomo določili z reševanjem modela. To naredimo z izjavo VARIABLES. Vsaka spremenljivka ima ime, domeno ter po želji tudi daljši opis. Ko je vsaka spremenljivka definirana, ji mora biti dodeljena vrsta: prosta, pozitivna, negativna, binarna, celo število.
3. V tretjem koraku definiramo enačbe s pomočjo izjave EQUATIONS. Enačbe se najprej deklarirajo in nato določijo. Definicija enačbe mora vsebovati spremenljivke in lahko uporabimo enega od treh relacijskih operaterjev $\gg = L = \ll$, $\gg = G = \ll$, in $\gg = E = \ll$ (manjše, večje, enako), nikoli pa neposredne dodelitve $\gg = \ll$. Enačb ni treba definirati v enakem vrstnem redu, kot so navedene.
4. V četrtem koraku poimenujemo model, kar ima v sistemu GAMS natančen pomen.
5. V zadnjem koraku s pomočjo izjave SOLVE poiščemo rešitev modela.

3.2 Matrika družbenih računov

Jedro baze podatkov CGE modela predstavlja matrika družbenih računov (angl. »social accounting matrix«, SAM), ki je najpomembnejši vhodni podatkovni sistem za izračun bazne rešitve CGE modela. Z razpoložljivimi podatki za leto 2019 (tabele ponudbe in porabe) in že izdelano SAM matriko za leto 2015 je bilo mogoče izdelati novo SAM matriko za leto 2019 (SURS, 2023). Poseben izziv pri tem predstavlja zelena raven dezagregacije proizvodov in dejavnosti v SAM matriki in seveda njeno uravnoteženje.

3.2.1 Lastnosti in struktura matrike družbenih računov

Matrika družbenih računov (SAM) je celovit podatkovni okvir za nacionalno gospodarstvo. Tehnično gledano je SAM kvadratna matrika (ima enako število vrstic in stolpcev), ki predstavlja gospodarski krožni tok dohodkov in izdatkov (Lofgren et al., 2002). Vsak vnos v vrstico i ter stolpec j predstavlja dohodek za račun i ter izdatek za račun j . SAM matrika povzema strukturo gospodarstva, vključno z njenimi notranjimi in zunanji povezavami ter vlogami različnih akterjev in sektorjev. Poleg tega prinaša različne podatke (vključno z input-output tabelami, anketami gospodinjstev, anketami proizvajalcev, trgovinskimi statistikami, podatki o nacionalnih računih, plačilno bilanco ter informacijami o državnem proračunu) v enoten sistem in zagotavlja osnovni konceptualni okvir za sistem nacionalnih računov.

SAM matrika opisuje proizvodni proces in tokove transakcij gospodarskih akterjev, tj. gospodinjstev, podjetij, države in preostalega sveta. Sledi odhodkom (v stolpcu) in prihodkom (v vrstici) vsakega gospodarskega subjekta. Gre torej za kvadratno matriko, ki je vedno uravnotežena, tj. skupni znesek izdatkov (v stolpcu) je vedno enak skupnemu znesku prejemkov (v vrstici). SAM matrika je sestavljena iz naslednjih računov ali blokov, ki jih bomo podrobneje predstavili v nadaljevanju:

- računa proizvodnje,
- računa blaga,
- računa proizvodnih faktorjev,
- institucionalnih računov,
- kapitalskega računa,
- računa za preostali svet.

V tabeli 8 je predstavljena pomanjšana različica originalne SAM matrike, ki bralcu omogoča, da se seznanijo s samo strukturo matrike.



Tabela 8: Predloga SAM matrike

Prejemki	Izdutki										Skupaj	
	Dejavnosti	Dobrine	Faktorji	Gospodinjstva	Podjetja	Država	Varčevanje-investicije	Ostali svet	Dejavnosti	Dobrine		Faktorji
Dejavnosti		tržni proizvod										dohodek dejavnosti
Dobrine	vmesna potrošnja			zasebna potrošnja								povpraševanje
Faktorji	dodana vrednost											faktorski dohodek
Gospodinjstva			faktorski dohodek	Medgospodinjstvijski transferji	presežek gospodinjstvom	transferji gospodinjstvom						dohodek gospodinjstvom
Podjetja			faktorski dohodek podjetjem			transferji podjetjem						dohodek podjetij
Država	DDV in davek na proizvodnjo	tarife in izvozni davki	davki na faktorje	transferji, direktni davki	direktni davki							dohodek države
Varčevanje-investicije				varčevanje gospodinjstvom	varčevanje podjetij	varčevanje države						varčevanje
Ostali svet		uvoz	faktorski dohodek v tujino		presežek v tujino	državni transferji						devizni odliv
Skupaj	izdatki dejavnosti	ponudba dobrin	faktorski izdatki	izdatki gospodinjstvom	izdatki podjetij	izdatki države						devizni priliv

Račun proizvodnje

Račun proizvodnje vključuje vmesne vložke (iz ene dejavnosti v drugo), faktorje proizvodnje, davke na faktorje in posredne davke, ki jih podjetja plačujejo na lastno proizvodnjo, ter plačila, prejeta s prodajo lastnih proizvodov. Razdeljen je na dejavnosti, kjer vsak stolpec predstavlja posamezno dejavnost. Stolpec prikazuje odhodke podjetij iz te dejavnosti, tj. inpute ali vmesno potrošnjo, ki se uporablja za proizvodnjo, ter dodano vrednost. Inputi vključujejo blago in storitve, ki jih ponujajo druge dejavnosti, pa tudi samodejno porabo same dejavnosti. Dodana vrednost vsake dejavnosti je sestavljena iz kapitala (neto kapital, davek na kapital in poraba fiksnega kapitala) in delovne sile, uporabljene med samim proizvodnim procesom.

V vrstici pripadajočega stolpca je razloženo, kako se uporablja domača proizvodnja. Del domače proizvodnje se uporablja za zadovoljevanje domačega povpraševanja, del pa se izvozi v tujino za zadovoljevanje tujega povpraševanja.

Račun blaga

Račun blaga prikazuje tokove blaga in storitev na trgih. Opisuje torej ponudbo blaga in storitev po dejavnostih (proizvajalcih) in ostalega sveta (uvoz, vključno s tarifami za uvoženo blago) na eni strani ter prodajo tega blaga dejavnostim (kot vmesni vložek) in končnim potrošnikom (gospodinjstvom, državi, za naložbe v osnovna sredstva in preostalemu svetu) na drugi strani.

Vsak stolpec blagovnega sklopa je sestavljen iz cene blaga in storitve, davkov in subvencij na proizvode ter uvoza. Skupni stolpec prikazuje vrednost dobave blaga na trgu po kupčevi ceni.

Vrstica pripadajočega stolpca prikazuje ponudbo na domačem in tujem trgu. Celotna ponudba se podjetjem dobavi kot vmesna poraba, gospodinjstvom kot izdatek za končno potrošnjo, državi kot izdatek za končno potrošnjo, preostalemu delu sveta pa kot izvoz.

Račun proizvodnih faktorjev

V SAM matriki ločimo dva dejavnika proizvodnje: delo in kapital.



Izkaz računa proizvodnih faktorjev prikazuje (v vrstici) ponudbo delovne sile in kapitala za posamezne dejavnosti, državo in preostali svet na eni strani ter (v stolpcu) plačila lastnikom (gospodinjstvom, podjetjem, državi in preostalemu svetu) teh faktorjev na drugi strani.

Institucionalni račun

Institucionalni računi vključujejo dohodek, ki ga prejme vsak gospodarski subjekt (podjetja, gospodinjstva in država), ter njihove izdatke.

Izdatki vključujejo porabo blaga, prenose drugih subjektov, davke in prihranke.

Račun podjetij

Izdatki podjetij so sestavljeni iz transferjev gospodinjstvom, državi in v tujino. Račun podjetij vključuje tudi davke od dohodkov pravnih oseb in prihranke podjetij. Vmesna potrošnja podjetij in davki podjetij so vključeni v račun proizvodnje.

Dohodek podjetij sestavljajo prejemki iz lastništva faktorjev proizvodnje, tj. prejemki kapitala in transferji drugih gospodarskih subjektov, tj. gospodinjstev, države ter preostalega sveta.

Račun gospodinjstev

Izdatki gospodinjstev vključujejo izdatke za končno potrošnjo gospodinjstev, davek od dohodka in prihranke.

Prihodek gospodinjstev vključuje transferje, prejete od drugih gospodarskih subjektov, in plačila faktorjev proizvodnje.

Prihranki gospodinjstev se izračunajo kot razlika med prihodki in izdatki gospodinjstev.

Račun sektorja država

Izdatki države vključujejo izdatke za končno potrošnjo države, nakazila drugim subjektom in prihranke.

Prihodki države vključujejo transferje, prejete od drugih gospodarskih subjektov, davke, ki jih plačujejo drugi subjekti, in prejemke kapitala.

Kapitalski račun

Kapitalski račun sestavljajo bruto investicije v osnovna sredstva in spremembe zalog. Stolpec vključuje izdatke za blago in storitve za naložbe. Vrstico sestavljajo amortizacija kapitala, domači prihranki in saldo tekočih transakcij s tujino.

Podatki o bruto investicijah v osnovna sredstva in o spremembah zalog izhajajo iz input-output tabel za leti 2014 in 2015.

Račun preostalega sveta

Račun preostalega sveta opisuje interakcijo med domačim gospodarstvom in preostalim svetom.

V stolpcu imamo izvoz blaga in storitev v tujino, nadomestilo zaposlenih iz tujine, kapitalske transferje iz tujine, davek na nepremičnine in neto davek na proizvodnjo iz tujine, trenutne transferje iz tujine in saldo tekočih transakcij s tujino.

V vrstici pa imamo uvoz blaga in storitev iz tujine, nadomestilo zaposlenih v tujino, kapitalske transferje v tujino, dohodek iz naslova lastništva nepremičnin, neto davke na proizvode v tujino ter tekoče transferje v tujino.

Saldo tekočih transakcij s tujino se izračuna kot razlika med prihodki in izdatki.

Drugi računi

Drugi računi so sestavljeni iz vseh davkov in subvencij, ki jih je prejela država, in so omenjeni v razdelkih o blagu in dejavnostih.



3.2.2 Umerjanje in dezagregacija matrike družbenih računov Slovenije

Glede na pridobljene podatke s pomočjo Statističnega urada RS je bila sprejeta odločitev glede dezagregacije SAM matrike: 15 proizvodov in 13 dejavnosti (tabela 9, tabela 10). Posamezen proizvod/dejavnost vključuje kategorije iz dveh klasifikacij: Standardne klasifikacije dejavnosti (gl. <https://www.stat.si/doc/pub/skd.pdf>) in Klasifikacije proizvodov po dejavnosti (gl. https://www.stat.si/dokument/3658/CPA_2008.pdf).

Tabela 9: Dezagregacija proizvodov v SAM matriki

Proizvodi	Šifra
1 Kmetijski, ribiški in gozdni proizvodi	A 01, 02, 03
2 Premog in lignit	B 05
3 Zemeljski plin	B 06.2
4 Rude (drugo)	B 07, 08, 09
5 Papir	C 17
6 Naftni derivati in koks	C 19
7 Kemikalije	C 20
8 Nekovinski mineralni izdelki	C 23
9 Kovine	C 24
10 Predelovalne industrije – drugi	C 10-16, 18, 22, 25-33, 21
11 Električna	D 35
12 Promet	H 49, 50, 51
13 Zasebne storitve	36, 37, 39, 45-47, 52,-53, 55-56, 58-66, 68-75, 77-80, 82, 90, 92-99
14 Gradbeništvo	41-43
15 Pretežno javne storitve	84-88

Tabela 10: Dezagregacija dejavnosti v SAM matriki

Dejavnosti	Šifra
1 Kmetijstvo	A 01, 02, 03
2 Rudarstvo	B 05-09
3 Papirna industrija	C 17
4 Proizvodnja koksa in naftnih derivatov	C 19
5 Kemična industrija	C 20
6 Industrija nekovinskih mineralnih izdelkov	C 23
7 Kovinska industrija	C 24
8 Predelovalne dejavnosti - druge	C 10-16, 18, 22, 25-33, 21
9 Oskrba z električno energijo	D 35
10 Promet	H 49, 50, 51
11 Zasebne storitve	36, 37, 39, 45-47, 52,-53, 55-56, 58-66, 68-75, 77-80, 82, 90, 92-99
12 Gradbeništvo	41-43
13 Javne storitve	84-88

3.3 Predstavitev energetskega modela kot vira nemonetarnih vhodnih podatkov

3.3.1 Povezan sistem modelov v podporo odločanju

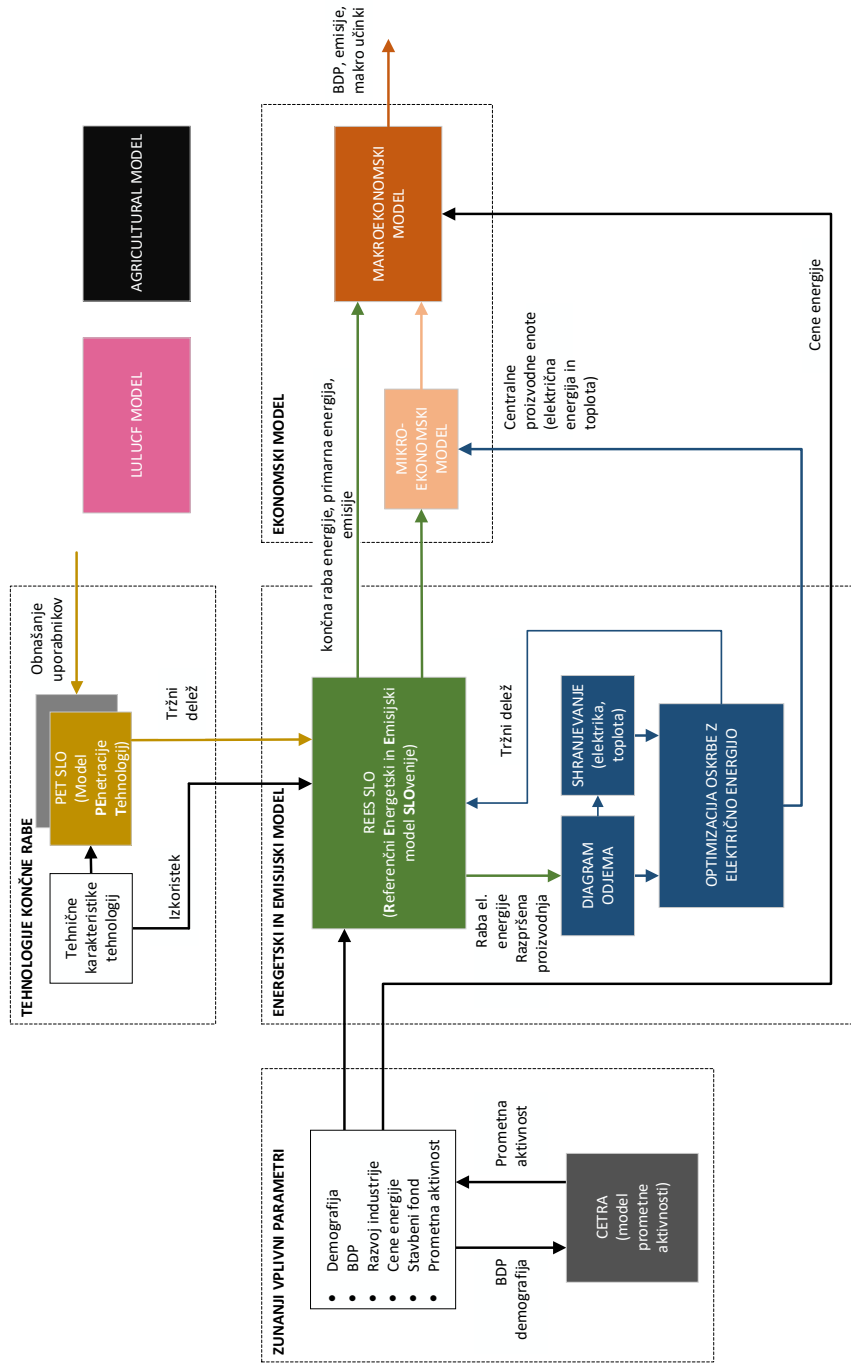
Splošen kontekst za uporabo modelov je povezan z zahtevami za pripravo nacionalnih strateških dokumentov. Več strateških dokumentov zahteva strokovne podlage v obliki projekcij (npr. Nacionalni energetske in podnebni načrt ter Dolgoročna podnebna strategija 2050, poročanje o toplogrednih plinih, Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja, poročanje v okviru Uredbe o upravljanju energetske unije, poročanje v okviru Direktive o nacionalnih zavezah za zmanjšanje emisij). Modeli se uporabljajo tudi za oceno nacionalnih ciljev ter za spremljanje in poročanje o izvajanju različnih energetskih in okoljskih politik. Poleg tega lahko energetske modeli zagotavljajo kvantitativne podlage za dialog z nacionalnimi deležniki in predstavniki EU. Namen energetskih modelov je razumeti določen segment in prikazati, kako ta segment vpliva na družbo, njene sociološke komponente, gospodarstvo in okolje.



Za scenarijsko analizo in podporo različnim razvojnim politikam v Sloveniji se uporablja 6 povezanih modelov, ki so predstavljeni na sliki 19:

1. REES-SLO (angl. »reference energy and emission system model for Slovenia«, simulacijski model);
2. optimizacija oskrbe z električno energijo (Monte Carlo optimizacija);
3. PRIMOS (model transportne aktivnosti);
4. MAKROEKONOMSKI model (model splošnega razvnotežja GEM);
5. LULUCF model (angl. »land use, land-use change and forestry carbon budget model«)
6. AGRICULTURAL model (angl. »AGRI AIR, livestock and soils model«).

Slika 19: Povezan sistem modelov za scenarijsko analizo v podporo energetskim in okoljskim razvojnim politikam



Prvi štirje modeli so med seboj povezani in komunicirajo drug z drugim, medtem ko sta LULUCF model in AGRICULTURAL model samostojna modela in nimata neposrednih povezav z ostalimi modeli.

3.3.2 REES-SLO model

Z namenom opisa tehničnih, ekonomskih in okoljskih značilnosti slovenskega energetskega sistema je bil razvit Referenčni energetski in emisijski model Slovenije, imenovan REES-SLO. Model REES-SLO je osrednje orodje za izračun energetskih bilanc, emisij in stroškov uporabe in oskrbe z energijo v Sloveniji. Model je načrtovan in izdelan v okolju MESAP v obliki linearnega omrežnega modela procesov in povezav, kar omogoča dosledno modeliranje porabe energije na podlagi potreb po energetskih storitvah ter izračune sektorskih energetskih, ekonomskih, okoljskih in drugih vplivov. Referenčni model energetskega sistema je niz programov in analitičnih orodij, ki matematično opisujejo posamezno podsistemsko enoto (npr. gospodinjstva, transport, storitve, industrijo, oskrbo z energijo) v medsebojni odvisnosti vseh spremenljivk, ki vplivajo na tovrstno podsistemsko enoto, nato pa so te podsistemске enote povezane v ustrezno celoto, ki predstavlja dejanski energetski sistem. Sodobni modeli energetskih sistemov temeljijo na integriranemu pristopu, ki izhaja iz teoretičnih osnov celovitega načrtovanja virov (angl. »integrated resource planning«), ki združuje značilnosti specifičnih in splošnih modelov z namenom opisa procesa in ocene pripadajočih energetskih, emisijskih in ekonomskih tokov (vplivov oz. učinkov). Vsak modeliran sektor je samostojen proces oz. skupek procesov, pri čemer ima vsak svoje vhodne in izhodne parametre ter enačbe, ki opisujejo povezave med njimi.

Model REES-SLO vključuje podmodele za naslednje sektorje: energetska raba v industriji, gospodinjstvih, sektorju storitev, prometu, lokalni energetske oskrbi in centralni energetske oskrbi. Z modelom REES-SLO se izračunavajo energetski, emisijski in ekonomski tokovi, ki so povezani s potrebami končnih odjemalcev za vsak sektor, ki ga obravnavamo. Rabo energije se lahko tako določi za celoten energetski sistem ali pa dezagregirano po sektorjih, virih energije in tehnologijah končne rabe ter oskrbe. Z modelom REES-SLO določamo tudi izpuste škodljivih snovi (SO₂, NO_x, CH₄, N₂O, delcev prahu) iz energetskih pretvorb, in sicer po sektorjih, virih energije in tehnologijah.

Osnovno okolje, v katerem je načrtovan model REES-SLO, je namensko programsko orodje MESAP (angl. »Modular Energy System and Planning«). MESAP je linearni računski model s prilagodljivo strukturo podatkov (angl. »free structure«), ki se lahko prilagodi ravni agregacije in stopnji zahtevane ravni podrobnosti posameznega procesa, skupine procesov ali sektorja. Orodje omogoča scenarijsko analizo in zagotavlja metodološko konsistentnost pri primerjavi različnih scenarijev oz. alternativ.

Povezave med procesi so določene s sklopom linearnih enačb, ki so prosto določene za vsak proces posebej. Nelinearni problemi, kot so izgube v distribucijskem omrežju električne energije, so linearno aproksimirani, kar pomeni, da so opisani z nizom linearnih funkcij. S pomočjo določene/predvidene intenzivnosti, kot je poraba električne energije na osebo, se izračuna potreba po energiji v distribucijskem omrežju in modelira končna poraba. V primeru da je uporabljenih več procesov, ki proizvajajo materialne tokove, se določi tržni delež posameznega procesa. Vhodni tok blaga se določi z učinkovitostjo vsakega procesa. Model REES-SLO omogoča simulacijo količin in stroškov pretokov primarne in končne energije preko izkoristkov, tržnih deležev in intenzivnosti. Proces opravlja funkcijo pretvorbe enega ali več materialnih tokov v nov materialni tok preko linearnih enačb. V REES-SLO je osnovni princip modeliranja diferenciacija goriv in procesov po značilnostih, glede na učinkovitost, stroške ali okoljske parametre.

Vhodni podatki modela

Glavni vhodni parametri modela REES-SLO so specifični za posamezne sektorje. Na tem mestu lahko izpostavimo industrijsko dejavnost, stavbni fond, demografijo, prometno dejavnost in cene energije. V sklopu razvoja modela so bili upoštevani naslednji vodilni parametri: dodana vrednost in obseg fizične proizvodnje v gospodarskih dejavnostih, obseg prometa (prometno delo), struktura stavbnega fonda, potreba po ogrevanju prostorov, število gospodinjstev, površina stanovanj, prehod na nove in energetske učinkovite naprave v gospodinjstvih ter druge podrobnosti, kot so površina šol ali število postelj v bolnišnicah. Posebna pozornost je bila posvečena tudi agregaciji podatkov v skladu s statističnimi standardi zbiranja in dostopnosti podatkov.



MESAP podpira tehnološko orientiran pristop modeliranja, kjer je več konkurenčnih tehnologij, ki zagotavljajo energetske storitve, predstavljenih z vzporednimi procesi. Obseg storitve, ki jo zagotavlja tehnologija (npr. oskrbe s toploto), je določen s tržnimi deleži, ki delijo povpraševanje po storitvi med procesi (tehnologijami), ki lahko zagotavljajo izbrano storitev. Omenjeni pristop omogoča modeliranje novih tehnologij z nizkim ogljičnim odtisom in modeliranje različnih možnosti oz. stopenj prehoda v nizkoogljično družbo. V modelu je bila izvedena segmentacija med standardnimi in izboljšanimi tehnologijami (vzporedno modeliranje tehnologij), kar omogoča natančno oceno povzročenih stroškov in okoljskih vplivov posameznih tehnologij (z implementacijo ukrepov in brez nje).

Poleg tega so bili prepoznani različni zunanji vplivni parametri, ki imajo pomemben vpliv na modelske rezultate in so posledica širših globalnih gibanj, npr. mednarodne in regionalne cene goriva, napovedana gospodarska rast v Sloveniji in Evropski uniji, razpoložljivost, tržna penetracija in dinamika tržnih deležev za energetske učinkovite tehnologije. Vsi ti parametri so vključeni v REES-SLO model. Podatki o porabi in oskrbi z energijo za bazno leto in kalibracijo modela so bili pridobljeni od Statističnega urada Republike Slovenije ter iz drugih ustreznih virov, medtem ko so bili podatki o urni proizvodnji in obremenitvi za slovenski elektroenergetski sistem pridobljeni od slovenskega operaterja prenosnega elektroenergetskega omrežja (ELES). Krivulje obremenitve za urno povpraševanje po toploti iz lokalnih sistemov daljinskega ogrevanja smo pridobili od lokalnih operaterjev sistemov daljinskega ogrevanja. Povpraševanje po toploti in procesni pari v industriji je obravnavano ločeno prek porabe energije v industrijskem sektorju za energetske intenzivne panoge (proizvodnja papirja, kemikalij, nekovinskih mineralnih izdelkov (cementa), proizvodnja kovin).

Uporaba modela

Model REES-SLO je bil uporabljen kot orodje za podporo odločanju pri nacionalnem strateškem načrtovanju energetike, in sicer za podporo pri pripravi Nacionalnega energetskega in podnebne načrta Republike Slovenije (tudi pri oblikovanju novega načrta, reviziji NEPN) ter Resolucije o dolgoročni podnebni strategiji Slovenije do leta 2050, s čimer je model uspešno prestal uporabnostni test. Ker imajo rezultati modeliranja pomemben vpliv na odločitve o načrtovanju energetskih sistemov in upravljanju emisij, je bil naš imperativ razviti napreden

model energetskih sistemov, ki lahko učinkovito obvladuje posebnosti majhnih energetskih sistemov ter zagotavlja konsistentno in transparentno podporo pri odločanju. Modeliranje nacionalnih energetskih sistemov je izjemno zahtevno, saj je odvisno od mnogih izjemno kompleksnih vhodnih parametrov. Dodana vrednost modela REES-SLO je zelo močna okoljska komponenta, ki je bila dodana klasičnemu konceptu referenčnega energetskega sistema, ter jasna osredotočenost na dinamične značilnosti relativno majhnih slovenskih energetskih sistemov, s ciljem, da se objektivno obravnavajo kompleksni problemi, kot so razvoj prihodnje energetske infrastrukture, učinkovita implementacija razpršenih virov energije s poudarkom na obnovljivih virih energije in zmanjšanje emisij toplogrednih plinov.

Model zahteva stalno posodabljanje in prilagajanje spremembam zaradi izboljšav in razpoložljivosti novih statističnih podatkov, opisov tehnologij ter zunanjih vplivnih dejavnikov. V sklopu prihodnjega raziskovalnega dela oz. prihodnjih izzivov lahko izpostavimo vsaj naslednji področji za izboljšave: (i) modeliranje ukrepov krožnega gospodarstva in snovne učinkovitosti; (ii) ocenjevanje socioekonomskih učinkov, kot sta energetska revščina in vrednotenje obnašanja uporabnikov.



4 MATEMATIČNI OPIS CGE MODELA

CGE model pojasnjuje vsa plačila in interakcije med posameznimi agenti ter sledi razčlenitvi proizvodov, dejavnosti, faktorjev in institucij v SAM matriki. Zapisan je kot niz simultanih enačb, od katerih so mnoge nelinearne. Te enačbe opisujejo vedenje posameznih agentov. Tako na primer odločitve o proizvodnji in potrošnji poganja maksimiranje dobičkov oz. koristnosti. Enačbe vključujejo tudi nabor omejitev, ki jih mora izpolnjevati sistem kot celota, ni pa nujno, da jih upošteva katerikoli posamezni agent. Te omejitve zajemajo trge ter makroekonomske agregate. V nadaljevanju poglavja bomo povzeli osnovne karakteristike modela po posameznih blokih (proizvodnja, institucije, omejitve). Za lažje razumevanje so matematične enačbe predstavljene v poenostavljeni obliki.

4.1 Proizvodnja

Proizvodnja zajema štiri kategorije: domačo proizvodnjo in uporabo; alokacijo domače proizvodnje; agregirano ponudbo na domačem trgu; in opredelitev povpraševanja po tujih proizvodih, ki ga generira distribucijski proces. Samo proizvodnjo izvajajo dejavnosti, zajete v SAM matriki, ki maksimirajo svoj dobiček, odvisen od tehnologije in cen. Z drugimi besedami, proizvodnja poteka v popolnoma konkurenčnem okolju.

Povpraševanje po dodani vrednosti in vmesnih proizvodih je opredeljeno z Leontijevo funkcijo stopnje aktivnosti posamezne dejavnosti, kot prikazujeta enačbi (1) in (2).

Leontijeva tehnologija: povpraševanje po dodani vrednosti:

$$\begin{bmatrix} \text{povpraševanje po} \\ \text{dodani vrednosti} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{stopnja} \\ \text{aktivnosti} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Leontijeva tehnologija: povpraševanje po vmesnih proizvodih:

$$\begin{bmatrix} \text{povpraševanje po} \\ \text{vmesnih proizvodih} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{stopnja} \\ \text{aktivnosti} \end{bmatrix} \quad (2)$$



Enačba (3) razkriva, da je za vsako posamezno dejavnost količina dodane vrednosti CES funkcija razčlenjenih faktorskih vložkov. Dejavnosti povprašujejo po faktorjih, ko so mejni stroški faktorjev enaki mejnemu dohodku proizvoda (4).

Dodana vrednost:

$$\left[\begin{array}{l} \text{količina agregirane} \\ \text{dodane vrednosti} \end{array} \right] = CES \left[\begin{array}{l} \text{faktorski} \\ \text{vložki} \end{array} \right] \quad (3)$$

Povpraševanje po faktorjih:

$$\left[\begin{array}{l} \text{mejni strošek faktorja} \\ \text{i v aktivnosti a} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{mejni dohodek proizvoda} \\ \text{faktorja f v aktivnosti a} \end{array} \right] \quad (4)$$

Povpraševanje posamezne dejavnosti po vmesnih proizvodih je določeno s standardno Leontijevo formulacijo (5).

Povpraševanje po vmesnih proizvodih:

$$\left[\begin{array}{l} \text{vmesno povpraševanje} \\ \text{po proizvodu c od aktivnosti a} \end{array} \right] = f \left[\begin{array}{l} \text{količina vmesnega} \\ \text{proizvoda v aktivnosti a} \end{array} \right] \quad (5)$$

Enačba (6) prikazuje proizvodnjo in alokacijo ter dovoljuje, da posamezni proizvod proizvaja več kot le ena dejavnost ter da posamezna dejavnost proizvaja več kot le en proizvod.

Proizvodnja in alokacija proizvodov:

$$\left[\begin{array}{l} \text{prodajana količina} \\ \text{proizvoda c od aktivnosti a} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{potrošnja gospodinjstev} \\ \text{proizvoda c} \\ \text{od aktivnosti a} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{proizvodnja proizvoda c} \\ \text{od aktivnosti a} \end{array} \right] \quad (6)$$

Skupna tržna proizvodnja katerega koli proizvoda je opredeljena kot CES funkcija (7). Optimalna količina proizvoda iz dejavnosti je obratno sorazmerna s ceno (8). Natančneje, izbira med proizvodi iz različnih virov predstavlja problem optimizacije.

Agregirana funkcija proizvoda:

$$\begin{bmatrix} \text{celotna proizvodnja} \\ \text{proizvoda } c \end{bmatrix} = CES \begin{bmatrix} \text{celotna proizvodnja} \\ \text{proizvoda } c, \\ \text{specifična za aktivnost} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Pogoj prvega reda za agregirano funkcijo proizvoda:

$$\begin{bmatrix} \text{mejni stroški proizvoda} \\ c \text{ od aktivnosti } a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{mejni dohodki proizvoda} \\ c \text{ od aktivnosti } a \end{bmatrix} \quad (8)$$

Alokacija med domačo prodajo in izvozom je določena s pomočjo CET funkcije (9).

Transformacijska funkcija CET:

$$[\text{domača proizvodnja}] = CET \begin{bmatrix} \text{količina izvoza,} \\ \text{domača prodaja} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Enačba (10) definira optimalno razmerje med izvozom in domačo prodajo.

Razmerje med izvozom in domačo prodajo:

$$\begin{bmatrix} \text{razmerje med izvozom} \\ \text{in domačo prodajo} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{razmerje med izvozom} \\ \text{in domačo ceno} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Nepopolno zamenljivost med uvozom in domačo prodajo zajame funkcija Armington (11).

Skupna ponudba – funkcija Armington:

$$[\text{skupna ponudba}] = f \begin{bmatrix} \text{količina uvoza,} \\ \text{domača poraba} \\ \text{domače proizvodnje} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Enačba (12) definira optimalno razmerje med uvozom in domačo ponudbo.

Razmerje med uvozom in domačo ponudbo:

$$\begin{bmatrix} \text{razmerje med uvozom} \\ \text{in domačo ponudbo} \end{bmatrix} = f \begin{bmatrix} \text{razmerje med domačo} \\ \text{in uvozno ceno} \end{bmatrix} \quad (12)$$



4.2 Institucije

Institucije so v modelu gospodinjstva, podjetja, država in preostali svet. Enačba (12) določa skupni dohodek posameznega faktorja. V enačbi (13) se ta dohodek razdeli med domače institucije.

Faktorski dohodki:

$$\begin{bmatrix} \text{dohodek} \\ \text{faktorja } f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{vsota plačil} \\ \text{aktivnosti} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Faktorski dohodki institucij:

$$\begin{bmatrix} \text{dohodek institucije } i \\ \text{od faktorja } f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{delež dohodka} \\ \text{faktorja } f \\ \text{instituciji } i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \text{dohodek} \\ \text{faktorja } f \end{bmatrix} \quad (14)$$

Domače nedržavne institucije tvorijo podmnožico domačih institucij. Njihov dohodek je predstavljen v enačbi (15).

Dohodek nedržavnih institucij:

$$\begin{bmatrix} \text{dohodek} \\ \text{institucije } i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{faktorski} \\ \text{dohodek} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{transferji od} \\ \text{drugih nedržavnih} \\ \text{institucij} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{transferji} \\ \text{od države} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{transferji od} \\ \text{preostalega} \\ \text{sveta} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Transferji med domačimi nedržavnimi institucijami se plačujejo kot fiksni deleži skupnih institucionalnih dohodkov brez neposrednih davkov in prihrankov (16).

Medinstitucionalni transferji:

$$\begin{bmatrix} \text{transferji institucije} \\ i' \text{ instituciji } i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{delež dohodka} \\ \text{institucije } i', \\ \text{prenesenega na } i \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \text{dohodek} \\ \text{institucije } i' \end{bmatrix} \quad (16)$$

Skupni izdatki gospodinjstva za potrošnjo so definirani kot dohodek, ki ostane po plačilu davkov, varčevanju ter transferjih (17).

Izdatki gospodinjstev za potrošnjo:

$$\left[\begin{array}{l} \text{razpoložljivi dohodek} \\ \text{gospodinjstva za potrošnjo} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{neto dohodek} \\ \text{gospodinjstva} \end{array} \right] \quad (17)$$

Predpostavlja se, da gospodinjstva maksimirajo Stone-Gearyjevo funkcijo koristnosti (18). Potrošnja na posamezen proizvod predstavlja linearno funkcijo celotne potrošnje.

Potrošnja gospodinjstev za proizvode na trgih:

$$\left[\begin{array}{l} \text{potrošnja gospodinjstev} \\ \text{za proizvod } c \end{array} \right] = f \left[\begin{array}{l} \text{potrošnja gospodinjstev} \\ \text{po tržnih cenah} \end{array} \right] \quad (18)$$

Investicijsko povpraševanje je definirano kot investicije v baznem letu, pomnožene s prilagoditvenim faktorjem (19).

Investicijsko povpraševanje:

$$\left[\begin{array}{l} \text{fiksno investicijsko} \\ \text{povpraševanje po} \\ \text{proizvodu } c \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{prilagoditveni faktor,} \\ \text{pomnožen s fiksnimi} \\ \text{investicijami baznega leta} \end{array} \right] \quad (19)$$

Podobno velja za povpraševanje države, kot je prikazano v enačbi (20).

Povpraševanje držav po proizvodih:

$$\left[\begin{array}{l} \text{povpraševanje države} \\ \text{po proizvodu } c \end{array} \right] = f \left[\begin{array}{l} \text{prilagoditveni faktor,} \\ \text{pomnožen z državno} \\ \text{potrošnjo baznega leta} \end{array} \right] \quad (20)$$

Skupni prihodki države (21) so vsota vseh davčnih prihodkov, faktorskih prihodkov ter transferjev iz tujine.

Prihodki države:

$$\left[\begin{array}{l} \text{prihodki} \\ \text{države} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{neposredni davki} \\ \text{od institucij} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{neposredni davki} \\ \text{od faktorjev} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{davek na} \\ \text{dodano vrednost} \end{array} \right] + \\ \left[\begin{array}{l} \text{davek na} \\ \text{aktivnost} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{uvozna} \\ \text{tarifa} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{davek na} \\ \text{izvoz} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{davek od} \\ \text{prodaje} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{l} \text{faktorski} \\ \text{dohodek} \end{array} \right] + \\ \left[\begin{array}{l} \text{transferji od} \\ \text{preostanka sveta} \end{array} \right] \quad (21)$$



Skupna potrošnja države (22) je definirana kot vsota državne porabe in transferjev.

Potrošnja države:

$$\left[\begin{array}{c} \text{državna} \\ \text{potrošnja} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{poraba} \\ \text{države} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{transferji domačim} \\ \text{nedržavnim institucijam} \end{array} \right] \quad (22)$$

4.3 Cene

V cenovnem bloku enačb so endogene cene povezane z drugimi endogenimi in eksogenimi cenami, kot tudi z necenovnimi modelskimi spremenljivkami.

Uvozna cena v domači valuti je cena, ki jo plačajo domači porabniki za uvožene dobrine (23). Gre za transformacijo svetovne cene uvoza ob upoštevanju deviznega tečaja, uvoznih tarif ter transakcijskih stroškov na enoto.

Cena uvoza:

$$\left[\begin{array}{c} \text{skupna cena} \\ \text{uvoza} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{cena} \\ \text{uvoza} \end{array} \right] * \left[\begin{array}{c} \text{prilagoditev} \\ \text{tarife} \end{array} \right] * \left[\begin{array}{c} \text{menjalni} \\ \text{tečaj} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{stroški trgovinskih} \\ \text{vložkov na enoto} \end{array} \right] \quad (23)$$

Struktura cene izvoza je zelo podobna strukturi cene uvoza, s to razliko, da stroški trgovinskih vložkov zmanjšujejo ceno, ki jo prejme domači izvoznik (24).

Cena izvoza:

$$\left[\begin{array}{c} \text{cena} \\ \text{izvoza} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{cena} \\ \text{izvoza} \end{array} \right] * \left[\begin{array}{c} \text{prilagoditev} \\ \text{tarife} \end{array} \right] * \left[\begin{array}{c} \text{menjalni} \\ \text{tečaj} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{stroški trgovinskih} \\ \text{vložkov na enoto} \end{array} \right] \quad (24)$$

Model razlikuje med ceno, ki jo plačujejo povpraševalci ter ceno, ki jo prejmejo ponudniki (25).

Cena povpraševanja po domačem netrgovinskem blagu:

$$\left[\begin{array}{c} \text{cena domačega} \\ \text{povpraševanja} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{cena domače} \\ \text{ponudbe} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{stroški trgovinskih} \\ \text{vložkov na enoto} \\ \text{domače prodaje} \end{array} \right] \quad (25)$$

Absorpcija predstavlja skupno domačo porabo po cenah, ki jih določijo domači povpraševalci. Izražena je kot vsota porabe domačih proizvodov ter uvoza po povpraševanih ter uvoznih cenah (26).

Absorpcija:

$$\left[\begin{array}{c} \text{absorpcija} \\ \text{(po cenah)} \\ \text{povpraševanja} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{cena domačega} \\ \text{povpraševanja} \\ * \\ \text{domača prodajna} \\ \text{količina} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{uvozna cena} \\ * \\ \text{uvozna količina} \end{array} \right] \quad (26)$$

Za vsako doma proizvedeno dobrino je tržna vrednost proizvodnje vsota domače prodaje ter izvoza (27).

Tržna vrednost proizvodnje:

$$\left[\begin{array}{c} \text{cena proizvajalca} \\ * \\ \text{količina tržne proizvodnje} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{cena domače ponudbe} \\ * \\ \text{domača prodajna količina} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{izvozna cena} \\ * \\ \text{izvozna količina} \end{array} \right] \quad (27)$$

Cena aktivnosti je enaka produktu proizvajalčevih cen ter ustvarjenih donosov (28). To omogoča, da lahko ena dejavnost proizvede več kot le eno dobrino.

Cena dejavnosti:

$$[\text{cena dejavnosti}] = \left[\begin{array}{c} \text{cene proizvajalcev} \\ * \\ \text{donosi} \end{array} \right] \quad (28)$$

Cena agregiranega vmesnega vložka prikazuje stroške vmesnega vložka na enoto agregiranega vmesnega vložka (29). Odvisna je od cen dobrin ter koeficientov vmesnih vložkov.

Agregirana cena vmesnega vložka:

$$\left[\begin{array}{c} \text{agregirana cena} \\ \text{vmesnega vložka} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{stroški vmesnega vložka} \\ \text{na enoto agregiranega vmesnega} \\ \text{vložka} \end{array} \right] \quad (29)$$



Za vsako dejavnost so skupni prihodki v celoti porabljeni za dodano vrednost ter vmesno potrošnjo (30).

Prihodki in stroški dejavnosti:

$$\begin{bmatrix} \text{cena dejavnosti} \\ * \\ \text{stopnja dejavnosti} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{cena dodane vrednosti} \\ * \\ \text{količina} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{skupna cena} \\ \text{vmesnega vložka} \\ * \\ \text{količina} \end{bmatrix} \quad (30)$$

4.4 Omejitve sistema

CGE model vključuje makroekonomske omejitve sistema, ki omogočajo izračun bazne rešitve. Tako enačba (31) predpostavlja enakost med povpraševanjem po določenem faktorju ter njegovo ponudbo.

Faktorski trgi:

$$\begin{bmatrix} \text{povpraševanje} \\ \text{po faktorju } f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ponudba} \\ \text{faktorja } f \end{bmatrix} \quad (31)$$

Enačba (32) predstavlja enakost med sestavljeno ponudbo ter povpraševano količino.

Sestavljena ponudba proizvodov:

$$\begin{bmatrix} \text{sestavljena} \\ \text{ponudba} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{vmesna} \\ \text{poraba} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{potrošnja} \\ \text{gospodinjev} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{potrošnja} \\ \text{države} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{fiksne} \\ \text{investicije} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{sprememba} \\ \text{zaloge} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{uporaba} \\ \text{uvoza} \end{bmatrix} \quad (32)$$

Ravnesje s preostankom sveta je predstavljeno v enačbi (33).

Ravnesje s preostankom sveta:

$$\begin{bmatrix} \text{poraba} \\ \text{uvoza} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{faktorski} \\ \text{transferji} \\ \text{prostanku sveta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{prihodki} \\ \text{izvoza} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{institucionalni} \\ \text{transferji} \\ \text{preostanka sveta} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{tuje} \\ \text{varčevanje} \end{bmatrix} \quad (33)$$

Ravnesje države zapoveduje enakost med državnimi prihodki in izdatki, ki vključujejo tudi varčevanje (34).

Ravnovesje države:

$$\begin{bmatrix} \text{prihodki} \\ \text{države} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{državni} \\ \text{izdatki} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{državno} \\ \text{varčevanje} \end{bmatrix} \quad (34)$$

Enačba (35) definira neposredne davčne stopnje domačih nedržavnih institucij.

Neposredne davčne stopnje:

$$\begin{bmatrix} \text{neposredna davčna} \\ \text{stopnja za institucijo } i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{osnovna stopnja,} \\ \text{prilagojena vrsti} \\ \text{institucije} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{posamezne} \\ \text{prilagoditve} \end{bmatrix} \quad (35)$$

Enačba (36) definira stopnjo varčevanja za posamezno domačo nedržavno institucijo

Stopnja varčevanja:

$$\begin{bmatrix} \text{stopnja varčevanja} \\ \text{za institucijo } i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{osnovna stopnja,} \\ \text{prilagojena vrsti} \\ \text{institucije} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{posamezne} \\ \text{prilagoditve} \end{bmatrix} \quad (36)$$

Enačba (37) definira zakonitost, po kateri je skupno varčevanje enako skupnim investicijam.

Ravnovesje varčevanje-investicije:

$$\begin{bmatrix} \text{varčevanje} \\ \text{nedržave} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{varčevanje} \\ \text{države} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{tuje} \\ \text{varčevanje} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{fiksne} \\ \text{investicije} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{sprememba} \\ \text{zaloge} \end{bmatrix} \quad (37)$$

4.5 Dinamična in energetska-okoljska komponenta

Model ima dinamično komponento, ki omogoča analizo učinkov ukrepov skozi čas. Dinamična strategija je relativno kompleksna, saj se najprej izračunajo dinamični parametri na podlagi eksogenih predpostavljenih spremenljivk, kot so rast BDP, emisijski koeficienti in poraba energije. Ti parametri se nato vključijo v scenarijsko analizo, kjer se modelske rešitve izračunajo rekurzivno. Prednost takšne strategije je, da omogoča boljše nadzorovanje eksogenih spremenljivk, kar povečuje prilagodljivost modela.



Model prav tako vključuje energetsko-okoljsko komponento, v kateri so bolj podrobno opisana razmerja med gospodarsko aktivnostjo posameznih sektorjev, porabo energije in emisijami CO₂. Na primer, emisije CO₂ za vsak sektor so izračunane kot produkt porabe fosilnih goriv in emisijskih faktorjev. Energetsko-okoljska komponenta v CGE modelu je ključna za analizo učinkov energetske politike, zmanjšanja emisij toplogrednih plinov, prehoda na obnovljive vire energije ter različnih okoljskih scenarijev.

4.6 Validacija CGE modela

CGE model mora biti pravilen in skladen s temeljnimi ekonomskimi načeli. Za validacijo modela je bilo uporabljenih več numeričnih tehnik. Eno od ključnih načel, ki jih mora model izpolnjevati, je Walrasov zakon. Walrasov zakon izhaja iz temeljne ekonomske teorije in predstavlja osnovno načelo tržnega ravnovesja, ki pravi, da mora biti vsota agregatnega povpraševanja ob upoštevanju cen enaka vsoti agregatne ponudbe. Drugače povedano, mora biti vsota vseh izdatkov enaka vsoti vseh dohodkov v ekonomiji. V praksi validacijo izvedemo tako, da opravimo modelno simulacijo in preverimo enakost izdatkov in dohodkov. V primeru večjega odstopanja je potrebno preučiti razloge za te razlike. To vključuje pregled parametrov modela, vhodnih podatkov ter same konstrukcije modela.

Pomembno vlogo pri validaciji ima tudi uporaba "numeraire". Gre za referenčno enoto, ki je fiksna, kar pomaga ohraniti doslednost pri merjenju ekonomskih spremenljivk in olajša oceno relativnih cen in vrednosti. Čeprav "numeraire" neposredno ne validira modela, podpira proces validacije, saj zagotavlja, da so ekonomske povezave znotraj modela koherentne in v skladu z ekonomsko teorijo.

5 SCENARIJSKA ANALIZA UČINKOV ŠOKOV NA GOSPODARSTVO

5.1 Opis scenarijev

Scenarijska analiza je bila izvedena na dveh alternativnih političnih scenarijih. Prvi, t. i. zmerni scenarij simulira zmanjšanje emisij CO₂ za 80 % glede na bazne emisije (emisije CO₂ leta 1986), drugi, ambiciozni scenarij pa simulira zmanjšanje emisij CO₂ za od 90 % do 95 %. Slednji skupaj z upoštevanjem ponorov emisij tvori scenarij za doseg neto ničelnih emisij TGP leta 2050 in je bil uporabljen tudi kot NEPN scenarij.

V letu 1986 so emisije TGP v Sloveniji znašale 20 milijonov ton (natančneje 20.414,536 Gg), od tega je bilo 16 milijonov ton emisij CO₂ (natančneje 16.668,971 Gg) – podatki ne vključujejo LULUCF. Iz tega sledi, da 80-odstotno zmanjšanje emisij do leta 2050 pomeni, da bi se morale emisije CO₂ zmanjšati na 3,3 milijone ton, 90-odstotno zmanjšanje pomeni emisije CO₂ v višini 1,7 milijonov ton CO₂, 95-odstotno zmanjšanje pa emisije CO₂ v višini 0,8 milijonov ton CO₂. 80-odstotno zmanjšanje emisij do leta 2050 pomeni, da bi se morale emisije TGP zmanjšati na 4.071 kt CO₂ ekv, 90-odstotno zmanjšanje pomeni emisije TGP v višini 2.035 kt CO₂ ekv, 95-odstotno zmanjšanje pa emisije TGP v višini 1.018 kt CO₂ ekv.

Osnovni scenarij ocenjuje razvoj ob upoštevanju obstoječih ukrepov. Za sprejet ukrep se šteje, če so zagotovljena sredstva in če je sprejeta ustrezna zakonodaja, ki zagotavlja izvedbo ukrepa. Za sprejet ukrep mora obstajati jasna namera vlade glede njegovega izvajanja. Alternativna politična scenarija z dodatnimi ukrepi pa poleg obstoječih ukrepov upoštevata tudi ukrepe, ki so še v fazah snovanja oz. priprave z realno možnostjo njihove izvedbe na kateremkoli nivoju oblasti (Urbančič et al., 2018). Scenarijska analiza v nadaljevanju se nanaša na obdobje do leta 2040, ukrepi v Sloveniji pa so načrtovani do leta 2030 in zato osredotočeni zlasti na povečanje energetske učinkovitosti. Obdobje scenarijske analize do leta 2040 je smiselno, ker po tem letu ne pričakujemo več vztrajanja učinkov šoka, tj. ukrepov, izvedenih do leta 2030. Ob tem želimo poudariti, da so CGE modeli primerni ravno za ocenjevanje učinkov takšnih ukrepov, ne pa za nenadno uvajanje novih (večjih) virov energije. Postopno uvajanje in prehajanje na



obnovljive vire energije (OVE) se lahko modelira preko zmanjšanja emisijske intenzivnosti. Ključna dogajanja v skladu z zmernim in ambicioznim scenarijem po sektorjih na kratko povzemamo iz Urbančič et al. (2018):

- **Promet:** Občutno zmanjšanje emisij in prevoženih kilometrov po zmernem scenariju in popolno razogličenje sektorja po ambicioznem scenariju, doseženo z infrastrukturnimi vlaganji in aktivnostmi za spreminjanje prevoznih navad posameznikov. Klasični prometni sistem se spreminja zaradi novih vozil in storitev.
- **Stavbe:** Cilj je doseči skoraj ničelne emisije v sektorju stavb do leta 2050 z 2-odstotno letno stopnjo celovitih obnov, zaostritvijo predpisov o energetske učinkovitosti novih stavb in zahtevo po ničenergijskih stavbah. Fosilna goriva se minimizirajo z uporabo daljinskih sistemov in obnovljivih virov.
- **Predelovalne dejavnosti:** V teh sektorjih so ključni ukrepi energetske učinkovitosti, zamenjava naprav z bolj učinkovitimi (kotli, elektromotorji, SPTe ipd.) in izraba odvečne toplote. Po ambicioznem scenariju imajo pomembno vlogo tudi ukrepi povečanja snovne produktivnosti. Tekoča fosilna goriva se nadomeščajo z nizkoemisijskimi viri (sintetični plin, vodik, OVE, elektrifikacija proizvodnje). Na lokacijah z velikimi procesnimi emisijami CO₂ so predvidene tudi tehnologije zajemanja in shranjevanja CO₂ (CCS) ter zajemanja in uporabe CO₂ (CCU).
- **Energetika:** Brezogljična električna energija zahteva spremembe virov in omrežij. Obstajajo komercialne in razvijajoče se tehnologije. Po osnovnem scenariju se predpostavlja minimalne dodatne investicije v velike naprave (dokončanje verige HE na spodnji Savi) in delovanje NEK do konca podaljšane življenjske dobe (2043). Predvideva se izgradnja TE na plin, in sicer plinsko parne enote v kombinaciji s sistemi CCS. Uvoz je predpostavljen na sedanji ravni. Po zmernem in ambicioznem scenariju se predvideva namestitev CCU na TEŠ 6 ter v PPE TE-TOL uporabo sintetičnega plina. Oba scenarija predvidevata večjo proizvodnjo električne energije iz hidroenergije ter tudi iz vetra in sonca v kombinaciji z velikimi hranilniki električne energije (črpalne hidro elektrarne in baterije). Ambiciozni scenarij predvideva maksimalno možno povečanje proizvodnje iz vseh razpršenih virov.
- **Daljinska energetika:** Sektor predstavlja povezavo med sektorjema ogrevanja in proizvodnje električne energije in ostalimi sektorji (npr. sektorjem

prometa). Po zmernem in ambicioznem scenariju se predvideva širitev omrežij daljinskega ogrevanja in hlajenja, povezovanje z elektroenergetskim sistemom ter občutno zmanjšanje emisij TGP pri proizvodnji toplote, po ambicioznem scenariju pa popolno razogljčenje.

5.2 Temeljne predpostavke, uporabljene v scenarijih

Ključna predpostavka za modeliranje scenarijev je energetska učinkovitost v posameznih dejavnostih. Energetska učinkovitost se izraža z deležem porabljene energije v GJ na milijon EUR proizvodnje v posamezni dejavnosti. V modelu so bili uporabljeni podatki o energetske učinkovitosti iz dokumenta NEPN (2020), kjer je bila energetska učinkovitost (v GJ/mio EUR) preračunana v odstotno spremembo v preučevanem obdobju. Izhodišče za izračun energetske učinkovitosti so bili (1) podatki o porabi energije iz informacij in napovedi v okviru REES-SLO modela in (2) količinski podatki o proizvodnji, razčlenjeni v skladu z dejavnostmi v matriki SAM in preračunani v ustrezne stopnje rasti. V tabeli 11 prikazujemo spremembo energetske učinkovitosti v celotnem obdobju v odstotkih. V tem kontekstu višji odstotek predstavlja večjo rast, kar pomeni večjo porabo energije na enoto proizvodnje. Cilj je torej doseči čim nižjo stopnjo rasti.



Tabela 11: Sprememba energetske učinkovitosti v posameznih dejavnostih po scenarijih (%)

Dejavnost	Osnovni scenarij	Zmerni scenarij	Ambiciozni scenarij
Kmetijstvo	1,03	0,94	0,70
Rudarstvo	1,09	1,09	1,09
Papirna industrija	0,86	0,95	0,92
Kemična industrija	0,90	0,96	1,01
Proiz. nekov. min. izd.	0,90	0,84	0,81
Kovinska industrija	0,98	0,77	0,71
Predelovalne dej. – druge	0,83	0,79	0,76
Oskrba z elektriko, plinom, paro	0,66	0,84	0,72
Kopenski promet	0,60	0,45	0,31
Vodni promet	0,45	0,45	0,31
Zračni promet	0,99	0,99	0,99
Zasebne storitve	0,77	0,76	0,73
Gradbeništvo	0,87	0,59	0,47
Javne storitve	0,73	0,70	0,66
Gospodinjstva	0,37	0,27	0,22

Tabela 12: Investicije v mio EUR v petletnih obdobjih po dejavnostih, osnovni scenarij

Dejavnost	2020	2025	2030
Papirna industrija	14,33	15,04	21,41
Kemična industrija	80,88	92,58	93,97
Proiz. nekov. min. izd.	25,59	19,03	19,79
Kovinska industrija	33,94	36,99	38,67
Predelovalne dej. – druge	128,65	143,67	160,85
Oskrba z elektriko, plinom, paro	1117,85	2076,40	2426,49
Zasebne storitve	1686,35	1093,09	1471,65
Javne storitve	645,66	643,26	769,40
Gospodinjstva	3941,66	4155,88	3992,62
Skupaj	7675	8276	8995

Tabela 13: Investicije v mio EUR v petletnih obdobjih po dejavnostih, zmerni scenarij

Dejavnost	2020	2025	2030
Papirna industrija	14,33	15,04	33,75
Kemična industrija	80,88	92,58	93,97
Proiz. nekov. min. izd.	25,59	19,03	19,79
Kovinska industrija	33,94	36,99	38,67
Predelovalne dej. – druge	130,31	145,33	148,52
Oskrba z elektriko, plinom, paro	1131,45	2282,90	2451,49
Zasebne storitve	1608,39	1106,85	1486,93
Javne storitve	601,34	631,55	772,38
Gospodinjstva	4093,93	4532,06	4419,99
Skupaj	7720	8862	9465

Tabela 14: Investicije v mio EUR v petletnih obdobjih po dejavnostih, ambiciozni scenarij

Dejavnost	2020	2025	2030
Papirna industrija	13,00	21,38	41,97
Kemična industrija	80,88	92,58	93,97
Proiz. nekov. min. izd.	25,59	19,03	19,79
Kovinska industrija	33,94	36,99	38,67
Predelovalne dej. – druge	130,31	137,67	140,30
Oskrba z elektriko, plinom, paro	1131,45	2428,40	2739,99
Zasebne storitve	1609,23	1147,18	1528,64
Javne storitve	602,43	630,82	782,43
Gospodinjstva	4253,42	4849,68	4689,76
Skupaj	7880	9364	10076



5.3 Rezultati scenarijske analize

V nadaljevanju prikazujemo najprej rezultate makroekonomskih učinkov za zmerni scenarij do leta 2040 (tabela 15). Rezultati nam povedo, kakšne spremembe so povzročili dodatni načrtovani energetske-podnebni ukrepi v primerjavi z osnovnim scenarijem z obstoječimi ukrepi. Treba je opozoriti, da izdelane ocene ne predstavljajo napovedi gibanja posameznih makroekonomskih agregatov v obravnavanem obdobju, temveč ocenjujejo spremembe načrtovanih ukrepov ob nespremenjenih ostalih pogojih in ob upoštevanju vseh kompleksnih povezav, ki jih model splošnega ravnovesja upošteva.

Dodatna vlaganja v povečanje energetske učinkovitosti zmanjšujejo porabo energije na enoto proizvodnje v posamezni panogi in porabo energije v gospodinjstvih. Z nižjimi stroški inputov se posredno spodbuja povpraševanje po delovni sili pri delodajalcih, kar zmanjšuje stopnjo brezposelnosti (v letu 2030 je ta nižja za 7,43 % v primerjavi z osnovnim scenarijem, v letu 2040 pa za 4,9 %) in povečuje konkurenčnost gospodarstva in proizvodnjo (BDP je po zmernem scenariju v letu 2030 višji za 1,14 % v primerjavi z osnovnim scenarijem, v letu 2040 pa za 0,64 %). Posledično se kaže pozitiven učinek na cene osnovnih življenjskih potrebščin, kjer se pričakuje rahlo znižanje v primerjavi z osnovnim scenarijem – za 0,25 % leta 2030 in 0,30 % leta 2040. Izboljšana energetska učinkovitost se odraža tudi v povečanju skupnih (javnih in zasebnih) bruto investicij. Po zmernem scenariju so investicije leta 2030 višje za 2,43 % v primerjavi z osnovnim scenarijem, leta 2040 pa dosežejo 0,48 % višjo raven kot po osnovnem scenariju.

Opazimo, da se učinki dodatnih ukrepov nekje po letu 2036 pričnejo zmanjševati. Modelski šok torej počasi izgublja moč. Cene spet močnejše padejo po letu 2036.

Kakšne spremembe dodatni načrtovani energetske-podnebni ukrepi povzročijo v dodani vrednosti posameznih panog po zmernem scenariju v primerjavi z osnovnim scenarijem prikazuje tabela 16. V celotnem opazovanem obdobju je v primerjavi z osnovnim scenarijem dodana vrednost po zmernem scenariju večja v naslednjih panogah: kemični industriji, proizvodnji nekovinskih mineralnih izdelkov, drugih predelovalnih dejavnostih, javnih storitvah in oskrbi s plinastimi gorivi (tabela 16).

Na drugi strani je v papirni industriji, kovinski industriji ter proizvodnji koksa in naftnih derivatov v celotnem opazovanem obdobju dodana vrednost po zmernem scenariju nižja kot bi bila v istih obdobjih brez dodatnih ukrepov. V najslabšem položaju je proizvodnja koksa in naftnih derivatov, saj je v letu 2030 dodana vrednost po zmernem scenariju nižja za 3,33 % v primerjavi z osnovnim scenarijem v istem letu, v letu 2040 pa že za 5,34 %. Občutno nižja je tudi dodana vrednost, ki se po zmernem scenariju ustvarja v papirni industriji, tj. manjša za 4,43 % v letu 2030 in za 4,07 % v letu 2040 v primerjavi z osnovnim scenarijem. Modelski rezultati po letu 2023 kažejo na relativno nižjo dodano vrednost tudi v rudarstvu (manjšo za 2,36 % v letu 2030 in za 6,78 % v letu 2040) in kopenskem prometu (manjšo za 0,49 % v letu 2030 in za 1,61 % v letu 2040).

Za gradbeništvo nismo imeli na voljo podatka o predvidenih investicijah, zato je v tej panogi dodana vrednost po zmernem scenariju nižja od dodane vrednosti po osnovnem scenariju v vsakem posameznem letu vse do leta 2025, ko se stanje obrne. Ocenjujemo, da se takrat v ta sektor prelije investicijski šok iz proizvodnje nekovinskih mineralnih izdelkov, ki je povezana z gradbeništvom. V sami proizvodnji nekovinskih mineralnih izdelkov medtem vseskozi beležimo višjo dodano vrednost po zmernem scenariju kot po osnovnem, še zlasti po letu 2026. Enako velja za sektor zasebnih storitev.

Ocenjujemo torej, da bi se zaradi energetske-podnebnih ukrepov po zmernem scenariju poslabšala konkurenčnost v večini energetske intenzivnih panog. Izjema je oskrba s plinastimi gorivi, kjer se konkurenčnost poveča zaradi prehajanja s trdih goriv na plinasta v termoelektrarnah in uvajanja čistejšega plina. V ostalih panogah se konkurenčni položaj praviloma izboljša.



Tabela 15: Spremembe makroekonomskih kazalnikov po zmernem scenariju glede na osnovni scenarij (v %)

Makroekonomski agregati / leto	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Realni BDP	0,09	0,12	0,13	0,13	0,12	0,09	0,78	0,88	0,97	1,06	1,14
Brezposelnost	-0,97	-1,19	-1,27	-1,20	-0,99	-0,63	-5,07	-5,80	-6,43	-6,98	-7,43
Indeks cen življenjskih potrebščin	-0,12	-0,14	-0,15	-0,14	-0,13	-0,11	-0,21	-0,23	-0,25	-0,25	-0,25
Bruto investicije	0,48	0,45	0,38	0,29	0,16	0,15	1,88	2,04	2,20	2,33	2,43
	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Realni BDP	1,07	1,12	1,16	1,18	1,20	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64	
Brezposelnost	-7,21	-7,39	-7,42	-7,30	-6,99	-5,40	-5,27	-5,15	-5,02	-4,90	
Indeks cen življenjskih potrebščin	-0,27	-0,26	-0,24	-0,20	-0,20	-0,19	-0,18	-0,17	-0,16	-0,15	
Bruto investicije	2,12	2,19	2,22	2,22	2,18	0,79	0,72	0,64	0,56	0,48	

Tabela 16: Spremembe dodane vrednosti po zmernem scenariju v posameznih panogah (v %)

Panoga / leto	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kmetijstvo	0,11	0,14	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,21
Rudarstvo	0,94	0,60	0,25	-0,10	-0,48	-0,86	-0,51	-0,96	-1,42	-1,89	-2,36
Papirna industrija	-0,53	-1,16	-1,92	-2,81	-3,87	-5,14	-4,82	-4,72	-4,63	-4,53	-4,43
Proiz. koksa in naftnih derivatov	-0,41	-0,77	-1,12	-1,46	-1,78	-2,09	-2,27	-2,58	-2,86	-3,10	-3,33
Kemična industrija	0,12	0,15	0,18	0,20	0,22	0,23	0,41	0,49	0,58	0,67	0,75
Ind. nekov. min. izd.	0,23	0,38	0,50	0,58	0,65	0,69	1,56	1,82	2,04	2,24	2,41
Kovinska industrija	-0,16	-0,44	-0,73	-1,04	-1,36	-1,70	-1,29	-1,30	-1,31	-1,32	-1,33
Predelovalne dej. – druge	0,59	0,65	0,70	0,74	0,78	0,81	0,55	0,59	0,64	0,69	0,75
Oskrba z električno energijo	-0,01	0,02	0,05	0,09	0,14	0,19	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21
Oskrba s plinastimi gorivi	2,64	2,69	2,72	2,74	2,75	2,73	2,73	2,90	3,07	3,24	3,41
Kopenski promet	0,24	0,16	0,07	-0,04	-0,17	-0,32	-0,02	-0,10	-0,20	-0,33	-0,49
Zasebne storitve	-0,21	-0,17	-0,14	-0,13	-0,13	-0,16	1,10	1,25	1,39	1,52	1,64
Gradbeništvo	0,05	-0,02	-0,11	-0,23	-0,37	-0,54	0,93	1,05	1,14	1,23	1,29
Javne storitve	0,18	0,22	0,25	0,28	0,31	0,33	0,49	0,54	0,58	0,62	0,66

Nadaljevanje tabele 16

Panoga / leto	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Kmetijstvo	0,35	0,43	0,51	0,58	0,64	0,95	0,89	0,84	0,78	0,72
Rudarstvo	-3,91	-4,52	-5,12	-5,74	-6,36	-6,63	-6,67	-6,70	-6,74	-6,78
Papirna industrija	-3,25	-3,27	-3,31	-3,37	-3,45	-3,96	-3,99	-4,02	-4,04	-4,07
Proiz. koksa in naftnih derivatov	-3,67	-3,96	-4,25	-4,55	-4,86	-5,12	-5,17	-5,23	-5,28	-5,34
Kemična industrija	0,78	0,84	0,90	0,94	0,97	0,81	0,78	0,75	0,72	0,68
Ind. nekov. min. izd.	2,41	2,52	2,58	2,62	2,62	2,10	2,06	2,01	1,96	1,92
Kovinska industrija	-1,47	-1,54	-1,65	-1,80	-2,00	-2,25	-2,28	-2,31	-2,34	-2,36
Predelovalne dej. – druge	0,70	0,72	0,73	0,74	0,75	0,47	0,44	0,41	0,37	0,34
Oskrba z električno energijo	0,22	0,23	0,23	0,25	0,45	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15
Oskrba s plinastimi gorivi	3,52	3,58	3,63	3,64	3,63	3,65	3,58	3,50	3,43	3,35
Kopenski promet	-0,60	-0,65	-0,71	-0,80	-0,91	-1,48	-1,51	-1,55	-1,58	-1,61
Zasebne storitve	1,54	1,62	1,69	1,74	1,77	1,20	1,17	1,13	1,10	1,06
Gradbeništvo	1,13	1,16	1,18	1,16	1,12	0,23	0,17	0,12	0,06	0,00
Javne storitve	0,65	0,68	0,70	0,72	0,73	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59

S povečanjem BDP po zmernem scenariju naj bi se povečali tudi dohodki gospodinjestev, vendar izboljšanje relativnega dohodkovnega stanja v različnih dohodkovnih razredih gospodinjestev ni enako. V tabeli 17 prikazujemo realni razpoložljivi dohodek gospodinjestev po dohodkovnih kvintilnih razredih, kjer se prvi kvintilni razred nanaša na 20 % najrevnejših gospodinjestev, peti kvintilni razred pa na 20 % najbogatejših gospodinjestev.

V prvem kvintilnem razredu je po zmernem scenariju v letu 2030 razpoložljivi dohodek za 0,48 % višji od realnega razpoložljivega dohodka te skupine gospodinjestev v istem obdobju po osnovnem scenariju. V letu 2040 nekaj učinka dodatnih ukrepov že pojenja in je zato njihov razpoložljivi dohodek večji za 0,43 % v primerjavi z razpoložljivim dohodkom po osnovnem scenariju. Opažamo, da so v vsakem naslednjem kvintilnem razredu pozitivni učinki večji. Tako je v petem kvintilnem razredu v letu 2030 razpoložljivi dohodek gospodinjestev za 1,23 % večji od tistega po osnovnem scenariju za, v letu 2040 pa za 0,84 %.

Ugotavljamo, da je z vidika pravičnosti prehoda v nizkoogljično družbo zmerni scenarij za 20 % gospodinjestev z najnižjimi dohodki ugoden, vendar še zdaleč ne tako kot za druge kvintilne razrede. Ker se razlika do vsakega višjega kvintilnega razreda povečuje, ocenjujemo, da zmerni scenarij prispeva k povečanju družbene neenakosti in bi zahteval vzporedno sprejemanje ukrepov za izboljšanje socialnega položaja najrevnejšega prebivalstva (npr. uporaba davčnega prihodka za znižanje stopnje prispevkov za socialno varnost ali povečanje socialnih prejemkov gospodinjestev).



Tabela 17: Sprememba realnega razpoložljivega dohodka po dohodkovnih kvintilnih razredih po zmernem scenariju v primerjavi z osnovnim scenarijem (%)

Kvintilni razred / Leto	1.	2.	3.	4.	5.
2020	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21
2021	0,18	0,21	0,22	0,23	0,25
2022	0,19	0,22	0,24	0,24	0,26
2023	0,18	0,21	0,23	0,24	0,25
2024	0,17	0,19	0,21	0,21	0,23
2025	0,14	0,16	0,17	0,16	0,18
2026	0,37	0,59	0,73	0,79	0,87
2027	0,41	0,66	0,83	0,89	0,99
2028	0,44	0,72	0,90	0,98	1,08
2029	0,47	0,77	0,97	1,05	1,17
2030	0,48	0,80	1,02	1,11	1,23
2031	0,48	0,79	1,00	1,08	1,20
2032	0,48	0,80	1,02	1,11	1,23
2033	0,47	0,80	1,02	1,11	1,23
2034	0,44	0,77	1,00	1,09	1,22
2035	0,39	0,73	0,95	1,04	1,17
2036	0,42	0,64	0,78	0,83	0,92
2037	0,43	0,63	0,76	0,82	0,90
2038	0,43	0,62	0,75	0,80	0,88
2039	0,43	0,61	0,74	0,79	0,86
2040	0,43	0,61	0,72	0,77	0,84

V tabeli 18 prikazujemo rezultate makroekonomskih učinkov za ambiciozni scenarij do leta 2040, ki nam povedo, kakšne spremembe bi povzročili dodatni načrtovani energetske-podnebni ukrepi po ambicioznem scenariju v primerjavi z osnovnim scenarijem v vsakem obdobju poročanja.

Dodatne naložbe v energetske učinkovitost v višini 2.374 mio EUR po ambicioznem scenariju glede na osnovnega zmanjšujejo porabo energije v gospodarstvu in gospodinjstvih. Gospodarski subjekti imajo zato nižje stroške in bolj povprašujejo po delovni sili. Brezposelnost se tako v letu 2030 zmanjša za 7,75 % v primerjavi z osnovnim scenarijem, v letu 2040 pa za 5,04 %. Z nižjimi stroški se povečujeta tudi konkurenčnost in BDP, ki je leta 2030 višji za 1,19 % od tistega v osnovnem scenariju, v letu 2040 pa za 0,81 %. To pozitivno vpliva tudi na indeks cen življenjskih potrebščin. Cene so po ambicioznem scenariju leta 2030 nižje za 0,29 % glede na bazni scenarij, v letu 2040 pa za 0,31 %. Zaradi višje energetske učinkovitosti se povečajo tudi skupne bruto investicije, in sicer za 3,19

% v letu 2030 in za 0,89 % v letu 2040 glede na osnovni scenarij. Ponovno opazamo, da so učinki izrazitejši po letu 2025 in vztrajajo približno 10 let, potem pa pričnejo izzvenevati.

V tabeli 19 so prikazani učinki naložb v energetske učinkovitost na dodano vrednost posameznih panog po ambicioznem scenariju glede na osnovni scenarij (prim. tabelo 16). Smer sprememb dodane vrednosti je enaka kot v zmernem scenariju, učinki pa so večji. To je tudi pričakovano glede na večji modelski šok.



Tabela 18: Spremembe makroekonomskih kazalnikov po ambicioznem scenariju glede na osnovni scenarij (v %)

Makroekonomski agregati / leto	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Realni BDP	0,10	0,15	0,18	0,19	0,19	0,17	0,85	0,90	0,99	1,09	1,19
Brezposelnost	-0,99	-1,19	-1,28	-1,22	-1,00	-0,88	-5,10	-5,85	-6,52	-7,18	-7,75
Indeks cen življenjskih potrebščin	-0,12	-0,14	-0,14	-0,13	-0,12	-0,11	-0,23	-0,26	-0,29	-0,30	-0,29
Bruto investicije	0,76	0,74	0,71	0,70	0,67	0,64	2,40	2,67	3,07	3,15	3,19
	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
Realni BDP	1,18	1,20	1,25	1,32	1,35	1,00	0,95	0,90	0,86	0,81	
Brezposelnost	-7,70	-7,72	-7,78	-7,67	-7,13	-5,42	-5,33	-5,22	-5,15	-5,04	
Indeks cen življenjskih potrebščin	-0,32	-0,32	-0,30	-0,28	-0,25	-0,29	-0,30	-0,29	-0,30	-0,31	
Bruto investicije	3,02	3,07	3,09	3,11	3,12	1,05	1,03	0,98	0,92	0,89	

Tabela 19: Spremembe dodane vrednosti po ambicioznem scenariju glede na osnovni scenarij v posameznih panogah (v %)

Panoga / Leto	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Kmetijstvo	0,16	0,24	0,28	0,26	0,20	0,23	0,22	0,22	0,21	0,18	0,24
Rudarstvo	1,09	0,75	0,43	0,04	-0,30	-0,72	-0,34	-0,82	-1,30	-1,71	-2,25
Papirna industrija	-0,93	-1,50	-2,24	-3,14	-4,22	-5,52	-5,19	-5,03	-4,98	-4,88	-4,80
Proiz. koksa in naftnih derivatov	-0,42	-0,78	-1,05	-1,46	-1,78	-2,09	-2,21	-2,52	-2,79	-3,05	-3,35
Kemična industrija	0,23	0,26	0,31	0,29	0,28	0,29	0,47	0,59	0,62	0,75	0,87
Ind. nekov. min. izd.	0,30	0,50	0,60	0,73	0,76	0,77	1,64	1,96	2,16	2,33	2,49
Kovinska industrija	-0,16	-0,42	-0,66	-1,01	-1,30	-1,68	-1,24	-1,24	-1,27	-1,29	-1,29
Predelovalne dej. – druge	0,66	0,77	0,78	0,85	0,89	0,97	0,62	0,69	0,78	0,84	0,83
Oskrba z električno energijo	0,12	0,15	0,26	0,27	0,29	0,38	0,34	0,27	0,24	0,18	0,14
Oskrba s plinastimi gorivi	2,95	3,00	3,09	3,07	3,12	3,06	3,05	3,29	3,47	3,58	3,79
Kopenski promet	0,24	0,21	0,10	0,02	-0,17	-0,34	-0,03	-0,12	-0,22	-0,31	-0,48
Zasebne storitve	-0,15	-0,05	0,00	-0,06	-0,02	-0,08	1,22	1,39	1,54	1,65	1,73
Gradbeništvo	0,24	0,11	0,03	-0,03	-0,22	-0,41	1,09	1,22	1,31	1,42	1,41
Javne storitve	0,27	0,34	0,32	0,32	0,42	0,43	0,57	0,59	0,63	0,75	0,74

Nadaljevanje tabele 19

Panoga / leto	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Kmetijstvo	0,42	0,49	0,58	0,64	0,69	1,03	0,97	0,91	0,81	0,80
Rudarstvo	-3,78	-4,35	-5,01	-5,57	-6,23	-6,45	-6,55	-6,51	-6,58	-6,65
Papirna industrija	-3,65	-3,58	-3,66	-3,71	-3,78	-4,34	-4,38	-4,40	-4,35	-4,39
Proiz. koksa in naftnih derivatov	-3,69	-3,97	-4,20	-4,49	-4,87	-5,11	-5,19	-5,22	-5,23	-5,34
Kemična industrija	0,89	0,98	0,99	1,04	1,03	0,87	0,87	0,86	0,77	0,80
Ind. nekov. min. izd.	2,51	2,63	2,74	2,74	2,72	2,20	2,18	2,15	2,03	2,03
Kovinska industrija	-1,44	-1,46	-1,66	-1,77	-1,92	-2,22	-2,26	-2,26	-2,31	-2,28
Predelovalne dej. – druge	0,85	0,83	0,79	0,83	0,84	0,56	0,53	0,54	0,50	0,42
Oskrba z električno energijo	0,13	0,12	0,24	0,44	0,61	0,30	0,38	0,30	0,37	0,30
Oskrba s plinastimi gorivi	3,85	3,94	3,96	4,02	4,01	4,04	3,88	3,82	3,73	3,66
Kopenski promet	-0,56	-0,61	-0,74	-0,83	-0,86	-1,44	-1,46	-1,50	-1,58	-1,58
Zasebne storitve	1,64	1,70	1,83	1,85	1,89	1,36	1,27	1,23	1,24	1,18
Gradbeništvo	1,24	1,34	1,32	1,33	1,32	0,33	0,29	0,29	0,18	0,18
Javne storitve	0,74	0,74	0,80	0,79	0,86	0,67	0,64	0,67	0,63	0,72

Iz tabele 20 je razvidno, da je tudi realni razpoložljivi dohodek gospodinjestev v vseh kvintilnih razredih višji po ambicioznem scenariju kot po osnovnem. Tako kot pri zmernem scenariju tudi tukaj opazamo, da izboljšanje relativnega dohodkovnega stanja ni enako v vseh dohodkovnih razredih gospodinjestev.

V prvem kvintilnem razredu je v letu 2030 razpoložljivi dohodek za 0,53 % višji od realnega razpoložljivega dohodka te skupine v istem obdobju po osnovnem scenariju, v letu 2040 pa za 0,45 %. V zadnjem, petem kvintilnem razredu sta ustrezni vrednosti 1,36 % in 1,02 %. Tudi v preostalih dohodkovnih razredih so razlike med osnovnim in ambicioznim scenarijem večje kot v prvem dohodkovnem razredu, ki predstavlja 20 % najrevnejših gospodinjestev. Če rezultate primerjamo z zmernim scenarijem, ugotovimo, da so po ambicioznem scenariju vsa gospodinjestva sicer na boljšem kot po zmernem scenariju, vendar je prispevek ambicioznega scenarija k dohodkovni neenakosti večji.

Tabela 20: Sprememba realnega razpoložljivega dohodka po dohodkovnih kvintilnih razredih po ambicioznem scenariju v primerjavi z osnovnim scenarijem (%)

Kvintilni razred / Leto	1.	2.	3.	4.	5.
2020	0,18	0,21	0,23	0,26	0,27
2021	0,19	0,26	0,29	0,33	0,36
2022	0,21	0,28	0,31	0,34	0,36
2023	0,21	0,27	0,30	0,32	0,35
2024	0,23	0,25	0,29	0,31	0,32
2025	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32
2026	0,38	0,64	0,80	0,88	0,98
2027	0,43	0,69	0,88	0,99	1,11
2028	0,44	0,78	0,97	1,07	1,17
2029	0,51	0,83	1,06	1,16	1,29
2030	0,53	0,88	1,12	1,23	1,36
2031	0,52	0,89	1,11	1,23	1,37
2032	0,52	0,88	1,12	1,22	1,38
2033	0,49	0,87	1,13	1,24	1,38
2034	0,46	0,85	1,10	1,21	1,36
2035	0,44	0,79	1,05	1,17	1,33
2036	0,46	0,70	0,87	0,94	1,05
2037	0,47	0,68	0,85	0,94	1,03
2038	0,46	0,68	0,84	0,93	1,04
2039	0,45	0,67	0,84	0,92	1,04
2040	0,45	0,66	0,83	0,92	1,02



6 SKLEP

V okviru študije smo razvili izračunljivi dinamični model splošnega ravnovesja z okoljsko in energetsko komponento slovenskega gospodarstva (CGE model). Uporabili smo ga na monetarnih podatkih iz matrike družbenih računov (SAM matrike) za leto 2019, ki smo jo izdelali posebej za ta namen, in količinskih podatkih iz REES-SLO modela, ki so bili uporabljeni tudi za pripravo NEPN scenarija (2021). V tej raziskavi je bil poleg razvoja modela cilj tudi njegovo testiranje. Z modelom smo ocenili makroekonomske in sektorske učinke dveh energetsko-podnebnih scenarijev Slovenije do leta 2030 – zmernega in ambicioznega.

Povzemimo osnovno logiko modela. V baznem letu 2019 je model gospodarstva uravnotežen preko kalibrirane SAM matrike, ki služi kot podlaga modelu. S pomočjo algoritma modela in kalibracije se reproducirajo vrednosti baznega leta v SAM matriki ter izračunajo manjkajoči parametri. Model temelji na mikroekonomski teoriji obnašanja podjetij in posameznikov. Z uporabo nelinearnega programiranja z dodatnimi pogoji optimizira koristi posameznih subjektov. Ločeno obravnava obnašanje subjektov na strani ponudbe in povpraševanja, kjer subjekti zasledujejo lastne cilje. Obenem tržne cene skrbijo za globalno ravnotežje. Model simultano izračunava konkurenčno ravnotežje po Walrasovem zakonu ter optimalno ravnotežje povpraševanja in ponudbe energije ob zmanjšanju emisij (Mayers & Van Regemorter, 2008; Wing, 2004).

Z modelom smo torej ocenili gospodarske učinke dveh energetsko-podnebnih scenarijev Slovenije do leta 2030 – zmernega in ambicioznega. V scenarijski analizi poročamo o ključnih makroekonomskih in sektorskih učinkih in razpoložljivem dohodku po kvintilnih razredih gospodinjestev do leta 2040. Po tem letu namreč učinki šoka, ki ga predstavljajo podnebno-energetski ukrepi do leta 2030, počasi izzvenijo.

Dodatna vlaganja v energetsko učinkovitost zmanjšujejo porabo energije v panogah in gospodinjestvih. To posredno spodbuja zaposlovanje oz. zmanjšuje brezposelnost ter dviguje konkurenčnost in BDP. Cene osnovnih potrebščin se rahlo znižujejo. Izboljšana učinkovitost vodi tudi v večje skupne investicije. Učinki ukrepov pa se po letu 2036 postopoma zmanjšujejo.



Z modelom izračunani sektorski učinki so pričakovani. Zaradi energetske-podnebnih ukrepov v političnih scenarijih se poslabša konkurenčnost v večini energetske intenzivnih panog. Izjema je oskrba s plinastimi gorivi, kjer se konkurenčnost poveča zaradi prehajanja s trdih goriv na plinasta v termoelektrarnah in uvajanja čistejšega plina. V ostalih panogah se konkurenčni položaj praviloma izboljša.

Ugotavljamo, da je z vidika pravičnosti prehoda v nizkoogljično družbo zmerni scenarij za 20 % gospodinjev z najnižjimi dohodki ugoden, vendar še zdaleč ne tako kot za druge kvintilne razrede. Ker se razlika do vsakega višjega kvintilnega razreda povečuje, ocenjujemo, da zmerni scenarij prispeva k povečanju družbene neenakosti in bi zahteval vzporedno sprejemanje ukrepov za izboljšanje socialnega položaja najrevnejšega prebivalstva.

Predstavljen CGE model je bil razvit v Sloveniji z domačim znanjem. Model je bil testiran in prvi rezultati so prikazani v tej monografiji. V prihodnosti je smiselno model razvijati naprej, ga izboljševati in nadgrajevati, naposled pa seveda preizkusiti tudi različne politične scenarije.

VIRI IN LITERATURA

Antoci, A., Russu, P., & Ticci, E. (2012). Environmental externalities and immiserizing structural changes in an economy with heterogeneous agents. *Ecological Economics*, 81, 80-91.

Armington P.S. (1969). A theory of demand for products distinguished by place of production. *International Monetary Fund Staff Papers*, IMF, Washington DC.

Armington, P. S. (1969). The geographic pattern of trade and the effects of price changes. *Staff Papers*, 16(2), 179-201.

Arrow K.J., & Debreu G. (1954). Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy. *Econometrica*, 22, 265-290.

Avin, S., Currie, A., & Montgomery, S. H. (2021). An agent-based model clarifies the importance of functional and developmental integration in shaping brain evolution. *BMC biology*, 19(1), 1-18.

Ayres, R. U., & Ayres, L. (Eds.). (2002). *A handbook of industrial ecology*. Edward Elgar Publishing.

Ayres, R. U., & Van Den Bergh, J. C. (2005). A theory of economic growth with material/energy resources and dematerialization: Interaction of three growth mechanisms. *Ecological Economics*, 55(1), 96-118.

Babatunde, K. A., Begum, R. A., & Said, F. F. (2017). Application of computable general equilibrium (CGE) to climate change mitigation policy: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 61–71.

Bagliani, M., Galli, A., Niccolucci, V., & Marchettini, N. (2008). Ecological footprint analysis applied to a sub-national area: the case of the Province of Siena (Italy). *Journal of Environmental management*, 86(2), 354-364.

Barro R. J., & Sala-I-Martin X. (1995). *Economic Growth*. McGraw Hill Inc., New York.



Beaussier, T., Caurla, S., Bellon-Maurel, V., & Loiseau, E. (2019). Coupling economic models and environmental assessment methods to support regional policies: a critical review. *Journal of cleaner production*, 216, 408-421.

Beckmann, M., Künzi, H. P., Fandel, G., & Trockel, W. (2009). *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*.

Beloin-Saint-Pierre, D., Rugani, B., Lasvaux, S., Mailhac, A., Popovici, E., Sibiude, G., ... & Schiopu, N. (2017). A review of urban metabolism studies to identify key methodological choices for future harmonization and implementation. *Journal of Cleaner Production*, 163, S223-S240.

Bergman L. (1988). Energy Policy Modeling: A Survey of General Equilibrium Approaches. *Journal of Policy Modelling*. 10 (3), 377-399.

Bergman, L. (1991). General Equilibrium Effects of Environmental Policy: A CGE-Modelling Approach. Research Paper n. 6415, Handelshgskolan, Stockholm, Sweden.

Berrittella, M., Bigano, A., Roson, R., & Tol, R. S. (2006). A general equilibrium analysis of climate change impacts on tourism. *Tourism management*, 27(5), 913-924.

Blitzer C.R., & Eckaus R.S. (1986). Energy- Economy Interactions in Mexico: A Multiperiod general Equilibrium Model. *Journal of Development Economics* 21, pp. 259-281.

Böhringer, C. (1998). The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling. *Energy economics*, 20(3), 233-248.

Böhringer, C., & Rutherford, T. F. (2013). Transition towards a low carbon economy: A computable general equilibrium analysis for Poland. *Energy Policy*, 55, 16–26.

Bollen, J., & Brink, C. (2014). Air pollution policy in Europe: Quantifying the interaction with greenhouse gases and climate change policies. *Energy Economics*, 46, 202–215.

Bosello, F., Roson, R., & Tol, R. S. (2007). Economy-wide estimates of the implications of climate change: Sea level rise. *Environmental and Resource Economics*, 37(3), 549-571.

Brook, A., Kendrick, D., & Meeraus, A. (1988). GAMS, a user's guide. *ACM Signum Newsletter*, 23(3-4), 10-11.

Brunner, P.H., & Rechberger, H. (2016). *Handbook of material flow analysis: For environmental, resource, and waste engineers*. CRC press.

Burfisher, M. E. (2017). *Introduction to Computable General Equilibrium Models*. V Introduction to Computable General Equilibrium Models (str. 8–23). Cambridge: Cambridge University Press.

Bussieck, M. R., & Meeraus, A. (2004). General algebraic modeling system (GAMS). In *Modeling languages in mathematical optimization* (pp. 137-157). Boston, MA: Springer US.

Calvin, K., Patel, P., Fawcett, A., Clarke, L., Fisher-Vanden, K., Edmonds, J., ... Wise, M. (2009). The distribution and magnitude of emissions mitigation costs in climate stabilization under less than perfect international cooperation: SGM results. *Energy Economics*, 31, S187–S197.

CES KULeuven & NTUA (2002). *The GEM-E3 model and user's documentation*, August 2002.

Ciarli, T., & Savona, M. (2019). Modelling the evolution of economic structure and climate change: a review. *Ecological economics*, 158, 51-64.

Conte, R., & Paolucci, M. (2014). On agent-based modeling and computational social science. *Frontiers in psychology*, 5, 668.

Courtonne, J. Y., Alapetite, J., Longaretti, P. Y., Dupré, D., & Prados, E. (2015). Downscaling material flow analysis: The case of the cereal supply chain in France. *Ecological Economics*, 118, 67-80.

De Melo J., & Robinson, S. (1989). Product Differentiation and the Treatment of Foreign Trade in Computable General Equilibrium Models of Small Economies. *Journal of International Economics*, 27, pp. 47-67.



Decaluwé, B., Martens, A., & Monette, M. (1987). Macroclosures in open economy CGE models: A numerical reappraisal. *Cahier de recherche*, (8704).

Dewatripont M., & Michel G. (1987). On closure rules, homogeneity and dynamics in applied general equilibrium models. *Journal of Development Economics*, Vol. 26, No 1, June, pp. 65-76.

Dixit, A.K., & Stiglitz, J.E. (1977). Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Review*, 67, 3, 297-308.

Dominko, M., & Verbič, M. (2019). The economics of subjective well-being: A bibliometric analysis. *Journal of Happiness Studies*, 20(6), 1973-1994.

Dwyer, L., Forsyth, P., & Spurr, R. (2006). Assessing the economic impacts of events: A computable general equilibrium approach. *Journal of travel research*, 45(1), 59-66.

Ehrenfeld, J. R. (2004). Can industrial ecology be the "science of sustainability"? *Journal of Industrial Ecology*, 8(1-2), 1-3.

Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?. *Scientometrics*, 105(3), 1809-1831.

European Commission. (1995). JOULE PROGRAMME. ExternE, Externalities of Energy, 1-6.

Eurostat. (1991). Environmental Statistics. European Communities – Commission.

Eurostat. (2001). Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Luxembourg: Office for Official Publications of European Communities, 92 str.

Faehn, T., Bachner, G., Beach, R. H., Chateau, J., Fujimori, S., Ghosh, M., ... & Steininger, K. W. (2020). Capturing key energy and emission trends in CGE models: Assessment of Status and Remaining Challenges.

Farmer, J.D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685-686.

Fathelrahman, E., Davies, S., & Muhammad, S. (2021). Food Trade Openness and Enhancement of Food Security—Partial Equilibrium Model Simulations for Selected Countries. *Sustainability*, 13(8), 4107.

Finkbeiner, M., Inaba, A., Tan, R., Christiansen, K., & Klüppel, H.J. (2006). The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. *The international journal of life cycle assessment*, 11(2), 80-85.

Forrester, J. W. (1971). *World dynamics*. Wright-Allen Press.

Garfield, E. (1979). Is citation analysis a legitimate evaluation tool? *Scientometrics*, 1(4), 359–375.

Ghosh, M., Luo, D., Siddiqui, M. S., & Zhu, Y. (2012). Border tax adjustments in the climate policy context: CO₂ versus broad-based GHG emission targeting. *Energy Economics* 34, S154-S167.

Gibbs, D., Deutz, P., & Proctor, A. (2005). Industrial ecology and eco-industrial development: A potential paradigm for local and regional development?. *Regional studies*, 39(2), 171-183.

Global Footprint Network, 2021.

Glomsrød, S., Wei, T., & Alfsen, K. H. (2013). Pledges for climate mitigation: the effects of the Copenhagen accord on CO₂ emissions and mitigation costs. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(5), 619–636.

Graymore, M.L., Sipe, N.G., & Rickson, R.E. (2008). Regional sustainability: how useful are current tools of sustainability assessment at the regional scale?. *Ecological economics*, 67(3), 362-372.

Jackson, T., Victor, P., & Naqvi, A. (2016). Towards a stock-flow consistent ecological macroeconomics (No. 114). *WWWforEurope Working Paper*.

Johansen, L. (1960). *A Multi-Sectoral Study of Economic Growth*.

Jorgenson, D.W. & Wilcoxon, P.J. (1990). Intertemporal General Equilibrium Modelling of U.S. Environmental Regulation. *Journal of Policy Modeling* 12, 715-744.



Kakutani S. (1941). A Generalization of Brouwer's Fixed Point Theorem. *Duke Mathematical Journal*, 8, pp. 457-459.

Kazancoglu, Y., Sezer, M. D., Ozkan-Ozen, Y. D., Mangla, S. K., & Kumar, A. (2021). Industry 4.0 impacts on responsible environmental and societal management in the family business. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121108.

Kessler, M. M. (1963). Bibliographic coupling between scientific papers. *American Documentation*, 14(1), 10-25.

Klasifikacija proizvodov po dejavnosti. Dostopno na: https://www.stat.si/dokument/3658/CPA_2008.pdf

Kullenberg, C., & Nelhans, G. (2015). The happiness turn? Mapping the emergence of "happiness studies" using cited references. *Scientometrics*, 103(2), 615-630.

Lee, R., & Brown, S. (2021). Evaluating the role of behavior and social class in electric vehicle adoption and charging demands. *Iscience*, 24(8), 102914.

Leontief, W. W. (1936). Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States. *The review of economic statistics*, 105-125.

Lofgren, H., Harris, R. L., & Robinson, S. (2002). A standard computable general equilibrium (CGE) model in GAMS (Vol. 5). Intl Food Policy Res Inst.

Loveridge, S. (2004). A typology and assessment of multi-sector regional economic impact models. *Regional studies*, 38(3), 305-317.

Manne, A. & Richels, R. (1997). On Stabilizing CO₂ Concentrations: Cost Effective Emission Reduction Strategies. Paper presented at FEEM-EMF Stanford-IPCC Conference on International Environmental Agreements on Climate Change, Venice, May 6-7, 1997.

Markusen, J. R. (1975). International externalities and optimal tax structures. *Journal of international economics*, 5(1), 15-29.

Matsumoto, K. (2015). Energy Structure and Energy Security under Climate Mitigation Scenarios in China. *PLoS ONE*.

Maxim, M. R., & Zander, K. (2020). Green Tax Reform and Employment Double Dividend in Australia Should Australia Follow Europe's Footsteps? A CGE Analysis. *Margin: The Journal of Applied Economic Research*, 14(4), 454–472.

McCauley, J.L., & Küffner, C.M. (2004). Economic system dynamics. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2004(1), 213-220.

McKibbin W.J., & Wilcoxon P.J (1995). The theoretical and empirical structure of the G-Cubed model. Working Paper, The Brookings Institution.

Mellacher, P., & Scheuer, T. (2021). Wage Inequality, Labor Market Polarization and Skill-Biased Technological Change: An Evolutionary (Agent-Based) Approach. *Computational Economics*, 58(2), 233-278.

Miller, R.E., & Blair, P.D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge university press.

Negishi T. (1962). The stability of a competitive economy: a survey article. *Econometrica*. October.

Nordhaus W.D. (1994). *Managing the Global Commons: The economics of climate change*. The MIT Press, Cambridge, MA.

Paltsev, S. V. (2001). The Kyoto Protocol: Regional and Sectoral Contributions to the Carbon Leakage. *The Energy Journal*, 22(4).

Pan, H. (2006). Dynamic and endogenous change of input–output structure with specific layers of technology. *Structural Change and Economic Dynamics*, 17(2), 200-223.

Park, S. Y., Yun, B.-Y., Yun, C. Y., Lee, D. H., & Choi, D. G. (2016). An analysis of the optimum renewable energy portfolio using the bottom–up model: Focusing on the electricity generation sector in South Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 319–329.

Partridge, M.D., & Rickman, D.S. (2010). Computable general equilibrium (CGE) modelling for regional economic development analysis. *Regional studies*, 44(10), 1311-1328.



Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2005). *Microeconomics*, 6. Auflage, New Jersey, 613-640.

Pindyck, R.S. (2013). Climate change policy: what do the models tell us?. *Journal of Economic Literature*, 51(3), 860-72.

Pindyck, S., & Rubinfeld, L. (2008). *Econometric models and economic forecasts*. 5 edition. Boston, Mass. : Irwin/McGraw-Hill.

Primc, K., Slabe Erker, R., Dominko, M., Kalar, B., & Ogorevc, M. (2020). *Podjetniške prakse in potrošniške navade pri prehodu v krožno gospodarstvo* (urednik: Majcen, B.). Knjižna zbirka *EkonomIERa*, *Okolje in trajnostni razvoj*. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Proost S., & Van Regemorter, D. (1992). Carbon taxes in the EC - design of tax policies and their welfare aspects. V *The Economics of limiting CO₂ emissions*, *European Economy*, special edition n°1.

Proost, S., & Van Regemorter, D. (1992). Economic Effects of a Carbon Tax. With a General Equilibrium Illustration for Belgium. *Energy Economics*, April.

Rees, W.E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and urbanization*, 4(2), 121-130.

Romer P.M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98, pp. 71-102.

Rzeszutek, M., Godin, A., Szyszka, A., & Augier, S. (2021). Managerial overconfidence in capital structure decisions and its link to aggregate demand: An agent-based model perspective. *PloS one*, 16(8), e0255537.

Scottish Government. (2016). *Computable General Equilibrium modelling: introduction*.

Shoven J.B., & Whalley J. (1984). Applied General Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey. *Journal of Economic Literature*, Vol. XXII, September, pp. 1007-1051

Shoven, J. B., & Whalley, J. (1992). *Applying general equilibrium*. London: Cambridge university press.

Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. *Journal of the American Society for Information Science*, 24(4), 265-269.

Small, H. G. (1978). Cited documents as concept symbols. *Social Studies of Science*, 8(3), 327-340.

Solaymani, S. (2017). Carbon and energy taxes in a small and open country. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(1), 51-62.

Solaymani, S. (2017). Carbon and energy taxes in a small and open country. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 3(1), 51-62.

Standardna klasifikacija dejavnosti. Dostopno na: <https://www.stat.si/doc/pub/skd.pdf>

Stern, N. (2008). The economics of climate change. *American Economic Review*, 98(2), 1-37.

SURS. 2023. Nacionalni računi. Portal Si_stat. Dostopno na: https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/20_Ekonomsko/

Tirole J. (1988). *The theory of industrial organisation*. The MIT Press, Cambridge, MA.

Urbančič, A., Česen, M., Trstenjak, K., Merše, S., Pušnik, M., Košnjek, Z., Majcen, B., Mali, B., Šijanec Zavrl, M., Verbič, J., Pretnar, G., Trošt, D. (2018). Projekcije emisij toplogrednih plinov in ocena učinkov. Določitev analize. *Life ClimatePath2050*. Poročilo C3.1, Zvezek 1. Ljubljana: IJS CEU.

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538.

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014a). CitNetExplorer: A new software tool for analysing and visualising citation networks. *Journal of Informetrics*, 8(4), 802–823.

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2014b). Visualising bibliometric networks. *Measuring Scholarly Impact* (pp. 285–320). Springer.



Wackernagel, M., & Beyers, B. (2019). *Ecological footprint: Managing our biocapacity budget*. New Society Publishers.

Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A.C., Falfán, I.S.L., García, J. M., ... & Guerrero, M.G.S. (1999). National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological economics*, 29(3), 375-390.

Wang, X., Fang, Z., & Sun, X. (2016). Usage patterns of scholarly articles on Web of Science: A study on Web of Science usage count. *Scientometrics*, 109(2), 917-926.

Weitzman, M. L. (1974). Prices vs. quantities. *The review of economic studies*, 41(4), 477-491.

Wong, C.-Y., Keng, Z.-X., Mohamad, Z. F., & Azizan, S. A. (2016). Patterns of technological accumulation: The comparative advantage and relative impact of Asian emerging economies in low carbon energy technological systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 977-987.

Zhao, D., & Strotmann, A. (2008). Author bibliographic coupling: Another approach to citation-based author knowledge network analysis. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, 45(1), 1-10.

Župić, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organisation. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472

SEZNAM SLIK

<i>Slika 1: Primer analize parcialnega ravnovesja: družbeni stroški v primeru monopola</i>	19
<i>Slika 2: Primer ABM modela – diagram poteka modela za oblikovanje politik proti neenakosti in polarizaciji</i>	20
<i>Slika 3: Primer diagrama vzročne zanke modela sistemske dinamike za oceno vplivov industrije 4.0 na odgovorno okoljsko in družbeno upravljanje v družinskem podjetju</i>	21
<i>Slika 4: Primer strukture EMK modela</i>	23
<i>Slika 5: Število objavljenih znanstvenih publikacij po letih</i>	29
<i>Slika 6: Države z objavami na področju CGE modelov v okoljski politiki</i>	30
<i>Slika 7: Raziskovalna področja v povezavi z relevantno tematiko</i>	31
<i>Slika 8: Institucije, ki financirajo raziskave na relevantnem področju</i>	33
<i>Slika 9: Najpomembnejše ključne besede</i>	34
<i>Slika 10: Najpomembnejše ključne besede – vizualizacija citiranosti</i>	36
<i>Slika 11: Uporaba ključnih besed pred in po letu 2017</i>	38
<i>Slika 12: Citacijsko omrežje na podlagi kociacijske analize</i>	40
<i>Slika 13: Citacijsko omrežje na podlagi bibliografskega povezovanja</i>	41
<i>Slika 14: Skupine avtorjev, ki se ukvarjajo z raziskavami na relevantnem področju</i>	45
<i>Slika 15: Najpomembnejše znanstvene revije</i>	46
<i>Slika 16: Najpomembnejše znanstvene revije – vizualizacija citiranosti</i>	47
<i>Slika 17: Stilizirana struktura modela</i>	51
<i>Slika 18: Osnovni pristop pri razvoju modela</i>	53
<i>Slika 19: Povezan sistem modelov za scenarijsko analizo v podporo energetskim in okoljskim razvojnim politikam</i>	63



SEZNAM TABEL

<i>Tabela 1: Primer poenostavljene SAM matrike</i>	11
<i>Tabela 2: Ekonomski modeli</i>	15
<i>Tabela 3: Temeljne značilnosti izbranih ekonomskih modelov</i>	16
<i>Tabela 4: Primerjava kocitacijske analize in bibliografskega povezovanja</i>	26
<i>Tabela 5: Znanstvene revije, ki so največ prispevale k razvoju področja</i>	32
<i>Tabela 6: Najbolj citirane publikacije, vključno z avtorji, revijo, letom, številom citatov in ključnimi besedami</i>	42
<i>Tabela 7: Znanstveni članki z najvišjo 180-dnevno stopnjo uporabe</i>	48
<i>Tabela 8: Predloga SAM matrike</i>	56
<i>Tabela 9: Dezagregacija proizvodov v SAM matriki</i>	60
<i>Tabela 10: Dezagregacija dejavnosti v SAM matriki</i>	61
<i>Tabela 11: Sprememba energetske učinkovitosti v posameznih dejavnostih po scenarijih (%)</i>	82
<i>Tabela 12: Investicije v mio EUR v petletnih obdobjih po dejavnostih, osnovni scenarij</i>	82
<i>Tabela 13: Investicije v mio EUR v petletnih obdobjih po dejavnostih, zmerni scenarij</i>	83
<i>Tabela 14: Investicije v mio EUR v petletnih obdobjih po dejavnostih, ambiciozni scenarij</i>	83
<i>Tabela 15: Spremembe makroekonomskih kazalnikov po zmernem scenariju glede na osnovni scenarij (v %)</i>	86
<i>Tabela 16: Spremembe dodane vrednosti po zmernem scenariju v posameznih panogah (v %).....</i>	87
<i>Tabela 17: Sprememba realnega razpoložljivega dohodka po dohodkovnih kvintilnih razredih po zmernem scenariju v primerjavi z osnovnim scenarijem (%).....</i>	90
<i>Tabela 18: Spremembe makroekonomskih kazalnikov po ambicioznem scenariju glede na osnovni scenarij (v %)</i>	92
<i>Tabela 19: Spremembe dodane vrednosti po ambicioznem scenariju glede na osnovni scenarij v posameznih panogah (v %)</i>	93
<i>Tabela 20: Sprememba realnega razpoložljivega dohodka po dohodkovnih kvintilnih razredih po ambicioznem scenariju v primerjavi z osnovnim scenarijem (%).....</i>	95

STVARNO KAZALO

A

ambiciozni scenarij, 80, 82

B

BDP, iii, 1, 8, 14, 84, 86, 89, 90, 92, 97

bibliografsko povezovanje, 26, 27

bibliometrične metode, 24, 25, 28

brezposelnost, 14, 20, 97

C

CES, 8, 9, 70

CET, 71

CGE, iii, 1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15,

16, 17, 18, 19, 22, 24, 28, 29, 30, 32,

33, 39, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51,

54, 69, 76, 78, 79, 97, 98

citati, 26, 47

CitNetExplorer, 27, 39

CO₂, iii, 23, 79, 80

D

davki, 11, 35, 56, 58

dejavnosti, 56, 61, 70

dinamični, 1, 5, 10, 12, 15, 16, 97

dobrine, 56

država, 11, 15, 25, 29, 51, 56, 58, 59,

72

E

emisije, 5, 22, 24, 45, 79, 80

energetska učinkovitost, 81, 84

F

faktorji, 11, 56

G

GAMS, iii, 53, 54

gospodarstvo, 1, 5, 7, 13, 24, 25, 51,
55, 61

gospodinjstva, 11, 56, 82, 83

I

indeks cen, 86, 92

investicije, 5, 12, 56, 59, 73, 77, 80, 84,
86, 90, 92, 97

izdatki, 56, 58, 59, 72, 76

K

kazalniki, 14

kocitacijska analiza, 26

L

LULUCF, iii, 62, 64, 79

M

makroekonomski, iii, 1, 15, 41

matrika, iv, 5, 54, 55

modeli, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16,
18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 39, 51, 61,
64, 79

N

NEPN, iii, 66, 79, 81, 97

nizkoogljično, 1, 25, 66, 89, 98



O

omejitve, 8, 13, 50, 69, 76
osnovni scenarij, 91
OVE, iii, 80

P

podatki, 5, 7, 12, 14, 47, 52, 54, 55, 65,
66, 79, 81
podjetja, 11, 13, 56
podnebno-energetski ukrepi, 1, 5, 10
ponudba, 8, 18, 51, 56, 57, 71, 76
potrošnja, 12, 73, 74
povpraševanje, 7, 12, 14, 18, 51, 66,
69, 73, 84
prihodki, 58, 59, 73, 76

R

račun, 8, 55, 57, 58, 59
ravnovesje, iii, 7, 8, 10, 13, 24, 51
REES-SLO, iii, 1, 3, 5, 62, 64, 65, 66, 81,
97

S

SAM, iv, 5, 10, 12, 16, 18, 54, 55, 57,
60, 69, 81, 97
scenarijska analiza, 79
statični, 12, 16

T

TGP, iv, 21, 24, 79, 81

U

učinki, 1, 15, 16, 84, 89, 91, 97, 98

V

vmesna potrošnja, 58
VOSviewer, 27
vrednotenje, 1, 5, 8, 10, 12, 15, 67

Z

zapiranja, 8, 10, 13
zmerni scenarij, 79, 84, 89, 98
znanstveni, 28, 31, 35

