Рени Панчева

РАЗВИТИЕ НА КРЪГОВАТА ИКОНОМИКА В ЕВРОПЕЙСКИЯ СЪЮЗ: фактори за устойчиво бъдеще

Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Стопански факултет

Рени Панчева

Развитие на кръговата икономика в Европейския съюз: фактори за устойчиво бъдеще

Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Стопански факултет

София, 2025

С благодарност към рецензентите проф. д–р Георги Менгов и проф. д. ик. н. Антон Герунов, научния редактор проф. д–р Ваня Иванова и издателския редактор Елеонора Николова, както и към екипа на катедра „Икономика и управление по отрасли“ за ценните напътствия по време на изготвянето на този монографичен труд.

С признателност към проф. д. ик. н. Георги Чобанов, който ме насърчи да развивам академичния си потенциал.

С обич към моето семейство и приятели за безрезервната подкрепа през годините!

Монографията „Развитие на кръговата икономика в Европейския съюз: фактори за устойчиво бъдеще“ проследява еволюцията на концепцията за кръгова икономика и въвежда в темата за различните показатели за отчитане на нейния напредък. Акцент е поставен върху развитието на кръговата икономика в контекста на Европейския съюз и Европейската рамка за мониторинг на прехода.

Авторът на разработката си поставя за цел да измери ефектите на значими макроикономически и социални фактори върху някои от най–често използваните индикатори за кръгова икономика и да анализира влиянието на тези фактори върху трансформацията на икономическите системи в Европейския съюз. В труда са идентифицирани три основни индикатора, свързани с оценката на кръговата икономика от материална и енергийна гледна точка, установени са техните пресечни точки и са сформирани клъстери, характеризиращи модели на преход, които могат да бъдат разграничени сред икономиките на държавите–членки на Европейския съюз.

Монографията може да е полезна на редица заинтересовани страни, включително студенти, специалисти от науката, бизнеса и политиката, които търсят информация, провеждат сходни изследвания в областта, обмислят интегриране на кръгови практики в своята дейност или разработват законодателство и политики в сферата на кръговата икономика.

ISBN 978-954-9399-97-4

Съдържание

Списък на използваните съкращения

БВП	Брутен вътрешен продукт
ЕЕО	Електрическо и електронно оборудване
ЕК	Европейска комисия
ЕП	Европейски парламент
ЕС	Европейски съюз
КЕП	Крайно енергийно потребление
МСП	Малки и средни предприятия
НИРД	Научноизследователска и развойна дейност
ООН	Организация на обединените нации
ПДКИ	План за действие за кръговата икономика
ППС	Паритет на покупателната способност
ТБО	Твърд битов отпадък

CEMF	Circular Economy Monitoring Framework
CEWEP	Confederation of European Waste–to–Energy Plants
CMU	Circular Material Use
DMC	Domestic Material Consumption
EEA	European Environment Agency
EmA	Emergy Analysis
EMF	Ellen MacArthur Foundation
FE	Fixed Effects
FMOLS	Fully Modified Ordinary Least Squares
IEA	International Energy Agency
IO	Input–Output
LCA	Life Cycle Analysis
MFA	Material Flow Analysis
OECD	Organisation for Economic Co–operation and Development

Увод

Промените в околната среда, които са резултат от човешката дейност, и съпътстващите ги икономически, социални и най–вече екологични предизвикателства правят належаща необходимостта от енергийна и ресурсна трансформация на икономическата система. Поради тази причина обсъждането около енергийния преход и кръговата икономика се превръща в една от най–значимите световни теми на XXI век. „Кръгова икономика“ на практика се заражда още в зората на човечеството, тъй като поради ограничените ресурси и липсата на технологии за тяхното възстановяване хората са се стараели да ги използват максимално продължително. Когато полезният живот на благата се изчерпвал, те рядко били изхвърляни, а вместо това предназначението им било променяно или са били преработвани в нови продукти (Желязкова, 2018). Технологичният напредък налага различен икономически модел, който осигурява голямо разнообразие на достъпни цени. С това обаче той повишава потреблението и съответно отпадъците. Екологичните последици, породени от свръхпотреблението, отново водят до преосмисляне на подхода. Така същинската концепция за кръгова икономика се появява в научната литература през 60–те години на XX век. Повратна точка в развитието ѝ идва в края на 80–те с разгръщането на темата за индустриалната екология и последвалото процъфтяване на редица концепции на ниво политика, управление и наука.

Преходът към кръгова икономика има разнообразни и многопластови ефекти, които засягат правителствата, промишлеността, научната общност, неправителствените организации и потребителите. Поради това темата се интегрира все по–дълбоко в политиките, бизнес операциите, образованието, науката и технологичните иновации, както и общественото съзнание. Изследването на стимулите и предизвикателствата пред кръговата трансформация може да послужи на различните заинтересовани страни за вземането на решения, по–добър мониторинг на прехода и създаването на кръгови иновации в полза на производителите, потребителите и околната среда.

Развитието на концепцията за кръгова икономика обаче все още не е достигнало зрял етап и знанията за нея остават фрагментарни, без да успеят да изградят стабилно ядро, улесняващо тълкуването ѝ. Теоретиците и практиците така и не извеждат еднозначно

определение за кръгова икономика и тя често бива приравнявана на устойчиво развитие или други свързани концепции. Тази липса на ясно очертани граници повлиява силно методите и рамките, използвани от заинтересованите страни, за да проследяват трансформацията на своите системи в кръгови. Огромното изобилие на значими индикатори, които са почти толкова многобройни, колкото и самите определения за концепцията, допълнително усложнява задачата. Същевременно всеки, включен в прехода, най–вече органите на национално и регионално ниво, се нуждае от подходящи измерители, с които да оценява колко кръгови са икономиките и да установява успешни стратегии и области, нуждаещи се от подобрение.

В стремежа си да *„затвори цикъла“* кръговата икономика следва да създаде устойчиви решения в три основни области: производство и предлагане, търсене и потребление, управление на отпадъци (Ivanova & Chipeva, 2019). Развитието на кръгови измерители за етапите на проектиране, производство, разпространение и потребление в една икономическа система обаче е слабо застъпено или липсващо. В допълнение, въпреки че идеята за кръгова икономика започва да се развива в научната литература още през втората половина на XX век, едни от първите законодателни промени в Европейския съюз се случват едва към края на седемдесетте години, а отчитането на съответните индикатори закъснява още повече. Така за разлика от традиционните макроикономически показатели като брутен вътрешен продукт, за който информация може да бъде намерена в базите на Световната банка още от 1960 г., първите данни за степента на рециклиране например се появяват чак през 2000 г. Предвид тези ограничения настоящата монография се съсредоточава около това да идентифицира и анализира няколко от най–ключовите индикатори, асоциирани с материални и енергийни ресурси, за които има налични данни и които помагат да се проследи и оцени преходът към кръгова икономика в Европейския съюз. С тяхна помощ разработката успява до известна степен да адресира и трите гореспоменати области, отразявайки влагането на вторични суровини в производството, потреблението на възобновяем ресурс и рециклирането на материали, като част от управлението на отпадъци.

Кои движещи сили обаче предопределят успеха на прехода към кръгова икономика? В опит да отсее значими фактори, настоящата монография обобщава важни изводи от областта на икономика и управление, екология и опазване на околната среда, иновации и технологии, публична политика и регулация, международни отношения и развитие, както и социални

науки. Наред с това трудът разглежда основополагащото европейско законодателство в областта на кръговата икономика, Европейската рамка за мониторинг на прехода с нейните предимства и недостатъци и някои от най–често използваните кръгови индикатори.

Данните, използвани в проучването, са извлечени от международните бази на Евростат, Световната банка, Организацията на обединените нации, Европейската конфедерация на инсталации за производство на енергия от отпадъци и Climate Watch. Предвид, че всеки от избраните показатели се характеризира със своите особености и специфични фактори, които му въздействат, размерът на използваните извадки се повлиява от наличието на данни за всяка независима променлива. С цел да се осигури балансиран панел с максимален обхват анализите на отделните показатели се различават в периодите, които обхващат. Количествените данни са обработени чрез редица методи за анализ, включително графично представяне на данните, описателни статистики, корелации и тестове за: стационарност, коинтеграция, причинност, фиксирани или случайни ефекти, серийна корелация и пространствена зависимост. За оценка на панелните регресионни модели са използвани метод на най–малките квадрати, фиксирани ефекти, както и метод на напълно модифицираните най–малки квадрати.

Първата глава от настоящата монография проследява еволюцията на концепцията за кръгова икономика от самото ѝ зараждане до етапа на развитие, който е достигнала. Главата въвежда в основната проблематика, а именно различните показатели, използвани за отчитане на напредъка към кръгова икономика и как те се вписват в използваните рамки за мониторинг. Втората глава разглежда кръговата икономика в контекста на Европейския съюз, като прави обзор на основополагащи стратегически и законодателни документи. Специално внимание е обърнато на Европейската рамка за мониторинг на прехода и е направен сравнителен анализ по ключови показатели между Европейския съюз и България. В третата глава са идентифицирани три основни индикатора, свързани с оценката на кръговата икономика от материална и енергийна гледна точка. В резултат на анализа и извеждането на общи определящи фактори са сформирани клъстери, характеризиращи определени модели на осъществяване на преход към кръгова икономика, които могат да бъдат разграничени сред икономиките на държавите – членки на Европейския съюз. В заключение са обобщени важните изводи, тяхното значение за различни заинтересовани страни, както и основните ограничения на проведените изследвания.

Глава 1.

Концепция за кръгова икономика

Съществуващите практики за производство и потребление на енергия, стоки и услуги водят до световен недостиг на суровини, а новаторските технологии, целящи да намалят вредния отпечатък на съществуващите модели, често водят от още по–голям глад за ресурси. Така с амбициите по отношение на екологичните цели се очертава тенденция на нарастващо търсене. Преобладаващият линеен тип икономическа система се основава на принципа *„вземи – произведи – изхвърли“*. Това означава, че постоянно се добиват нови суровини, преработват се в междинни или крайни продукти, които след употребата се превръщат в отпадъци. Възможно ли е обаче всички държави да продължат да се развиват икономически в условия на световна конкуренция за природни ресурси? Много изследвания, като това на Хаас и съавт. (Haas et al., 2015) разглеждат дадената проблематика и разкриват, че линейната икономика няма да може да задоволи нарастващото търсене в дългосрочен план (Желязкова, 2020).

1.1. Възникване и развитие на концепцията за кръгова икономика

С осъзнаването на планетарните граници по отношение на добива на суровини и отделянето на замърсители в околната среда, възниква и необходимостта от трансформация, която да постигне едновременно икономическа и екологична устойчивост. Коригираната икономическа система следва да е заимствана от самата природа, тъй като хората са неделима част от нея, а икономическият продукт, който създават, трябва да се подчинява на природните закони, за да бъде съхранен балансът. В противен случай влиянието на човешката дейност върху околната среда води до тежки дългосрочни последици в икономически, социален и екологичен план (Желязкова, 2020).

Кръговата икономика или икономиката със затворени материални цикли, както често бива описвана, е обект на нарастващ интерес в научните среди, бизнеса и политиката. Зараждането на идеята трудно може да бъде проследено до конкретно време или автор. Тя по–скоро е продукт на различни школи, които поставят на фокус разнообразни аспекти (Wautelet, 2018). От самата си поява концепцията представлява алтернатива на неокласическата икономика от теоретична и практическа гледна точна, тъй като набляга на ключовата роля на природата и нейните функции, както и на взаимодействието между икономическата система и околната среда. Кръговата икономика черпи вдъхновение именно от нея с цел да моделира икономическите процеси по оптимален начин (Ghisellini et al., 2016). Въпреки че различните стратегии за управление на ресурси, обединени под шапката на кръговата икономика, не са нови сами по себе си, концепцията ги поставя в нова рамка, насочвайки фокуса към възможностите за удължаване на полезния живот на ресурсите и потенциала за взаимодействие между отделните стратегии (Blomsma & Brennan, 2017). По този начин кръговата икономика подхожда системно към натрупването на знание и създаването на смислени и изпълними практики.

1.1.1. Зараждане на идеята за кръгова икономика

Идеята за кръгова икономика се заражда в научната литература още през 60–те години на XX век. В есето си ‘The Economics of the Coming Spaceship Earth’ от 1966 г. Кенет Боулдинг споделя възгледите си относно ограниченията на планетата, които хората започват

постепенно да съзнават (Boulding, 1966). Примитивният човек винаги се е местел, ако настоящото местообитание вече не е можело да задоволи потребностите му. С откритието, че Земята е сфера и предлага ограничени ресурси, разбирането, че друго място не съществува, налага промяна в тези навици. Една затворена система предполага икономически принципи, различни от тези на *„каубойската икономика“* на неограничените възможности. Боулдинг нарича новата икономика *„космонавтска“* и представя Земята като космически кораб с ограничени суровини, където няма варианти нито за допълнителен добив, нито за отделяне за замърсители. Следователно човек трябва да се приспособи към циклична екосистема, способна да възпроизвежда материалите отново и отново единствено с участието на енергия. Очевидната разлика между двете икономически системи е отношението към потреблението: *„каубойската“* икономика е консуматорска и отчита напредъка си с произведени и потребени блага, а *„космонавтската“* икономика се съсредоточава върху усъвършенстване на капиталовия запас чрез поддръжка и технологични подобрения, които да повишават ефективността на процесите. Специално внимание се обръща на физическото и духовното състояние на хората, които са част от системата.

Няколко години по–късно Джорджеску–Рьоген представя нов поглед върху икономиката, интегрирайки в икономическата теория принципите на термодинамиката, в частност закона за ентропията[1] (Georgescu–Roegen, 1971). Авторът набляга на факта, че икономическите процеси са неизменно свързани с физическите трансформации на енергия и материали. В това отношение производството и потреблението водят до увеличаване на ентропията, следователно до деградация на ресурсите. Така отново е разкритикувана традиционната представа за възможен неограничен икономически растеж и се изтъква, че икономическата дейност е ограничена от наличността на ресурси и способността на природата да поема отпадни материали. Авторът също коментира, че икономическите системи могат да почерпят опит от биологичните системи, за да минимизират ентропията и да обезпечат бъдещите поколения.

[1] Ентропията представлява мярка за безпорядъка на термодинамичните системи и в този контекст характеризира необратимостта на икономическите процеси особено по отношение използването на невъзобновяеми ресурси.

1.1.2. Оформяне на концепцията за кръгова икономика

През 1976 г. Уолтър Стахел и Женевив Редей–Мълвей подготвят доклад ‘The Potential for Substituting Manpower for Energy’ пред Европейската комисия, който през 1981 г. е издаден в книга под заглавието ‘Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy’ (Stahel & Reday–Mulvey, 1981). Там двамата автори скицират идеята за циклична икономика, която по–късно ще се появи с името *„кръгова икономика“*. В книгата си учените обсъждат как подобен тип икономическа система би се отразила на създаването на нови работни места, конкурентните предимства на държавите, ефективното управление на ресурси и предотвратяването на отпадъка и замърсяването.

Тези ключови идеи са обобщени в друг труд на Стахел от 1982 г. Разработката ‘The Product–Life Factor’ е отличена с награда и акцентира върху практиките за удължаване на продуктовия живот и продажбата на стока като услуга, давайки ги като пример за оптимални бизнес модели в една циклична икономика (Stahel, 1982). В по–нататъшната си работа Стахел започва да говори и за устойчиви решения по отношение на продуктовия дизайн, които да намалят отпадъците от производството и последващото третиране на използваните продукти. Те следва да заменят модела *„от люлка до гроб“* (добив на суровини, проектиране, производство, разпространение, употреба и изхвърляне) с *„от люлка до люлка“* (проектиране, производство, разпространение, употреба, преработка или възстановяване на материали и енергия).

1.1.3. Терминът „кръгова икономика“

Същинският термин *„кръгова икономика“* е използван за първи път през 1989 г. от Дейвид Пиърс и Кери Търнър в ‘Economics of Natural Resources and the Environment’. Работата им е вдъхновена от труда на Боулдинг и както при Джорджеску–Рьоген почива на законите на термодинамиката, според които енергията и материята не могат да бъдат създавани или разрушавани, а само да преминават от една форма в друга. Те обръщат внимание и на физическите ограничения в процеса, които пречат на трансформацията да е 100% ефективна. Двамата автори разглеждат връзката между икономиката и околната среда, където природата има три основни икономически функции: директен източник на полезност, източник на ресурси и приемник на отпаден материал. Тези три роли заедно предопределят същността

на природата, а именно поддържането на живот. Авторите също така наблягат на факта, че начинът, по който действат икономиките (било то пазарни, планирани или от смесен тип), не може да гарантира, че животоподдържащата роля на природата ще се съхрани в бъдеще (Pearce & Turner, 1989, p. 41).

1.1.4. Кръговата икономика в контекста на индустриалната екология

Концепцията за затваряне на цикъла е дълбоко залегнала в индустриалната екология (Preston, 2012, p. 3; Murray et al., 2017) Темата се заражда през 70–те години на XX век в противовес на възприемането, че промишлеността и природата са отделни обекти (Erkman, 1997), когато всъщност самата промишленост представлява своеобразна екосистема, част от заобикалящия свят, т. е. от околната среда (Erkman, 2001, p. 532).

През 1989 г. Фрош и Галопулос разширяват обсъждането на индустриалната екология, разглеждайки я като предпоставка за успеха на кръговата икономика. Индустриалната екология предполага създаването на индустриална система, имитираща начина на работа на естествените екосистеми (Frosch & Galloupoulos, 1989). Нейната цел е отпадните материали от промишлеността да се превръщат в ресурси за нови производства посредством индустриална симбиоза. Идеята, че отпадъците от производството и от края на продуктовия живот могат да бъдат обратно захранени в индустриалната система под формата на материали или енергийни потоци, се превръща и в един от основополагащите новаторски принципи на кръговата икономика. В нея икономическата система подражава на природата, където енергията и материалите не се създават или губят, а само променят формата си (Frosch, 1992). Анализът на жизнения цикъл на продукта е от съществено значение за индустриалната екология. Той проследява преобразуванията на енергия и материали от техния източник, през преработката и употребата им, до финалното им рециклиране или депониране. Резултатите от анализа спомагат за това благата да се проектират по начин, който свежда до минимум разхода на енергия, замърсяването и отпадъците. Взаимната интеграция на индустриалната екология с кръговата икономика може значително да допринесе за развитието и на двете (Blomsma & Brennan, 2017). Кой е собственик на ресурсите също е от ключово значение за успеха на кръговата икономика. В противоречие с теорията, че едноличната собственост може да се управлява по–устойчиво от колективната,

кръговата икономика предполага изграждането на устойчива система, основана на споделяне измежду много собственици и ползватели. Индустриалната симбиоза в частност също изисква системно сътрудничество и напасване на целите на всички участници в процеса, за който съвместната работа на публичния и частния сектор е от голямо значение. Тя се осъществява посредством изграждане на механизми за споделяне на информация и развитие на дългосрочни междуотраслови връзки. Класическите роли на заинтересованите страни също се променят. Държавата придобива все по–значима роля не само като регулатор, но като посредник и публичен предприемач, докато частният сектор поема нарастваща социална и екологична отговорност (Съботинова, 2020).

1.1.5. Бизнес моделът „от люлка до люлка“

След 1990 г. темата за кръговата икономика става водеща с развитието на разнообразни концепции на ниво политика, управление и наука. Ако терминът *„от люлка до люлка“* е формулиран още от Уолтър Стахел, то едноименният бизнес модел е развит от Майкъл Браунгарт и Уилям Макдона през 2002 г. в книгата им ‘Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things’. Новаторската концепция цели да замени *„от люлка до гроб“* с безкраен цикъл на употреба, при който качеството и производителността на материалите се поддържат и подобряват максимално дълго, а в процеса се използва основно възобновяема енергия (McDonough & Braungart, 2002). Авторите считат, че всичко може да се използва като ресурс и разграничават два вида материали: биоматериали и технически материали. Тяхната употреба се оптимизира чрез целенасочени промени в дизайна на продуктите, производствените практики и веригите за доставка. Биоматериалите са безвредни и биоразградими по природа, затова могат да бъдат безопасно върнати в околната среда след употреба. Техническите материали са по–издръжливи и подлежат на преработка с цел удължаване на експлоатацията им в затворената система. Освен че възприемат отпадъка като ресурс, авторите насърчават оползотворяването на слънчевия потенциал и черпенето на опит от разнообразието (био, социално, културно и др.). Тези принципи по–късно се превръщат в основополагащи за кръговата икономика.

1.1.6. Съвременна концепция за кръгова икономика и връзка с устойчивостта

Съвременната мисия на кръговата икономика е да отдели напълно икономическия растеж от експлоатацията на оскъдни ресурси. През 2010 г. е създадена британската фондация „Елън МакАртър“ (EMF, 2023a), която действа целенасочено за ускорение на прехода към новия икономически модел. Още от създаването ѝ благотворителната организация се превръща в световен лидер в развитието и популяризирането на кръговата икономика. Фондацията работи в сътрудничество с бизнеса, международни институции, градове, университети, новатори, правителствени и неправителствени организации, като изготвя образователни материали, публикува проучвания и анализи и създава инструменти, за да подпомогне разработването на ефективни политики, кръгови бизнес модели и продуктов екодизайн. Организацията цели да ангажира максимално всички звена в системата, защото за да бъдат преодолени някои от най–големите световни предизвикателства, е необходимо да се извърши коренна промяна в начина на производство и потребление на стоки и услуги във всички сектори на икономиката. Фондацията насочва вниманието си към области, в които кръговата икономика би постигнала най–значими резултати в световен мащаб, а именно: климат, биоразнообразие, градове, храни, мода, пластмаса и финанси.

През 2015 г. Европейската комисия обявява първия си план за прехода към кръгова икономика, който включва мерки, подпомагащи континента да трансформира икономическата си система, да засили конкурентните си предимства, да постигне устойчив икономически растеж и да създаде нови работни места. Планът поставя амбициозни цели и предлага законодателни промени, обхващащи целия жизнен цикъл на продуктите от производство и потребление, до управление на отпадъците и развитие на пазарите за вторични суровини (European Commission, 2023). Новият План за действие за кръговата икономика (ПДКИ) е представен през март 2020 г. Негова основна цел е *„затварянето на цикъла“*. Той е градивна част на Европейската зелена сделка и предпоставка за постигане на целите за климатична неутралност и спиране на загубата на биоразнообразие до 2050 г. (ЕК, 2020). Новият план надгражда първоначалната си версия от 2015 г. и обръща специално внимание на устойчивия дизайн и потребление, насърчаване на кръговите практики, предотвратяване на отпадъците и максимална циркулация на ресурсите.

Връзката между устойчивото развитие и кръговата икономика е неоспорима. С развитието на двете концепции в науката, бизнеса и политиката обаче границите им се размиват, тъй като не са ясно очертани никъде (Sauvé et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2017). Гайсдьорфер и съавт. (Geissdoerfer et al., 2017) определят устойчивото развитие като *„балансирана интеграция на икономическо развитие, социално включване и екологична устойчивост в полза на настоящите и бъдещите поколения“*. Те също така установяват, че кръговата икономика е разглеждана в литературата като предпоставка за устойчивост, полезна връзка или заместител на устойчивото развитие.

И двете концепции наблягат на ангажираността и отговорността, които трябва да проявят настоящите и бъдещите поколения в лицето на световните екологични предизвикателства. Друго сходство представляват мулти и интердисциплинарният подход към интеграцията на неикономически аспекти в икономическото развитие, както и акцентът върху необходимостта от сътрудничество между различните заинтересовани страни. В този контекст и двете направления силно разчитат на регулация и схеми, насърчаващи прилагането на новаторски бизнес модели, които да опосредстват социално–технологичния преход (Geissdoerfer et al., 2017). Кръговата икономика оказва сериозно въздействие върху устойчивото развитие, като повлиява в различна степен основните му аспекти. Основните Цели за устойчиво развитие, тясно свързани с прехода към кръгова икономика, са: изкореняване на бедността, сигурна работа и икономически растеж, преодоляване на глада, достъп до чиста вода и енергия, отговорно производство и потребление, устойчиви градове, иновации и инфраструктура, опазване на живота под водата и на земята, както и овладяване на климатичните промени (UN, 2023a). Следователно анализът на ефектите от различните кръгови стратегии е ключов за разработването на подходящи, ефективни и целенасочени политики за постигане на индивидуалните цели на всяка държава.

Съществуват също и разминавания между двете концепции. След доклада „Брундтланд“ (WCED, 1987) целите за устойчиво развитие до 2030 г. наблягат на социалния аспект — премахване на бедността и неравенствата, мир, справедливост и човешки права. Това донякъде отклонява фокуса от ресурси, технологии и икономика, като увеличава разстоянието между устойчивост и кръгова икономика. Докато планът за устойчиво развитие поставя на първо място хората и възприема икономическото развитие като средство за постигане на пълноценен живот в хармония с природата, то кръговата икономика се

фокусира върху технологичните решения, чието приложение би позволило традиционен икономически растеж (Velenturf & Purnell, 2021). В този контекст кръговата икономика несъмнено крие огромен потенциал за устойчивост, но някои от решенията, които тя предлага, могат да имат противоречиви ефекти върху устойчивото развитие. Например използването на възобновяема енергия, поправката и рециклирането създават нови работни места и насърчават икономическото развитие, но крайният резултат за околната среда е под въпрос (Knäble et al., 2022). От една страна, възобновяемите източници и повторната употреба намаляват въглеродните емисии, но от друга страна, дейностите по поправка ги увеличават. Друга важна разлика се крие в разпределянето на отговорността. При устойчивото развитие отговорностите са споделени, но не и ясно определени. Същевременно отговорността за прехода към кръгова икономика пада основно върху управляващите, регулаторите и частния бизнес. Поради тези причини успехът на устойчивото развитие и кръговата икономика зависи най–вече от това да се подходи към системата като към едно цяло, за се избегне изместването на товара от един неин компонент към друг (Velenturf & Purnell, 2021). Всички заинтересовани страни следва да вземат активно участие в интегрирането на кръгови практики в плановете си за устойчиво развитие, така че да се осъществи една устойчива кръгова икономика, която да сложи край на свръхексплоатацията на природни ресурси и да спомогне за овладяването на климатичните промени.

1.1.7. Определение за кръгова икономика

Кръговата икономика постепенно се очертава като една от най–известните и влиятелни концепции, свързана с устойчивото развитие, тъй като дава възможно решение на проблема с неустойчивото използване на ресурси. Темата се радва на все по–нарастващ интерес, а научната литература изследва две основни направления — концептуализация и технически аспекти. Свързаните статии се увеличават експоненциално през годините, а Китай и Европейският съюз продължават да оспорват лидерството си (Alcalde–Calonge et al., 2022). Въпреки изобилието от научни публикации по темата обаче много от тях се провалят в опита си да дадат добра дефиниция, която да обхване само важните аспекти и да разграничи термина от други сходни концепции (Figge et al., 2023). Липсата на ясен фокус и синхрон, както и прекаленото опростяване в някои случаи са причина за пропуски, които не водят до

устойчиви интерпретации (Van Bueren et al., 2022). Изобилието от сродни идеи, като биоикономика[2] (Georgescu–Roegen, 1971), екологична икономика[3] (Costanza, 1989), зелена икономика[4] (Pearce et al., 1989), синя икономика[5] (Pauli, 2010) и икономика на поничката[6] (Raworth, 2017) на свой ред води до концептуално припокриване и допълнително затруднява достигането на достатъчно нюансирана и изчерпателна формулировка.

Във времето се правят редица опити да бъде изведено общо понятие за кръгова икономика. Подобен тип изследвания анализират голям брой научни статии, за да съберат възможно най–много дефиниции, да ги систематизират и открият пресечните им точки. Такива проучвания например са проведени от Аван и съавт.: 28 дефиниции от периода 1999 – 2019 г. (Awan et al., 2020) и Алхауари и съавт.: 18 ключови дефиниции, изведени след задълбочен анализ на 91 публикации от периода 2004 – 2020 г. (Alhawari et al., 2021). Друго скорошно изследване (Alizadeh et al., 2023) анализира 172 дефиниции от 2005 г. насам и формулира собствено определение за кръгова икономика на база 4 категории — дейности, стратегии, цели и бизнес модели.

В дискусиите по темата често се среща определението, изведено от Кирхер и съавт. (Kirchher et al., 2017). Те правят първия задълбочен системен анализ на определенията за кръгова икономика от научни и практически източници, като проучват общо 114 дефиниции. Основните критики, които отправят към концепцията, са именно размитите ѝ граници и че голяма част от определенията погрешно оприличават кръговата икономика на рециклиране.

[2] Биоикономиката обхваща възобновяемите ресурси и се разглежда като разширение на икономическата наука, което се фокусира върху биологичните и физическите ограничения на тези ресурси.

[3] Екологичната икономика е интердисциплинарна област, която цели да интегрира изследването на икономиката и екосистемите, признавайки, че икономиката е неделима част от околната среда и неизменно зависи от нея.

[4] Зелената икономика е икономически модел, който се стреми да постигне устойчиво развитие, като отчита екологичните ограничения и рискове, намалява вредното въздействие върху околната среда и насърчава ефективното използване на природни ресурси. За целта тя интегрира екологичните разходи в икономическите процеси, прилага екологични политики и стимулира устойчиви технологии и бизнес практики. Зелената икономика е приобщаваща концепция и обхваща принципите на кръговата икономика.

[5] Синята икономика е икономически модел, вдъхновен от естествените процеси в природата, при който се използват най–близките в дадена екосистема ресурси, повишава се максимално ефективността им, отпадъците се елиминират с помощта на биомимикрия и по този начин се създават редица социални и екологични ползи.

[6] Икономиката на поничката е социално–екологичен модел за устойчиво развитие, който балансира потребностите на хората и планетата, като гарантира, че никой не е лишен от минимални условия за достоен живот (храна, вода, дом, здравеопазване и т. н.) и същевременно не се преминават планетарните граници.

В резултат на анализа авторите извеждат собствено понятие, което гласи: *„Кръговата икономика описва икономическа система, основана на бизнес модели, които заместват концепцията за „край на живота“ с намаляване или повторна употреба, рециклиране и възстановяване на материали в процеса на производство, разпространение и потребление. По този начин системата действа на микро ниво (продукти, компании, потребители), мезо ниво (еко–индустриални паркове) и макро ниво (град, регион, нация и отвъд) с цел да постигне устойчиво развитие, което предполага качествена околна среда, икономическо благосъстояние и социална справедливост в полза на настоящите и бъдещите поколения“* (Kirchher et al., 2017).

Горепосоченото определение също е доста обширно и няма ясен фокус подобно на редица други недотам прецизни обяснения. То би могло да представи кръговата икономика като *„универсален лек“* и да подведе бизнеса, политици и изследователи да вярват в ползи, извън тези, които *„затварянето на цикъла“* би могло да донесе (Figge et al., 2023). В общи линии, докато устойчивото развитие се разглежда като крайна цел на кръговата икономика, самата тя се свързва предимно с новаторските технологични решения, позволяващи традиционен икономически растеж, но рядко се асоциира със социалния фактор. Така в научната литература голяма част от трудовете пренебрегват потенциала на кръговата икономика по отношение на култури, ценностни системи и социални структури (Korhonen et al., 2018). Кирхер и съавт. признават тези ограничения в надграждащо изследване (Kirchher et al., 2023), където вече анализират 221 дефиниции и откриват, че концепцията става по–ясна и специфична през последните години. Въпреки това преобладаващата част от определенията продължават да носят повече смисъл за науката, отколкото за практиката. Новата, по–конкретна дефиниция за кръгова икономика на Кирхер и съавт. е построена на база ключови принципи, цели и предпоставки за развитие: *„Кръговата икономика е възобновителна икономическа система, която изисква замяна на концепцията за „край на живота“ с намаляване или повторна употреба, рециклиране и възстановяване на материали по веригата на доставка с цел да насърчи поддръжката на стойността и устойчивото развитие, като създава качествена околна среда, икономическо благосъстояние и социална справедливост в полза на настоящите и бъдещите поколения. Тази система се задвижва от обединението на различни заинтересовани страни*

(индустрия, потребители, политици, изследователи) и техните умения и технологични иновации“ (Kirchher et al., 2023).

От 2010 г. насам Фондация „Елън МакАртър“ е един от най–често цитираните източници по отношение на концепцията за кръговата икономика (Rizos et al., 2017.; Llorente–González & Vence, 2019). Организацията дава и едно от най–често използваните и всеобхватни определения за системата. Тя разглежда кръговата икономика като *„рамка, предоставяща системни решения, които адресират световните предизвикателства, като климатични промени, загуба на биоразнообразие, отпадъци и замърсяване. Тя е основана на три принципа, водени от дизайна: премахване на отпадъка и замърсяването, кръговрат на продукти и материали (с максимално съхранение на стойността им) и възстановяване на природата. Системата функционира въз основа на възобновяеми енергия и материали. Преходът към кръгова икономика води до отделяне на икономическата дейност от употребата на изчерпаеми ресурси. Това представлява системна промяна, която изгражда дългосрочна устойчивост, създава бизнес и икономически възможности и осигурява екологични и социални ползи“* (EMF, 2023b).

Въз основа на разгледаните определения в настоящия труд е формулирана следната работна дефиниция за кръгова икономика: *„Кръговата икономика е възобновителна икономическа система, която заменя концепцията за „край на живота“ с дълготраен дизайн, поддръжка, поправка, повторна употреба, обновяване, преправяне и рециклиране. Тази система оперира благодарение на възобновяеми енергия и материали, премахва токсичните химикали, възпрепятстващи повторната употреба, и се стреми към нулев отпадък чрез усъвършенстван дизайн и новаторски бизнес модели. Крайната цел е да стане възможен ефективният поток на материали, енергия, труд и информация, така че да се отдели икономическото развитие от употребата на оскъдни ресурси, а природният и социалният капитал да бъдат възстановени, като същевременно се поддържа икономическият напредък.“*

Въпреки редицата противоречия около концепцията за кръгова икономика се стига до един неоспорим общ извод: настоящата индустриална система е в конфликт с природата, затова икономиката, обществото и околната среда трябва да се разглеждат като равностойни взаимосвързани звена в контекста на цялото (Wautelet, 2018; Ghisellini et al., 2016). Успешните практики сочат, че именно системният подход е ключов за кръговия преход.

1.2. Принципи, стратегии и бизнес модели на кръговата икономика

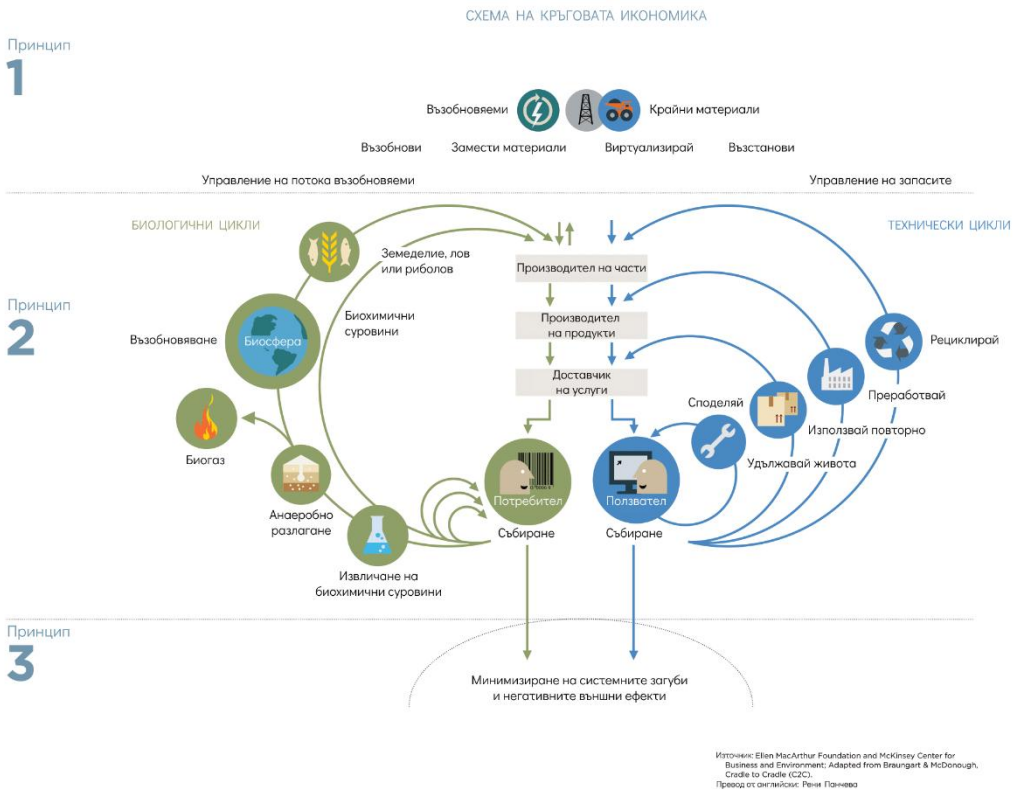
В традиционната икономика, определяна като линейна, жизненият път на един продукт протича през няколко етапа: извличане на първични суровини, производство на отделни части, сглобяване на частите и/или опаковане, завършен продукт, разпространение на пазара, употреба и обезвреждане на получения от употребата отпадък. Движението на суровини, материали и готови продукти по веригата на стойността се осъществява от различни форми транспорт, а на всеки етап от тази верига има два вида потоци: навътре (характеризират се от вложените материали, енергия, труд и др.) и навън (характеризират се от произведеното, както и от отделените отпадъци и замърсяване в околната среда). Обикновено след употребата на даден продукт неговият полезен живот приключва и той завършва на сметището. В тази ситуация се стига до две основни отрицателни последици. От икономическа гледна точка е налице пропусната полза да се усвои остатъчната икономическа стойност на вложените потоци. От екологична гледна точна продуктът се превръща в отпадък, който води до замърсяване на почвите, водите и въздуха особено в случаи, когато съдържа токсични съставки и не е третиран по безопасен начин.

Кръговата икономика прави опит да преодолее недостатъците на действащия модел, черпейки вдъхновение от начина на работа на екосистемите. В тях отпадък на практика не съществува и всичко се трансформира в ресурс за нов процес (Желязкова, 2020). По аналогия с веригата на стойността в кръговата икономика има цикъл на стойността. Той включва биологичен и технически цикъл в зависимост от характера на съответните материали. Системата на кръговата икономика може да бъде графично представена с така наречената *„пеперудена диаграма“* или *‘Butterfly Diagram’* (фиг. 1), разработена от Фондация Елън МакАртър въз основа идеите на Браунгарт и Макдона (EMF, 2023c). Диаграмата проследява потоците биологични и технически материали в цикъла на стойността:

- Биологичният цикъл включва потока възобновяеми материали, при които всички компоненти са безопасни и напълно разградими в околната среда. Биоматериалите се преобразуват от една форма в друга и могат да се възстановяват по време на цикъла. Някои от тях могат да бъдат поддържани, използвани повторно, поправяни и понякога дори рециклирани, но накрая винаги могат да бъдат върнати в природата, без да

представляват опасност. Биоматериалите, които се създават или използват еднократно, могат да бъдат компостирани или анаеробно усвоени. В процеса се добиват ценни хранителни вещества (азот, фосфор, калий и др.), които могат да бъдат използвани за възстановяване на почвите.

- Техническият цикъл включва материалите с крайна наличност, които не могат да се разградят самостоятелно. Техническите материали обаче могат да се използват многократно или неограничено, като излизат от състава на един продукт и влизат в състава на друг. Стойността на тези продукти се запазва във времето чрез поддръжка, поправка, обновяване, повторна или споделена употреба. Когато вече не могат да бъдат използвани, отделните компоненти могат да се преработят или разбият на съставни материали с цел рециклиране. То винаги се разглежда като краен вариант в контекста на кръговата икономика, тъй като при него се губи вложената стойност. Въпреки това тази последна стъпка е особено важна, защото удължава живота на материалите в икономиката и не позволява те да се превърнат в отпадък.



Фигура 1. Схема на кръговата икономика.

1.2.1. Принципи на кръговата икономика

Фондация Елън МакАртър извежда три основни принципа, които кръговата икономика съблюдава (EMF, 2023d):

1) Възстановяване на природата

   С прехода от линейна към кръгова икономика фокусът се измества от добив на суровини към възстановяване на природния капитал. Кръговата икономика черпи вдъхновение от природата и с развитието на близки до нейните механизми, тя подпомага естествените самооздравителни процеси. Поддръжката на продукти и материали в употреба максимално дълго забавя и намалява първоначалния добив, а икономическата система се захранва с възобновяема енергия от щадящи околната среда източници.

2) Кръговрат на продукти и материали

   В кръговата икономика дизайнът се ръководи от правилото, че материалите трябва да останат в системата максимално дълго, за да се съхрани тяхната стойност. Следователно техническите материали участват в кръговрата, като се използват повторно, споделят се и се поддържат, поправят, обновяват, преработват, а в краен случай се рециклират. Биологичните материали, от друга страна, се връщат обратно в природата и участват в нейното възстановяване. Дизайнът е ключов по отношение на втория принцип, тъй като продуктите трябва да бъдат проектирани с оглед последващо разглобяване. Техническите и биологичните компоненти следва да бъдат лесно отделими едни от други, така че да се улесни по–нататъшната им обработка.

3) Предотвратяване на отпадъка и замърсяването

   Тъй като ресурсите на планетата са ограничени, системата *„вземи – произведи – изхвърли“* не е ефективна в дългосрочен план. Проблемът и неговото решение са заложени в дизайна на продуктите. Повечето от тях се проектират по начин, който не позволява разделянето им на съставни части, а това означава, че не могат да бъдат повторно използвани, рециклирани или компостирани. Накратко, те са създадени за еднократна употреба и са готови да се превърнат в отпадък. Затова отпадъкът е концепция, създадена от човека, която в природата на практика не съществува. Третият принцип на кръговата икономика е стъпка към затварянето на цикъла и

предотвратяването на отпадъците още на етап проектиране. Той предполага, че несъвършенствата в дейностите по осигуряване на храна, енергия, транспорт, жилища, образование, здравеопазване и забавления трябва да бъдат открити, проучени и препрограмирани, така че да се намалят значително отрицателните външни ефекти.

Трите основни принципа на кръговата икономика спомагат да се оформи система (EMF, 2015), която се характеризира с:

1) Нулев отпадък

   В съвършения вариант на кръговата икономика отпадък не съществува и тази идея е заложена още в замисъла на продуктите. Нетоксичните биоматериали се връщат в почвата под формата на компост, а техническите материали (например сплави и полимери) се възстановяват и преработват с минимален разход на енергия и максимално съхранение на стойността.

2) Диверсификация

   Разнообразието е основна движеща сила за кръговата икономика, тъй като в естествените екосистеми то е жизненоважно по отношение способността за приспособяване и оцеляване на организмите. В кръговата икономика се осъществява симбиоза между мащабните бизнеси, които гарантират голям обем производство и икономии от мащаба, и малки проекти, които ги подпомагат или могат да осигурят алтернатива в случай на непредвидени обстоятелства.

3) Възобновяеми енергийни източници

   Възобновяемата енергия, която следва да захранва кръговата икономическа система, е неин основен стълб, но често остава на заден план в обсъждането на концепцията и анализа на показателите за кръгово развитие. Кръговата икономика е възобновителна система по своята същност и цели да намали ресурсната зависимост както от материални, така и от енергийни източници. Замяната на конвенционалните източници на енергия с възобновяеми прави икономиката по–устойчива и способна да устоява на шокове, свързани с ресурсната наличност.

4) Системен подход

   Подобно на живите организми една икономика се състои от огромен брой градивни частици под формата на бизнеси, структури и отделни индивиди, които образуват

сложни системи, взаимодействащи помежду си. Промяната само в един компонент би могла да окаже сериозен ефект върху цялото, затова за успешния преход към кръгова икономика е необходимо постоянно да се наблюдават и анализират различните взаимодействия и причинно–следствени връзки.

5) Ценови механизъм за обратна връзка

   Кръговата икономика отчита отрицателните външни ефекти, до които водят различни практики, стоки или услуги, и ги отразява в техните цени. По този начин цените се превръщат в средство за обратна връзка, което отчита реалните разходи. За да бъдат обаче те ефективен инструмент, е необходимо има информация и да могат да се оценят всички негативни последици. За съжаление, в действителност това е трудно постижимо.

1.2.2. Стратегии на кръговата икономика

Кръговите бизнес стратегии спомагат за стесняването на ресурсния цикъл (по–добри производствени резултати с по–малко ресурси), но са предимно насочени към забавянето му (по–дълъг продуктов живот и повторна употреба) и най–вече неговото затваряне (предотвратяване на замърсяването и кръговрат на всички ресурси) (Bocken et al., 2016). Освен класическите 3R (reduce, reuse, recycle) и 4R (reduce, reuse, repurpose, recycle) в научната литература се срещат и допълнителни кръгови стратегии. Потинг и съавт. например разграничават цели 10 стратегии: отказ, преосмисляне, намаляване, повторна употреба, поправка, обновяване, преправяне, употреба за друга цел, рециклиране и възстановяване (refuse, rethink, reduce, reuse, repair, refurbish, remanufacture, repurpose, recycle, recover) (Potting et al., 2017). Кръговите стратегии могат да бъдат групирани помежду си в зависимост от това дали са насочени към съхранение на функции, продукти, компоненти, материали или вплътена енергия. Така стратегиите могат да подпомогнат бизнеса с иновации извън съхраняването единствено на продукти и материали, като същевременно запазят вложената енергия и насърчат мултифункционалността и интензивната употреба. При липса на подходящи кръгови стратегии вече може да се премине към изгаряне с цел възстановяване на енергия или депониране, но само като краен вариант (Moraga et al., 2019).

Въз основа на редица задълбочени проучвания в областта на кръговата икономика Arup и Фондация Елън МакАртър изработват специфична рамка, която да подпомогне

правителствата и бизнесите в създаването на кръгови стратегии и инициативи за растеж. Рамката ‘ReSOLVE’ (EMF, 2015) обединява трите принципа на кръговата икономика и предлага как те могат да бъдат приведени в действие, за да се подобрят отделни сфери или цели бизнеси и сектори да се трансформират в устойчиви. Рамката включва шест стъпки:

1) Възобновявай (Regenerate)

   На тази стъпка се осъществява преход към възобновяеми енергия и материали, спира се разрушаването на естествените екосистеми и се предприемат стъпки по тяхното съхраняване и възобновяване. В процеса всички възстановени биологични ресурси се връщат на биосферата. Дейностите по поддръжка и възстановяване на природния капитал включват заместване на изкопаемите горива с възобновяеми енергийни източници, залесяване и др.

2) Споделяй (Share)

   Един от начините да се удължи полезният живот на продукти и материали е те да се използват максимално дълго от възможно най–голям брой потребители чрез повторна употреба и споделяне, така че да се намали необходимостта от покупка с цел притежание и да се ограничи времето на престой. Предпоставки за ефективността на този процес са устойчивият дизайн на продуктите, възможността им да се надграждат и редовната им поддръжка.

3) Оптимизирай (Optimise)

   Оптимизационната стратегия отново е тясно свързана с проектирането на продуктите. В дизайна следва да се заложат характеристики, които подобряват представянето и ефективността и предотвратяват отпадъците от производството и по веригата на доставка. За целта компаниите могат да се възползват от преимуществата на управлението на големи масиви от данни, автоматизация и отдалечен контрол и управление.

4) Циркулирай (Loop)

   В сърцето на кръговата икономика, разбира се, е кръговратът на продукти и материали. Циркулацията на технически компоненти включва тяхната поддръжка, преправяне и евентуално рециклиране, докато биологичните материали биват компостирани и от тях могат да се извлекат биохимикали, които да намерят друго приложение.

5) Виртуализирай (Virtualise)

   Виртуализацията е от съществено значение, за да се намали употребата на ресурси и те да се влагат само там, където е най–необходимо. Дематериализацията на стоки и услуги може да се прояви чрез придобиване на електронната версия на даден продукт (електронни книги, стрийминг на музика или филми) или чрез отдалечен достъп до услуга (онлайн административни услуги, онлайн пазаруване и др.).

6) Заменяй (Exchange)

   Замяната като кръгова стратегия се отнася основно до промяна в предпочитанията към стоки и услуги и преход от традиционни такива към техните по–иновативни и усъвършенствани версии. Това може да включва ориентиране към възобновяеми ресурси или модернизирани и по–ефективни невъзобновяеми материали, въвеждане на нови технологии за производство, които пестят ресурси, както и възползване от нови продукти или услуги, даващи възможност за споделяне и по–нисък разход на материали и енергия.

Една от важните цели на кръговите стратегии е продуктовият живот да бъде удължен с допускането, че това би довело до намаление на вложените енергия и материали. Необходимо е обаче освен да взема под внимание икономическите и екологичните аспекти, кръговата икономика да не пренебрегва и социалните, а именно ролята на работниците, клиентите и доставчиците. Затова мерките по повишаване на издръжливостта на стоките трябва да са придружени от съответните политики, които да преразпределят ползите от по–високата материална ефективност към останалите компоненти на икономическата система, в т. ч. да пренасочват работна ръка или да намаляват на работното време на служителите (Luzzati et al., 2022). Това е особено важно, тъй като някои от основните предизвикателства пред съблюдаването на принципите на кръговата икономика се дължат на липса на компетенции, нежелание за промяна на поведението или липса на интерес. За да бъдат успешни кръговите стратегии, промените трябва да вървят ръка за ръка с подходящи обществени политики, обучения и сътрудничество между пазарните участници (Tedesco et al., 2022). Едновременното ангажиране на всички заинтересовани страни и адекватното управление на фактори би довело до дългосрочни подобрения и успешен преход към кръгова икономика, а не само до краткотрайни и ограничени ползи.

1.2.3. Бизнес модели на кръговата икономика

Кръговата икономика вече започва да трансформира промишлеността в световен мащаб. Отначало системата се гради предимно от иновативни стартиращи компании, но днес вече големи международни структури започват да залагат в процесите си кръгови принципи, за да намалят своя енергиен и материален отпечатък и да повишат ефективността си. Преминаването към кръгови бизнес модели обещава икономически ползи от намаленото потребление на енергия и ресурси, наред със социални и екологични облаги, като нови работни места, кръгово използване на материали, избягване на отпадъците и създаване на продукти, които са по–безопасни за околната среда и човешкото здраве, използват се по–продължително и се рециклират по–лесно (Иванова, 2019).

В научната литература са изследвани между 20 (Lewandowski, 2016) и 26 (Lüdeke–Freund et al., 2018) съществуващи кръгови бизнес модела. В най–общи линии обаче се открояват 5 основни модела (Lacy et al., 2014). Те могат да се използват поотделно или да се комбинират помежду си, за да постигнат компаниите по–съществени подобрения в ресурсната си производителност и да намалят разходите и рисковете, като същевременно увеличат полезността, която потребителите извличат от продуктите. Така могат да се разграничат:

1) Кръгови доставки (Circular Supplies)

   Тези компании осигуряват възобновяема енергия, био–базирани или напълно рециклируеми суровини, които заместват материалите за еднократна употреба. Моделът спомага да се понижи зависимостта от изчерпаеми ресурси и едновременно с това да се намалят отпадъците от производството и потреблението. Обикновено моделът е най–полезен за компании, влагащи оскъдни ресурси или такива, чиято дейност нанася значителни вреди на околната среда.

2) Възстановяване на ресурси (Resource Recovery)

   Подобни бизнеси извличат повторно суровини или енергия от отпадъци и/или вторични продукти. Възстановяването на остатъчната стойност в края на полезния живот на продуктите и влагането ѝ в нови превръща отпадъците в ресурс с помощта на новаторски рециклиращи и подобряващи практики. Благодарение на тях вече е възможно да се възстанови почти всеки вложен материал до ниво, сравнимо с първоначалното или понякога дори по–добро от него. Тези бизнес модели се

основават на индустриална симбиоза и практики от типа *„от люлка до люлка“*, които позволяват на компаниите да ограничат загубите по веригата и да извлекат по–висока икономическа стойност от продукта. Моделът е подходящ за бизнеси с голям обем на производството или значителни количества вторични продукти, които могат да донесат допълнителни ползи.

3) Удължаване на продуктовия живот (Product Life Extension)

   Поддръжката на продуктите в състояние, годно за експлоатация максимално дълго, се извършва чрез поправка, усъвършенстване, преправяне или препродажба. По този начин се съхранява стойността във времето и се генерира допълнителен приход. Същевременно се пестят материали и енергия, като се подменят само отделни части вместо целия продукт. Моделът е особено подходящ за капиталово интензивни сектори например такива, които работят с индустриално оборудване.

4) Платформи за споделяне (Sharing Platforms)

   Този тип платформи целят да намалят времето на престой на продуктите, като увеличат максимално честотата им на използване чрез споделени употреба, достъп или вариант на съсобственост. Платформите за споделяне изграждат мрежа за сътрудничество между отделни потребители в лицето на хора и организации. Този тип бизнес модел обикновено се използва от компании, които нямат собствено производство, а управляват активи и целят да извлекат ползи от максимално дългата им употреба.

5) Продукт като услуга (Product as a Service)

   Компаниите могат да запазят собствеността върху своите продукти и да продават услугата *„ползване“*. Този бизнес модел е форма на споделяне, която осигурява алтернатива на необходимостта от притежание на дадени активи от потребителите. Вместо това те могат да ги използват еднократно или да ги наемат за по–продължителни периоди от време. Тъй като компаниите остават собственици на активите, те вече имат стимул да пренасочат усилията си от производствен обем към издръжливост и по–висока производителност, за да намалят разходите си и да продължат да генерират приходи за дълги периоди от време. Компаниите могат да се възползват от бизнес модела, когато поддръжката и управлението на продуктите им са сравнително скъпи и изискват специализирани умения.

Бизнесът се очертава като двигател на прехода към кръгова икономика. Огромните парични ресурси, които той управлява, до голяма степен диктуват хода на трансформацията. Било то чрез капиталови инвестиции, търговска дейност, научноизследователска и развойна дейност и най–вече чрез ефективно и екологично отговорно използване на ресурси, частният сектор притежава средствата, с които амбициозните цели на екополитиките могат да се постигнат в действителност (Иванова, 2018). Въпреки големия потенциал на кръговата икономика обаче настоящата система все още доминира, тъй като преходът е сложен и многопластов процес. Приложението на кръговата икономика в практиката се сблъсква с редица предизвикателства в социален, технологичен и производствен план. Въпросът кой ще плати цената за прехода е деликатен. Обикновено при подобни промени най–ощетени са потребителите. Завишените разходи при преструктуриране на производствата със сигурност ще повишат крайните цени. Същевременно самото субсидиране на кръгови дейности от държавния бюджет до голяма степен се финансира от данъци и такси (Стоичкова, 2020). В най–добрия случай разходите ще са завишени само в началото на прехода, тъй като кръговата икономика предполага оптимизиране на използването на ресурси и икономии в дългосрочен план. Резултатите обаче зависят от разнообразни фактори, като законодателство и регулаторна рамка (максимално улесняване на индустриалната симбиоза), технологичен напредък (най–вече устойчиво понижаване на цената и повишаване на качеството на възстановените ресурси), както и обществена осъзнатост (провокиране на желание за екосъобразно поведение и възползване от преимуществата на кръговата икономика). Технологичните иновации следва да вървят ръка за ръка със социалните като например промяна в потребителското поведение (Winans et al., 2017). Повишаването на осведомеността и популяризирането на кръговите бизнес модели като по–ниско рискови сред предприемачите също са част от политиките, които са необходими, за да се насърчи създаването на повече кръгови стоки и услуги (Al–Awlaqi & Aamer, 2022).

Под влияние на многото неизвестни бизнесът все още подхожда предпазливо към трансформацията на своите производствени модели. Преходът се забавя от ниското ниво на осведоменост, нежеланието за предприемане на съществени промени и излагане на рискове, финансовите предизвикателства, свързани с нови и скъпи технологии по спестяване на ресурси и опазване на околната среда, липсата на квалифицирана работна ръка и др. (Иванова, 2019). Задълбочените познания относно проектирането на кръгови бизнес модели

са предпоставка за ускорение на прехода, но за целта е необходимо да се изгради единна рамка, която да подкрепи всеки бизнес в трансформацията (Lewandowski, 2016). Тя е обвързана със значителни финансови инвестиции, но обикновено липсва методология за финансова оценка на прехода към новите бизнес модели (Kanzari et al. 2022). За да се намали броят неизвестни, са необходими критерии, по които да компаниите да преценят потенциалните рискове и да подберат най–ефективните стратегии за действие (Карпузова, 2022а). Необходимо е да се обърне и внимание на създаването на устойчива стойност, активна ангажираност от голям набор заинтересовани страни и дългосрочни перспективи за развитие (Geissdoerfer et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2017), за да се оползотвори пълният потенциал на кръговите бизнес модели по отношение на стесняване, забавяне, затваряне на ресурсния цикъл и дематериализация (Geissdoerfer et al. 2018).

1.3. Измерители на кръговата икономика

В прехода към устойчива кръгова икономика държавите и предприятията се нуждаят от подходящи индикатори, с които да проследяват напредъка. Под индикатор се има предвид количествен измерител на даден феномен. Концепцията за кръгова икономика предполага изместване на фокуса от прилагане и оценка на единични стратегии към оценка на разнообразни кръгови конфигурации, при които отделните стратегии работят в комбинация успоредно или последователно (Blomsma & Brennan, 2017). За целта конкретни показатели и други методи за оценка играят ключова роля за по–задълбоченото разбиране на процесите и техните резултати. Проследяването на напредъка на прехода към кръгова икономика позволява на страните да правят сравнения помежду си и да се учат от опита на най–добрите, като идентифицират успешни устойчиви стратегии, поставят си разумни цели и разработват подходящи политики.

1.3.1. Индикатори за измерване на прехода към кръгова икономика

Широкият обхват на концепцията за кръгова икономика, липсата на еднозначно и изчерпателно определение за нея и зависимостта ѝ от разнообразни фактори я правят трудна за оценка. Научната литература и практиката изобилстват от кръгови показатели, което прави почти невъзможна мисията да се открие един единствен измерител за това колко е кръгова дадена икономика или система. Същевременно пренебрегването на някои аспекти може да прехвърли товара от един системен компонент към друг и това да доведе до нови проблеми.

Съществуват редица проучвания върху различните кръгови индикатори, тяхната класификация и групирането им в специализирани рамки за мониторинг, които са в полза на изследователите, бизнеса или националните и регионалните институции. Саидани и съавт. например разглеждат 55 кръгови индикатора, разпределени в 10 категории, сред които ниво на приложение (микро, мезо и макро), етапи от кръговия цикъл (повторна употреба, поддръжка, преправяне, рециклиране), обхват (общ или секторен) и др. (Saidani et al., 2019). Пархоменко и съавт. предлагат таксономия от 63 измерителя, отнесени към ресурсната ефективност, продуктите, материалните запаси и материалните потоци, където се оказва, че

много малко индикатори се фокусират върху продуктите или съхраняването на стойността във времето (Parchomenko et al., 2019). Де Паскале и съавт. пък идентифицират 61 измерителя на микро, мезо и макро ниво (De Pascale et al., 2021).

Според Гизелини и съавт. на микро ниво кръговата икономика предполага възприемането на екодизайн и чист производствен процес (Ghisellini et al., 2016). Освен че носи екологични ползи, чистото производство облагодетелства компаниите и финансово, тъй като понижава разходите им за справяне с образувания отпадък. Авторите посочват, че мезо нивото засяга създаването на еко–индустриални паркове. Това могат да бъдат иновативни индустриални паркове, работещи на принципа на индустриална симбиоза между разнообразни индустрии, свързани в мрежа. В подобна система се цели извършването на цялостни подобрения в екологичната ефективност, свеждане на отпадъка до минимум и затваряне на цикъла. На макро ниво (градове, държави, региони) се наблюдават по–забележителни резултати по отношение създаването на еко градове и пълното отделянето на растежа от употребата на изчерпаеми ресурси в някои производства и сектори (предимно в Европа и Китай).

На различните нива обаче се забелязва дисбаланс между трите стълба на устойчивото развитие и затруднения при свързването на микро с макро нивото, чиято функция се пада на бурно развиващото се мезо равнище (Harris et al., 2021; Hatzfeld et al., 2022; De Oliveira & Oliveira, 2023). Същевременно липсва общо разбиране за това как да се измери и отечете напредъка към кръгова икономика особено на микро ниво (Elia et al., 2017). Показателите често отразяват икономически аспекти и адресират само отчасти екологичните, като се фокусират върху справянето с продукта в края на полезния му живот, в т. ч. преработка и рециклиране, но по–рядко отразяват ресурсната ефективност или начините за удължаване на продуктовия живот (Kristensen & Mosgaard, 2020; Matos et al., 2023). Друг съществен недостатък се оказва, че в основната си част индикаторите са асоциирани със съхраняването на материали (Moraga et al., 2019). Това измерение обаче пренебрегва до голяма степен енергийния аспект, управлението на земите и водите, влиянието върху околната среда, както и различни институционални и социални фактори, които са от особен интерес за кръговата икономика (Corona et al., 2019; Llorente–González & Vence, 2019; Moraga et al., 2019; Moraga et al. 2021). Индикаторите, проследяващи материали, са по–лесно разбираеми, но съобразяването единствено с тях може да доведе до намаляване на употребата на материали за сметка на социалното, икономическото и екологичното благополучие (Corona et al., 2019).

Една от многото причини за това е, че измерителите на ресурсна ефективност например отчитат намалението в използваните суровини, но не са пряко свързани с кръговрата на продукти и материали (Bocken et al., 2016).

1.3.2. Рамки за наблюдение и отчитане на прехода към кръгова икономика

Отделните кръгови стратегии и проследяването на многобройни показатели не могат да обхванат цялостно напредъка на кръговата икономика. Обикновено рамките за мониторинг не са способни да оценят едновременно колко кръгови са продукти, процеси, организации, държави или региони (Ahmed et al., 2022; Cagno et al., 2023). Това може да доведе до приоритизиране само на конкретни аспекти и прехвърляне на товара върху други. Затова е необходимо към случая да се подходи многостранно. Все още обаче няма общоприета рамка за мониторинг на прехода, която да отчете напредъка по отношение на всяка една кръгова цел. Така например кръговите индикатори са насочени към измерване на използваните природни ресурси, но малко от тях отбелязват дали те са оскъдни или от критично значение. По същия начин издръжливостта и продължителната употреба остават на заден план наред с добавената икономическа и социална стойност и значението на потребителската ангажираност. Основна причина за липса на единодушие относно ключовите показатели, които трябва да бъдат включени в една подходяща рамка, е самата липса на конкретно определение за кръгова икономика и елементите, които тя задължително съдържа (Llorente–González & Vence, 2019).

Научната литература изобилства от варианти на рамки за мониторинг. Майер и съавт. например предлагат рамка, фокусирана върху материалите (Mayer et al., 2018). Пархоменко и съавт. представят рамка, която оценява продукти и процеси на микро, мезо и макро ниво (Parchomenko et al., 2019), а Ахмед и съавт. създават своя рамка със същите нива, но която позволява включването както на количествени, така и на качествени индикатори (Ahmed et al., 2022). Райх и съавт. на свой ред добавят социални и екологични измерители заедно с материалните, за да обезпечат всички кръгови принципи (Reich et al., 2023). Каньо и съавт. пък разработват интегрирана, многопластова и мащабируема рамка (Cagno et al., 2023).

Тази рамка обхваща жизненоважни аспекти и в нея са заложени:

- основни елементи на устойчивото развитие, кръговата икономика и индустриалната симбиоза чрез подбор на най–добре приложимите индикатори, отразяващи характеристиките на всяка концепция;
- възможност за приложение на различни нива (от единични бизнеси до цели вериги за доставка);
- приспособимост към различни бизнеси и техните индивидуални характеристики (например размер или степен на осведоменост) чрез разработване на разширена версия (с 91 включени индикатора) за по–мащабни инициативи и редуцирана базова версия (с 52 включени индикатора) за фирми с ограничени ресурси и осведоменост.

Преимущество на този тип рамка според авторите и експерименталните предприятия е, че тя представя всичко основно от трите стълба, като спомага за преодоляване на противоречията между принципите им, съдейства за определяне на ясни цели и предлага удобство и лесна употреба.

Инструментите за измерване на това колко кръгова е една икономическа система могат да бъдат категоризирани в две основни групи: национални и частни инструменти на макро ниво и бизнес инструменти на база дейности или продукти (European Commission, 2018a). В отделни случаи държавите са разработили свои собствени национални рамки за мониторинг, които са предимно основани на сметките за материалните потоци и данни за управлението на отпадъци. Данни за националните показатели обикновено се събират от националните статистически институти, които обработват сметки за материалните потоци, макроикономически данни и данни за отпадъците. Анализите на секторно или национално ниво обаче не могат да дадат достатъчно ясна представа за бизнесите и техните продукти. Поради тази причина на микро ниво главна роля играят материалните сметки и анализа на жизнения цикъл (LCA), които вземат предвид основополагащи за кръговата икономика аспекти като продуктов дизайн, съвместни бизнес модели, обратна логистика и др. Подобни инструменти могат да оптимизират дейностите в бизнеса и да създадат подходяща база за сравнения и рейтингова система, която откроява най–добрите в бранша.

Към момента съществуват и продължават да се развиват три основни метода за наблюдение на физическите потоци на макро ниво (Kalmykova et al., 2018):

1) Анализ на материалните потоци (MFA)

   При него се анализират физическите потоци на материали към, през и извън дадена система. Методът може да се прилага на ниво продукти, фирми, сектори, региони и цели икономики и позволява да се идентифицират агентите, ръководещи съответните потоци, което може да помогне в разработването на политики и конкретни стимули. Приема се, че MFA е най–гъвкав, лесен за приложение и добре развит до момента, затова се използва активно в индустриалната екология. Негов основен недостатък обаче е, че измерва масата на потоците, което дава информация за количествата използвани ресурси, но не и за тяхното качество или оскъдна наличност. Проблеми могат да възникнат и по отношение на несигурността и липсата на достатъчно информация (Corona et al., 2019). Версия, позната като Хибриден MFA–LCA, интегрира и оценка за околната среда (Goldstein et al., 2013, Lavers et al., 2017). При оценката на жизнения цикъл (LCA) се оценяват въздействията, свързани с входящите и изходящите потоци от материали и енергия на всички етапи от живота на даден продукт или услуга. Обект на LCA могат да бъдат разнообразни категории като въздействията върху ресурси (използване на изкопаеми горива, земя и вода), екосистеми (еутрофикация[7], окисляване и екотоксичност) или човешкото здраве (Corona et al., 2019). Комбинацията MFA–LCA позволява по–задълбочено и цялостно установяване и описание на външните ефекти, което е един от основните принципи на кръговата икономика.

2) Анализ вход–изход (IO)

   Разширената версия на този метод се счита за най–изчерпателния способ за оценка, тъй като едновременно разглежда икономическите измерения и дава възможност да се остойностят въздействията върху околната среда по веригата на стойността (Genovese et al., 2017). Националните данни, необходими за този тип анализ, обаче

[7] Еутрофикацията е процес на увеличаване на съдържанието на хранителни вещества (предимно азот и фосфор) във водните басейни, което засилва цъфтежа на водорасли. Този процес може да бъде естествен или антропогенен (свързан със замърсяване от селското стопанство и отпадъчни води). Последиците от еутрофикацията могат да доведат до намаляване на биоразнообразието, тъй като прекомерният растеж на водорасли блокира достъпа на слънчева светлина, а гниенето им ограничава кислорода във водата.

често се свеждат до няколко икономически сектора, което ограничава възможностите му за наблюдения върху кръговата икономика.

3) Анализ на вплътената енергия (EmA)

   Вплътената енергия е енергията, използвана пряко или косвено за производството на стока или услуга. За целта на анализа трябва да се уеднаквят мерните единици на входната енергия от различни потоци. Като единна мерна единица се приема слънчевата енергия, необходима за производството на единица вложена енергия. Методът все още не е добре развит и липсва унифицирана теория (Geng et al., 2013). За да се оцени цялостно ефективността на кръговите мерки, този метод трябва да бъде допълнен със средства за екологична и икономическа оценка.

1.4. Основни изводи от Глава 1

Първата глава на настоящата монография проследява концепцията за кръгова икономика от нейното възникване до съвременното ѝ развитие. Бурното навлизане на редица идеи, свързани нея, в политиката, икономиката и науката създава огромен масив от знания по темата. Тези знания обаче остават фрагментарни и все още не успяват да обхванат напълно същността на концепцията, за да я представят по структуриран начин, предполагащ ясно тълкуване, задълбочено разбиране и лекота на оценяване. Въз основа на многобройните опити да се даде стандартизирано определение за кръгова икономика, в Глава 1 е изведена нова работна дефиниция. Обобщени са основните принципи, стратегии и бизнес модели на кръговата икономическа система и е обърнато специално внимание на разнообразните показатели за отчитане на прехода към кръгова икономика, как те са организирани в различни рамки за мониторинг и какви са техните предимства и недостатъци.

На преден план се откроява дисбаланс между отделните измерения на кръговата икономика. Именно той я отдалечава от устойчивото развитие, с която тя е неразривно свързана. Това често може да доведе до противоречиви взаимодействия помежду им, липса на единна цел и разминаване в отговорностите на заинтересованите страни. Един от основните недостатъци в случая е, че когато става дума за кръгова икономика, вниманието най–често попада върху икономически или материални измерения и така се нарушава равновесието с другите ѝ системни компоненти, като енергия и общество. Това ограничено разбиране дава отражение, както върху използваните рамки за мониторинг и включените в тях измерители, така и върху избора на подходящи стратегии и разработването на законодателство относно кръговата икономика, както ще стане още по–явно в Глава 2.

За да се превъзмогнат голяма част от предизвикателствата, свързани с концептуализацията, прилагането на икономическия модел на практика и изграждането на всеобхватна рамка за наблюдение, е необходимо държавата, бизнесът, науката и обществото да имат ясно определени отговорности. По модела на индустриалната симбиоза те следва да си взаимодействат в прехода, така че заинтересованите страни осигурят адекватно и балансирано управление на ангажираните фактори. Само така би било възможно кръговата икономика да постигне съвременната си мисия за отделяне на икономическия растеж от употребата на оскъдни ресурси и в дългосрочен план.

Глава 2.

Институционална рамка на прехода към кръгова икономика в ЕС

Корените на концепцията за кръгова икономика са европейски, но темата набира известност най–вече благодарение на китайски автори, които изследват ефектите от прилагането на свързаните с нея регулации в страната (Geissdoerfer et al., 2017). Проучване от 2022 г. обаче разкрива, че настъпва промяна в лидерството и Европейският съюз придобива доминираща роля в научните публикации в областта (Alcalde–Calonge et al., 2022).

Разнообразните възприятия относно концепцията за кръгова икономика и нейният мулти и интердисциплинарен характер водят до липсата на ясен фокус, както в научната литература, така и в практическите приложения на модела. Една от най важните стъпки към ограничаване на фрагментарността на познанието в областта е правилната комуникация до заинтересованите страни чрез подходящо остойностяване на ползите и недостатъците от внедряването на подобен вид икономическа система (Димитрова, 2020). Реалните действия по осъществяване на прехода към нея обаче също се различават в отделните държави. В някои страни, като Китай и Япония, кръговата икономика е в центъра на икономическия живот и е обезпечена с подробно разписана законодателна рамка, която определя правата и задълженията заедно със съответните стимули и санкции, касаещи отделните икономически единици (Zhelyazkova, 2020). В тези страни са силно застъпени и публично–частните партньорства, които допълнително насърчават разпространението на кръгови практики (Тодоров, 2022).

Китай още в началото превръща кръговата икономика в национална политическа стратегия, прилагана отгоре надолу в индустриален и социално–икономически план (Naustdalslid, 2014). Страната поставя акцент върху чистите производствени и потребителски практики наред с намалена употреба на суровини, повторна употреба и

рециклиране (Preston, 2012, p. 3), доближавайки се максимално до концепцията за индустриална екология. В други части на света, като Европейския съюз, САЩ и Япония, концепцията е инструмент за моделиране на политики за управление на отпадъците и опазване на околната среда, задвижвани отдолу нагоре (Ghisellini et al., 2016). Там кръговата икономика предполага възприемане на устойчиви политики и инструменти, чисти производствени технологии на ниво компании, повишаване на потребителската и потребителската осведоменост и ангажираност и др. И при двата подхода крайна цел остава отделянето на икономическия растеж от употребата на изчерпаеми ресурси, но въпреки амбициозните цели, които си поставя Европейският съюз, той все още разработва по–детайлно законодателство и държавите членки в общи линии се придържат към собствените си принципи и приоритети (Zhelyazkova, 2020). За да бъде осъществена желаната промяна обаче, е необходимо да се възприеме единен подход към прехода, който да действа на местно, национално, регионално и световни ниво (Карпузова, 2022б).

Европейският метод за преструктуриране на системата се доближава най–силно до затворения икономически модел на Стахел и модела *„от люлка до люлка“*, разработен от Браунгарт и Макдона (Wautelet, 2018). Докато бизнес общността и организации като Фондация Елън МакАртър значително допринасят за популяризирането на концепцията, то в практически план в ЕС основна роля играе законодателството. Едни от първите законодателни промени настъпват в Германия със Закона за обезвреждане на отпадъците (‘Waste Disposal Act’) от 1976 г. (Mohajan, 2021) и Закона за затворения цикъл на веществата и управлението на отпадъците (‘Closed Substance Cycle and Waste Management Act’) от 1996 г. (IISD, 2023). В последния е заложена концепция, която по–късно може да се открие под наименованието *„замърсителят плаща“* в Директивата относно отпадъците от 2008 г. Според този закон всеки, който произвежда, пуска на пазара или консумира дадено благо, е отговорен да предотврати образуването на отпадък или да предприеме необходимите мерки за повторна употреба, рециклиране и обезвреждане на вече образувания отпадък.

Устойчивостта в употребата на природни ресурси излиза на преден план през 2005 г. в Тематичната стратегия за устойчиво използване на природните ресурси (ЕС, 2005). Стратегията формулира за своя цел отделянето на икономическия растеж от употребата на изчерпаеми ресурси или иначе казано — намаляване на екологичното въздействие от използването на природни ресурси, докато същевременно се подобрява цялостната ресурсна

производителност на европейската икономика. Ефективното използване на ресурси е по–късно заложено и във възприетата през 2010 г. Стратегия за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж (ЕК, 2010) и Пътната карта за ефективно използване на ресурсите в Европа от 2011 г. (ЕК, 2011). Стратегията очертава пет основни цели до 2020 г., които засягат заетостта, научноизследователската и развойна дейност, социалните неравенства и не на последно място източниците на енергия и климатични промени. Тя посочва пътя към преодоляване на последиците от икономическата криза, смекчаване на неравенствата и осигуряване на устойчив икономически растеж. Седмата програма за действие за околната среда „Да живеем добре в пределите на нашата планета“ (2014 – 2020 г.) на свой ред определя три основни области от интерес, а именно: опазване и подобряване на природния капитал, преход към нисковъглеродна и ресурсно ефективна икономика, както и постигане на нетоксична околна среда, която да не вреди на човешкото здраве (ЕП, 2013).

Развитието на кръговата икономика не само в Европейския съюз, но и в световен план все още обаче се намира в ранен етап и е насочено предимно към рециклирането, а не към повторната употреба. В сектори като управлението на отпадъци например много развити страни показват завидни резултати по отношение степента на рециклиране (Ghisellini et al., 2016). Редицата опити за създаване на подходящи индикатори за отчитане на напредъка водят до разработването на Пътна карта за ефективно използване на ресурсите през 2014 г. (‘Resource Efficiency Scoreboard’) (European Parliament, 2015) и Пътна карта за използване на суровините (‘Raw Materials Scoreboard’) през 2016 г. (European Commission, 2016). Ресурсната производителност и ресурсната ефективност обаче не са измерители, които напълно удовлетворяват търсенето на подходяща мярка за това колко кръгови са икономиките, тъй като вместо цикличност отчитат единствено намалена употреба (Bocken et al., 2016). На практика целта на ресурсната производителност е да се произведе по–голямо количество с дадени или с по–малко ресурси, а по този начин се пренебрегва основен принцип на кръговата икономика — да се поддържат материалите и продуктите възможно най–дълго в системата.

В последствие фокусът се насочва към контрол над ефективността на затворения материален цикъл на всяка стъпка от веригата на доставка (производство, разпространение и потребление) (Wautelet, 2018). Така през 2015 г. Европейската комисия представя първия си пакет от мерки за прехода към кръгова икономика (ЕК, 2015) с цел да *„затвори цикъла“*.

Следва разработването на Рамката за наблюдение на прехода към кръгова икономика през 2018 г. (European Commission, 2018b) и надграждането на първоначалните намерения на Комисията до Плана за действие за прехода към кръгова икономика от март, 2020 г. (ЕК, 2020). Новата Осма програма за действие за околната среда до 2030 г. на свой ред залага шест приоритетни цели, сред които вече изрично се споменава кръговата икономика във връзка с осигуряването на възстановителен икономически растеж (ЕП, 2022).

2.1. Европейско законодателство относно кръговата икономика

Плановете по отношение прехода към кръгова икономика в ЕС целят да подпомогнат държавите членки, като установят подходяща законова уредба, предложат конкретни мерки, които правителствата могат да предприемат, и осигурят насърчаващи финансови инструменти и рамки за наблюдение на напредъка. Плановете предвиждат страните членки да възприемат собствени национални стратегии и одитът на Европейската сметна палата от 2023 г. показва, че към юни 2022 г. вече почти всички държави от ЕС са готови с националните си планове или са в процес на изготвяне, а някои от тях дори са подготвили регионални и/или градски стратегии (ЕСП, 2023).

Още в първите си стъпки към прехода Европейската комисия формулира концепцията за кръгова икономика по следния начин:

„Кръговите икономически системи съхраняват вложената в продуктите стойност възможно най–дълго и предотвратяват отпадъка. Тези системи запазват ресурсите в икономиката, когато продуктът достигне края на живота си, така че те да могат да бъдат ефективно използвани отново и отново и да продължат да създават стойност. Преходът към по–кръгова икономика изисква промени по веригите на стойността, от продуктовия дизайн до нови бизнес и пазарни модели, от нови начини за превръщане на отпадъка в ресурс до ново поведение сред потребителите. Това предполага пълна системна промяна и иновации не само по отношение на технологиите, но и по отношение на организацията, обществото, финансовите механизми и политиките. Дори в кръгова икономика от висок клас биха се запазили елементи на линейност, тъй като са необходими природни суровини и остатъчният отпаден материал е нужно да бъде изхвърлен.“

(European Commission, 2014, p.2)

Планът за действие на Европейската комисия относно кръговата икономика е актуализиран през март 2020 г. и надгражда първоначалния план от 2015 г. Той е съществен компонент от Европейския зелен пакт (ЕК, 2019) и ключ към осъществяването на основните цели на ЕС, а централна тема в него е *„затварянето на цикъла“* (ЕК, 2020). Планът следва общите принципи на концепцията и задава конкретни количествени цели, за да се осъществи преход към кръгова икономика, която да отдели икономическото развитие от употребата на

изчерпаеми ресурси, да създаде нови устойчиви работни места и да доближи ЕС до постигането на целите за въглеродна неутралност до 2050 г. Планът се фокусира върху създаването на устойчиви продукти, предотвратяване и намаляване на отпадъците и замърсяването, защита правата на потребителите и повишаване на тяхната информираност, както и намаляване на ресурсната интензивност в приоритетните сектори (строителство, храни, текстил, пластмаси, опаковки, електроника и ИКТ, батерии и превозни средства). Значителна част от действията в плана са насочени към предотвратяване на отпадъците посредством мерки, засягащи проектирането и производството на продукти. Мерките предвиждат по–качествени, ефективни, безопасни и достъпни продукти, които имат по–дълъг период на употреба, предлагат възможност за поправка, а дизайнът им позволява по–високо качество на рециклиране в края на полезния живот. Производствените процеси следва да намалят зависимостта от първични суровини, да повишат ресурсната производителност и да сведат до минимум загубите и замърсяването.

Законодателната рамка по отношение на кръговата икономика постепенно се разширява във времето, като възприема допълнителни изисквания, целящи предотвратяването на отпадъци и изкачване нагоре по йерархията на тяхното управление посредством екодизайн, енергийна ефективност, ограничаване на опасните вещества в съдържанието и забрана на определени категории продукти. Главна роля в плана за кръговата икономика заема законодателството относно отпадъците. Рамковите директиви, засягащи проектирането на продукти и управлението на отпадъци, подпомагат постигането на заложените цели чрез предложения за конкретни действия и стимули в държавите – членки на ЕС, тъй като първата стъпка към предотвратяването на отпадъци е устойчивият дизайн, т. е. проектирането за по–дълъг полезен живот и отстраняването на токсичните вещества от съдържанието на продуктите. Именно проектирането на даден продукт предопределя около 80% от влиянието му върху околната среда (European Commission, 2012). В този смисъл основна роля играят директивите относно екодизайна[8] (ЕП, 2009) и относно ограничаване употребата на опасни вещества[9] (ЕП, 2011).

[8] Директива 2009/125/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 21 октомври 2009 година за създаване на рамка за определяне на изискванията за екодизайн към продукти, свързани с енергопотреблението.

[9] Директива 2011/65/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 8 юни 2011 година относно ограничението за употребата на определени опасни вещества в електрическото и електронното оборудване.

С първия документ се определят изисквания за устойчивото проектиране на продукти, които чрез функциите си влияят върху енергопотреблението. Те трябва да бъдат спазени, за да се пуснат в обращение и експлоатация продуктите. Целта е да се насърчи устойчивото развитие, като се повиши енергийната ефективност и се засили опазването на околната среда, докато се поддържа и подобрява сигурно снабдяване с енергия. Три години по–късно с изменение[10] (ЕП, 2012) се интегрират повече мерки за повишаване на енергийната ефективност и развитие на енергийния пазар в съответствие с целите на ЕС до 2020 г.

Ограничаването на употребата на опасни вещества, в частност при влагането им в електрическото и електронното оборудване, цели да защитава здравето на хората и околната среда, както и да обуслови по–лесното последващо третиране на генерираните отпадъци от производство и употреба на ЕЕО. През 2015 г. обхватът[11] на ограниченията в списъка с опасни вещества е разширен (ЕП, 2015).

Ключов проблем, свързан с продуктовия дизайн, който на практика не може да бъде навременно открит и доказан, е планираното остаряване (ЕСП, 2023). То ограничава полезния живот на продукти и материали чрез умишлено вграждане на дефекти още при проектирането им, така че те да излязат от употреба на по–ранен етап от живота си. Поради това Комисията насочва вниманието си към схеми, насърчаващи проектирането с цел издръжливост, както и възможностите за поправка и обновяване.

В случаите с вече образуван отпадък следва да се усъвършенства системата за управление на отпадъци, за да може тя да се справи приоритетно с хранителните отпадъци, електрическото и електронно оборудване, излезли от употреба МПС и др. Освен по–високата степен на рециклиране на подобен тип отпадъци се набляга на повишаване на качеството на процеса, така че да се добива по–качествен вторичен материал. За разпространението на рециклираните материали пък е необходимо разработването на ефективен европейски пазар за вторични суровини. Специално внимание се обръща на това рециклирането да се извършва на територията на страната, която генерира отпадъка, с цел ограничаване износа на отпадъци към трети страни.

[10] Директива 2012/27/ЕС на Европейския парламент и на Съвета от 25 октомври 2012 година относно енергийната ефективност, за изменение на директиви 2009/125/ЕО и 2010/30/ЕС и за отмяна на директиви 2004/8/ЕО и 2006/32/ЕО.

[11] Делегирана директива (ЕС) 2015/863 на Комисията от 31 март 2015 година за изменение на приложение II към Директива 2011/65/ЕС на Европейския парламент и на Съвета по отношение на списъка на ограничените вещества.

Законодателната рамка по отношение третирането на отпадъци в съответствие с опазването на човешкото здраве и околната среда стъпва върху директивата от 2008 г.[12] и изменящата я директива от 2018 г.[13]. Рамковата директива относно отпадъците е транспонирана в законодателствата на страните членки от декември 2010 г. (ЕП, 2008). Тя въвежда строга йерархия на управление на отпадъците, която следва линията: предотвратяване – подготовка за повторна употреба – рециклиране – друго оползотворяване (пр. добив на енергия) – обезвреждане (депониране). Директивата утвърждава принципа *„замърсителят плаща“*. Съгласно него причинителят на вреди за околната среда носи отговорност за тяхното предотвратяване или отстраняване, като обезпечи всички свързани дейности и разходи. Дефинирани са видовете вреди и конкретните действия, както и изключенията от принципа. Допълнително понятие, което директивата въвежда, е *„разширена отговорност на производителя“*. Упражняването на разширена отговорност задължава производителите или вносителите на замърсяващи продукти да приемат обратно съответните продукти или отпадъците от употребата им и да поемат разходите по тяхното природо– и законосъобразно третиране. Съблюдаването на директивата изисква да се разработят национални планове за управление на отпадъците и стратегии за тяхното предотвратяване с фокус върху опасни отпадъци, отработени масла и биоотпадъци. Целите за рециклиране до 2020 г. са 50% за ТБО и 70% за отпадъци от строителство и събаряне на сгради. Към съответната година на редица места тези цели обаче не са достигнати.

Изменението от 2018 г. (ЕП, 2018) допълва директивата с мерки, заложени в плана за кръговата икономика. То е транспонирано в законодателството на страните членки от 5 юли 2020 г. и отново акцентира върху предотвратяването на отпадъци, устойчивото производство и потребление, удължаването на продуктовия живот и съхраняването на стойността на продукти и материали в икономиката. Зададени са минимални изисквания по отношение на разширената отговорност, както и примерни стимули, които да насърчат съблюдаването на йерархията на отпадъците. Такива например могат да са схеми от типа *„плащаш, колкото изхвърляш“*. Те се оказват особено ефективни, тъй като техни версии се прилагат във всички страни със степен на рециклиране над 45%, а там, където липсват, степента на рециклиране

[12] Директива 2008/98/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 19 ноември 2008 година относно отпадъците и за отмяна на определени директиви.
[13] Директива (ЕС) 2018/851 на Европейския парламент и на Съвета от 30 май 2018 година за изменение на Директива 2008/98/ЕО относно отпадъците.

често е под 20% (EEA, 2016). Справянето с хранителните отпадъци е основен приоритет. За тях се цели намаление с 30% до 2025 г. и с 50% до 2030 г. Целите за рециклиране на ТБО от предходната директива са актуализирани, както следва: 55% до 2025 г., 60% до 2030 г. и 65% до 2035 г. В допълнение, страните членки се задължават да създадат система за събиране на текстил и опасни отпадъци до 1 януари 2025 г., както и система за разделно събиране или рециклиране при източника на биоотпадъци до 31 декември 2023 г. По отношение на задължението за събиране на текстил и опасни отпадъци България например се справя по–рано от предвиденото, но системата за биоотпадъци все още остава в развитие.

Законодателството във връзка с намаляването и предотвратяването на отпадъци е допълнено през 2019 г. с мерки по отношение на пластмасовите продукти[14]. С цел намаляване на въздействието на определени пластмаси върху околната среда са формулирани правила, свързани с пластмасите за еднократна употреба, които са транспонирани в законодателството на държавите членки от 3 юли 2021 г. (ЕП, 2019). Съгласно тези правила от 2021 г. следва да са забранени изделията, които представляват около 86% от пластмасите, открити по бреговете на ЕС, в т. ч. клечки за уши, прибори за хранене (вилици, ножове, лъжици, пръчици), чинии, сламки, бъркалки за напитки, пръчки за балони, съдове за храна и напитки от експандиран полистирен и оксо–разградима пластмаса. Зададени са и цели за рециклиране на пуснатите в дадена година пластмасови бутилки за еднократна употреба и техните капачки: 77% до 2025 г. и 90% до 2029 г. При наличието на заместители е предвидено употребата на пластмасови артикули за еднократна употреба да се преустанови, а при липсата на такива да се намали до намирането на алтернатива. През 2023 г. ЕК предприема допълнителни мерки, този път с фокус върху микропластмасите, стараейки се да повиши информираността относно този вид замърсяване и да въведе ограничения върху умишлено добавените микропластмаси. За съжаление, години по–късно в много страни, в т. ч. и в България пластмасовите изделия за еднократна употреба все още са масово разпространени, а честа практика е те да се преетикират като изделия за многократна употреба.

[14] Директива (ЕС) 2019/904 на Европейския парламент и на Съвета от 5 юни 2019 година относно намаляването на въздействието на определени пластмасови продукти върху околната среда.

2.2. Европейска рамка за мониторинг на прехода към кръгова икономика

Рамката за наблюдение на прехода към кръгова икономика (CEMF) е въведена през 2018 г., след като е заложена още в първия ПДКИ от 2015 г. Нейното предназначение е да проследява напредъка и неговото съответствие с целите за устойчиво развитие до 2030 г. Европейската рамка за мониторинг е една от малкото, които наред с материалите, изпратени за рециклиране, отчита и тези, повторно захранени в икономиката, както и технологичния напредък под формата на брой патенти, свързани с иновативни технологии за рециклиране и възстановяване на материали (European Commission, 2018b). В основата си рамката се гради на метода за проследяване на физическите потоци (MFA), който се счита за най–зрял измежду останалите и позволява да се установят агентите, отговорни за управлението на отделните потоци. В случая се използва негов специфичен вариант, познат като EW–MFA (economy–wide material flow accounts) подход на сметките за материалните потоци в цялата икономика (European Commission, 2018a). Той позволява да се опишат взаимодействията на икономиката с околната среда и останалата част от света под формата на материални потоци (Eurostat, 2018a). Тази възможност сериозно подпомага разработването на политики и ангажирането на ключови фактори в тяхното провеждане. Друго преимущество е, че са налични времеви данни за конкретните показатели от последните десетилетия както на световно, така и на регионално ниво (Kalmykova et al., 2018).

2.2.1. Версии на Европейската рамка за мониторинг

Първоначалната версия на рамката е представена през 2018 г. и претендира, че обхваща основните компоненти на кръговата икономика. Тя е заимствана от Пътните карти за ефективно използване на ресурсите и за суровините, разработени по–рано от Комисията, и ги надгражда. Рамката включва 10 индикатора, разпределени в 4 категории, следващи в общи линии структурата на Плана за действие за кръговата икономика (ЕС, 2018b). Комисията прави първоначална оценка на индикаторите по категории, за да определи отправната точка за последващите си действия. По отношение на производството и потреблението Комисията отчита, че е постигнат известен напредък най–вече с генерирания отпадък. Разликите в представянето на страните членки в справянето им с различните материали обаче все още се

запазват големи. Управлението на отпадъци търпи положително развитие, но някои държави изостават сериозно. Третата група разкрива как въпреки че търговията с вторични суровини продължава да нараства, повторното захранване на материали в икономиката остава ниско. Ревизираната версия на Рамката е представена през май 2023 г. и включва ново пето измерение, отчитащо „Устойчивост и издръжливост“ (‘Sustainability and Resilience’) (Eurostat, 2023a):

1) Производство и потребление
2) Управление на отпадъците
3) Вторични суровини
4) Конкурентоспособност и иновации
5) Устойчивост и издръжливост

Последната, най–нова група разглежда индикатори за потребителски отпечатък, парникови емисии от производството, материална зависимост и материална независимост. Те също са предимно съсредоточени около материалното измерение, но засягат в по–голяма дълбочина социални и екологични аспекти. Добавянето на индикатора за потребителски отпечатък отбелязва сериозно подобрение в рамката, тъй като той дава възможност да се оценят екологичните последици от потреблението за всяка държава – членка на ЕС. Самият показател представлява събирателна на 16 LCA–базирани индикатора, които могат да бъдат проследени поотделно или като общ резултат и говорят за връзката с планетарните граници. В това число влизат индикации за климатичните промени, изчерпването на озоновия слой, еутрофикацията, земеползването, използването на водните ресурси и др. Климатичните промени са допълнително адресирани от индикатора за парникови емисии от всички производствени дейности (без да се отчитат емисиите на домакинствата, свързани с отопление, транспорт и др.).

Социалният аспект се проявява през индикаторите за образувани отпадъци на глава от населението, процент заети в сектори, свързани с кръговата икономика и потребителски отпечатък. Предприемачеството и иновациите намират изражение в индикаторите за частни инвестиции и брутна добавена стойност от сектори, свързани с кръговата икономика, както и брой патенти, свързани с рециклиране и вторични суровини.

Удължаването на живота на продукти и материали е засегнато до известна степен в раздела „Конкурентоспособност и иновации“, а също и от индикатора за принос на

рециклирани материали към търсенето на материали. Той отчита каква част от количествата даден материал, вложени в производството, идват от рециклиран скрап от края на продуктовия живот.

Специално внимание в рамката предстои да се обърне на зелените обществени поръчки. Специфичният индикатор ще отчита дела им в държавните разходи и ще дава информация за това как публичните средства допринасят към развитието на кръговата икономика. Той е процес на разработка и се очаква да бъде наличен през 2024 г. с първи данни за 2023 г., но в началото на 2025 г. все още липсва информация за него.

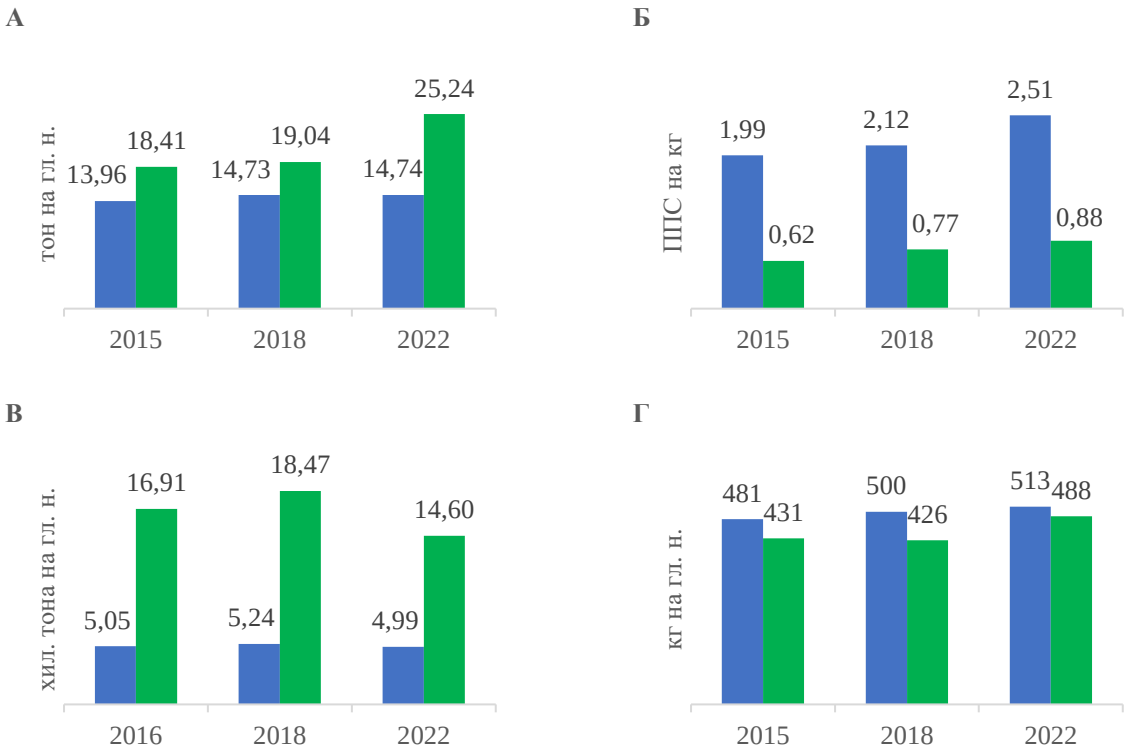
Според доклада на Европейската сметна палата плановете за кръгова икономика и спомагателните мерки повлияват в малка степен действията по отношение на прехода в страните членки и напредъкът е бавен. След ПДКИ от 2015 г. интересът към кръговата икономика в държавите членки се засилва, като по–голяма ангажираност се наблюдава от страна на правителствата. Европейското финансиране за периода 2014–2020 г. обаче е насочено основно към управлението на отпадъци, а не към инвестициите в кръгов дизайн (ЕСП, 2023). Същевременно малък брой МСП се възползват от проектите за подкрепа на технологии за кръгово проектиране и по–ефективни и чисти производствени процеси, които да намалят потреблението на ресурси.

2.2.2. Стойности на ключови показатели за прехода в ЕС и България

Кръговата икономика предоставя редица възможности за устойчив растеж. Тези нейни качества на европейско ниво се проявяват най–вече в областта на ресурсната ефективност, където тя спомага за намаляване зависимостта от първични суровини и образуването на отпадъци (Ivanova, 2020). Фигури 2 – 6 представят някои от ключовите индикатори в ЕС и България, които Европейската рамка за мониторинг проследява. България е сред последно присъединилите се към ЕС държави и прилага европейските зелени политики от по–скоро, затова авторът изхожда от предположението, че успехът по отношение на трансформацията на икономическата ѝ система е затруднен. За всеки от показателите са съпоставени стойностите от 2015 г. (годината на представяне на първия ПДКИ или последващата 2016 г.), 2018 г. (годината на въвеждане на рамката) и 2022 г. (последната година, за която има данни за почти всички показатели към момента на изследването). Разликите в разгледаните години

се дължат на две основни ограничения: двугодишно отчитане при някои от индикаторите (където първата отчетена година е 2016 г.) и липса на информация в определени случаи.

Фигура 2 е основана на първата категория в рамката, а именно „Производство и потребление“. От момента на въвеждането на рамката за мониторинг в ЕС се наблюдава увеличение на материалния отпечатък (2.А) (макар и в по–малка степен) и ТБО (2.Г) на глава от населението. В това отношение вместо напредък се отчита влошаване на показателите. Положителна тенденция се очертава с повишената ресурсна производителност (2.Б) и слабото намаление на общия генериран отпадък (2.В).

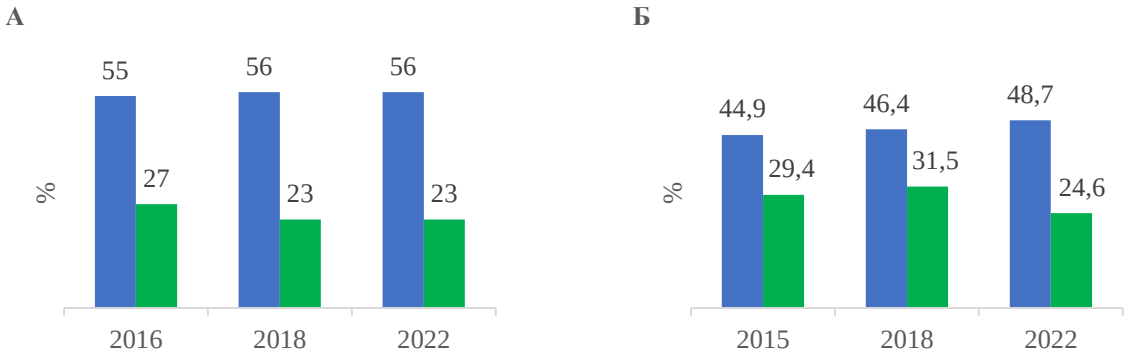


Фигура 2. Производство и потребление: А. Материален отпечатък; Б. Ресурсна производителност; В. Общ генериран отпадък; Г. Твърд битов отпадък.[15] Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2025).

[15] А. Материалният отпечатък околичествява добива на материали (биомаса, метални руди, неметални минерали и изкопаеми горива) в резултат от потреблението и инвестициите на домакинства, правителства и предприятия в ЕС. Б. Ресурсната производителност се определя като БВП, генерирано за единица потребени от икономиката ресурси. В. Общият генериран отпадък е общото количество отпадъци, образувани на територията на дадена страна, включително основни минерални отпадъци от всички икономически дейности и домакинствата. Г. Твърдият битов отпадък измерва отпадъка, събран от или от името на местните власти и третиран чрез системата за управление на отпадъци. ТБО включва основно отпадъци, образувани от домакинствата и сходни източници, като търговия, офиси и обществени институции.

България демонстрира увеличение при всички показатели освен при общото количество генериран отпадък на глава от населението. Представянето на страната като цяло е значително по–лошо от средноевропейското по отношение на материалния отпечатък (с 32% и 71% по–високи нива през 2015 г. и 2022 г.) и общото количество генериран отпадък (съответно с цели 235% и 193% по–високи нива през 2016 г. и 2022 г.). Слабото представяне на страната може да е резултат от комбинация от фактори, сред които високата ресурсна интензивност на промишлеността, неефективна система за управление на отпадъци и пропуски в регулаторната рамка, засягаща отпадъците и ресурсната ефективност.

Фигура 3 поставя фокус върху оползотворяването на отпадъци. Двете разгледани степени на рециклиране бележат лек ръст в ЕС. България, която системно се представя на по–ниско ниво, не отбелязва напредък по отношение на общата степен на рециклиране (3.А), която спада с 4 процентни пункта от 2016 г. насам. От 2015 г. степента на рециклиране на ТБО (3.Б) започва да се повишава и достига 35,2% през 2020 г., но веднага след това се понижава до 28,2% през 2021 г. С по–високия ТБО на глава от населението през 2022 г. степента на рециклиране спада още повече до 24,6% през съответната година.



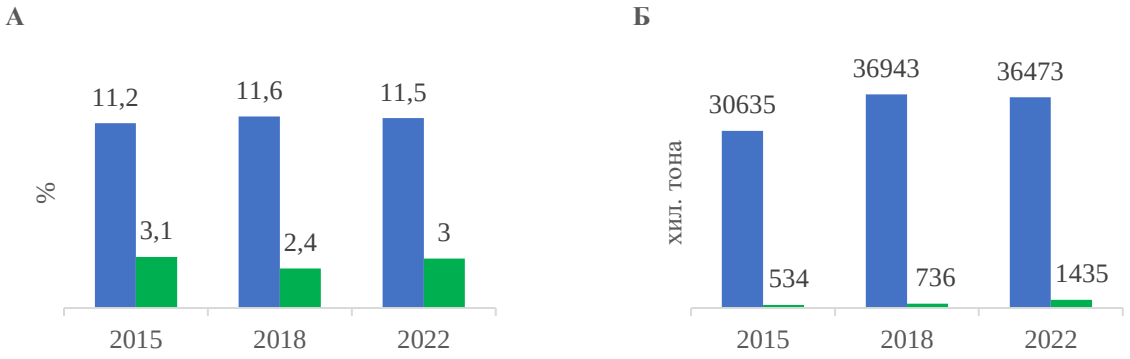
Фигура 3. Управление на отпадъците: А. Обща степен на рециклиране[16]; Б. Степен на рециклиране на твърд битов отпадък.[17] Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2025).

Докато степента на кръгово използване на материалите в ЕС остава на приблизително едно равнище, както се вижда от фигура 4.А, тази в България се колебае през годините. През

[16] Наличните данни за България са до 2018 г. включително, затова тук е взета последната отчетена стойност на показателя.

[17] А. Общата степен на рециклиране представлява делът на рециклирания отпадък от общото количество третиран отпадък (без основни минерални отпадъци). Рециклираният отпадък е отпадък, който е обработен и изпратен за възстановяване, различно от възстановяване на енергия и обратно насипване. Б. Степента на рециклиране на ТБО представлява рециклираният ТБО като дял от общото количество образуван ТБО.

2020 г. тя достига дял от 5,8% което означава, че по–голяма част от рециклираните материали са се захранват повторно в икономиката. Страната обаче не успява да поддържа това темпо и още на следващата година делът се понижава. Предвид високото потребление на суровини, отразено в материалния отпечатък на страната, и сравнително ниската ресурсна производителност, вторичните суровини на практика не заместват първични, а напротив — допълнително подхранват нарастващото потребление на материали. Това възпрепятства отделянето на икономическия напредък от употребата на ресурси. Количеството изнесени рециклируеми материали (4.Б) нараства за ЕС и България през годините. Тази тенденция едва ли би могла да се определи като положителна, тъй като често подобен тип материали се приемат от страни със занижен контрол или липса на подходящи инсталации за третиране. Следователно годен за употреба материал може да не се преработи, а да се изгори или депонира, което да доведе до допълнителни отрицателни социални и екологични последици. Редно е износът да се ограничи и ЕС да се справя с отпадъците, които генерира, на собствената си територия, за да не прехвърля товара от своето производство и потребление на останалата част от света.



Фигура 4. Вторични суровини: А. Степен на кръговост; Б. Търговия с рециклируеми материали (износ извън ЕС).[18] Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2025).

Фигура 5 отразява индикатори от групата „Конкурентоспособност и иновации“. Рамката взема предвид частните инвестиции и брутната добавена стойност (т. е. брутен доход от

[18] А. Степента на кръговост отразява дела на местно възстановените и повторно въведени в икономиката материали (вкл. биомаса, метални руди, неметални минерали и изкопаеми енергийни материали). Б. Търговията с рециклируеми материали се отнася до търговията с вторични суровини от пластмаса, хартия и картон, ценни метали, желязо и стомана, мед, алуминий и никел.

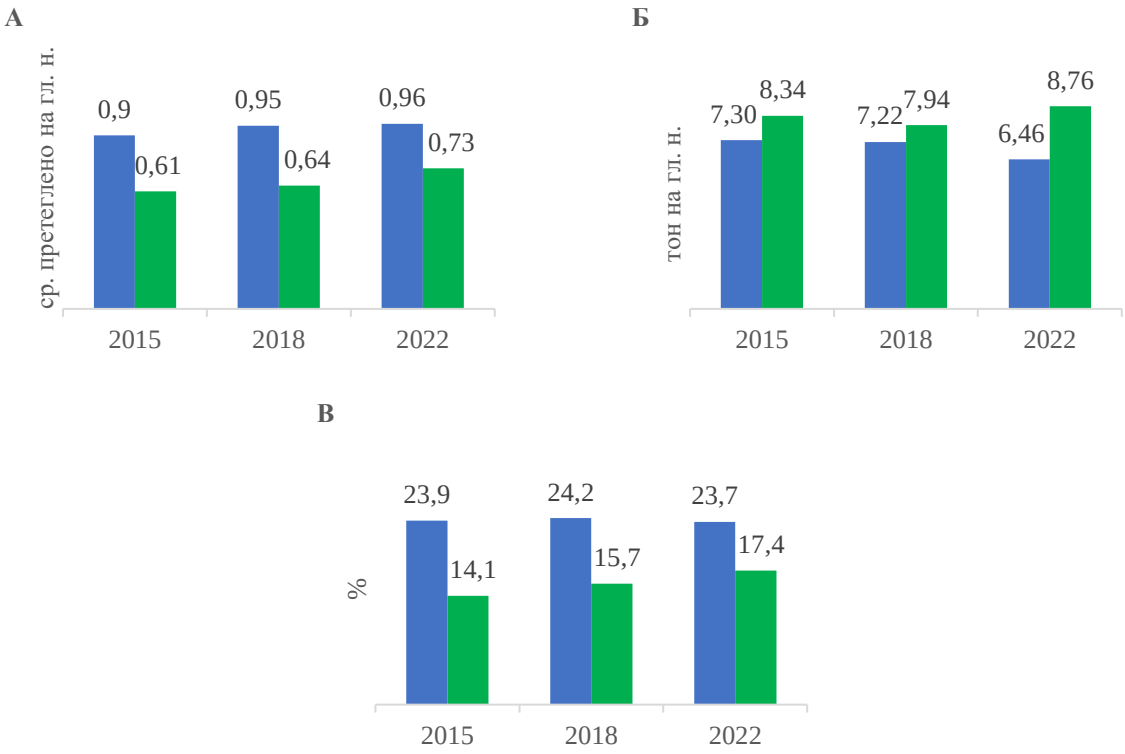
оперативна дейност) в секторите, свързани с рециклиране, поправка и повторна употреба, както и наем и отдаване на лизинг.

Фигура 5. Конкурентоспособност и иновации: А. Частни инвестиции и брутна добавена стойност; Б. Заети в кръговия сектор като дял от общата заетост; В. Брой патенти, свързани с рециклиране и вторични суровини[19]. Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2025).

В ЕС стойностите се запазват постоянни, а България почти достига европейското ниво (5.А). Сходна е ситуацията по отношение дял заети в същите тези сектори (5.Б), където ЕС отбелязва лек напредък. По данни от 2020 г. в България все още няма регистрирани патенти, свързани с дейности по рециклиране и вторични суровини, а броят патенти в ЕС значително намалява (5.В). Причина за това може да е липсата на иновации или необходимост от твърде големи инвестиции в научноизследователска и развойна дейност, които да са непосилни за компаниите. Цените на суровините и енергията също са фактор от особена важност. Ако те се запазят сравнително ниски, бизнесът няма достатъчно стимули да търси алтернативи.

[19] Наличните данни за Фигури 5.А и 5.Б са до 2021 г. включително, а за фигура 5.В са до 2020 г. включително. А. Частните инвестиции и брутна добавена стойност измерват брутните инвестиции в материални активи в секторите рециклиране, поправка и повторна употреба. Б. Заетите в кръговия сектор представляват хората наети в секторите рециклиране, поправка, повторна употреба, наем и лизинг.

Това е доста правдоподобно обяснение на наблюдаваната промяна, тъй като през 2020 г. Ковид–19 довежда до сериозни сътресения поради свиването на икономическата активност. Търсенето на суровини и енергия рязко спада и това се отразява на цените на горивата и някои метали в посока надолу, въпреки че ефектът е краткотраен.



Фигура 6. Устойчивост: А. Потребителски отпечатък; Б. Парникови емисии от производствени дейности; В. Зависимост от вноса на материали.[20] Стойностите са за ЕС (синьо) и България (зелено). Графиките са изготвени от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2025).

Индикациите за устойчивост, представени на фигура 6, не бележат съществени разлики за периода. Потребителският отпечатък (6.А) бележи леко повишение, като в България той е по–нисък до голяма степен заради по–слабото икономическо развитие на страната. Парниковите емисии от производствени дейности (6.Б) бележат лек спад в ЕС, но се колебаят и се запазват сравнително по–високи в България. Това може да е резултат от по–

[20] А. Потребителският отпечатък оценява въздействието от потреблението в държавите – членки на ЕС, върху околната среда, като съчетава данни за интензивността на потреблението и екологичните въздействия на представителни продукти, свързани с храна, мобилност, жилища, оборудване и стоки за дома. Б. Парниковите емисии от производствени дейности се отнасят до всички производствени дейности в икономиката на ЕС, включително емисии от международен въздушен транспорт, осъществяван от авиокомпании, регистрирани в ЕС. Изключение правят единствено емисии от частните домакинства. В. Зависимостта от вноса на материали представлява делът на внесените материали спрямо общото количество пряко вложени материали в дадена икономика.

голямата ресурсна интензивност, по–ниска производствена ефективност или занижени стандарти и контрол на производствения процес. Зависимостта от вноса на материали (6.B) демонстрира понижение с едва 0,2 процентни пункта за периода на ниво ЕС. Оказва се, че в България тя се е увеличила с около 3,3 процентни пункта от 2015 г. насам, което допълнително подкрепя аргумента, че повишената степен на кръговост единствено допринася за задоволяване на нарастващото потребление на материали, които при липса на местни източници се налага да се бъдат внасяни отвън.

В заключение, от 14–те разгледани индикатора на общоевропейско ниво се наблюдава: влошаване в стойностите на 5 показателя (материален отпечатък; ТБО; износ на рециклируеми материали извън ЕС; брой патенти, свързани с рециклиране и вторични суровини; потребителски отпечатък), напредък по отношение на 5 показателя (ресурсна производителност; общ генериран отпадък; степен на рециклиране на ТБО; заетост в кръговия сектор; парникови емисии от производствени дейности) и застой по отношение на 4 показателя (обща степен на рециклиране; степен на кръговост; частни инвестиции и брутна добавена стойност; зависимост от вноса на материали). Това потвърждава заключението на Европейската сметна палата, че от представянето на първия ПДКИ през 2015 г. не се наблюдава съществен напредък на ЕС в прехода към кръгова икономика.

Ситуацията в България се различава, като за нея се очертават по–неблагоприятни тенденции. В страната се наблюдава: влошаване в стойностите на цели 9 показателя (материален отпечатък; ТБО; обща степен на рециклиране; степен на рециклиране на ТБО; износ на рециклируеми материали извън ЕС; брой патенти; потребителски отпечатък; парникови емисии от производствени дейности; зависимост от вноса на материали), напредък по отношение само на 2 показателя (ресурсна производителност; общ генериран отпадък) и застой по отношение на 3 показателя (степен на кръговост; частни инвестиции и брутна добавена стойност; заетост в кръговия сектор).

В сходно проучване Иванова (2022) разглежда различна конфигурация индикатори от рамката (ресурсна производителност; генерирани отпадъци за единица БВП; ТБО на глава от населението; обща степен на рециклиране; степен на кръговост, частни инвестиции и брутна добавена стойност). Авторът стига до същите изводи, а именно, че България като цяло изостава от средното за ЕС ниво не само поради нисък ресурсен потенциал, но и поради забавена трансформация на бизнес моделите. Действащата индустриална система в страната

все още запазва своята вертикална структура, като възпрепятства междуотрасловите връзки, които да насърчат споделянето и повторната употреба на материали, компоненти и вторични суровини. Страната също така продължава да отдава по–голямо внимание на енергийната ефективност и транспортната инфраструктура, отколкото на кръговата икономика (Ivanova, 2021).

2.2.3. Критики и препоръки към Европейската рамка за мониторинг

Европейската рамка за мониторинг, подобно на много други рамки, има предимно материален характер. Изненадващо е, че въпреки заявения в Плана за действие за прехода към кръгова икономика интерес към запазване на всички ресурси в икономиката самата европейска рамка обръща внимание на материалния аспект (продукти, материали, ресурси и отпадъци), но оставя на заден план или до голяма степен пренебрегва околната среда (въздух, вода, земя и енергия), обществото и системната промяна. Тя също така няма заложени показатели за кръгово проектиране на продуктите и слабо отразява съхраняването на стойност във времето (ЕСП, 2023). Това са едни от основните критики към нея. За сравнение, Китайската национална система за кръгови индикатори също разчита на MFA метода, но го допълва с индикатори за екоефективност като потребление на вода и енергия за единица БВП (Geng et al., 2013).

Продължителността на продуктовия живот се определя по веригата на стойността и се влияе от нея. Същевременно тази продължителност се отразява пряко на нуждата от извличане на нови суровини, както и на количеството генериран отпадък. Следователно едно от най–важните измерения, които трябва да бъдат включени в рамката за мониторинг, е именно продуктовият живот под формата на индикатори за издръжливост, екодизайн, поправка, повторна употреба, споделяне. Въпреки това, както по–рано бе отбелязано в Раздел 1.3.1, измерителите на микро ниво все още не са добре развити (Elia et al., 2017; Parchomenko et al., 2019). Този факт се подкрепя и от доклада на Европейската сметна палата, в който е посочено, че рамката за мониторинг все още не е предвидила включването на индикатори за кръгов дизайн, който на практика предопределя влиянието на даден продукт върху околната среда (ЕСП, 2023). Присъствието на социални индикатори също трябва да се

засили (Avdiushchenko & Zając, 2019), като освен ефекта на прехода върху заетостта могат да се отчетат и условията на работа, които кръговият сектор предлага.

Трябва да се отбележи, че индикаторите, взети предвид от Европейската комисия, са подбрани от гледна точка на съответствие с целите, приемливост, достоверност, точност, наличност и удобство за боравене. Това допринася за ограничаване на административния товар при събирането на данни. Рамката продължава да се развива и да приобщава както допълнителни, така и специално разработени индикатори.

Подходящи индикатори, които да коригират пропуските дори са вече налични в базите данни на Евростат. Така например рамката може да бъде допълнена с енергийни аспекти, като дял на произведената и потребената възобновяема енергия, енергийна производителност и въглероден интензитет на енергийното потребление. Тази група показатели се асоциира със степента на отделяне на икономическото развитие от изкопаемите ресурси, ефективно използване на енергийни източници, намаляване на отделените в околната среда замърсители и съответно техния принос към смекчаване или утежняване на климатичните промени. Допълнителни индикатори, свързани с обществото и състоянието на околната среда, могат да бъдат застроената земя, парниковите емисии на глава от населението и вредните емисии от транспорта. Застроената земя например е пряко свързана с първия принцип на кръговата икономика, а именно опазването и възстановяването на природния капитал. Намалението в застроената площ би било знак за оптимизация в управлението на земята и най–вече за връщането ѝ на природата вместо да продължи увреждането ѝ от човешка дейност. Двата индикатора за емисии на свой ред са показателни за избора на енергийни източници, промените в екологичния отпечатък на потребителските практики и евентуалните ангажименти към устойчиви решения в транспорта.

В случаите, когато измерители липсват, е препоръчително да се работи по тяхното създаване. Потребената рециклирана енергия например би могла да бъде важен енергиен индикатор за проследяване на прехода, тъй като дава представа дали се съблюдават принципите на кръговата икономика по отношение на енергийните ресурси. Рециклираната енергия е енергията, получена при производствени процеси или изгаряне на отпадъци, но която се счита за отпадна и се отделя в околната среда например под формата на топлина или изгорели газове. Чрез използването на технологии за възстановяване на тази енергия, тя

може да бъде оползотворена, така че едновременно да се намалят отрицателните ефекти върху околната среда и да се генерират ползи за производителите.

Планираното остаряване може да се оценява чрез комбинация от индикатори за енергийна ефективност, средна продължителност на живота на продуктите, съдържание на вторични суровини, както и чрез индекс на поправимост. Енергийно ефективните продукти обикновено работят по–дълго и нямат нужда от чести ремонти, следователно въвеждането на подобни измерители би дало на рамката възможност да отчете, доколко продуктите се проектират с цел издръжливост и дълготрайност. Отчитането на тази информация не само под формата на агрегирани данни на макро ниво, но и при самото етикиране би донесло значителни ползи за потребителите, които ще могат да правят разлика между отделните продукти и така да ориентират търсенето си към стоки с възможност за поправка и продължително ползване.

Обогатяването на рамката за мониторинг ще помогне тя да изпълнява по–ефективно своето предназначение и чрез нея по–лесно да се идентифицират полета за подобрение и провеждане на целенасочени политики.

2.3. Основни изводи от Глава 2

Втората глава на настоящата монография разглежда развитието на кръговата икономика в контекста на Европейския съюз. Обърнато е специално внимание на Плана за прехода към кръгова икономика и основополагащи за него стратегически и законодателни документи. Проследено е развитието на Европейската рамка за мониторинг на прехода и е направен сравнителен анализ по ключови индикатори между Европейския съюз и България.

Както в останалата част от света, така и в ЕС преходът към кръгова икономика все още поставя на фокус материалните измерения. Той набляга на рециклирането, но до голяма степен пренебрегва повторното захранване на суровини в икономиката. Наред с това рядко бива отчетено енергийното обезпечаване на производството и потреблението с възобновяеми източници, както и социалните ефекти, които преходът оказва.

Европейският съюз е в процес на разработване на детайлизирано законодателство във връзка с кръговата икономика. Същевременно държавите членки продължават да се придържат към собствените си приоритети и поради тази причина сред тях се забелязват съществени разлики в напредъка, които повлияват общоевропейското представяне. Въпреки че проявяват засилен интерес към прехода през последните години, те бележат резултати най–вече в управлението на отпадъци и ресурсната ефективност. Една от причините за това е, че законодателството в областта е силно развито и насърчава предотвратяването на отпадъци. Определящ за тази стъпка от йерархията обаче е екодизайнът, а страните значително изостават с инвестициите в кръгово проектиране и с влагането на вторични суровини в производството. Основополагащите нормативни документи регламентират проектирането на продукти, така че да се повиши тяхната енергийна ефективност и да се ограничи употребата на опасни вещества, но изискванията за екодизайн все още са далеч от заложените в концепцията за кръгова икономика. Причина са не само пропуски в законодателството, където няма изрично посочени задължения за процент рециклирано съдържание. Липсват също средства за проследяване и контрол, както е в случая с планираното остаряване.

Тези несъвършенства се пренасят върху Европейската рамка за мониторинг. Както редица останали, тя също набляга на материални показатели, но ѝ лисват достатъчно енергийни, социални и екологични индикатори. И все пак европейската рамка е една от

малкото, които отчитат технологичния напредък и повторно захранените в икономиката материали. Тя продължава да се усъвършенства и ревизираната ѝ версия включва измерители, които внасят повече социални и екологични нюанси. В края на Глава 2 са дадени конкретни препоръки как Европейската рамка за мониторинг може да бъде доусъвършенствана с интегриране на допълнителни енергийни, екологични и продуктови индикатори. Редом с други показатели Глава 3 разглежда задълбочено един от предложените измерители (дял потребена възобновяема енергия) в опит да изтъкне ползите от добавянето му към рамката и да установи връзката му с индикатори, които вече присъстват в нея.

Глава 3.

Анализ на влиянието на макроикономически и социални фактори върху прехода към кръгова икономика в ЕС

Икономическият напредък несъмнено носи със себе си по–висок стандарт на живот. Предимствата на една процъфтяваща икономика обаче си имат своя цена и обикновено тя се изразява в свръхексплоатация на ограничени природни ресурси, замърсяване на въздуха, водата и почвата, унищожаване на естествени местообитания, разпространение на нови зарази, и не на последно място — глобално затопляне.

Развитите икономики имат възможност да изместят фокуса си от тежка промишленост към сектора на услугите, което води до цялостно подобрение в енергийната и материалната ефективност. В допълнение, по–богатите общества обикновено постигат по–висока образователна степен и разполагаемият им доход позволява производство и употреба на екологично чисти стоки и услуги, които предотвратяват или намаляват отпадъците и замърсяването (Giovanis, 2015). От друга страна обаче, по–големите доходи са предпоставка за увеличено потребление, а това създава противоположен ефект. Търсенето на енергия, стоки и услуги не спира да нараства и да задълбочава екологичния отпечатък. Необходима е съществена трансформация в производствените технологии и управлението на отпадъци, която да задоволява нуждите на настоящите поколения, без да застрашава бъдещето на идните в съответствие с целите за устойчиво развитие.

Кръговата икономика е икономическа система, която се стреми да постигне тези цели. Тя обикновено се захранва от възобновяеми енергийни източници и използва нетоксични

възобновяеми, биоразградими или рециклирани материали (EMF, 2023b). Въпреки централната роля на възобновяемата енергия обаче този важен аспект често бива пренебрегван при проследяване на прехода към кръгова икономика, а както по–рано бе отбелязано, повечето индикатори са свързани с материали и материални потоци.

Възобновяемата енергия, кръговата икономика и природата са взаимозависими и отношенията помежду им са динамични по пътя към смекчаване на климатичните последици и опазване на околната среда (Majeed & Luni, 2020). Конвенционалните енергийни ресурси винаги са играели ролята на основно гориво за икономическия напредък. Тяхната употреба обаче води до отделяне на отпадъци и замърсяване по цялата производствена верига и е основна причина за климатичните промени. В допълнение, те постепенно се изчерпват и стават все по–скъпи. При запазване на настоящите тенденции идните поколения ще бъдат изправени пред все по–опасни метеорологични явления, резки температурни промени, драстична загуба на биоразнообразие, оскъдни ресурси и тежко замърсяване на околната среда.

Невъзможно е икономическата система да се преобрази в кръгова, без тя да разчита на устойчива енергия, добита от възобновяеми енергийни източници (Klemeš et al., 2023). Същевременно чистата енергия може да се възползва от възможностите, които кръговата икономика предоставя по отношение на кръговрата на оскъдни ресурси (Kötter et al., 2023). Кръговата икономика може да осигури устойчиви и издръжливи вторични материали като заместители, така че да улесни отделянето на икономическия растеж от използването на първични суровини. Тази симбиоза е особено важна, тъй като преходът предполага преминаване към материално интензивна енергийна система, при която се очаква експоненциално нарастване на търсенето на суровини от критично значение (Gate C, 2023). Ако нисковъглеродните иновации продължат да влияят на ресурсната наличност, намаляването на парниковите емисии може да натовари други компоненти от икономическата система и да създаде още по–сериозни екологични и социални проблеми. Поради тази причина наред с материалните измерители трябва да се проследяват и индикатори като потреблението на енергия, за да се оценява и усъвършенства системата (Llorente–González & Vence, 2019).

Глава 1 на настоящия труд изяснява основополагащата роля на кръговата икономика за преодоляване на гореизложените предизвикателства чрез привеждане на икономическия

модел в съответствие с природните закони. Глава 2 на свой ред представя как на практика страните в Европейския съюз се опитват да осъществяват и проследяват прехода към кръгова икономика. Именно оценката на напредъка е една съществена част от процеса. Тя позволява да се открият силните и слабите звена в системата, да се изгради база за сравнение, където да се открояят успешните подходи и най–вече да бъдат идентифицирани факторите, които въздействат по един или друг начин на прехода. В настоящата глава са разгледани три кръгови показателя. Два от тях — степените на рециклиране и на кръговост, са по–често използвани и отразяват материалното измерение на кръговата икономика. Третият — потреблението на възобновяема енергия, отразява енергийния аспект, който понастоящем не е включен в Европейската рамка за мониторинг. Въз основа на анализа на тези три показателя са открити важни икономически и социални фактори, които ги предопределят. В заключение са идентифицирани пресечните им точки и на база тяхното взаимодействие са изведени четири модела на осъществяване на преход към кръгова икономика в ЕС. Вникването в тях и движещите ги сили е полезен инструмент за политици, изследователи и други заинтересовани страни в стремежа им да разработят подходящи политики и средства за насърчаване на прехода към кръгова икономика.

3.1. Анализ на фактори, определящи степента на рециклиране в ЕС

В противовес на традиционния *„вземи – произведи – изхвърли“* подход на линейното производство и потребление кръговата икономика цели да сведе до минимум отпадъка и да отдели икономическия растеж от употребата на изчерпаеми ресурси (Velenturf et al., 2019). Този тип система може да бъде приложена на практика чрез добре структурирани и последователни политики в сферата на икономиката, обществото и околната среда, за да се насърчат ресурсната ефективност и въглеродната неутралност (Schandl et al., 2016).

Както вече бе споменато, широкият обхват и разнообразните тълкувания на концепцията ангажират голям брой заинтересовани страни, което предполага и редица измерители за оценката на кръговия напредък (Corona et al., 2019). Докато всички аспекти на кръговата икономика са еднакво значими, то данните за различните степени на рециклиране са по–достъпни и изчерпателни в сравнение с индикаторите за повторна употреба, поправка или преработка (Espinoza, 2021). Рециклирането може и да не е най–високо нито в йерархията на 3R (reduce, reuse, recycle), нито в тази на 4R (reduce, reuse, repurpose, recycle), но на практика преходът към кръгова икономика набляга основно върху него (Ghisellini et al., 2016; Alcalde–Calonge et al., 2022). Рециклирането дори често се възприема като еквивалентно на кръгова икономика, въпреки че то е само една от нейните стратегии (Kirchherr et al., 2017). Повторната употреба, която би трябвало да е водеща, тъй като допринася за намаляване на екологичния отпечатък и се отразява положително на конкурентоспособността и социалното благополучие, сякаш остава на заден план (Stahel, 2013). Саидани и съавт. например откриват, че цели 90% от кръговите индикатори на микро ниво имат връзка с рециклирането, докато само 45% адресират и останалите цикли на кръговата икономика (поддръжка, повторна употреба, преправяне, поправка) (Saidani et al., 2019).

Показателите, свързани с рециклиране, са добре познати и имат редица преимущества. За тях има налични данни, сравнително лесни са за изчисление и могат да бъдат разбрани от обществото. Въпреки това към тях не липсват и критики (Fellner & Lederer, 2020). Трябва да се отбележи, че високата степен на рециклиране не означава непременно кръговрат на материали. Дори при засилено рециклиране държавите могат да срещат затруднения с прехода към кръгова икономика, затварянето на цикъла и преустановяване на депонирането.

Кръговите стратегии също така могат да пренасочат износа на рециклируеми материали към страни със занижени екологични и здравни стандарти, което само да обремени още повече природата и социалните структури (Iacovidou et al., 2017). Още едно предизвикателство се крие в това, че степента на рециклиране като измерител за кръгова икономика пропуска да отчете въздействията на първичния цикъл на продукти и материали и циклите след рециклиране и възстановяване. Когато материалите се използват за създаването на същия тип продукт, ползите се изразяват в намалена нужда от добив на първични суровини. В случая е налице затворен цикъл. Когато обаче цикълът е отворен, материалите се превръщат в различни продукти и тогава вече са необходими други измерители, които да отчетат промяната в качеството, както и разпределението на ползите между рециклатора, ползвателя на рециклиран материал и други заинтересовани страни (Corona et al., 2019). Не всички дейности по рециклиране водят до намаляване на употребата на суровини, а напротив — могат да обременят други системни компоненти. Така например в някои случаи рециклирането косвено може да доведе до увеличена консумация на материали и енергия в сравнение с тези при употребата на първични суровини (Geyer et al., 2015). По този начин ефектът от увеличеното снабдяване с вторични суровини върху намаляването на добива на първични ресурси остава неясен. Освен това обработката и използването на рециклирани материали също е източник на парникови емисии (Lafforgue and Lorang, 2022). Изброените съображения следва да се вземат предвид при боравенето с този измерител. И най–вече, за да се подпомогне ефективно кръговият преход, целите за рециклиране трябва да се комбинират с цели за минимално съдържание на рециклирани и възобновяеми материали в продуктите (Fellner & Lederer, 2020).

Вникването в индикаторите, отчитащи какво се случва в края на полезния живот на продуктите, все пак остава ключово за оценката на различни сценарии и разработването на ефективни кръгови стратегии с изпълними цели (Arduin et al., 2019). Затова степента на рециклиране е основна мярка в ПДКИ и един от критериите за кръговрат на материалите. Въпреки че липсва строга линейна зависимост между по–високите стойности на подобни индикатори и смекчаването на екологичните последици, оценките на материалната ефективност са полезни при определянето на кръгови цели и насърчаването на по–ефективното използване на ресурси (Schmidt et al., 2020).

Към 2017 г. твърдите битови отпадъци в света достигат 2,01 млрд. тона годишно и се очаква да достигнат 3,4 млрд. до 2050 г. За ограничаване на този ръст са необходими навременни мерки както по отношение на пластмасовото замърсяване, така и във връзка с биоотпадъците, тъй като около половината генерирани от отпадъци въглеродни емисии имат органичен произход (Kaza et al., 2018). Усилията, насочени към предотвратяване образуването на хранителни отпадъци, биха спомогнали значително за намаляването на този тип емисии (De Sadeleer et al., 2020). Ефективните системи за управление на отпадъците са от съществено значение както за процеса по рециклиране, така и за балансиране на снабдяването с вторични суровини, когато подобни материали изобилстват. Освен да бъде преработен рециклатът, готовият рециклиран материал следва да достигне своя получател, без да създава допълнителни рискове за околната среда поради неподходяща инфраструктура за събиране и извозване или неефективни технологии за възстановяване (Tansel, 2020). Подобрението на системите за третиране на отпадъци може значително да повиши качеството на събрания материал. Това би повишило степента на рециклиране в съответствие с амбициозните цели на ЕС, би намалило отрицателното въздействие върху околната среда и би понижило зависимостта от вноса на материали (Antonopoulos et al., 2021). Важно е да се отбележи обаче, че дори системите за управление на отпадъци да са ефективни, ако производствените технологии не се променят, третирането на отпадъци ще си остане основен източник на парникови емисии и замърсяване (Lau et al., 2020). Това е и една от причините, поради които предотвратяването на отпадъци е от ключово значение. Все пак липсата на отпадък винаги е за предпочитане пред рециклирането.

Законодателството относно отпадъците подготвя почвата за управление на отпадъците в държавите – членки на ЕС, в съответствие с поставените цели. В това отношение, както бе споменато в Раздел 2.1, ЕС се опитва да следва строга йерархия на управление на отпадъците, като започва с предотвратяване, повторна употреба, рециклиране, друго оползотворяване и в краен случай преминава към депониране. В ПДКИ са заложени и следните цели: 55%, 60% и 65% рециклиране на ТБО съответно до 2025 г., 2030 г. и 2035 г., както и рециклиране на 65% и 70% на отпадъците от опаковки съответно до 2025 г. и 2030 г. Тези цели и придружаващите ги мерки целят да ограничат депонирането на ТБО в рамките на 10% до 2035 г. (European Commission, 2022).

Евростат е основният източник на данни за настоящото изследване. Той предоставя информация за общата степен на рециклиране на ТБО и информация за степените на рециклиране на отделните потоци отпадъци. Фокусът на проучването е общата степен на рециклиране на ТБО на годишна база. Този индикатор измерва рециклирания от крайния потребител отпадък като дял от общия генериран ТБО. Процесът по рециклиране включва рециклиране на материали, компостиране или анаеробна ферментация. В този контекст ТБО се определя като отпадък, генериран от домакинствата или сходни източници. Въпреки че ТБО представлява едва около 10% от общия генериран отпадък в ЕС, степента му на рециклиране може да се разгледа като приемлив критерий за представянето на системата за управление на отпадъци и за това как битовият отпадък може да се превърне в ресурс, захранващ кръговата икономика (Eurostat, 2022a).

Целта на настоящия раздел е да пресее разнообразни икономически и социални фактори, които са важни за степента на рециклиране на ТБО и да определи тяхното влияние върху нея. Анализирани са 28 страни членки за периода 2013 – 2020 г. (Pantcheva & Mengov, 2022). Основните очаквания на авторите са, че БВП на глава от населението, разходите за научноизследователска и развойна дейност и ресурсната производителност оказват значителен положителен ефект върху степента на рециклиране, а въвеждането на забрани за депониране на свой ред също я повишава.

3.1.1. Поглед върху данните

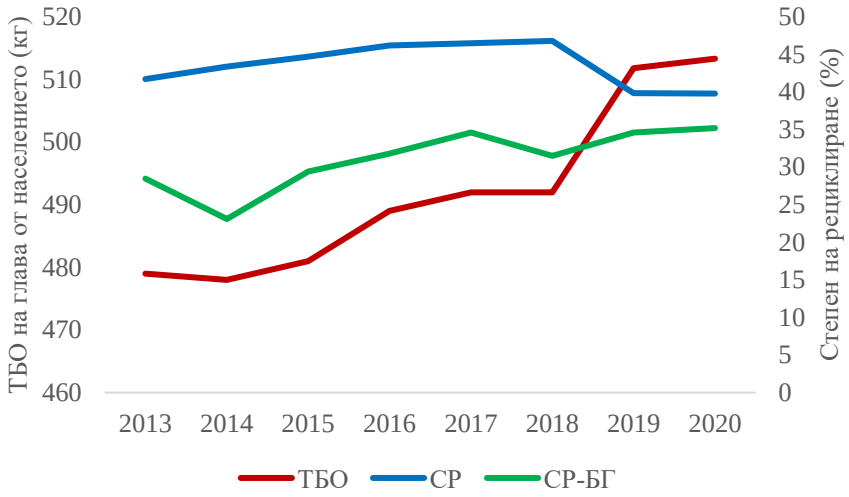
Редица социални, икономически и екологични фактори оказват влияние върху степента на рециклиране. В много страни един от най–важните инструменти за насърчаване се оказва въвеждането на схеми от типа *„плащаш, колкото изхвърляш“*. За целта обикновено се отчита обем, тегло, брой чували или честота на извозване на образувания отпадък (EEA, 2016). Обикновено схемите се допълват и от добре развит пазар за вторични суровини. Други важни фактори са доходите, образованието и по–високата екологична осъзнатост на хората (Park, 2018). Възрастта на населението и висшето образование също се отразяват положително на степента на рециклиране (Sidique et al., 2010). Установено е и че домакинства с по–висок разполагаем доход, които са по–добре осведомени относно ползите от рециклирането и им се предоставят възможности за разделно събиране, рециклират повече (Grazhdani, 2016). Законодателството, което забранява или разколебава

депонирането на отпадъци, също играе важна роля за повишаване степента на рециклиране. Основна тенденция, която се наблюдава е, че държави, които депонират под 28% от отпадъците обикновено са въвели забрана за депониране на биоотпадъци или смесени ТБО. Някои от тях дори комбинират забраните с такси за депониране, не по–малки от 30 евро на тон (EEA, 2016). Темата не е проучена задълбочено и затова настоящото изследване търси какъв е ефектът от забраните за депониране.

На база съществуващата литература и предварителни очаквания се предполага, че няколко основни фактора допринасят за по–засилено рециклиране: богатство, образование, дигитална свързаност и ефективно правителство, което осигурява стимули под формата на по–висок бюджет за научноизследователска и развойна дейност и налага такси и/или забрани за депониране на отпадъци. Тук следва да бъде направено важно уточнение. Използваният в проучването показател за НИРД включва всички сфери на дейност, а не само тези, свързани с екологични (зелени) разработки. Специфичен индикатор, който би бил по–подходящ за оценките в настоящото и последващите изследвания (Раздели 3.2, 3.3, 3.4), е *„Разходи за опазване на околната среда“* (общо или по компоненти). Към дадения момент обаче данните за него са редовно отчетени при всички държави членки само в периода 2014 – 2019 г. По–ранна информация липсва за редица страни. Това възпрепятства изграждането на балансиран панел и би повлияло сериозно върху оценките. Поради тази причина за целите на анализите е взето следващото най–добро приближение, а именно общите разходи за научноизследователска и развойна дейност като дял от БВП. Този вид разходи са широко използвани в сходни проучвания и при оповестяването на данни от отговорните органи във връзка с Европейската зелена сделка.

Фигура 7 обобщава данни за ТБО в ЕС от близките години. Началото на икономическата криза и Ковид пандемията поставят на изпитание развитието на кръговата икономика. Още през 2019 г. икономическият растеж започва да забавя своя темп и за да избегнат рецесия, много централни банки понижават лихвените проценти в опит да насърчат потребителските разходи. По–засиленото потребление води със себе си и повишение в генерираните отпадъци. Този нежелан ефект се подхранва допълнително от настъпващата в началото на 2020 г. пандемия, която значително повлиява тенденциите в образуването и рециклирането на отпадъци. По–големите количества битови и медицински отпадъци, съдържащи предимно пластмасови изделия за еднократна употреба (най–вече лични предпазни средства

и опаковки), усложняват още повече събирането и последващото третиране. Така общините се сблъскват едновременно с извънредни разходи по справяне с пандемията и с прекомерно натоварване на системите за управление на отпадъци.



Фигура 7. Твърд битов отпадък (ТБО: червено, лява ордината) на глава от населението в ЕС–28 и степен на рециклиране (СР: синьо, дясна ордината за ЕС–28 и зелено, дясна ордината за България. Графиката е изготвена от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023c).

В частност средното количество ТБО на глава от населението в ЕС се повишава от 479 кг до 513 кг между 2013 г. и 2020 г. (по данни за ЕС–28). Степента на рециклиране, от друга страна, се повишава с много по–бавен темп от 41,7% до 46,8% през 2018 г. и спада рязко до 40% през 2020 г. Промените изглеждат по–плавни в случая с ЕС–27, където Великобритания не е включена в статистиката за 2020 г. Тогава средното количество генериран отпадък се покачва до 505 кг на глава от населението, а степента на рециклиране продължава да нараства от 41,5% до 48,1% през 2019 г. и се понижава слабо до 47,8% през 2020 г. За разглеждания период България генерира по–малко ТБО от средното за ЕС, като стойностите за 2013 г. и за 2020 г. са съответно 432 кг и 408 кг. По отношение степента на рециклиране страната изостава, въпреки че отбелязва постепенен ръст през годините, като започва от 28,5% през 2013 г. и достига 35,2% през 2020 г.

За да се установят определителите на степента на рециклиране в ЕС, са взети под внимание няколко групи потенциално значими фактори. Източници на данните са Евростат, Световната банка и Европейската конфедерация на инсталации за производство на енергия от отпадъци. Описание на *„степента на рециклиране“*, която играе ролята на зависима променлива, и на 13–те независими променливи може да бъде открито в Приложение 1.

Групата на икономическите и социалните фактори включва БВП на глава от населението, разходи за научноизследователска и развойна дейност, правителствена ефективност, честота на ползване на интернет (признак за дигитална свързаност) и риск от бедност. Ресурсната ефективност и целенасочените правителствени политики са изследвани посредством ресурсната производителност, енергийната производителност, интензитета на емисиите на парникови газове от енергийното потребление, таксите и забраните за депониране. Не на последно място се обръща внимание на образователния аспект чрез демографски данни относно дела отпаднали от образователната система и завършили средно или висше образование.

Забраните за депониране са от особен интерес. Те предотвратяват депонирането на опасни, рециклируеми или биоотпадъци на общинските сметища, като насърчават общините да осигурят разделното им събиране при източника или последващо сортиране. Таксите за депониране също отклоняват отпадъци от сметищата, като увеличават разходите на общините или отделни организации за третиране на отпадъци. Размерът им обикновено се определя на национално или местно ниво и се налага на тон отпадъци. Забрани за депониране под различни форми са възприети в общо 16 от 28–те страни – членки на ЕС, в разглеждания период (CEWEP, 2022).

Всички използвани данни са предварително стандартизирани за целите на проучването. При стандартизацията стойностите се центрират около нулата. С нейна помощ се подобрява качеството на анализите, въпреки че в последствие стойностите са по–трудни за интерпретиране. Тъй като проучването за степента на рециклиране е първото от поредица такива, основна цел в него е да се отсеят значими фактори и да се определи дали те влияят положително или отрицателно върху зависимата променлива. В последващите проучвания данните вече са логаритмично трансформирани и така размерът на ефектите може да бъде точно определен. В Приложение 2 може да бъде открита корелационната матрица. Най–силна зависимост се наблюдава между степента на рециклиране и БВП на глава от населението, честотата на ползване на интернет, правителствената ефективност, забраните за депониране, както и разходите за научноизследователска и развойна дейност. Умерени корелации съществуват със завършилите висше образование, ресурсната производителност, рискът от бедност, както и с таксите за депониране. Между някои от независимите променливи също се забелязват силни корелации, но повечето не намират място в

регресионния модел. Единствено изключение правят БВП на глава от населението и ресурсната производителност, между които подобна връзка е напълно очаквана и разбираема. Тяхното взаимодействие е тествано в окончателния модел, но не произвежда статистически значим коефициент, следователно не предполага проблеми с мултиколинеарност.

Тестовете за стационарност разкриват, че някои променливи са нестационарни, но единичният корен бива преодолян в първите разлики. Следователно данните са интегрирани от първи ред. Тестът на Као за панелна коинтеграция (Kao et al., 1999) показва, че статистическите редове постигат равновесие в дългосрочен план, което отхвърля възможността за случайни зависимости при ниво на значимост от 1%. На следващата стъпка е проведен тест за причинност по Грейнджър. Приложение 3 показва статистически значимите резултати по отношение на степента на рециклиране. Причинност се наблюдава от завършилите средно образование и риска от бедност към степента на рециклиране, но тази връзка е двупосочна. Нито една от променливите не намира място в окончателния модел.

3.1.2. Резултати

За установяване на конкретните въздействия на независимите величини върху степента на рециклиране е проведен регресионен анализ. При работа с регионални панелни данни обикновено се оценява регресионен модел с фиксирани ефекти. Поради характера на *„забраната за депониране“* обаче тя присъства в анализа като категорийна променлива. Така се получава сингулярна матрица и не може да бъде изчислена обратната матрица, което възпрепятства статистическия софтуер да оцени модел с фиксирани ефекти. В резултат на това ограничение е оценен смесен панелен регресионен модел по метода на най–малките квадрати. Възприет е подход на обратно изключване, при който първоначалната селекция независими величини обхваща всички променливи, изброени в предходния раздел. Таблица 1 показва финалния статистически значим модел. Четири променливи се открояват като значими: БВП на глава от населението, разходи за НИРД, ресурсна производителност и забрана за депониране. Липсата на образователните променливи не е изненадваща — за тях може да се приеме, че са интегрирани в променливите, свързани с производителността и БВП, които служат за общ измерител на социалното и икономическото развитие на дадена

икономика. Поради тази причина дигиталната свързаност също отпада от финалния модел, въпреки че нейната значимост се подразбира.

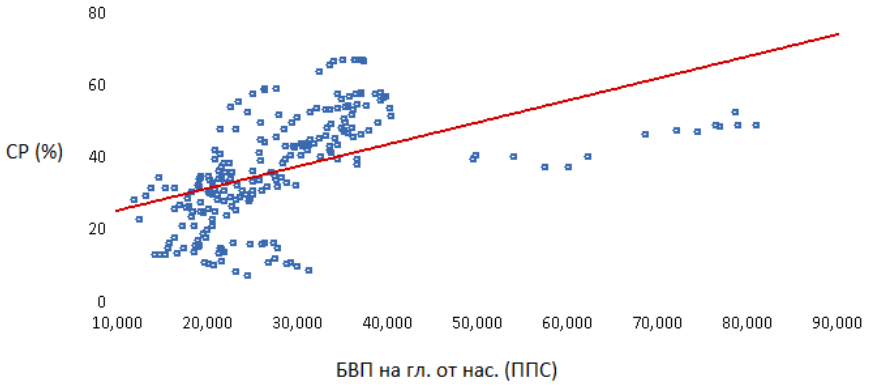
Таблица 1. Панелен регресионен модел на степента на рециклиране

Променлива	Коефициент	t–stat	p–value
БВП на гл. от нас.	0,145 (0,049)	2,953	0,004
Забрана за депониране	0,122 (0,054)	2,268	0,024
Разходи за НИРД	0,597 (0,044)	13,547	0,000
Ресурсна производителност	0,274 (0,047)	5,873	0,000
R	0,813		
R^2	0,661		
R^2_{adj}	0,656		
Брой наблюдения	224		

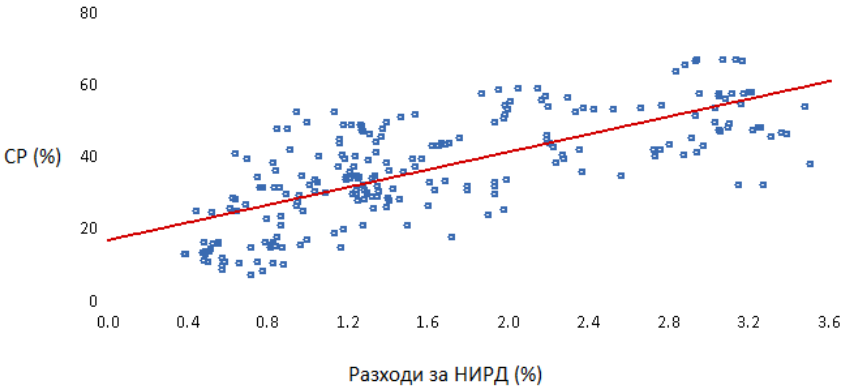
Стандартните грешки са посочени в скоби.

Фигура 8 представя точкови диаграми, съпоставящи степента на рециклиране с всеки от статистически значимите фактори. Забраната за депониране не е изобразена, тъй като е категорийна променлива. От графиката е видимо, че в определени години дори някои от най–богатите държави рециклират под средното за Европейския съюз (фиг. 8.А). Това говори за наличието на изключения или за по–специфични взаимодействия между факторите, определящи развитието на кръговата икономика.

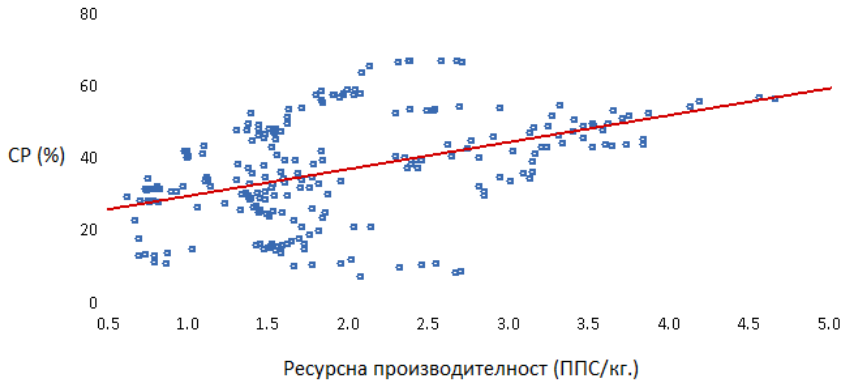
А



Б



В



Фигура 8. Степента на рециклиране (СР) като функция от три фактора: А. БВП на гл. от нас.; Б. Дял на разходите за научноизследователска и развойна дейност (НИРД); В. Ресурсна производителност.

БВП и рециклирането на пръв поглед не са пряко свързани. По–високото икономическо развитие обаче несъмнено се отразява най–вече върху бюджета, отделен за изследвания и иновации в рециклирането и възстановяването на материали, както и за развитие на подходяща инфраструктура и подобрение на системите за управление на отпадъци. По–високият стандарт на живот влияе съществено и върху поведението на населението, което в случая е по–образовано, по–осведомено относно екологичните проблеми и по–склонно да рециклира. Следователно потребителските навици също се променят. От една страна, по–високите доходи са предпоставка за повишено потребление, но от друга страна, потребителите биха могли да си позволят екологично чисти стоки и услуги, които да разтоварят до известна степен системите за управление на отпадъци.

Разходите за НИРД като дял от БВП в случая са най–влиятелният фактор, стимулиращ рециклирането на отпадъци и развитието на кръгова икономика. Научноизследователската и развойна дейност е ключова както за предотвратяването на отпадъци, така и за последващото им трансформиране в ценен ресурс. Иновациите в рециклирането започват още от екопроектирането. Създаването с цел рециклиране или безопасно връщане в околната среда повишава ефективността на технологиите за разделно събиране и последващо сепариране на отпадъци. По–нататък по веригата НИРД спомага за усъвършенстване на процеса, при който максимално се оползотворяват входните материали, получава се по–качествен изходен материал, понижават се разходите за преработка и се намалява съпътстващото замърсяване и необходимата енергия. Особено полезни са технологичните подобрения в сферата на продукти със смесен състав, чиито отделни компоненти са трудни са отделяне и често след употреба изпращат продукта на сметището. Електрическото и електронното оборудване са най–яркият пример за това, тъй като те съдържат редица ценни вторични суровини, които при правилна обработка могат да бъдат извлечени и възстановени. Не на последно място изследователската дейност допринася за идентифициране на стимулите и бариерите пред екологично отговорното потребителско поведение и разработването на подходящи политики за повишаване на осведомеността и ангажираността в процеса на прехода към кръгова икономика. Разбира се, при отчитане на значимостта на този аспект целта няма да е просто повишаване на общите инвестиции в НИРД. Вместо това основните усилия следва да бъдат насочени към екоиновации чрез инвестиции в проекти, свързани с чисти, ресурсно ефективни и кръгови технологии (Ivanova & Chipeva, 2021).

На второ място се нарежда ресурсната производителност, още един индикатор за икономическо развитие и по–точно за отделянето му от употребата на изчерпаеми ресурси. Повишената ресурсна производителност подпомага най–важната стъпка от йерархията на отпадъците, а именно тяхното предотвратяване. Бизнесът на практика има интерес да приоритизира ресурсната производителност и да затвори производствения цикъл, тъй като това му помага да намали разходите си. Намеренията за затваряне на цикъла предполагат изходният продукт да бъде проектиран за повторна употреба, поправка и рециклиране. Това улеснява процеса и същевременно насърчава бизнеса да инвестира в технологии за рециклиране, за да може да възстанови и захрани повторно ресурсите си.

Връзката между забраната за депониране и степента на рециклиране е най–очевидна и моделът потвърждава нейната важна роля и положителен принос. Отклоняването на определени потоци отпадъци от сметищата означава, че по–голяма част от постъпилите количества следва да се рециклират. Това може да е причина за редица подобрения по цялата верига на управление на отпадъците. Забраната за депониране на *биоотпадъци* например може да доведе до тяхното намаляване чрез превенция, както и до създаването на функционираща система за разделно събиране на органични отпадъци, които да се изпращат за компостиране и производство на торове или енергия. Забраната за депониране на *рециклируеми отпадъци* може да подобри системата за разделно събиране от врата на врата и последващото сортиране на смесен отпадък. Забраната за депониране на *токсични отпадъци* може да повлияе продуктите още на ниво проектиране, като се ограничат или премахнат от състава им опасните вещества, а в последствие се изгради подходяща система за тяхното безопасно третиране. Политиките по установяване на подобни забрани имат потенциала да стимулират разработването на инфраструктура и подходящи технологии за рециклиране, като така допринесат за по–висок дял рециклирани отпадъци. Това пряко повлиява капацитета на депата и смекчава тяхното отрицателно въздействие върху околната среда (отделени парникови емисии, замърсяване на почви и подпочвени води, разнасяне на миризми и зарази и др.).

3.1.3. Основни изводи

Настоящият раздел анализира поведението на страните – членки на ЕС, по отношение на рециклирането на твърд битов отпадък през последните години. Степента на рециклиране е един от най–често използваните измерители, проследяващи прехода към кръгова икономика, и се използва като ключов индикатор за кръгово представяне на държавите в европейската рамка за мониторинг.

Най–необходимата и значима стъпка в управлението на отпадъци обаче си остава тяхното предотвратяване. Научноизследователската и развойна дейност, свързана с безотпадни и ресурсно ефективни технологии, в случая играе водеща роля. Освен че пряко участва в усъвършенстването на технологиите за рециклиране и възстановяване на материали, тя повлиява отпадъците още преди да са създадени, а именно на етап проектиране на физическия продукт или услуга и формулиране на политики, които да моделират

поведението на производители и потребители. Предотвратяването на отпадъци също зависи от това дали наличните ресурси се оползотворяват максимално и каква производителност достигат. По–ефективното използване на ресурси е от първостепенна важност и има потенциала да стимулира съществено развитието на кръговата икономика особено в по–материално зависими и по–слабо развити европейски страни.

За повишаване на степента на рециклиране може да се използва широк инструментариум, вариращ от финансови субсидии, отпускани от държавата, и преференциално кредитиране на технологични иновации, през регулаторни мерки по отношение на екопроектирането и екоданъците, до повишаване на осведомеността, насърчаване на научните изследвания и сътрудничество между изследователите и промишлеността. От особена важност е и въвеждането на забрани за депониране на определени потоци отпадъци, така че общините да имат стимул да предприемат мерки по тяхното разделно събиране и третиране в съответствие с по–високи нива от йерархията на управление на отпадъци.

3.2. Анализ на фактори, определящи степента на кръговост в ЕС

Повечето кръгови индикатори дават представа за дейностите по рециклиране в системата, но рядко отчитат повишеното възобновяемо или рециклирано съдържание в новите материали и продукти (Corona et al., 2019). Система, която прави приоритет количеството пред качеството, обаче продължава да действа по утвърдения линеен принцип и води до екосистемни нарушения (Bocken & Short, 2021). В комбинация с изчерпващите се ресурси тази практика понижава ресурсната производителност на редица индустрии и увеличава отрицателните последици за човечеството и околната среда (Villena & Greve, 2018).

Целите за рециклиране и възстановяване са необходимост, тъй като спомагат за намаляване на отпадъците. Стремежът те да бъдат изпълнени обаче често води само до частично повторно влагане на материали и енергия (Morseletto, 2020). Степента на рециклиране например отчита дела на рециклирания отпадък в общото количество ТБО. Тя е вид обещание, че дадена част от този отпадък ще бъде преобразувана във вторична суровина, но на практика не гарантира възстановяване и съхраняване на качеството (Moraga et al., 2019). За да се насърчи наистина преходът към кръгова икономика, целите за рециклиране следва да се комбинират с цели за заместване на материали, които да повишат влагането на вторични суровини в продуктите. Същевременно е необходимо да се развие пазар за вторични суровини, който ефективно да разпределя рециклираните материали (Sagan & Sobotka, 2021).

В опит да създаде единен макроикономически кръгов измерител, Евростат разработва степента на кръгово използване на материалите, известна накратко като степен на кръговост. Индикаторът отчита дела на местно възстановените и повторно въведени в икономиката материали (вкл. биомаса, метални руди, неметални минерали и изкопаеми енергийни материали). Измерителят често се използва като приблизителна оценка на кръговата икономика в държавите (Giannakitsidou et al., 2020; Kumar et al., 2021; Neves & Marques, 2022; OECD, 2020), но е по–рядко изследван в сравнение със степента на рециклиране.

В настоящия раздел е направен иконометричен анализ на 27 европейски държави в периода 2010 – 2019 г. (Pantcheva, 2023). Основната му цел е да отсее важни икономически и социални фактори на макро ниво, които влияят върху степента на кръговост. За проверка

на резултатите от предходни изследвания (Kostakis & Tsagarakis, 2021; 2022), които демонстрират положителния принос на БВП на глава от населението и разходите за научноизследователска и развойна дейност, този път в анализа са включени повече държави.

Сред първоначалните очаквания на автора е, че ресурсната производителност има значителен положителен ефект върху степента на кръговост. Ресурсната производителност повишава ресурсната ефективност (Lehmann et al., 2022). Така производствените нива могат да се запазят или увеличат дори да се влагат по–малко количество или по–нискокачествени ресурси. Това на свой ред може да насърчи използването на вторични суровини и да допринесе за по–висока степен на кръговост.

Друго предположение е, че приходите от екоданъци се отразяват положително върху степента на кръговост. Според Тожеска и съавт. поддържането на ниски екоданъци не е ефективна политика освен ако не се прилага в комбинация с публично финансиране (Tchorzewska et al., 2022). От друга страна, тяхното увеличение насърчава зелените инвестиции и оттам — кръговата икономика. Друго проучване върху екоданъците установява, че прогресивният екоданък е за предпочитане пред плоския или липсата на данък (Cai et al., 2022). Този тип данък насърчава устойчивия дизайн, който предотвратява образуването на отпадък, намалява отрицателното въздействие върху околната среда и носи ползи за обществото. При по–задълбочен преглед Ким и съавт. разкриват, че ако данъкът бива налаган върху доставчика на суровини вместо върху производителя, повишаващото се данъчно бреме може да не доведе до иновации (Kim et al., 2017). В алтернативния случай, споделянето на разходите би постигнало по–добри резултати. Дори при това положение един твърде висок екоданък няма да е ефективен. Тези съображения следва да се вземат предвид при оптимизирането на данъчните политики.

Наред с останалите фактори, влияещи върху степента на кръговост, се очаква правителствената ефективност също да е положително свързана с нея, тъй като наличието на стабилно и ефективно правителство е ключово за насърчаването на благоприятна бизнес среда, разумни екологични политики и социална ангажираност, които да улеснят прехода към кръгова икономика (Cramer, 2022).

3.2.1. Поглед върху данните

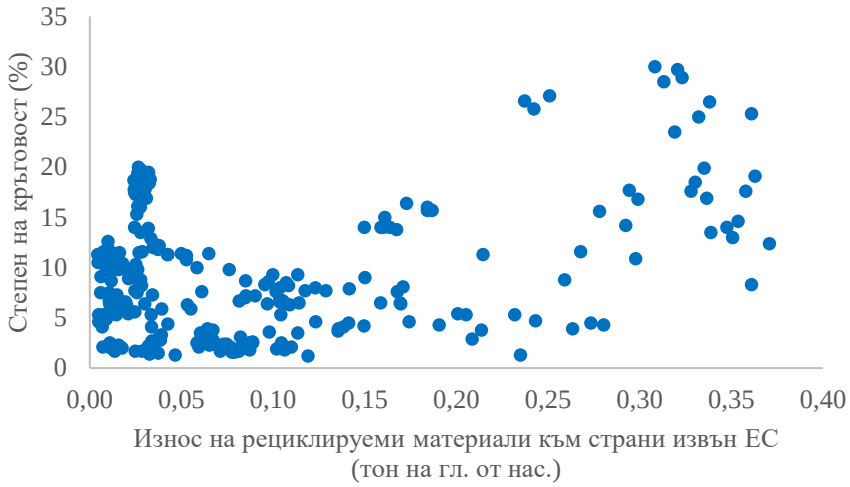
Както по–рано бе отбелязано, повечето изследвания върху кръгови индикатори наблягат на степента на рециклиране като удобен за изчисление и лесен за разбиране измерител. Рециклирането наистина оказва голям ефект върху кръговата икономика, но има и други фактори като възобновяема енергия, устойчиво производство и удължаване на продуктовия живот, които са не по–малко важни (Eurostat, 2022b). Степента на кръговост например е по–рядко изследвана. В едно такова проучване Костакис и Цагаракис разглеждат положителното въздействие от БВП на глава от населението, разходите за НИРД, коефициента на раждаемост, висшето образование, екоданъците и урбанизацията (Kostakis & Tsagarakis, 2021). В последващо проучване те потвърждават ролята на икономическия растеж и иновациите. Авторите също така отчитат и положителното влияние на предприемачеството и социалното развитие (Kostakis, Tsagarakis, 2022). Невес и Маркес предполагат, че възрастовото разпределение на населението също може да играе важна роля в кръговата икономика, тъй като по–възрастните хора обикновено са по–неподатливи на промени и е по–малко вероятно да се откажат от практиката *„вземи – произведи – изхвърли“* (Neves & Marques, 2022).

Степента на кръговост се изчислява с помощта на следното уравнение:

$$CMU = \frac{U}{DMC + U} = \frac{(R_w - IMP_w + EXP_w)}{DMC + (R_w - IMP_w + EXP_w)} \quad (1)$$

В уравнение (1) *CMU* означава степента на кръгово използване на материали. Вътрешното потребление на материали (*DMC*) се използва като приближение за потреблението на суровини в икономиката. *U* е количеството повторно захранени материали. То е приблизително изчислено въз основа количеството рециклируеми отпадъци, подадени към местните инсталации за оползотворяване. За целта местно рециклираните отпадъци — R_W (с изключение на тези, оползотворени за енергия или насипване) се коригират с IMP_W (количеството внесени отпадъци за възстановяване в местни инсталации) и EXP_W (количеството отпадъци, изнесени за възстановяване извън страната) (Eurostat, 2018b). От уравнението личи, че заместването на първичните суровини с вторични спестява добива на първични ресурси само ако общото количество на използваните в икономиката материали остане непроменено.

Основна тенденция сред развитите страни е, че те обикновено генерират по–малко биоотпадъци и повече отпадъци от опаковки, докато ситуацията в по–бедните страни е точно обратната (Kaza et al., 2018). Някои от държавите, които произвеждат рециклируеми отпадъци, не могат да се справят сами с тях и ги изнасят в чужбина. Търговията с рециклируеми материали спомага за управлението на отпадъци и доставките на суровини. Въздействието ѝ върху кръговрата на материали обаче не е еднозначно, тъй като рециклируемите отпадъци са неизползваеми, докато от тях не бъдат възстановени вторични материали (Llorente–González & Vence, 2019). Въпреки че износът е от полза за ограничаването на добива на първични ресурси и насърчаването на кръговрата на материали, той има и някои неблагоприятни ефекти. Развиващите се страни, които обикновено приемат подобни отпадъци, често ги горят или депонират, вместо да ги рециклират. Това е крачка назад за кръговата икономика. Факт е обаче, че износът към страни извън ЕС продължава да расте през годините, както личи от фигура 9 (Eurostat, 2023c). Следователно една от основните цели на ЕС в областта на отпадъците трябва да бъде справянето със собствените отпадъци на местно ниво, а не чрез износ към по–бедни страни (European Commission, 2010).

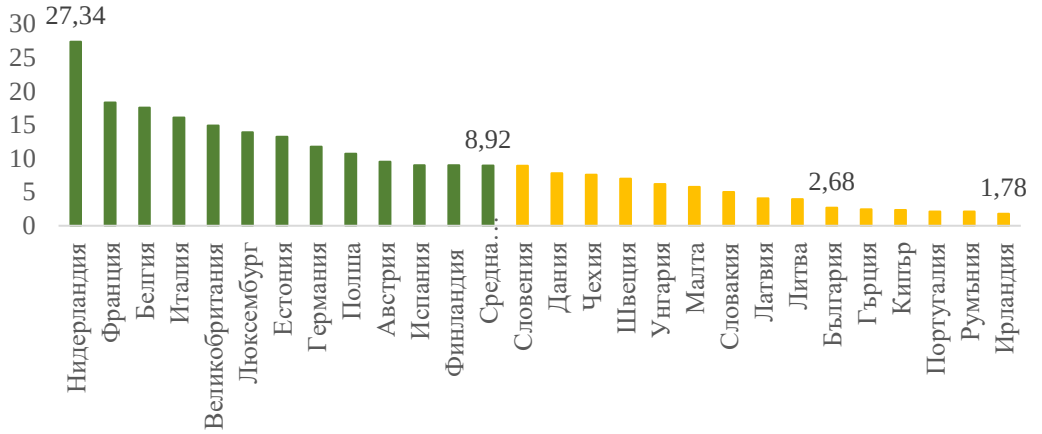


Фигура 9. Степен на кръговост в ЕС–27 като функция от износа на рециклируеми суровини към страни извън ЕС (2010 – 2019 г.). Графиката е изготвена от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023c).

Настоящият анализ започва с преглед на основните тенденции сред 27–те страни – членки на ЕС, през последните години (фиг. 10 и фиг. 11). Тъй като Хърватия се присъединява към Съюза през 2013 г. и данните за нея преди това са оскъдни, държавата не

е включена в анализа. Страните членки демонстрират съществени разлики по отношение степента на кръговост и напредъкът е бавен (ЕСП, 2023). Средната степен на кръговост се увеличава за разглеждания период с около 17% и отбелязва постоянен ръст особено от 2015 г. насам. Именно тогава ЕС полага началото на прехода към кръгова икономика с първата си версия на ПДКИ и същевременно прави важна стъпка по отношение на политиката в областта на климата с подписването на Парижкото споразумение. Постигането на целта за двоен ръст до 2030 г. обаче все още остава под въпрос. Както се вижда на фигура 11, средната степен на кръговост за 10–годишния период е приблизително 8,92%. Нидерландия води, следвана от Франция и Белгия, докато Ирландия, Румъния и Португалия се представят най–слабо. България поддържа ниска степен на кръговост през годините, като 2015 г. и 2016 г. бележат леко подобрение, но през 2018 г. започва спад.

Фигура 10. Средна степен на кръговост за ЕС–27 и България по години. Графиката е изготвена от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023c).



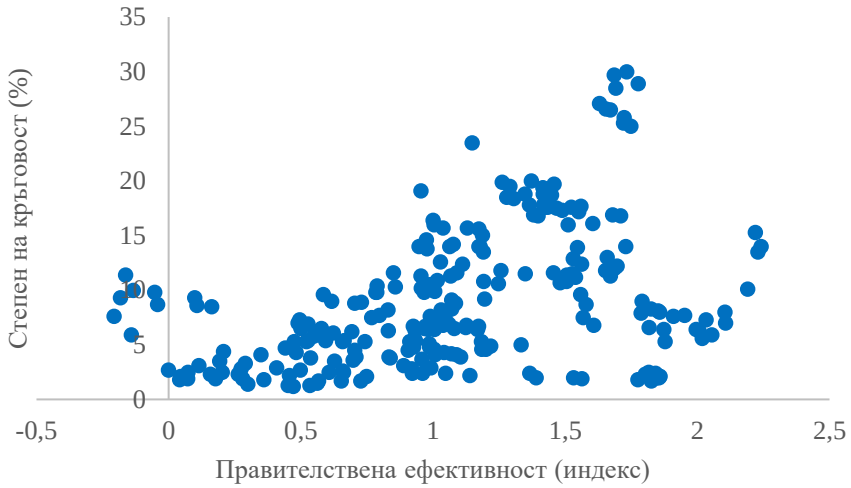
Фигура 11. Средна степен на кръговост по държави за 10–годишния период. Графиката е изготвена от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023c).

Това проучване обогатява съществуващите знания в областта, като анализира нов набор от фактори, които потенциално влияят върху степента на кръгово използване на материалите. Приложение 1 представя зависимата променлива *„степен на кръговост“* и всички независими променливи, включени в анализа. Те покриват аспекти като управление на отпадъците, ресурсна ефективност и социално–икономическо развитие.

Индикаторите за енергийна и ресурсна производителност са свързани съответно с отделянето на икономическия растеж от потреблението на енергия и използването на природни ресурси. БВП отчита икономическо развитие, а разходите за НИРД са използвани като приближение за иновации. Търговията с рециклируеми материали (TRRM) е част от категорията *„вторични суровини“* в Европейската рамка за мониторинг на прехода към кръгова икономика. Категорията отделя специално внимание на повторното използване на материали, предотвратяването на добива на първични ресурси и сигурност суровинните доставки.

Всички променливи са логаритмично трансформирани, за да се постигне близко до нормалното разпределение и да се подобри качеството на данните. Първата стъпка от изследването е провеждане на корелационен анализ, за да се вникне в основните зависимости между променливите. В Приложение 4 са посочени само корелациите между отделните променливи и степента на кръговост, които са над 10%. Тя е най–силно корелирана с дела на разходите за научноизследователска и развойна дейност и ресурсната производителност. Умерени корелации се наблюдават с БВП на глава от населението, правителствената ефективност, степента на рециклиране на стъклени опаковки, както и търговията с рециклируеми материали (внос от ЕС). Между някои от независимите променливи също се забелязват силни корелации, но повечето не намират място в регресионния модел. Изключение правят БВП на глава от населението, разходите за научноизследователска и развойна дейност и ресурсната производителност. Тези зависимости на практика са естествени и очаквани. Взаимодействията на БВП на глава от населението с разходите за НИРД, както и на БВП на глава от населението с ресурсната производителност са тествани в окончателния модел и не произвеждат статистически значими коефициенти, следователно не би следвало да водят до проблеми с мултиколинеарност.

Демонстрираната умерена положителна корелация от 42% между правителствената ефективност и степента на кръговост подкрепя първоначалните очаквания (фиг. 12). Тази променлива обаче не намира място в окончателния модел. Същото се отнася и до степените на рециклиране на различните видове опаковки и търговията с рециклируеми материали.



Фигура 12. Степента на кръговост в ЕС–27 като функция от правителствената ефективност (2010 – 2019 г.). Графиката е изготвена от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023c).

За определяне реда на интеграция, са изпълнени тестове за стационарност. Резултатите показват, че повечето променливи са нестационарни, но единичният корен бива преодолян в първите разлики на променливите, което означава, че данните са интегрирани от първи ред. Тестът на Као за панелна коинтеграция (Kao et al., 1999) показва, че статистическите редове постигат равновесие в дългосрочен план, което отхвърля възможността за случайни зависимости. Така на следващата стъпка е проведен тест за причинност по Грейнджър (Dumitrescu & Hurlin, 2012), за да бъдат идентифицирани потенциално значими фактори. Приложение 5 представя резултатите от тестовете, които установяват значими променливи. Нулевата хипотеза на теста изразява липса на причинност по Грейнджър. Тя може да бъде отхвърлена при ниво на значимост 1 – 5% в случая с разходите за НИРД, ресурсната производителност, степента на рециклиране на стъклени опаковки и вноса на рециклируеми суровини от страни извън ЕС. Това означава, че е налице еднопосочна причинност по Грейнджър и миналите стойности на съответните променливи могат да бъдат полезни за прогнозиране на зависимата променлива. Интересно е да се отбележи, че БВП на глава от населението не достига статистическа значимост в тестовете. Възможно обяснение за тази

липса е, че връзката с икономическото развитие е по–сложна и се влияе от взаимодействията с останалите величини или от други фактори, които не са взети предвид. Тъй като извадката е сравнително малка, възможно е и наблюденията да не са достатъчно, за да се изведе подобна зависимост.

3.2.2. Резултати

Като се вземат предвид резултатите към момента, е построен първоначален регресионен модел с добавяне на независимите променливи една по една. Таблица 2 представя резултатите от регресията.

Таблица 2. Панелни регресионни модели на степента на кръговост

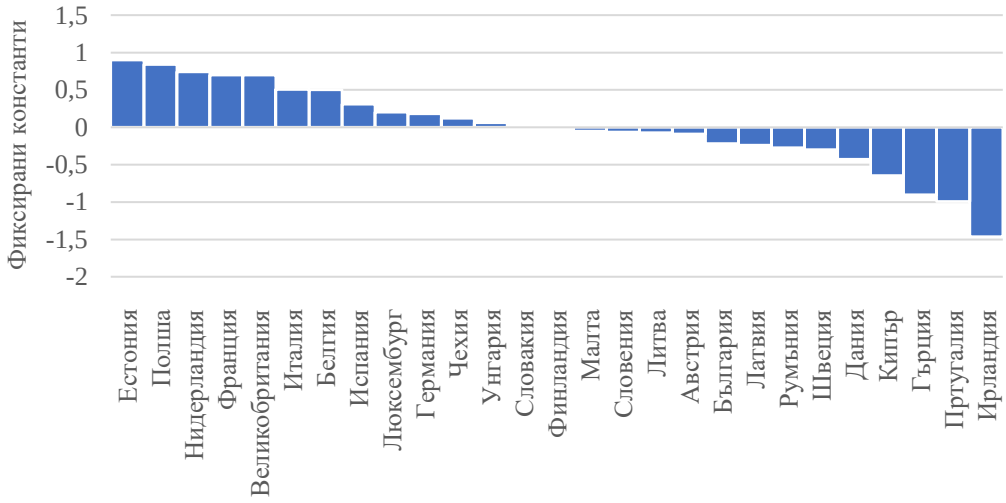
Променлива	(1)	(2)
	Коефициент	
БВП на глава от населението	–0,349*** (0,138)	0,336** (0,146)
Разходи за НИРД	0,722*** (0,069)	0,388*** (0,076)
Ресурсна производителност	0,877*** (0,096)	0,358*** (0,097)
Приходи от екоданъци	0,177 (0,136)	0,460*** (0,146)
Константа	4,606*** (1,389)	–2,241 (1,521)
R	0,723	0,968
R^2	0,522	0,937
R^2_{adj}	0,515	0,929
Брой наблюдения	270	270
Брой периоди	10	10

*Всички променливи са логаритмично трансформирани. Стандартните грешки са посочени в скоби. *, **, *** означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Модел 1 представлява смесен панелен регресионен модел, оценен по метода на най–малките квадрати. Той разкрива, че разходите за НИРД, ресурсната производителност и приходите от екоданъци обясняват степента на кръговост сравнително добре. Това потвърждава очакванията, че иновациите, отразени чрез разходите за НИРД, наистина се отразяват положително на зависимата променлива. Въпреки че пред БВП на глава от населението се появява статистически значим коефициент, тази променлива се явява с отрицателен знак, противно на очакванията.

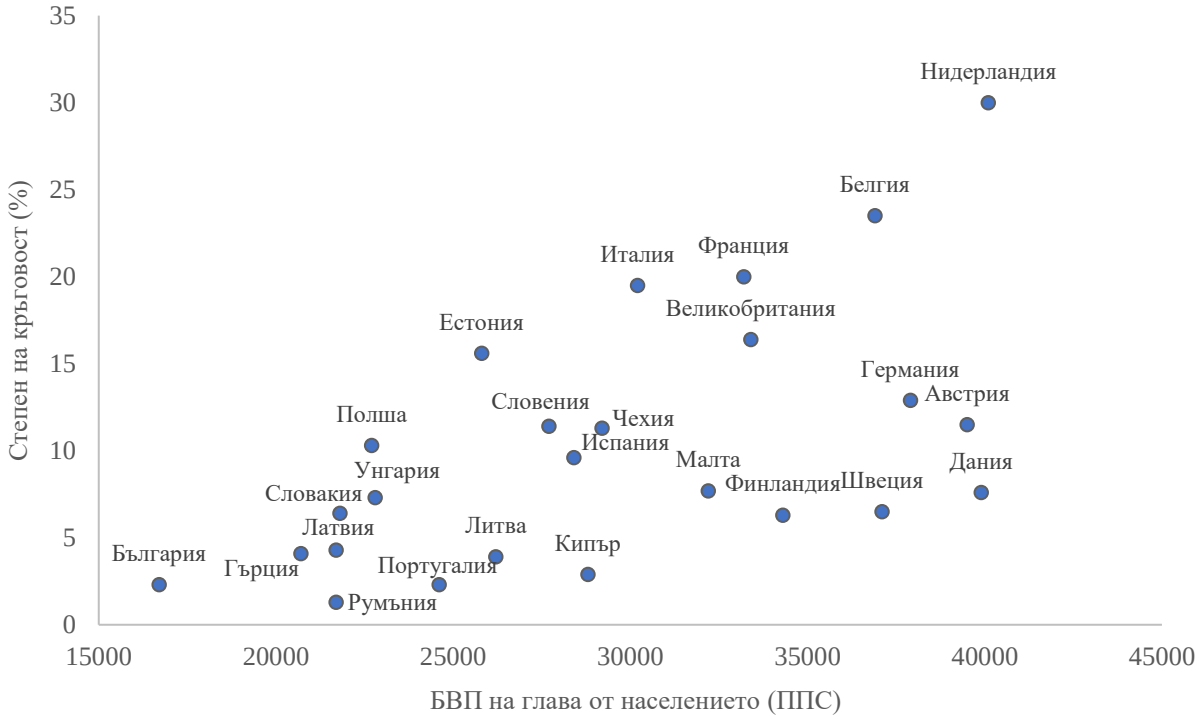
Моделът е оценен повторно, но този път са приложени фиксирани пространствени и времеви ефекти. Тестът за проверка на излишни фиксирани ефекти отхвърля наличието на фиксирани времеви ефекти. Последващата проверка за пространствена зависимост разкрива потенциално наличие на такава зависимост. За да бъде коригирана тя, моделът е оценен по метода за клъстеризация на Уайт (White cross–section (period cluster) method), който се използва за преодоляване на корелация и хетероскедастичност. Финалният модел е представен в таблица 2 под Модел 2. Той коригира отрицателния знак пред БВП на глава от населението и потвърждава значимостта на останалите променливи. Тук и четирите фактора се проявяват с приблизително еднакво влияние, а положителното въздействие на приходите от екоданъци се откроява като малко по–силно от останалите. Приведеният R^2 в модела достига висока стойност. Това може да се дължи на факта, че са включени добре подбрани и качествени данни, а фиксираните ефекти и методът на клъстеризация допринасят за обяснение на значителна част от вариациите в зависимата променлива.

Модел 2 въвежда и специфични константи за всяка една държава. Константите отразяват фиксирано първоначално ниво на степента на кръговост, зависещо от индивидуални характеристики извън модела. Както е видимо от фигура 13, Австрия и Финландия, държави със степени на кръговост над средната за ЕС, тук демонстрират отрицателна специфична константа. Едно възможно обяснение на това явление е, че и двете страни имат ресурсна производителност и износ на рециклируеми материали под средните за ЕС в разглеждания период. Освен това те генерират ТБО над средното за ЕС.



Фигура 13. Специфични константи на степента на кръговост по държави.

Икономическият напредък в повечето страни продължава да се подхранва от експлоатацията на природни ресурси, което упражнява натиск върху ограниченията на планетата. Развитите страни все още не могат преустановят ползването на първични суровини, но се наблюдава постепенна замяна на тежката индустрия с тази на услугите. По–високият БВП предполага по–добър жизнен стандарт, по–благоприятна бизнес среда и повече възможности за работа. Това често допринася за по–продуктивно използване на активите. Същевременно увеличените частни инвестиции и по–високите приходи от данъци могат да бъдат насочени към повишаване на ресурсната производителност и усъвършенстване на технологиите за предотвратяване и оползотворяване на отпадъците, което на свой ред да насърчи кръговата икономика. Модел 2 показва например, че увеличение с 1% в БВП на глава от населението на дадена страна може потенциално да повиши нейната степен на кръговост с 0,34%.



Фигура 14. Степента на кръговост в ЕС като функция от БВП на гл. от нас. през 2019 г.

Фигура 14 представя връзката между степента на кръговост и БВП на глава от населението през последната разгледана година. Люксембург и Ирландия не са включени, тъй като имат анормални стойности. Участъкът със стойности на степента на кръговост над средната за ЕС е зает предимно от страни от Западна, Централна и Северна Европа. Италия

и Испания, които са сред най–конкурентоспособните европейски икономики, също присъстват там. От фигурата е видимо, че повечето държави, присъединили се към ЕС на по–късен етап, са разположени близо до центъра на графиката. Това е знак, че страни, които са започнали да прилагат зелените европейски политики от сравнително скоро (особено тези с по–нисък БВП на глава от населението), все още срещат съществени затруднения в по отношение на прехода към кръгова икономика.

Научноизследователската и развойна дейност е източник на знания за създаването на нови продукти, услуги и технологии или усъвършенстването на съществуващи такива. НИРД е тясно свързана с иновациите и не само осигурява конкурентни предимства за бизнеса, но също така играе ключова роля за намаляване потреблението на материали и енергия и контрол над екологичния отпечатък. Иновациите в продуктовия дизайн и рециклирането подобряват и процеса на възстановяване на материали (Sagan & Sobotka, 2021). Оценените в настоящото проучване модели също предполагат, че научноизследователската и развойната дейност е важен стимул за кръговата икономика. Модел 2 например показва, че увеличение на разходите за НИРД с 1% може да повиши степента на кръговост с до 0,39%.

Постигането на устойчивост изисква дългосрочно намаление в потребяваните суровини и отделените отпадъци. Ресурсната производителност се утвърждава в моделите като стимул на кръговата икономика. Тя е също толкова важна, колкото икономическо развитие и инвестициите в НИРД. Повишената ресурсна производителност означава, че икономиката е по–конкурентоспособна, тъй като управлява ефективно ресурсите и замърсяването и по този начин ограничава рисковете за околната среда. Производството на повече с по–малко спомага за отделянето на икономическия растеж от употребата на изчерпаеми ресурси и намалява влагането на суровини. Това е ключова предпоставка за кръговата икономика, тъй като засилената повторна употреба на материали сама по себе си не е гаранция за устойчивост. Докато количеството вложени материали нараства постоянно в световен мащаб, степента на кръговост не би могла да е полезен измерител за проследяване на напредъка към кръгова икономика особено ако употребата на вторични и първични суровини се увеличава с еднакви темпове.

Екоданъците и екотаксите могат до известна степен да ограничат отрицателните екологични последици от производството и потреблението. Тези инструменти са пряко

свързани с принципа *„замърсителят плаща“* и целят да облагат производствени и потребителски практики, които застрашават околната среда. Те могат да са свързани с енергия и материали, транспорт или други замърсяващи дейности. Зелените политики, залагащи екологично данъчно облагане, определят цена на отрицателните външни ефекти и предоставят стимули за повишаване на ефективността и преминаване към възобновяеми ресурси и екологично чисти технологии. В допълнение, приходите от екоданъци могат да субсидират дейности по рециклиране и възстановяване, като по този начин повишават степента на кръговост (Freire–González et al., 2022). На практика, докато четирите фактора изглеждат еднакво важни, ефектът от приходите от екоданъци като дял в БВП се откроява като по–въздействащ. Според Модел 2 увеличение от 1% има потенциала да повиши степента на кръговост с 0,46%. Този положителен принос може да се обясни по следния начин: Първо, по–високите приходи могат да са резултат от по–високи екоданъци, наложени върху производители и потребители, които увреждат околната среда. За да намалят разходите си, те могат съответно да намалят употребата на първични суровини и да се стараят да възстановяват повече вторични ресурси. Второ, допълнителните приходи могат да бъдат оползотворени за възстановяване на околната среда, увеличаване на ресурсната производителност и предотвратяване на отпадъците или за подпомагане дейностите по рециклиране и възстановяване. Трябва да се отбележи обаче, че по–високите приходи от екоданъци може да са знак, че ставките са твърде ниски и се произвеждат повече вредни за околната среда стоки и услуги, а това подронва ползите от устойчивите инвестиции.

Резултатите от това проучване трябва да се осмислят в светлината на някои ограничения. Първо, малкият брой предишни изследвания по темата за степента на кръговост затрудняват оценката на по–голям набор потенциално значими фактори и по–задълбоченото разбиране за ролята ѝ в проследяването на напредъка към кръгова икономика. Второ, липсата на конкретни данни ограничава обхвата на изследването по два начина: времеви диапазон и брой държави. Информацията за степента на кръговост и независимите променливи в повечето държави е съсредоточена в периода 2010 – 2019 г. Данните са оскъдни и за държави извън ЕС, което допълнително повлиява извадката и не позволява да се направят сравнения между страни от и извън ЕС. Тези ограничения обаче представляват възможност изследването да бъде надградено, като се вземат предвид ефектите от Ковид–19 пандемията и икономическата криза, както и преразгледаните цели и финансови стимули, свързани с

Европейския зелен пакт. Освен това при наличие на данни в проучването могат да се включат и други европейски държави, азиатски страни или САЩ, за да се осигури база за сравнения.

3.2.3. Основни изводи

За разлика от други показатели за материална устойчивост, степента на кръговост е показателна за действителния кръговрат на материали. Рециклирането води до намаляване на отпадъците, но суровините се възстановяват частично. Същевременно възстановяването на материали и ресурсната ефективност са ключови за прехода към кръгова икономика. За ефективно разпределение на получените вторични суровини между всички потенциални заинтересовани страни обаче е необходим и добре функциониращ пазар. Подходящата дистрибуторска мрежа и залагането на цели за заместване на материали имат потенциала подобрят значително кръговото представяне на страните.

Износът и вносът на рециклируеми суровини имат важна роля за балансирането на световното търсене и предлагане, както и за ограничаването на добива на първични ресурси. Нарастващият износ от Европейския съюз към страни извън ЕС на практика се оказва печеливша стратегия за страните членки. Същевременно обаче липсва прозрачност относно това какво се случва с рециклируемите суровини по–нататък. Като се имат предвид възможното изгаряне или депониране на такива материали, износът трябва да бъде ограничен в рамките на ЕС, за да се избегне замърсяването в бедните страни за сметка на по–развитите.

Резултатите от проучването подкрепят всички пет първоначални хипотези. Икономическото развитие има ключова роля за насърчаване на кръговата икономика, като осигурява стабилна бизнес среда, повече частни и публични зелени инвестиции и по–качествени услуги по управление на отпадъците. По–високите разходи за научноизследователска и развойна дейност наред с подобрената ресурсна производителност също оказват положителен ефект. Според получените модели правителствената ефективност няма пряко въздействие върху степента на кръговост. Тя обаче е положително свързана с нея и косвено съдейства за създаването и провеждането на по–ефективни политики, които насърчават зелените инвестиции и иновациите.

Настоящият раздел допринася за обогатяване на съществуващото знание, като разкрива, че предишни стойности на разходите за научноизследователска и развойна дейност и

ресурсната производителност помагат да се прогнозира степента на кръговост и са основополагащи за дългосрочното ѝ развитие. Резултатите също така подчертават важната роля на екологичното данъчно облагане. Приходите от екоданъци оказват положително влияние върху кръговото използване на материали и дори се оказва, че този фактор има сравнително по–силно въздействие от останалите.

Идентифицирането на движещите сили за кръговата икономика носи ползи за производители, потребители, политици и изследователи. Публичните и частните инвестициите в научноизследователска и развойна дейност могат да повишат ресурсната производителност, а тя на свой ред насърчава конкурентоспособността и икономическия растеж. Тъй като изборите на производители и потребители често водят със себе си екологични последици, разработващите политики следва да оптимизират екоданъчното облагане, като избягват ниските или прекомерно високи ставки. Препоръчително е да се въведе прогресивно облагане, съответстващо на степента на отрицателно въздействие върху околната среда. Трябва да се има предвид и че екологичното данъчно облагане само по себе си не е достатъчно средство за контрол на въздействието върху околната среда и насърчаване на кръговата икономика. Правителствата следва да работят по повишаване на екологичната осъзнатост, създаване на по–благоприятна бизнес среда за устойчив растеж и налагане на по–стриктни регулации върху замърсяващите дейности.

3.3. Анализ на фактори, определящи потреблението на възобновяема енергия в ЕС

Енергийните източници, които човечеството използва, са в пряка свързаност с климатичните промени и е наложително да бъдат отразени под една или друга форма в рамките за мониторинг. Един единствен индикатор обаче трудно може да обхване концепцията за енергиен преход. При неговата оценка следва да се вземат предвид въглеродни емисии, свързани с енергията, въглеродна интензивност на КЕП, електрификацията на КЕП, енергийна интензивност на икономиката, инвестиции в чиста енергия и др. (IEA, 2019). И все пак, потреблението на възобновяема енергия в брутното крайно енергийно потребление се очертава в литературата като един от най–често използваните индикатори, проследяващи напредъка на прехода (Vera & Langlois, 2007; Sheinbaum–Pardo et al., 2012; Yu et al., 2020; Niu et al., 2023). Въпреки че той е лесна за разбиране и използване мярка обаче, препоръчително е за по–информативни изводи да се изследва заедно с данни за енергийния микс, крайното енергийно потребление, възможни отрицателни екологични ефекти на използваните технологии и др. (EEA, 2015; Wang et al., 2021).

Връзката между възобновяемата енергия и качеството на околната среда е активно обсъждана в литературата, но не са много изследванията върху фактори, насърчаващи или възпрепятстващи производството и потреблението на възобновяема енергия в различни страни или региони. Проучването на тези детерминанти е от съществено значение за вземането на информирани политически и бизнес решения, касаещи енергийния преход.

Според скорошни публикации (Saba & Biyase, 2022; Marra & Colantonio, 2022; Tu et al., 2022) институционалните фактори, като добър контрол над корупцията, се оказват от особена важност за развитието на възобновяемата енергия. Институциите могат да повлияят развитието на зелените технологии, като предоставят законодателни и финансови стимули на икономическите агенти (Omri et al., 2022). Въпреки че политиките за насърчаване имат значителен ефект върху инвестициите във възобновяема енергия, инструменти като данъчните стимули не са достатъчни (Bersalli, 2020). Необходимо е задълбочено познаване на потребителските нагласи към възобновяемите източници, за да се постигне определена политическа цел. Политическият режим също се очертава като движеща сила, тъй като по–

демократичните общества обикновено са и по–толерантни към зелените технологии (Chaikumbung, 2021).

Технологичните иновации и дигиталните умения на хората също са неразделна част от прехода и правителствата следва да провеждат устойчиви политики по повишаване на осведомеността и подобряване на дигиталната грамотност (Mishra et al., 2022). Дигитализацията улеснява разпространението на информация, насърчава технологичния напредък, спомага за интегрирането на възобновяеми енергийни източници и намаляването на крайното енергийно потребление. Този ефект се проявява по–силно в развиващите се икономики, отколкото в по–богатите страни и региони (Xu et al., 2022; Shahbaz et al., 2022; Haldar et al., 2023). Трябва да се отбележи, че дигитализацията крие сериозен потенциал за дематериализация и декарбонизация в краткосрочен план, но дългосрочните ефекти остават неясни поради увеличената консумация, провокираща засилена нужда от енергия (Dehghan Shaban & Shahnazi, 2019; Kouton, 2019). За да се отрази благотворно на устойчивостта, дигитализацията трябва да подобрява енергийната ефективност и да насърчава производството на възобновяема енергия, която постепенно да замества конвенционалните енергийни източници и да компенсира всяко евентуално увеличение в енергийното потребление.

Освен от технически аспекти устойчивите решения за производство на енергия зависят от редица заинтересовани страни на различни нива (Omri et al., 2022). Фактори, като икономически растеж, урбанизация, индустриализация, ръст и гъстота на населението, влияят върху дела на възобновяемата енергия според Малик и съавт. (Malik et al., 2014). Други проучвания добавят към тези детерминанти и разходите за НИРД, преките чуждестранни инвестиции, отвореността на търговията и правителствената ефективност (Kocsis & Kiss, 2015; Akarsu & Korucu–Gümüşoğlu, 2019; Alam et al., 2020; Adedoyin et al., 2020; Islam et al., 2022). Не по–малко важни остават и индикаторите за устойчиво развитие, като индекса на човешкото развитие, въглеродните емисии и екологичните отпечатъци. Емисиите на CO_2 на глава от населението и свързаното с тях влошаване на околната среда например зависят от икономическото развитие и в частност неравенството на доходите (Hao et al., 2016). По–голямото неравенство води до увеличаване на въглеродните емисии, тъй като бедните хора рядко могат да си позволят екологично чисти стоки или услуги. Същевременно най–развитите икономики обикновено отделят още повече емисии. Те обаче

до известна степен компенсират ръста, като правят значителните разходи за научноизследователска и развойна дейност и разработват новаторски решения (Wan et al., 2022). По тази причина преодоляването на неравенствата и провеждането на разумни инвестиционни политики са ключови за понижаване на крайното енергийно потребление и развитието на възобновяеми източници. Не по–малко важно е как новите технологии могат да бъдат максимално ефективно внедрени и пуснати в употреба. В случая е определяща социалната приемливост, тъй като обществените нагласи към източниците на възобновяема енергия могат да са както двигател, така и бариера пред доближаването до целите за въглеродна неутралност. За съжаление, много страни, в това число и България, се характеризират с ниска осведоменост по отношение на технологичните решения за добив на енергия от възобновяеми източници (Трифонова, 2021). И докато екологичните ползи от тяхното приложение са по–очевидни, то икономическите предимства са малко познати на населението. Това потвърждава необходимостта от провеждането на информационни кампании и последователни национални политики, които да стимулират както по–мащабни инвестиционни проекти, така и малки бизнес проекти и битови инсталации.

Зависимостта между икономическия растеж и възобновяемата енергия е изследвана от много различни автори в литературата. Някои от тях установяват, че тя е предимно отрицателна (Sharma et al., 2021; Tu et al., 2022; Fernández–Amador et al., 2023). Други смятат, че видът на връзката обикновено зависи от нивото на БВП (Akarsu, Korucu–Gümüşoğlu, 2019; Marra, Colantonio, 2022; Wang et al., 2022). Трети пък твърдят, че най–богатите страни инвестират повече във възобновяема енергия, тъй като имат по–висок бюджет за НИРД, по–добра регулаторна рамка и ефективни политики за насърчаване (Marques et al., 2010; Papież et al., 2018; Bersalli et al. 2020). Когато става въпрос за причинно–следствени връзки, резултатите отново са разнопосочни, установявайки еднопосочна причинност по Грейнджър от БВП към възобновяемата енергия (Ben Jebli & Ben Youssef, 2015), от възобновяемата енергия към БВП (Yildirim et al., 2012) или двупосочна причинност (Apergis, Payne, 2010; 2011; Chang et al., 2015). Едно от изследванията дори разкрива, че икономическият растеж и възобновяемата енергия имат двупосочна отрицателна взаимосвързаност в краткосрочен план (Sharma et al., 2021). Въпреки отрицателните краткосрочни икономически последици обаче, възобновяемата енергия крие редица бъдещи възможности, ако бъде осигурен справедлив и всеобхватен енергиен преход. Тези два аспекта следва да са приоритетни

особено в страни с голямо неравенство в доходите, за да се избегне задълбочаване на енергийната бедност (Revez et al., 2020).

Ковид–19 пандемията и руско–украинската война поставят на изпитание енергийния преход, като му създават едновременно стимули и пречки. Свиването на икономическата дейност и продължителната криза водят до тежки социални, икономически и екологични последствия (Nicola et al., 2020; Baker et al., 2020; Pereira et al., 2022). Пандемията предизвиква безпрецедентен спад в търсенето на горива и енергия, като отваря път за ускорен преход към по–устойчиви енергийни източници (Chiaramonti & Maniatis, 2020; Zhong et al., 2020). Производството на възобновяема енергия е допълнително насърчено и от подобреното качество на въздуха в резултат на по–ниските парникови емисии. Този фактор увеличава количеството слънчева светлина, достигаща земята, и повишава производителността на слънчевите панели по време на принудителното затваряне (Naderipour et al., 2020). В комбинация с по–ниските разходи за възобновяема енергия, делът ѝ (предимно слънчева и вятърна) в енергийния микс на редица държави и региони нараства (Zhong et al., 2020; Klemeš et al., 2020; Li et al., 2022). Същевременно обаче повишената несигурност започва да влияе на инвестиционните решения и приключването на проекти за възобновяема енергия (Tsao et al., 2021). Фактори, като липса на финансиране и забавяния по веригата на доставка, също спъват завършването на подобни проекти (IEA, 2020a; 2020b).

Европейският съюз си поставя амбициозни цели в отговор на международните споразумения относно околната среда. Тъй като ЕС е един от най–големите емитенти на парникови емисии в света и над 70% от тях идват от изгарянето на изкопаеми горива, преходът към по–чисти източници е от първостепенно значение (European Parliament, 2018). Изглежда, че усилията не са напразни, тъй като според скорошен доклад ЕС оглавява конкуренцията за нулеви емисии наред с Китай, САЩ, Япония и Индия (Makaroff & Kalcher, 2023). Следователно Съюзът може да служи за добър пример как страните да предприемат успешни стъпки за справяне със своя климатичен отпечатък и подобряване на енергийната си сигурност, докато същевременно напредват икономически. Така изследването на факторите, влияещи върху потреблението на възобновяема енергия в региона, може подпомогне и други страни в техния енергиен преход.

В настоящия раздел е направен иконометричен анализ на панелни данни за 27 страни – членки на ЕС, в периода 2008 – 2020 г. (Pantcheva, 2024). Целта му е да установи важни

икономически и социални фактори на макро ниво, които насърчават или възпрепятстват потреблението на възобновяема енергия. За БВП на глава от населението и разходите за научноизследователска и развойна дейност отново се очаква да оказват значителен положителен ефект. Дигитализацията, в частност честотата на ползване на интернет и интернет взаимодействието с обществени институции, както и образованието също се предполага да играят важна положителна роля за потреблението на възобновяема енергия. Същевременно високите нива на въглеродни емисии би следвало да имат отрицателен ефект върху него.

3.3.1. Поглед върху данните

Извадката е направена според наличието на данни и включва 27 страни – членки на ЕС. Фигура 15 показва крайното енергийно потребление и потреблението на възобновяема енергия в тях между 2008 г. и 2021 г. Последната година не е включена в по–нататъшния анализ, а е еднократно използвана, за да даде представа за потреблението на енергия след Ковид–19 пандемията.

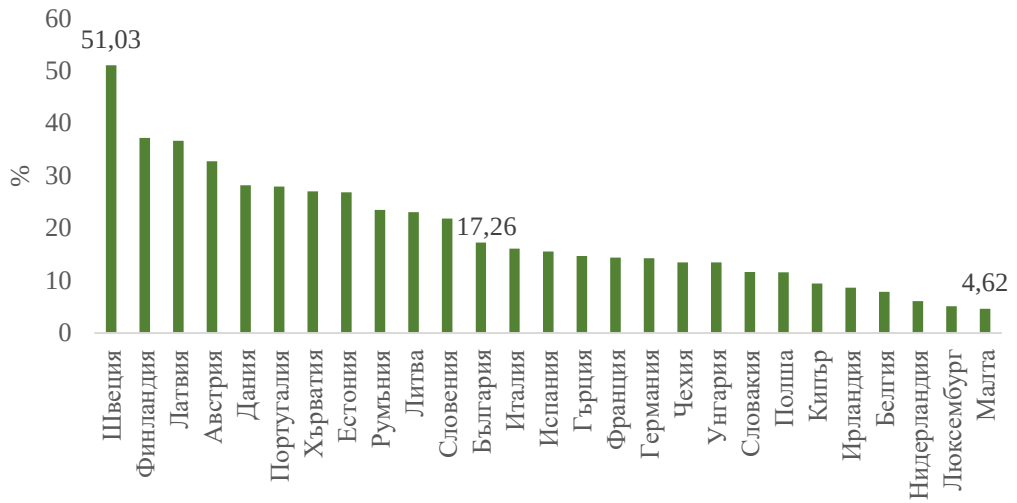
Фигура 15. Средно енергийно потребление в ЕС–27 за периода 2008 – 2021 г. Графиката е изготвена от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023c).

Крайното енергийно потребление се запазва сравнително стабилно през годините, с лек спад през 2009 г. поради Световната финансова криза и през 2020 г. в началото на пандемията. Междувременно делът възобновяема енергия се увеличава постепенно, като започва от 12,55% през 2008 г., достига 19,89% през 2019 г. и се повишава до 22,04% през

2020 г. Това бележи общ ръст от 74,70% за 13–годишния период. През 2021 г. обаче делът на възобновяемата енергия спада леко до 21,93%.

Проследявайки движението на данните, се очертава специфичен мотив. Световните кризи слабо понижават крайното енергийно потребление и насърчават сектора на възобновяемата енергия, но ефектът е краткотраен и стойностите бързо се завръщат към предкризисните си нива, забавяйки ръста на дела възобновяема енергия. Финансовите и здравните кризи поставят света през сериозни изпитания, но те крият и потенциал да приближават икономиките към постигане на климатичните цели. Правителствата могат да се възползват от подобни събития и да удължат ефекта им върху енергийното потребление. За целта са необходими подходящи политики и планове за възстановяване, зелено финансиране и международно сътрудничество (Tian et al., 2022). Балансът обаче е крехък. Руско–украинската война допълнително застрашава енергийния преход и постигането на Целите за устойчиво развитие. По пътя към декарбонизация, енергийната сигурност е под заплаха особено след като конфликтът излага на показ високата зависимост на Европа от руските изкопаеми горива (Prisecaru, 2022). Необходимостта от енергийна диверсификация и подхранване на местното производство на възобновяема енергия първоначално насърчава развитието на нисковъглеродни енергийни източници (De Rosa et al., 2022). Европейският съюз продължава да е нетен енергиен вносител, но наложените през 2022 г. санкции срещу Русия водят със себе си съществена диверсификация на доставчиците (Eurostat, 2023d). Въпреки това компрометираната енергийна сигурност и колебанията в цените на енергията изглежда, че за пореден път възраждат използването на изкопаеми горива като надеждно решение (Zakeri et al., 2022).

Фигура 16 обобщава представянето на отделните страни през наблюдавания период, като показва средния дял възобновяема енергия за всяка една държава. Неговата стойност в ЕС–27 между 2008 г. и 2020 г. е 17,33%, което означава, че само около 37% от страните се представят по–добре. Швеция демонстрира стабилно лидерство, следвана от Финландия, Латвия и Австрия. България държи средното ниво за ЕС, докато Нидерландия, Белгия и Малта изостават значително от цели си за възобновяема енергия.



Фигура 16. Среден дял на потребената възобновяема енергия за всяка страна в периода 2008 – 2020 г. Графиката е изготвена от автора по данни на Евростат (Eurostat, 2023c).

Данните за проучването са извлечени от Евростат, Световната банка, ООН и Climate Watch. Променливите, използвани в анализа, са тясно свързани с Целите за устойчиво развитие. Зависимата променлива *„потребление на възобновяема енергия“* е от първостепенно значение за цели 7, 11 и 12, които касаят достъпна и чиста енергия, развитие на устойчиви градове и общности и отговорно потребление и производство. Енергийният преход е необходим за постигане на кръгова икономика и е най–важната стъпка в борбата с климатичните промени съгласно цел 13. Обяснителни променливи са подбрани от автора въз основа на съществуваща литература и установяване на нови потенциално влиятелни фактори. Приложение 1 представя списък на всички използвани променливи и съкращенията, които са използвани за тяхното означение.

Тъй като икономическите, социалните и екологичните измерения се преплитат, когато става въпрос за устойчиво развитие и кръгова икономика, показателите, които проследяват напредъка им, често се влияят от едни и същи фактори. Най–често използваните измерители за кръгова икономика например обикновено зависят от общи фактори, като БВП на глава от населението и разходите за НИРД (Pantcheva & Mengov, 2022; Pantcheva, 2023), наред с висшето образование и урбанизацията (Sidique et al., 2010; Kostakis & Tsagarakis, 2021). Общото въздействие на придобитото образование върху потреблението на възобновяема енергия в настоящото изследване е проверено чрез специфичната променлива EST.

Макроикономическите променливи, като БВП на глава от населението, разходите за НИРД, отвореността на търговията и тяхната роля за потреблението на възобновяема енергия са по–рано разглеждани в научната литература и са взети отново под внимание в настоящото проучване. В допълнение е разгледана и ролята на правителството посредством индекса за качество на държавното регулиране, който има потенциално положително въздействие (Ibarra–Yunez & Pérez–Henríquez, 2017). Дигитализацията като двигател на сектора на възобновяема енергия също е идентифицирана в различни изследвания, но настоящото се фокусира в частност върху потенциалните ефекти от честотата на ползване на интернет и интернет взаимодействието с обществени институции.

Показателите, касаещи населението, като гъстота на населението, темп на нарастване населението и урбанизация (Salim & Shafiei, 2014) са неизменно свързани с потреблението на енергия и поради тази причина също са разгледани като фактори. В научната литература е установено, че възобновяемата енергия облекчава до известна степен енергийната бедност (Pagliaro & Meneguzzo, 2020; Biernat–Jarka et al., 2021; Wang et al., 2022). Настоящото изследване възприема различен подход и тества дали самата енергийна бедност влияе върху потреблението на възобновяема енергия. След като и други парникови газове, по–малко известни от CO_2, също допринасят за изменението на климата, към списъка с потенциални фактори е добавена още една променлива — парникови емисии на глава от населението.

Доколкото авторът е запознат, това проучване е първото, което изследва специфичното влияние на енергийната бедност, честотата на ползване на интернет, интернет взаимодействията с обществени институции, образованието (с използвано приближение EST) и парниковите емисии на глава от населението върху потреблението на възобновяема енергия. Установяването на определящи фактори, които свързват потреблението на възобновяема енергия с други измерители на кръговата икономика, е още един аргумент в подкрепа на добавянето на този енергиен показател към Европейската рамка за мониторинг на кръговата икономика. Изследването също така допринася към съществуващата литература, като анализира различен набор държави в различен период.

За целите на анализа всички променливи са логаритмично трансформирани. Приложение 6 представя описателната им статистика, а в Приложение 7 може да бъде открита корелационната матрица. Съществува умерена положителна корелация между REC и EST, REC и PGR, REC и TO, REC и UP при ниво на значимост от 1%. Междувременно, PD

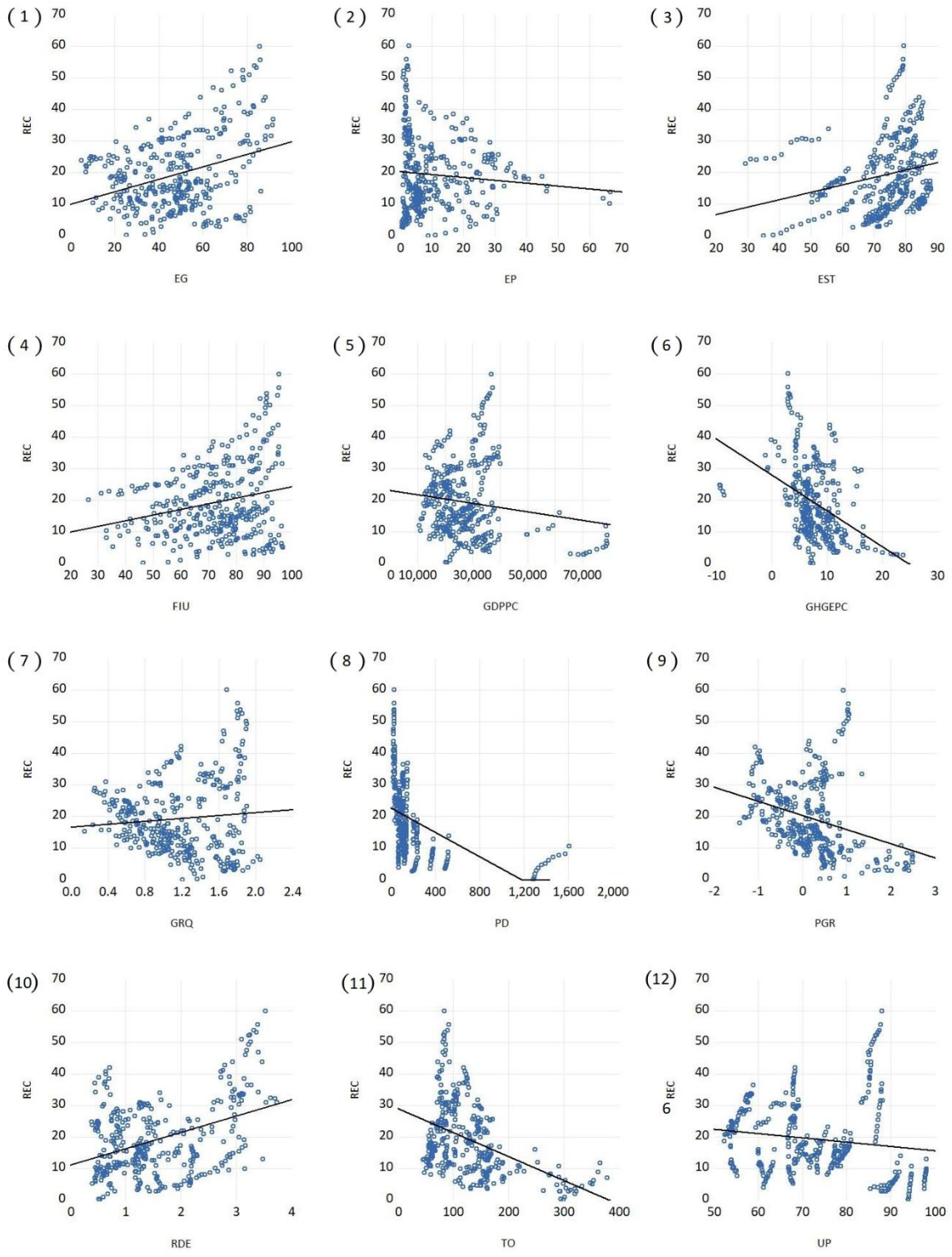
има силна отрицателна корелация със зависимата променлива. Съществуват още силни корелации между FIU и EG, EP и GDPPC, PGR и GDPPC (над 0,7). EG не стига до окончателните модели. Що се отнася до другите две силни корелации, GDPPC и PGR са използвани като контролни променливи и не са от особен интерес в настоящото изследване.

Някои от силните зависимости могат да станат причина за мултиколинеарност. Тъй като текущият избор на фактори обаче е теоретично и/или практически обоснован и икономическите, социалните и екологичните измерения често са взаимосвързани, то взаимоотношенията между подобни обяснителни променливи са естествени и очаквани.

Фигура 17 изобразява точкови диаграми на потреблението на възобновяема енергия като функция от всяка една обяснителна променлива. Визуализациите предполагат съществуването на положителна зависимост между: REC и EG; REC и EST; REC и FIU; REC и RDE. Наблюдава се отрицателна зависимост между: REC и GHGEPC; REC и PGR; REC и TO. Зависимостите с останалите обяснителни променливи не могат да бъдат ясно установени от точковите диаграми.

Всички останали тестове и оценки са извършени с логаритмично трансформираните променливи. Тестовете за единичен корен разкриват, че някои от променливите не са стационарни, но единичният корен бива преодолян в първите им разлики. Следователно данните са интегрирани от първи ред. На следващата стъпка тестът за коинтеграция на Као (Као, 1999) отхвърля нулевата хипотеза при ниво на значимост от 1%, което означава, че променливите демонстрират стабилна дългосрочна връзка.

Приложение 8 представя резултатите от тестовете за причинност по Грейнджър (Dumitrescu, Hurlin, 2012) за променливите, които демонстрират подобна връзка с REC. Резултатите разкриват наличието на двупосочна причинност между: EG и REC; FIU и REC; PD и REC; TO и REC; UP и REC. Еднопосочна причинност е налице от: EP към REC; EST към REC; GDPPC към REC, но се оказва, че REC причинява GHGEPC. Не е разкрита причинност между потреблението на възобновяема енергия и GRQ, PGR или RDE.



Фигура 17. (1). REC като функция от EG; (2). REC като функция от EP; (3). REC като функция от EST; (4). REC като функция от FIU; (5). REC като функция от GDPPC; (6). REC като функция от GHGEPC; (7). REC като функция от GRQ; (8). REC като функция от PD; (9). REC като функция от PGR; (10). REC като функция от RDE; (11). REC като функция от TO; (12). REC като функция от UP.

3.3.2. Резултати

При оценката на панелния регресионен модел са използвани два метода, за да се осигури надеждност и сравнимост на резултатите: фиксирани ефекти (FE) и напълно модифицирани най–малки квадрати (FMOLS). Всички методи за оценка следват процедура по подбор на променливите, започваща с обяснителни променливи, идентифицирани в съществуващата литература, и продължаваща с проверка на останалите променливи за значимост. Уравненията на моделите, оценени чрез FE (2) и FMOLS (3), са съответно зададени като:

$$ln(y_{i,t}) = \beta_0 + \alpha_i + \beta_k ln(x_{k,i,t}) + e_{i,t} \quad (2)$$

$$ln(y_{i,t}) = \beta_k ln(x_{k,i,t}) + e_{i,t} \quad (3)$$

където $y_{i,t}$ е зависимата променлива *„потребление на възобновяема енергия“*, а $x_{k,i,t}$ са обяснителните променливи GDP, PD, PGR, RDE, EST, FIU, EP, GHGE, TO, UP. Константите β_0 и α_i представляват отрезът и специфичните за дадена държава фиксирани ефекти. Грешките на регресията са обозначени с $e_{i,t}$. Долните индекси се отнасят до различните държави (i), обяснителни променливи (k) и годините (t) и са дефинирани по следния начин: в FE модела: i = (1, … , 27), k = (1, … , 10), t = (1, … , 13); в FMOLS модела: i = (1, … , 27), k = (1, … , 10), t = (1, … , 12).

Фиксираните ефекти отчитат характеристики, присъщи за дадена държава, които са определени извън модела. По този начин те намаляват смущенията в резултат от пропуснати променливи, които биха могли да влияят на потреблението на възобновяема енергия. Тази техника за оценка има потенциала да изведе по–точни резултати, тъй като вниква в пространствените и времевите измерения на панела от данни.

Първият регресионен модел в настоящия анализ е оценен по обикновения метод на най–малките квадрати и включва само четири променливи, идентифицирани в предходни проучвания: GDPPC, PD, PGR и RDE. За да бъде установено наличието на фиксирани или случайни ефекти, е извършен тест на Хаусман (Hausman, 1978). Нулевата хипотеза на теста, която счита случайните ефекти за по–подходящи, е отхвърлена при ниво на значимост от 1% и са избрани фиксирани ефекти. Тестът на Улдридж за серийна корелация (Drukker, 2003; Wooldridge, 2011) показва, че грешките за пространствените компоненти са серийно корелирани. Освен това статистиките за пространствена зависимост (Breusch–Pagan LM, Pesaran scaled LM, Bias–corrected scaled LM and Pesaran CD) отхвърлят хипотезата за нейната

липса при ниво на значимост от 1%. С оглед на хетероскедастичността, пространствената зависимост и серийната корелация, методите за оценка следва да вземат предвид тези проблеми. Поради това за предоставяне на надеждни оценки е използван методът на двупосочна клъстеризация на Уайт (White two–way cluster method)) (Wooldridge, 2011).

FMOLS (Pedroni, 2001) обикновено също се използват в подобни случаи, тъй като са по–усъвършенствани от останалите методи и могат да преодолеят проблема със серийната корелация и ендогенността на променливите. Докато методът на обикновените най–малки квадрати често може да доведе до изместени оценки, FMOLS дават по–точни резултати при наличието на хетерогенност в коинтегрирани панели и също така позволяват да се моделират дългосрочни връзки.

Коефициентите на променливите, които представляват интерес в настоящото проучване, се запазват сравнително стабилни при всички оценки. В допълнение, окончателните модели са повторно оценени с включени взаимодействия между GDP и EP, FIU, GHGEPC, PGR, RDE, както и взаимодействия между EP и FIU, RDE. Всички опити произвеждат статистически незначими коефициенти както за взаимодействията, така и за специфичната променлива от интерес. Тъй като не е установено статистически значимо взаимодействие между контролните променливи и тези от интерес, относително силните корелации, споменати в Раздел 3.3.1, не следва да повлияват съществено на оценките.

Таблица 3 представя моделите, оценени с фиксирани ефекти. Шестте модела изглеждат правилно определени съгласно R^2 и коригирания R^2.

Таблица 3. Панелни регресионни FE модели на потреблението на възобновяема енергия

Променлива	Коефициент					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Константа	-33,953***	-32,265***	-30,283***	-30,478***	-29,566***	-10,296
	(6,113)	(2,967)	(3,035)	(3,409)	(2,878)	(10,338)
lnGDPPC	0,965***	0,438	0,177	0,377	0,518**	0,724***
	(0,184)	(0,262)	(0,264)	(0,242)	(0,187)	(0,201)
lnPD	5,617***	4,352***	4,555***	4,087***	4,013***	3,662***
	(1,186)	(0,839)	(0,807)	(0,772)	(0,731)	(0,672)
lnPGR	0,472	0,487	0,695	0,649	0,567	0,322
	(0,703)	(0,547)	(0,599)	(0,591)	(0,525)	(0,436)
lnRDE	0,745**	0,603**	0,520**	0,534**	0,580**	0,523**
	(0,307)	(0,212)	(0,189)	(0,191)	(0,201)	(0,190)

Променлива	Коефициент					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
lnEST		2,240**	1,690	1,796*	1,803*	2,507***
		(0,972)	(0,965)	(1,000)	(0,935)	(0,827)
lnFIU			0,448**	0,399*	0,524***	0,513**
			(0,191)	(0,190)	(0,171)	(0,197)
lnEP				0,155***	0,200***	0,238***
				(0,051)	(0,062)	(0,074)
lnGHGEPC				-0,052	-0,071**	-0,103***
				(0,029)	(0,027)	(0,029)
lnTO					-0,532**	-0,560***
					(0,206)	(0,166)
lnUP						-5,221*
						(2,434)
R^2	0,922	0,946	0,948	0,951	0,953	0,957
R^2_{adj}	0,914	0,940	0,943	0,946	0,948	0,952
Брой наблюдения	351	351	351	351	351	351
Брой периоди	13	13	13	13	13	13

*Всички променливи са логаритмично трансформирани. Стандартните грешки са посочени в скоби. *, **, *** означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Всички коефициенти са статистически значими на ниво от 1%, 5% или 10% освен този на PGR. Коефициентите на променливите са последователни в знаците си, значимостта и размера на ефектите. GDPPC, PD, RDE, EST, FIU и EP влизат в моделите с положителни знаци, докато GHGEPC, TO и UP имат отрицателно влияние върху потреблението на възобновяема енергия. Модел 6 например сочи, че увеличение от 1% в GDPPC, PD, RDE, EST, FIU и EP би повишило REC съответно с 0,72%, 3,66%, 0,52%, 2,51% и 0,51%. Същевременно същото увеличение в GHGEPC, TO и UP би намалило REC съответно с 0,10%, 0,56% и 5,22%.

Таблица 4 представя дългосрочните коефициенти, произведени от FMOLS моделите. FE и FMOLS дават сходни резултати по отношение на статистическата значимост на променливите. В случая дори PGR получава статистически значим коефициент и положителен знак в повечето случаи. FMOLS Модел 6 разкрива, че в дългосрочен план увеличение от 1% в GDPPC, PD, RDE, EST, FIU и EP би оказало положително влияние върху REC съответно с 0,84%, 3,73%, 0,54%, 2,45%, 0,42% и 0,28%. Междувременно, увеличението

на GHGEPC, TO и UP би довело до намаляване на REC съответно с 0,14%, 0,57% и 5,51%. Всички коефициенти са значими при ниво от 1%, освен FIU, където нивото е от 5%.

Таблица 4. Панелни регресионни FMOLS модели на потреблението на възобновяема енергия

Променлива	Коефициент					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
lnGDPPC	0,853***	0,457***	0,279*	0,516***	0,591***	0,841***
	(0,129)	(0,127)	(0,168)	(0,168)	(0,167)	(0,166)
lnPD	5,697***	4,578***	4,660***	4,081***	4,132***	3,726***
	(0,500)	(0,454)	(0,457)	(0,455)	(0,445)	(0,428)
lnPGR	0,490**	0,453***	0,602***	0,537***	0,476***	0,190
	(0,191)	(0,166)	(0,181)	(0,171)	(0,169)	(0,168)
lnRDE	0,745***	0,581***	0,525***	0,538***	0,603***	0,535***
	(0,113)	(0,099)	(0,102)	(0,096)	(0,096)	(0,091)
lnEST		1,893***	1,604***	1,689***	1,665***	2,453***
		(0,265)	(0,328)	(0,312)	(0,304)	(0,340)
lnFIU			0,284	0,256	0,437**	0,422**
			(0,188)	(0,178)	(0,190)	(0,178)
lnEP				0,186***	0,228***	0,279***
				(0,042)	(0,045)	(0,043)
lnGHGEPC				-0,069	-0,093**	-0,135***
				(0,046)	(0,046)	(0,044)
lnTO					-0,543***	-0,570***
					(0,191)	(0,179)
lnUP						-5,511***
						(1,387)
R^2	0,936	0,952	0,952	0,954	0,956	0,958
R^2_{adj}	0,930	0,947	0,947	0,949	0,950	0,953
Брой наблюдения	324	324	324	324	324	324
Брой периоди	12	12	12	12	12	12

*Всички променливи са логаритмично трансформирани. Стандартните грешки са посочени в скоби. *, **, *** означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Прегледът на резултатите и в двете спецификации — с фиксирани ефекти и по метода на напълно модифицираните най–малки квадрати разкрива, че моделите с най–малък брой променливи имат почти същата обяснителна сила като моделите с най–голям брой променливи. Въпреки минималните разлики в приведения R^2 обаче при наличието на

статистически значими коефициенти е редно да бъдат взети предвид за по–голяма пълнота и откроряване на допълнителни нюанси в изследваните зависимости.

Резултатите от иконометричния анализ подкрепят всички пет първоначални хипотези. Други фактори също се оказват от значение за потреблението на възобновяема енергия. Оценените с FE и FMOLS модели и в двата случая разкриват, че урбанизацията, гъстотата на населението, образованието и икономическото развитие повлияват потреблението на възобновяема енергия в най–голяма степен.

Брутният вътрешен продукт на глава от населението (GDPPC) като приблизителен измерител на икономическия растеж влиза в повечето модели с положителен знак и висока статистическа значимост. Тези резултати в комбинация с еднопосочната причинност по Грейнджър, установена в Приложение 8, подкрепят хипотезата, че икономическото развитие оказва положително влияние върху потреблението на възобновяема енергия. Резултатите са в съответствие с ефекта и посоката на причинността, установени в предходни проучвания (Ben Jebli, Ben Youssef, 2015). Развитите страни все още задоволяват своите енергийни потребности главно с невъзобновяеми източници. Въпреки това те могат да си позволят по–високи разходи за НИРД, която да насърчава иновациите във възобновяемия сектор. Те също така създават благоприятна среда за зелено финансиране и по–щадящи околната среда потребителски решения.

Разходите за научноизследователска и развойна дейност (RDE) оказват значителен положителен ефект върху потреблението на възобновяема енергия според всички модели. Тези резултати отново потвърждават по–ранни изследователски находки. НИРД е източник на иновации и по–нататъшно усъвършенстване на вече съществуващи зелени технологии. Тя спомага за намаляване на вложените материали и енергия, съответно и на свързаните отрицателни екологични въздействия от производството на енергия. Освен това НИРД повишава конкурентоспособността на възобновяемите технологии, като ги прави по–рентабилни, продуктивни и надеждни. По–достъпното възобновяемо производство съответно води и до по–висок дял на възобновяемата енергия в крайното енергийно потребление.

Честотата на ползване на интернет (FIU) е взета като приближение за дигитализация в настоящия анализ. Според Ху и съавт. дигиталната икономика насърчава както производството, така и потреблението на възобновяема енергия (Hu et al., 2022). Тя улеснява

провеждането на екологични държавни политики и насърчава научния напредък и иновациите чрез споделяне на знания и изграждане на дух на сътрудничество. Освен това дигитализацията предоставя редица възможности за дематериализация, повишение на енергийната ефективност и по–добро управление на енергийните потоци. Достъпът до интернет в частност предоставя огромно количество информация и образователни ресурси и улеснява разпространението им по разнообразни канали, така че бизнесът и населението са по–добре запознати с екологичните предизвикателства и възможностите да им се противодейства. Наред с това интернет прави известни наличните инициативи и финансови стимули относно проекти за възобновяема енергия. Той помага и на гражданите да участват по–активно в обществени дискусии и процеси по вземане на решения, свързани с енергийните политики.

Образованието (EST) е друга променлива, която се появява в моделите с положителен знак и демонстрира еднопосочна причинност по Грейнджър по отношение потреблението на възобновяема енергия. Образованието развива човешкия капитал чрез учене и прилагане на натрупаните познания (Pfeiffer & Mulder, 2013). Това може да доведе до технологични иновации в сферата на възобновяемата енергия, по–висока екологична осъзнатост и промяна в начините на потребление на енергия (Ackah & Kizys, 2015). Образованието следва да се разглежда като двигател от първостепенно значение, тъй като то оформя бъдещите потребителски навици и нагласи, професионални умения и ниво на компетентност. Развитието на възобновяемия сектор създава нови работни места, но липсата на квалифицирана работна ръка може да породи проблеми в бъдеще.

Парниковите емисии на глава от населението (GHGEPC), както се очаква, влияят отрицателно върху потреблението на възобновяема енергия. От една страна, по–високите концентрации на парникови газове влошават качеството на въздуха и намаляват производителността на фотоволтаичните системи. От друга страна, държавите с високи емисии обикновено са по–зависими от изкопаеми горива, било то, защото ги добиват на местно ниво или ги внасят при благоприятни условия. Надеждността на конвенционалната енергия е една от причините да се използват по–замърсяващи енергийни източници. Ниската обществена осведоменост относно значението на възобновяемата енергия и ползите от нея също могат да доведат до такъв резултат. Подобни условия могат да разколебаят зелените

инвестиции, да възпрепятстват възприемането на зелени технологии и да поддържат дела на възобновяемата енергия нисък.

Енергийната бедност (EP) за изненада се оказва, че има малък, но статистически значим положителен ефект върху зависимата променлива. Налична е и еднопосочна причинност по Грейнджър, протичаща от енергийната бедност към потреблението на възобновяема енергия. Могат да се дадат няколко възможни обяснения на това явление. На първо място, енергийно бедните страни консумират по–малко енергия като цяло, а това може да доведе до относително по–голям възобновяем дял. Второ, енергийната бедност обикновено произтича от липсата на изгодни и лесно достъпни конвенционални енергийни източници, липсата на подходяща инфраструктура и т. н. Следователно възобновяемата енергия осигурява по–евтина и по–устойчива алтернатива. Освен това тя предлага децентрализирани решения, които могат да задоволят потребностите на отдалечени и енергийно бедни райони или общности. Публичните и частните инвестиции в подобни проекти могат да допринесат за намаляване на зависимостта от традиционни ресурси и да осигурят достъп до ефективна и устойчива енергия. Увеличеното потребление на възобновяема енергия, както вече бе споменато, може на свой ред да облекчи енергийната бедност, тъй като общностите вече няма да разчитат единствено на скъпи изкопаеми горива. Това може да подобри жизнения им стандарт и да насърчи местното икономическо развитие. То, от своя страна, позволява да се правят повече инвестиции в НИРД и програми за устойчивост, които допълнително увеличават дела на възобновяемата енергия.

Отвореността на търговията (ТО) още в началото демонстрира умерена отрицателна корелация със зависимата променлива и Модели 5 и 6 подкрепят тази находка. Файфер и Мулдер също откриват такъв ефект (Pfeiffer & Mulder, 2013). Като цяло търговията стимулира международната конкуренция и спомага за разпространението на знания и нови технологии. В случая с износа на конвенционални енергийни източници обаче някои страни могат да разхлабят регулациите или да предложат по–ниска цена на конвенционалната енергия, за да се възползват максимално от сравнителните си предимства. Отвореността на търговията може също да подтикне енергийно зависими страни да внасят повече чужди изкопаеми горива, вместо да развиват свои собствени възобновяеми енергийни източници. Акарсу и съавт. потвърждават хипотезата за страни с БВП на глава от населението под определен праг (Akarsu et al., 2019). Те обаче също изтъкват, че по–богатите страни се

възползват от разпространението на иновативни технологии и при тези обстоятелства отвореността на търговията насърчава потреблението на възобновяема енергия.

Установено е, че гъстотата на населението (PD) влияе положително на потреблението на възобновяема енергия. В корелационния анализ променливата обаче е отрицателно свързана със зависимата, както е видимо в Приложение 7. Двупосочната причинност по Грейнджър между двете променливи е потенциален източник на отклонения в резултатите. Салим и съавт. например откриват, че гъстотата на населението има отрицателно въздействие върху потреблението на невъзобновяема енергия, но не успяват да засекат каквато и да е причинност или статистически значим ефект на променливата върху потреблението на възобновяема енергия (Salim et al., 2014). Морикава разкрива, че по–високата гъстота на населението влияе положително върху енергийната ефективност (Morikawa, 2012). Следователно подобрената енергийна ефективност би могла да намали общото потребление на енергия, докато по–високата гъстота на населението може да намали потреблението на невъзобновяема енергия. Това, от своя страна, би могло да увеличи относителния дял на възобновяемата енергия, което е възможно обяснение за положителното влияние на гъстотата на населението върху зависимата променлива. Често населените райони също така предлагат по–добри условия за развитието на дребномащабни системи за възобновяема енергия, за споделяне на ползите, устойчив обществен транспорт и енергийни икономии от мащаба.

Темпът на нарастване на населението (PGR) не оказва значително влияние върху потреблението на възобновяема енергия, поне не и в краткосрочен план. Малик и съавт. например установяват отрицателен ефект в краткосрочен план, но той изчезва в дългосрочен план (Malik et al., 2014). Разгледаните тук модели разкриват, че темпът на нарастване на населението получава положителни дългосрочни коефициенти. Нарастващото население е предпоставка за повишаващо се търсене на енергия. Важно е обаче как ще бъде задоволено това търсене. От ключово значение е дали то ще повиши зависимостта от изкопаемите горива или държавите ще го превърнат във възможност за разширяване на възобновяемия си капацитет в бъдеще.

Урбанизацията (UP) и нейното въздействие върху потреблението на енергия от възобновяеми и невъзобновяеми източници са широко обсъждани през последните години. Предходни проучвания разкриват разнопосочни ефекти върху потреблението на

възобновяема енергия: положителни (Malik et al., 2014), отрицателни (Akarsu & Korucu–Gümüşoğlu, 2019; Islam et al., 2022), смесени (Hu et al., 2022) или никакви (Salim & Shafiei, 2014). Ху и съавт. например откриват предимно отрицателно влияние, тъй като урбанизацията насърчава потреблението на възобновяема енергия, но възпрепятства нейното производство, като намалява наличното пространство за инсталации за възобновяема енергия (Hu et al., 2022). Настоящото изследване разкрива статистически значим и голям по размер отрицателен ефект. Градовете са най–големите потребители на енергия и източници на въглеродни емисии в световен план. Ускорената урбанизация означава повече търсене на енергия и по–сериозно замърсяване на въздуха в резултат на висока енергийна интензивност и тежък автомобилен трафик. Друг важен аспект, който трябва да се има предвид, е, че хората в големите градове обикновено са облагодетелствани от непрекъснато елекроподаване и по–добри условия на живот в сравнение с хората от по–малки населени места. Следователно те рядко си дават сметка за източниците, използвани да осигурят тази енергия. Това често води до по–ниска екологична осъзнатост. Въпреки отрицателните въздействия на урбанизацията, градовете предлагат добри възможности за развитие на икономика на споделянето. Местните власти могат да подкрепят въглеродната неутралност, като се откажат от конвенционалните енергийни източници и възприемат устойчиви алтернативи.

Оказва се, че социалните фактори имат доминираща роля в насърчаването на възобновяемата енергия. В същото време, както се очакваше, икономическият растеж и научноизследователската и развойна дейност са свързващи звена между потреблението на възобновяема енергия и други кръгови показатели. Сходното влияние на общи фактори върху различни области подчертава колко е важно да се интегрира енергийният аспект в Европейската рамка за мониторинг на кръговата икономика.

Резултатите от настоящото проучване следва да се разгледат предвид някои ограничения. Първо, извадката е избрана в зависимост от наличието на данни, което прави невъзможно включването на наблюдения върху някои променливи преди 2008 г. По същата причина към момента на изследването не могат да се отчетат данни след Ковид–19 пандемията. Второ, проучването комбинира фактори, установени в съществуващата научна литература, с авторски набор от допълнителни променливи. Възможно е да съществуват и други важни определители, които са пропуснати. Тези ограничения дават възможност за бъдещи

проучвания, които да отчетат последиците от пандемията, руско–украинската война, продължаващата рецесия и преразгледаните цели на Европейския зелен пакт. С разширяването на извадката могат да се направят сравнения с други страни или региони. Допълнителни икономически, социални или екологични фактори също могат да бъдат проучени, в т. ч. възрастовата структура на населението, дела на хората, живеещи в къщи и апартаменти, показатели за земеползване др. Би било полезно да се изследват и различни политики, за да се установи как например нетното отчитане и стандартите за зелено строителство влияят върху потреблението на възобновяема енергия.

3.3.3. Основни изводи

Възобновяемата енергия е от съществено значение за зеления преход. Трябва обаче да се отбележи, че възобновяемите източници заместват конвенционалните дотолкова, доколкото общото количество енергия, потребено от икономиката, остава същото. В противен случай, те единствено подхранват вечно нарастващото търсене на енергия и оказват минимален или нулев ефект върху защитата на околната среда, като същевременно застрашават наличността на суровините от критично значение. Както бе отбелязано по–рано, сходна е и ситуацията с кръговото използване на материали.

Световните кризи обикновено намаляват крайното енергийно потребление и насърчават развитието на сектора на възобновяемата енергия, но резултатите са краткотрайни. За да постигнат своите дългосрочни цели, правителствата трябва да насочат усилията си към удължаване на тези ефекти чрез подходящи политики за насърчаване и инвестиции. Като вникнат в определящите фактори за потреблението на възобновяема енергия, политиците могат да ускорят възприемането на възобновяемите енергийни източници и по–лесно да повлияят моделите на потребление.

Разработката допълва съществуващите познания, като идентифицира нови фактори и изследва техните връзки с възобновяемата енергия. Наличието на еднопосочна причинност по Грейнджър, протичаща от икономическото развитие, образованието и енергийната бедност към потреблението на възобновяема енергия и техните положителни въздействия могат да насочват заинтересованите страни в усилията им да ускорят зеления преход. Енергийната бедност например е пречка пред устойчивото развитие, но тя може да бъде облекчена с помощта на по–евтини възобновяеми алтернативи, финансирани от публични

или частни инвестиции. Развитите страни също така могат да насърчават възобновяемата енергия чрез по–активна научноизследователска и развойна дейност, програми за енергийна ефективност или различни инструменти, като приоритетно изкупуване на възобновяемата енергия, преференциални цени, данъчни стимули и субсидии или зелено финансиране на подходящи проекти.

Тъй като образованието и дигиталното включване благоприятстват потреблението на възобновяема енергия, правителствата трябва да отделят допълнителни ресурси освен за насърчаване на иновациите и ефективността, също и за повишаване на екологичната осведоменост на населението. Концепциите за устойчивост следва да бъдат интегрирани във всички образователни степени, обучения и програми за професионално развитие. Този подход не само би довел до по–задълбочено разбиране на зеления преход, но също така би създал квалифицирана работна ръка, която да го движи напред. Информационните кампании и партньорствата между бизнеса и научните институции в комбинация с внедряването на дигитални технологии биха могли допълнително да улеснят споделянето на знания и да подкрепят останалите усилия.

Докато ръстът на населението и урбанизацията продължават да повишават търсенето на енергия, е изненадващо, че гъстотата на населението оказва положително въздействие върху използването на възобновяеми енергийни източници. Така става едновременно икономически и екологично изгодно да се инвестира във възобновяема енергийна инфраструктура, като разпределени енергийни ресурси и електрификация на обществения транспорт. За да подпомогнат прехода, правителствата могат да въведат специфични регулации в градското планиране, да предложат финансови стимули за повишаване на енергийната ефективност и да подсилят осведомеността, за да ангажират общностите. Успоредно с това могат да се предприемат стъпки, които да забавят урбанизацията, като това да се предоставят стимули на хората да живеят и работят в селските райони. Тези действия могат допълнително да намалят парниковите емисии и да повишат производителността на възобновяемите инсталации.

Устойчивата енергия и кръговата икономика са взаимодопълващи се. За успешното управление на тяхната връзка заинтересованите страни трябва да формулират общи цели и да проследяват успоредно напредъка, влагайки кръгови стратегии в сектора на възобновяемата енергия. Делът потребена възобновяема енергия се очертава като един

подходящ и удобен индикатор за наблюдение. Описвайки ключовите фактори, които повлияват потреблението на възобновяема енергия, резултатите в настоящия раздел могат да са полезни за политици, производители, потребители и изследователи. Адресирането на възможностите и предизвикателствата посредством промени в политиките, образователните канали и кампаниите за повишаване на обществената осведоменост могат да улеснят приемането на възобновяемата енергия и подобряването на енергийната ефективност, така че да се ускори енергийният преход и да бъдат постигнати климатичните цели.

3.4. Анализ на видове модели на преход към кръгова икономика в ЕС

В Глава 3, Раздели 3.1 и 3.2 са анализирани два от най–често използваните индикатори, проследяващи прехода към кръгова икономика, които се отнасят до управление на отпадъците и използване на вторични материали. Раздел 3.3 на свой ред откроява един измерител, който не е традиционно използван, но е също толкова важен, тъй като говори за енергийното обезпечаване на една кръгова икономическа система. С помощта на иконометрични похвати са установени и основни икономически и социални фактори, влияещи съответно върху степента на рециклиране на ТБО, степента на кръговост и дела на възобновяемата енергия в брутното крайно енергийно потребление. Резултатите разкриват, че БВП на глава от населението и делът на разходите за НИРД са общи фактори и за трите показателя, а ресурсната производителност е свързваща за материалните индикатори, т. е. за степените на рециклиране и кръговост.

Въз основа на общите определители настоящият раздел цели да очертае основни модели на преход към кръгова икономика, които се отличават в Европейския съюз. Това е постигнато чрез провеждане на клъстерен анализ по метода на К–средните (нейерархичен метод) (MacQueen, 1967), който позволява да се класифицират обекти според техни сходни характеристики. Анализирани са 27 страни – членки на ЕС, за периода 2010 – 2021 г. За целите на анализа всички данни са предварително стандартизирани.

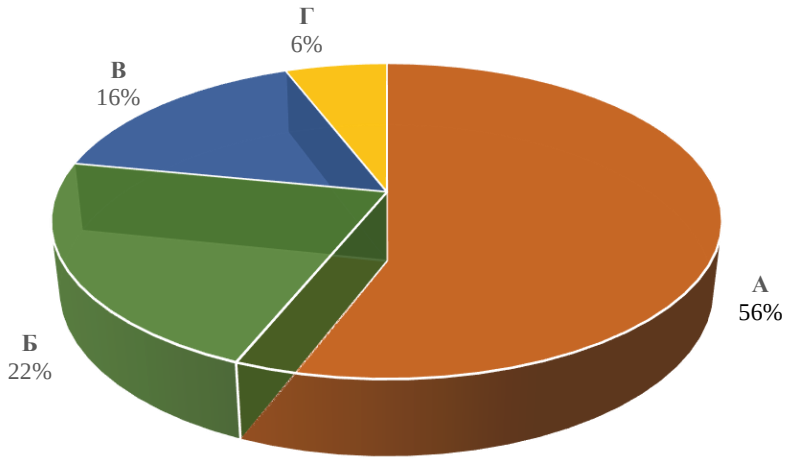
Подборът на оптимален брой клъстери е извършен с помощта на силуетните коефициенти за измерване на сходството, които разкриват колко е близък даден обект до определен клъстер. В резултат на процедурата са сформирани четири клъстера. Резултатите от K–means++ (Arthur & Vassilvitskii, 2007) и Random инициализациите с максимален брой от 300 итерации също потвърждават, че подходящият брой клъстери е четири.

Таблица 5 обобщава резултатите по клъстери, като посочва процента от наблюденията, попадащи в съответен клъстер, броя наблюдения във всеки клъстер и броя държави, за които преобладават съответните наблюдения. Разпределението по клъстери е представено и графично на фигура 18. Въпреки че четвъртият клъстер обединява наблюдения само от две държави, има смисъл да бъде разгледан. Силуетният коефициент в случая с четири клъстера е по–висок, а конкретните държави демонстрират по–нестандартни стойности на

показателите, които могат да повлияят върху резултатите за останалите клъстери при евентуално обединение.

Таблица 5. Обща характеристика на клъстерите

Вид трансформационен модел	Честота	Брой наблюдения	Брой държави
А	56,17%	182	15
Б	21,91%	71	6
В	16,05%	52	4
Г	5,86%	19	2



Фигура 18. Разпределение на наблюденията според вида трансформационен модел в ЕС.

Таблица 6 на свой ред дава средните стойности на стандартизираните променливи по клъстери. Клъстерният анализ спомага за формиране на групи с общи характеристики или поведение. Той позволява да се идентифицират области, в които напредъкът е бавен, и представя данните по лесно разбираем начин за различните заинтересовани страни, включително политиците, бизнеса и обществеността. Това е особено полезно при разработването на специфични стратегии за извършване на необходими намеси, вместо да се използва универсален подход.

Таблица 6. Средни стойности на променливите по клъстери

Трансформационен модел	CR	RR	RE	GDPPC	RDE	RP
А	-0,491	-0,689	-0,108	-0,566	-0,656	-0,468
Б	1,330	1,035	-0,541	0,266	0,646	1,149
В	-0,086	0,756	1,506	0,441	1,579	-0,482
Г	-0,033	0,661	-1,061	3,224	-0,453	1,510

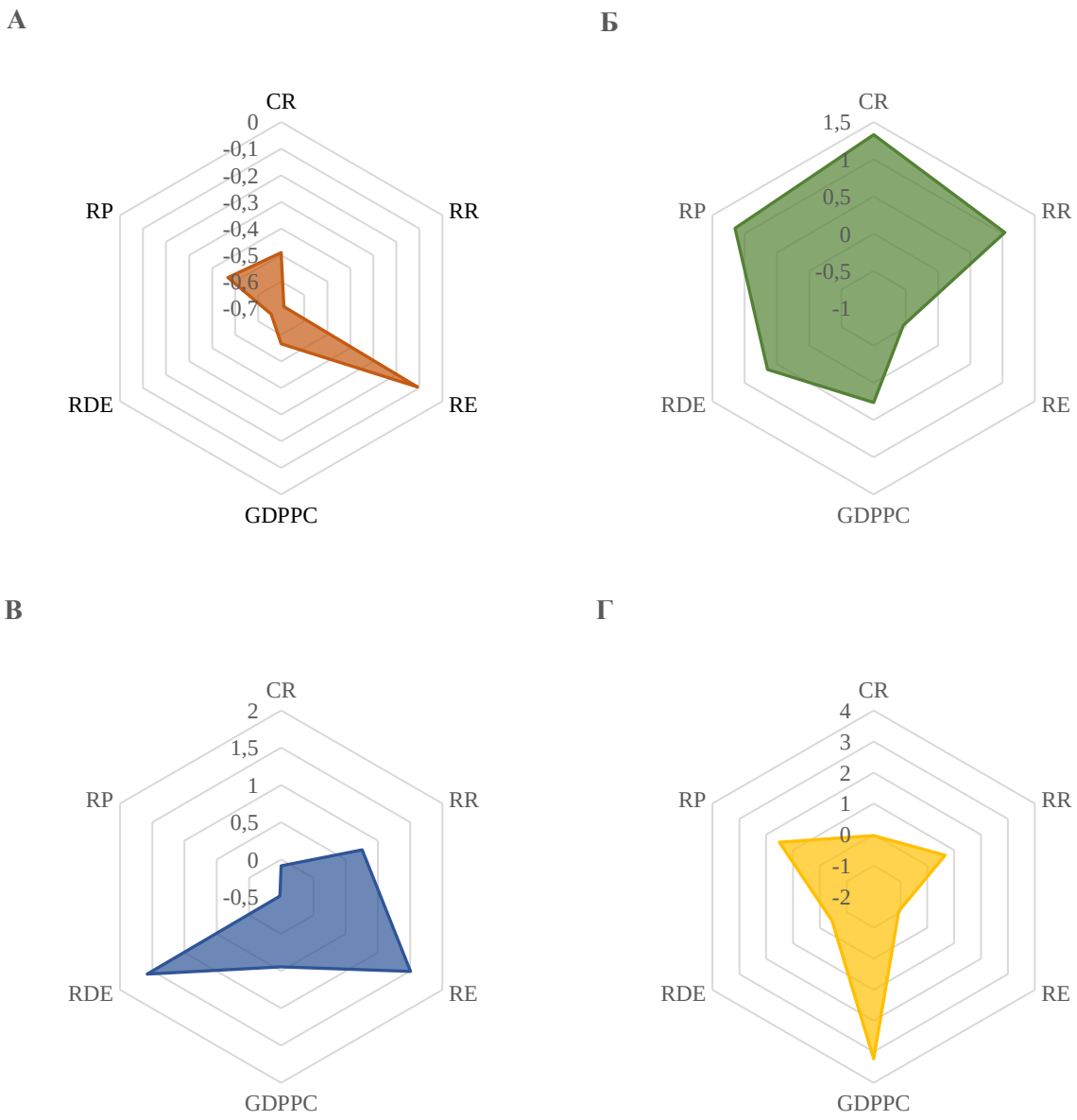
Фигура 19 представя радарни диаграми на моделите на преход към кръгова икономика в ЕС спрямо шестте разгледани основни характеристики. Тъй като данните са стандартизирани, положителните стойности в диаграмата отчитат показатели над средните за извадката, а отрицателните — такива, които са под средните за ЕС. Всеки лъч отразява различен индикатор и колкото по–близо до центъра е съответният връх, толкова по–ниска е стойността му. Открояват се четири трансформационни модела с ясно изразени характеристики.

Модел „А“ се оказва най–често срещаният, но и най–слабо представящият се по отношение на ключовите показатели, свързани с прехода към кръгова икономика. В случая стойностите на всички избрани индикатори са под средните за ЕС. БВП на глава от населението причислява тези икономики към по–бедните, което дава отражение в няколко направления. На първо място инвестициите в научноизследователска и развойна дейност, която да подобри ресурсната производителност и да развие технологиите за рециклиране и възстановяване, остават под средните. По–ниският бюджет за системата за управление на отпадъци се предполага, че води до ниска събираемост и по–лошо качество на материала за рециклиране. Недотам високият стандарт на живот може да поражда слаба екологична осъзнатост у населението, предопределяща навиците му за рециклиране и потребление на чисти стоки и услуги. Най–ниската степен на рециклиране измежду всички клъстери съответно задава и най–ниската степен на кръгово използване на материали поради недостига на вторични суровини. Ефектът допълнително се подхранва от по–ниска от обичайното ресурсна производителност, която не опосредства достатъчно отделянето на икономическия растеж от употребата на изчерпаеми ресурси и предотвратяването на отпадъци. Комбинираното действие на по–слабото икономическо развитие и най–ниският дял на разходите за НИРД на свой ред се отразяват и върху потреблението на възобновяема

енергия в тези икономики, макар не в толкова голяма степен. Накратко, този модел на преход е присъщ за икономики с по–ниски нива на развитие и иновации, които наред с това не управляват ресурсите си достатъчно ефективно. Изненадващо обаче е как, въпреки че потреблението на възобновяема енергия в модел „А“ остава под средното, то все пак се нарежда на второ място сред всички. Възможно е именно по–ниските доходи и потенциалната липса на местни изкопаеми горива да ограничават общото потребление на енергия и да насърчават развитието на местни възобновяеми източници.

Модел „Б“ представя може би най–успешния подход за преход към кръгова икономика. Той е характерен за страни, които отделят значително над средния бюджет за НИРД. Тези държави са сравнително богати, съдейки по техния БВП на глава от населението. Графиката обаче разкрива как дори подобни силни икономики могат да изостават по отношение на енергийния преход. Това предполага, че те са започнали успешна трансформация на икономическата си система в кръгова, поставяйки силен фокус върху ресурсната производителност, икономическото развитие и иновациите, но все още не успяват да осигурят напълно енергийния ѝ стълб, като отделят развитието си от употребата на изкопаеми горива.

Модел „В“ отново характеризира просперииращи икономики, които са сред най–богатите. Същевременно по–високият стандарт на живот в тях води и до висока ресурсна интензивност в отговор на нарастващото търсене на стоки и услуги. Въпреки че тези страни имат най–високия дял разходи за НИРД и за тях са приоритет устойчивостта и иновациите, те явно са ориентирани повече към енергийния преход, отколкото към кръговрата на материали. За това може да се съди по най–ниската ресурсна производителност от всички групи и недостатъчното захранване на вторични суровини в икономиката. От друга страна, моделът говори за ефективна и последователна политика по управление на отпадъците, която постига стойности на степента на рециклиране доста над средните за ЕС.



Фигура 19. Модели на преход към кръгова икономика в ЕС: А. Изоставащ в прехода модел; Б. Водещ в прехода модел; В. Енергийно ефективен модел; Г. Ресурсно ефективен модел. Индикаторите са съответно CR (степен на кръговост), RR (степен на рециклиране), RE (дял на потребената възобновяема енергия), GDPPC (брутен вътрешен продукт на гл. от нас.), RDE (дял на разходи за НИРД в БВП) и RP (ресурсна производителност). При тълкуването на графиките следва да се обърне внимание на разликите в скалите.

Модел „Г“ е интригуващ случай, тъй като представлява най–малката група, но тя има ясно изразени характеристики, затова е редно да бъде обособена в отделен клъстер. Той разполага с най–високото БВП на глава от населението. С дял на разходи за НИРД и дял на възобновяемата енергия под средното за ЕС, степен на кръговост на границата, но

впечатляващо най–високата ресурсна производителност, тези страни сякаш са в режим *„повече с по–малко“*. Именно той има потенциала да се окаже особено ползотворен в дългосрочен план, тъй като е добре известно, че по–оптималното ползване на ресурси намалява значително образуването на отпадъци и замърсяване. Този вариант винаги е за предпочитане пред третирането на вече образуван отпадък. Икономиките, припознаващи се в модел „Г“, могат допълнително да се облагодетелстват от по–големи инвестиции в НИРД, които да развият технологиите им за производство на възобновяема енергия и възможностите им за повторно захранване на суровини от рециклирани материали.

В своята монография „Кръговата икономика между необходимото и възможното“ с помощта на клъстерен анализ Иванова (2022) извежда три трансформационни модела, присъщи за страните в ЕС, на база системата от показатели в Европейската рамка за мониторинг. Сформираните икономически модели също очертават ясни разлики в представянето на отделните групи. Налице е лидер по отношение на *„затварянето на цикъла“*, чувствително изоставаща група, както и клъстер със смесени характеристики, който все пак се доближава повече до успешния модел. Една от отчетените особености в проучването е, че с напредване на времето конфигурациите се променят и редица страни сменят принадлежността си към определена група. Това най–вероятно се дължи на възприетите в процеса на прехода национални стратегии, реформи и мерки.

Трите кръгови индикатора, предмет на настоящия анализ, заедно с определящите ги фактори са от ключово значение за състоянието и бъдещото развитие на кръговата икономика в ЕС. Клъстерният анализ спомага да се установят интригуващи нюанси в представянето на отделните групи. Оказва се, че най–богатите страни невинаги са най–кръгови по показатели. Въпреки това високият БВП на глава от населението говори за по–силна и стабилна икономика, която може да насочи повече ресурси към мерки за устойчиво развитие и иновации. Икономическото развитие може да насърчи прехода към кръгова икономика и възобновяема енергия не само чрез повече инвестиции, но и чрез повишено потребителско търсене на устойчиви практики.

Насочването на повече средства към научноизследователска и развойна дейност в страните, където тя не е на фокус, може да доведе до значителни технологични подобрения и нововъведения, които да засилят ресурсната производителност, рециклирането и

възстановяването на материали, както и производството и потреблението на възобновяема енергия.

По–високата ресурсна производителност пък означава, че всяка единица потребени от икономиката ресурси, води до по–голямо производство. Това непряко може да повлияе върху степените на рециклиране и кръговост, наред с потреблението на възобновяема енергия, като насърчи ефективното използване на ресурси и намали отпадъците. Подходът е ползотворен както за богатите, така и за по–бедните страни членки.

Четирите модела се различават в своето икономическо развитие и областите, които поставят на фокус. Въпреки това всички те споделят общата цел за постигане на материална и енергийна устойчивост в дългосрочен план. Необходимо е да се открие правилният баланс за всяка икономика, така че тя да може да се възползва от своите предимства и чрез тях да смекчи отрицателните въздействия на слабите си страни по пътя към съчетаване на икономическото развитие с екологичната устойчивост. За да се адресират слабите страни, е необходимо да се установят целеви области и да се формулират подходящи за тях стратегии. Така например икономически развитите страни с висока ресурсна производителност могат да пренасочат средства към инвестиции в развитието на инфраструктура и предоставяне на стимули за насърчаване прехода към възобновяеми енергийни източници. Страните с по–ниски показатели за материална кръговост пък могат да разработят целенасочени политики за предотвратяване на отпадъците, насърчаване на рециклирането и възстановяването на материали. Вникването в особеностите на дадена икономика и факторите, които влияят върху представянето ѝ, спомага за вземането на информирани политически решения, насочени към устойчиво развитие и преодоляване на икономическите и екологичните предизвикателства, пред които е изправен светът.

3.5. Основни изводи от Глава 3

Третата глава на настоящата монография изследва три ключови индикатора, които спомагат да се проследи и оцени преходът към кръгова икономика в Европейския съюз. Първият от анализираните измерители е един от най–често срещаните в научната литература и в статистическите данни, които се представят на обществеността. Раздел 3.1 стига до заключението, че степента на рециклиране на ТБО се повлиява значително от икономическото развитие, научноизследователската и развойна дейност и ресурсната производителност на страните. Друг особено важен фактор се оказват забраните за депониране на различни видове отпадъци.

Вторият материален измерител е специално създаден от Европейската комисия, за да даде представа каква част от рециклираните ресурси на практика се захранват обратно в икономиките. Степента на кръговост отново се влияе положително от икономическото развитие, научноизследователската и развойна дейност и ресурсната производителност, като дори е установена еднопосочна причинност по Грейнджър, протичаща от последните два фактора към кръговото ползване на материали. Раздел 3.2 открива и още един значим фактор, а именно екоданъците, като акцентира върху важността от воденето на благоразумна екоданъчна политика.

Третият показател е от първостепенно значение за декарбонизацията на икономиките и постигането на целите на Европейския зелен пакт. И все пак, той все още не е включен в Европейската рамка за мониторинг на прехода към кръгова икономика. Раздел 3.3 изследва факторите, влияещи върху потреблението на възобновяема енергия, в опит да го обвърже с другите два индикатора за кръгова икономика и да подкрепи нуждата от добавянето му към рамката. Резултатите разкриват, че гъстотата на населението, образователната степен, икономическото развитие, дигитализацията и иновациите имат значителен положителен принос към показателя. Урбанизацията, от друга страна, проявява отрицателно въздействие върху него. В допълнение, анализите показват, че се наблюдава еднопосочна причинност по Грейнджър от образованието, икономическото развитие и енергийната бедност към потреблението на енергия от възобновяеми източници.

Последната част на Глава 3 обединява резултатите за трите показателя и определящите ги фактори в обща рамка. В Раздел 3.4 са формирани клъстери, които съдържат

характеристиките на модели на преход към кръгова икономика, които се очертават в Европейския съюз. Четирите анализа предоставят полезни наблюдения над двигателите на прехода и препоръки за засилване или смекчаване на тяхното въздействие. Вникването в движещите сили и предизвикателствата подпомага кръговата трансформация и постигането на целите за въглеродна неутралност.

Заключение

Развитието на кръговата икономика в световен план все още е предимно насочено към подобряване на материалните аспекти и до голяма степен омаловажава ролята на възобновяемата енергия за задвижване на кръговите процеси. Практиката често пропуска да отчете и социалните измерения на прехода. Дори при това положение, а именно материален фокус, обикновено се акцентира повече върху рециклиране и възстановяване на материали. Тази тенденция до известна степен е продиктувана от самите рамки за проследяване на прехода, които разчитат на удобството на наличните материални измерители. Те все още не са достатъчно всеобхватни, за да интегрират всички необходими енергийни и екологични измерения. Наред с това повечето рамки все още не успяват да предложат подходящи индикатори за издръжливост, екодизайн, поправка, повторна употреба и споделено ползване на макроикономическо ниво. А такива измерители са необходими, ако в духа на кръговата икономика се приоритизират забавянето и стесняването на цикъла и най–вече неговото затваряне чрез влагане на вторични суровини и свеждане до минимум на отпадъците и замърсяването.

В опит да улесни тълкуването на концепцията за кръгова икономика настоящата монография извежда ново определение за нея, вземайки предвид най–важните ѝ аспекти, в т. ч. нейната същност, основни принципи, практически мерки, цели и ползи. Изследванията, проведени в монографията, разкриват влиянието на разнообразни фактори на макро ниво върху три ключови за кръговата икономика показателя: степента на рециклиране, степента на кръгово използване на материалите и дела на потребената енергия от възобновяеми източници. Както степента на кръговост, така и потреблението на възобновяема енергия и факторите, които им въздействат, са по–слабо изследвани в научната литература.

Степента на рециклиране на твърди битови отпадъци зависи значително от нивото на икономическото развитие, научноизследователската и развойна дейност и ресурсната производителност на държавите. Не по–малко важни се оказват забраните за депониране на различни видове отпадъци, тъй като те също допринасят за нейното повишаване. Процентът захранени в икономиката материали, който е под формата на вторични суровини, се влияе от същите три фактора. Тук обаче вместо забраните за депониране допълнителна роля играят

екоданъците. В допълнение е установена и еднопосочна причинност по Грейнджър в случая с дела на разходите за научноизследователска и развойна дейност и ресурсната производителност.

Оказва се, че един от най–подходящите измерители за кръгова икономика от енергийна гледна точка е делът на потребената възобновяема енергия в брутното крайно енергийно потребление. Той липсва в рамката за мониторинг, но е от съществено значение за проследяването, както на енергийния преход, така и на развитието на кръговите системи. За този индикатор се потвърждава положителната роля на фактори, като икономическото развитие, научноизследователската и развойна дейност и гъстотата на населението, както и отрицателното влияние на отвореността на икономиката и урбанизацията. В допълнение, за показателя е установено, че стойностите му се повишават при ръст в дела на хората с гимназиално, професионално или висше образование, по–честото ползване на интернет, което улеснява споделянето на информация, евентуалното увеличение на енергийно бедната част от населението, както и увеличението в темпа на нарастване на населението (но само в дългосрочен план и разбира се, при провеждането на благоразумни политики). Същевременно парниковите емисии на глава от населението понижават потреблението на възобновяема енергия. За индикатора също така е установена еднопосочна причинност по Грейнджър в случая с икономическото развитие, образованието и енергийната бедност.

Три фактора се оказват пресечна точка между отделните индикатори. БВП на глава от населението се очертава като най–влиятелен за потреблението на възобновяема енергия. Разходите за научноизследователска и развойна дейност като дял от БВП имат значително въздействие върху всички показатели, а ресурсната производителност повлиява положително материалните измерители в приблизително еднаква степен.

С помощта на трите индикатора и общите помежду им фактори могат да се очертаят четири модела на преход към кръгова икономика в Европейския съюз. Те се различават в своя икономически напредък и приоритети в областта на кръговата икономика, но както предимствата, така и техните недостатъци крият потенциала да изиграят положителна роля за прехода и постигането на дългосрочна устойчивост. В случая всеки стимул е от значение, защото трансформацията се осъществява с бавни темпове, както личи от анализа на Европейската рамка за мониторинг. От четиринадесет разгледани индикатора на общоевропейско ниво се наблюдава подобрение в стойностите на едва пет показателя,

докато още четири се намират в застой, а пет показателя дори се влошават. Съдейки по данните, известен напредък е постигнат по отношение управлението на отпадъци, но не се отделя достатъчно внимание на кръговия дизайн и повторното захранване на материали в икономиката.

Резултатите от клъстерния анализ говорят, че допълнителните инвестиции в научноизследователска и развойна дейност там, където те не са приоритет, могат да подобрят ресурсната производителност и енергийната ефективност и съответно да развиват технологиите за възстановяване на суровини и производство на възобновяема енергия. За повишаване на степените на рециклиране и кръговост може да се използва широк набор от инструменти, сред които финансови субсидии от държавата, преференциално кредитиране на технологични иновации, регулаторни мерки по отношение на екопроектирането, екоданъците и екотаксите, както и повишаване на осведомеността сред бизнеса и населението.

Въвеждането на забрани за депониране на определени потоци отпадъци на свой ред насърчава общините да предприемат мерки по тяхното разделно събиране и третиране в съответствие с по–високи нива от йерархията на управление на отпадъци. И тъй като кръговото проектиране е основна предпоставка за предотвратяване на отпадъците, необходимо е да се създаде схема за установяване на планираното остаряване на продуктите и да се интегрират индикатори за продуктова устойчивост в Европейската рамка за мониторинг. Това могат да бъдат показатели за енергийна ефективност, средна продължителност на продуктовия живот, дял рециклирано съдържание, както и индекс на поправимост.

Секторът на възобновяемата енергия, от друга страна, може да се развива активно посредством разнообразни инструменти, като приоритетно изкупуване на възобновяемата енергия, изкупуване по преференциални цени, данъчни стимули и субсидии или зелено финансиране на проекти, свързани с възобновяеми енергийни източници. За да подпомогнат енергийния преход, правителствата могат да въведат специфични регулации в градското планиране, да предложат финансови стимули за повишаване на енергийната ефективност и да подсилят осведомеността, за да ангажират общностите. Успоредно с това могат да се предприемат стъпки, които да забавят урбанизацията, като например да се предоставят стимули за пребиваване и работа в селските райони.

Концепциите за устойчивост следва да бъдат интегрирани във всички образователни степени и програми за професионално развитие. По–активното развитие на междуотрасловите връзки в духа на индустриалната симбиоза би могло да ускори споделянето на знания, технологии и ресурси. Напредъкът в различните области обаче трябва да може да се проследява по начин, който предполага добро покритие на икономически, социални, енергийни и екологични показатели. В този ред на мисли рамката за мониторинг на прехода към кръгова икономика може да се обогати в енергийно отношение с измерители за произведена и потребена възобновяема и рециклирана енергия, енергийна производителност и въглероден интензитет на енергийното потребление. Допълнителни индикатори, свързани с обществото и околната среда, могат да бъдат застроената земя, парниковите емисии на глава от населението и вредните емисии от транспорта.

Резултатите в настоящата монография следва да се осмислят предвид някои ограничения. На първо място, изследванията се фокусират само върху три кръгови индикатора, но съществуват и други също толкова важни измерители, които е необходимо да се проучат и проследяват в процеса на прехода към кръгова икономика. Второ, изследванията върху фактори, влияещи върху степента на кръговост и дела потребената възобновяема енергия, са все още оскъдни, следователно не са изчерпани всички потенциално значими определители. Това затруднява оценката на достатъчно всеобхватни регресионни модели. Трето, извадката е ограничена в пространството и времето, тъй като е поставен фокус върху развитието на кръговата икономика в Европейския съюз, а това намалява броя наблюдения, използвани в анализите. Така извадката обхваща единствено държавите членки, но дори в различен случай данните за кръгови индикатори извън ЕС често липсват. Същевременно стремежът към по–висока точност на оценките в регресионните модели налага времево ограничение, тъй като предполага да се изгради балансиран панел от данни, при който броят държави и години са едни и същи за всяка включена променлива. Въпреки че за някои от изследваните показатели са налични данни и от по–ранни години, при други отчитането започва чак през 2008 г.

Всичко това представлява възможност изследванията да бъдат надградени в бъдещ момент. В проучванията могат да бъдат разгледани и други ключови за кръговата икономика показатели, както и да бъдат идентифицирани и оценени допълнителни икономически,

социални и екологични фактори. При наличие на подходящи данни в анализите могат да се включат и други държави, за да се разшири извадката или да се осигури база за сравнение между Европейския съюз и останалата част от света. В по–нататъшни проучвания по темата могат да се вземат предвид и последствията от Ковид–19 пандемията, икономическата криза, руско–украинската война и преразгледаните приоритети, свързани с Европейския зелен пакт.

Като се вземат предвид гореизброените ограничения, настоящата монография прави опит да преодолее отчасти фрагментарността на знанията по темата за кръгова икономика, като я разграничи от сродни концепции, даде ѝ по–ясно определение, насочи вниманието към това как може да се подобри Европейската рамка за мониторинг на прехода и най–вече изтъкне ключови фактори, чието колективно въздействие може съществено да повлияе трансформацията. Зелената енергия и кръговата икономика са взаимодопълващи се. Възобновяемата енергия захранва кръговите процеси, а самият възобновяем сектор може да се облагодетелства значително от прилагането на кръгови стратегии. Така потенциалът на двете области може да се разгърне значително, ако се формулират общи цели и напредъкът им се проследява успоредно.

Предоставената информация би могла да послужи на специалисти от науката, бизнеса и политиката, които провеждат сходни изследвания в областта, обмислят интегриране на кръгови практики в своите бизнес модели или разработват законодателство и политики в областта на кръговата икономика.

Използвана литература

Димитрова, В. (2020). Някои аспекти на познанието за кръгова икономика. *Кръгова икономика и устойчиви финанси. Съвременни перспективи*, 22–30.

Европейска комисия. (2010). *COM(2010) 2020 ЕВРОПА 2020 Стратегия за интелигентен, устойчив и приобщаващ растеж*.

Европейска комисия. (2011). *COM(2011) 571 Пътна карта за ефективно използване на ресурсите в Европа*.

Европейска комисия. (2015). *COM(2015) 614 Затваряне на цикъла - план за действие на ЕС за кръговата икономика*.

Европейска комисия. (2019). *COM(2019) 640 Европейският зелен пакт*.

Европейска комисия. (2020). *COM(2020) 98 Нов план за действие относно кръговата икономика. За по–чиста и по–конкурентоспособна Европа*.

Европейска сметна палата. (2023). *Кръгова икономика: Бавен преход от страна на държавите членки въпреки действията на ЕС*.

Европейски парламент. (2008). *Директива 2008/98/ЕО на Европейския парламент и на Съвета относно отпадъците и за отмяна на определени директиви*. http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj.

Европейски парламент. (2009). *Директива 2009/125/ЕО на Европейския парламент и на Съвета за създаване на рамка за определяне на изискванията за екодизайн към продукти, свързани с енергопотреблението*. http://data.europa.eu/eli/dir/2009/125/oj.

Европейски парламент. (2011). *Директива 2011/65/ЕС на Европейския парламент и на Съвета относно ограничението за употребата на определени опасни вещества в електрическото и електронното оборудване*. http://data.europa.eu/eli/dir/2011/65/oj.

Европейски парламент. (2012). *Директива 2012/27/ЕС на Европейския парламент и на Съвета относно енергийната ефективност, за изменение на директиви 2009/125/ЕО и 2010/30/ЕС и за отмяна на директиви 2004/8/ЕО и 2006/32/ЕО*. http://data.europa.eu/eli/dir/2012/27/oj.

Европейски парламент. (2013). *Решение № 1386/2013/ЕС на Европейския парламент и на Съвета относно Обща програма на Европейския съюз за действие за околната среда до 2020 година „Да живеем добре в пределите на нашата планета“*. http://data.europa.eu/eli/dec/2013/1386/oj.

Европейски парламент. (2015). *Делегирана директива (ЕС) 2015/863 на Комисията за изменение на приложение II към Директива 2011/65/ЕС на Европейския парламент и на Съвета по отношение на списъка на ограничените вещества*. http://data.europa.eu/eli/dir_del/2015/863/oj.

Европейски парламент. (2018). *Директива (ЕС) 2018/851 на Европейския парламент и на Съвета за изменение на Директива 2008/98/ЕО относно отпадъците*. http://data.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj.

Европейски парламент. (2019). *Директива (ЕС) 2019/904 на Европейския парламент и на Съвета относно намаляването на въздействието на определени пластмасови продукти върху околната среда*. http://data.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj.

Европейски парламент. (2022). *Решение (ЕС) 2022/591 на Европейския парламент и на Съвета от 6 април 2022 година относно Обща програма на Европейския съюз за действие за околната среда до 2030 година*. http://data.europa.eu/eli/dec/2022/591/oj.

Желязкова, В. (2018). Политиката на ЕС по отношение на кръговата икономика. *VUZF Review*, *3*, 34–42.

Желязкова, В. (2020). Възникване и развитие на концепцията за кръгова икономика. *Кръгова икономика и устойчиви финанси. Съвременни перспективи*, 6–21.

Иванова, В. (2018). Екологичната трансформация на икономиката — неизбежна необходимост. *Научни трудове на УНСС*, *5*(4), 83–97.

Иванова, В. (2019). Моделът на кръгова икономика—— нови възможности за фирмено развитие. *Икономически и социални алтернативи*, *4*, 141–152.

Иванова, В. (2022). *Кръговата икономика — между необходимото и възможното*. Авангард–Прима.

Карпузова, М. (2022а). Икономически ефекти върху бизнеса при прехода към кръгова икономика. *Управление и образование*, *18*(1), 23–30.

Карпузова, М. (2022б). Еволюция на концепцията и инструменти за измерване на прехода към кръгова икономика. *Икономическа мисъл*, *67*(1), 75–88.

Стоичкова, О. (2020). Бариери пред конструктивното използване на кръговата икономика. *Кръгова икономика и устойчиви финанси. Съвременни перспективи,* 31–38.

Съботинова, Д. (2020). Полицентрично управление на кръговата икономика. *Кръгова икономика и устойчиви финанси. Съвременни перспективи*, 50–57.

Тодоров, Н. (2022). Японският модел на преход към кръгова икономика. *Народностопански архив*, *3*, 35–48.

Трифонова, М. (2021). *Социалната приемливост на възобновяемите енергийни източници и технологиите за тяхното оползотворяване*. Стопански факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“.

Ackah, I., & Kizys, R. (2015). Green growth in oil producing African countries: A panel data analysis of renewable energy demand. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *50*, 1157–1166. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.030.

Adedoyin, F. F., Bekun, F. V., & Alola, A. A. (2020). Growth impact of transition from non-renewable to renewable energy in the EU: The role of research and development expenditure. *Renewable Energy*, *159*, 1139–1145. https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.015.

Ahmed, A. A., Nazzal, M. A., Darras, B. M., & Deiab, I. M. (2022). A comprehensive multi-level circular economy assessment framework. *Sustainable Production and Consumption*, *32*, 700–717. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.05.025.

Akarsu, G., & Korucu Gümüşoğlu, N. (2019). What are the Main Determinants of Renewable Energy Consumption? A Panel Threshold Regression Approach. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *19*(2), 1–22. https://doi.org/10.18037/ausbd.566663.

Alam, M. S., Apergis, N., Paramati, S. R., & Fang, J. (2020). The impacts of R&D investment and stock markets on clean-energy consumption and CO 2 emissions in OECD economies. *International Journal of Finance & Economics*, *26*(4), 4979–4992. https://doi.org/10.1002/ijfe.2049.

Al-Awlaqi, M. A., & Aamer, A. M. (2022). Individual entrepreneurial factors affecting adoption of circular business models: An empirical study on small businesses in a highly resource-constrained economy. *Journal of Cleaner Production*, *379*, 134736. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134736.

Alcalde-Calonge, A., Sáez-Martínez, F. J., & Ruiz-Palomino, P. (2022). Evolution of research on circular economy and related trends and topics. A thirteen-year review. *Ecological Informatics*, *70*, 101716. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101716.

Alhawari, O., Awan, U., Bhutta, M. K. S., & Ülkü, M. A. (2021). Insights from Circular Economy Literature: A Review of Extant Definitions and Unravelling Paths to Future Research. *Sustainability*, *13*(2), 859. https://doi.org/10.3390/su13020859.

Alizadeh, M., Kashef, A., Wang, Y., Wang, J., Okudan Kremer, G. E., & Ma, J. (2023). Circular economy conceptualization using text mining analysis. *Sustainable Production and Consumption*, *35*, 643–654. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.12.016.

Antonopoulos, I., Faraca, G., & Tonini, D. (2021). Recycling of post-consumer plastic packaging waste in EU: Process efficiencies, material flows, and barriers. *Waste Management*, *126*, 694–705. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.002.

Apergis, N., & Payne, J. E. (2010). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, *38*(1), 656–660. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002.

Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). The renewable energy consumption–growth nexus in Central America. *Applied Energy*, *88*(1), 343–347. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.013.

Arthur, D., & Vassilvitskii, S. (2007). K-Means++: The Advantages of Careful Seeding. *Proceedings of the Eighteenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, 1027–1035. 10.1145/1283383.1283494.

Avdiushchenko, A., & Zając, P. (2019). Circular Economy Indicators as a Supporting Tool for European Regional Development Policies. *Sustainability*, *11*(11), 3025. https://doi.org/10.3390/su11113025.

Awan, U., Kanwal, N., & Bhutta, M. K. S. (2020). A Literature Analysis of Definitions for a Circular Economy. *EcoProduction*, 19–34. https://doi.org/10.1007/978-3-642-33857-1_2.

Baker, S. R., Bloom, N., Davis, S. J., Kost, K., Sammon, M., & Viratyosin, T. (2020). The Unprecedented Stock Market Reaction to COVID-19. *The Review of Asset Pricing Studies*, *10*(4), 742–758. https://doi.org/10.1093/rapstu/raaa008.

Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2015). The environmental Kuznets curve, economic growth, renewable and non-renewable energy, and trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *47*, 173–185. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.049.

Bersalli, G., Menanteau, P., & El-Methni, J. (2020). Renewable energy policy effectiveness: A panel data analysis across Europe and Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *133*, 110351. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110351.

Biernat-Jarka, A., Trębska, P., & Jarka, S. (2021). The Role of Renewable Energy Sources in Alleviating Energy Poverty in Households in Poland. *Energies*, *14*(10), 2957. https://doi.org/10.3390/en14102957.

Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*, *21*(3), 603–614. https://doi.org/10.1111/jiec.12603.

Bocken, N., & Short, S. (2021). Unsustainable business models – Recognising and resolving institutionalised social and environmental harm. *Journal of Cleaner Production*, *312*(1), 127828. sciencedirect. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127828.

Bocken, N., Pauw, I., Bakker, C., & Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, *33*(5), 308–320.

Boulding, K. (1966). The Economics of the Coming Spaceship Earth. In H. Jarrett (Ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy, Resources for the Future* (pp. 3–14). Johns Hopkins University Press.

Cagno, E., Negri, M., Neri, A., & Giambone, M. (2023). One Framework to Rule Them All: An Integrated, Multi-level and Scalable Performance Measurement Framework of Sustainability, Circular Economy and Industrial Symbiosis. *Sustainable Production and Consumption*, *35*, 55–71. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.10.016.

Cai, Y.-J., Choi, T.-M., Feng, L., & Li, Y. (2022). Producer's choice of design-for-environment under environmental taxation. *European Journal of Operational Research*, *297*(2), 532–544. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.04.048.

CEWEP. (2022). *Landfill Taxes and Bans*. Cewep.EU; Confederation of European Waste-to-Energy Plants. Retrieved May 2022, from https://www.cewep.eu/landfill-taxes-and-bans/.

Chaikumbung, M. (2021). Institutions and consumer preferences for renewable energy: A meta-regression analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *146*, 111143. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111143.

Chang, T., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Simo-Kengne, B., Smithers, D., & Trembling, A. (2015). Renewable energy and growth: Evidence from heterogeneous panel of G7 countries using Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *52*, 1405–1412. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.022.

Chiaramonti, D., & Maniatis, K. (2020). Security of supply, strategic storage and Covid19: Which lessons learnt for renewable and recycled carbon fuels, and their future role in decarbonizing transport? *Applied Energy*, *271*, 115216. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115216.

Climate Watch. (2023). *Climate Watch*. Climatewatchdata.org; Climate Watch. Retrieved March 2023, from https://www.climatewatchdata.org/data-explorer/historical-emissions.

Corona, B., Shen, L., Reike, D., Rosales Carreón, J., & Worrell, E. (2019). Towards sustainable development through the circular economy—A review and critical assessment on current circularity metrics. *Resources, Conservation and Recycling*, *151*(1), 104498. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104498.

Costanza, R. (1989). What is ecological economics? *Ecological Economics*, *1*(1), 1–7. https://doi.org/10.1016/0921-8009(89)90020-7.

Cramer, J. (2022). Effective governance of circular economies: An international comparison. *Journal of Cleaner Production*, *343*, 130874. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130874.

De Oliveira, C. T., & Oliveira, G. G. A. (2023). What Circular economy indicators really measure? An overview of circular economy principles and sustainable development goals. *Resources, Conservation and Recycling*, *190*, 106850. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106850.

De Pascale, A., Arbolino, R., Szopik-Depczyńska, K., Limosani, M., & Ioppolo, G. (2021). A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. *Journal of Cleaner Production*, *281*, 124942. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124942.

De Rosa, M., Gainsford, K., Pallonetto, F., & Finn, D. P. (2022). European Energy Security: Diversification, Concentration and Renewability of Energy Supply. *SSRN Electronic Journal*, *253*, 124097. https://doi.org/10.2139/ssrn.3879556.

De Sadeleer, I., Brattebø, H., & Callewaert, P. (2020). Waste prevention, energy recovery or recycling - Directions for household food waste management in light of circular economy policy. *Resources, Conservation and Recycling*, *160*, 104908. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104908.

Dehghan Shabani, Z., & Shahnazi, R. (2019). Energy consumption, carbon dioxide emissions, information and communications technology, and gross domestic product in Iranian economic sectors: A panel causality analysis. *Energy*, *169*, 1064–1078. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.062.

Drukker, D. M. (2003). Testing for Serial Correlation in Linear Panel-data Models. *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*, *3*(2), 168–177. https://doi.org/10.1177/1536867x0300300206.

Dumitrescu, E.-I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, *29*(4), 1450–1460. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014.

EEA. (2015). *Renewable energy consumption - outlook from IEA — European Environment Agency*. EEA.Europa.EU; European Environment Agency. Retrieved March 2023, from https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/renewable-energy-consumption-outlook-from-iea.

EEA. (2016). *Municipal waste management across European countries — European Environment Agency*. Retrieved May 2022, from https://www.eea.europa.eu/publications/municipal-waste-management-across-european-countries/copy_of_municipal-waste-management-across-european-countries.

Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 2741–2751. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196.

EMF. (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition* (pp. 7–8). Ellen MacArthur Foundation.

EMF. (2023a). *About us: What we do*. EllenMacArthurFoundation.org; Ellen MacArthur Foundation. Retrieved October 2023, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/about-us/what-we-do.

EMF. (2023b). *The circular economy glossary*. EllenMacArthurFoundation.org; Ellen MacArthur. Retrieved October 2023, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/glossary.

EMF. (2023c). *The butterfly diagram: visualising the circular economy*. EllenMacArthurFoundation.org; Ellen MacArthur. Retrieved November 2023, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram.

EMF. (2023d). *Circular economy introduction*. EllenMacArthurFoundation.org; Ellen MacArthur. Retrieved November 2023, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview#principles.

Erkman, S. (1997). Industrial ecology: An historical view. *Journal of Cleaner Production*, *5*(1-2), 1–10. https://doi.org/10.1016/s0959-6526(97)00003-6.

Erkman, S. (2001). Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system. *Swiss Medical Weekly*, *131*, 531–538. https://doi.org/10.4414/smw.2001.09845.

Espinoza, L. A. T. (2021). Critical appraisal of recycling indicators used in European criticality exercises and circularity monitoring. *Resources Policy*, *73*, 102208. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102208.

European Commission. (2005). *COM(2005) 0670 — Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources*. European Commission.

European Commission. (2010). *Being wise with waste – The EU's approach to waste management*. Directorate-General for Environment; European Commission. https://data.europa.eu/doi/10.2779/93543.

European Commission. (2012). *Ecodesign your future – How ecodesign can help the environment by making products smarter*. Directorate-General for Energy, Directorate-General for Enterprise and Industry; European Commission. https://data.europa.eu/doi/10.2769/38512.

European Commission. (2014). *COM(2014) 0398 Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe* . European Commission.

European Commission. (2016). *Raw materials scoreboard: European innovation partnership on raw materials*. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs; European Commission. https://data.europa.eu/doi/10.2873/686373.

European Commission. (2018a). *Measuring circular economy - new metrics for development?* EC.Europa.EU; The European Commission. https://ec.europa.eu/newsroom/env/items/624232/en.

European Commission. (2018b). *COM(2018) 29 on a monitoring framework for the circular economy*. European Commission.

European Commission. (2022). *Waste law*. Environment.EC.Europa.EU; European Commission. Retrieved January 2022, from https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-law_en.

European Commission. (2023). *First circular economy action plan*. Environment.EC.Europa.EU; The European Commission. Retrieved October 2023, from https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/first-circular-economy-action-plan_en.

European Parliament. (2015). *Resource Efficiency Indicators*. European Parliament.

European Parliament. (2018). *Greenhouse gas emissions by country and sector (infographic) | News | European Parliament*. Europa.EU; European Parliament. Retrieved October 2023, from https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180301STO98928/greenhouse-gas-emissions-by-country-and-sector-infographic.

Eurostat. (2018a). *Economy-wide material flow accounts*. Publications Office of the European Union. doi:10.2785/158567.

Eurostat. (2018b). *Circular material use rate calculation method*. Publications Office of the European Union. doi: 10.2785/132630.

Eurostat. (2022a). *Municipal waste statistics*. EC.Europa.EU; Eurostat. Retrieved January 2022, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics.

Eurostat. (2022b). *Circular economy - material flows*. EC.Europa.EU; Eurostat. Retrieved June 2022, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows#Circularity_rate.

Eurostat. (2023a). *Improved circular economy monitoring framework now live - Products Eurostat News - Eurostat*. EC.europa.EU; Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/WDN-20230515-1.

Eurostat. (2023c). *Database — Eurostat*. Europa.EU; Eurostat. Retrieved March 2023, from https://ec.europa.eu/eurostat/data/database.

Eurostat. (2023d). *Energy production and imports*. EC.Europa.EU; Eurostat. Retrieved October 2023, from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_production_and_imports.

Eurostat. (2025). *Database — Circular economy — Eurostat*. EC.Europa.EU; Eurostat. Retrieved January 2025, from https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/database.

Fellner, J., & Lederer, J. (2020). Recycling rate – The only practical metric for a circular economy? *Waste Management*, *113*, 319–320. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.013.

Fernández-Amador, O., Francois, J. F., Oberdabernig, D. A., & Tomberger, P. (2023). Energy footprints and the international trade network: A new dataset. Is the European Union doing it better?. *Ecological Economics*, *204*(Part A), 107635. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107635.

Figge, F., Thorpe, A. S., & Gutberlet, M. (2023). Definitions of the circular economy: Circularity matters. *Ecological Economics*, *208*, 107823. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.107823.

Freire-González, J., Martinez-Sanchez, V., & Puig-Ventosa, I. (2022). Tools for a circular economy: Assessing waste taxation in a CGE multi-pollutant framework. *Waste Management*, *139*, 50–59. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.016.

Frosch, R. A. (1992). Industrial ecology: a philosophical introduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *89*(3), 800–803. https://doi.org/10.1073/pnas.89.3.800.

Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, *261*(3), 144–153.

Gate C. (2023). *For a circular energy transition: Action Plan for Industry, Policymakers and Investors* . Green Purposes Company.

Geissdoerfer, M., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2016). Design Thinking to Enhance the Sustainable Business Modelling Process – a Workshop Based on a Value Mapping Process. *Journal of Cleaner Production*, *135*(1), 1218–1232.

Geissdoerfer, M., Morioka, S. N., de Carvalho, M. M., & Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, *190*, 712–721. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.159.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy - a New Sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, *143*, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048.

Geng, Y., Sarkis, J., Ulgiati, S., & Zhang, P. (2013). Measuring China's Circular Economy. *Science*, *339*(6127), 1526–1527. https://doi.org/10.1126/science.1227059.

Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. C. L. (2017). Sustainable Supply Chain Management and the Transition Towards a Circular economy: Evidence and Some Applications. *Omega*, *66*(B), 344–357. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.05.015.

Georgescu–Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.

Geyer, R., Kuczenski, B., Zink, T., & Henderson, A. (2015). Common Misconceptions about Recycling. *Journal of Industrial Ecology*, *20*(5), 1010–1017. https://doi.org/10.1111/jiec.12355.

Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A Review on Circular Economy: the Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems. *Journal of Cleaner Production*, *114*, 11–32. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007.

Giannakitsidou, O., Giannikos, I., & Chondrou, A. (2020). Ranking European countries on the basis of their environmental and circular economy performance: A DEA application in MSW. *Waste Management*, *109*, 181–191. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.055.

Giovanis, E. (2015). Relationship between recycling rate and air pollution: Waste management in the state of Massachusetts. *Waste Management*, *40*, 192–203. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.03.006.

Goldstein, B., Birkved, M., Quitzau, M.-B., & Hauschild, M. (2013). Quantification of urban metabolism through coupling with the life cycle assessment framework: concept development and case study. *Environmental Research Letters*, *8*(3), 035024. https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/035024.

Grazhdani, D. (2016). Assessing the variables affecting on the rate of solid waste generation and recycling: An empirical analysis in Prespa Park. *Waste Management*, *48*, 3–13. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.028.

Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, *19*(5), 765–777. https://doi.org/10.1111/jiec.12244.

Haldar, A., Sanhita Sucharita, Devi Prasad Dash, Sethi, N., & Purna Chandra Padhan. (2023). The effects of ICT, electricity consumption, innovation and renewable power generation on economic growth: An income level analysis for the emerging economies. *Journal of Cleaner Production*, *384*, 135607–135607. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135607.

Hao, Y., Chen, H., & Zhang, Q. (2016). Will income inequality affect environmental quality? Analysis based on China's provincial panel data. *Ecological Indicators*, *67*, 533–542. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.025.

Harris, S., Martin, M., & Diener, D. (2021). Circularity for circularity's sake? Scoping review of assessment methods for environmental performance in the circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, *26*, 172–186. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.018.

Hatzfeld, T., Backes, J. G., Guenther, E., & Traverso, M. (2022). Modeling circularity as Functionality Over Use-Time to reflect on circularity indicator challenges and identify new indicators for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, *379*, 134797. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134797.

Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, *46*(6), 1251–1271.

Horta Arduin, R., Grimaud, G., Martínez Leal, J., Pompidou, S., Charbuillet, C., Laratte, B., Alix, T., & Perry, N. (2019). Influence of scope definition in recycling rate calculation for European e-waste extended producer responsibility. *Waste Management*, *84*, 256–268. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.12.002.

Hu, Y., Jiang, W., Dong, H., & Majeed, M. T. (2022). Transmission channels between financial efficiency and renewable energy consumption: Does environmental technology matter in high-polluting

economies? *Journal of Cleaner Production*, *368*, 132885. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132885.

Iacovidou, E., Millward-Hopkins, J., Busch, J., Purnell, P., Velis, C. A., Hahladakis, J. N., Zwirner, O., & Brown, A. (2017). A pathway to circular economy: Developing a conceptual framework for complex value assessment of resources recovered from waste. *Journal of Cleaner Production*, *168*, 1279–1288. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.002.

Ibarra-Yunez, A., & Pérez-Henríquez, B. L. (2017). Government Effectiveness and Regulatory Quality and Their Impact on Output Growth in Renewable Energy. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.2922182.

IEA. (2019). *Energy Transitions Indicators – Analysis*. IEA.org; International Energy Agency. Retrieved March 2023, from https://www.iea.org/articles/energy-transitions-indicators.

IEA. (2020a). *Renewable energy market update – Analysis*. IEA.org; International Energy Agency. Retrieved March 2023, from https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update.

IEA. (2020b). *Put clean energy at the heart of stimulus plans to counter the coronavirus crisis – Analysis*. IEA.org; International Energy Agency. Retrieved March 2023, from https://www.iea.org/commentaries/put-clean-energy-at-the-heart-of-stimulus-plans-to-counter-the-coronavirus-crisis.

IISD. (2023). *The Closed Substance Cycle and Waste Management Act*. Enb.iisd.org; IISD Earth Negotiations Bulletin. Retrieved November 2023, from https://enb.iisd.org/consume/closed.html.

Islam, Md. M., Irfan, M., Shahbaz, M., & Vo, X. V. (2022). Renewable and non-renewable energy consumption in Bangladesh: The relative influencing profiles of economic factors, urbanization, physical infrastructure and institutional quality. *Renewable Energy*, *184*, 1130–1149. https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.12.020.

Ivanova, V. (2020). Circular Economy: Barriers and Levers Promoting Transformation (Case Study Analysis). *Management and Business Research Quarterly*, *2020*(16), 14–28. https://doi.org/10.32038/mbrq.2020.16.02.

Ivanova, V. (2021). The Circular Economy as an Element of Green Transformation in Bulgaria. *Trakia Journal of Sciences*, *19*(1), 80–88. https://doi.org/10.15547/tjs.2021.s.01.012.

Ivanova, V., Chipeva, S. (2019). Transition to a Circular Economy Model in the European Union — State and Outlook. *International E–Journal of Advances in Social Sciences*, *5*(14), 694–701.

Ivanova, V., Chipeva, S. (2021). The Impact of Green Technologies on Transition to Circular Economy. *Management and Business Research Quarterly*, *17*, 55–71. https://doi.org/10.32038/mbrq.2021.17.05.

Kalmykova, Y., Sadagopan, M., & Rosado, L. (2018). Circular economy — From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources, Conservation and Recycling*, *135*(135), 190–201. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.034.

Kanzari, A., Rasmussen, J., Nehler, H., & Ingelsson, F. (2022). How financial performance is addressed in light of the transition to circular business models — A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, *376*, 134134. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134134.

Kao, C., Chiang, M.-H., & Chen, B. (1999). International R&D Spillovers: An Application of Estimation and Inference in Panel Cointegration. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, *61*(s1), 691–709. https://doi.org/10.1111/1468-0084.61.s1.16.

Kaza, S., Yao, L., Perinaz Bhada-Tata, Frans Van Woerden, & Kremena Ionkova. (2018). *What a waste 2.0 : a global snapshot of solid waste management to 2050* (pp. 23–29). World Bank Group. https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317.

Kim, B., Kim, S. W., & Park, K. S. (2017). Promoting Supplier's Environmental Innovation via Emission Taxation. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.3094878.

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, *127*(0921–3449), 221–232.

Kirchherr, J., Yang, N.-H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, *194*, 107001. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001.

Klemeš, J. J., Fan, Y. V., & Jiang, P. (2020). COVID -19 pandemic facilitating energy transition opportunities. *International Journal of Energy Research*, *45*(3), 3457–3463. https://doi.org/10.1002/er.6007.

Klemeš, J. J., Foley, A., You, F., Aviso, K., Su, R., & Bokhari, A. (2023). Sustainable energy integration within the circular economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *177*, 113143. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.113143.

Knäble, D., de Quevedo Puente, E., Pérez-Cornejo, C., & Baumgärtler, T. (2022). The impact of the circular economy on sustainable development: A European panel data approach. *Sustainable Production and Consumption*, *34*, 233–243. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.016.

Kocsis, I., & Kiss, J. T. (2015). Renewable Energy Consumption, R&D and GDP in European Union Countries. *Environmental Engineering and Management Journal*, *13*(11), 2825–2830. https://doi.org/10.30638/eemj.2014.316.

Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, *175*, 544–552. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111.

Kostakis, I., & Tsagarakis, K. P. (2021). Social and economic determinants of materials recycling and circularity in Europe: an empirical investigation. *The Annals of Regional Science*, *68*(2), 263–281. https://doi.org/10.1007/s00168-021-01074-x.

Kostakis, I., & Tsagarakis, K. P. (2022). The role of entrepreneurship, innovation and socioeconomic development on circularity rate: Empirical evidence from selected European countries. *Journal of Cleaner Production*, *348*, 131267. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131267.

Kötter, C., Röcken, R., & Moloney, P. (2023). *Why circularity is key to a sustainable energy transition*. Ramboll.com; Ramboll Group. https://www.ramboll.com/insights/resource-management-and-circular-economy/why-circularity-is-key-to-a-sustainable-energy-transition.

Kouton, J. (2019). Information Communication Technology development and energy demand in African countries. *Energy*, *189*, 116192. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116192.

Kristensen, H. S., & Mosgaard, M. A. (2020). A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability? *Journal of Cleaner Production*, *243*, 118531. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118531.

Kumar, P., Singh, R. K., & Kumar, V. (2021). Managing supply chains for sustainable operations in the era of industry 4.0 and circular economy: Analysis of barriers. *Resources, Conservation and Recycling*, *164*(1), 105215. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105215.

Lacy, P., Keeble, J., & McNamara, R. (2014). *Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth* (pp. 12–15). Accenture Strategy.

Lafforgue, G., & Lorang, E. (2022). Recycling under environmental, climate and resource constraints. *Resource and Energy Economics*, *67*, 101278. https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2021.101278.

Lau, W. W. Y., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., Velis, C. A., Godfrey, L., Boucher, J., Murphy, M. B., Thompson, R. C., Jankowska, E., Castillo, A. C., Pilditch, T. D., Dixon, B., Koerselman, L., Kosior, E., Favoino, E., Gutberlet, J., (…) & Palardy, J. E. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, *369*(6510), 1455–1461. https://doi.org/10.1126/science.aba9475.

Lavers, A., Kalmykova, Y., Rosado, L., Oliveira, F., & Laurenti, R. (2017). Selecting representative products for quantifying environmental impacts of consumption in urban areas. *Journal of Cleaner Production*, *162*, 34–44. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.030.

Lehmann, C., Cruz-Jesus, F., Oliveira, T., & Damásio, B. (2022). Leveraging the circular economy: Investment and innovation as drivers. *Journal of Cleaner Production*, *360*, 132146. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132146.

Lewandowski, M. (2016). Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework. *Sustainability*, *8*(1), 43. https://doi.org/10.3390/su8010043.

Li, K., Qi, S., & Shi, X. (2022). The COVID-19 pandemic and energy transitions: Evidence from low-carbon power generation in China. *Journal of Cleaner Production*, *368*, 132994. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132994.

Llorente-González, L. J., & Vence, X. (2019). Decoupling or "Decaffing"? The Underlying Conceptualization of Circular Economy in the European Union Monitoring Framework. *Sustainability*, *11*(18), 4898. https://doi.org/10.3390/su11184898.

Lüdeke-Freund, F., Gold, S., & Bocken, N. M. P. (2018). A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. *Journal of Industrial Ecology*, *23*(1), 36–61.

Luzzati, T., Distefano, T., Ialenti, S., & Andreoni, V. (2022). The circular economy and longer product lifetime: Framing the effects on working time and waste. *Journal of Cleaner Production*, *380*, 134836. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134836.

MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In L. M. Le Cam, J. Neyman (Ed.), *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Vol. 1: Statistics* (pp. 281–297). University of California Press.

Majeed, M. T., & Luni, T. (2020). Renewable energy, circular economy indicators and environmental quality: A global evidence of 131 countries with heterogeneous income groups. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, *14*(4), 866–912.

Makaroff, N., & Kalcher, L. (2023). *Competing in the new zero-carbon industrial era*. Strategic Perspectives.

Malik, I. A., Siyal, G.-A., Bin Abdullah, A., Alam, A., Zaman, K., Kyophilavong, P., Shahbaz, M., Baloch, S. U., & Shams, T. (2014). Turn on the lights: Macroeconomic factors affecting renewable energy in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *38*, 277–284. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.090.

Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Pires Manso, J. R. (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach. *Energy Policy*, *38*(11), 6877–6885. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.003.

Marra, A., & Colantonio, E. (2022). The institutional and socio-technical determinants of renewable energy production in the EU: implications for policy. *Journal of Industrial and Business Economics*, *49*(2), 267–299. https://doi.org/10.1007/s40812-022-00212-6.

Matos, J., Martins, C., Simões, C. L., & Simões, R. (2023). Comparative analysis of micro level indicators for evaluating the progress towards a circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, *39*, 521–533. https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.06.002.

Mayer, A., Haas, W., Wiedenhofer, D., Krausmann, F., Nuss, P., & Blengini, G. A. (2018). Measuring Progress towards a Circular Economy: A Monitoring Framework for Economy-wide Material Loop

Closing in the EU28. *Journal of Industrial Ecology*, *23*(1), 62–76. https://doi.org/10.1111/jiec.12809.

McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to Cradle*. North Point Press.

Mishra, R., Naik, B. K. R., Raut, R. D., & Kumar, M. (2022). Internet of Things (IoT) adoption challenges in renewable energy: A case study from a developing economy. *Journal of Cleaner Production*, *371*, 133595. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133595.

Mohajan, H. (2021). Germany is Ahead to Implement Sustainable Circular Economy. *Journal of Economic Development, Environment and People*, *10*(2), 46–64.

Moraga, G., Huysveld, S., De Meester, S., & Dewulf, J. (2021). Development of circularity indicators based on the in-use occupation of materials. *Journal of Cleaner Production*, *279*, 123889. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123889.

Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., de Meester, S., & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation and Recycling*, *146*(1), 452–461. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.03.045.

Morikawa, M. (2012). Population density and efficiency in energy consumption: An empirical analysis of service establishments. *Energy Economics*, *34*(5), 1617–1622. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.01.004.

Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, *153*, 104553. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553.

Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, *140*(3), 369–380.

Naderipour, A., Abdul-Malek, Z., Ahmad, N. A., Kamyab, H., Ashokkumar, V., Ngamcharussrivichai, C., & Chelliapan, S. (2020). Effect of COVID-19 virus on reducing GHG emission and increasing energy generated by renewable energy sources: A brief study in Malaysian context. *Environmental Technology & Innovation*, *20*, 101151. https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101151.

Naustdalslid, J. (2014). Circular economy in China – the environmental dimension of the harmonious society. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *21*(4), 303–313. https://doi.org/10.1080/13504509.2014.914599.

Neves, S. A., & Marques, A. C. (2022). Drivers and barriers in the transition from a linear economy to a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, *341*, 130865. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130865.

Nicola, M., Alsafi, Z., Sohrabi, C., Kerwan, A., Al-Jabir, A., Iosifidis, C., Agha, M., & Agha, R. (2020). The Socio-Economic Implications of the Coronavirus and COVID-19 Pandemic: a Review.

International Journal of Surgery, *78*(1), 185–193. NCBI. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7162753/.

Niu, X., Dong, W.-K., Niu, X., & Muhammad Wasif Zafar. (2023). The transition to clean energy and the external balance of goods and services as determinants of energy and environmental sustainability. *Gondwana Research*. https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.003.

OECD. (2020). *The Circular Economy in Cities and Regions: Synthesis Report*. Organisation for Economic Co-operation and Development.

Omri, E., Chtourou, N., & Bazin, D. (2022). Technological, economic, institutional, and psychosocial aspects of the transition to renewable energies: A critical literature review of a multidimensional process. *Renewable Energy Focus, 43,* 37–49. https://doi.org/10.1016/j.ref.2022.08.004.

Pagliaro, M., & Meneguzzo, F. (2020). Distributed Generation from Renewable Energy Sources: Ending Energy Poverty across the World. *Energy Technology*, *8*(7), 2000126. https://doi.org/10.1002/ente.202000126.

Pantcheva, R. (2023). Circular Use of Materials: Drivers of the Circularity Rate in the European Union. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, *32*(3), 148–161.

Pantcheva, R. (2024). Economic and Social Drivers of Renewable Energy Consumption in the European Union: An Econometric Analysis. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, *33*(7), 62–84.

Pantcheva, R., & Mengov, G. (2022). Recycling Rate in Europe: Econometric Modeling and dART Clustering Analysis. *2022 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)*, 179–182. IEEE Xplore. https://doi.org/10.1109/icai55857.2022.9960075.

Papież, M., Śmiech, S., & Frodyma, K. (2018). Determinants of renewable energy development in the EU countries. A 20-year perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *91*, 918–934. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.075.

Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy - A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of Cleaner Production*, *210*, 200–216. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.357.

Park, S. (2018). Factors influencing the recycling rate under the volume-based waste fee system in South Korea. *Waste Management, 74,* 43–51. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.008.

Pauli, G. (2010). *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs*. United States: Paradigm Publications.

Pearce, D. W., & R Kerry Turner. (1990). *Economics of natural resources and the environment. David W. Pearce and R. Kerry Turner.* Harvester Wheatsheaf.

Pearce, D. W., Markandya, A., & Barbier, E. (1989). *Blueprint for a Green Economy*. Routledge.

Pedroni, P. (2001). Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels. In: Baltagi, B.H., Fomby, T.B., Carter Hill, R. (2001). *Nonstationary Panels, Panel Cointegration, and Dynamic Panels (Advances in Econometrics, Vol. 15)* (pp.93-130). Bingley: Emerald Group Publishing Limited.

Pereira, P., Bašić, F., Bogunovic, I., & Barcelo, D. (2022). Russian-Ukrainian War Impacts the Total Environment. *Science of the Total Environment*, *837*(155865), 155865. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865.

Pfeiffer, B., & Mulder, P. (2013). Explaining the diffusion of renewable energy technology in developing countries. *Energy Economics*, *40*, 285–296. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.005.

Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain.* PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. The Royal Institute of International Affairs.

Prisecaru, P. (2022). The War in Ukraine and the Overhaul of EU Energy Security. *Global Economic Observer*, *10*(1), 16–25.

Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. London: Random House Business Books.

Reich, R. H., Vermeyen, V., Alaerts, L., & Van Acker, K. (2022). How to Measure a Circular Economy: A Holistic Method Compiling Policy Monitors. *SSRN Electronic Journal*, *188*, 106707. https://doi.org/10.2139/ssrn.4206877.

Revez, A., Dunphy, N., Harris, C., Mullally, G., Lennon, B., & Gaffney, C. (2020). Beyond Forecasting: Using a Modified Delphi Method to Build Upon Participatory Action Research in Developing Principles for a Just and Inclusive Energy Transition. *International Journal of Qualitative Methods*, *19*, 160940692090321. https://doi.org/10.1177/1609406920903218.

Rizos, V., Tuokko, K., & Behrens, A. (2017). The Circular Economy: A Review of Definitions, Processes and Impacts. *Centre for European Policy Studies*, 7–9.

Saba, C. S., & Biyase, M. (2022). Determinants of renewable electricity development in Europe: Do Governance indicators and institutional quality matter? *Energy Reports*, *8*, 13914–13938. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.184.

Sagan, J., & Sobotka, A. (2021). Analysis of Factors Affecting the Circularity of Building Materials. *Materials*, *14*(23), 7296. https://doi.org/10.3390/ma14237296.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, *207*, 542–559. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014.

Salim, R. A., & Shafiei, S. (2014). Urbanization and renewable and non-renewable energy consumption in OECD countries: An empirical analysis. *Economic Modelling*, *38*, 581–591. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.02.008.

Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, *17*, 48–56. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002.

Schandl, H., Hatfield-Dodds, S., Wiedmann, T., Geschke, A., Cai, Y., West, J., Newth, D., Baynes, T., Lenzen, M., & Owen, A. (2016). Decoupling global environmental pressure and economic growth: scenarios for energy use, materials use and carbon emissions. *Journal of Cleaner Production*, *132*, 45–56. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.100.

Schmidt, S., Laner, D., Van Eygen, E., & Stanisavljevic, N. (2020). Material efficiency to measure the environmental performance of waste management systems: A case study on PET bottle recycling in Austria, Germany and Serbia. *Waste Management*, *110*, 74–86. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.011.

Shahbaz, M., Wang, J., Dong, K., & Zhao, J. (2022). The impact of digital economy on energy transition across the globe: The mediating role of government governance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *166*, 112620. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112620.

Sharma, G. D., Tiwari, A. K., Erkut, B., & Mundi, H. S. (2021). Exploring the nexus between non-renewable and renewable energy consumptions and economic development: Evidence from panel estimations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *146*, 111152. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111152.

Sheinbaum-Pardo, C., Ruiz-Mendoza, B. J., & Rodríguez-Padilla, V. (2012). Mexican energy policy and sustainability indicators. *Energy Policy*, *46*, 278–283. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.060.

Sidique, S. F., Joshi, S. V., & Lupi, F. (2010). Factors influencing the rate of recycling: An analysis of Minnesota counties. *Resources, Conservation and Recycling*, *54*(4), 242–249. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.08.006.

Stahel, W. R. (1982). The Product–Life Factor. In S. Grinton Orr (Ed.), *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies: The Role of the Private Sector* (pp. 72–96). Houston Area Research Center.

Stahel, W. R. (2013). Policy for material efficiency—sustainable taxation as a departure from the throwaway society. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *371*(1986), 20110567. https://doi.org/10.1098/rsta.2011.0567.

Stahel, W. R., & Reday-Mulvey, G. (1981). *Jobs for Tomorrow: the potential for substituting manpower for energy*. Vantage Press.

Tansel, B. (2020). Increasing gaps between materials demand and materials recycling rates: A historical perspective for evolution of consumer products and waste quantities. *Journal of Environmental Management*, *276*, 111196. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111196.

Tchorzewska, K. B., Garcia-Quevedo, J., & Martinez-Ros, E. (2022). The heterogeneous effects of environmental taxation on green technologies. *Research Policy*, *51*(7), 104541. https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104541.

Tedesco, M., Simioni, F. J., Sehnem, S., Soares, J. F., & Coelho Junior, L. M. (2022). Assessment of the circular economy in the Brazilian planted tree sector using the ReSOLVE framework. *Sustainable Production and Consumption*, *31*, 397–406. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.03.005.

Tian, J., Yu, L., Xue, R., Zhuang, S., & Shan, Y. (2021). Global low-carbon energy transition in the post-COVID-19 era. *Applied Energy*, *307*, 118205. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118205.

Tsao, Y.-C., Thanh, V.-V., Lu, J.-C., & Wei, H.-H. (2021). A risk-sharing-based resilient renewable energy supply network model under the COVID-19 pandemic. *Sustainable Production and Consumption*, *25*, 484–489. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.003.

Tu, Y.-X., Kubatko, O., Piven, V., Sotnyk, I., & Kurbatova, T. (2022). Determinants of Renewable Energy Development: Evidence from the EU Countries. *Energies (19961073)*, *15*(19), 7093. https://doi.org/10.3390/en15197093.

UN. (2023a). *The 17 Sustainable Development Goals*. SDGs.UN.org; United Nations. Retrieved November 2023, from https://sdgs.un.org/goals.

UN. (2023b). *Data | Population Division*. UN.org; United Nations. Retrieved March 2023, from https://www.un.org/development/desa/pd/data-landing-page.

Van Bueren, B. J. A., Iyer-Raniga, U., Argus, K., & Leenders, M. A. A. M. (2022). Closing the loopholes in circular economy definitions and assessments using ontological criteria, with a demonstration for Australia. *Resources, Conservation and Recycling*, *186*, 106554. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106554.

Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Principles for a Sustainable Circular Economy. *Sustainable Production and Consumption*, *27*(1), 1437–1457. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018.

Velenturf, A. P. M., Archer, S. A., Gomes, H. I., Christgen, B., Lag-Brotons, A. J., & Purnell, P. (2019). Circular economy and the matter of integrated resources. *Science of the Total Environment*, *689*, 963–969. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.449.

Vera, I., & Langlois, L. (2007). Energy indicators for sustainable development. *Energy*, *32*(6), 875–882. https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.08.006.

Villena, M., & Greve, F. (2018). On resource depletion and productivity: The case of the Chilean copper industry. *Resources Policy*, *59*, 553–562. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.10.001.

Wan, G., Wang, C., Wang, J., & Zhang, X. (2022). The income inequality-CO2 emissions nexus: Transmission mechanisms. *Ecological Economics*, *195*, 107360. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107360.

Wang, J., Dong, X., & Dong, K. (2021). How renewable energy reduces CO_2 emissions? Decoupling and decomposition analysis for 25 countries along the Belt and Road. *Applied Economics*, *53*(40), 4597–4613. https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1904126.

Wautelet, T. (2018). *The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17021.87523.

WCED. (1987). *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development.

Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *68*(1), 825–833. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.123.

Wooldridge, J. M. (2011). Serial Correlation and the Robust Variance Matrix Estimator. In *Econometric analysis of cross section and panel data. Cambridge*. MIT Press.

World Bank. (2022). *Worldwide Governance Indicators*. Worldbank.org; The World Bank. Retrieved May 2022, from http://info.worldbank.org/governance/wgi/.

World Bank. (2023). *DataBank | The World Bank*. Worldbank.org; World Bank. Retrieved March 2023, from https://databank.worldbank.org/home.aspx.

Xu, Q., Zhong, M., & Li, X. (2022). How does digitalization affect energy? International evidence. *Energy Economics*, *107*, 105879. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2022.105879.

Yildirim, E., Saraç, Ş., & Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(9), 6770–6774. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.004.

Yu, L., Xue, B., Stückrad, S., Thomas, H., & Cai, G. (2020). Indicators for energy transition targets in China and Germany: A text analysis. *Ecological Indicators*, *111*, 106012. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106012.

Zakeri, B., Paulavets, K., Barreto-Gomez, L., Echeverri, L. G., Pachauri, S., Boza-Kiss, B., Zimm, C., Rogelj, J., Creutzig, F., Ürge-Vorsatz, D., Victor, D. G., Bazilian, M. D., Fritz, S., Gielen, D., McCollum, D. L., Srivastava, L., Hunt, J. D., & Pouya, S. (2022). Pandemic, War, and Global Energy Transitions. *Energies*, *15*(17), 6114. https://doi.org/10.3390/en15176114.

Zhelyazkova, V. (2020). Circular Economy: International Policies and Practices. *Izvestiya Journal of Varna University of Economics*, *64*(3), 239–255. https://doi.org/10.36997/IJUEV2020.64.3.239.

Zhong, H., Tan, Z., He, Y., Xie, L., & Kang, C. (2020). Implications of COVID-19 for the electricity industry: A comprehensive review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, *6*(3), 489–495. https://doi.org/10.17775/cseejpes.2020.02500.

Приложения

Приложение 1. Описание на разглежданите променливи

Съкращение	Променлива	Мерна единица	Описание	Източник
CR	Степен на кръговост	Процент	Делът на местно възстановените и повторно въведени в икономиката материали (вкл. биомаса, метални руди, неметални минерали и изкопаеми енергийни материали).	Eurostat, 2023c
EG	Интернет взаимодействие с обществени институции	Процент	Делът на всички индивиди, които са си взаимодействали с обществени институции по интернет.	Eurostat, 2023c
EL	Отпаднали от образователната система	Процент	Делът от населението на възраст 18–24 г. със завършен най–много прогимназиален етап, неангажирано в каквато и да е форма на обучение по време на четирите седмици, предхождащи събирането на данни.	Eurostat, 2023c
EP	Енергийна бедност	Процент	Делът на хората, които не могат да поддържат домовете си достатъчно топли.	Eurostat, 2023c
EPD	Енергийна производителност	ППС на кг н. е. (килограм нефтен еквивалент)	Резултатът от БВП, разделен на брутната налична енергия за специфична календарна година.	Eurostat, 2023c
EST	Гимназиално, професионално или висше образование	Процент	Делът на лицата на възраст 15–64 години, които имат гимназиално, професионално или висше образование.	Eurostat, 2023c
ET	Приходи от екоданъци	Процент	Делът на приходите от екоданъци в БВП.	Eurostat, 2023c
FIU	Честота на ползване на интернет	Процент	Делът от населението, което осъществява достъп до интернет поне веднъж седмично през дадена година.	Eurostat, 2023c
GDPPC	Брутен вътрешен продукт	ППС на глава от населението	Отношението на БВП (по ППС) към населението за дадена година.	Eurostat, 2023c

Съкращение	Променлива	Мерна единица	Описание	Източник
GE	Правителствена ефективност	Индекс	Отразява възприятията относно представянето на правителството.	World Bank, 2022
GHGEPC	Парникови емисии	Тонове CO_2 еквивалент на гл. от нас.	Отношението на общите парникови емисии към средното население за дадена година, в т. ч. емисии от земеползване, промяна в земеползването и горско стопанство.	Climate Watch, 2023.
GHGI	Интензитет на емисиите на парникови газове от енергийното потребление	Индекс	Съотношението между свързаните с енергията парникови емисии и брутното вътрешно потребление на енергия. То показва колко тона CO2 еквиваленти на парникови газове, свързани с енергията, се отделят в дадена икономика за единица консумирана енергия.	Eurostat, 2023c
GRQ	Качество на държавното регулиране	Индекс	Индикаторът отразява възприятията за това колко подходящи са правителствените политики и дали са в състояние да насърчат развитието на частния сектор.	World Bank, 2022
LB	Забрана за депониране	Категория	Отразява забрана за депониране на специфичен вид отпадък. В анализа е отчетена като 1 при наличие на забрана или 0 при отсъствието на такава.	CEWEP, 2022
LT	Такса за депониране	Евро на тон	Такса върху депонирането на отпадъци, налагана на общини или организации.	CEWEP, 2022
PD	Гъстота на населението	Брой хора на км2	Съотношението на средногодишното население към общата площ на страната в квадратни километри.	World Bank, 2023
PGR	Темп на нарастване на населението	Процент	Средният годишен експоненциален темп на нарастване на населението.	United Nations, 2023b
PR	Риск от бедност	Процент	Делът от населението с приравнен разполагаем доход под прага на риска	Eurostat, 2023c

Съкращение	Променлива	Мерна единица	Описание	Източник
			от бедност, т. е. 60% от националния медианен приравнен разполагаем доход.	
RDE	Разходи за научноизследователска и развойна дейност	Процент	Брутните национални разходи за НИРД в бизнеса, правителството, висшето образование и частни организации с нестопанска цел като дял от БВП.	Eurostat, 2023c
REC	Потребление на възобновяема енергия	Процент	Делът на възобновяемата енергия в брутното крайно енергийно потребление. Индикаторът се използва като мярка за напредъка към декарбонизация.	Eurostat, 2023c
RP	Ресурсна производителност	ППС на кг	БВП, генерирано за единица потребени от икономиката ресурси.	Eurostat, 2023c
RR	Степен на рециклиране	Процент	Рециклираният ТБО като дял от общото количество образуван ТБО.	Eurostat, 2023c
RRP	Степени на рециклиране на опаковки от: - Стъкло (RRG) - Метал (RRM) - хартия и картон (RRP) - пластмаса (RRPE) - дърво (RRW)	Процент	Делът на рециклираните отпадъци от опаковки в общото количество генерирани отпадъци от опаковки.	Eurostat, 2023c
SE	Завършили средно образование	Процент	Делът от населението, завършило степени 5, 6, 7 или 8 (ISCED 2011).	Eurostat, 2023c
TE	Завършили висше образование	Процент	Делът от населението, завършило степени 3 или 4 (ISCED 2011).	Eurostat, 2023c
TO	Отвореност на търговията	Процент	Сумата от износа и вноса на стоки и услуги като дял от БВП.	World Bank, 2023
TRRM	Търговия с рециклируеми материали: - внос от ЕС (TRRMII) - внос от страни извън ЕС (TRRMIE) - износ извън ЕС (TRRMEE)	Тон на гл. от нас.	Индикаторите са изчислени като съотношението на търгуваните количества към населението за дадена година. Тези количества включват пластмаса, хартия и картон, ценни метали, желязо и стомана, мед, алуминий и никел.	Eurostat, 2023c
UP	Градско население	Процент	Хората, живеещи в градските райони, като	United Nations, 2023b

Съкращение	Променлива	Мерна единица	Описание	Източник
			дял от общото население на дадена страна.	
W	Генериран твърд битов отпадък	Кг на гл. от нас.	ТБО се образува основно от домакинствата, търговията, бизнеса и администрацията.	Eurostat, 2023c
Y	Дял на младото население	Процент	Делът от населението под 18–годишна възраст.	Eurostat, 2023c

Приложение 2. Корелационна матрица към Раздел 3.1.1.

Променлива	RR	GDPPC	FIU	EPD	GE	LB	TE	SE	GHGI	EL	RDE	RP	PR	LT
RR	1													
GDPPC	0,512***	1												
FIU	0,552***	0,636***	1											
EPD	0,215***	0,469***	0,147**	1										
GE	0,602***	0,637***	0,742***	0,088	1									
LB	0,546***	0,254***	0,501***	-0,158**	0,476***	1								
TE	0,352***	0,537***	0,663***	0,193***	0,636***	0,281***	1							
SE	-0,068***	-0,408***	-0,227***	-0,236***	-0,396***	0,246***	-0,455***	1						
GHGI	0,041	-0,090	-0,361***	-0,053	-0,190***	0,032	0,045	0,127*	1					
EL	-0,284***	-0,276***	-0,314***	-0,058	-0,275***	-0,435***	-0,345***	-0,315***	-0,086	1				
RDE	0,722***	0,341***	0,573***	-0,035	0,687***	0,553***	0,285***	-0,061	-0,318***	-0,272***	1			
RP	0,451***	0,539***	0,397***	0,319	0,366***	0,102	0,241***	-0,447***	-0,040	-0,007	0,155**	1		
PR	-0,478***	-0,452***	-0,729***	0,042	-0,660***	-0,512***	-0,281***	-0,005	0,438***	0,411***	-0,616***	-0,284***	1	
LT	0,397***	0,253***	0,402***	0,209	0,434***	0,298***	0,444***	-0,101	-0,233***	-0,077	0,508***	0,081	-0,258***	1

, **, * означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Приложение 3. Тестове за причинност към Раздел 3.1.1.

№	Променливи	F-statistic	p–value	Резултат	Вид на наблюдаваната връзка
1	SE ↛ RR	3,079	0,030**	SE ↔ RR	Двупосочна причинност
	RR ↛ SE	6,867	0,000***		
2	RDE ↛ RR	1,224	0,304	RR → RDE	Еднопосочна причинност
	RR ↛ RDE	2,307	0,080*		
3	PR ↛ RR	3,265	0,024**	PR ↔ RR	Двупосочна причинност
	RR ↛ PR	3,010	0,032**		
4	LT ↛ RR	0,710	0,548	RR → LT	Еднопосочна причинност
	RR ↛ LT	2,361	0,074*		

*Брой наблюдения: 140. Брой лагове: 3. Нулевата хипотеза на теста предполага липса на причинност. → и ↔ означава съответно еднопосочна и двупосочна причинност. *, **, *** означават съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Приложение 4. Корелационна матрица към Раздел 3.2.1.

Променлива	CR	GDPPC	GE	RRG	RRM	RDE	RP	TRRMII	TRRMIE
CR	1								
GDPPC	0,415***	1							
GE	0,422***	0,686***	1						
RRG	0,452***	0,526***	0,433***	1					
RRM	0,275***	0,417***	0,274***	0,400***	1				
RDE	0.569	0,533***	0,602***	0,625***	0,295***	1			
RP	0,517***	0,621***	0,417***	0,239***	0,231***	0,254***	1		
TRRMII	0,455***	0,391***	0,208***	0,562***	0,202***	0,418***	0,313***	1	
TRRMIE	0,206***	0,273***	0,147**	0,434***	0,140**	0,438***	0,199***	0,693***	1

, **, * означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Приложение 5. Тестове за причинност към Раздел 3.2.1.

№	Променливи	F-statistic	p–value	Резултат	Вид на наблюдаваната връзка
1	lnRDE ↛ lnCR	3,361	0,020**	RDE → CR	Еднопосочна причинност
	lnCR ↛ lnRDE	0,659	0,578		
2	lnRP ↛ lnCR	9,316	0,000***	RP → CR	Еднопосочна причинност
	lnCR ↛ lnRP	0,585	0,626		
3	lnRRG ↛ lnCR	3,165	0.026**	RRG → CR	Еднопосочна причинност
	lnCR ↛ lnRRG	1,843	0.141		
4	lnTRRMEE ↛ lnCR	4,295	0,006***	TRRMEE → CR	Еднопосочна причинност
	lnCR ↛ lnTRRMIE	1,407	0,242		

*Брой наблюдения: 189. Брой лагове: 3. Нулевата хипотеза на теста предполага липса на причинност. → и ↔ означава съответно еднопосочна и двупосочна причинност. *, **, *** означават съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Приложение 6. Описателна статистика на променливите към Раздел 3.3.1.

Променлива	Средна стойност	Медиана	Максимум	Минимум	Станд. Отклонение	Брой наблюдения
REC	2,743	2,818	4,096	-1,635	0,746	351
EG	3,749	3,873	4,518	1,595	0,524	351
EP	1,856	1,792	4,197	-1,204	1,048	351
EST	4,282	4,333	4,491	3,374	0,185	351
FIU	4,260	4,314	4,572	3,271	0,237	351
GDPPC	10,141	10,123	11,276	9,259	0,379	351
GHGEPC	2,851	2,863	3,528	0,000	0,371	351
GRQ	0,062	0,132	0,716	-1,935	0,457	351

Променлива	Средна стойност	Медиана	Максимум	Минимум	Станд. Отклонение	Брой наблюдения
PD	4,676	4,683	7,384	2,861	0,904	351
PGR	0,923	0,952	1,593	0,000	0,304	351
RDE	0,290	0,283	1,317	-0,963	0,601	351
TO	4,733	4,690	5,934	3,816	0,463	351
UP	4,270	4,259	4,586	3,955	0,177	351

Приложение 7. Корелационна матрица към Раздел 3.3.1.

Променлива	**REC**	**EG**	**EP**	**EST**	**FIU**	**GDPPC**	**GHGEPC**	**GRQ**	**PD**	**PGR**	**RDE**	**TO**	**UP**
EG	0,115**	1											
EP	0,022	-0,616***	1										
EST	0,320***	0,207***	-0,279***	1									
FIU	0,136***	0,856***	-0,633***	0,332***	1								
GDPPC	-0,207***	0,620***	-0,719***	-0,020	0,653***	1							
GHGEPC	-0,294***	0,393***	-0,324***	0,026	0,289***	0,429***	1						
GRQ	-0,142***	0,585***	-0,633***	0,073	0,501***	0,650***	0,323***	1					
PD	-0,717***	-0,043	0,060	-0,414***	0,027	0,258***	0,170***	0,058	1				
PGR	-0,428***	0,374***	-0,564***	-0,213***	0,343***	0,722***	0,310***	0,540***	0,447***	1			
RDE	0,264***	0,657***	-0,643***	0,115**	0,588***	0,563***	0,303***	0,524***	-0,066	0,335***	1		
TO	-0,499***	0,241***	-0,264***	0,158***	0,314***	0,308***	0,272***	0,288***	0,352***	0,336***	-0,145***	1	
UP	-0,312***	0,456***	-0,240***	-0,224***	0,417***	0,482***	0,272***	0,489***	0,330***	0,401***	0,363***	0,155***	1

, **, * означава съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Приложение 8. Тестове за причинност към Раздел 3.3.1.

№	Променливи	W-statistic	ZBar statistic	p–value	Резултат	Вид на наблюдаваната връзка
1	lnEG ↠ lnREC	4,980	1,980	0,048**	EG ↔ REC	Двупосочна причинност
	lnREC ↠ lnEG	5,351	2,351	0,019**		
2	lnEP ↠ lnREC	6,060	3,060	0,002***	EP → REC	Еднопосочна причинност
	lnREC ↠ lnEP	4,631	1,631	0,103		
3	lnEST ↠ lnREC	5,470	2,470	0,014**	EST → REC	Еднопосочна причинност
	lnREC ↠ lnEST	4,276	1,276	0,202		
4	lnFIU ↠ lnREC	7,112	4,112	0,000***	FIU ↔ REC	Двупосочна причинност
	lnREC ↠ lnFIU	5,240	2,240	0,025**		

№	Променливи	W-statistic	ZBar statistic	p–value	Резултат	Вид на наблюдаваната връзка
5	lnGDPPC ↠ lnREC	5,737	2,737	0,006***	GDPPC → REC	Еднопосочна причинност
	lnREC ↠ lnGDPPC	3,247	0,247	0,805		
6	lnGHGEPC ↠ lnREC	2,418	-0,582	0,561	REC → GHGEPC	Еднопосочна причинност
	lnREC ↠ lnGHGEPC	6,946	3,946	0,000***		
7	lnPD ↠ lnREC	8,360	5,360	0,000***	PD ↔ REC	Двупосочна причинност
	lnREC ↠ lnPD	9,305	6,305	0,000***		
8	lnTO ↠ lnREC	6,455	3,455	0,001***	TO ↔ REC	Двупосочна причинност
	lnREC ↠ lnTO	5,522	2,522	0,012**		
9	lnUP ↠ lnREC	3,869	5,837	0,000***	UP ↔ REC	Двупосочна причинност
	lnREC ↠ lnUP	8,580	16,479	0,000***		

*Нулевата хипотеза на теста предполага липса на причинност. → и ↔ означава съответно еднопосочна и двупосочна причинност. *, **, *** означават съответно нива на значимост от 10%, 5% и 1%.*

Рени Панчева

Развитие на кръговата икономика в Европейския съюз: фактори за устойчиво бъдеще

Българска
Първо издание

Рецензенти:
проф. д–р Георги Менгов
проф. д. ик. н. Антон Герунов

Научен редактор:
проф. д–р Ваня Иванова

Издателски редактор:
Елеонора Николова

Дизайн на корицата
Рени Панчева

Софийски университет „Св. Климент Охридски“, Стопански факултет

Д–р Рени Панчева е преподавател в Стопански факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“, където завършва и висшето си образование. Нейните основни изследователски интереси са в областта на устойчивото развитие, кръговата икономика, рамките за проследяване на прехода към кръгова икономика, енергийния преход, ефективното използване и съхраняване на ресурси и приложението на поведенческата икономика в насърчаването на устойчиви практики.

Монографията „Развитие на кръговата икономика в Европейския съюз: фактори за устойчиво бъдеще“ предлага задълбочен научен поглед върху прехода към кръгова икономика в турбулентен за устойчивото развитие период. Акцентът е поставен върху ключови макроикономически и социални движещи сили, въз основа на които се очертават различни модели на „кръговост“ сред държавите членки. Трудът е ценен за студенти, изследователи, политици и практици, както и за всеки, който търси по–добро разбиране за приложението на кръговата икономика в съвременния свят.

ISBN 978-954-9399-97-4