

ПРОУЧВАНЕ НА КРЪГОВИ ПРАКТИКИ ЗА ОБРАЗОВАНИЕ В ЦИФРОВАТА ВСЕЛЕНА



Автори

Kolleg für Management und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung (KMGNE, Германия)

Sucessos Criativos Lda Portugal Norte (SC, Португалия)

Висше транспортно училище "Тодор Каблешков" (ВТУ, България)

ПЕТА ОБЩИНСКА ГИМНАЗИЯ Ларисас (FGLL, Гърция)

Гимназия Фриц-Греве (FGGM, Германия)

Zespół Szkół Agrotechnicznych i Ogólnokształcących im. Józefa Piłsudskiego (ZAI, Полша)

Hadiye Kuradaci Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (HKB, Турция)

Kolleg für Management und Gestaltung nachhaltiger Entwicklung (KMGNE, Германия)

Координатор

Декларация за оповестяване



**Co-funded by
the European Union**

Проектът "Кръгови практики за образование в цифровата вселена" е съфинансиран от Европейския съюз. Изразените възгледи и мнения обаче са единствено на авторите и не отразяват непременно тези на Европейския съюз или ЕАСЕСА. Нито Европейският съюз, нито предоставящият ги орган могат да бъдат държани отговорни за тях.

РЕЗЮМЕ

1	Въведение	1
2	Кръгова икономика и подходи на КИ в образованието	2
3	Решения за кръгова мобилност в образованието	11
4	<u>Бъдещи перспективи за използване на</u>	20
5	<u>изкуствен интелект за КИ</u>	30
6	<u>Резултати от проучване на кръговите</u> <u>подходи в учебните програми за средно</u> <u>образование</u>	33
7	<u>Резултати от проучване на учителските</u> <u>гледните точки, преживявания и</u> <u>нужди по отношение на образование по</u> <u>КИ в училищата</u>	45

1. Въведение

Пред лицето на ескалиращите екологични предизвикателства и социалното неравенство традиционните линейни икономически модели, характеризиращи се с подхода "вземи, направи, изхвърли", все повече се оказват неустойчиви. Например планираното остаряване, при което продуктите се проектират с ограничен срок на експлоатация, за да подтикнат потребителите да ги купят отново, е стратегия за генериране на печалба в тази икономика. Ето защо трансформациите към кръгова икономика са от решаващо значение за справяне с климатичната криза и свързаните с нея предизвикателства.

Това проучване "Кръгови практики за образование в цифровата вселена" е резултат от проекта CircEdu (2024-1-DE03-KA220-SCH-000250897), съфинансиран от Европейския съюз. Във всички партньорски държави, участващи в създаването на това проучване (България, Германия, Гърция, Португалия, Полша и Турция), беше установена необходимостта от цялостни образователни практики и материали за кръгово образование. Ето защо консорциумът по проекта CircEdu, състоящ се от Kolleg für Management und Gestaltung Nachhaltiger Entwicklung (KMGNE, Германия), Sucessos Criativos Lda Portugal Norte (SC, Португалия), Висшето транспортно училище "Тодор Каблешков" (ВТУ, България), ПЕТА ОБЩИНСКА ГИМНАЗИЯ Ларисас (FGLL, Гърция), Гимназия Фриц-Греве (FGGM, Германия), Zespół Szkół Agrotechnicznych i Ogólnokształcących h im. Józefa Piłsudskiego (ZAI, Полша) и Hadiye Kuradaci Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (HKB, Турция) проведе обширно кабинетно проучване и създадоха две различни анкети, адресирани до средните училища в консорциума на проекта и техните учители. С тези проучвания консорциумът успя да открие реалното състояние на целевите групи на проекта, техните знания и нужди, както и да придобие представа за състоянието на практиките на КИ в средното образование в европейските училища.

Проучването показва, че има голям брой изследвания, свързани с кръговата икономика като цяло, но недостатъчен материал в областта на средното образование както в областта на научните изследвания, така и в практиката. Ето защо целта на това изследване е да събере на едно място знанията, свързани с тази тема, които могат да послужат като основа за по-нататъшното разработване на методики за обучение. Резултатите от въпросниците са представени за сравнение на четирите различни държави в обобщен доклад.

Освен увод, изследването е разделено на пет глави:

2. Кръгова икономика и подходи на КИ в образованието
 3. Решения за кръгова мобилност в образованието
 4. Бъдещи перспективи за използване на изкуствен интелект за КИ
 5. Резултати от проучване на кръговите подходи в учебните програми за
 6. средното образование
- Резултати от проучване на гледната точка, опита и потребностите на учителите
- по отношение на образованието по КИ в училищата

2. Кръгова икономика и подходи на КИ в образованието

В следващата глава ще бъде представена концепцията за кръговата икономика (КЕ) като цяло и образованието по КИ в частност.

С доклада на Римския клуб "Граници на растежа" (1972 г.), Доклада на ООН "Брундтланд" (1987 г.) и Световната конференция на ООН в Рио де Жанейро (1992 г.) общото възприятие за последиците от капиталистическия метаболизъм започна да се променя към нова и необходима парадигма на развитие. Тази желана промяна на пътя беше наречена устойчиво развитие, целящо да промени обществените и индивидуалните практики към по-малко, по-кръгови, по-дълготрайни, по-регионални, по-кооперативни. Вследствие на това икономическата система се подчинява и интегрира в крайния организъм Земя (вж. Lovelock & Margulis 2007).

В съответствие с тази парадигма кръговата икономика (КИ) признава, че природните ресурси са ограничени, и се стреми да удължи жизнения цикъл на материалите, като ги запази в употреба чрез практики като повторна употреба, ремонт, преработка, споделяне и рециклиране. Основните принципи на КЕ включват 3R - намаляване, повторна употреба и рециклиране - и разширена версия, известна като 6R, която добавя редизайн, повторно производство и възстановяване (вж. Jawahir & Bradley 2016). КИ е икономическа рамка, в която етапите на планиране, осигуряване на ресурси, снабдяване, производство и преработка са целенасочено проектирани и управлявани така, че да подобрят както здравето на екосистемите, така и благосъстоянието на хората (вж. Murray et al. 2017). Като генеративен и възстановителен модел, КИ се стреми да запази стойността на продуктите, материалите и ресурсите за възможно най-дълъг период от време, като по този начин намалява създаването на крайни отпадъци (Ranta et al. 2018).

Въпреки че голяма част от вниманието е насочено към иновациите, като например създаването на нови технологии и бизнес модели за поддържане на материалния оборот, те включват и премахване на отпадъците чрез по-добър дизайн, замяна на невъзобновяеми материали с възобновяеми алтернативи и подкрепа за възстановяването на естествените екосистеми. Европейският парламент (2023 г.) посочва следните основни ползи от прехода към КИ : ограничаване на загубата на биоразнообразие, намаляване на емисиите на парникови газове, намаляване на отпадъците, намаляване на зависимостта от суровини и спестяване на пари на потребителите чрез по-трайни продукти. Освен това се споменава икономическият растеж, докато тази точка не отразява много научни открития, които приемат, че КИ върви ръка за ръка с деградацията (вж. Winans et al. 2015: 825-826). Въпреки това, следвайки подходите след растежа, той не означава непременно намаляване на благосъстоянието, а дори може да доведе до неговото увеличаване.



Figure 1: The circular economy model: less raw material, less waste, fewer emissions.
Source: European Parliament Research Service (European Parliament 2023).

Концепцията за КИ няма ясно разпознаваем единствен произход или създател. Няколко ключови фигури обаче оформят нейното развитие, сред които американският академик Джон Лайл, неговият ученик Уилям Макдона, германският химик Михаел Браунгарт и архитектът и икономист Уолтър Стахел (вж. Winans et al. 2015: 825-826). Влияние върху идеята за КИ могат да окажат и "Тихата пролет" на Рейчъл Карсън, споменатият доклад на Римския клуб от 70-те години на XX в. за "границите на растежа", аналогията с "космическия кораб Земя", въведена от Барбара Уорд и Кенет Боулдинг, както и работата на екоикономиста Херман Дали (ibid.)

Рамката на КИ е взаимосвързана с други идеи, някои от които са съществували порано, като например индустриалната симбиоза (вж. Winans et al. 2015: 825-826). В сферата на индустриалната екология и теорията на системите КИ е свързана с различни дисциплини, включително термодинамика и екологична икономика (ibid.). Според теорията на системите и законите на термодинамиката прилагането на стратегии за КИ има тенденция да измества икономическите системи към фаза на "разрастване", а не да подкрепя традиционното развитие, ориентирано към растеж (ibid.), което подкрепя икономическите теории за периода след растежа и разрастването.

В някои страни като Германия и Португалия концепцията за КИ се прилага за управление на отпадъците и много предприятия използват концепцията, за да подобрят материалните си потоци (ibid.: 826). ЕС прилага план за действие за СЕ с цел "изграждане на кръгова и неутрална по отношение на климата икономика до 2050 г." (Европейски парламент, 2023 г.), като прилага различни законодателни актове, обхващащи екодизайна, опаковките, "зеленото измиване", правото на ремонт и управлението на отпадъците (вж. ibid.). Въпреки че броят на инициативите в тази област нараства, социалният компонент често не се разглежда задълбочено.

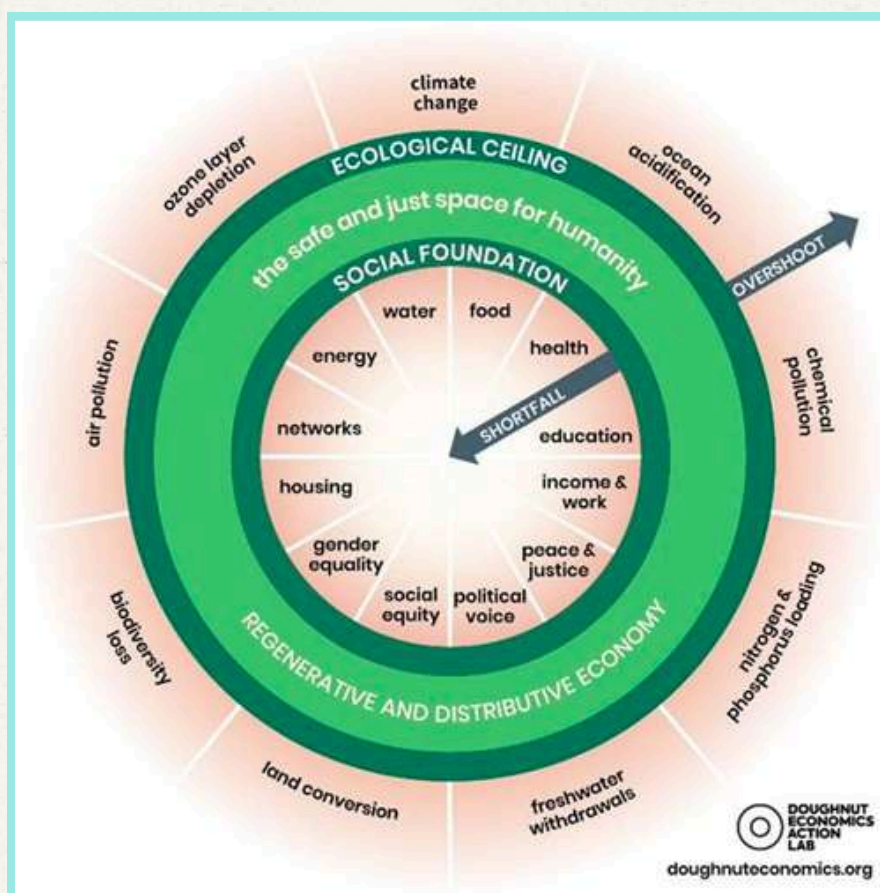
В Програмата на ООН до 2030 г. се подчертава, че екологичната, социалната и икономическата устойчивост са дълбоко взаимосвързани и не могат да бъдат разглеждани поотделно. Тъй като връзките между екологичните предизвикателства като изменението на климата, прекомерното използване на ресурсите и отпадъците и социалните предизвикателства като неравенството и променящото се естество на труда стават все по-очевидни, необходимостта от съгласуване на действията в областта на околната среда със социалната справедливост става все по-важна. Ето защо концепцията за "справедлив преход", съчетаващ екологична устойчивост, справедлива заетост, социално приобщаване и премахване на бедността, набира все по-голяма популярност в дискусиите за устойчивост.

Справедливият преход в рамките на кръговата икономика предлага начин да се намалят отпадъците, да се стимулират иновациите и да се насърчи устойчивото развитие, като същевременно се обърне внимание на социалните и икономическите неравенства в съответствие с целите на ООН за устойчиво развитие, за да не се изоставя никой (вж. Schröder 2020). С напредването на политиките в областта на кръговата икономика, особено в условията на цифровизация и индустриални промени, е изключително важно да се оцени тяхното въздействие върху работните места и средствата за препитание. Социалната защита трябва да бъде интегрирана, за да не се допусне уязвимите групи да понесат основната тежест на промените, като например загуба на работа или влошаване на условията на труд (ibid.).

Страните с ниски и средни доходи, които зависят от линейни икономически сектори като минното дело, производството на бързооборотни стоки, текстила и селското стопанство, могат да бъдат изправени пред предизвикателства от кръговите преходи (ibid.). Тези държави ще се нуждаят от целенасочена международна подкрепа, за да се адаптират.

Ефективното глобално сътрудничество, прозрачните и отговорни финансови механизми, справедливото управление и координираните политики на всички равнища на управление ще бъдат от ключово значение за управлението на прехода (ibid.).

Освен това "Икономиката на поничките" на Кейт Роуърт предлага допълнителна трансформационна рамка, която предвижда безопасно и справедливо пространство за човечеството. Този модел балансира необходимостта от задоволяване на основните нужди на всеки (социалната основа), без да се надхвърлят екологичните граници на планетата (екологичният таван) (вж. Raworth 2017). Моделът на поничката оспорва традиционния акцент върху вечния икономически растеж, като вместо това се застъпва за регенеративни и разпределителни икономики. Той подчертава значението на системното мислене, като признава взаимосвързаността на социалните и екологичните системи. КИ може да допълни модела "поничка", като предложи системна промяна от линейни към кръгови системи, включващи социални и икономически възможности и устойчивост.



Фигура 2: Сферата на социалните и планетарните граници. Източник: Кейт Роуорт и Кристиан Гутие. CC-BY-SA 4.0 (Raworth 2017).

Прилагането на принципите на КИ изисква фундаментална промяна в начина, по който обществата произвеждат и потребяват стоки. То включва преосмисляне на дизайна на продуктите, бизнес моделите, инфраструктурите, политиките и индивидуалното поведение. Повишаването на осведомеността може да изиграе ключова роля за улесняване на този преход, като предостави на хората знания и умения за участие в кръговите практики и стимулиране на институционални и системни промени. Ето защо образованието е решаващ фактор за прехода към кръгова икономика. Освен че насърчава осведомеността, то култивира умения и формира ценности, които са в съответствие с устойчивите практики. Интегрирането на концепциите за КИ в образователните системи подготвя учениците да се ориентират и да влияят на развиващата се социално-екологична трансформация.

Понятия като "Образование за устойчиво развитие" (ОУР) вече са силно утвърдени, но се тълкуват по много различни начини. Например интерпретациите на ESD предоставят различни определения за КИ, някои от които се занимават предимно с рециклиране, а други, както в настоящото изследване, предлагат по-широкообхватни холистични подходи, включващи социални фактори и културна промяна (вж. Kirchherr & Piscicelli 2019). За сметка на това изследванията на специфичното образование за КИ са все още ограничени. Kirchherr & Piscicelli (2019) предлагат подход, основан на литературата за ОУР, и определят пет подходящи основни принципа на преподаване на ECE (образование за кръгова икономика): "интерактивност, недогматизъм и реципрочност, както и конструктивно съгласуване и проблемно обучение".

Друга рамка, която допринася в този контекст, е GreenComp - Европейската рамка за компетентност в областта на устойчивото развитие, разработена от Съвместния изследователски център (СИЦ), службата за наука и знания на Европейската комисия (вж. Bianchi et al. 2022: 2). Тя има за цел да насърчи нагласите, уменията и знанията в областта на устойчивото развитие и предлага 12 компетентности в четири ключови области:

"Въплъщаване на ценностите на устойчивото развитие, включително компетентностите: оценяване на устойчивостта, подкрепа на

1. справедливостта и насърчаване на природата,

Възприемане на сложността на устойчивото развитие, включително

2. компетентностите: системно мислене, критично мислене и формулиране на проблеми,

3. Предвиждане на устойчиво бъдеще, включително компетентностите: грамотност за бъдещето, адаптивност и изследователско мислене,

4. действие за устойчивост, включително компетентностите: политическа активност, колективно действие и индивидуална инициатива" (ibid.).

Някои страни вече включват обучението по КИ в своите практики и политики. Във Финландия например образованието по КИ е застъпено на всички нива - от началното училище до професионалното обучение. Програми като Yrityskylä предоставят възможности за учене чрез преживяване, при които учениците участват в симулирани икономически дейности, включващи принципите на КИ (вж. Circular Design Suomi 2023 и Tiippana et al. 2023). Tiippana et al. (2023) предлагат финландският модел да се адаптира към различни образователни системи.

Средното образование служи като критичен момент за внедряване на принципите на КИ. На този етап учениците развиват познавателни способности за разбиране на сложни системи и способност да осъществяват промени. Интегрирането на КИ не само в предмети като природни науки, технологии, инженерство и математика (STEM), но и в предмети като хуманитарни науки, езици, изкуства и социални науки, осигурява цялостно разбиране на устойчивостта. Учениците могат да бъдат овластени да разработват свои собствени проекти, включващи кръгови практики.

Освен практическите приложения, обучението предлага философска промяна в начина, по който възприемаме връзката си с околната среда, за да се насърчи културната промяна чрез разказите, които разказваме за света. То насърчава преминаването от линейни, антропоцентрични възгледи за света към кръгови, екоцентрични перспективи, които признават взаимозависимостта на всички форми на живот. Това съответства на много местни философии, които наблягат на взаимоотношенията с повече от човешките и екологичните жизнени цикли. То може да отвори дискусия за алтернативни концепции за спираловидното време, свързващи човешката история с природата, както и по-подходящо свързване на човешките поколения, включително предци и потомци (вж. Fritsch 2024) и единството на живота и смъртта. Включването на тези перспективи в образованието насърчава по-дълбок етичен ангажимент към устойчивостта. То предизвиква учениците да обмислят не само техническите аспекти на КИ но и моралните императиви на многовидовото родство (вж. Харауей 2016) и социалното равенство.

Освен това включването на традиционни знания и практики в обучението по 3О обогатява обучението, като свързва учениците с местната история и устойчиви практики. Например изучаването на традиционни строителни техники, при които се използват местни, възобновяеми материали, може да даде представа за устойчивия кръгов дизайн. По този начин полезните стратегии, които са изчезнали с течение на времето, могат да бъдат възстановени и адаптирани към съвременното или комбинирани с нови идеи (вж. Watson 2019 г.). Този подход не само запазва културното наследство и укрепва връзката на учениците с околната среда, но и демонстрира значимостта на традиционните практики за справяне със съвременните предизвикателства на устойчивото развитие.

Преходът към кръгова икономика изисква всеобхватна образователна стратегия, която да включва познавателни, практически и етични измерения. Чрез включването на принципите на КИ в средното образование ние предоставяме на учениците инструменти за критично отношение към устойчивото бъдеще и за неговото формиране. Тази образователна трансформация е от съществено значение за култивирането на общество, което цени социалната и екологичната устойчивост, като полага основите на устойчиво и справедливо общество, което процъфтява в екологичните граници на планетата.

ИЗТОЧНИЦИ

Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera Giraldez, M. (2022). GreenComp – The European sustainability competence framework. Bacigalupo, M., Punie, Y. (ed.), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Circular Design Suomi (2023). Circular Design – a path towards circular economy, training programme. <https://circulardesignsuomi.fi/en/frontpage/>

European Parliament (2023). Circular economy: definition, importance and benefits. <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20151201STO05603/circular-economy-definition-importance-and-benefits>

Fritsch, M. (2024). Indigenous Accounts of Spiraling Time. Yearbook for Eastern and Western Philosophy, 7(1), 60-86.

Haraway, D. J. (2016). Staying with the trouble: Making kin in the Chthulucene. Duke University Press.

Jawahir, I. S., & Bradley, R. (2016). Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. Procedia Cirp, 40, 103-108.

Kirchherr, J., & Piscicelli, L. (2019). Towards an education for the circular economy (ECE): five teaching principles and a case study. Resources, Conservation and Recycling, 150, 104406.

Lovelock, J., & Margulis, L. (2007). The gaia hypothesis. New York.

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, 369-380.

Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., Ritala, P., & Mäkinen, S. J. (2018). Exploring institutional drivers and barriers of the circular economy: A cross-regional comparison of China, the US, and Europe. Resources, Conservation and Recycling, 135, 70-82.

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

Schröder, P. (2020). Promoting a just transition to an inclusive circular economy (pp. p-33). London: Royal Institute of International Affairs.

Tiippana-Usvasalo, M., Pajunen, N., & Holuszko, M. (2023). The role of education in promoting circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, 16(1), 92–103.

Watson, J. (2019). *Lo-TEK: Design by radical indigenism*. Taschen.

Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825-833.

3. Решения за кръгова мобилност в образованието

С преминаването на света към по-устойчиви системи концепцията за кръгова мобилност се превърна в ключов стълб на кръговата икономика. Тъй като в световен мащаб се наблюдава все по-голямо изоставане в кръговата мобилност (Rakowski et al. 2025), интегрирането на този подход в средното образование е от съществено значение за подготовката на учениците за бъдеще, което дава приоритет на устойчивостта, иновациите и отговорното използване на ресурсите.

Кръговата мобилност обхваща различни стратегии за устойчив транспорт, като например електрически превозни средства, услуги за споделена мобилност, интегриране на възобновяеми енергийни източници и интелигентно градско планиране. Включването на тези концепции в училищната програма насърчава учениците да разберат взаимовръзката между технологиите, околната среда и обществото. То ги подготвя да мислят критично за това как транспортните системи могат да се развият от линейни модели на потребление към кръгови модели на оптимизация на ресурсите.

Обучението по проекти може да симулира реални предизвикателства, с които се сблъскват мениджърите на мобилността - балансиране на целите за ефективност, инфраструктура и околна среда - и да позволи на учениците да проучат стратегически, технически и логистични решения. Чрез интердисциплинарни проекти учениците могат да проучат как градовете намаляват емисиите, как материалите се използват повторно при производството на превозни средства и как възобновяемата енергия може да захранва бъдещите транспортни системи.

Настоящата статия предоставя изчерпателно ръководство за решенията за кръгова мобилност, като изследва тяхното прилагане, ползи, предизвикателства и бъдещи перспективи чрез експертни мнения, реални казуси и практически стратегии (Green.org. 2024 г.).

Основни теми за интегриране в класната стая

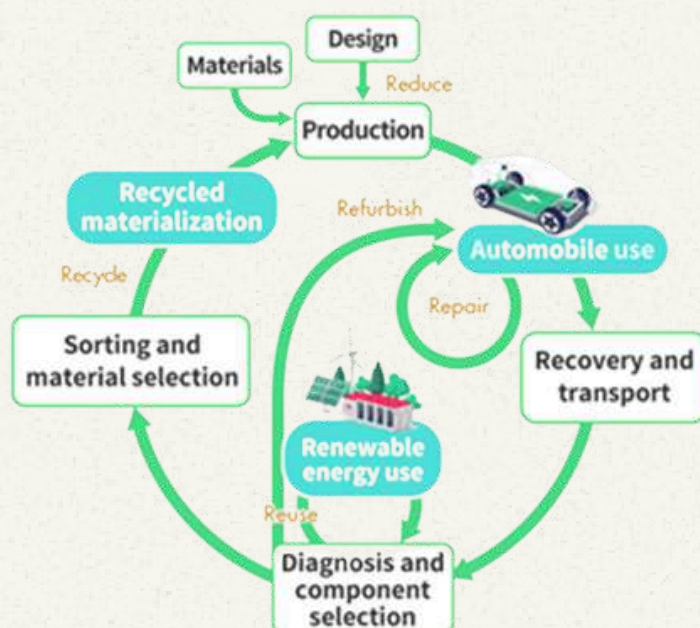
- 1. Устойчив транспорт** Преходът към устойчив транспорт включва електрически превозни средства (ЕПС), програми за споделяне на велосипеди и обществен транспорт с ниски емисии. Тези инициативи намаляват зависимостта от изкопаеми горива и подобряват качеството на въздуха (Smith, 2025a; Европейска комисия, 2025a).

2. Ефективно използване на ресурсите в мобилността Автомобилната индустрия все повече използва рециклирани материали и прилага затворен цикъл на производство, за да сведе до минимум отпадъците и да оптимизира използването на ресурсите (Green.org 2024).

Градско планиране и зелена инфраструктура Включването на технологии в градското планиране, като например интелигентни системи за движение и планове за устойчива градска мобилност, подобрява мобилността и намалява емисиите (Hartley et al. 2023).

Интегриране на възобновяеми енергийни източници Използването на слънчеви и водородни технологии в транспорта намалява въглеродните емисии и насърчава енергийната ефективност. Разширяването на мрежите за зареждане на електрически превозни средства, захранвани с възобновяеми енергийни източници, е от ключово значение (Barman et al. 2023).

Намаляване на отпадъците в мобилността Производителите на автомобили възприемат стратегии за рециклиране и повторно използване на материали като алуминий, пластмаси и батерии. Кръговите вериги за доставки и екологосъобразното производство намаляват отпадъците (Lean Manufacturing Junction 2022).



Фигура 3: Прилагане на принципите на КИ в автомобилното производство. Източник: https://www.tytlabs.co.jp/en/assets/images/technology/project/project2_image_01.png

6. Политики и разпоредби Правителствата и световните организации прилагат стратегии за насърчаване на устойчивата мобилност. Стратегията на ЕС има за цел да намали емисиите от транспорта с 90% до 2050 г. (Европейска комисия 2025b).

Образование и обществена осведоменост Интегрирането на принципите на кръговата икономика в училищните програми и програмите на общността насърчава устойчивостта. Семинарите и цифровите инструменти насърчават устойчивото поведение и учат учениците как да повишават осведомеността на общността относно кръговата мобилност (Световен икономически форум 2022 г.).

Технологии и иновации Управлението на трафика, базирано на изкуствен интелект, интелигентната логистика и автоматизацията подобряват ефективността на транспорта и намаляват въздействието върху околната среда.

Модели на сътрудничество Партньорствата с индустрията и общността насърчават устойчивата мобилност. Програми като URBACT демонстрират ефективно местно сътрудничество (Европейска комисия 2025b).

Икономическо и социално въздействие Кръговата мобилност подпомага създаването на работни места, икономическия растеж и градската устойчивост чрез намаляване на емисиите и насърчаване на иновациите (Световен икономически форум 2022 г.).

Implementation

Кръговата икономика изисква фундаментална трансформация в транспорта и логистиката, като изисква нова инфраструктура, процеси и технологии, за да се гарантира устойчивост и ефективност. Ключова стратегия е да се даде приоритет на устойчивостта във всички операции, като се интегрират екологосъобразни практики в избора на превозни средства, избора на гориво, дизайна на складовете и управлението на отпадъците и се прилагат практики като обратна логистика (ОЛ) и повторно производство (Ji-Hyland et al. 2025). Освен това цифровизацията играе решаваща роля за създаване на условия за кръгова логистика. Технологии като IoT и блокчейн подобряват проследяването на жизнения цикъл на продуктите, оптимизирането на ресурсите и сътрудничеството във веригата на доставки. Усъвършенстваният изкуствен интелект и машинното обучение допълнително подобряват оптимизацията на маршрутите, намаляват празните километри и минимизират разхода на гориво (Schumann et al. 2022).



Фигура 4: 9R на кръговата икономика за подобряване на екологичния баланс на мобилността.
Източник: VCO 2022 <https://vcoe.at/publikationen/vcoe-factsheets/detail/implementing-the-circular-economy-in-mobility>

Инвестирането в интермодален транспорт е друга важна стъпка. Насърчаването на използването на железопътен, воден и други устойчиви видове транспорт намалява емисиите, като същевременно подобрява инфраструктурата за събиране, сортиране и обработка. Успешното прилагане на принципите на кръговата икономика изисква сътрудничество между заинтересованите страни, включително доставчиците на логистични услуги, производителите, политиките и партньорите, като се гарантира обмен на данни и открита комуникация за ефективно използване на ресурсите (Crispin & Parthasarathy 2025).

Последната миля на доставката представлява уникално предизвикателство, което изисква решения за микромобилност, доставка с дрон и местни пунктове за събиране, за да се повиши ефективността. Освен това от решаващо значение е насърчаването на културата на устойчивост в индустрията, което включва обучение на служителите, програми за обучение и амбициозни цели за устойчивост (Crispin & Parthasarathy 2025).

Като приемат иновациите, сътрудничеството и устойчивостта, доставчиците на логистични услуги могат да изградят по-устойчиво и екологосъобразно бъдеще. Тази трансформация изисква значителни инвестиции в технологии, инфраструктура и човешки капитал, но дългосрочните ползи я правят изключително важна.

Успешното внедряване на решения за кръгова мобилност изисква стратегически подход, внимателно планиране и сътрудничество между ключовите заинтересовани страни. Организацията трябва да възприемат устойчиви практики, като същевременно избягват често срещаните капани, за да постигнат максимална ефективност и дългосрочно въздействие.

Стратегии за успех Приемете технологиите и иновациите: Използвайте интернет на нещата, изкуствен интелект и анализ на данни, за да оптимизирате управлението на ресурсите, да подобрите прогнозната поддръжка и да подобрите услугите за споделена мобилност. Тези технологии дават възможност за по-интелигентни и по-ефективни кръгови операции.

Сътрудничество с различни партньори: Ангажирайте се със заинтересованите страни по цялата верига на стойността, включително доставчици, политици и потребители. Междусекторното сътрудничество насърчава иновативните решения и гарантира съответствие с целите за устойчивост.

Непрекъснато оценявайте и се адаптирайте: Редовно оценявайте ключовите показатели за изпълнение (KPI) и правете корекции, ако е необходимо. Кръговата мобилност изисква постоянни подобрения, за да се изпреварват тенденциите в индустрията и да се поддържа оперативната ефективност.

Избягвайте тези често срещани капани Пренебрегвайте ангажираността на заинтересованите страни: Липсата на участие от страна на ключови партньори може да забави приемането и да създаде съпротива срещу промяната. Осигурете прозрачност и сътрудничество в кръговите инициативи.

Фокусиране единствено върху краткосрочните ползи: Макар че спестяването на разходи е полезно, приоритизирането на дългосрочната устойчивост гарантира траен бизнес успех. Краткосрочното мислене подкопава усилията за кръгова мобилност и ограничава ползите за околната среда.

Игнориране на регулаторните промени: Бъдете информирани за нововъзникващите политики и изисквания за съответствие, свързани с транспорта и устойчивостта. Неспособността да се адаптирате към разпоредбите може да доведе до оперативни рискове и увреждане на репутацията.

12. Бъдещи тенденции Решенията за кръгова мобилност имат за цел да направят транспорта по-устойчив чрез повторно използване, рециклиране и оптимизиране на ресурсите, вместо да следват традиционния модел "вземи, направи, изхвърли". Този подход удължава живота на превозните средства, инфраструктурата и транспортните материали чрез различни стратегии.

Оптимизираниите жизнени цикли на превозните средства чрез повторно производство и обновяване играят ключова роля за намаляване на отпадъците и постигане на максимална ефективност. Рециклираните инфраструктурни материали за пътища и транспортни възли допринасят за минимизиране на въздействието върху околната среда. Възобновяемите енергийни източници за обществен транспорт и логистиката подпомагат целите за неутралност по отношение на климата. Интелигентната логистика спомага за намаляване на отпадъците чрез ефективно опаковане и реверсивни вериги на доставки. Решенията за споделена мобилност, като например споделянето на автомобили и велосипеди, свеждат до минимум притежаването на индивидуални превозни средства и намаляват задръстванията в градовете. Технологиите за изкуствен интелект и интернет на нещата подобряват оптимизацията на маршрутите и прогнозната поддръжка, като правят транспортните системи по-ефективни. Кръговите вериги за доставки допълнително намаляват отпадъците чрез системи със затворен цикъл, като осигуряват максимална повторна употреба на ресурсите. Правителствените политики налагат екологосъобразни транспортни правила, което стимулира по-широкото възприемане на практиките на кръговата мобилност.

Практическо прилагане в училищата Преподавателите могат да разработят дейности, които имитират прилагането на системите за кръгова мобилност. Това включва планиране на маршрути с изчисления на въглеродния отпечатък, проектиране на станции за зареждане със слънчева енергия за модели на електромобили или симулиране на маршрути за доставка с дрон за последната миля. Чрез интегрирани в STEM проекти учениците изследват как интелигентната логистика, обратните вериги на доставки и цифровото проследяване намаляват въздействието върху околната среда.

Подготовка на учениците за кръговото бъдеще Кръговата мобилност представлява трансформация в подхода на обществото към транспорта - преминаване от собственост към достъп, от отпадъци към повторна употреба и от въглеродна зависимост към възобновяеми решения. Включването на тези теми в средното образование насърчава системното мислене, екологичната грамотност и предприемаческото решаване на проблеми.

Заклучения и препоръки Образованието играе жизненоважна роля в насърчаването на устойчиви практики. Разработването на учебни програми, практически проекти, партньорства с общността и кампании за информиране на обществеността гарантират, че средното образование подкрепя кръговата мобилност. Тази образователна промяна не само подкрепя глобалните цели в областта на климата, но и дава възможност на младите хора да си представят и създадат кръгово, справедливо бъдеще.

Кръговата икономика се фокусира върху намаляването на отпадъците и удължаването на живота на продуктите и материалите чрез повторна употреба, поправка и рециклиране. За разлика от традиционния линеен модел на производство и изхвърляне, кръговата икономика набляга на запазването на материалите в употреба възможно най-дълго, като в крайна сметка свежда до минимум потреблението на ресурси и въздействието върху околната среда.

Една от ключовите области, в които кръговата икономика набира скорост, е транспортът и логистиката, тъй като тези отрасли са изправени пред значителни предизвикателства, свързани с устойчивото развитие. Сред тях са високото потребление на изкопаеми горива, отпадъците от опаковки и оборудване, както и нарастващият обем на върнати продукти от електронната търговия, които допринасят за емисиите, излишните опаковки и отпадъците от депата.

За да се справи с тези предизвикателства, транспортният сектор може да възприеме кръгови стратегии, като например оптимизиране на маршрутите за доставка с цел намаляване на празните километри и използването на гориво, интегриране на възобновяема енергия в превозните средства и операциите и насърчаване на опаковките за многократна употреба и рециклиране. Освен това ефективните системи за връщане и повторна употреба могат да спомогнат за минимизиране на отпадъците, като същевременно създават икономически възможности. Предприятията могат да разширят дейността си в областта на услугите за ремонт и обновяване, както и в инициативите за рециклиране на транспортно оборудване.

Значителна пречка при прилагането на кръговите практики се крие в управлението на обратната логистика. Ефективното интегриране изисква внимателно планиране, ефективни системи за събиране, съоръжения за сортиране и центрове за повторно производство. Освен това обработката на нарастващото разнообразие от материали изисква гъвкавост, модерни технологии и надеждни системи за управление на данни.

Чрез възприемане на принципите на кръговата икономика транспортът и логистиката могат да се придвижат към по-устойчиво и ресурсно ефективно бъдеще, балансирайки икономическия растеж с екологичната отговорност.

Като възприемат технологиите, насърчават сътрудничеството и се ангажират с непрекъснато усъвършенстване, организациите могат ефективно да прилагат решения за кръгова мобилност, като избягват често срещаните капани. Проактивният подход гарантира устойчивост, ефективност и дългосрочен успех в развиващия се транспортен пейзаж.

ИЗТОЧНИЦИ

Barman, P., Dutta, L., Bordoloi, S., Kalita, A., Buragohain, P., Bharali, S., & Azzopardi, B. (2023). Renewable energy integration with electric vehicle technology: A review of the existing smart charging approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. educational shift not only supports global climate goals but also empowers youth to imagine and create a circular, equitable future.

Crispin, A. & Parthasarathy, P. (2025). Geochemical characteristics and paleo weathering in sediments of Noyyal River Basin, Tamilnadu-India. *Environmental Research & Technology*, 8 (1), 163–171 (Scopus Index).

European Commission (2025a). Sustainable transport. Retrieved from educational shift not only supports global climate goals but also empowers youth to imagine and create a circular, equitable future.

European Commission (2025b). Sustainable urban mobility planning and monitoring. educational shift not only supports global climate goals but also empowers youth to imagine and create a circular, equitable future.

Green.org (2024). The circular economy in automotive: Closing the sustainability loop. educational shift not only supports global climate goals but also empowers youth to imagine and create a circular, equitable future.

Hartley, K., Schülzchen, S., Bakker, C. A., & Kirchherr, J. (2023). A policy framework for the circular economy: Lessons from the EU. *Journal of Cleaner Production*, 412, Article 137176. educational shift not only supports global climate goals but also empowers youth to imagine and create a circular, equitable future.

Ji-Hyland, C., White, D., & Khaydarov, R. (2025). The impact of circular economy practices on sustainable logistics performance. *International Journal of Logistics: Research and Applications*. educational shift not only supports global climate goals but also empowers youth to imagine and create a circular, equitable future.

Lean Manufacturing Junction (2022). The best ways to reduce waste in automotive manufacturing. Hartley, K., Schülzchen, S., Bakker, C. A., & Kirchherr, J. (2023). A policy framework for the circular economy: Lessons from the EU. Journal of Cleaner Production, 412, Article 137176. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137176>

Rakowski, D., Ewalts, D. & Dall' Acqua, C. (2025). The Global Circularity Gap Report. educational shift not only supports global climate goals but also empowers youth to imagine and create a circular, equitable future.

Schumann, C., Riedel, R., Franke, S., Nitsche, A., & Runte, C. (2022). Artificial intelligence support for smart logistics systems in industrial environments. SAE Technical Paper, 2022-01-0347. <https://doi.org/10.4271/2022-01-0347>

World Economic Forum (2022). Circular economy key to accelerating net-zero transportation. <https://www.weforum.org/stories/2022/05/circular-economy-net-zero-transportation/>

4. Бъдещи перспективи на изкуствения интелект в кръговата икономика

Тъй като преподавателите се стремят да осигурят на следващото поколение знания и инструменти, които да ръководят този преход, интегрирането на цифровите технологии в обучението по кръгова икономика става все по-важно. Сред тези технологии изкуственият интелект (ИИ) се откроява с мощния си капацитет за моделиране на сложността, оптимизиране на вземането на решения и автоматизиране на процесите на устойчивост. Освен това машинното обучение (ML) предлага все по-голям набор от изчислителни техники, способни да се справят със сложността и динамиката на системите на кръговата икономика (КИ), което следва да бъде ключова тема в образованието в средните училища. През последните години изследователи и практики прилагат различни видове ML за оптимизиране на ресурсните потоци, подобряване на възстановяването на материали, прогнозиране на екологичните резултати и осигуряване на възможност за по-интелигентно вземане на решения в различни сектори. Проучванията, обобщени в приложената таблица, отразяват разнообразни приложения на ML, съобразени с принципите на КИ, включително повторна употреба, регенериране, намалени емисии и процеси със затворен цикъл.

Контролираното учене остава една от най-широко прилаганите парадигми на ML в изследванията на КИ. Този подход включва обучение на модели върху набори от данни, които съдържат както входни променливи, така и известни резултати, което позволява на алгоритъма да научи прогнозни връзки. Веднъж обучен, моделът може да оценява неизвестни резултати за нови данни. В рамките на кръговите системи контролираното обучение се използва за прогнозиране на добива или качеството на рециклирани материали, за прогнозиране на наличността на ресурси или за оценка на работата на доставчика въз основа на критерии за устойчивост. Обичайните алгоритми за контролирано обучение включват изкуствени невронни мрежи (ANN), които са особено ефективни при разпознаването на сложни модели в данни за околната среда или селското стопанство; регресия с поддържащи вектори (SVR), използвана за точни цифрови прогнози; и Random Forest - стабилен метод на ансамбъл, който се справя с многопроменливи среди за вземане на решения, като например рециклирането на PET пластмаса.

Неконтролираното обучение се различава по това, че работи с данни без маркирани резултати. То обикновено се използва за изследване на основни модели, клъстери или аномалии в сложни набори от данни. В контекста на СЕ неконтролираното обучение подпомага функции като идентифициране на тенденции в поведението на потребителите, свързани с устойчиви продукти, групиране на потоци от отпадъци по състав или откриване на нередности в мрежите за рециклиране. Техниките за клъстериране и тематично моделиране са особено ценни при анализа на неструктурирани източници на данни, включително социални медии, дневници за отпадъци или обратна връзка от сензори на инфраструктурни системи.

Ученето с подсилване въвежда адаптивност чрез цикли на обратна връзка. В този модел агентът научава оптимални стратегии чрез повтарящи се взаимодействия със системата, като получава награди или наказания въз основа на резултатите. Този механизъм "проба-грешка" прави обучението с подсилване особено подходящо за динамични оперативни контексти, като логистика, управление на автопаркове или адаптивно планиране в биоциркулярни вериги за доставки. Проучванията, в които се прилага тази техника, често се фокусират върху минимизирането на използването на гориво, намаляването на емисиите и подобряването на ефективността на услугите - цели, които са тясно свързани с акцента на КИ върху опазването на ресурсите и устойчивостта на системата.

Техниките за дълбоко обучение, включително конволюционните невронни мрежи (CNN), набират популярност в приложения, които включват разпознаване на изображения, класификация и сензорен анализ. Те са особено ефективни при автоматизиране на сортирането на отпадъци, откриване на замърсяване в рециклируеми материали или оценка на качеството на ремонтирани стоки. Дълбокото обучение позволява високоскоростна и мащабируема автоматизация на процесите на класификация на материалите, което е от съществено значение за повишаване на степента на оползотворяване и намаляване на трудоемките операции в инфраструктурата на КИ.

Накрая, обяснимият изкуствен интелект (XAI) се превърна в критична иновация, при която се изисква прозрачност и отчетност на модела. За разлика от традиционните ML модели с "черна кутия", XAI предоставя информация за факторите, които влияят върху прогнозите, като подпомага вземането на решения в областта на политиката за околната среда, планирането на намаляване на емисиите или устойчивото градско развитие. Модели като XGBoost, когато се комбинират със стойностите на SHAP (SHapley Additive exPlanations), могат да разкрият най-влиятелните променливи, определящи резултатите от устойчивото развитие, което дава възможност за по-информирани и обосновани интервенции в управлението на КИ.

Заедно тези подходи на МЛ формират допълващ се инструментариум за операционализиране на кръговата икономика. Тяхното приложение варира от прогнозиране и оптимизиране до автоматизация и съответствие - всяко от тях подпомага системното препроектиране на системите за производство, потребление и оползотворяване, необходими за прехода към кръгова икономика.

Подходи за машинно обучение в контекста на кръговата икономика Изкуственият интелект (ИИ) все повече се признава като стратегически фактор за развитието на кръговата икономика (КИ). Вместо да служи като фонова технология, ИИ постепенно оформя проектирането, контрола и оптимизацията на кръговите системи в различни сектори. От селското стопанство до градското планиране, от възстановяването на материали до управлението на жизнения цикъл на продуктите, ИИ улеснява прехода от линейни модели "вземи-извърши-изхвърли" към регенеративни, кръгови системи, които намаляват отпадъците и увеличават ефективността на ресурсите.

Едно от най-ярките приложения на ИИ в СЕ се състои в прогнозното моделиране за оптимизиране на ресурсите. В сектора на биоциркулярното земеделие Pitakaso et al. (2025 г.) прилагат обучение с усилване и изкуствен множествен интелект за оптимизиране на маршрутизирането и планирането на логистиката на флота от захарна тръстика. Тази система успешно минимизира потреблението на гориво и емисиите, допринасяйки за кръговите селскостопански практики, които затварят цикъла на използване на биомаса (Pitakaso et al., 2025). По подобен начин Kravchenko et al. (2025) използват регресия с опорни вектори, за да предскажат химичните свойства на биовъглен, получен от хранителни отпадъци. Тяхната работа подпомага прецизното проектиране на системите за производство на енергия от отпадъци, като гарантира, че производството на биовъглен съответства на целите на КИ чрез максимално увеличаване на повторната употреба и намаляване на остатъчните продукти (Kravchenko et al., 2025).

Друга важна област, в която изкуственият интелект променя практиките на КИ, е сортирането на отпадъци и кръговото оползотворяване на материали. Напредъкът в компютърното зрение, особено чрез дълбоко обучение, променя ефективността на системите за рециклиране. Faghih et al. (2024 г.) демонстрира как конволюционните невронни мрежи (CNN) могат да класифицират постконсуматорски текстил по вид на тъканта с висока точност. Това повишава чистотата на възстановените материали и подпомага ефективната повторна употреба в текстилната промишленост (Faghih et al., 2024). В областта на рециклирането на пластмаси Abedsoltan и съавтори (2025 г.) разработват хибриден модел, използващ Random Forest и ANN, за симулиране на процесите на хидролиза на PET, като помагат на рециклиращите предприятия да подобрят както добива, така и чистотата на рециклираните пластмаси в системи със затворен цикъл (Abedsoltan и съавтори, 2025 г.).

ИИ играе централна роля и в кръговите градски системи. В интелигентните градове ИИ дава възможност за по-устойчива инфраструктура чрез динамично управление на ресурси като вода и отпадъци. Ojadi et al. (2024) използват прогнозиране на времеви редове, базирано на ИИ, за оптимизиране на потреблението на вода и управлението на твърди отпадъци в градска среда, което позволява на градовете да се адаптират в реално време към моделите на потребление и да намалят стреса върху околната среда (Ojadi et al., 2024). Освен за оперативната ефективност, ИИ допринася и за стратегическото градско планиране. Wang et al. (2025 г.) използват обяснителен ИИ (XAI), комбиниращ XGBoost и SHAP стойности, за да оценят ефективността на инициативите за кръгов въглероден транспорт в пилотните градове на Китай. Техните констатации предлагат ценни политически идеи за това кои променливи най-ефективно намаляват емисиите, като по този начин повишават прозрачността на данните в управлението на КИ (Wang et al., 2025).

Индустриалните системи и веригите за доставки също се възползват от интегрирането на изкуствения интелект в кръговия дизайн. Ghanavati-Nejad et al. (2025 г.) са разработили стохастичен модел на изкуствена невронна мрежа за подпомагане на избора на доставчици въз основа на показатели за устойчивост и кръгова икономика. Моделът помага на производителите да включат критериите за устойчивост в обществените поръчки, като развиват цели като повторно производство и етично снабдяване (Ghanavati-Nejad et al., 2025).

По подобен начин Меена и съавтори (2025 г.) представиха рамка за подпомагане на вземането на решения за кръгови вериги за доставки, която използва изкуствен интелект, за да балансира тройния резултат: икономическа ефективност, опазване на околната среда и социална отговорност (Меена и съавтори, 2025 г.).

В перспектива се появяват по-сложни приложения под формата на координирани с ИИ промишлени екосистеми. Telesca (2025 г.) предлага модела за интелигентно устойчиво развитие (SSD) за управление на еко-индустриални зони, като използва ИИ за интегриране на показателите за ефективност на КИ, политиките за зонирание и данните за енергийните и материалните потоци в реално време. Моделът предвижда оркестрирана система, в която индустриите споделят ресурси и синхронизират операции въз основа на интелигентни анализи (Telesca, 2025).

Приложения на ML в кръговата икономика Таблицата очертава основните приложения на машинното обучение (ML) в кръговата икономика (КИ). Всеки запис показва как техниките на ML - включително контролирано, неконтролирано, усилено и дълбоко обучение - позволяват оптимизиране на ресурсите, намаляване на отпадъците, класификация на материалите и адаптивност на системите. Прегледът свързва всеки подход с конкретни функции на КИ, предлагайки прозрение за това как интелигентните инструменти подкрепят регенеративни, нискоефективни и информирани за данните решения в индустриите

Заглавие	Автори	ML Type	Алгоритъм	Приложение	Въздействие на кръговата икономика
Картографиране на добивите от водни плевели за производство на биовъглица	Banda et al. (2025)	Контролирано обучение	Изкуствени невронни мрежи (ANN)	Прогнозиране на добива на биомаса за производство на биовъглица	Превръща биомасата в енергия, като оптимизира потоците от биоресурси
Биоциркулярна зелена икономика в селското стопанство	Pitakaso et al. (2025)	Учене чрез усилване	RL с изкуствен множествен интелект	Маршрутизиране и планиране на флота за логистика на биомаса	Оптимизиране на транспортните емисии и оползотворяване на ресурсите в селското стопанство
Избор на доставчици в кръговите вериги за доставки	Ghanavati-Nejad et al. (2025)	Контролирано обучение	Стохастични модели на ANN	Избор на доставчици въз основа на устойчивост и кръговрат	Повишаване на устойчивостта и гъвкавостта на мрежите на веригата за доставки

Заглавие	Автори	ML Type	Алгоритъм	Приложение	Въздействие на кръговата икономика
Моделиране на хидролизата на PET за кръгли пластмаси	Abedsoltan et al. (2025)	Контролирано обучение	Random Forest, ANN	Моделиране на ефективността на процеса на хидролиза на отпадъци от PET	Позволява рециклиране на пластмаса в затворен цикъл чрез оптимизиране на химическия процес
Анализ на градската кръгова въглеродна икономика	Wang et al. (2025)	Обясним ИИ (XAI)	XGBoost with SHAP analysis	Оценка на устойчивостта на китайските пилотни градове	Подпомагане на градоустойственото планиране, съобразено със CE, чрез прозрачния за въглеродния отпечатък
AI прогнозиране за свойствата на биовъглицата	Kravchenko et al. (2025)	Контролирано обучение	Регресия с поддържащи вектори (SVR)	Предвиждане на свойствата на биовъглен от хранителни отпадъци	Оптимизиране на пътищата за превръщане на отпадъците в стойност при обработката на органични отпадъци
Преосмисляне на съответствието чрез изкуствен интелект в системите за превръщане на отпадъците в стойност	Ashraf & Mustafa (2024)	Ненаблюдаван о учене	Откриване на аномалии, Извличане на модели	Мониторинг на съответствието в процесите на цифрова валоризация на отпадъци	Осигуряване на етични и проследими кръгови потоци от отпадъци
Оптимизиране на потреблението на вода и отпадъците в интелигентните градове с помощта на изкуствен интелект	Оптимизиране на потреблението на вода и отпадъците в интелигентните градове с помощта на изкуствен интелект	Контролирано обучение	Прогнозиране на времеви редове	Прогнозиране на времеви редове	Насърчаване на затворените цикли на градските ресурси
Сортиране на текстилни отпадъци с помощта на изкуствен интелект	Faghih et al. (2024)	Компютърно зрение / дълбоко обучение	Конволюционни невронни мрежи (CNN)	Класифициране на текстилни отпадъци след употребата им за рециклиране	степен на замърсяване и чистота в потоците от повторно използване на текстил
Валоризацията на отпадъците се среща с изкуствения интелект: растеж на МСП и равенство	Abbas & Mustafa (2024)	Дълбоко обучение	Многослоен перцептрон	Предвиждане на извличането на стойност от рециклирани материали	Укрепване на приобщаващи мащабируеми системи за преработка на отпадъци в ресурси

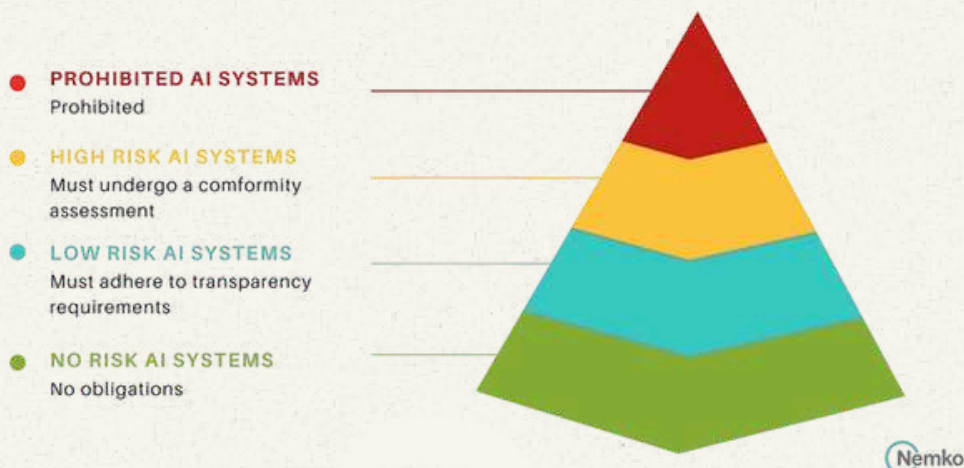
ИИ в кръговата икономика: Възможности и рискове Тъй като системите с изкуствен интелект все повече се внедряват в инфраструктурите на кръговата икономика (КИ), тяхната роля еволюира от аналитична подкрепа към автономен контрол и прогнозно управление. Новите приложения включват оценки на жизнения цикъл в реално време (Kravchenko et al., 2025), енергийни микромрежи, управлявани от ИИ, динамична логистика за кръгови вериги на доставки (Pitakaso et al., 2025) и автономни системи за проследяване на материалните потоци. Тези инструменти обещава значително повишаване на ефективността, прозрачността и екологичната устойчивост. Чрез усъвършенствано учене, разпознаване на модели и адаптивно вземане на решения ИИ подкрепя целите за проектиране на отпадъци, регенериране на екосистеми и затваряне на ресурсни цикли в различните индустрии.

Тези възможности обаче са съпроводени с критични предизвикателства. Етичното управление на изкуствения интелект остава недостатъчно развито в много контексти на Централна и Източна Европа, където продължават да съществуват опасения относно алгоритмичните пристрастия, непрозрачността на данните и изключването от процеса на вземане на решения (Floridi et al., 2018). Неконтролирани, тези рискове могат да засилят несправедливостите в околната среда или да подкопаят демократичния контрол. Например автоматизацията на системите за рециклиране, базирана на ИИ, може да маргинализира неформалните работници или дребните рециклиращи предприятия, особено в икономиките с ниски доходи, където достъпът до цифрова инфраструктура остава ограничен (Vinuesa et al., 2020). Междувременно кръговите вериги за доставки все повече разчитат на мащабно събиране на данни - чрез сензори, интелигентни договори или проследяване на поведението на потребителите - което поражда опасения относно суверенитета и неприкосновеността на данните.

На тези опасения сега се обръща внимание от страна на регулаторните органи. Законът за изкуствения интелект на Европейския съюз (EU AI Act) въвежда правна рамка, която категоризира системите с изкуствен интелект въз основа на техните потенциални рискове, със специални разпоредби за високорискови системи, използвани в управлението на околната среда, градската инфраструктура и индустриалния контрол (Европейска комисия, 2021/2024 г.). Законът за ИИ налага прозрачност, човешки надзор и алгоритмична отчетност за такива системи - принципи, които са от особено значение, когато ИИ се използва за наблюдение на емисиите, оптимизиране на потреблението на енергия или за налагане на съответствие, свързано със КИ.

Актът на ЕС за изкуствения интелект въвежда основана на риска рамка, която класифицира системите за изкуствен интелект на четири нива, структурирани като пирамида. Тази структура помага да се гарантира, че регулирането е пропорционално: колкото по-висок е потенциалният риск, който дадена система за ИИ представлява за хората, обществото или околната среда, толкова по-строги са регулаторните изисквания.

EU AI Act: Risk Levels



Фигура 4: Акт на ЕС за изкуствения интелект: Нива на риск. Източник: <https://www.nemko.com/blog/a-quick-dive-into-the-eu-ai-act>

На върха на пирамидата са системите с ИИ с неприемлив риск, които се считат за твърде опасни, за да бъдат допуснати до пазара на ЕС. Тези системи са напълно забранени. В контекста на кръговата икономика пример за това може да бъде система за ИИ, използвана за манипулиране на потребителите чрез измамни тактики за зелен маркетинг - например чрез използване на подсъзнателни съобщения за фалшиво представяне на даден продукт като екологично устойчив. Ако подобна система експлоатира уязвими групи от населението (като деца или възрастни хора), тя би попаднала в тази най-рискова категория и би била забранена.

Следващото ниво надолу са високорисковите системи с изкуствен интелект, които не са забранени, но трябва да спазват строги задължения за прозрачност, качество на данните, човешки надзор и управление на риска. В кръговата икономика това може да включва системи с ИИ, използвани в автоматизирани съоръжения за сортиране на отпадъци, които класифицират материалите за рециклиране. Друг пример би бил ИИ, който управлява критични енергийни системи в интелигентен град или оптимизира дистрибуцията на стоки за многократна употреба. Въпреки че тези системи подкрепят целите на устойчивото развитие, всяка грешка или пристрастие може да има сериозни последици, като например увреждане на околната среда или неправилно разпределение на ресурсите - затова те се считат за високорискови.

На по-ниско ниво се намират системите с ограничен риск, за които се прилагат предимно изисквания за прозрачност. Тези системи могат да взаимодействат с потребителите или да влияят върху вземането на решения, но вероятността да причинят вреда е по-малка. Например, цифров асистент или чатбот, който насочва потребителите как да използват повторно или да рециклират продукти, попада в тази категория.

тези инструменти за изкуствен интелект трябва да информират потребителите, че си взаимодействат със система за изкуствен интелект, и може да се наложи да обяснят как се генерират препоръките (напр. предлагане на продукти втора употреба или възможности за ремонт въз основа на предпочитанията на потребителя).

В основата на пирамидата са системите с минимален или безрисков ИИ, които не са изправени пред конкретни правни ограничения съгласно Закона за ИИ. Те включват най-често срещаните приложения, които не засягат значително правата или безопасността на хората. В кръговата икономика това може да бъде ИИ, използван за вътрешна логистика, като например оптимизиране на маршрутите на камионите за рециклиране, или инструменти за прогнозна поддръжка на машините в завода за рециклиране. Тези употреби подобряват ефективността и устойчивостта, но не породят етични или правни проблеми, така че са свободно разрешени.

Пирамидата на Закона за изкуствения интелект гарантира, че приложенията на изкуствения интелект в области като кръговата икономика се регулират по подходящ начин в зависимост от тяхното въздействие. Системите, които са от решаващо значение за общественото или екологичното благосъстояние, се подчиняват на по-високи стандарти, докато инструментите с по-нисък риск се насърчават с минимална намеса.

Постигането на справедлива и ефективна кръгова икономика с изкуствен интелект изисква нещо повече от спазване на правилата. Тя изисква отговорно проектиране, приобщаващо управление и иновации, ориентирани към справедливостта. Алгоритмичните решения трябва да бъдат обясними, проследими и одитирани. Общностите, засегнати от автоматизацията - особено тези в уязвими трудови или екологични системи - трябва да имат право на глас в начина, по който се проектират и внедряват системите за ИИ. Интегрирането на принципите на екологичната справедливост в ИИ за КИ гарантира, че стремежът към устойчивост не е за сметка на справедливостта.

В заключение, въпреки че ИИ има огромен потенциал за разширяване на кръговите модели, неговото внедряване трябва да се ръководи от етични гаранции. Рамки като Закона на ЕС за ИИ осигуряват отправна точка, но постоянният диалог между политиците, технолозите и гражданското общество ще бъде от съществено значение, за да се гарантира, че кръговият интелект е не само интелигентен, но и справедлив, приобщаващ и отговорен.

ИЗТОЧНИЦИ

Abbas, S., & Mustafa, M. (2024). Waste valorization meets AI: SME growth and inequality. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390629994>

Abedsoltan, R., Jafari, R., Rastegar, M., & Brar, S. K. (2025). Modeling and optimization of enzymatic hydrolysis for PET plastic using machine learning. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5223492

Almashaleh, I., Wicaksono, H., & Valilai, O. F. (2025). A framework for social media analytics in textile business circularity for effective digital marketing. Smart Cities and Society, 1(1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2199853125000794>

Ashraf, M., & Mustafa, M. (2024). Reimagining compliance through AI in waste-to-value systems. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390630356>

Aslam, M., & Mustafa, M. (2024). From waste to wealth: AI and FinTech strategies for equitable SME development. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390630431>

Banda, M., Simukoko, M., & Kalumba, M. (2025). Utilizing machine learning to map aquatic weed yields for biochar production: A case study in the Bangweulu Wetlands, Zambia. Advances in Environmental and Energy Research, 6(2), 020. <https://www.lidsen.com/journals/aeer/aeer-06-02-020>

Faghih, M., Shokri, A., & Ramezani, M. (2024). AI-enabled textile waste classification for sustainable recycling: A deep learning approach. Sustainability, 17(10), 4264. <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/10/4264>

Ghanavati-Nejad, M., Jolai, F., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2025). Supplier selection for resilient-leagile circular supply chains using stochastic ANN-based models. Soft Computing. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-025-10578-z>

Kravchenko, J., Bockel, L., & Li, Y. (2025). Predicting biochar properties from food waste using support vector regression. Waste Management & Research. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343725014873>

Meena, P. L., Ghadge, A., & Kumar, V. (2025). A triple bottom line approach to circular supply chain optimization using artificial intelligence. *Annals of Operations Research*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-025-06510-1>

Ojadi, F., Eze, S. C., & Adeleke, I. (2024). AI-driven optimization of water usage and waste in smart cities. Working Paper, ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/390695591>

Pitakaso, R., Jittamai, W., & Chaitiamwong, N. (2025). Bio-circular green economy development in agriculture using reinforcement learning. *Computers and Electronics in Agriculture*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816992500537X>

Telesca, L. (2025). A systemic sustainable development model for industrial circular economy in special economic zones. University of Basilicata Doctoral Thesis. <https://iris.unibas.it/bitstream/11563/196975/1/tesi%20dottorato%20di%20ricerca%20Lo%20VECCHIO%20con%20firme.pdf>

Wang, L., Xu, Y., & Zhang, T. (2025). Explainable machine learning to evaluate circular carbon performance in pilot cities. *Environmental Development*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095525001233>

5. Резултати от проучване на кръговите подходи в учебните програми за средно образование

Оценката се основава на проучване, проведено в четирите държавни средни училища в консорциума на проекта с по един представител от всяко училище: Петнадесета общообразователна гимназия Ларисас (FGLL, Гърция), Гимназия Фриц-Греве (FGGM, Германия), Zespół Szkół Agrotechnicznych i Ogólnokształcących h im. Józefa Piłsudskiego (ZAI, Полша) и Hadiye Kuradaci Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (НКВ, Турция). То беше проведено с цел да се събере информация за учебните програми, съществуващите практики и нуждите по отношение на подходите за обучение по КИ. Макар че всички участващи училища съобщават за известно включване на теми за ЧЕ в своите национални или регионални учебни програми, дълбочината и обхватът на това включване се различават значително в отделните държави.

Всички училища заявиха, че в техните национални/регионални учебни програми са включени конкретни теми по ЗО, с ограничението, че в Полша само малка част от някои предмети е посветена на ЗО.

И четирите училища признават, че темите, свързани с ЧЕ, са част от официалната учебна програма, като са включени предимно в предметите, свързани с природните науки (напр. биология, химия, физика) и хуманитарните науки (напр. история, социални науки, икономика). В Турция и Полша обхватът е по-широк, като включва информационни технологии и езици в двете училища и допълнително изкуства в Турция. В Германия обаче акцентът е по-скоро върху устойчивостта като цяло, отколкото върху КИ.

В Гърция, Полша и Германия се залага на интегрирането на темите за СЕ в съществуващите предмети. Турция се отличава с това, че набляга на проектно-базираното обучение и използването на технологии и цифрови инструменти. В Полша то е включено освен това в извънкласни дейности и сътрудничество с външни организации, докато германското училище допълнително прилага проектно базирано обучение.

Всички училища обхващат основните теми на КИ в учебните си програми, като в Полша те са най-изчерпателни. Изменението на климата е включено във всички училища, биоразнообразието - в Гърция, Полша и Германия, възобновяемата енергия и устойчивото потребление - в Турция, Полша и Германия, а управлението на отпадъците и рециклирането - в Гърция, Турция и Полша. Полша и Германия включват допълнително опазване на водите и социална справедливост и равенство. Екологичната етика е само част от учебната програма в Гърция.

В Германия отново се отчита не толкова ясно изразена насоченост, като се отбелязва, че теми като производство на енергия могат да се преподават, без да се преподава възобновяемата енергия като такава. Тези различия показват, че макар и темите на КИ да присъстват, терминологията и обхватът им могат да се различават, което може да доведе до несъответствия в разбирането на учениците.

Единствено в Република Турция изрично се споменава, че ЦУР са част от учебната програма. Полша и Германия съобщават за частично позоваване, докато Гърция не посочва такова. Това е от значение, тъй като ЦУР представляват световно призната рамка, която е добре съгласувана с обучението по ЗО и би могла да допринесе за посъгласувана образователна стратегия.

Всички училища декларират, че не се използват конкретни рамки или насоки за анализ на учебната програма (напр. образование за устойчиво развитие на ЮНЕСКО, местни рамки) и че учениците, но не и родителите, участват в образованието по ЧЕ в тяхното училище.

Освен учебната програма, училищата бяха попитани за включването на принципите на кръговата икономика в техните преподавателски практики. Гърция ги включва като част от учебната програма и в програмите за опазване на околната среда, докато Турция набляга на проектно базираното обучение по КИ, което е интегрирано в дейностите им в клас. Полското училище включва учениците в извънкласни дейности, провеждани от учителите, и чрез присъединяване към дейности с външни организации или местни общности. В Германия то също се прилага в редовните часове или чрез стартиране на специални проекти.

Полша е единственото училище, което има активни партньорства с външни организации за насърчаване на образованието по СЕ. Всички останали не съобщават за такива сътрудничества, което представлява важна област за потенциални подобрения във възможностите за практическо обучение в "реалния свят". От практическа гледна точка всички училища провеждат събития на тема устойчиво развитие (например Ден на Земята, Екопанаир) и повечето училища имат допълнителни програми за рециклиране (Гърция, Полша, Германия). Освен това в Турция и Полша се предлагат проекти за засаждане на дървета или градинарство, докато в Турция - и проекти за компостиране, а в Полша - освен това и кампании за почистване.

Нивото на ангажираност на учениците в разработването или изпълнението на проектите за КИ също варира: Полша съобщава за активно участие, Турция и Германия - за частично, а Гърция - за никакво. Това отразява различната училищна култура и наличните ресурси за инициативи, ръководени от учениците. Освен това повечето училища не наблюдават въздействието на тези практически дейности, като само Полша оценява резултатите от извънкласните дейности.

Нито едно училище не предлага официално обучение на учители по ЧЕ, а ресурсите като цяло липсват. Учителите разчитат на печатни материали (Гърция, Германия, Турция), семинари, цифрови ресурси и инструменти (Турция) или на самостоятелно създадено съдържание (Полша). Турското училище е сравнително по-добре оборудвано от останалите, докато Полша подчертава необходимостта от централизиран център за знания за материали по КИ.

Най-често посочваните пречки пред прилагането на обучението по КИ включват:

- ✦ Липса на ресурси като учебни материали и финансиране (всички училища)
- ✦ Ограничена гъвкавост на учебните програми (всички училища)
- ✦ Недостатъчно обучение на учителите (Гърция, Полша, Германия)
- ✦ Недостатъчни умения на учителите (Турция) Бюрократично претоварване
- ✦ (особено в Германия) Липса на институционална подкрепа и рамка на образователната политика (особено в Турция и Полша) Липса на интерес от страна на учениците (Турция) Ограничено време, което учителите могат
- ✦ да отделят за ЦО, тъй като трябва да се подготвят доброволно (особено в
- ✦ Германия и Полша)

Тези предизвикателства отразяват по-широки системни проблеми на съответните образователни политики, като същевременно показват възможности за промяна на училищно ниво.

Полша и Германия съобщават за най-развитите проекти, свързани с ПО. Полша изброява инициативи като "Зелена класна стая", "Оксфордски дебати", проекти за електрическите отпадъци, "Класна стая под облака (Дендрариум)", "Ден на Земята" и "Ден на почистването на света", докато Германия представя предприемаческата училищна компания "Freiday", доставяща и продаваща храна в чаши за многократна употреба, и планиран дългосрочен ученически проект за реализиране на училищна градина за тази компания. В този контекст учениците имат възможност да създават и реализират свои собствени идеи за проекти, а проектът-победител се популяризира. Гръцкото училище е реализирало неотдавнашна програма по "Еразъм+", озаглавена "Да се грижим за околната среда - повишаване на осведомеността за екологичните проблеми", а Турция все още не е реализирала успешни проекти в тази област.

Ангажираността на учениците, макар и разнообразна, е по-силно изразена там, където има възможности за извънкласни занимания и проекти. Полските ученици участват активно във всички дейности, организирани от училището и от външни организации, и показват информираност за заплахите, свързани с климатичните промени, повторната употреба на материали, рециклирането и спестяването. В Германия учениците участват в гореспоменатите проекти. За разлика от тях участието на гръцките ученици се ограничава до рециклирането, а в турското училище - до описаните дейности за проектно обучение.

Нужди и препоръки

За да се подобри обучението по КИ, училищата изразиха ясни потребности от:

- ✦ По-голяма гъвкавост на учебните програми и отделено време за ЧЕ, например за интердисциплинарни училищни проекти или нови предмети, свързани с ЧЕ (особено в Германия и Гърция)
- ✦ Практически учебни ресурси, съобразени с ЦЕ (всички страни)
- ✦ Възможности за обучение на учители и взаимен обмен (Полша)
- ✦ По-силна институционална и политическа подкрепа, включително по-малко бюрокрация (Германия)
- ✦ Сътрудничество с външни организации и индустрията (Германия)

Предложението на ZAI (Полша) за централизиран център за знания потвърждава необходимостта от този проект и е особено обещаващо, тъй като би могло да реши няколко предизвикателства едновременно - недостиг на ресурси, подкрепа за учителите и контрол на качеството.

Заклучение

Данните от проучването показват споделено признаване на важността на образованието по кръгова икономика, но също така и значителни различия в прилагането, дълбочината и подкрепата. Полша изглежда най-напреднала по отношение на ангажираността на учениците, разнообразието на темите и външното сътрудничество, докато Турция демонстрира силен потенциал чрез цифровата инфраструктура и подходите, основани на проекти. Германия и Гърция изтъкват структурни и системни предизвикателства, които ограничават дълбочината на интегрирането на КИ, въпреки интереса на учителите.

За да се постигне напредък, е необходимо:

- ✦ Съобразяване на националната политика с принципите на СЕ и ЦУР
- ✦ Инвестиции в обучение на учители и материали
- ✦ Подкрепа за интердисциплинарно обучение, основано на проекти
- ✦ Засилено сътрудничество с външни участници

Такива стъпки биха помогнали да се премине от изолирани усилия към по-сплотена и ефективна система за образование по КИ в цяла Европа. Проучването подчертава значението на проекта CircEdu, тъй като той разглежда няколко от тези въпроси.

6. Резултати от проучване на гледната точка на учителите, преживявания и нужди по отношение на образованието по КИ в училищата

Следващите резултати са резултат от оценката на проучване, проведено с около половината от учителския състав на всяко от четирите държавни средни училища в консорциума на проекта: Петнадесета общообразователна гимназия Ларисас (FGLL, Гърция), Гимназия Фриц-Греве (FGGM, Германия), Zespół Szkół Agrotechnicznych i Ogólnokształcących im. Józefa Piłsudskiego (ZAI, Полша) и Hadiye Kuradaci Bilim Ve Sanat Merkezi Tarsus (HKB, Турция). Целта на това проучване е да се оценят гледните точки, опитът и нуждите на учителите по отношение на обучението по кръгова икономика в училищата. Общо 56 учители отговориха на анкетата, включително 15 учители от Гърция, 19 от Полша, 11 от Германия и 12 от Турция.

Предметни области В Германия най-голям дял от учителите специализират в областта на езиците (33,3 %), следвани от хуманитарните науки (напр. история, социални науки, икономика) с 26,7 %, природните науки (напр. биология, химия, физика) с 20 % и изкуствата (13,3 %). Информационните технологии са най-слабо представени - 6,7%.

В Гърция мнозинството от анкетираните преподават природни науки (35,7%), следвани от хуманитарните науки (28,6%). Езиците и математиката са с дял от по 14,3%, а старогръцкият и латинският език съставляват 7,1%. Забележително е, че изкуствата и информационните технологии не са представени.

В Полша разпределението е по-разнообразно. Природните, хуманитарните и езиковите науки са представени по равно - по 18,2 %. Допълнителните области включват образователни уроци, образование за семейния живот, подкрепа на учениците, хотелиерство, информационни технологии, математика, природни науки, гастрономия, професионално образование, кариерно консултиране и физическо възпитание, всяка с по 4,5%.

В Турция най-представеният предмет е ИТ (33,3%), следван от природни науки (26,7%), езици (20%), изкуства (13,3%) и хуманитарни науки (6,7%).

Години преподавателски опит По отношение на опита Гърция, Полша и Турция показват силно мнозинство от преподаватели с голям опит. В Гърция 92,9 % от учителите преподават повече от 10 години, като малка част от тях (7,1 %) имат по-малко от 2 години опит. Полша отразява подобна тенденция - 84,2 % имат над 10 години опит, а 15,8 % са в диапазона 2-5 години.

Турция също се вписва в този модел, като 83,3% от тях имат повече от 10 години опит, а 16,7% попадат в категорията от 6 до 10 години. Германия, от друга страна, се отличава с по-балансирано разпределение. Докато 45,5% от респондентите имат над 10 години опит, значителна част от тях (27,3%) преподават от 2-5 години, а 18,2% - от 6-10 години. Освен това 9,1% са сравнително нови в професията с по-малко от 2 години опит.

Обучение в областта на образованието по кръгова икономика Обучението по концепциите на кръговата икономика остава ограничено в изследваните държави. Учителите в Германия, Гърция и Турция не съобщават за официално обучение в тази област, което подчертава липсата на институционален акцент върху темата. Полша се откроява, като 31,6% от респондентите посочват, че са получили някаква форма на обучение. Въпреки това дори в Полша това обучение все още не е широко разпространено. Това показва системна необходимост от възможности за професионално развитие, съобразени с образованието по устойчивост.

Разбиране на кръговата икономика от страна на учителите Учителите като цяло демонстрират основно разбиране на кръговата икономика, докато дълбочината и обхватът варират в широки граници.

Полските учители дават най-изчерпателни определения, като често се позовават на устойчивостта, екологичната отговорност и жизнения цикъл на продуктите. Като цяло се наблюдава силно разбиране на основните принципи на кръговата икономика: повторна употреба, рециклиране, намаляване на отпадъците, устойчивост, удължаване на жизнения цикъл. Някои наблегнаха на образователното въздействие: информираност, ценности и промяна на поведението. Други признаха ролята на учебните програми и професионалното образование (напр. в областта на хранителните услуги, хотелиерството). Някои отговори свързват кръговата икономика с глобалните екологични предизвикателства (напр. изменението на климата).

Германските отговори се фокусират повече върху икономическите и обществените измерения: В определенията се набляга на системното мислене, включващо обществото, икономиката, институциите и ресурсните цикли. Набляга се на затворените циклични процеси, като има известен интерес към това как кръговата икономика се прилага в самото училище. Те предоставят аналитична леща на ресурсната ефективност и устойчивостта като системен въпрос.

Учителите в Турция наблягат на практическите приложения като повторната употреба и устойчивостта в образованието: Определенията варират от базово повторно използване- рециклиране до задълбочени педагогически прозрения. Сред забележителните приноси е един напредничав отговор, свързващ КИ с образователна екосистема (цифрова устойчивост, проектно базирано обучение). Някои от тях наблягат на съзнанието за ресурсите, устойчивостта и включването в учебните програми. В други отговори се признава ограниченото познаване на концепцията.

В Гърция отговорите показват силна връзка на КИ с рециклирането и управлението на отпадъците. В няколко отговора се споменават практически дейности в класната стая и обучение. Някои наблягат на промяна в поведението чрез практическо обучение или споменават екоучилища, обучение на учители и адаптиране на учебни програми.

Интегриране на КИ в преподаването Интегрирането на темите на кръговата икономика в учебната програма варира значително. В Германия повечето учители включват кръговата икономика в съществуващи предмети, като 36,4% от респондентите посочват този подход. Проектно базираното обучение и сътрудничеството с външни организации се използват от по 18,2 % от респондентите, въпреки че не са широко разпространени. 27,3 % от учителите съобщават, че изобщо не разглеждат кръговата икономика в преподаването си, а 9 % добавят, че кръговата икономика почти не се споменава в горните класове на средното образование (11. и 12. клас).

В гръцкото училище по-голямата част от респондентите (44,4 %) интегрират кръговата икономика в съществуващите предмети, вместо да я преподават като самостоятелна тема. Проектно базираното обучение и извънкласните дейности се използват от по 16,7% от учителите, както и сътрудничеството с външни организации. Въпреки това 26,7% от гръцките учители изобщо не разглеждат кръговата икономика, което показва забележими пропуски в обхвата.

Най-голямата ангажираност в полското училище идва от специалните уроци по кръгова икономика, посочени от 36,8% от респондентите, и интегрирането в съществуващите предмети, споменато от 57,9%. Сътрудничеството с външни организации се използва от 21,1% от учителите, докато проектно базираното обучение и извънкласните дейности са по-рядко използвани. Само 5,3 % от полските учители съобщават, че не покриват кръговата икономика, което предполага сравнително структуриран и всеобхватен подход.

В Турция кръговата икономика се представя предимно чрез проектно-базирано обучение, използвано от 75% от респондентите, и извънкласни дейности, посочени от 33,3%. По-малка част (8,3 %) посочват интегриране на КИ в съществуващи предмети, а 16,7 % съобщават за предлагане на специални уроци. 8,3 % изтъкват използването на художествени проекти с рециклируеми материали като творчески метод за ангажиране с устойчивото развитие. Въпреки тези усилия 16,7% от турските учители заявяват, че кръговата икономика не се разглежда в тяхното преподаване.

Германия и Гърция до голяма степен интегрират кръговата икономика в съществуващите предмети, но тя не е основен акцент. Полша показва най-висока ангажираност със структурирани, специализирани уроци, докато Турция разчита в голяма степен на проектно-базираното обучение.

Извънкласните дейности и външното сътрудничество са ограничени във всички страни, което предполага потенциална област за разширяване.

Покриване на теми от кръговата икономика в клас Учебното съдържание по кръгова икономика се съсредоточава предимно върху намаляването на отпадъците, рециклирането и устойчивото потребление:

В германското училище най-често разглежданите аспекти на кръговата икономика в обучението са устойчивото потребление и производство, обхванати от 72,7 % от респондентите, и намаляването на отпадъците и рециклирането, споменати от 63,6 %. Стратегиите за ремонт и повторна употреба са споменати в 36,4% от отговорите, а жизненият цикъл на продуктите и ресурсната ефективност се появяват само в 9,1%. Забележително е, че 18,2 % от учителите изобщо не са засегнали теми, свързани с кръговата икономика.

В Гърция училището е с най-висок дял на учителите, които не разглеждат концепциите за кръгова икономика, като 33,3% от тях не са посочили никакво покритие. Намаляването на отпадъците и рециклирането са най-често обсъжданите елементи, които присъстват в 40% от отговорите, следвани от устойчивото потребление и производство, споменати от 20%. Жизненият цикъл на продукта и ресурсната ефективност са посочени в 13,3% от отговорите.

Учителите от Полша демонстрират широка ангажираност с темите на кръговата икономика. Намаляването на отпадъците и рециклирането са разгледани от 73,7% от учителите, а устойчивото потребление и производство са включени в 52,6% от отговорите. Жизненият цикъл на продуктите и ресурсната ефективност са споменати в 47,4%, а стратегиите за ремонт и повторна употреба са отбелязани от 42,1% от участниците. Освен това икономиката на споделянето и свързаните с нея концепции бяха изтъкнати в 26,3 % от отговорите. 15,8% от респондентите посочват, че не разглеждат кръговата икономика в преподаването си.

В Турция всички респонденти са засегнали поне един аспект на кръговата икономика. Намаляването на отпадъците и рециклирането бяха включени от всички участници, а 66,7% включиха устойчиво потребление и производство. Жизненият цикъл на продуктите и ресурсната ефективност бяха отбелязани от 50% от респондентите, а стратегиите за ремонт и повторна употреба - от 41,7%. Икономиката на споделянето беше спомената от 8,3%, а уникално сред четирите държави, Турция включи кръговата икономика в контекста на градското планиране и общностите, посочена от 8,3% от учителите.

Този анализ показва различни нива на интегриране на темите на кръговата икономика в образованието в четирите държави, като Полша и Турция демонстрират най-всеобхватно и последователно участие.

Методи на преподаване Методите на преподаване, използвани за обяснение на концепциите за кръгова икономика, се различават значително в четирите държави. Традиционните лекции остават доминиращ метод, въпреки че практическите дейности и експериментите набират популярност във всички страни, като Гърция е на последно място. Турция се отличава с по-широкото използване на цифрови инструменти и проекти, ръководени от учениците. Въпреки това използването на игровизация и цифрови симулации като цяло е слабо във всички държави.

Традиционните методи, като лекции и теоретични уроци, са най-разпространеният подход като цяло. Те се използват най-широко в Полша, където 73,7 % от респондентите съобщават, че разчитат на този метод. Следват Гърция с 60%, Турция с 50% и Германия с 54,5%. Въпреки че това показва солидна теоретична основа, то също така подсказва необходимостта от по-разнообразни подходи за обучение.

Практическите дейности и експериментите се използват активно в Турция (58,3%), Германия (54,5%) и Полша (31,6%). Интересно е, че Гърция не съобщава изрично за използването на този метод, което подчертава потенциален пропуск в експерименталното обучение.

Екскурзиите и посещенията на място се използват най-често в Полша, като 42,1 % от респондентите ги включват в преподаването си. За разлика от тях тези методи са много по-рядко срещани в Гърция (20 %), Турция (8,3 %) и Германия (9,1 %), което показва, че в много контексти участието в реалния свят все още е ограничено.

Цифровите и игровите подходи за учене остават недостатъчно използвани като цяло. Сериозни игри се използват от 15,8 % от полските учители и 18,2 % от германските учители, докато нито един отговор от Турция и Гърция не споменава този метод. Използването на цифрови инструменти и интерактивни симулации е най-широко застъпено в Турция - 41,7%, следвана от Полша - 31,6%, и много ограничено в Германия (9,1%) и Гърция (6,7%). Турция демонстрира най-силно интегриране на цифровите образователни технологии сред четирите държави.

Съвместното и воденото от учениците обучение също се прилага неравномерно. Гост-лекторите и сътрудничеството са сравнително редки, като само 9,1 % от германските, 15,8 % от полските и 8,3 % от турските респонденти ги споменават. Гърция не съобщава за използване на гост-лектори. Турция обаче се отличава с използването на проекти, ръководени от ученици, като 50 % от респондентите посочват, че прилагат този подход. За сравнение, Полша и Гърция съобщават съответно по 10,5 % и 13,3 %, а Германия не съобщава за използване на проекти, ръководени от студенти.

Като цяло Полша демонстрира най-широко разнообразие от подходи за преподаване, като съчетава традиционното обучение с екскурзии, практически дейности и известно използване на цифрови и игрови методи. Турция и Германия също показват разнообразен подход със забележимо използване на интерактивни инструменти. За разлика от тях Гърция изглежда разполага с най-ограничен набор от стратегии за преподаване, като 26,7 % от анкетиранияте посочват, че изобщо не използват методи за преподаване на кръгова икономика. Полша също съобщава, че 15,8% не използват никакви конкретни методи, докато в Германия 18,2% от учителите са в същата категория. Тези разлики подчертават различните степени на ангажираност и иновативност в обучението по кръгова икономика в участващите държави.

Достъп до учебни материали по кръгова икономика Достъпът до конкретни учебни материали се различава значително в отделните държави. В Германия само 18,2 % от учителите съобщават, че разполагат под някаква форма с такива материали, като 9,1 % от тях се ограничават до основното съдържание в учебниците. Стръскащите 81,8% не са посочили никакъв достъп. Най-критичният пропуск е в Гърция, където нито един учител не е съобщил за достъп до материали за кръговата икономика, което подчертава спешната необходимост от разработване на ресурси. Полша е водеща по отношение на достъпа, като 36,9 % от учителите разполагат с материали, а 5,3 % конкретно посочват ekopotencjal.pl като ресурс. Въпреки това 63,2 % от полските учители все още нямат достъп. В Турция достъпът е умерен - 23,1 %, но мнозинството - 76,9 % - нямат налични материали. Тези различия подчертават необходимостта от целенасочени усилия за подобряване на наличността и разпространението на образователни ресурси по КИ в Европа.

Основни предизвикателства при интегрирането на КИ в преподаването
Общите пречки пред интегрирането на обучението по кръгова икономика включват:

- + Липсата на обучение е най-често посочваната причина във всички страни: Германия (25%), Гърция (23,1%), Полша (20,9%) и Турция (23,1%). Това подчертава широко разпространената необходимост от повече програми за развитие на учителите по темите на кръговата икономика.
- + Недостатъчните учебни материали са особено ясно изразени в Германия, където 37,5% съобщават за трудности при достъпа до учебни материали. Гърция (25,6 %), Полша (27,9 %) и Турция (20,5 %) също изпитват затруднения, което показва постоянна липса на образователни ресурси.

- + Ограничената гъвкавост на учебните програми е основно предизвикателство във всички страни, като най-високият процент е в Германия (33,3 %), следвана от Гърция (25,6 %), Полша (20,9 %) и Турция (17,9 %).
- + Липсата на интерес и ангажираност от страна на учениците е отчетена най-вече от турското училище (15,4%). Гърция (7,7 %) и Полша (4,7 %) също го споменават, докато Германия изобщо не съобщава за този проблем. Полша (7 %) и Турция (10,3 %) посочват известна липса на родителска подкрепа, докато Гърция (2,6 %) съобщава за минимална загриженост. Нито една държава не съобщава за липса на подкрепа от страна на училищната администрация, което означава, че прилагането на допълнителното обучение по КИ не би трябвало да бъде повлияно от липсващата институционална подкрепа.
- + Гърция (15,4 %), Полша (11,6 %) и Турция (12,8 %) подчертават недостатъчното включване в образователните политики. Германия не съобщава това като предизвикателство, което вероятно показва по-добро съгласуване на политиките.
- + Германия (4,2 %), Полша (7 %) посочват малък процент учители, които не се сблъскват с никакви проблеми, свързани с образованието по кръгова икономика. Гърция и Турция не съобщават за учители, които не срещат предизвикателства.

Германия изпитва най-големи затруднения по отношение на наличието на ресурси и гъвкавостта на учебната програма. Гърция показва най-голяма загриженост по отношение на пропуските в политиката, родителската подкрепа и липсата на интерес от страна на учениците. Полша и Турция се сблъскват с по-разнообразни предизвикателства. Най-големият универсален проблем във всички държави е липсата на обучение и недостатъчните учебни материали.

Желана подкрепа за по-ефективно преподаване на ЧЕ Много учители поискаха достъп до по-добри учебни материали, което го направи основен приоритет във всички държави. В Германия това е изтъкнато от 90,9 % от респондентите, което е най-високото искане като цяло. Полша е следвана от 89,5 %, докато 60 % от учителите в Гърция и 75 % от учителите в Турция определят това като основна потребност..

Програмите за обучение и семинарите също бяха силно желани, особено в Гърция - 93,3 %, и в Полша - 78,9 %. Германия (36,4%) и Турция (50%) също показаха търсене на тези възможности.

Интердисциплинарното сътрудничество е особено ценено от учителите в Германия (63,6 %), следвана от Полша (47,4 %) и Турция (41,7 %). Гръцките учители (20 %) също проявяват интерес към интердисциплинарните подходи, макар и в по-малка степен.

Полските (68,4 %) и турските (66,7 %) респонденти са поискали предимно обучение, основано на проекти, и практически възможности. Германия (54,5 %) и Гърция (26,7 %) също проявиха интерес към повече практически и приложни форми на обучение.

Подкрепата от външни организации и експерти беше оценена във всички държави: Полша (36,8 %), Германия (45,5 %), Турция (50 %) и Гърция (33,3 %) посочват стойността на такова сътрудничество. Това предполага възможност за партньорства с нестопански, промишлени и политически организации за подобряване на образованието по кръгова икономика.

Учителите в Полша показаха най-голяма нужда от по-силни образователни политики и институционална подкрепа (42,1%), следвани от Гърция (33,3%). Германия изобщо не е съобщила за тази необходимост, а само 8,3% от учителите в Турция са я посочили.

И накрая, Полша изрази и най-голяма нужда от родителска подкрепа (26,3 %). Това беше по-нисък приоритет в Турция (16,7 %), Германия (9,1 %) и Гърция (6,7 %). Гъвкавостта на учебните програми беше спомената единствено в Германия (9,1 %).

Инициативи за КИ на училищно ниво Всички училища прилагат някакви инициативи за КИ. Програмите за рециклиране са споменати от всички училища, докато работилници за ремонт и повторна употреба съществуват само в Полша и Турция. Устойчива училищна инфраструктура (напр. системи за пестене на вода, слънчеви панели) се прилага в германското и полското училище, което подчертава възможностите за инвестиции в екологосъобразни училищни проекти в другите държави. Училищата в Германия, Полша и Турция са домакини на тематични състезания и прояви по КИ, докато Гърция не съобщава за никакви прояви. Турското, полското и германското училище си сътрудничат активно с местни предприятия и организации. Освен това Гърция споменава ежегодното участие в националната програма за околната среда, посветена на горските екосистеми, устойчивостта и устойчивото управление, включително дейности, свързани с КЕ.

В Турция (57,1 %) и Гърция (13,3 %) редица учители посочват, че в момента в тяхното училище не се провеждат инициативи, въпреки че колегите им споменават за проекти. Освен това във всички страни учителите дадоха силно различаващи се отговори по отношение на инициативите, за които знаят, че се провеждат в тяхното училище. Това показва проблеми с комуникацията и съгласуваността и липсваща интердисциплинарност.

Участието на учениците във всички училища е отчетено активно участие на учениците в разработването или изпълнението на проекти по СЕ. Германия споменава ученическата компания, в която младежите развиват свой собствен устойчив бизнес проект, изпълнението на собствени проекти, свързани с ЦУР, и проекта "Freiday", в който учениците създават свой собствен устойчив проект. В Гърция се изпълняват предимно рециклиране и гореспоменатият екологичен проект. В турското училище се осъществяват проектите TÜBITAK и Teknofest и учениците частично се включват в проектно базирано обучение, а най-популярни са инициативите, основани на създаването на продукти. В Полша повечето учители посочват участието на учениците, но без допълнителни обяснения.

Оценката на тези въпроси потвърждава гореспоменатото предположение за липса на последователност и обмен между учителите и комуникационни мерки по отношение на реализираните проекти, тъй като отговорите си противоречат силно във всички училища.

Като цяло, последователното изпълнение на ръководени от учениците практически и разнообразни или дори интердисциплинарни проекти би могло да бъде от голяма полза за училищата, осигурявайки активно младежко лидерство в решенията по КИ.

Практики за оценяване Оценката на усилията в областта на кръговата икономика се извършва предимно чрез ученически проекти и презентации във всички държави. Турция (66,7%), Гърция (64,3%) и Полша (58,3%) съобщават за най-голяма зависимост от този метод. Германия (38,5 %) също използва този подход, но по-рядко, като същевременно разчита повече на обратната връзка с учениците/служителите в сравнение с другите държави (30,8 %). Гърция (14,3 %), Полша (20,8 %) и Турция (6,7 %) използват анкети в по-малка степен. Събирането на данни (намаляване на отпадъците и спестяване на енергия) е включено от училищата в Гърция (21,4 %), Полша (12,5 %) и Турция (20 %). От друга страна, Германия не използва събиране на данни.

Полша (4,2 %) и Турция (6,7 %) изготвят доклади и публикации, макар и на по-ниско ниво, докато Германия и Гърция изобщо не публикуват официални доклади. В германското училище голям брой учители не посочват никаква оценка на инициативите за КИ, докато във всички останали училища всички участници съобщават за някакъв вид оценка, въпреки че малък процент от полските учители не знаят за мерките.

Като цяло оценката не е много изчерпателна във всички държави. Структурираните проучвания, докладите и събирането на данни остават недостатъчно използвани в повечето страни.

Успешни КИ проекти с ученици

В четирите държави в училищата са реализирани различни проекти за кръгова икономика и устойчивост, като всеки от тях отразява различни нива на участие на учениците, иновации и институционална подкрепа.

Германия

- ✦ Акцентираща се върху рециклирането (мебели, художествени проекти) и разделянето на отпадъците, но последните усилия не винаги са били
- ✦ успешни. Ученическата компания създаде свой собствен модел за рециклиране за устойчива закуска. Семинари с външни експерти (проект "Духът на футбола"), свързващи устойчивото развитие със спорта
- ✦ Учениците обучаваха по-малките деца за намаляването на отпадъците,
- ✦ насърчавайки образованието, водено от връстници. Загриженост относно липсата на устойчиви принципи, прилагани в самото училище
- ✦

Гърция

- ✦ Съществуващите проекти се фокусират върху рециклирането на батерии, повторната употреба на стари материали, засаждането на дървета и
- ✦ посещенията на околната среда Един проект по програма "Еразъм+" Не се
- ✦ споменават иновации, движени от студентите, а предимно предварително структурирани усилия за устойчивост.

Полша

- ✦ Външно сътрудничество с Центъра за екологично образование Arka
- ✦ Проекти за рециклиране: "Ден на почистването на света" и събиране на електронни отпадъци. Кампании като "Чисти планини", насърчаващи
- ✦ опазването на околната среда и популяризирането на биоразнообразието
- ✦ Проекти, свързани с кръговата икономика в областта на модата (Eco-Wave: Fast Fashion awareness). Проектите включват алтернативни енергийни модели и устойчиво градинарство и събиране на хумус. Проекти за
- ✦ затворена кръгова икономика с фокус върху гастрономията, показващи интегриране на устойчивостта в конкретната индустрия.
- ✦

Турция

- ✦ Практически творчески проекти с използване на отпадъчни материали, включително конструиране на ракети и автомобили
- ✦ Проекти за градско планиране, включващи концепции за устойчивост. Мобилно приложение за пестене на вода, отличено с наградата TÜBİTAK. Игрови техники за обучение повишават интереса на учениците. Изследователски проекти с ученици

Полското училище показва най-широк спектър от проекти, докато турското училище се отличава с творчески и технологични подходи. Гръцкото училище се фокусира основно върху традиционните дейности за рециклиране и опазване на околната среда, а германското училище набляга на партньорското обучение, при което учениците обучават другите на устойчивост.

Съвети за преподавателите относно преподаването на концепции за кръгова икономика

Интегрирайте кръговата икономика в ежедневното преподаване

- ✦ Включване на темите за кръговата икономика в ежедневните уроци и примери от реалния живот (Германия). Използване на проектно-базирано обучение и извънкласни дейности (Гърция, Турция). Насърчавайте учениците да започват инициативи като размяна на дрехи или проекти за нулеви отпадъци (Полша).

Търсене на външна подкрепа и сътрудничество

- ✦ Икани експерти и си сътрудничи с местни предприятия и екологични организации (Германия, Гърция, Турция). Създаване на мрежи за взаимно обучение с цел обмен на най-добри практики (Гърция). Насърчаване на партньорства с институции, ориентирани към устойчивото развитие (Полша, Турция).

Използване на практически и практически подходи за обучение

- ✦ Организиране на семинари, екскурзии и интерактивни дейности за учениците (Гърция, Турция). Реализирайте малки проекти за устойчивост, като например рециклиране на батерии или училищни слънчеви панели (Турция). Преподавайте чрез игрови форми на обучение, включително екосъстезания и игри за кръгова икономика (Полша).

Застъпник за интегриране на учебната програма и политиката

- + Насърчаване на актуализирането на учебните програми с цел официално включване на концепциите за кръгова икономика (Турция). Настоявайте за
- + институционална подкрепа и финансиране за засилване на образованието по устойчиво развитие (Гърция, Полша). Стартирайте пилотни програми
- + преди по-широкото им прилагане (Гърция).

Достъп до и разработване на учебни ресурси

- + Търсене на подходящи образователни материали и казуси (Германия, Гърция). Създаване на библиотеки с ресурси, съдържащи планове на
- + уроци, видеоклипове и казуси (Гърция). Популяризиране на онлайн курсове и семинари за учители по въпросите на кръговата икономика
- + (Полша, Турция).

Заклучение и препоръки Резултатите от проучването разкриват фрагментиран, но развиващ се пейзаж на образованието по кръгова икономика. Докато Полша демонстрира най-всеобхватния и структуриран подход, други държави показват изолирани усилия със значителни пропуски в обучението, материалите и участието на учениците.

Препоръките включват:

1. Разработване на национални програми за обучение на преподаватели в областта на концепциите за кръгова икономика. Създаване и
2. разпространение на стандартизирани учебни материали, достъпни на всички езици и адаптирани към различните образователни нива.
3. Насърчавайте интердисциплинарното и проектно базираното обучение, като поощрявате прилагането му в реалния свят. Насърчавайте
4. сътрудничеството с предприятия, неправителствени организации и местни общности, за да подобрите практическото изложение.
5. Подкрепяйте инициативи, ръководени от учениците, като гарантирате, че младите хора не са само пасивни ученици, а активно допринасят за
6. усилията за устойчивост. Прилагайте ясни рамки за оценка, които проследяват както резултатите от обучението, така и въздействието върху околната среда.

Ето защо проучването подчертава и значението на проекта CircEdu за реализиране на европейски образователен пейзаж, включващ програма за изграждане на капацитет и център за знания.

7. Заключение

Това проучване подчертава спешната необходимост от интегриране на принципите на кръговата икономика в средното образование като трансформиращ отговор на екологичните и социалните кризи, предизвикани от линейните икономически модели. Чрез цялостен преглед на документацията и проучване, базирано на анкети в Германия, Гърция, Полша и Турция, проектът CircEdu разкри както широкото признаване на значението на КИ, така и значителните пропуски в интегрирането на учебните програми, обучението на учителите и наличието на ресурси.

Макар че в по-широката област на кръговата икономика има все повече изследвания и иновативни практики, включването им в образователните системи, особено на средно ниво, остава фрагментирано и недостатъчно развито. Проучването подчертава стойността на образованието не само за повишаване на осведомеността, но и за снабдяване на бъдещите поколения с уменията, ценностите и системното мислене, необходими за водене на устойчива трансформация. То също така демонстрира потенциала на интердисциплинарните, проектно базирани и цифрово подкрепени модели на обучение за насърчаване на смислено ангажиране с концепциите за КИ.

Прозренията, събрани от преподавателите и институциите в партньорските държави, са солидна основа за следващите етапи на проекта CircEdu. За да продължим напред, са необходими постоянни усилия за изграждане на капацитет, създаване на адаптивни учебни ресурси и повишаване на осведомеността относно промените в политическата рамка, които да включат кръговото мислене в училищната култура и учебните програми. Чрез овластяване на учителите и учениците образованието може да се превърне в катализатор за справедлива и регенеративна кръгова икономика в цифровата ера.