

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Ангелина М. Павловић
„Могућности имплементације
циркуларне економије у Републици
Србији“
дипломски рад

Крагујевац, 2018.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Општи смер

Предмет: Управљање отпадом

Број индекса: 926/2014

Ангелина М. Павловић
„Могућности имплементације
циркуларне економије у Републици
Србији“
дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Горан Бошковић - ментор
2. др Небојша Јовичић
3. др Снежана Нестић

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада студент треба да прикаже основне принципе циркуларног модела економије и неопходност преласка са линеарног на циркуларни економски модел. У раду ће, након прегледа постојећег стања у Републици Србији, бити приказана методологија за мерење индикатора циркуларности компаније. Након тога ће, на примеру изабране компаније, применом претходно дефинисане методологије бити приказани тренутни индикатори циркуларности, а затим предложене мере којима би се дата компанија приближила циркуларном моделу економије.

Напомене:

Ментор се обавезује да студенту обезбеди:

- одговарајућу литературу,
- три термина недељно за консултације,
- логистичку подршку кроз свакодневно ангажовање предметног асистента,
- публикување резултата рада у домаћем или страном часопису.

Студент је у обавези да:

- у оквиру израде дипломског рада, током летњег семестра, на факултету проведи најмање 2 сата радним даном, у просторији која за то буде одређена,
- свакодневно извештава предметног асистента о напредовању у изради рада,
- три пута недељно извештава ментора о резултатима рада.

Препоручена литература:

1. Ellen MacArthur Foundation, (2015), *Circularity indicators - An approach to measuring circularity*.
2. Организација за европску безбедност и сарадњу, Мисија у Србији (2017), *Циркуларна економија као шанса за развој Србије*, Београд.
3. Ђурета, В., Мутић, М., Митровић, С., Богдановић, М., (2016), *Основе циркуларне економије*, Београд.

У Крагујевцу, 2018. године

Ментор:

Доцент др Горан Бошковић

*„Долазимо на свет без ичега,
и одлазимо без ичега,
те уколико смо довољно паметни,
уживаћемо у ономе што нас окружује,
на тај начин да и наши потомци могу уживати у истом. “*

Резиме

Принципи циркуларне економије базирани су на хипотези коришћења ресурса у процесима производње и њихове употребе на начин који за резултат има смањење негативног утицаја на животну средину, али уз стварање додатне вредности и поновне употребе производа. Трансформацијом линеарног модела у циркуларни, формира се економски, природни и друштвени капитал. Наведена чињеница оправдава неопходност преласка на циркуларну економију у свим државама света.

Због значаја циркуларне економије, циљ овог рада јесте провера могућности њене имплементације у Републици Србији кроз један вид мониторинга.

Мониторинг циркуларне економије је приказан на конкретном примеру компаније, која обавља производњу картонске амбалаже, а извршен је помоћу индикатора циркуларности MCI, који су развијени од стране енглеске фондације „*Ellen MacArthur*“ (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Методологија за одређивање индикатора циркуларности компаније се фокусира на ефикасно управљање отпадом, што истовремено представља и први корак ка кружној економији, у којој је неопходно да се сви производи и материјали рециклирају или користе више пута.

Након примене методологије на примеру конкретне компаније, закључено је да циркуларна економија за компаније у Републици Србији није новина, међутим због недостатка законодавства у тој области, српски друштвени систем још увек не препознаје циркуларну економију као могућност будућег развоја.

Кључне речи: Циркуларна економија, мониторинг, управљање отпадом, индикатори циркуларности материјала, методологија.

Abstract

Principles of circular economy are based on the hypothesis of spending and using resources in the processes of production in a way that results with reduction of negative effects on the environment, but also with creation of additional value and reuse of the product.

Economical, natural and social capital is formed with the transformation of the linear model into a circular. Stated fact justifies the necessity of transition to circular economy in all countries around the globe.

Because of the importance of circular economy, the goal of this paper is checking the possibilities of its implementation in the Republic of Serbia through one sort of monitoring.

Monitoring of circular economy is showed in the example of the company that produces cardboard packaging, and it is done by using indicators of circularity MCI, which are developed by „Ellen MacArthur“ foundation (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Methodology for determination of circularity indicators of the company is focused on the efficient waste management, which simultaneously represents the first step towards circular economy, in which it is necessary that all product and materials are recycled or used multiple times.

After applying the methodology in the concrete example, it is concluded that circular economy is not novelty for the companies in the Republic of Serbia, however due to the lack of legislation in this branch, Serbian social system still doesn't recognize circular economy as the possibility of the future development.

Key words: Circular economy, monitoring, waste management, material circularity indicators, methodology.

Садржај

Списак слика.....	I
Списак табела.....	II
Преглед коришћених ознака	III
Преглед коришћених скраћеница.....	IV
1. Увод.....	1
2. Основе циркуларне економије.....	3
2.1. Линеарни економски модел	5
2.1.1. Фаза екстракције сировина	5
2.1.2. Фаза производње.....	6
2.1.3. Фаза дистрибуције производа и њихово пласирање на тржиште	6
2.1.4. Фаза потрошње производа	7
2.1.5. Фаза одлагања.....	7
2.1.5.1. Хијерархија управљања отпадом	7
2.2. Циркуларна економија	9
2.2.1. Бенефити и баријере за имплементацију циркуларне економије	11
3. Примена циркуларне економије у свету и Републици Србији.....	13
3.1. Примена циркуларне економије у свету.....	13
3.1.1. Примери добре праксе циркуларне економије у свету	14
3.2. Примена циркуларне економије у Републици Србији.....	17
3.2.1. Примери добре праксе циркуларне економије у Републици Србији	17
4. Мониторинг циркуларне економије	19
4.1. Оснивачи пројекта „Circularity indicators“	21
5. Методологија за одређивање индикатора циркуларности на нивоу производа.....	23
5.1. Индикатор циркуларности материјала	23
5.1.1. Маса сировог материјала.....	24
5.1.2. Маса неповратног отпада	25
5.1.3. Индекс линеарног тока	27
5.1.4. Коефицијент употребљивости производа.....	28
6. Методологија за одређивање индикатора циркуларности на нивоу компаније.....	33
6.1. Одређивање индикатора циркуларности материјала на нивоу департмана или компаније	35
7. Примена методологије за одређивање индикатора циркуларности материјала на примеру конкретне компаније	36
7.1. Поступак одређивања циркуларности референтних производа	37
7.1.1. Формирање листе производа	37
7.1.2. Примена „De Minimis“ правила.....	40

7.1.3.	Избор референтног производа и формирање табеле материјала.....	41
7.1.4.	Дефинисање посебних одредби значајних за прорачун циркуларности	46
7.2.	Прорачун <i>MCIP</i> и <i>MCIC</i>	48
8.	Мере за унапређење индикатора циркуларности анализиране компаније	51
9.	Закључак	53
	Литература	55
	Прилог	57
	Хронолошки поступак одређивања циркуларности компаније.....	57
	Листа потребних формула за одређивање циркуларности на нивоу	
	компаније.....	58

Списак слика

- Слика 2.1** Приказ животног циклуса човека
- Слика 2.2** Шематски приказ животног циклуса производа
- Слика 2.3** Ток производа у линеарној економији
- Слика 2.4** Хијерархија управљања отпадом
- Слика 2.5** Приказ кружења материје у циркуларној економији
- Слика 2.6** Биолошки и технички токови материјала по циркуларном економском моделу
- Слика 4.1** Фазе и под-фазе мониторинга циркуларне економије према Европској Комисији
- Слика 5.1** Приказ материјалних токова
- Слика 5.2** Приказ материјалних токова помоћу математичких релација
- Слика 5.3** Зависност индикатора циркуларности и коефицијента употребљивости производа
- Слика 7.1** Приказ производног програма компаније „MB INTERNACIONAL“
- Слика 7.2** Приказ креативне поновне употребе полиетиленских кеса и PET амбалаже
- Слика 7.3** Приказ Excel табеле која је коришћена за прорачун циркуларности референтних производа
- Слика 7.4** Резултат индикатора циркуларности компаније добијен помоћу комбиновања фактора нормализације и MCI_p референтних производа
- Слика 8.1** Приказ корака транзиције ка циркуларној економији у једној компанији

Списак табела

Табела 2.1	Бенефити имплементације циркуларне економије
Табела 3.1	Примери добре праксе циркуларне економије у свету
Табела 3.2	Примери добре праксе циркуларне економије у Републици Србији
Табела 6.1	Дефиниција најчешће коришћених фактора нормализације
Табела 7.1	Приказ група производа компаније „MB INTERNACIONAL“
Табела 7.2	Приказ табеле „ <i>bills of materials</i> “ компаније „MB INTERNACIONAL“
Табела 7.3	Приказ добијених података о референтним производима
Табела 7.4	Приказ резултата MCI _p

Преглед коришћених ознака

C_R	Удео масе производа који се прикупља за процес рециклаже
C_U	Удео масе производа који се прикупља за поновну употребу
E_C	Ефикасност процеса рециклаже на крају животног циклуса производа
E_F	Ефикасност процеса рециклаже сировина
F_R	Маса сировине из рециклираног извора
F_U	Маса сировине добијена поновном употребом искоришћеног производа
$F(X)$	Фактор употребљивости креиран као функција коефицијента употребљивости производа
k	Број поновних употреба производа или његових компоненти пре коначног одлагања
L	Стварни просечни век трајања производа
L_{av}	Просечан животни век сличног или истог конкурентског производа на тржишту
LFI	Индекс линеарног тока
M	Маса финалног производа
M_{av}	Маса сличног производа на тржишту
MCI_P	Индикатор циркуларности материјала на нивоу производа
MCI_C	Индикатор циркуларности материјала на нивоу компаније
$m_{i(in)}$	Маса материјала који улазе у рециклажни процес
$m_{i(out)}$	Маса материјала који излазе из рециклажног процеса
N_i	Фактор нормализације
U	Стварни просечни број функционалних јединица остварених током фазе употребе производа
U_{av}	Просечни број функционалних јединица остварених током фазе употребе сличног конкурентског производа на тржишту
V	Маса сировине коришћена у производу
W	Маса неповратног отпада
W_O	Маса неповратног отпада који се одлаже на депонију или који се користи за добијање енергије
W_C	Маса неповратног отпада насталог у процесу рециклаже
W_F	Маса неповратног отпада генерисаног приликом процеса израде нових сировина, које су продукт рециклажног процеса
X	Коефицијент употребљивости производа

Преглед коришћених скраћеница

CO₂	Угљен-диоксид
ЦЕ	Circular economy (Циркуларна економија)
ЕЕА	European Environment Agency (Европска агенција за заштиту животне средине)
ЕУ	European Union (Европска Унија)
KG	Килограм, јединица за тежину
KPI	Key Performance Indicator (Кључни индикатори перформанси)
LCA	Life Cycle Assessment (Анализа животног циклуса)
MCI	Material Circularity Indicator (Индикатор материјалне циркуларности)
MW	Megawatt (Мегават, јединица за снагу – милион вати)
PE	Polyethylene (Полиетилен, врста пластичног материјала)
PET	Polyethylene teraphthalate (Поли етилен-терафталат - полимерни, пластични материјал)
PP	Polypropylene (Полипропилен, врста пластичног материјала)
RSD	Међународна ознака валуте за српски динар

1. Увод

Данас је стабилност екологије планете Земље нарушена „захваљујући“ активностима људске врсте. Ова чињеница се може доказати многобројним индикаторима, који дефинишу „здравље“ Земље, а који се погоршавају и који се сматрају глобалним проблемима. Неки од тих индикатора су: претећи помор бројних животињских и биљних врста, уништавање шума, несташица извора свеже воде, загађење воде и ваздуха, пораст нивоа мора, растућа опасност од хемикалија, разарање земљишта, рапидно опадање биодиверзитета усева, скоро потпуна зависност од необновљивих облика енергије, дестабилизација образаца климе на глобалном нивоу, итд.

Из тог разлога неопходно је интензивније развијати систем превенције претходно наведених глобалних проблема, зато што је на тај начин могуће спречити бројна загађења на самом извору њиховог стварања. Такве превентивне мере требало би да буду дефинисане у свим еколошким програмима, чији су циљеви заштита животне средине. Квалитетни еколошки програми могу утицати на побољшање нивоа еколошке свести и мењање понашања јавности у смеру одрживости, уједно фаворизујући заштиту и учешће јавности у очувању животне околине. Према Брунтланд комисији, одрживост планете се може дефинисати као развој који задовољава потребе садашње популације, не доводећи у питање могућност будућих генерација да задовоље властите потребе (World Commission on Environment and Development, 1987).

На основу последњег доступног извештаја (United Nations, 2017), људска популација је у 2017. години достигла цифру од 7,6 милијарди што доводи до чињенице да повећана потрошња разних добара покреће глобалну економију. Потрошња необновљивих извора енергије довела је до потпуног загађења животне средине, а као резултат повећане продукције, односно емисије CO₂ у атмосферу, настали су већ споменути глобални проблеми.

Интересовање за одржавање и побољшање квалитета животне средине и заштите здравља људи све више расте и уводи се у стратегије одрживог развоја.

Један од начина побољшања квалитета животне средине јесте циркуларна економија (ЦЕ), односно увођење и прихватање циркуларног економског модела у свим државама света. Тренутни економски модел пословања многих држава јесте линеарни модел, који подразумева употребу природних ресурса по принципу „произведи, искористи, баци“, те се сматра да је свет пун производа који нису еколошки прихватљиви и који су економски неисплативи.

Насупрот линеарном економском моделу који подразумева неконтролисану експлоатацију природних ресурса и проток материјала од фабрике преко корисника до депоније, појављује се циркуларни економски концепт пословања, на основу ког отпад из фабрике постаје вредна сировина у неком другом производном процесу. Циркуларни приступ продужава животни век производа на тржишту кроз његову оправку, преправку и рециклажу.

Сматрајући да је ова тема значајна за унапређење квалитета животне средине, како у свету тако и у Републици Србији, циљ овог рада јесте проверити неопходност, али и могућности имплементације циркуларне економије у Републици Србији на конкретном примеру компаније.

Након уводног, **првог поглавља**, следи **друго поглавље** у коме су детаљно објашњене основе циркуларне економије, кроз дефинисање најпре линеарног економског модела и хијерархије управљања отпадом, а затим утврђена дефиниција циркуларне економије, док ће неопходност преласка са линеарног модела пословања на циркуларни модел бити установљена на основу бенефита циркуларне економије.

У **трећем поглављу** рада анализира се развој циркуларне економије, као и примери добре праксе у свету и Републици Србији, док се у **четвртном поглављу** анализира мониторинг циркуларне економије са освртом на пројекат „*Circularity indicators*“ и његове ауторе (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Срж рада је смештена у **петом поглављу**, у ком је фокус на методологији за мерење индикатора циркуларности производа. Следи **шесто поглавље** у коме је описан начин одређивања циркуларности читаве компаније.

У **седмом поглављу** методологија за мерење степена циркуларности компаније је примењена на конкретном примеру компаније „MB INTERNACIONAL“, чија је делатност производња картонске амбалаже.

У завршном, **осмом поглављу** су анализирани и дефинисани мере за унапређење индикатора циркуларности конкретне компаније, након чега следе **закључна разматрања** везана за могућност имплементације циркуларне економије у Републици Србији.

2. Основе циркуларне економије

Економија је научна дисциплина која проучава основна правила понашања и економске законитости у економским активностима. У свакој епохи развоја, економија проучава економске активности, како друштво користи оскудне ресурсе ради производње добара и услуга и врши њихову расподелу међу члановима друштва (Веселиновић, 2010).

Управо, производња је основна људска активност, али и основа људског напретка у економском контексту. Производња се најједноставније може дефинисати као корисна друштвена активност у којој се одређени скуп материјалних елемената и различитих облика енергије претвара у производ, који задовољава одређене друштвене потребе. Човечанство се одувек бори да испуни своје потребе кроз свакодневне активности, које су у данашње време, у великој мери, штетне за околину.

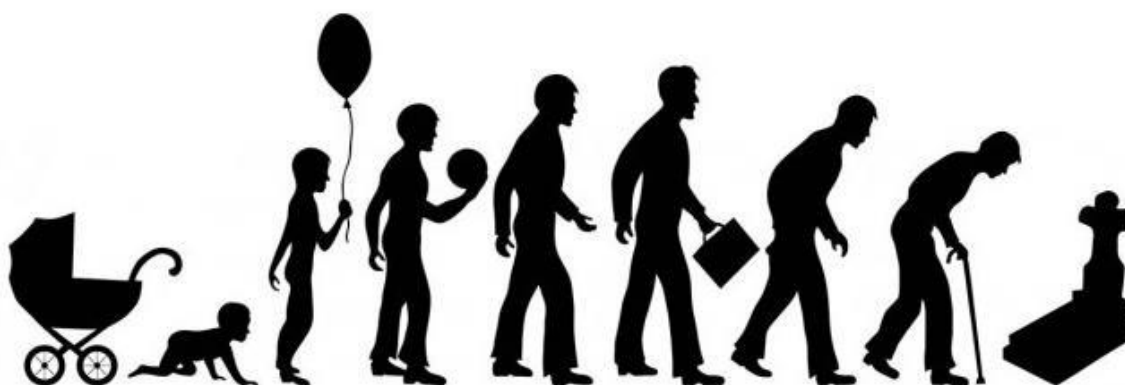
Неконтролисана потрошња ресурса је забрињавајућа те се сматра да она нарушава тренутну, али и будућу одрживост.

Према Котлеру, производ представља материјални резултат производње, који адекватно задовољава потребе и захтеве потрошача и који је намењен размени на тржишту, односно продаји (Kotler et. al, 2006).

Убрзани развој друштва, тачније броја становника на планети Земљи директно делује на развој градова и индустрије што узрокује пораст свих врста потрошње, а последица тога јесте повећање количине отпада.

Производ се сматра последицом људске активности, те га то доводи у корелацију са отпадом. Наиме, отпад и јесте производ, који је након одређеног времена постао некористан, па га је неопходно одбацити. Ова констатација може се објаснити кроз такозвани животни циклус производа.

Аналогно животном циклусу човека (Kail & Cavanaugh, 2010), који је приказан на слици 2.1, креиран је животни циклус производа.

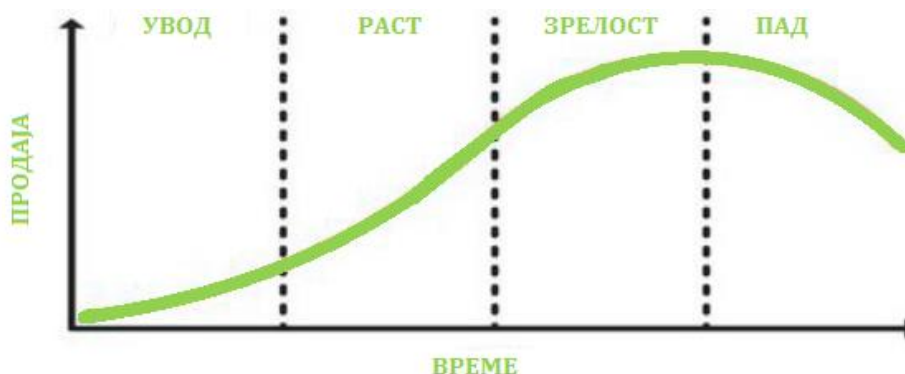


Слика 2.1 Приказ животног циклуса човека

У економији, појам животни циклус производа (енгл. *Product Life Cycle*), уведен је педесетих година прошлог века. Постојање биолошког животног циклуса, односно процес од рођења до смрти, имплементиран је на производима, што представља и разлог његовог честог коришћења у менаџменту и маркетингу.

Животни циклус производа је важан сегмент економије, зато што описује све фазе кроз које производ пролази.

Концепт овог циклуса се јавља у чињеници да се производи „рађају“, наиме, уводе на тржиште, затим снажно расту, достижу зрелост и, на крају, опадају, што је приказано сликом 2.2.



Слика 2.2 Шематски приказ животног циклуса производа

Увод производа на тржиште, у ствари, представља његову материјализацију, која обухвата дизајн производа, екстракцију природних ресурса, производњу и дистрибуцију производа. Затим, након одређеног периода, производ доживљава своју експанзију, производ има своје име, употребну вредност и препознатљив је на тржишту. У следећој фази, могуће је да се производ користи од великог броја потрошача, а да тржиште постане стабилно тако да се производ сматра зрелим. Комбинација последње две споменуте фазе се још назива и фаза потрошње производа. Након извесног времена, производ постаје превазиђен на тржишту, његова продаја почиње да опада, или је пак искоришћен од стране свог корисника, те на крају свог животног циклуса, он се сматра отпадом.

Последња фаза циклуса обухвата и активности које се односе на третирање отпада. Неки производи имају циклична кретања у последњој фази. Другачије речено, отпад је могуће трансформисати и припремити за поновну употребу, чиме се постижу знатне уштеде.

Управо ова чињеница је навела истраживаче да размишљају о економским активностима, које се односе на одлагање отпада на контролисан и ефикасан начин, али и о еколошки прихватљивом начину производње, чиме се и дошло до успостављања новог економског модела, који се назива циркуларни економски модел.

Управљање отпадом јесте један од приоритетних проблема у домену заштите животне средине у свету, који обухвата низ мера и стратегија, а сматра се посебном научном дисциплином.

Циркуларна економија је развијена као један од најважнијих иницијатора ефикасног управљања отпадом, чиме се утиче и на смањење екстракције нових сировина.

Међутим, како би се прецизно дефинисала циркуларна економија, неопходно је прво разумети шта представља линеарна економија, односно производња добара по линеарном економском моделу.

2.1. Линеарни економски модел

Претходно објашњени животни циклус производа садржи четири основне фазе, које се одвијају на тржишту и циљ дизајнирања једног производа јесте да његов животни циклус буде што дужи.

Међутим, актуелни модел производње добара заснован је на трансформацији ресурса у готове производе и њихово одлагање, чиме животни циклус производа није еколошки подобан, што се може и доказати одређеним анализама, као што је анализа животног циклуса производа (енгл. *Life cycle assessment - LCA*).

Такав начин производње се назива линеарни економски модел и функционише по принципу „узми – направи/користи – одложи“ (енгл. *„take – make/use – dispose“*).

Слика 2.3 даје приказ кретања производа и енергије у линеарној економији кроз пет фаза (Вие, 2015).



Слика 2.3 Ток производа у линеарној економији

Линеарни модел производње никада није био одржив и еколошки прихватљив нити економски исплатив, али поготово данас, када су нивои искоришћености природних сировина готово прекорачени и када је ниво загађености планете Земље, алармантан, примена овог модела се сматра временски ограниченом, како са практичног, тако и са економског аспекта.

Економски модел оваквог типа се састоји од екстракције ресурса, затим коришћења истих у процесу производње, дистрибуције произведених производа, пласмана на тржиште, употребе производа од стране потрошача, као и од одлагања производа, у сада већ форми отпада.

Линеарна економија ствара многобројне проблеме, од којих се као најзначајнији могу посматрати велике количине генерисаног отпада. Према званичним подацима Светске банке, просечна количина генерисаног отпада по становнику износи 1.2 kg, на дневном нивоу (World bank, 2012).

Као што се и може уочити на основу слике 2.3, линеарни економски модел је једносмеран, односно у свакој својој фази, систем је у међузависности са окружењем, друштвом, економијом и околином, те се сусреће са бројним ограничењима.

2.1.1. Фаза екстракције сировина

Екстракција сировина, у најширем смислу, подразумева ископавање и вађење руда, а затим и крчење великих површина шума, у циљу добијања одговарајућих материјала за процесе производње.

Ова активност оставља негативне последице на животну средину, као што су загађење воде и угрожавање живих бића. Такође, током екстракције материјала из унутрашњости или са површине земље, поред сировина добијају се и велике количине рударског, пољопривредног и другог отпада.

Како број становника на Земљи расте, расте и потражња за ресурсима, што доводи до закључка да већ у фази екстракције сировина, постоје ограничења и проблеми, које са собом носи линеарна економија.

2.1.2. Фаза производње

Фаза производње подразумева процес где се природне сировине, обично уз додавање одређених хемикалија, а уз помоћу различитих врста енергије, трансформишу у финални производ намењен потрошњи.

Треба нагласити да се током производног процеса може директно утицати на ефикасност коришћења природних ресурса.

Проблем ове фазе линеарне економије, који се може уочити, потиче од употребе нових природних сировина и употребе отровних хемикалија, као и непостојања адекватних тестова који оцењују негативан ефекат тих хемикалија на животну околину.

Осим еколошких негативних фактора, ова фаза линеарне економије осликава и друштвене негативне факторе, као што је настанак урбанизације, односно миграције становништва ка градским центрима, који су уједно и центри индустрије.

2.1.3. Фаза дистрибуције производа и њихово пласирање на тржиште

Потрошња производа у циљу задовољавања људских потреба, константно расте, те је неопходно да се производи на адекватан начин дистрибуирају до потрошача.

Фаза дистрибуције производа и њихово пласирање на тржиште се односи на операције које се предузимају у сегменту транспорта, складиштења и дистрибутивног сектора.

На глобалном нивоу, за дистрибуцију производа потребне су велике количине енергије.

Ова фаза има изразите негативне утицаје на околину, али превентивне мере које се предузму баш у фази дистрибуције производа, могу да имају јак утицај на количину загађивача који ће се произвести у фази потрошње. Првенствено се мисли на количине генерисаног отпада.

2.1.4. Фаза потрошње производа

Фаза потрошње представља економску фазу у којој се финални производ користи за задовољење потреба и представља крајњи циљ укупног економског учинка друштва.

Са напретком човечанства, расту и људске потребе а самим тим и фаза потрошње, једноставније речено, људи купују производе свакодневно и тиме се одржава проток материјала. Међутим, проблем ове фазе настаје приликом генерисања отпада. Потражња за новијим, модернијим производима ескалира, што утиче на одлагање производа на депоније, а ти производи или компоненте производа су често још увек употребљиве.

2.1.5. Фаза одлагања

Фазом одлагања производ постаје бескористан и стиче статус отпада, чиме се једносмерни ток производа завршава.

Међутим, као и у свим осталим фазама линеарног економског модела и у фази одлагања постоје бројни проблеми, који се односе на загађивање земље, воде и ваздуха, односно читаве животне средине.

Одређеним методама могу се спречити проблеми, које са собом доноси фаза одлагања производа, односно фаза стварања отпада. Све те методе се морају спровести у периоду док отпад није настао или није предат систему за сакупљање отпада.

Како би се количине генерисаног отпада смањиле, неопходно је спровести превентивне мере и то по приоритетном редоследу.

2.1.5.1. Хијерархија управљања отпадом

Хијерархија управљања отпадом представља редослед приоритета у пракси управљања отпадом. Тај редослед омогућава да се отпадом управља на начин којим се постиже најбољи ефекат по заштиту животне средине. Приликом примене хијерархије управљања отпадом узимају се у обзир принципи заштите животне средине, предострожности и одрживости, техничке изводљивости и економске вредности, заштите ресурса, као и укупан утицај на животну средину, здравље људи, затим економски и социјални утицаји (Службени гласник РС, број 36/2009).

На основу хијерархије управљања отпадом, јасно се закључује да ефикасно управљање отпадом може се постићи применом концепта „4R“ (FNQLSDI, 2008), који укључује:

- превенцију стварања отпада на самом извору „*reduce*“,
- поновну употребу отпада – „*reuse*“,
- рециклирање – „*recycle*“
- искоришћење енергије из отпада – „*recover*“ .

Приоритетни редослед опција управљања отпадом приказан је на слици 2.4.



Слика 2.4 Хијерархија управљања отпадом

Основни приоритет управљања отпадом је смањење потражње за новим природним ресурсима, а затим избегавање стварања отпада, што би требало да се постигне превенцијом, односно техникама које се предузимају пре него што производ постане отпад. Такође, ова техника подразумева и смањења употребе материјала у производима.

Наредна техника управљања отпадом јесте припрема за поновну употребу. Наиме, уколико се отпад већ створио, неопходно је да се цео производ или, бар, његове компоненте поново употребе у фази потрошње, што се постиже поправком производа или пак поново употребе у фази производње, где се искоришћене компоненте користе уместо нових сировина.

Некада се дешава да поправка није могућа, те се онда предност пружа рециклажи, односно техници под којом се подразумева издавање материјала и супстанци из отпада, у циљу поновног коришћења таквих материјала у процесима производње.

Под условом да није могуће применити ниједну од три споменуте технике, приступа се искоришћењу отпада у циљу добијања енергије, где се отпад спаљује ради добијања топлотне или електричне енергије. Постоји могућност да овакво искоришћење отпада не би било енергетски ефикасно, те се у том случају, примењује најмање пожељна техника управљања отпадом, а то је одлагање отпада на депоније, којом се отпад трајно елиминише и чиме се његов животни циклус завршава.

У циљу заштите животне средине и постизања одрживости, успостављене су споменуте превентивне мере настајања отпада или другим речима, утврђена је идеја оптимизације ресурса, односно коришћења отпадног материјала насталог у процесу производње у поновном процесу производње исте или друге врсте производа, поновне употребе, затим рециклаже производа, дељење производа или услуга међу потрошачима уместо куповине, итд.

Све ове идеје су временом дефинисале савремен концепт циркуларне економије, који је и даље еволутиван.

2.2. Циркуларна економија

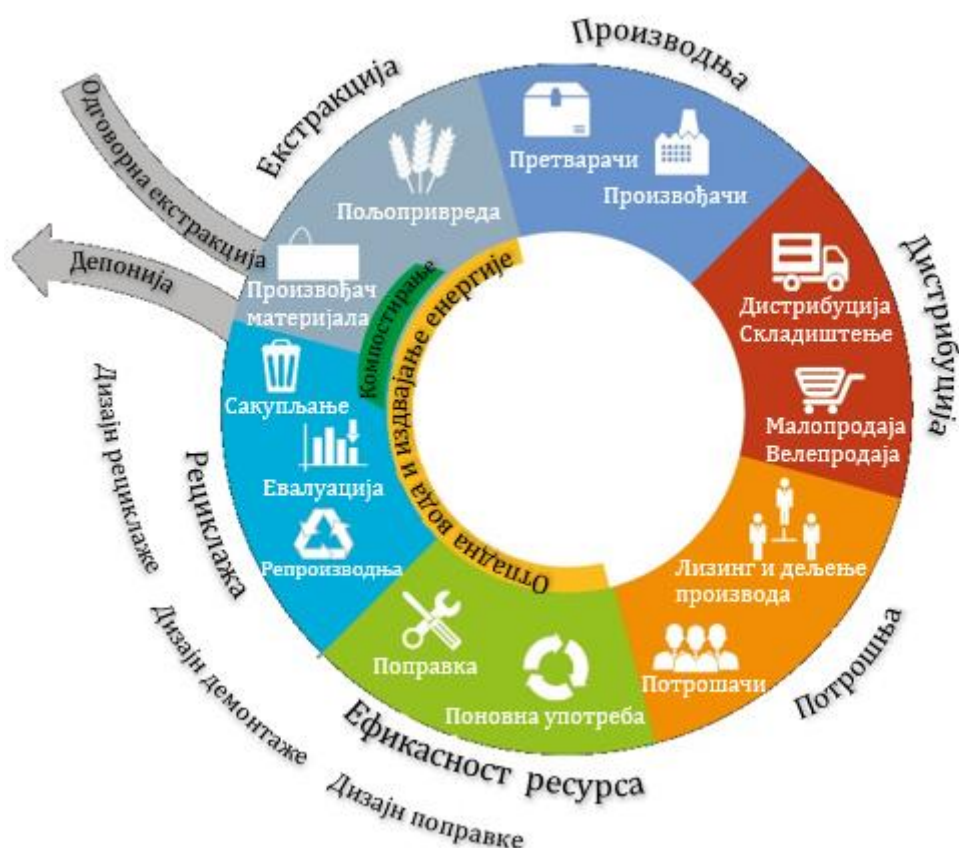
Након анализе линеарне економије и представљања хијерархије управљања отпадом, могуће је концизно дефинисати циркуларну економију, зато што се она сматра као приступ који интегрише економију и систем управљања отпадом.

Животни циклус производа по циркуларном економском моделу представља изразити контраст линеарном моделу, зато што уместо кретања материје и енергије у једном смеру, у циркуларној економији егзистира кружно кретање материје и енергије.

Циркуларна економија је приступ који трансформише функцију ресурса у привреди – отпад из фабрике постаје вредна сировина у неком другом производном процесу, а сами производи могу бити поправљени, поново искоришћени или унапређени уместо да буду (од)бачени (Ђурета et al., 2016).

Наиме, у системима циркуларне економије вредност производа се задржава што је дуже могуће, а стварање отпада се своди на минимум.

Примарни циљ циркуларне економије јесте креирање такозване затворене петље, где у животном циклусу производа не постоје фаза екстракције сировина и фаза одлагања будући да материјали константно циркулишу. Међутим, како је циркуларна економија још увек у фази развоја, ове две фазе се спомињу у животном циклусу производа као фазе које је неопходно максимално смањити и на тај начин формирати „zero extraction“ и „zero waste“ животни циклус производа.



Слика 2.5 Приказ кружења материје у циркуларној економији

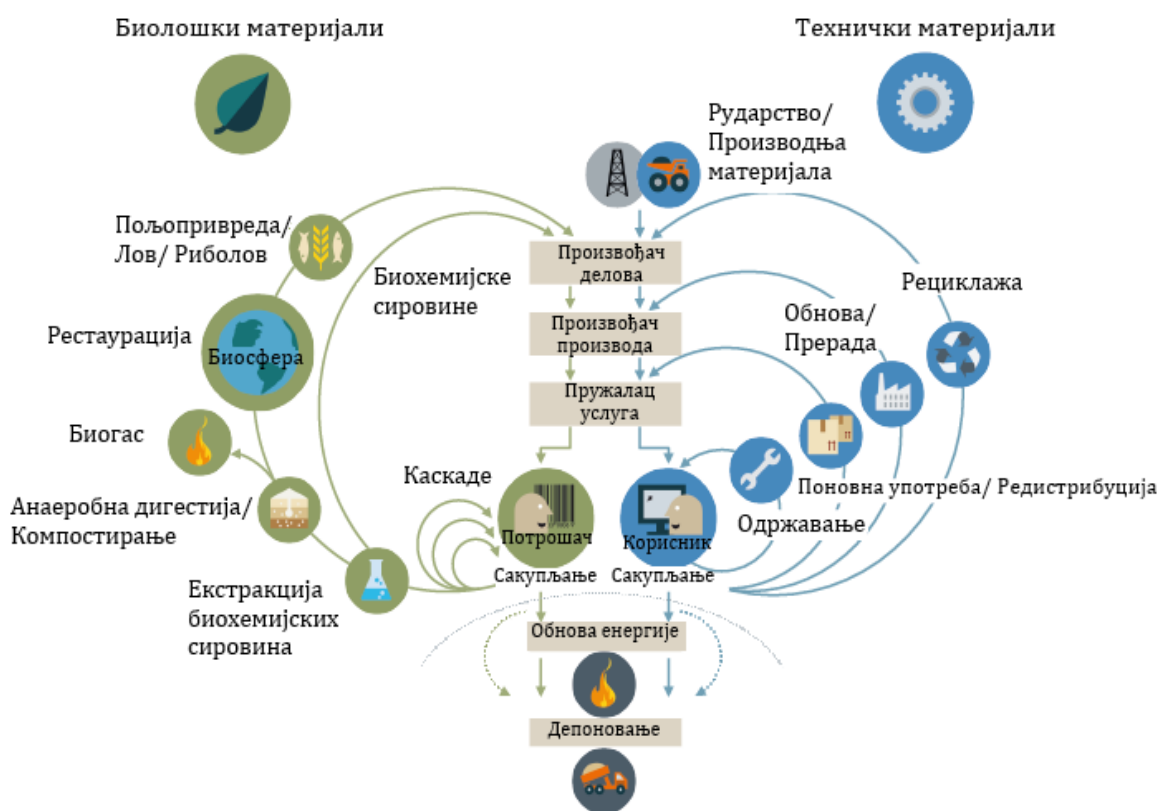
На слици 2.5 (Anthesis Group, 2017) приказан је кружни ток производа који је дизајниран по моделу циркуларне економије. Слика показује ток животног циклуса од екстракције, производње, дистрибуције, потрошње, ефикасне употребе производа, рециклаже. На шеми су приказани токови одговорне екстракције сировина и ток одлагања отпада, али тежња циркуларне економије јесте да се ова два тока што више смање, тако да се животно циклус производа трансформише у затворени круг, као што је већ речено.

Циркуларна економија је обновљива, а за циљ има да одржи корисност производа, компоненти и материјала и задржи њихову вредност. Такође, циљ циркуларне економије јесте нижи притисак производње на животну средину, односно еколошки отисак (енгл. *ecological footprint*) повезан са експлоатацијом ресурса, емисијама и одлагањем отпада.

Применом циркуларне економије настоји се да се природним материјалима управља што ефикасније током њиховог животног века.

Постоје две основне врсте токова материјала у циркуларној економији (Ellen MacArthur Foundation, 2015):

- биолошки материјали, који изнова улазе у биосферу како би изградили природни капитал, и
- технички материјали високог квалитета и високе додатне економске вредности, који су пројектовани на такав начин да круже на тржишту, али да не улазе у биосферу.



Слика 2.6 Биолошки и технички токови материјала по циркуларном економском моделу

На слици 2.6 (Braungart & McDonough, 2002) илустративно су приказани токови биолошких и техничких материјала. На основу слике долази се до закључка да се принцип циркуларне економије заснива на дизајнирању производа, а самим тим се већ при дизајнирању утиче на количину отпада који се ствара. Како би се разумео концепт циркуларне економије, значајно је разумети разлику између потрошних (биолошких) и трајних, издржљивих (техничких) материјала. Када се говори о биолошком току материјала, спомињу се каскаде које омогућавају разноврсну поновну употребу у ланцу снабдевања, односно потребе за новим ресурсима замењују се већ постојећим материјалима, укључујући симбиозу. Такође, битно је избегавати контаминацију материјала ради повећања ефикасности поновне употребе уз задржавање квалитета производа. Насупрот потрошним материјалима, технички материјали, од којих су на пример произведени електронски уређаји, нису погодни за контакт са биосфером, те се по концепту циркуларне економије такви материјали дизајнирају од самог почетка за поновно коришћење, демонтажу, поправку, прераду, надоградњу, рециклажу, итд. Кроз циркуларни животни циклус производа од суштинског је значаја користити само обновљиву, зелену енергију.

Појам циркуларне економије често се грешком меша са појмом рециклаже. Применом циркуларне економије, од саме идеје за креирање производа размишља се о томе како да се дизајнира производ, који је што више модуларан, који може да се допуњава, одржава, прерађује и на крају да се рециклира. Из претходног следи да рециклажа представља само један од сегмента циркуларне економије.

2.2.1. Бенефити и баријере за имплементацију циркуларне економије

Имплементација циркуларне економије је јако комплексна активност зато што су за прелазак са линеарне економије на циркуларну економију потребне промене у читавом ланцу вредности производа, од дизајна и нових пословних модела, преко нових начина претварања отпада у ресурсе, до нових начина понашања потрошача.

Усвајање циркуларне економије на макро и микро нивоу са собом носи бројне бенефите, који се могу сврстати у три основне групе: економске, друштвене и еколошке бенефите. Неке од кључних предности транзиције линеарне економије ка циркуларној приказане су у табели 2.1.

Табела 2.1 Бенефити имплементације циркуларне економије

Р.Б.	Листа кључних бенефита имплементације циркуларне економије
1.	Иновативнији и ефикаснији начини производње и потрошње.
2.	Заштита компанија од недостатка ресурса и нестабилних цена.
3.	Могућности за локалне послове и социјалну интеграцију.
4.	Оптимизација управљања отпадом која повећава удео рециклаже и смањује одлагање на депоније.
5.	Уштеда енергије; мањи број производних процеса захтева мање енергије.
6.	Предности за животну средину у смислу климе и биодиверзитета, загађења ваздуха, тла и воде.

Бенефити приказани у претходној табели уједно представљају и разлоге неопходности преобликовања линеарног модела пословања.

Предности преласка на циркуларну економију у читавом свету могле би бити значајне. Као најбитнија се може навести смањивање притисака на животну средину, али не сме се заборавити ни ублажавање високе зависности држава од увоза. Растућа глобална конкуренција за природне ресурсе допринела је значајном повећању нивоа цена и нестабилности. Стратегије циркуларне економије могле би резултирати значајним уштедама, повећањем конкурентности светске индустрије и пружањем друштвене користи у виду могућности за запошљавање, отварањем нових радних места.

Колико год да циркуларна економија има предности са сва три аспекта одрживости, појављују се и одређене баријере за њену 100% имплементацију. Иако многи сматрају да баријере за имплементацију циркуларне економије креирају заговорници линеарне економије, то није истина, зато што су баријере и те како очигледне.

Као што је већ речено, циркуларна економија има за циљ превенцију стварања отпада и ефикасну екстракцију ресурса кроз одговорно дизајнирање производа. Међутим, концепт циркуларне економије је још увек немогуће у потпуности усвојити зато што постоје првенствено временска ограничења. Временска ограничења се везују за то да неки материјали имају ограничени рок и да се не могу непрестано поново употребљавати, одржавати, поправљати, па ни рециклирати, што циркуларну економију доводи до чињенице да је затварање петље на неодређено време немогуће. Репрезентативан пример је папир, чије је рециклирање ограничено на одређени број циклуса или пак опасни отпад, као што су жива или азбест, који се уопште не могу рециклирати нити поново употребљавати, већ њихов животни циклус мора тећи по линеарном моделу.

Друга баријера се појављује у самим компанијама, које би требало да имплементирају циркуларну економију у свој модел пословања. Наиме, сматра се да циркуларна економија за компаније може бити контрапродуктивна, уколико је на пример, цена опоравка или цена рециклажног процеса виша од цене куповине нових сировина.

Када се говори о циркуларној економији, увек се као њене предности прво наводе еколошке и економске, а тек онда друштвене или социјалне. Теоретичари сматрају да циркуларни економски оквир не мора испунити све димензије одрживости, зато што и приликом имплементације циркуларне економије, основне потребе људи на глобалном нивоу и даље могу бити подриване злоупотребом моћи, нездравим или неправичним радним и животним условима или непоштовањем људских права.

Битно је напоменути да је највећа баријера за имплементацију циркуларне економије недостатак правне регулативе у тој области, као и недостатак смерница о начину имплементирања концепта. Постоји само једна међународна призната стандардизација у погледу перформанси циркуларности материјала „*BS 8001:2017 Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations*“ и тај стандард циркуларне економије је развијен од стране Британске институције за стандарде.

3. Примена циркуларне економије у свету и Републици Србији

Иако се за концепт циркуларне економије зна већ више од 20 година, овај концепт је релативно новијег датума и сматра се да је још увек у фази развоја.

3.1. Примена циркуларне економије у свету

Прва држава која је званично имплементирала идеје циркуларности материјала у своје законодавство јесте Немачка. Године 1996. усвојен је Закон о отвореном циклусу управљања отпадом. У Јапану је 2000. године донет Закон о успостављању друштва заснованог на рециклирању (Environment Agency Japan, 2000), што је представљало корак транзиције линеарне економије ка циркуларној.

До сада, највећи напредак у транзицији ка циркуларној економији су оствариле Народна Република Кина и Европска унија.

Кина је 2009. године усвојила Закон о промоцији циркуларне економије чиме су по први пут створене правне и политичке основе и започете активности усмерене ка промоцији концепта циркуларне економије. Након промотивних активности у циљу подизања свести грађана и привреде о концепту циркуларне економије, његовим предностима, активностима централне владе и резултата које су ове активности постигле, 2013. године донета је Стратегија за развој и акциони план циркуларне економије. Циљ овог документа јесте увођење циркуларног пољопривредног система, индустријског система и система услуга који ће подстаћи развој индустрије рециклаже ресурса (Радивојевић, 2018).

Сматра се да је иницијатор за имплементацију овог концепта у Европској унији био документ „*Manifesto for a Resource Efficient Europe*“, објављен 2012. године од стране Европске комисије. Наиме, у овом документу је јасно објашњена тренутна ситуација у свету са растућим притисцима на ресурсе и животну средину, у којој ЕУ нема другог избора осим да пређе на регенеративну циркуларну економију. Такође, 2012. године Фондација „*Ellen MacArthur*“ је започела са промоцијом циркуларне економије кроз припрему и издавање бројних извештаја.

Хоризон 2020, који је започет 2014. године, а који представља највећи финансијски програм истраживања и иновација ЕУ икада, подржава транзицију ка циркуларној економији у Европи. Европска унија, такође, подстиче прилагођавања у фази производње кроз Европски центар за извршност у ефикасном коришћењу ресурса (енгл. *European Resource Efficiency Excellence Centre*).

Европска комисија је 2014. године усвојила стратегију „*Towards a circular economy: a zero waste programme for Europe*“, која тежи успостављању заједничког оквира ЕУ за промоцију циркуларне економије, односно економије која своје производе користи на одрживи начин, док је крајем 2015. године, усвојила пакет под називом „*Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*“. Овим акционим планом дефинишу се конкретни и амбициозни програми, са мерама које покривају цео животни циклус производа, од производње и потрошње до управљања отпадом и тржишта секундарних сировина (European Commission, 2015).

Према подацима Европске комисије, мере дефинисане у пакету циркуларне економије, као што су превенција отпада, екодизајн и поновна употреба могу утицати на годишње уштеде и до 600 милијарди еура, што представља око 8% годишњег промета на територији ЕУ. Истовремено превентивне мере могу деловати и на смањење укупне годишње емисије гасова стаклене баште за 2-4%.

Од 2017. године постоји један признати стандард у овој области, који је већ споменут, док последњу фазу процеса циркуларне економије чини акциони план о имплементацији исте који је објављен у јануару 2018 (European Commission, 2018). Овај пакет мера јесте најзначајнији, али свакако и најсложенији зато што обухвата примену мера која се односи на:

- ток пластике по циркуларном економском моделу,
- међусобне повезаности између законодавства о хемикалијама, производима и отпаду,
- мониторинг о напретку ка циркуларној економији на нивоу ЕУ и на националном нивоу,
- извештај о критичним сировинама и циркуларној економији.

3.1.1. Примери добре праксе циркуларне економије у свету

У табели 3.1 дат је кратки опис примера добре праксе циркуларне економије у свету.

Табела 3.1 Примери добре праксе циркуларне економије у свету

Слика производа или лого компаније	Сажет опис имплементације циркуларне економије у одређеној компанији
	Батерије су често коришћен производ, те треба спречити њихово одлагање на депоније, јер могу проузроковати проблеме у околини. Свака батерија којој је прошао век употребе постаје опасан отпад који се мора збринути на безбедан начин. Америчка компанија „Energizer“ прва је на светском тржишту имплементирала циркуларни ток алкалних батерија, тако што је своје батерије подвргла технолошком процесу рециклаже, а резултат тога јесте смањење примарне производње материјала и енергије, као и мање емисије живе, олова и кадмијума из простора за уништавање отпада. Ова компанија је произвела „ЕсоAdvanced“ алкалну батерију, за чију производњу су улазне сировине биле рециклиране компоненте старих, истрошених батерија и акумулатора. (www.energizer.com)



Америчка компанија „FORD“ је један од водећих лидера аутомобилске индустрије, те као таква је била приморана да свој концепт пословања трансформише ка циркуларном моделу. Компанија је развила Стратегију тока материјала, на основу које се приликом процеса производње аутомобила, користе једино одрживи материјали, које је могуће поново употребити, поправити, одржавати или пак рециклирати. Пословање компаније је допуњено партнерством са другим индустријама и пољопривредним заједницама, односно компанија користи нус-производе из других компанија и пољопривреде као улазне сировине у производном процесу. На пример, „FORD“ прерађује старе амбалаже од детерџента, направљене од полиетилена високе густине, као и старе боце од млека, па прерађене материјале користи за израду шупљих пластичних аутомобилских компоненти. На тај начин, компанија утиче на смањење пластике на тржишту, која се данас сматра озбиљним еколошким проблемом. (www.ford.com)



„Timberland“ је компанија која се бави производњом обуће са седиштем у Сједињеним Америчким Државама. Ова компанија промовише циркуларну економију кроз више сегмента. Најпре она промовише дужи животни циклус својих производа кроз њихову поновну употребу и рециклирање, те у многим малопродајним објектима „Timberland“, могуће је да потрошачи донесу своју стару обућу, коју ће накнадно компанија трансформисати у нове производе. Настоји се да се потрошачи чак и мотивишу одређеним премијама или попустима, како би овакве активности заживеле. Осим тога, компанија за улазне сировине користи чак и прерађене аутомобилске гуме и PET боце. (www.timberland.com)



„Danone“ је француска мултинационална корпорација прехранбених производа са седиштем у Паризу, која је фокусирана на дистрибуцију свежих млечних производа, хране за бебе, воде, као и медицинских додатака исхрани. Од свог оснивања, ова компанија промовише здрав живот људи и његове околине. Основна амбиција ове корпорације јесте производња квалитетних производа, којом се смањује употреба природних ресурса, а такође омогућава и раст пословања, односно прихода. Компанија се веома залаже за имплементацију циркуларне економије и то кроз употребу одрживих ресурса и врста амбалаже, оптимизацију масе амбалаже, еко-дизајн, укључивање јавности у активности имплементације ЦЕ, поновном употребом пластике и других штетних материјала, итд. (www.danone.com)



Практичан пример, којим се постиже превенција стварања отпада кроз циркуларну економију јесте „Clothes library in Sweden - Klädoteket“. Наиме, ова организација функционише аналогно раду библиотеке, с том разликом што се позајмљује гардероба уместо књига. Идеја је да људи могу да обнове своју гардеробу, без великих трошкова и без стварања отпада. Чланство у овој тзв. „библиотеци“ се наплаћује за шест месеци и износи око 40 евра. Чланови могу да позајме три ствари на три недеље, после чега су дужни да их врате. Уколико се деси оштећење гардеробе, неопходно је да корисник купи нову, коју ће вратити у „библиотеку“. У Шведској, оваквом применом превенције стварања отпада се остварују знатне уштеде. (www.kladoteket.se)



Дизајнер Стив Хаслип је дизајнирао производ по циркуларном економском моделу, такозвани „Hangerpak“, који представља мултифункционалну амбалажу. Ово паковање решава три основна проблема код дизајна амбалаже: обезбеђује паковање за транспорт и пренос робе, еколошки је оријентисано и може лако да се рециклира, али се може и трансформисати у предмет, који је у интеракцији са производом који је упакован. Наиме, на амбалажи се налази кратко упутство о томе, како да се претвори у офингер за качење мајице. Овај пример еко-дизајна минимизира отпад, зато што нема потребе да се баца кутија у којој је била спакована мајица. Као друга предност овог примера, појављује се штедна новца, јер није непоходна куповина новог офингера, што узрокује и смањење природних ресурса, али и енергије у процесу производње. (www.packagingoftheworld.com)



Амброзија (лат. *Ambrosia artemisiifolia*) је род инвазивних корова, једна од најпознатијих и најопаснијих алергених биљака на свету. Ова биљка се не сме и не може узгајати, а ствара несагледиве штетне последице по људско здравље, екологију и пољопривреду, те је у Босни и Херцеговини створена идеја о биолошком циркуларном току амброзије. Наиме, породична кућа Вујић је прва кућа у региону у којој је имплементирана линија за млевење амброзије и прављење пелета за грејање. У овом примеру је и те како приказан концепт циркуларне економије, зато што се за грејање објекта користи штетна биљка по околину уместо необновљивих извора енергије, на пример угља. (www.agroklub.com)

3.2. Примена циркуларне економије у Републици Србији

Уколико се разматра имплементација циркуларне економије у Републици Србији, може се лако закључити да се она налази у почетној фази. Међутим, ресурси на земљи нису бескрајни, производи се креирају по врло ниским ценама, а потом користе и бацају, што доводи до чињенице да је у Србији, неопходно преобликовати садашњи линеарни модел производње.

Управљање отпадом и одговорна екстракција ресурса у Србији је основно питање заштите животне средине и једно је од најзахтевнијих области, у контексту усклађивања са ЕУ регулативом, која се састоји од многобројних правних аката.

Због недовољног образовања становништва, у Србији производи имају изузетно краatak животни циклус, што је утицало на креирање око 3.500 дивљих депонија, док санитарних регионалних депонија постоји само 8. Према подацима Републичког завода за статистику и Агенције за заштиту животне средине Републике Србије, укупна генерисана количина комуналног отпада у милионима тона за 2014. годину износи 2,13, док се свега 5-7% од тога прерађује. Због неадекватног третирања отпада, Србија губи негде око 250 милиона евра годишње, што је озбиљан новац који је потребан домаћој економији.

Имплементацијом циркуларне економије побољшаће се сама економија Србије и појавиће се могућности за отварање нових радних места. Међутим, примена концепта циркуларне економије у Србији је неминовна зато што данас, он егзистира у свим европским, законским прописима, које државе кандидати за чланство у ЕУ морају да усагласе и усвоје у свом законодавству.

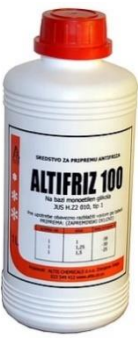
Из овог разлога, у сарадњи са Привредном комором Србије и надлежним министарствима, а уз подршку немачког друштва за међународну сарадњу (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GIZ*), припрема се Стратегија увођења циркуларне економије у сектор управљања отпадом у Србији. Осим тога, исти иницијатори покренули су на националном нивоу сагледавање стратешког значаја транзиције српске привреде ка циркуларном моделу кроз пројекат „Управљање отпадом и отпадним водама у општинама – IMPACT“.

3.2.1. Примери добре праксе циркуларне економије у Републици Србији

Иако је циркуларна економија Републике Србије тек у зачетку, неке компаније већ примењују тај концепт у свом пословању. Репрезентативни примери добре праксе циркуларне економије у Републици Србији, приказани су у табели 3.2.

Табела 3.2 Примери добре праксе циркуларне економије у Републици Србији

Слика производа	Сажет опис имплементације циркуларне економије у одређеној компанији
	Фабрика „FERLO“ са седиштем у Чачку бави се производњом водоотпорних еко плоча, које представљају грађевински материјал који се састоји од пресованих делића рециклираног тетрапака. Овај српски производ је 100% еколошки зато што 90% његовог састава чини рециклирани тетрапак, док се у

	малом проценту додаје отпадна пластика. Како се у саставу производа не могу наћи лепкови, адитиви и формалдехиди, сматра се да је производ одржив. (www.feplo.rs)
	Бренд „SK8RINGS“ потиче из Крагујевца, а представља ручну израду производа рециклирањем старих скејтборд дасака. „SK8RINGS“ у понуди има широк спектар производа, као што су различите врсте накита, наочаре за сунце, футроле за мобилне телефоне, па чак и гитаре. (www.sk8rings.net)
	„ECO-RECYCLING“ је једна од српских компанија, која функционише према принципима циркуларне економије. Компанија се налази у Новом Саду и класификује се као прва фабрика у Србији која се бави рециклажом отпадних ауто и теретних гума као и осталог гуменог отпада. Поступак рециклаже гуменог отпада је 100% еколошки, нема никаквог штетног утицаја на животну средину нити се ствара било каква даља отпадна супстанца. Производњом гуменог гранулата који улази у поновни циклус употребе, чувају се природни ресурси. Добијени финални гумени гранулати се користе за саобраћајну инфраструктуру, за подлоге спортских терена, дечја игралишта, поплочавање шеталишта, башта и простора око базена, изолацију кровова, звучне баријере у грађевинарству, итд. (www.eco-recycling.rs)
	Антифриз је смеша гликола, воде и адитива у пропорцији која обезбеђује ниску тачку мржњења и високу тачку кључања воде, као и заштиту од корозије у расхладним и грејним системима. Међутим, истрошени антифриз се категорише као опасни отпад и углавном свој животни циклус завршава у водотоковима, што има негативни утицај на животну средину и здравље човека. Ресурси за производњу антифриза су природног порекла, али су ограничени и исцрпиви, а како основне компоненте у истрошеном антифризу нису претрпеле промене, пожељно је да се изврши његова регенерација, како би се издвојиле непожељне материје и поновно вратиле у употребу све хемијски непромењене компоненте. Овај метод регенерације антифриза у Србији је још увек у пробној фази, а обавља га „Altis Chemicals“ компанија, која кроз тај метод показује интересовање за циркуларну економију. (www.altis.co.rs)

4. Мониторинг циркуларне економије

Мониторинг или праћење напретка ка циркуларној економији је изазован и тежак задатак, зато што развој циркуларне економије није ограничен на одређене материјале, производе или секторе. Сматра се да је то системска промена која утиче на целокупну економију и укључује све производе и услуге, у различитим секторима. У развијеним државама мониторинг циркуларне економије обављају државна тела одговорна за развој и имплементацију циркуларне економије.

Мониторинг циркуларне економије се врши на основу индикатора, који првенствено треба да обухвате трендове у очувању економске вредности производа, материјала и ресурса али и трендове у производњи отпада. Мониторинг може бити обављен и на основу индикатора продуктивности ресурса и потрошње ресурса.

У општем смислу, индикатором се сматра одређени показатељ стања неке појаве. Индикатор се састоји од података, који су сакупљени и сортирани по унапред дефинисаним критеријумима, зато они могу да се употребљавају у различитим областима. На основу индикатора се обављају различита оцењивања, класификације, процењивања, али и предвиђања. Они су веома значајни алати при економским проценама на микро и макро нивоу. Комбиновањем индикатора се добијају још комплекснији показатељи који се називају индекси. Углавном се индекси, као и индикатори одређују на основу међународно усвојених стандарда.

У овом раду биће детаљно анализирани индикатори који показују степен циркуларности компаније, односно у којој мери једна компанија послује по концепту циркуларне економије.

Основни концепт циркуларне економије приказује систем производње и потрошње производа, који се ослања на рециклажу, поновну употребу, поправку, поновну производњу, дељење производа, промену начина потрошње производа, као и нове пословне моделе и системе.

Не постоји један индикатор којим се може одредити степен циркуларности производа или пак читаве компаније, већ се он одређује на основу бројних индикатора, који директно или индиректно доприносе развоју циркуларне економије.

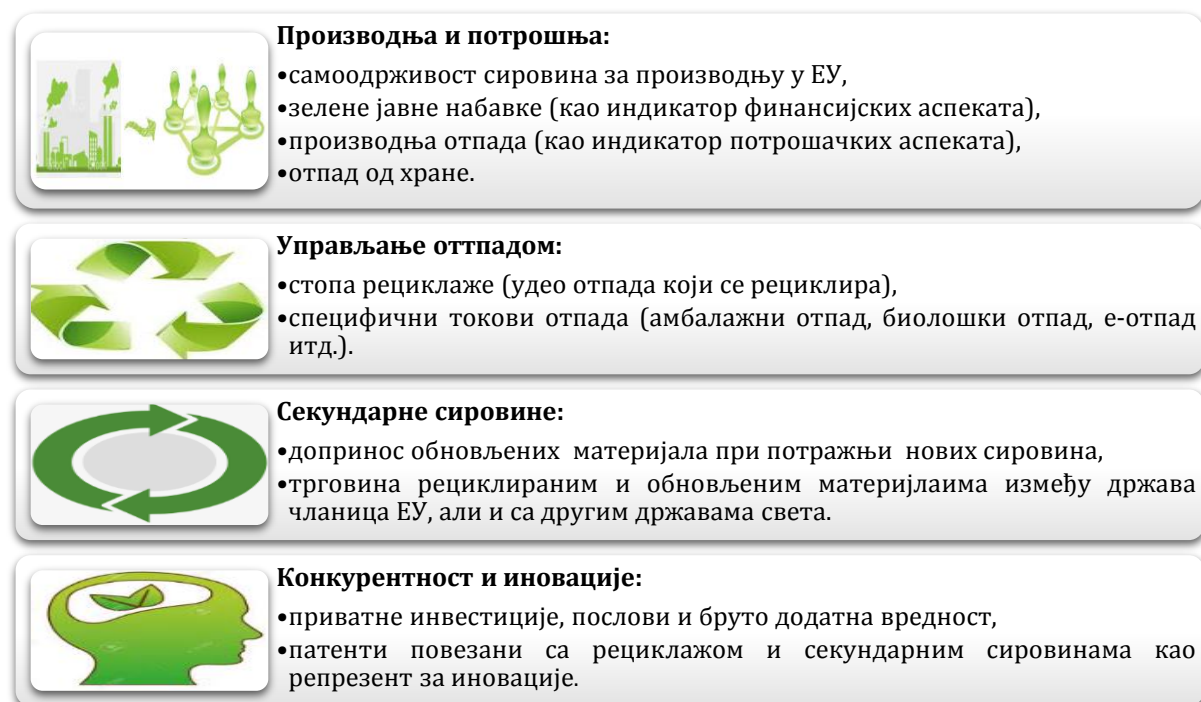
Одређене организације су развиле велики број показатеља, који се односе на животну средину и природне ресурсе. Многе групе индикатора из тих области могу бити релевантне за циркуларну економију.

На основу података објављених од стране Европске Комисије, приликом одређивања степена циркуларности, разматрају се активности који се односе на:

- смањење потребе за екстракцијом нових ресурса, чиме се повећава сигурност необновљивих сировина и минимизирају негативни притисци на животну средину,
- социјално понашање људи, којим се описује свест грађана, као и њихово ангажовање и учешће у циркуларној економији,
- пословне операције, такозване операције еко-иновација, које стимулишу промену и прилагођавање пословних модела у складу са основама циркуларне економије (European Commission, 2018).

Наиме, Европска комисија врши мониторинг циркуларне економије помоћу четири фазе мониторинга, које су подељене у такозване, под-фазе и којих има десет, а које су у директној корелацији са већ побројаним активностима.

Фазе мониторинга циркуларне економије са својим под-фазама су приказане на слици 4.1, а прва фаза се односи на праћење активности производње и потрошње производа, које су од суштинског значаја за разумевање напретка ка циркуларној економији. Домаћинства и економски сектори треба да смањују генерисану количину отпада, зато што у дужем временском периоду, то има позитиван утицај на животну средину, али и екстракцију нових сировина. Друга фаза се односи на повећање процеса рециклаже, који подразумева део транзиције ка циркуларној економији. Ова фаза се фокусира на удео отпада који се рециклира и чиме производ поново ствара употребну вредност. Трећа фаза подразумева такозвано „затварање петље“, односно искоришћене материјале и производе треба поново увести у производни циклус, у облику нових материјала или производа. На тај начин, искоришћени материјали замењују нове природне ресурсе, смањују еколошки отисак производње и потрошње, а повећавају сигурност будућег снабдевања сировинама. Четврта фаза се односи на развој глобалне економије, као на пример, стварање нових радних места. Такође, развој иновативних технологија и повећана конкуренција у области циркуларне економије има утицај на побољшавање дизајна производа, због лакшег поновног коришћења. Наиме, четврта фаза се сматра фазом у којој се јасно приказује да су компаније покретачи глобалне економије, а самим тим су и покретачи циркуларне економије.



Слика 4.1 Фазе и под-фазе мониторинга циркуларне економије

Међутим, према извештају Европске агенције за животну средину (енгл. *European Environment Agency - EEA*), до скоро није постојао признат начин одређивања ефикасности преласка са линеарног модела пословања на циркуларни модел (*European Environment Agency, 2016*). Такође, у релативно малом броју објављених студија се дискутовало о индикаторима циркуларне економије, те се сматра да су

индикатори циркуларности још увек у почетној фази развоја. Битно је напоменути да већина постојећих индикатора и процена, немају капацитет да обухвате целокупну циркуларност једног производа.

Фондација „*Ellen MacArthur*“ схватила је значајност недостатка индикатора циркуларности на нивоу производа, али и на нивоу компаније, те је у мају 2015. године први пут покренула и објавила пројекта „*Circularity indicators*“, чија је примарна тематика мерење циркуларности производа и компанија, на основу групе референтних производа.

Пројекат „*Circularity indicators*“ има за циљ да реши недостатак показатеља у области циркуларне економије и развије методологију, којом се процењује колико добро производ или компанија врши трансформацију од линеарног модела до циркуларног модела пословања.

Индикатори, које је дефинисала Фондација „*Ellen MacArthur*“, могу се користити као алати за доношење одлука дизајнера приликом креирања производа, али се такође могу користити и у друге сврхе, као што су на пример, интерно извештавање и рангирање и оцењивање једне компаније у области циркуларне економије.

4.1. Оснивачи пројекта „*Circularity indicators*“

Као што је већ речено, пројекат „*Circularity indicators*“ проистекао је из чињенице да у области циркуларне економије не постоји довољно показатеља, на основу којих се могу извршити одређене анализе.

Главни покретач овог пројекта је британска Фондација „*Ellen MacArthur*“, која је основана 2010. године са циљем инспирисања људске популације да формира здраву, позитивну будућност уз примену циркуларне економије. Фондација је добротворног карактера, те се зато у оквиру ње значај придаје развоју образовања и различитих врста обука у области науке, технологије, инжењеринга, математике, али и дизајна, односно у свим областима, које директно утичу на развој циркуларне економије.

Фондација објављује разне публикације, које су лако доступне и које омогућавају читаоцима да разумеју концепт циркуларне економије, а самим тим и да промене свој начин потрошње и производње производа. Прва публикација у којој су разматране економске и пословне могућности за прелазак на ресторативни, циркуларни модел, објављена је у јануару 2012. године, под називом „*Towards the Circular Economy*“ (Ellen MacArthur, 2012). Од тада Фондација константно напредује, а сматра се да је експанзију доживела пројектом „*Circularity indicators*“, који је објављен сарадњом са компанијом „*Granta Design*“ и европским програмом „*LIFE*“.

„*Granta Design*“ је енглеска компанија, која се на тржишту класификује као лидер у области информационих технологија материјала. Наиме, „*Granta Design*“ помаже другим компанијама да управљају важним информацијама о инжењерским материјалима, као што су на пример, метали, пластика, од којих су производи направљени. На тај начин компаније имају увид у потрошњу сировина и могућност имплементације циркуларне економије у самој компанији, тако што се уз помоћ „*Granta Design*“ алата могу одредити еколошки отисци на животну средину и на основу тога, определити се за паметније материјале модерног доба.

Сматра се да Фондација „*Ellen MacArthur*“ не би била у могућности да заврши програм „*Circularity indicators*“ без помоћи европског програма „*LIFE*“, који подразумева инструмент финансирања Европске Уније за животну средину и климатске акције. Општи циљ тог програма јесте да допринесе имплементацији, ажурирању и развоју политике заштите животне средине и климатских промена на територији држава Европске Уније, али и шире, као што су државе кандидати.

Према подацима на званичном сајту Европске комисије, од настанка програма „*LIFE*“, тачније од 1992. године уложено је 3,4 милијарде евра за заштиту животне средине у више од 4.500 пројеката, па се „*LIFE*“ сматра једним од битнијих иницијатора циркуларне економије.

Индикатори циркуланости дефинисани у пројекту, који се односе на кружење материје, детаљно ће бити анализирани у следећем поглављу.

У поменутом пројекту, осим материјалних индикатора, анализирани су и комплементарни индикатори, који омогућавају усвајање додатних утицаја и ризика на циркуларност производа.

5. Методологија за одређивање индикатора циркуларности на нивоу производа

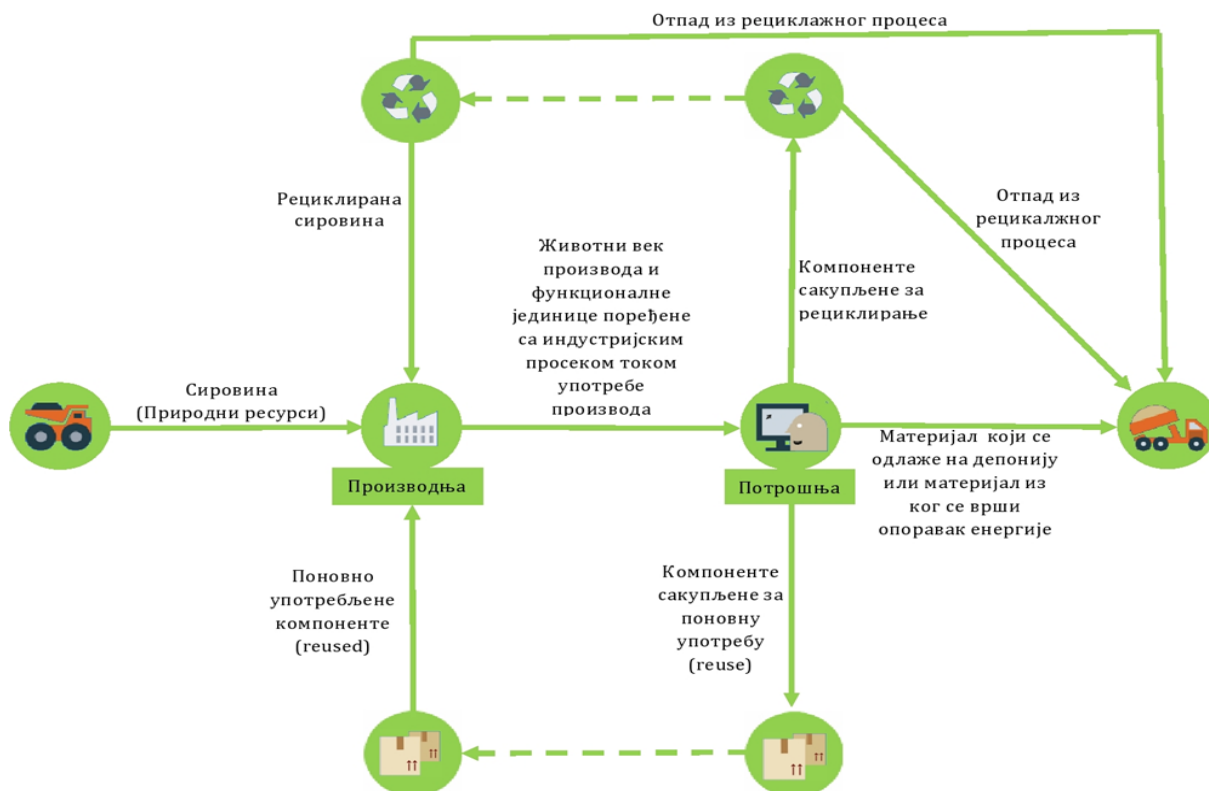
Како би се одредио степен циркуларности једне компаније, потребно је прво одредити циркуларност материјала, односно производа које та компанија производи.

Степен циркуларности производа се одређује на основу Индикатора циркуларности материјала (енгл. *Material Circularity Indicator - MCI*), те се евалуација циркуларности компаније базира на хипотези да је материјална циркуларност компаније формирана од индикатора циркуларности материјала њених производа.

5.1. Индикатор циркуларности материјала

Већ споменути, индикатор циркуларности материјала се дефинише као основни индикатор који показује у којој мери је смањен линеарни ток једног производа, односно у којој мери је унапређен (или повећан) циркуларни ток производа. Овај индикатор се утврђује за сваки производ, на основу материјала од којих је направљен, зато се и сматра да већ у процесу дизајна производа, може се утицати на степен циркуларности.

Токови материјала (Ellen MacArthur Foundation, 2015), који могу показати стање циркуларности производа, приказани су на слици 5.1.



Слика 5.1 Приказ материјалних токова

Сликом 5.1 илустровани су токови материјала, од екстракције сирових материјала, преко производње, употребне фазе и крајњег одлагања отпада на депонију, што и представља линеарни ток материјала. Такође, сликом су приказани токови, који приказују циркуларни модел пословања, као што су фазе прикупљања компоненти производа за поновну употребу или процес рециклаже. Испрекидане линије указују да циркуларна методологија још увек не захтева затворену петљу, прецизније рециклирани материјал се не мора користити за производњу производа исте намене, али је неопходно да се тај рециклирани материјал може набавити на отвореном тржишту. У овом случају, токови материјала су приказани тако да завршавају у процесу производње, то јесте користе се за добијање финалног производа. Међутим постоје и други токови материјала, као што су токови отпада.

Индикатор циркуларности материјала указује и на то колико дуго се и интензивно производ користи у поређењу са сличним индустријским производом.

Индикатор циркуларности материјала се формира на основу три основне компоненте:

- масе сировог материјала који се користи у производњи - V ,
- масе неповратног отпада који се приписује производу - W ,
- фактора употребљивости који узима у обзир дужину и интензитет употребе производа - X .

Након усвајања ове три компоненте и израчунавања индикатора циркуларности материјала, уобичајено резултати буду вредности између два екстрема, односно у опсегу између 0 и 1.

Резултат индикатора циркуларности материјала 0 означава да је производ креиран по концепту линеарног модела пословања, тачније да је произведен од одређене природне сировине, након чега је уследила његова употреба од стране потрошача и да је свој животни век завршио одлагањем на депонији.

Насупрот томе, резултат индикатора циркуларности материјала 1 означава да је производ креиран по концепту циркуларног модела пословања, односно то је производ који не садржи сирове материјале већ да је креирана од материјала, који су производ процеса рециклаже чија је ефикасност 100% или пак, да је произведен од материјала који су поновно у употреби, такозваном методом „reuse“.

Методологија за одређивање индикатора циркуларности материјала би требало да буде заснована на стварним информацијама о производу. Међутим, тамо где ове информације нису познате, приликом уноса података користе се подаци за производ, који је репрезентативан за ту врсту индустрије.

5.1.1. Маса сировог материјала

Истраживања показују да је основни предуслов за развој циркуларне економије, разматрати могућности како се отпад може елиминисати или користити као нова сировина или гориво.

Из тог разлога, логично је зашто је маса сировог материјала једна од компоненти на основу које се одређује индикатор циркуларности материјала.

Маса сировог материјала или како се још у литератури назива, маса необрађеног материјала може се описати следећом једначином:

$$V = M \times (1 - F_R - F_U) \quad (5.1)$$

У приказаној једначини са V је обележена маса сировог материјала, који се користи у процесу производње, док је M маса готовог, финалног производа.

Маса материјала за производњу зависи од фракције, односно F_R масе сировине из рециклираног извора и F_U маса материјала, добијена поновном употребом старог производа или његових компоненти.

5.1.2. Маса неповратног отпада

Под неповратним или како се још назива, необновљивим отпадом се подразумева сваки материјал или предмет који настаје у току обављања производне, услужне или друге делатности, предмети искључени из употребе, као и отпадне материје које настају у потрошњи и које са аспекта произвођача, односно потрошача нису за даље коришћење и морају се одбацити на депонију (Јовановић, 2015).

Циркуларна економија се базира на смањењу количине генерисаног неповратног отпада, те је маса овог отпада битна приликом одређивања индикатора циркуларности материјала.

Како би се добила укупна маса неповратног отпада који настаје приликом читавог животног циклуса једног производа - W , неопходно је кренути од једначине којом се изражава маса неповратног отпада који се одлаже на депонију, односно који се користи за добијање енергије или било који други процес, након ког се тај материјал не може поново искористити - W_O :

$$W_O = M \times (1 - C_R - C_U) \quad (5.2)$$

У једначини 5.2 сабирак C_R означава део масе производа који се прикупља за рециклажни процес на крају његовог животног века, док се сабирак C_U дефинише као удео масе производа, који циркулише ка процесу поновне употребе.

Битно је напоменути да користан вид евалуације процеса рециклаже јесте одређивање коефицијента ефикасности рециклаже - E_C , која се може изразити као:

$$E_C = \frac{\sum m_i(out)}{\sum m_i(in)} \times 100\% \quad (5.3)$$

У изразу 5.3 именилац представља масу свих фракција који улазе у процес рециклирања, док бројилац представља масу свих корисних рециклираних материјала, добијених процесом рециклаже. Овај коефицијент је повезан са процесом рециклаже која се одвија након фазе употребе производа.

Уколико је коефицијент ефикасности процеса рециклаже одређеног производа E_C , количина отпада насталог у процесу рециклаже је:

$$W_C = M \times (1 - E_C) \times C_R \quad (5.4)$$

Рециклажа се дефинише као издвајање материјала из отпада и његово поновно коришћење. Међутим рециклажа представља комплексан процес сакупљања, издвајања, прераду и израду нових сировина из искоришћених производа. Приликом технолошког процеса израде нових сировина, које су продукт рециклаже и од којих се касније добија нов производ, такође се генерише маса неповратног отпада, исказана следећом релацијом:

$$W_F = M \times \frac{(1-E_F)F_R}{E_F} \quad (5.5)$$

У исказаној једначини E_F представља коефицијент ефикасности рециклаже сировина. Овај коефицијент се везује за процес рециклаже, који повећава квалитет и економску вредност материјала или производа.

Уколико се упореде једначине 5.4 и 5.5, може се закључити да једначина 5.5, којом се изражава количина отпада насталог у процесу производње нове сировине од рециклираног материјала, садржи коефицијент ефикасности E_F у имениоцу. Такође, $M \times C_R$ у једначини 5.4, представља масу материјала која улази у процес рециклаже, док $M \times F_R$ у једначини 5.5 представља масу материјала, која напушта процес рециклаже, што узрокује чињеницу да је за производњу одређене количине рециклираног материјала $M \times F_R$, неопходна улазна маса $\frac{M \times F_R}{E_F}$ материјала.

Вредности коефицијената ефикасности рециклаже и процеса производње сировине од рециклираних материјала, зависе од многобројних фактора, као што је податак да се неки материјали, на пример метали, лакше подвргавају процесу рециклаже, чиме је и коефицијент ефикасности рециклаже таквог материјала већи. У затвореној петљи је $E_C = E_F$, али као што је и већ наглашено, циркуларна економија не захтева затворену петљу, што значи да се рециклиране сировине могу користити и за производњу новог производа различите намене од првобитне, тако да коефицијент E_C није увек једнак коефицијенту E_F .

При израчунавању укупне количине неповратног отпада W , важно је размотрити и W_C и W_F .

Уколико се за производњу новог производа користи рециклирана сировина, међутим ниједан од тих производа није подвргнут процесу рециклаже, закључује се да не постоји ни неповратни отпад створен током процеса рециклирања ($W_C = 0$), док је створена одређена количина неповратног отпада током процеса производње рециклиране сировине $W_F > 0$, под претпоставком да је и коефицијент $E_F < 1$. Насупрот томе, појављује се пример да ако производ користи 100% необрађену сировину, али јесте прикупљен за рециклажу, $W_F = 0$ и $W_C > 0$. Овај пример показује да генерисање неповратног отпада и у процесу рециклаже и у процесу производње рециклираних сировина, утиче на дуплирање укупне количине неповратног отпада.

Овакве проблеме је могуће објаснити када би се посматрао репрезентативан пример затворене петље. Претпоставља се да постоји производ који је направљен од 50% рециклираног материјала ($F_R = 0,5$), који је у потпуности сакупљен за рециклирање на крају животног циклуса ($C_R = 1$), а где се затим добијена рециклирана сировина користи за производњу нових производа, тако да је $E_C = E_F = 0,5$. У овом примеру, процес рециклаже је 50 % ефикасан, што значи да је могуће да се из једног производа издвоји довољно материјала на крају његовог

животног циклуса, за обезбеђивање 50 % сировине, које ће се користити у новом производном процесу. Примењујући једначине 5.4 и 5.5 на овом примеру, следи да је $W_C = M \times (1 - E_C) \times C_R = M \times (1 - 0,5) \times 1 = 0,5M$ једнако $W_F = M \times \frac{(1-E_F)F_R}{E_F} = M \times \frac{(1-0,5)0,5}{0,5} = 0,5M$, што јасно указује на то да би се неповратни отпад из процеса рециклаже удвостручио.

Како би се избегао овај проблем и прецизно одредила количина неповратног отпада, користи се такозвани „50:50 приступ“, на основу ког се ефикасно додељује 50 % од W_F , производу од којег је настала рециклирана сировина док се 50 % од W_C додељује производу, за чију производњу ће се користити материјал који је сакупљен и рециклиран.

На основу, „50:50 приступа“ долази се до релације којом се исказује укупна количина отпада:

$$W = W_O + \frac{W_F + W_C}{2} \quad (5.6)$$

5.1.3. Индекс линеарног тока

Индекс линеарног тока (енгл. *Linear Flow Index – LFI*) је резултат пројекта „Circularity indicators“, који се карактерише као део материјалног тока једног производа. Тај део материјалног тока функционише по линеарном моделу, односно део материјала долази из необрађених сировина, а завршава животно циклус као неповратни отпад на депонији. Тај отпад се ретко користи и за производњу енергије.

Укратко, индекс линеарног тока мери количину материјала који делује у линеарном смеру.

Математичка релација којом се одређује индекс линеарног тока се може дефинисати као количник материјала који се креће по линеарном току и збирне количине материјала које се крећу по линеарном и циркуларном току, односно укупне количине материјала у производном циклусу:

$$LFI = \frac{V + W}{2 \times M + \frac{W_F - W_C}{2}} \quad (5.7)$$

Индекс линеарног тока, као и индикатор циркуларности материјала, може имати вредности између 0 и 1. Вредност 1 показује потпуно линеарни ток материјала, производ се производи само од необрађених сировина, од којих се све одлажу на депонију. Добијена вредност 0 за индекс линеарног тока показује потпуно циркуларни ток материјала, при чему се користе само поновно коришћене и рециклиране сировине, а на крају животног циклуса ниједан материјал се не одлаже.

Релацију 5.7, могуће је објаснити претпостављајући да су коефицијенти ефикасности једнаки $E_C = E_F = 1$, што враћајући се на једначине 5.4 и 5.5, утиче на

то да су количине неповратног отпада при различитим процесима једнаке, $W_C = W_F = 0$:

$$LFI = \frac{V + W}{2 \times M} \quad (5.8)$$

Максимална вредност за индекс линеарног тока 1 се појављује када су V и W једнаки M , а то се једино дешава када нема рециклираног или поновног употребљеног материјала у процесу производње, као што нема ни сакупљања компоненти за рециклажу и поновну употребу након процеса потрошње. Минимална вредност индекса линеарног тока 0 се јавља када је $V = W = 0$, то се дешава када постоји 100% рециклирани или поновљени материјал у процесу производње и када постоји 100% прикупљање компоненти за рециклажу или поновно коришћење након процеса потрошње.

Да би се осигурало да је вредност индекса линеарног тока у опсегу $0 \leq LFI \leq 1$ и да он представља прецизан резултат, чак и када је коефицијент $E_s < 1$ и/или $E_f < 1$, неопходно је да једначина за израчунавање индекса линеарног тока има форму једначине 5.7, односно да у свом имениоцу садржи компоненту $\frac{W_F - W_C}{2}$.

5.1.4. Коефицијент употребљивости производа

Коефицијент употребљивости производа је битан фактор приликом одређивања индикатора циркуларности материјала. Овај коефицијент се састоји од две компоненте: дужине фазе употребе производа и интензитета употребе производа. Скраћено, ове компоненте се још називају животни век производа и функционалне јединице, респективно.

Животни век представља укупну дужину времена у ком се производ користи, укључујући и потенцијалну поновну употребу целог производа. Битно је напоменути да животни век производа може се продужити поправком или одржавањем истог.

Функционална јединица је показатељ употребе производа и она може бити дефинисана на најразличитије начине, у зависности од намене производа.

Коефицијент употребљивости производа се математички може описати на следећи начин:

$$X = \left(\frac{L}{L_{av}} \right) \times \left(\frac{U}{U_{av}} \right) \quad (5.9)$$

У једначини 5.9 члан L означава стварни век трајања производа, L_{av} означава просечан животни век сличног или истог конкурентског производа на тржишту, U означава стварни просечан број функционалних јединица остварених током фазе употребе производа, док U_{av} означава просечни број функционалних јединица постигнутих током фазе коришћења сличног или истог конкурентског производа на тржишту.

Компонента, која се односи на век трајања производа, $\frac{L}{L_{av}}$ представља свако смањење или повећање токова отпада, у одређеном временском периоду, за производе који имају дужи или краћи животни век од просечног животног века истог или сличног производа.

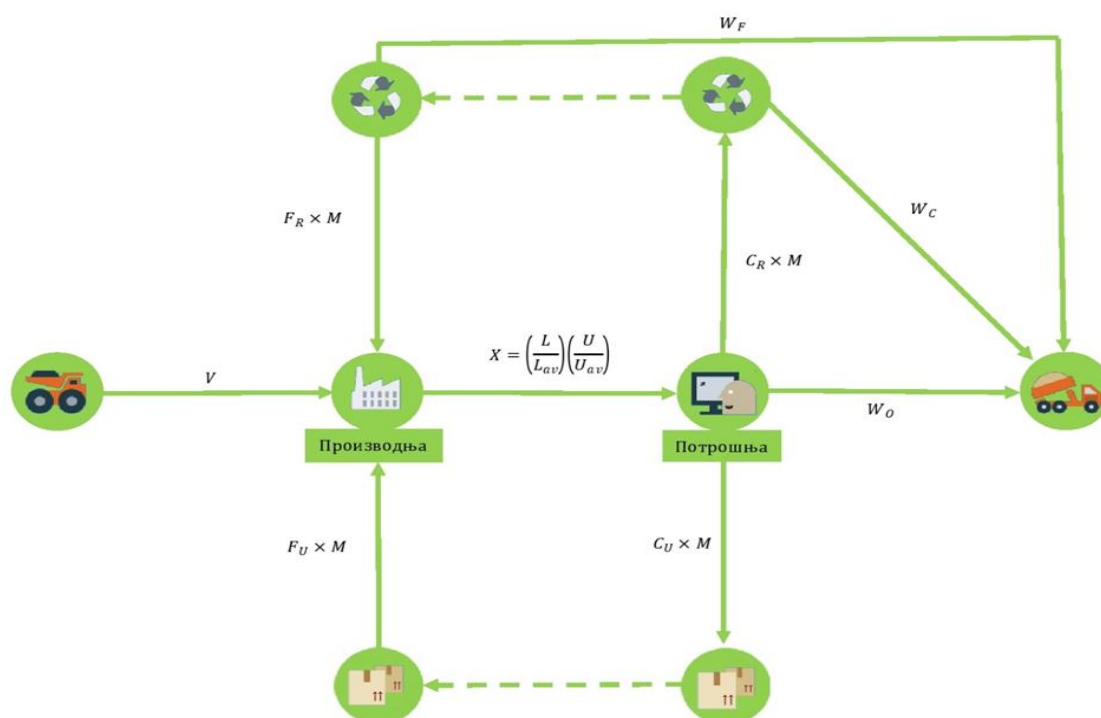
Компонента, која се односи на интензитет употребе производа, $\frac{U}{U_{av}}$ представља степен до ког се производ користи до пуног капацитета, односно представља пројектовани радни век производа.

Повећање интензитета употребе производа утиче на ефикаснију употребу било ког материјала, који се креће по линеарном моделу, а самим тим и на побољшање коначне вредности индикатора циркуларности материјала.

У литератури се могу пронаћи и информације да се коефицијент употребљивости производа може одредити и додавањем компоненте $\frac{M}{M_{av}}$ у једначини 5.9, где M представља масу производа, а M_{av} представља масу сличног или истог конкурентског производа на тржишту. Међутим, многи теоретичари сматрају да то није валидан начин одређивања коефицијента употребљивости производа зато што се већина производа појављује у широком опсегу величине и врсте, што аутоматски утиче на њихову масу.

5.2. Одређивање индикатора циркуларности материјала

Када би се сви наведени математички показатељи применили на шему токова материјала једног производа, слика 5.1 би могла бити модификована на начин који је приказан сликом 5.2 (Ellen MacArthur Foundation, 2015).



Слика 5.2 Приказ материјалних токова помоћу математичких релација

Након одређивања и анализе свих унапред дефинисаних показатеља, могуће је приступити израчунавању индикатора циркуларности материјала.

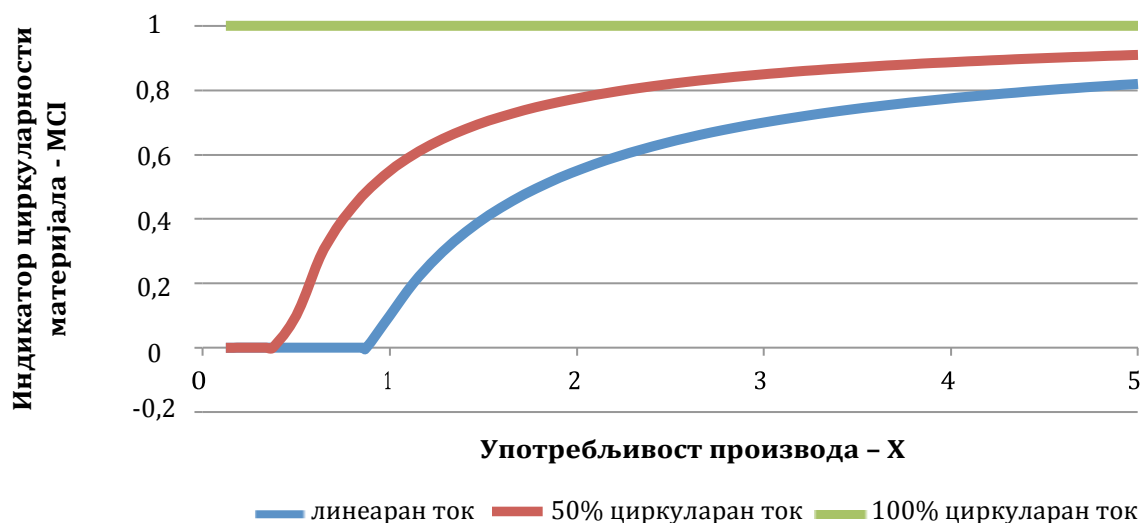
Индикатор циркуларности материјала на нивоу производа који је детаљно објашњен у поглављу 5.1, математички се може изразити узимајући у обзир индекс линеарног тока производа и фактор $F(X)$:

$$MCI_P^* = 1 - LFI \times F(X) \quad (5.10)$$

Индекс линеарног тока производа је претходно дефинисан, док фактор $F(X)$ представља фактор који је креиран као функција коефицијента употребљивости производа X .

Сада се индикатор циркуларности материјала на нивоу производа најједноставније може дефинисати као мера ефикасности ресурса заснована на животном веку, односно интензитету коришћења производа.

На слици 5.3 (Ellen Mac Arthur Foundation, 2015) приказана је зависност индикатора циркуларности материјала на нивоу производа и коефицијента употребљивости производа. Лако се може уочити како MCI има вредност 1 за производ са потпуно циркуларним током, без обзира на вредност коефицијената употребљивости. Међутим коефицијент употребљивости има много више утицаја на вредност MCI за производ са потпуно линеарним током, него код производа са 50% циркуларним током материјала.



Слика 5.3 Зависност индикатора циркуларности и коефицијента употребљивости производа

Битно је навестити да функција $F(X)$ утиче само на линеарни део тока материјала, тако да је једначина 5.10 креирана начелом да већи удео повратних токова у производу, за резултат има нижи коефицијент употребљивости производа. Из тог разлога, неопходно је да функција $F(X)$ буде одређена на начин да унапређење и побољшање коефицијента употребљивости производа има исти утицај на MCI као поновна употреба сировина, која за циљ има редукцију употребе необрађених сировина и количине неповратног отпад током одређеног периода.

На основу истраживања у пројекту „Circularity indicators“, функцију $F(X)$ је најбоље одредити уколико се разматра животни циклус једног производа, за чију се производњу не користи рециклирана сировина нити се његове компоненте не

сакупљају за рециклажу након фазе потрошње ($F_R = C_R = 0$), али се зато, у просеку, поново употребљава k пута пре него што се коначно одбаца. Током једне употребе оваквог производа, његов животни век и функционалне јединице су идентичне просечном сличном или истом производу у индустрији.

Разматрајући такав производ, најпре се може претпоставити да не постоји поновна употреба одређених компоненти производа, односно да је $F_U = C_U = 0$, а да је коефицијент употребљивости производа $X = k$, где је $k > 1$, што за резултат има да је $LFI = 0$, а једначина 5.10 ће добити форму:

$$MCI_P^* = 1 - F(k) \quad (5.11)$$

Такође, може се претпоставити да производ има коефицијент употребљивости који је једнак индустријском просеку ($X = 1$). Производ функционише у систему затворене петље, а све компоненте се прикупљају након фазе потрошње за поновну употребу и $\frac{1}{k}$ од компоненти је неопходно одбацити у сваком производном циклусу, што указује на чињеницу да се производ у просеку може користити k пута. Оваква претпоставка дефинише математичку релацију $F_U = C_U = 1 - \frac{1}{k}$.

Уколико се ова претпоставка примени на једначину 5.7, којом је дефинисан индекс линеарног тока следи:

$$LFI = \frac{M \times (1 - F_U) + M \times (1 - C_U)}{2M} = \frac{\frac{M}{k} + \frac{M}{k}}{2M} = \frac{1}{k} \quad (5.12)$$

Из чега следи да ће једначина 5.10 добити облик:

$$MCI_P^* = 1 - \frac{F(1)}{k} \quad (5.13)$$

Неопходно је да се једначине 5.11 и 5.13 изједначе како би се дошло до услова који функција F мора задовољити:

$$F(k) = \frac{F(1)}{k} \quad \equiv \quad F(X) = \frac{F(1)}{X} \quad (5.14)$$

Методологија одређивања функције F се у овом случају, поставља за потпуно линеарни производ, концизније за производ код ког је коефицијент употребљивости једнак $X = 1$, а индекс циркуларности материјала $MCI_P^* = 0,1$. Ова претпоставка је примењена зато што ако је коефицијент употребљивости производа нижи од индустријског просека ($X < 1$), индикатор циркуларности материјала је нижи. Прецизније, код производа са $LFI = 1$ и $X < 1$, индикатор циркуларности материјала ће бити мањи од 0,1 и то, управо, омогућава појаву да се MCI линеарног производа чије су вредности за животни век и функционалне јединице једнаке просечном индустријском производу разликује од MCI потпуно линеарног производа са нижим животним веком или функционалним јединицама од индустријског просека ($0 \leq MCI_P^* < 1$). То је разлог зашто је за вредност MCI потпуно линеарног производа изабрана вредност 0,1 уместо 0.

Уколико се претходно описана претпоставка примени на једначину 5.10, следи:

$$MCI_P^* = 0,1 = 1 - 1 \times \frac{F(1)}{X} \quad (5.15)$$

Коначно, решавањем једначине 5.15, функција $F(X)$ ће добити форму:

$$F(X) = \frac{0,9}{X} \quad (5.16)$$

С обзиром на дефиницију функције F , једначином 5.16, ова вредност може бити негативна за производе са линеарним токовима ($LFI \approx 1$) и коефицијентом употребљивости нижим од просечних производа ($X < 1$). Да би се ово избегло, индикатор циркуларности материјала на нивоу производа се математички одређује на следећи начин:

$$MCI_P = \max(0, MCI_P^*) \quad (5.17)$$

6. Методологија за одређивање индикатора циркуларности на нивоу компаније

Као што је већ наглашено, методологија за одређивање индикатора циркуларности материјала на нивоу компаније прати општи приступ као одређивање MCI_P на нивоу производа. Наиме, MCI_C на нивоу компаније се добија као просечна вредност скупа вредности MCI_P на нивоу производа.

У поређењу са нивоом производа, утврђивање индикатора на нивоу компаније је комплекснија операција. У већини случајева, временски период утврђивања MCI_C је једна година, али може бити и значајно краћа.

Методологија за утврђивање индикатора циркуларности материјала на нивоу компаније захтева референтни производни приступ, где сваки референтни производ представља групу производа сличних карактеристика.

Пример референтног производа:

За објашњење шта референтни производ представља, могуће је посматрати америчку компанију „Dell“, која је један од лидера на светском тржишту у производњи и дистрибуцији персоналних рачунара, преносних рачунара, телевизора, периферних уређаја за рачунаре, итд. Како ова компанија поседује широк спектар производа, било би неизводљиво да се индикатор циркуларности материјала одређује за сваки производ, те се из сваке групе производа одабира по један производ који ће бити репрезентативан пример те групе и који ће се сматрати референтним. Уобичајено, за референтни производ се узима онај чија је потражња била највећа током посматраног периода.

Неки од тренутно актуелних референтних производа у компанији „Dell“ су:

Група производа	Референтни производ
Пrenосиви рачунари	Latitude 5290
Персонални рачунари	Inspiron 24 5000 Touch
Сервери	PowerEdge T30 Mini Tower Server
Електроника и додатна опрема	UltraSharp 34 Curved Monitor U3417W

Након објашњења шта представља референтни производ, битно је напоменути да ће више референтних производа једне групе производа дати прецизнију процену. С друге стране, мањи број референтних производа узроковаће ефикаснији и бржи процес процене степена циркуларности компаније.

Група производа или такозвани асортиман производа, из ког се бира референтни производ, требало би да буде скуп производа сличних карактеристика, а највише рачуна се треба водити о томе да сви производи у групи буду:

- приближног материјалног састава, у смислу врсте материјала и њихове масе,

- приближне количине рециклираног и поновног коришћеног материјала при њиховој производњи,
- приближних нивоа могућег процеса рециклирања и поновне употребе након фазе њихове потрошње,
- приближних вредности коефицијента употребљивости или употребљивости.

Повремено постоје ситуације када одређени производ није могуће сврстати ни у једну групу или пак групу чини релативно мали број производа. Захваљујући „*De Minimis*“ правилу (Ellen MacArthur Foundation, 2015), производи могу бити изостављени из процене уколико су испуњена два услова:

- укупна маса свих „*De Minimis*“, односно изостављених производа није већа од 5% од укупне масе испоручених, односно продатих производа, и
- укупна продаја изражена у домаћој валути која произлази из „*De Minimis*“ производа није већа од 5% од укупног износа продаје.

У случају да ови услови нису задовољени, неопходно је креирати нову групу производа, из ког ће произићи један референтан производ.

Приликом одређивања степена циркуларности компаније, неопходно је применити методологију описану у поглављу 5 на одабраним референтним производима, а затим се коначан индикатор циркуларности добија као пондерисани просек индикатора референтних производа.

Међутим, како је за евалуацију циркуларности компаније, често потребно вршити пондерисани просек индикатора циркуларности материјала референтних производа различитих карактеристика, неопходно је увести факторе нормализације.

Нормализација је процес провере услова нормалних форми и по потреби свођење шеме релације на облик који задовољава исте. Процесом нормализације жели се развити добар модел података тако да се из неког почетно задатог модела отклоне слабости (Dodge, 2003).

У оцењивању циркуларности, фактори нормализације су јако битни како би се читава компанија представила на што бољи начин. Најчешће се као фактори нормализације користе маса производа и приходи од продаје производа, који су детаљније дефинисани у табели 6.1.

Табела 6.1 Дефиниција најчешће коришћених фактора нормализације

Фактор нормализације	Дефиниција
Маса производа	Маса финалног производа. Овај фактор нормализације је једнак параметру <i>M</i> који се користи у методологији одређивања индикатора циркуларности на нивоу производа.
Приход од продаје производа	Приход (промет) који је остварен продајом финалног производа. Овај фактор нормализације је лако доступан из рачуноводственог департмана компаније.

6.1. Одређивање индикатора циркуларности материјала на нивоу департмана или компаније

На основу пројекта „Circularity indicators“, за одређивање степена циркуларности компаније, најбоље је посматрати компанију која се састоји од неколико департмана (обележених од D_1 до D_α), где сваки департман поседује јединствене асортимане производа (обележених од $R_{(\alpha,1)}$ до $R_{(\alpha,r(\alpha))}$) са својим примарним, одговарајућим референтним производом (обележених од $P_{(\alpha,1)}$ до $P_{(\alpha,r(\alpha))}$).

Како се у сваком департману α налазе асортимани производа различитих карактеристика, неопходно је прво дефинисати за сваки департман факторе нормализације помоћу математичке релације:

$$N_{D(\alpha)} = \sum_{\beta} N_{R(\alpha,\beta)} \quad (6.1)$$

У једначини 6.1, компонента $N_{R(\alpha,\beta)}$ представља фактор нормализације за асортиман производа $R_{(\alpha,\beta)}$.

Једначина 6.2, математички описује индикатор циркуларности материјала $MCI_{D(\alpha)}$ ког је могуће одредити и за департман α једне компаније, уколико је $MCI_{P(\alpha,\beta)}$ индикатор циркуларности референтног производа $P_{(\alpha,\beta)}$:

$$MCI_{D(\alpha)} = \frac{1}{N_{D(\alpha)}} \sum_{\beta} (N_{R(\alpha,\beta)} \times MCI_{P(\alpha,\beta)}) \quad (6.2)$$

На крају, лако је доћи до коначног начина којим се одређује индикатор циркуларности материјала на нивоу читаве компаније:

$$MCI_C = \frac{1}{N_C} \sum_{\alpha} (N_{D(\alpha)} \times MCI_{D(\alpha)}) \quad (6.3)$$

7. Примена методологије за одређивање индикатора циркуларности материјала на примеру конкретне компаније

Овом методологијом се одређује метод обрачуна нивоа циркуларности компаније, који је заснован на токовима материјала.

Циркуларност материјала на нивоу компаније, истима омогућава да остваре додатну вредност из својих производа и материјала уместо да они буду одбачени као неповратни отпад. Из тог разлога, компаније широм света се све чешће одлучују да прате циркуларни економски модел пословања.

Успешна имплементација циркуларног модела пословања у једној компанији се може остварити помоћу различитих активности, од којих су најважније:

- осмишљавање дизајна производа, који олакшава његов опоравак,
- примена иновативног пословног модела, који омогућава одређене подстицаје за прикупљање и прераду отпада из процеса производње, као и прераду шкарта,
- успостављање везе између компаније и потрошача или корисника производа, у циљу побољшаног прикупљања искоришћених производа или његових компоненти, као и константног одржавања ланца снабдевања,
- испуњавање бројних системских услова, као што су образовање, политика, сарадња и метрика, а који могу помоћи компанијама да изврше транзицију пословања ка циркуларном моделу.

Примена циркуларне економије у компанијама омогућава смањење ризика од варијације цена производа на тржишту и истовремено смањује зависност и неопходност компаније за набавком нових, природних или вештачких сировина.

Методолошки приступ одређивања циркуларности материјала на нивоу компаније је битан за бројне процене и показатеље. Најчешћа процена успешности организације или једног дела организације обавља се помоћу такозваних кључних показатеља учинка (енгл. *Key Performance Indicators -KPI*). KPI треба да буде везан за стратешке циљеве компаније (финансије, тржиште, процеси, људи), али уједно узимајући и обзир индикаторе циркуларности материјала.

Због већ наведене значајности индикатора циркуларности, у овом раду ће методологија одређивања циркуларности материјала на нивоу компаније бити спроведена на конкретном примеру.

Компанија која је одабрана за репрезентативан приказ одређивања циркуларности назива се „MB INTERNACIONAL“.

Компанија „MB INTERNACIONAL“ основана је 2010. године и налази се на територији општине града Крагујевца, прецизније седиште компаније је место Драгобраћа. Претежна делатност компаније је производња таласастог папира и картона и амбалаже од папира и картона.

Делатност компаније представља и кључни разлог одабира исте за ову методологију, зато што је примарна сировина биолошког порекла, на коју се могу применити принципи циркуларне економије и уједно смањити негативан утицај на

животну средину. Такође, сама делатност компаније пружа велике могућности за повећање њене циркуларности.

Као што је већ речено, компанија обавља производњу амбалаже. Управо, амбалажа представља посебну групу производа која се анализира у области управљања отпадом, те је и управљање амбалажом и амбалажним отпадом регулисано Законом о амбалажи и амбалажном отпаду (Службени гласник РС, број 36/2009).

Методологија одређивања циркуларности на нивоу компаније „MB INTERNACIONAL“ заснива се на индикаторима, који су развијени на нивоу производа и спроводи се у циљу њихове екстерне и интерне употребе. Индикатори се могу користити интерно у компанији, како би се упоређивала циркуларност различитих производа из различитих производних група, а самим тим могуће је вршити праћење развоја производа. Насупрот томе, индикатори се могу употребљавати и екстерно, односно њих могу користити заинтересоване треће стране, а у сврху упоређивања циркуларности различитих компанија. На основу екстерне употребе индикатора циркуларности, најчешће се доносе одлуке о инвестирању.

7.1. Поступак одређивања циркуларности референтних производа

7.1.1. Формирање листе производа

Први корак приликом одређивања циркуларности компаније јесте попис свих производа, које компанија производи.

Осим тога, битно је нагласити количину продатих јединица производа у посматраном периоду, јединичну масу и цену производа, укупну масу продатих производа, као и укупну продају изражену у домаћој валути (RSD), која се одређује као производ комада продатих јединица продукта и његове јединичне цене.

Производни асортиман компаније „MB INTERNACIONAL“ састоји се од 41 производа, који се могу разврстати у пет група: картонски тањирчићи, кутије за торте и колаче, подметачи за торте, корпице за колаче и мафине и „party“ програм. Компанија се бави и производњом комерцијалне амбалаже, која у овом раду није узета у обзир зато што је то група производа која се не производи константно већ по поруџбини од стране других компанија.

Основне групе производа компаније „MB INTERNACIONAL“ приказане су на слици 7.1.



Слика 7.1 Приказ производног програма компаније „MB INTERNACIONAL“

Анализа циркуларности компаније „MB INTERNACIONAL“ трајала је месец дана, односно 30 радних дана.

У циљу одређивања циркуларности компаније неопходно је све производе разврстати у одређене групе на основу унапред дефинисаних критеријума. У овом случају критеријум јесте приближни материјални састав производа, на основу којег је креирано осам група, које су приказане у табели 7.1.

Табела 7.1 Приказ група производа компаније „MB INTERNACIONAL“

Назив производа	Модел	Количина продатих јединица производа	Јединична цена производа (RSD)	Јединична маса производа (kg)	Укупна маса продатих производа (kg)	Укупна продаја (RSD)
Прва група производа – картонске тацне					3.977,86	1.077.300,00
Картонска тацна	1A-1/25	5.650,00	27,00	0,100	565,00	152.550,00
Картонска тацна	2A-1/25	3.800,00	29,00	0,140	532,00	110.200,00
Картонска тацна	3A-1/25	9.760,00	41,00	0,160	1.561,60	400.160,00
Картонска тацна	4A-1/25	2.500,00	57,00	0,210	525,00	142.500,00
Картонска тацна	1B-1/15	3.000,00	27,00	0,080	240,00	81.000,00
Картонска тацна	2B-1/10	3.470,00	30,00	0,090	312,30	104.100,00
Картонска тацна	3B-1/10	2.630,00	33,00	0,092	241,96	86.790,00
Друга група производа – Штампана картонска тацна					1.607,09	623.750,00
Штампана картонска тацна	2A-1/15	2.945,00	30,00	0,082	241,49	88.350,00
Штампана картонска тацна	3A-1/15	9.000,00	43,00	0,120	1080,00	387.000,00
Штампана картонска тацна	3B-1/10	2.800,00	53,00	0,102	285,60	148.400,00
Трећа група производа – Корпице за колаче и мафине					455,5	451.825,00
RAFAELO корпице	1/20/140	150,00	840,00	0,850	127,50	126.000,00
Корпице за колаче	No1-1/25/100	185,00	800,00	0,850	157,25	148.000,00

Корпице за колаче	No2-1/25/70	180,00	700,00	0,800	144,00	126.000,00
RAFAELO корпице	1/20/4	200,00	45,00	0,015	3,00	9.000,00
Корпице за колаче	No1-1/25/4	180,00	55,00	0,025	4,50	9.900,00
Корпице за колаче	No2-1/25/4	125,00	65,00	0,030	3,75	8.125,00
Корпице за мафине	M-1/5	310,00	80,00	0,050	15,5	24.800,00
Четврта група производа – Подметачи					3.181,1	878.770,00
Подметач за ролат	/	8.500,00	29,00	0,095	807,50	246.500,00
Подметач за торту	No3	3.120,00	46,00	0,190	592,80	143.520,00
Подметач за торту	No5	2.350,00	55,00	0,190	446,50	129.250,00
Подметач за торту	No2	2.480,00	50,00	0,160	396,80	124.000,00
Подметач за мини ролат	MR	4.500,00	27,00	0,075	337,50	121.500,00
Подметач за торту	Č-1/1	3.000,00	38,00	0,200	600,00	114.000,00
Пета група производа – Кутије за ролате и торте					3.245,00	884.250,00
Кутија за мини ролат	/	2.750,00	32,00	0,115	316,25	88.000,00
Кутија за славски колач	No1	2.000,00	20,00	0,100	200,00	40.000,00
Кутија за торту	No2	3.000,00	55,00	0,170	510,00	165.000,00
Кутија за торту	No4	2.500,00	60,00	0,200	500,00	150.000,00
Кутија за торту	No5	2.500,00	59,00	0,250	625,00	147.500,00
Кутија за ролат-шнит	Š-1/1	6.250,00	47,00	0,175	1.093,75	293.750,00
Шеста група производа – Кутије за колаче					580,25	131.750,00

Кутија за колаче	No2 ½ kg	4.000,00	11,00	0,050	200,00	44.000,00
Кутија за колаче	No3 1 kg	5.850,00	15,00	0,065	380,25	87.750,00
Седма група производа – Кутије за колаче и торте са отвором					547,5	254.000,00
Кутија за колаче са отвором	No1 ½ kg	2.500,00	16,00	0,035	87,50	40.000,00
Кутија за колаче са отвором	No2 1 kg	4.000,00	20,00	0,045	180,00	80.000,00
Кутија за торте са отвором	No3	2.000,00	67,00	0,140	280,00	134.000,00
Осма група производа – „Party“ програм					723,3	595.140,00
Рођендан - капа	1/6	3.900,00	44,80	0,075	292,50	174.720,00
Рођендан - чаша	1/10	3.120,00	45,00	0,055	171,60	140.400,00
„Party“ сет	3/10	1.890,00	58,00	0,080	151,20	109.620,00
Рођендан - труба	1/6	2.400,00	71,00	0,045	108,00	170.400,00
СУМА					14.317,60	4.896.785,00

7.1.2. Примена „De Minimis“ правила

За примену „De Minimis“ правила, односно за изостављање одређене групе производа из даљег прорачуна, неопходно је да маса и продаја производа те групе буде мања од 5% од укупних параметара читаве компаније.

Уколико се анализира табела 7.1, јасно се закључује да укупна маса продатих производа износи 14.317,60 kg, док укупна продаја изражена у домаћој валути износи 4.896.785,00 RSD. Процентуалним рачуном се долази до чињенице да 5% од укупне масе износи 715,88 kg, а 5% од укупне продаје јесте 244.839,25 RSD.

Оба услова су задовољена једино за шесту групу производа „Кутије за колаче“ што значи да се у наредним корацима та група изоставља из прорачуна.

Група производа „Кутије за колаче“ учествује у укупној маси производа компаније са 4,05%, док у укупној продаји учествује са 2,69%.

7.1.3. Избор референтног производа и формирање табеле материјала

Референтни производ представља репрезентативан производ, који карактерише једну групу производног асортимана. Из тог разлога, неопходно је да се производи сличних карактеристика класификују у групе, што је и извршено у табели 7.1.

У овом раду, за референтне производе су одабрани они, чија је потражња била највећа у посматраном периоду. Односно, из сваке формиране групе одабран је производ чији је квантитет продаје био највећи, а то су:

- картонска тацна 3А-1/25 ,
- штампана картонска тацна 3А-1/15,
- корпице за мафине М-1/5,
- подметач за ролат /,
- кутија за ролат-шнит Š 1/1,
- кутија за колаче са отвором No2 1 kg, и
- рођенданска капа 1/6.

Због већ примењеног „*De Minimis*“ правила, референтних производа има седам, иако је формирано осам група производног асортимана.

Наредни корак методологије одређивања циркуларности компаније јесте формирање табеле материјала, такозване табеле „*bills of materials*“.

У наведеној табели је неопходно дефинисати све референтне производе и за сваки направити списак материјала, који га чине. Такорећи, потребно је креирати састав за сваки референтни производ, при чему се захтева прецизно дефинисање масе сваке компоненте производа.

Примарне сировине које се користе у компанији „MB INTERNACIONAL“ јесу органског порекла, као што су: хромо картон, бели папир за колор штампу, пергамент папир и лепенка картон. Осим тога, у свом производном процесу компанија користи и неорганске материјале, као што су полипропиленска фолија – РР, полиетилен терафталат – РЕТ, полиетилен- РЕ, боје, контактни лепкови, итд.

Након тога је потребно за сваки материјал дефинисати процентуални удео улазних рециклираних сировина, процентуални удео поновно употребљених сировина, али и могући ниво рециклирања и поновне употребе материјала након фазе коришћења производа.

Приликом дефинисања претходно наведених параметара за производе компаније „MB INTERNACIONAL“, у обзир су узете одређене претпоставке:

- За производњу хромо картона основна сировина јесте 100% рециклажни папир, али се приликом производње додају и одређени премази и пунила, те се за овај материјал сматра да процентуални удео улазних рециклираних сировина износи 97%. Хромо картон је као и већину других влакнастих картона могуће 100% рециклирати након фазе коришћења, док поновна употреба овог материјала није могућа.
- За производњу етикета користи се бели папир за колор штампу, који је могуће 100% рециклирати након фазе коришћења, док за његову производњу нису коришћене рециклиране сировине. Могуће је вршити поновну употребу обичног папира, међутим у овом случају маса и димензије

етикета су сувише мале, те се претпоставља да је ниво поновне употребе овог материјал након фазе коришћења 0%.

- Пергамент папир се карактерише као специјална врста папира, која се добија третирањем обичног папира сумпорном киселином, а у циљу стварања материјала који је непропустљив за масноће. Пергамент папир је немогуће рециклирати нити поново употребљавати. Такође, у ретким случајевима се за његову производњу користи рециклирани обични папир.
- Лепенка картон се израђује од неколико слепљених целулозних или дрвенастих слојева, али се може произвести и до рециклираних папира, па чак и од рециклираних тканина. За ову студију случаја, процентуални удео рециклираних улазних сировина за производњу лепенке јесте 85%, док је након употребе, ову врсту картона могуће и 100% рециклирати. Поновна употреба није могућа због саме намене картона.
- Полипропиленску фолију компанија „MB INTERNACIONAL“ користи као амбалажу за своје производе. Приликом производње полипропиленске фолије однос рециклираних и примарних сировина износи 1:3 (Thomas, 2012). На основу овог података, усвојено је да удео рециклираних улазних сировина приликом производње полипропиленске фолије износи 25%, док је рециклажа исте након фазе употребе могућа 100%. Декоративна полипропиленска фолија је другачијег сировинског састава, те се сматра да је њена рециклажа могућа, али на значајно нижем нивоу – 50%.
- Кесе које компанија користи као амбалажу за одређене производе, креиране су од полиетилена, односно од врсте пластике за чију производњу се користи 50% рециклираних сировина. Полиетилен је могуће 100% рециклирати, али исто тако и могуће је на креативан начин поново употребити полиетиленске кесе, што је приказано сликом 7.2.



Слика 7.2 Приказ креативне поновне употребе полиетиленских кеса и PET амбалаже

- Компанија користи PET амбалажу у којој се пакују корпице за мафине. Претпоставља се да се за производњу овог типа амбалаже не користе рециклиране сировине, али је након фазе коришћења производа, амбалажу могуће 100% рециклирати и 100% поново употребити. Такође, поновна креативна употреба PET амбалаже приказана је на слици 7.2.
- У процесу производње ове компаније, користе се и потпуно нередицибилни материјали, као што су боје и лепкови.

Сви наведени подаци су прецизно дефинисани у табели 7.2.

Табела 7.2 Приказ табеле „bills of materials“ компаније „MB INTERNACIONAL“

Компонента	Материјал	Маса [kg]	Процентуални удео рециклираних сировина [%]	Процентуални удео поновно употребљених сировина [%]	Могући ниво рециклирања након фазе коришћења производа [%]	Могући ниво поновне употребе након фазе коришћења производа [%]
Картонска тацна 3А-1/25						
Тацна	Хромо картон	0,1575	97,00	0,00	100,00	0,00
Етикета	Бели папир за колор штампу	0,0005	0,00	0,00	100,00	0,00
Кеса	Полипропиленска фолија	0,0020	25,00	0,00	100,00	0,00
Штампана картонска тацна 3А-1/25						
Тацна	Хромо картон	0,1145	97,00	0,00	100,00	0,00
Етикета	Бели папир за колор штампу	0,0005	0,00	0,00	100,00	0,00
Кеса	Полипропиленска фолија	0,0020	25,00	0,00	100,00	0,00
Декоративни слој	Боја	0,0030	0,00	0,00	0,00	0,00
Корпице за мафине М-1/5						
Корпица	Пергамент папир	0,0375	0,00	0,00	0,00	0,00
Етикета	Бели папир за колор штампу	0,0005	0,00	0,00	100,00	0,00
Декоративни слој	Боја	0,0020	0,00	0,00	0,00	0,00

Кутија	Полиетилен терафталат	0,0100	0,00	0,00	100,00	100,00
Подметач за ролат /						
Подметач	Лепенка картон	0,0919	85,00	0,00	100,00	0,00
Етикета	Бели папир за колор штампу	0,0005	0,00	0,00	100,00	0,00
Декоративни слој	Декоративна полипропиленска фолија	0,0008	0,00	0,00	50,00	0,00
Контактни слој	Контактни лепак	0,0008	0,00	0,00	0,00	0,00
Кеса	Полиетилен	0,0010	50,00	0,00	100,00	100,00
Кутија за ролат-шнит Š-1/1						
Кутија	Хромо картон	0,1715	97,00	0,00	100,00	0,00
Етикета	Бели папир за колор штампу	0,0005	0,00	0,00	100,00	0,00
Контактни слој	Контактни лепак	0,0020	0,00	0,00	0,00	0,00
Кеса	Полиетилен	0,0010	50,00	0,00	100,00	100,00
Кутија за колаче са отвором No2 - 1 kg						
Кутија	Хромо картон	0,0410	97,00	0,00	100,00	0,00
Етикета	Бели папир за колор штампу	0,0005	0,00	0,00	100,00	0,00
Контактни слој	Контактни лепак	0,0020	0,00	0,00	0,00	0,00

Отвор	Полипропиленска фолија	0,0015	25,00	0,00	100,00	0,00
Рођенданска капа 1/6						
Капа	Хромо картон	0,0695	97,00	0,00	100,00	0,00
Етикета	Бели папир за колор штампу	0,0005	0,00	0,00	100,00	0,00
Декоративни слој	Боја	0,0020	0,00	0,00	0,00	0,00
Кеса	Полиетилен	0,0010	50,00	0,00	100,00	100,00
Контактни слој	Контактни лепак	0,0020	0,00	0,00	0,00	0,00

7.1.4. Дефинисање посебних одредби значајних за прорачун циркуларности

Наредни корак за одређивање циркуларности компаније јесте дефинисање параметара коришћених у приказаној методологији.

Као што је већ наглашено, прво се одређује циркуларност на нивоу референтног производа, зато је потребно израчунати процентуални удео улазних рециклираних сировина, процентуални удео поновно употребљених сировина, али и могући ниво рециклирања и поновне употребе материјала након фазе коришћења производа. Наиме, ови проценти су изражени у табели 7.2, али посебно за сваку компоненту која чини производ. Потребни подаци за производ се одређују помоћу аритметичке средине која је дефинисана релацијом 7.1:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n} \quad (7.1)$$

У изразу 7.1 бројилац представља збир свих резултата у узорку, док именилац представља број узорака.

Применом ове статистичке технике добијени су тражени подаци који су приказани у табели 7.3.

Табела 7.3 Приказ добијених података о референтним производима

Производ	Процентуални удео рециклираних сировина [%]	Процентуални удео поновно употребљених сировина [%]	Могући ниво рециклирања након фазе коришћења производа [%]	Могући ниво поновне употребе након фазе коришћења производа [%]
Картонска тацна 3А-1/25	40,67	0,00	100,00	0,00
Штампана картонска тацна 3А-1/25	30,50	0,00	75,00	0,00
Корпице за мафине М-1/5	0,00	0,00	50,00	25,00
Подметач за ролат /	27,00	0,00	70,00	20,00
Кутија за ролат-шнит Š-1/1	36,75	0,00	75,00	25,00
Кутија за колаче са отвором No2 - 1 kg	30,5	0,00	75,00	0,00
Рођенданска капа 1/6	29,40	0,00	60,00	20,00

Следећи захтевани параметри јесу коефицијенти ефикасности рециклаже, који зависе од многобројних фактора и чије је одређивање комплексно. Коефицијенти ефикасности рециклаже везују се за термине „*downcycling*“ и „*upcycling*“.

Термин „*downcycling*“ се често користи за опис процеса рециклаже који смањује квалитет и економску вредност материјала или производа, односно процес рециклаже који се дешава након фазе коришћења производа, те је зато овај термин у корелацији са коефицијентом - E_C . Насупрот томе, „*upcycling*“ се користи за описивање процеса рециклаже који повећава квалитет и економску вредност материјала или производа, па се он повезује са коефицијентом - E_F . Како су картон и папир примарне сировине анализираних производа, коефицијенти ефикасности рециклаже су дефинисани под одређеним претпоставкама.

Када је реч о Републици Србији, потребно је нагласити да подаци о генерисању, начину одлагања и количинама третираног отпада нису потпуни. У Републици Србији је 2017. године генерисано 48,9 милиона тона отпада од стране свих сектора економских делатности (Републички завод за статистику РС, 2018). На основу истог извора, процењује се да се у Србији генерише око 2,4 милиона комуналног отпада на годишњем нивоу. Уколико се разматра морфолошки састав отпада у Србији, може се закључити да органски отпад заузима велики удео у укупној маси комуналног отпада. Картон учествује чак са 8,23% у укупној маси комуналног отпада (Бошковић, 2014). Применом тог податка на укупну генерисану количину комуналног отпада у Србији, следи да се на годишњем нивоу генерише око 197.520 тона картонског отпада, од чега се око 40% рециклира.

Због недостатка података о процесима рециклаже, хипотетички ће се у једначини 5.3, аналогно претходној констатацији, усвојити да укупни картонски отпад представља улазну фракцију у процес рециклаже, а да 40% од тога напушта процес, те следи да је коефицијент ефикасности рециклаже $E_C = 0,4$.

Коефицијент ефикасности рециклаже који се везује за нове сировине, односно за „*upcycling*“ је виши за око 35% од претходног коефицијента, што значи да је тај коефицијент апроксимативан вредности $E_F = 0,55$.

Претпоставља се да је ефикасност рециклаже за све производе једнака, зато што су приближног материјалног састава.

Наредни непознати параметри који су потребни за прорачун јесу стварни просечни век трајања производа, стварни просечни век трајања сличног конкурентског производа на тржишту, стварни просечни број функционалних јединица остварених током фазе употребе производа, али и стварни просечни број функционалних јединица остварених током фазе употребе сличног конкурентског производа на тржишту.

У публикацији „*Circularity indicators*“ је наглашено да ако није могуће обезбедити добру процену L/L_{av} , потребно је усвојити да су параметри једнаки и да је однос једнак 1. Исто правило важи и за однос U/U_{av} (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Након свих усвојених потребних параметара, могуће је приступити прорачуну циркуларности на нивоу референтних производа, а потом и на нивоу компаније.

7.2. Прорачун MCI_P и MCI_C

Прорачун циркуларности референтних производа извршен је у софтверском програму „Microsoft Excel“.

„Microsoft Excel“ је комерцијални рачунарски програм произведен од стране компаније „Microsoft Corporation“, који омогућује корисницима да организују, форматирају и врше рачунске операције над подацима помоћу формула, коришћењем табеларног система. Овај програм је део пакета програма под називом „Microsoft Office“ и компатибилан је са осталим програмима из пакета.

На слици 7.3 приказан је репрезентативан пример табеле у софтверском програму, која је коришћена за одређивање индикатора циркуларности материјала на нивоу референтног производа.

Назив параметра	Подаци	Јединица
Маса финалног производа (M)	0,16	kg
Маса сировине из рециклираног извора (Fr)	40,60	%
Маса сировине добијена поновном употребом искоришћеног производа (Fu)	0,00	%
Удео масе производа који се прикупља за процес рециклаже (Cr)	100,00	%
Удео масе производа који се прикупља за поновну употребу (Cu)	0,00	%
Ефикасност процеса рециклаже на крају животног циклуса (Ec)	40,00	%
Ефикасност процеса рециклаже за нову сировину (Ef)	55,00	%
Век трајања производа или Број функционалних јединица (L or U)	1,00	Years
Просечни век трајања или Број функционалних јединица конкурентског производа (Lav or Uav)	1,00	Years

Индекс линеарног тока (LFI)	0,57
Индикатор циркуларности материјала (MCI)	0,49

Слика 7.3 Приказ Excel табеле која је коришћена за прорачун циркуларности референтних производа

Резултати индикатора циркуларности материјала за свих седам референтних производа MCI_P су приказани у табели 7.4.

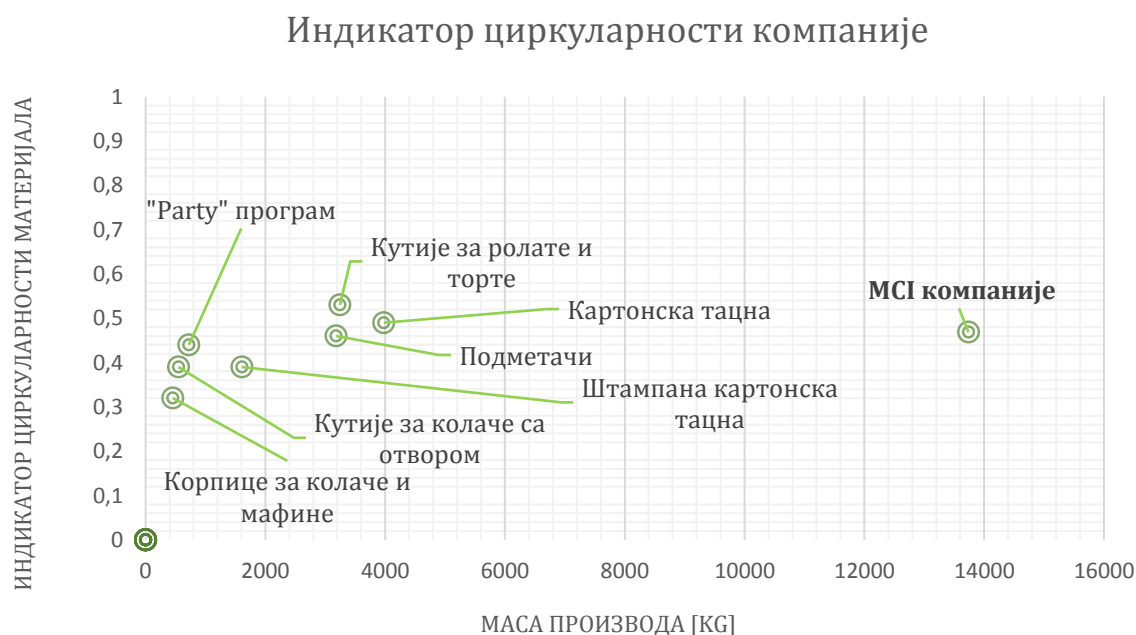
Табела 7.4 Приказ резултата MCI_P

Редни број	Назив групе производног асортимана	Маса групе производног асортимана [kg]	LFI_P	MCI_P
1.	Картонска тацна	3.977,86	0,57	0,49
2.	Штампана картонска тацна	1.607,09	0,68	0,39
3.	Корпице за колаче и мафине	455,50	0,76	0,32
4.	Подметачи	3.181,10	0,61	0,46
5.	Кутије за ролате и торте	3.245,00	0,52	0,53
6.	Кутије за колаче са отвором	547,50	0,68	0,39
7.	"Party" програм	723,30	0,62	0,44

За коначно израчунавање циркуларности компаније, потребно је извршити комбиновање добијених индикатора MCI_p . Комбиновање индикатора се врши помоћу фактора нормализације.

У овој студији случаја за фактор нормализације је узета маса производа изражена у килограмима. Уколико се изостави група која је одређена „*De Minimis*“ правилом, укупна маса производа коју је компанија „MB INTERNACIONAL“ произвела у посматраном периоду износи 13.737,35 kg, што се може уочити у табели 7.1, док су у табели 7.4 приказане масе одабраних група производног асортимана.

Помоћу математичког израза 6.3, добијен је крајњи резултат MCI_c . Крајњи резултат прорачуна приказан је сликом 7.4.



Слика 7.4 Резултат индикатора циркуларности компаније добијен помоћу комбиновања фактора нормализације и MCI_p референтних производа

Индикатор циркуларности на нивоу компаније „MB INTERNACIONAL“ је 0,47. Овакав резултат показује да компанија послује по пословном моделу који је између линеарног и циркуларног.

За Републику Србију, овакав ниво циркуларности је задовољавајући, међутим у компанији постоји простор за унапређење циркуларне економије.

Приликом прорачуна нивоа циркуларности компаније, у обзир су узети само токови материјала, али могуће је још прецизније и детаљније одредити ниво циркуларности помоћу комплементарних индикатора, који се сматрају додатним или допунским индикаторима. Они се могу користити заједно са индикатором циркуларности материјала како на нивоу производа, тако на нивоу читаве компаније. Ови индикатори се углавном предлажу од стране надлежних организација у циљу развоја акција у области циркуларне економије, које су засноване на пословним ризицима или последичним утицајима. Развој активности у области циркуларне економије може бити од значаја за пословање једне компаније, његове акционаре, али најбитније, значајан је за побољшање животне средине.

Комплементарни индикатори се могу категорисати у две групе:

- комплементарни (допунски) индикатори ризика који могу дати додатни увид у потенцијалне ризике у односу на пословне приоритете,
- комплементарни (допунски) индикатори утицаја који могу пружити додатне информације о процени како промена нивоа циркуларности материјала утиче на интересе компаније и њених заинтересованих страна.

У прву групу допунских индикатора се сврставају ризици варијације цена материјала, ризици снабдевања материјалима, ризици недостатка материјала, као и токсичност. Друга група допунских индикатора се односи на утицаје компаније на животну средину, па се ту анализирају употреба енергије, емисија CO_2 , али и загађење воде.

У многим државама, компаније су у обавези да формирају извештаје о комплементарним индикаторима. Такви извештаји могу бити од помоћи агенцијама и организацијама које обављају одређене анализе из области заштите животне средине.

У анализираном случају због недостатка информација и извештаја компаније „MB INTERNACIONAL“, комплементарни индикатори су изостављени из допунског прорачуна.

8. Мере за унапређење индикатора циркуларности анализиране компаније

За потпуну имплементацију циркуларне економије потребне су промене у начину производње, али и промене у начину потрошње производа.

Промовисање циркуларне економије у компанијама које послују у Србији није само кључ успешне интеграције Србије у ЕУ, већ и прилика за иновације, ефикасно коришћење ресурса, учешће у бројим истраживачким и финансијским програмима, итд. Осим тога, циркуларна економија тражи другачију културу у вези са управљањем отпадом и рециклажом, повећану дисциплину у поштовању упутстава који се односе на такве директиве и побољшано праћење токова отпада.

Добијени индикатор циркуларности компаније „MB INTERNACIONAL“ износи 0,47. Из чега следи да компанија може извршити одређене мере, којима би унапредила ниво циркуларности.

На слици 8.1 приказани су основни кораци које је неопходно обавити у компанији приликом трансформације пословног модела из линеарног у циркуларни.



Слика 8.1 Приказ корака транзиције ка циркуларној економији у једној компанији

До сада, компанија „MB INTERNACIONAL“ није обављала активности, које се односе на развој циркуларне економије већ је делатност компаније таква да у свом производном процесу користи органске сировине, што утиче на већи степен циркуларности. Међутим, сада када је извршена евалуација циркуларности, неопходно је одрадити „benchmarking“, односно истражити и открити предности и примере добре праксе конкурентних компанија, које затим треба применити.

Прелазак са линеарног пословног модела на циркуларни је сам по себи комплексан процес, зато што подразумева стални мониторинг и побољшања.

Компанија „MB INTERNACIONAL“ може спровести одређене мере у циљу побољшања нивоа циркуларности, које могу бити нискобуџетне или високобуџетне.

Први разлог за развој циркуларне економије у овој компанији се може образложити појавом да се на тај начин врши побољшање угледа брэнда, чиме компанија постаје конкурентнија на тржишту.

Нискобуџетне мере могу подразумевати чак и увођење еко-дизајна у пословни модел компаније. Еко-дизајн, у најширем смислу подразумева, креирање таквог производа, који током свог животног циклуса има минималан негативан утицај на животну средину. Овакав тип дизајна производа се огледа у дизајнирању нових, енергетски ефикаснијих производа, који би се производили од 100% биоразградивих материјала, затим од материјала који омогућавају поновну употребу тих производа, или пак материјала који се лако рециклирају.

У овом случају, основне сировине у процесу производње су различите врсте папира, односно картона. Сировина за производњу таквих материјала је целулоза која се добија из дрвне масе, што значи да се велике површине шуме морају уништити за задовољење потреба оваквог типа индустрије. Према подацима Агенције за заштиту животне средине, за производњу 1 тоне белог папира потребно је око 2 тоне дрвета, 85.000 литара воде и чак 7,4 MW електричне енергије. Папир се у природи разгради за 6 месеци, утицај на животну средину се огледа у следећем: када се искоришћени папир или картон одложи у канте чији садржај на крају заврши на депонији, разградњом папира у одсуству кисеоника производи се метан који је има утицај на стварање ефеката стаклене баште 24 пута већи него угљен-диоксид. Због очувања животне средине, компанија „MB INTERNACIONAL“ мора промовисати рециклажу папира и картона, зато што се тако спасавају шуме, штеди енергија за производњу и као најважније, не постоји производња метана.

Међутим, за анализирану студију случаја постоји проблем везан са рециклажом након фазе употребе производа. Компанија врши производњу картонских тацни, као и амбалаже која се користи за чување хране, те су производи након фазе коришћења оштећени остатком хране што отежава процес рециклаже. Решење овог проблема може бити компостирање отпадног папира или картона.

Други начин побољшања циркуларне економије у компанији јесте примена чистије, зеленије производње, односно увођење ефикасног система управљања животном средином.

Такође, неопходно је да компанија оптимизује генерисану количину отпада у процесу производње. У току досадашњег пословања, компанија сакупља генерисани отпад и предаје га оператеру који врши његово уситњавање, чиме се ток отпада у компанији „MB INTERNACIONAL“ завршава.

Једна од високобуџетних мера којом је могуће унапредити циркуларност компаније јесте набавка хидрауличне пресе за балирање влакнастих материјала. На тај начин, отпад би био третиран у оквиру саме компаније, а затим би компанија могла продавати новонастали производ фабрикама, којима је претежна делатност производња материјала од рециклираног папирног или картонског отпада.

Имплементација циркуларне економије у компанији „MB INTERNACIONAL“ је могућа, као и побољшање исте, мада неопходно је прво променити свест потрошача, па тек онда мењати пословне моделе. Потрошачи су важни актери у циркуларној економији, те се првенствено мора извршити транзиција модела потрошње производа.

9. Закључак

Циркуларна економија је од великог значаја за читаву планету, зато што њеном имплементацијом отпад се посматра као вредан ресурс, чијом се употребом у новим производним процесима остварује добробит за будуће генерације.

Данас је животна средина оптерећена бројним загађивачима насталим активностима људске врсте, а који уједно имају и негативно дејство на здравље људи. Из тог разлога, приоритетни циљ друштва је трансформација процеса потрошње производа и производње, зато што је на тај начин могуће смањити загађења и негативне утицаје, који се појављују у свим фазама животног циклуса производа.

Република Србија, као кандидат за чланство у ЕУ, усклађује своје законодавство са законодавством ЕУ, што подразумева смањење отпада, његово искоришћење, поновну употребу, обраду и одлагање отпада на начин, који је безбедан за човекову околину. Другачије речено, неопходан је приступ циркуларној економији, која трансформише читав систем управљања отпадом.

За прогрес циркуларне економије потребни су стручни кадрови, дефинисање стратегија и њихова конкретна примена, као и интензивна сарадња између локалних, регионалних, националних, па чак и међународних власти. Осим тога, циркуларна економија захтева унапређење финансијских, техничких и информационих капацитета изграђених и ојачаних у оквиру локалних и регионалних власти, које су одговорне за имплементацију, извршење и контролу стратегија у области циркуларне економије.

Да би управљање отпадом било адекватно и у складу са принципима циркуларне економије, потребна је комплетна промена свести и погледа на отпад, зато што је отпад ресурс који је неопходно искористити на прави и ефикасан начин.

Основни циљ истраживања, у оквиру дипломског рада, био је провера могућности имплементације циркуларне економије у Републици Србији.

Да би се успешно реализовао постављени циљ рада, извршен је читав низ неопходних предуслова.

Најпре је кроз компаративну анализу са линеарним пословним моделом, дефинисан појам циркуларне економије, као и бенефити, односно баријере за њену имплементацију. Анализирано је постојеће стање циркуларне економије и примери добре праксе како у свету, тако и у Републици Србији.

Према подацима Европске агенције за заштиту животне средине, до скоро није постојао признат начин одређивања ефикасности преласка са линеарног на циркуларни модел пословања, те је у раду истражен садашњи начин мониторинга циркуларне економије.

Фокус рада је на методологији „*Circularity indicators*“ коју је развила енглеска фондација „*Ellen MacArthur*“. Циљ фондације јесте инспирисање људске популације да побољша своју будућност применом циркуларне економије (Ellen MacArthur, 2015). На основу методологије којом се одређује индикатор циркуларности материјала *MCI*, могуће је одредити у којој мери је смањен линеарни ток производа, односно колико је унапређен његов циркуларни ток. *MCI* се одређује на основу три параметра: масе сировог материјала који се користи у процесу

производње, масе неповратног отпада и коефицијента употребљивости производа. Методологија се прво спроводи на нивоу једног производа, након чега се циркуларност једне компаније одређује као просечна вредност скупа вредности индикатора циркуларности на нивоу производа, при чему је неопходно усвојити одређене факторе нормализације.

За конкретну студију случаја, методологија је примењена на компанији „MB INTERNACIONAL“, која обавља производњу амбалаже и сличних производа од картона. Приликом одређивања нивоа циркуларног тока производа, одређени потребни подаци нису били доступни, те су усвојени хипотетички. Прорачун циркуларности компаније који се заснива на бројним математичким релацијама, извршен је у софтверском пакету „Microsoft Excel“. Крајњи резултат индикатора циркуларности компаније „MB INTERNACIONAL“ износи 0,47.

Циљ циркуларне економије јесте да у компанијама одређени ниво циркуларности буде апроксимативан вредности 1, што значи да се производња врши од материјала, који су продукти процеса рециклаже чија је ефикасност приближна 100%.

Како је ниво циркуларности анализирани компаније нижи од захтеване вредности, могуће је применити одређене мере помоћу којих би се циркуларност побољшала.

Препоруке за унапређење циркуларности у компанији „MB INTERNACIONAL“ се првенствено односе на редизајн производа кроз увођење еко-дизајна, чиме би се унапредили токови материјала и токови отпада у оквиру самог предузећа. Унапређење циркуларности се може извршити и применом високобуџетних мера, као што је набавка машина којима би се вршила прерада отпадног материјала насталог у процесу производње.

На основу рада, закључено је да је имплементација циркуларне економије у Србији могућа и да примена еволутивне методологије анализирани у овом раду, треба да омогући мониторинг напретка ка циркуларној економији у компанијама, односно треба да се користи као алат за одређивање у којој мери је унапређен циркуларни ток производа током анализираниог периода.



Pollution isn't the real problem behind the Earth's environmental woes. The true culprit is flawed design. If people created products more thoughtfully, they wouldn't have to worry about pollution or shortages. Designers with full ecological awareness can create products that offer infinite utility and do no harm; they will help the Earth (McDonough & Braungart, 2013).

Литература

- Anthesis Group, (2017), Blog: *Procurement Opportunities in the Circular Economy*, Available online: <https://blog.thesisgroup.com/procurement-in-circular-economy>.
- Braungart, M., McDonough, W., (2002), *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, New York, USA.
- British Standards Institution, (2017), *BS 8001:2017 Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations*, United Kingdom.
- Bue, E., (2015), Blog: *How Long Can Our Linear Waste Economy Continue?*, ENGIE Insight, Available online: <https://www.engieinsight.com/blog/2015/09/long-can-linear-waste-economy-continue/>.
- Dodge, Y., (2003), *The Oxford Dictionary of Statistical Terms*, Oxford University Press, Oxford.
- Ellen MacArthur Foundation, (2012), *Towards the circular economy*, Volume 1.
- Ellen MacArthur Foundation, (2015), *Circularity indicators - An approach to measuring circularity*.
- Environment Agency Japan (2000), *The Basic Law for Establishing the recycling-based Society*, Law No.110 of 2000, Ministry of the Environment, Government of Japan.
- European Commission , (2012), *Manifesto for a Resource Efficient Europe*, Brussels, EU.
- European Commission, (2014), *HORIZON 2020 in brief*, The EU Framework Programme for Research & Innovation, Brussels, EU.
- European Commission, (2014), *Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe*, Brussels, EU.
- European Commission, (2015), *Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy*, Brussels, EU.
- European Commission, (2018), *A monitoring framework for the circular economy*, Strasbourg, EU.
- European Commission, (2018), *Implementation of the Circular Economy Action Plan*, 2018 Circular Economy Package, Brussels, EU.
- European Environment Agency, (2016), *Circular economy in Europe - Developing the knowledge base*, Copenhagen, Denmark, EU.
- First Nations of Quebec and Labrador, Sustainable Development Institute, (2008), *Reduce, Reuse, Recycle and Recover Waste: A 4R's Guide*, Wendake, Quebec.
- Kail, R. V., Cavanaugh J. C., (2010). *Human Development: A Lifespan View*, 5th Edition, Cengage Learning.
- Kotler, P., Armstrong, G., Brown, L., and Adam, S., (2006), *Marketing*, 7th Edition, Pearson Education Australia, Prentice Hall.
- McDonough, W., Braungart, M., (2013), *The Upcycle: Beyond Sustainability--Designing for Abundance*, North Point Press, New York.

Thomas, G.P., (2012), Recycling of Polypropylene (PP), CleanTech 101, Azocleantech, Available online: <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=240> .

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017), *World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables*, Working Paper No. ESA/P/WP/248.

World Bank, (2012), *What a waste: A global Review of Solid Waste Management*, Washington, USA.

World Commission on Environment and Development, (1987), *Our Common Future*, Oxford University Press.

Бошковић, Г., (2014), Унапређење енергетске ефикасности градског система за управљање чврстим отпадом, Докторска дисертација, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац.

Веселиновић, П., (2010), *Економија*, Универзитет Сингидунум, Београд.

Ђурета, В., Мутић, М., Митровић, С., Богдановић, М., (2016), *Основе циркуларне економије*, Београд.

Јовановић, С., (2015), *Моделирање еколошко-енергетских и економских перформанси одрживих технологија управљања чврстим отпадом*, Докторска дисертација, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац.

Организација за европску безбедност и сарадњу, [], *Циркуларна економија као шанса за развој Србије*, Београд.

Радивојевић, А., (2018), *Циркуларна економија-Имплементација и примена технологије у њеној функцији*, Часопис Економског факултета Универзитета у Београду Економске идеје и пракса, Београд.

Републички завод за статистику (2018), *Створени и третирани отпад, 2017.*, Статистика животне средине, Београд.

Републички завод за статистику, (2015), *Статистика отпада у Републици Србији 2010–2013, у складу са Уредбом о статистици отпада (ЕС) број 2150/2002*, Београд, Република Србија.

Службени гласник Републике Србије (2009), *Закон о управљању отпадом*, Влада Републике Србије, Београд, Република Србија, Службени гласник РС број 36/2009, измене број 88/2010 и 14/2016.

Службени гласник Републике Србије (2009), *Закон о амбалажи и амбалажном отпаду*, Влада Републике Србије, Београд, Република Србија, Службени гласник РС број 36/2009.

Прилог

Хронолошки поступак одређивања циркуларности компаније

Процедуру за одређивање циркуларности компаније, која је детаљно анализирана у поглављима 5. и 6. овог рада, неопходно је извршити хронолошким редом:

- 
1. Извршити попис свих производа, које компанија производи у посматраном периоду.
 2. Након формирања група, направити табелу која ће садржати одређене податке о сваком производу из групе, као што су: назив, модел или ознака производа, количина продатих јединица производа у посматраном периоду, јединична цена производа, јединична маса производа, укупна маса продатих јединица производа током посматраног периода и укупна вредност произведених јединица.
 3. Применити „De Minimis“ правило, уколико су испуњени услови објашњени у поглављу 6.
 4. Одабрати референтни производ из сваке формиране групе, односно производ чија је потражња била највећа током посматраног периода.
 5. За сваки референтни производ, направити табелу, тзв. „*bill of materials*“, која ће садржати податке о материјалима и маси материјала који улазе у процес производње. Такође, табела треба да садржи и податке о процентуалном уделу улазних рециклираних или поновно употребљених материјала, као и податке о предвиђеном процентуалном уделу материјала, који се могу рециклирати или поново употребити након фазе коришћења производа.
 6. Дефинисати стварни век трајања референтног производа и просечни век трајања сличног конкурентског производа, као и стварни број функционалних јединица и просечни број функционалних јединица сличног конкурентског производа.
 7. Пратити поступак описан у поглављу 5. и одредити MCI_P за сваки референтни производ.
 8. Дефинисати факторе нормализације за сваки производ.
 9. Извршити комбиновање MCI_P , у циљу добијања степена циркуларности читаве компаније MCI_C .

Листа потребних формула за одређивање циркуларности на нивоу компаније

$$V = M \times (1 - F_R - F_U)$$

- V - маса сировог материјала који улази у процес производње,
- M - маса готовог, финалног производа,
- F_R - маса сировине из рециклираног извора,
- F_U - маса материјала, добијеног поновном употребом старог производа или његових компоненти.

$$W_O = M \times (1 - C_R - C_U)$$

- W_O - маса неповратног отпада, који се одлаже на депонију или се користи за добијање енергије након фазе употребе производа,
- C_R - део масе производа који се прикупља за рециклажни процес,
- C_U - удео масе производа који се прикупља за поновну употребу.

$$E_C = \frac{\sum m_i(out)}{\sum m_i(in)} \times 100\%$$

- E_C - коефицијент ефикасности рециклаже на крају животног циклуса,
- $\sum m_i(out)$ - маса свих корисних рециклираних материјала, добијених процесом рециклаже,
- $\sum m_i(in)$ - маса свих фракција које улазе у процес рециклирања.

$$W_C = M \times (1 - E_C) \times C_R$$

- W_C - маса неповратног отпада насталог у процесу рециклаже.

$$W_F = M \times \frac{(1 - E_F)F_R}{E_F}$$

- W_F - маса неповратног отпада, која се генерише приликом технолошког процеса израде нових сировина, које су продукт рециклаже и од којих се касније производи нов производ,
- E_F - коефицијент ефикасности рециклаже сировина.

$$W = W_O + \frac{W_F + W_C}{2}$$

- W - укупна маса неповратног отпада који настаје приликом читавог животног циклуса једног производа.

$$LFI = \frac{V + W}{2 \times M + \frac{W_F - W_C}{2}}$$

- LFI - индекс линарног тока, који представља количник материјала који се креће по линеараном току и укупне количине материјала у производном циклусу.

$$X = \left(\frac{L}{L_{av}} \right) \times \left(\frac{U}{U_{av}} \right)$$

- X - коефицијент употребљивости производа,
- L - стварни век трајања производа,
- U - стварни просечан број функционалних јединица остварених током фазе употребе производа,
- L_{av} - просечан животни век сличног или истог конкурентског производа на тржишту,
- U_{av} - просечни број функционалних јединица постигнутих током фазе коришћења сличног или истог конкурентског производа на тржишту.

$$MCI_P^* = 1 - LFI \times F(X) \rightarrow F(X) = \frac{0,9}{X} \rightarrow MCI_P = \max(0, MCI_P^*)$$

- MCI_P - индикатор циркуларности материјала на нивоу производа ,
- $F(X)$ - фактор употребљивости креиран као функција коефицијента употребљивости производа.

$$N_{D(\alpha)} = \sum_{\beta} N_{R(\alpha, \beta)}$$

- $N_{D(\alpha)}$ - фактор нормализације одређеног департмана компаније, који се формира као сума фактора нормализације одређених асортимана производа $N_{R(\alpha, \beta)}$.

$$MCI_{D(\alpha)} = \frac{1}{N_{D(\alpha)}} \sum_{\beta} (N_{R(\alpha, \beta)} \times MCI_{P(\alpha, \beta)})$$

- $MCI_{D(\alpha)}$ - индикатор циркуларности материјала на нивоу департмана компаније,
- $MCI_{P(\alpha, \beta)}$ - индикатор циркуларности референтног производа $P_{(\alpha, \beta)}$.

$$MCI_C = \frac{1}{N_C} \sum_{\alpha} (N_{D(\alpha)} \times MCI_{D(\alpha)})$$

- MCI_C - индикатор циркуларности материјала на нивоу целе компаније,
- $N_C = \sum_{\alpha} (N_{D(\alpha)})$.