

Rudīte Vesere

# ATKRITUMI KĀ EFEKTĪVS RESURSS CEĻĀ UZ APRITES EKONOMIKAS MODELI

Promocijas darbs



# RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Elektrotehnikas un vides inženierzinātņu fakultāte

Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

**Rudīte Vesere**

Doktora studiju programmas “Vides inženierija” doktorante

## **Atkritumi kā efektīvs resurss ceļā uz aprites ekonomikas modeli**

**Promocijas darbs**

Zinātniskā vadītāja

profesore *Dr. habil. sc. ing.*

DAGNIJA BLUMBERGA

*Dr. sc. ing.*

SILVIJA NORA KALNIŅŠ

RTU Izdevniecība

Rīga 2022

Vesere, R. Atkritumi kā efektīvs resurss  
ceļā uz aprites ekonomikas modeli.  
Promocijas darbs. - Rīga: RTU  
Izdevniecība, 2022. 236 lpp.

Iespiests saskaņā ar promocijas padomes  
“RTU P-19” 2022. gada 9. septembra  
lēmumu, protokols Nr.160.

Doktora darbs ir izstrādāts Fundamentālo un lietišķo pētījumu projekta “Aprites ekonomikas risinājumi veselības aprūpes atkritumu apsaimniekošanā vides aizsardzības un sabiedrības veselības mērķu nodrošināšanai (Panacea)”, projekta Nr. lzp-2020/1-0299, ietvarā, ko finansēja Latvijas Zinātnes padome.



## PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS ZINĀTNES DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ

Promocijas darbs zinātnes doktora grāda (*Ph. D.*) iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2022. gada 10. novembrī plkst. 14.00 Rīgas Tehniskās universitātes Elektrotehnikas un vides inženierzinātņu fakultātē, Āzenes ielā 12/1, 212. auditorijā.

### OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors *Ph. D.* Saulius Vasarevicius  
Vilņas Ģedimina Tehniskā universitāte, Lietuva

Profesors *Dr. sc. ing.* Ainis Lagzdīņš  
Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitāte, Latvija

Profesors *Dr. sc. ing.* Edmunds Teirumnieks  
Rēzeknes Tehnoloģiju akadēmija, Latvija

### APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājis šo promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē zinātnes doktora grāda (*Ph. D.*) iegūšanai. Promocijas darbs zinātniskā grāda iegūšanai nav iesniegts nevienā citā universitātē.

Rudīte Vesere ..... (paraksts)

Datums: .....

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, tajā ir ievads, 4 nodaļas, secinājumi, rekomendācijas, literatūras saraksts, 39 attēli, 14 tabulas, kopā 235 lappuses. Literatūras sarakstā ir 125 nosaukumi.



## Anotācija

Promocijas darba pētījuma objekts ir atkritumi kā efektīvs resurss ceļā uz aprites ekonomikas modeli. 2018.gadā Eiropas Komisija (EK) apstiprināja Aprites ekonomikas pakotni, no kā izrietēja sešu direktīvu grozījumi, kas paredzēja ambiciozus mērķus atkritumu apsaimniekošanas jomā laika periodā līdz 2035.gadam. 2019.gada decembra EK paziņojums "Eiropas zaļais kurss" un atbilstoši tam 2020. gada 10. martā publiskotais Jaunais aprites ekonomikas rīcības plāns nosaka pasākumus aprites ekonomikas nostiprināšanai. Ir izveidota vērienīga rīcības programma ar pasākumiem visa preču cikla garumā: no ražošanas un patēriņa līdz atkritumu apsaimniekošanai un otrreizējo izejvielu tirgum. Saskaņā ar Aprites ekonomikas pakotni ES dalībvalstīm noteikti kvalitatīvi un kvantitatīvi mērķi atkritumu apsaimniekošanas jomā, tajā skaitā atkritumu apjoma samazināšana un pārdomāta apsaimniekošana, kas ir atkritumu politikas veidošanas pamatprincipi. Par to, ka atkritumi ne tikai var būt vērtīgs resurss, bet tāds arī ir, šobrīd vairs nevienam nav šaubu. Uzdevums ceļā uz aprites ekonomikas modeli, ir mainīt ražošanu un patēriņu tā, lai atkritumu būtu arvien mazāk, bet esošie maksimāli, cik iespējams, tiktu izmantoti kā resurss.

Pētījumam izvirzīta hipotēze ietver pieņēmumu, ka, lai panāktu, ka Latvija ilgtermiņā kļūst par resursu efektīvu valsti, kura īsteno aprites ekonomikas modeli un nulles atkritumu stratēģiju (radīto atkritumu apjoms samazinās un poligonos apglabājamo atkritumu apjoms tuvojas nullei) ilgtspējīgāku rezultātu var sasniegt, lēmumu izstrādes un pieņemšanas procesā izmantojot zinātniskās pētniecības metodes. Katrai atkritumu plūsmai vai pārstrādes veidam pielietojamas vairākas pētniecības metodes, ievērojot datu un metožu atkalizmantojamību, un kas kopumā veido kompleksu pieeju un ļauj izdarīt pārdomātas un ilgtspējīgākas izvēles un pieņemt lēmumus par izmantojamām atkritumu pārstrādes un reģenerācijas tehnoloģijām, īstenojamiem pasākumiem un finanšu avotiem. Metodes izmantojamas kombinējot, jo ne visus aspektus iespējams izvērtēt ar vienu metodi. Pētījuma rezultāti apstiprina izvirzīto hipotēzi. Šāda pieeja ievērojama gan nacionālā līmenī tautsaimniecības procesos, gan arī uzņēmumu līmenī.

Promocijas darbs balstīts uz desmit tematiski saistītām zinātniskām publikācijām, kas ir publicētas zinātniskajos žurnālos un pieejamas zinātnisko publikāciju datubāzēs. Pētījumā vērtēta vairāku dažādu pētniecības metožu izmantošana dažu atkritumu plūsmu pārstrādes un apsaimniekošanas iespēju izvērtēšanai un lēmumu pieņemšanai. Promocijas darbs izstrādāts latviešu valodā. Pētījuma ievadā definēts pētījuma mērķis un darba uzdevumi, pamatota tēmas aktualitāte un sniegta informācija par rezultātu aprobāciju zinātniskajās konferencēs un publikācijas. Tālāk darbā sniegta literatūras apskats un aprakstītas pētījuma metodes. Darbā atspoguļoti pētījumu rezultāti un sniegti secinājumi un rekomendācijas.

## Abstract

The research subject of the doctoral thesis is waste as an efficient resource on the way to a circular economy model. In 2018, the European Commission (EC) approved the Circular Economy Package, which resulted in amendments to six directives, which provided for ambitious goals in the field of waste management in the period up to 2035. The December 2019 EC announcement "European Green Deal" and the New Circular Economy Action Plan published accordingly on 10 March 2020 determine measures to strengthen the circular economy. An ambitious action program has been created with measures throughout the product cycle: from production and consumption to waste management and the market for secondary raw materials. According to the Circular Economy Package, EU member states have set qualitative and quantitative goals in the field of waste management, including waste volume reduction and thoughtful management, which are the basic principles of establishing waste policy. There is no longer any doubt that waste can not only be a valuable resource – it undoubtedly is. The task on the way to the circular economy model is to change production and consumption so that there is less and less waste, while the existing waste is used as a resource as much as possible.

The hypothesis put forward for the study includes the assumption that, for Latvia to become a resource-efficient country in the long term and implement a circular economy model and a zero waste strategy (the amount of generated waste decreases and the amount of waste disposed of in landfills approaches zero), a more sustainable result needs to be achieved and scientific research methods need to be applied throughout the decision-making process. For each waste stream or type of waste processing, several research methods are applied, respecting the reusability of data and methods, and which in general form a complex approach and allow to make thoughtful and more sustainable choices and to make decisions about waste processing and regeneration technologies to be used, measures to be implemented and financial sources. The methods can be used in combination, because not all aspects can be evaluated with one method. The results of the study confirm the proposed hypothesis. Such an approach is notable both at the national level in the processes of the national economy, and also at the level of companies.

The thesis is based on ten, thematically related scientific publications, which have been published in scientific journals and are available in databases of scientific publications. The study evaluates the use of several different research methods for evaluating the possibilities of processing and managing waste streams and making decisions. The thesis is written in Latvian. In the introduction of the study, the purpose and tasks of the study are defined, the topicality of the topic is substantiated, and information is provided about the approval of the results in scientific conferences and publications. Next, the work presents a review of the literature and describes the research methods. The work reflects the research results and provides conclusions and recommendations.

## Pateicība

Izsaku milzīgu pateicību savai zinātniskā darba vadītājai profesorei *Dr. habil. sc. ing.* Dagnijai Blumbergai par sniegto atbalstu, vērtīgajiem un nodēģajiem padomiem, mērķtiecīgo vadību un ieguldījumu promocijas darba tapšanā un iespējām pilnveidot zināšanas un prasmes.

Pateicību vēlos izteikt arī mana zinātniskā darba līdzvadītājai Silvijai Norai Kalniņš, ar kuru man bijusi iespēja kopā strādāt un kas iedrošināja doties šajā izzinošajā ceļā – uzsākt doktorantūras mācības un virzīties uz nospraustajiem mērķiem.

Paldies par palīdzību, atbalstu, ieteikumiem un padomiem visā doktorantūras studiju laikā Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūta kolektīvam! Atbalsts un padomi ir bijuši neatsverami un būtiski palīdzējuši pilnveidot darbu, rast jaunas idejas, veidot jaunas pieejas un sasniegt izvirzītos zinātniskos mērķus.

Paldies visiem zinātnisko rakstu līdzautoriem, bez kuriem nebūtu iespējams veikt nozīmīgo ceļu mērķa sasniegšanas virzienā!

Īpašs paldies profesorei *Dr. oec.* Dzintrai Atstājai par viedajiem padomiem, ieteikumiem un atbalstu manā zinātniskajā darbībā, par iedrošinājumu dažādu ideju attīstīšanai!

Paldies manām kolēģēm Kristīnei Kazerovskai un Natālijai Cudečkai-Puriņai par sapratni un sniegto atbalstu promocijas darba tapšanas laikā!

Paldies maniem bērniem – Sandrai, Elīnai un Mārtiņam – par morālo atbalstu, iedrošināšanu un sapratni!

# Saturs

Lietotie saīsinājumi .....	9
Ievads .....	10
Tēmas aktualitāte.....	13
Darba mērķis un uzdevumi .....	16
Zinātniskā novitāte .....	17
Hipotēze .....	18
Pētījuma struktūra .....	18
Zinātniskā darba aprobācija .....	22
Praktiskā nozīme .....	24
1. Literatūras apskats - atkritumu apsaimniekošanas sistēma un pāreja uz aprites ekonomikas modeli .....	26
1.1. Atsevišķu atkritumu plūsmu pārstrādes un reģenerācijas metodes .....	27
1.2. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstība - aprites ekonomikas sastāvdaļas ...	30
1.3. Zaļo darba vietu loma aprites ekonomikas modeļa ietvaros resursu efektīvākai izmantošanai un atkritumu apjoma samazināšanai un apsaimniekošanai .....	35
2. Pētniecības metodes .....	40
2.1. Pētniecības metodes prioritāro tehnoloģiju izvēlei atkritumu apsaimniekošanā atsevišķām atkritumu plūsmām Latvijā .....	40
2.1.1. Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metode (TOPSIS).....	40
2.1.2. NT ENVIR 001 informācijas ieguves metode .....	45
2.2. Pētniecības metodes saistībā ar atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas mērķu īstenošanu .....	48
2.2.1. Statistiskā analīze, izmaksu – ieguvumu analīze un matemātiskā modelēšana .	48
2.2.2. Papīra pārstrādes ekonomiskais vērtējums.....	52
2.2.3. Sekundārā datu analīze un strukturētas intervijas primāro datu ieguvei .....	54
2.2.4. Kritiskā analīze, gadījumu izpēte, sintēzes un salīdzinošā analīze .....	57
2.2.5. Ekonomiskais novērtējums, sekundāro datu analīze .....	58
2.2.6. Ietekmju modelēšana.....	58
2.3. Pētniecības metodes saistībā ar zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu lomu atkritumu apsaimniekošanā.....	59

3. Rezultāti un analīze.....	63
3.1. Prioritāro tehnoloģiju izvēle atkritumu apsaimniekošanā atsevišķām atkritumu plūsmām Latvijā.....	63
3.1.1. Papīra atkritumu pārstrādes tehnoloģijas un metodes novērtēšana.....	63
3.1.2. Atkritumu kā energomateriālu novērtēšana.....	65
3.1.3. Nešķīroto sadzīves atkritumu sastāva noteikšana.....	69
3.2. Atkritumu apsaimniekošana un aprites ekonomikas mērķi.....	83
3.2.1. Lēmumu pieņemšanas process pārejai uz aprites ekonomiku.....	83
3.2.2. Matrica ekonomikas aprites ekonomikas stratēģijai.....	85
3.3. Zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu loma un vieta atkritumu apsaimniekošanā.....	91
3.4. Rezultāti un analīze – kopsavilkums.....	94
SECINĀJUMI.....	99
Rekomendācijas.....	101
Literatūras saraksts.....	103
Pielikumi.....	113

## LIETOTIE SAĪSINĀJUMI

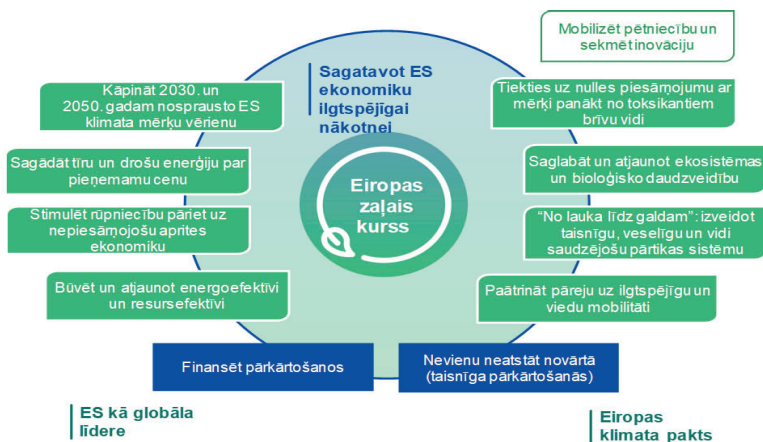
AER	atjaunojamies energoresursi
ANO	Apvienoto Nāciju organizācija
BNA	bioloģiski noārdāmie atkritumi
CO <sub>2</sub>	oglekļa dioksīds
DV	dalībvalsti(s)
EK	Eiropas Komisija
ES	Eiropas Savienība
FAIR dati	vadlīnijas pētniecības datu radīšanā un pārvaldībā
IAL	individuālie aizsardzības līdzekļi
IAM	ilgtspējīgas attīstības mērķi
IKP	iekšzemes kopprodukts
MVU	mazie un vidējie uzņēmumi
NACE	saimniecisko darbību statistiskā klasifikācija
NSA	nešķīroti sadzīves atkritumi
OECD	Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija
3R (Reduce-Reuse-Recycle)	Padomi atkritumu samazināšanai un resursu taupīšanai
RDF	no atkritumiem iegūts kurināmais
SDO	Starptautiskā Darba organizācija
SEG	siltumnīcefekta gāzes
UNEP	Apvienoto Nāciju Organizācijas Vides programma
ZDV	zaļās darba vietas



## IEVADS

Ekonomikai piedzīvojot būtisku uzplaukumu, ražošanas vajadzībām nepieciešami arvien jaunas izejvielas, un tam neizbēgami ir būtiska ietekme uz atkritumu apjomu pieaugumu. Neracionāls resursu patēriņš un pieaugošs atkritumu apjoms. Tas viss raksturo ierasto biznesu modeli, kas visā pasaulē pielietots 20. un 21. gadsimtā un definējams kā lineāra ekonomika. Lineārās ekonomikas modeļa pamats ir “resursu ieguve – ražošana – izmantošana – peļņas gūšana – preces par zemākām izmaksām - nepārdomāta atkritumu apsaimniekošana”, kas ir izraisījis īstermiņa lietošanas produktu patēriņa pieaugumu un līdz ar to arī strauju atkritumu apjoma pieaugumu, kuri pārsvarā tiek apglabāti. Industrializācijas attīstības rezultātā iedzīvotāju blīvuma pieaugums pilsētās laikā no 1900.gada līdz 2015.gadam pieaudzis no 14 % līdz 54 %. Rezultātā resursu patēriņa/ieguves pieaugums šajā pašā laika periodā pieaudzis 12 reizes. Attiecīgi pieaudzis arī CO<sub>2</sub> emisiju apjoms un 70 % no tā tiek radīts pilsētās. Plastmasas patēriņš kopš pagājušā gadsimta piecdesmitajiem gadiem pieaudzis 20 reizes. Turpina augt patēriņš un atbilstoši arī atkritumu apjoms, no kuriem daļa ir nepārstrādājami. Dabiskā ekosistēma vienlaikus ir izejvielu avots un galamērķis cilvēku radīto atkritumu apglabāšana, bet tās kapacitāte ir ierobežota. Iepriekš minētais lika domāt par jaunu ekonomisko sistēmu, kas ļautu resursus izmantot pēc iespējas produktīvāk.

Eiropas Komisija pāreju uz aprites ekonomikas modeli kā mērķi izvirzīja jau kopš 2015.gada. Savukārt 2019. gada 11. decembrī Eiropas Komisija nāca klajā ar paziņojumu “Eiropas zaļais kurss”, kurā piedāvāja jaunu izaugsmes stratēģiju, kas tiecas Eiropas Savienību pārveidot par taisnīgu un pārticīgu sabiedrību ar mūsdienīgu resursu efektīvu un konkurētspējīgu ekonomiku, kurā ekonomiskā izaugsme būtu atsaistīta no resursu patēriņa. Atbilstoši Eiropas zaļā kursa ceļvedim (1. att.) 2020. gada 10. martā EK publicēja Jauno aprites ekonomikas rīcības plānu, kas nosaka pasākumus aprites ekonomikas nostiprināšanai.

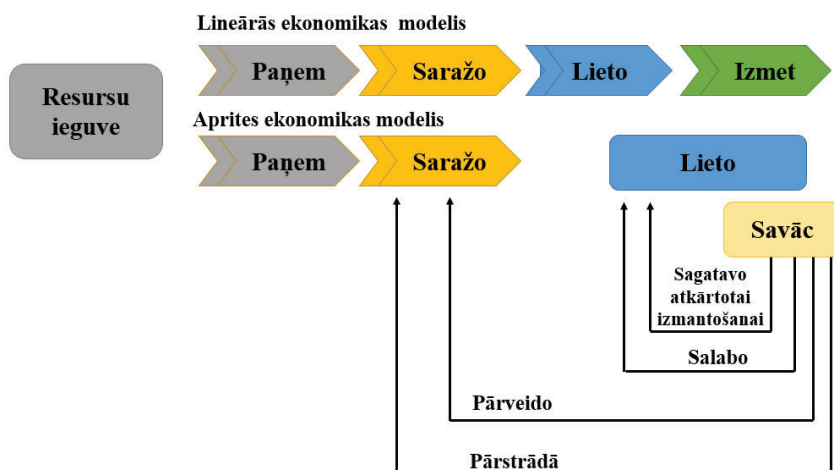


1. att. Eiropas zaļā kursa virzieni [1].

Tas ietver iniciatīvas visam produktu aprites ciklam - no izstrādes un ražošanas līdz patēriņam, remontam, otrreizējai izmantošanai, pārstrādei un resursu atgriešanai ekonomikā. Tā pasākumi vieno aprites ekonomikas un sociālās ekonomikas mērķus, veidojot nosacījumus jaunu darbavietu radīšanai, atbalstot zaļo pāreju un sociālo iekļaušanu [1].

Saskaņā ar vienu no vadošajiem aprites ekonomikas principu attīstītājiem *Ellen MacArthur Foundation* [2, 3] aprites ekonomika savā būtībā ir atjaunojoša un reģenerējoša, tās ietvaros sabiedrība pastāvīgi tiecas saglabāt produktus, komponentus un materiālus to augstākajā derīguma un vērtības pakāpē, izšķirot tehnoloģisko un bioloģisko ciklu. Aprites ekonomika iezīmē ceļu uz sistēmisku valsts ekonomikas un sabiedrības pārveidi.

Atkritumu apjoma samazināšana un pārdomāta apsaimniekošana ir viens no aprites ekonomikas pamatelementiem, un atkritumu hierarhija ir viens no atkritumu politikas veidošanas pamatprincipiem. Par to, ka atkritumi ne tikai var būt vērtīgs resurss, bet tāds arī ir, šobrīd vairs nevienam nav šaubu. Jāatzīst, ka atkritumi nav tikai vides problēma, bet arī zaudējums tautsaimniecībai. Eiropā katrs iedzīvotājs vidēji saražo 481 kg sadzīves atkritumu gadā. Tajā pašā laikā arvien vairāk šo atkritumu pārstrādā un arvien mazāk tie nonāk apglabāšanai atkritumu poligonos. Uzdevums ceļā uz aprites ekonomikas modeli, ir mainīt ražošanu un patēriņu tā, lai atkritumu būtu arvien mazāk, savukārt esošie maksimāli, cik iespējams, tiktu izmantoti kā resurss (2. att.).



2. att. Lineārās ekonomikas un aprites ekonomikas modeļu salīdzinājums.

Aprite ekonomika piedāvā iespējas palielināt nodarbinātību un cīnīties ar klimata pārmaiņām. Radīto atkritumu apsaimniekošanas galvenie virzieni ir pārstrāde un atkārtota lietošana, kas nozīmē pārdomātu resursu patēriņu un ilgtermiņa ieguvumus. Vienlaikus ir ļoti

svarīgi samazināt radīto atkritumu apjomu, jo tādējādi tiek samazināts pirmreizējo resursu patēriņš un resursi ilgstoši paliek saimnieciskajā apritē. Tas prasa izmaiņas ne tikai patērētāju uzvedībā, bet vēl vairāk ražošanas pusē īpaši attiecībā uz resursu ieguvu un materiālu un tehnoloģiju izvēli. Lai sasniegtu noteiktos mērķus, ir būtiski veikt atbilstošas izvēles gan izstrādājot preču dizainu, gan veidojot atkritumu apsaimniekošanas politiku, gan izvēloties un attīstot atkritumu pārstrādes tehnoloģijas katrai no plūsmām un izvērtējot kurām no atkritumu plūsmām un tehnoloģijām nepieciešams un pieļaujams finanšu atbalsts.

Veidojot globālu rīcības koalīciju, kas ir gan daudzveidīga, gan iekļaujoša, apvieno uzņēmumus, valdības, NVO un zinātniekus, lai palielinātu spēju apmierināt sabiedrības vajadzības un risināt problēmas ilgtspējīgi, kas nozīmē, ka tiek saskaņoti ekonomiskie, sociālie un vides mērķi.

Aizverot cilpas, ir iespējams uzraudzīt resursu plūsmu un identificēt pārstrādes vai rūpnieciskās simbiozes iespējas (3. att.) [4, 5, 6, 7].



3. att. Pasākumi pārejai uz aprites ekonomiku un nevienlīdzības samazināšanai.

Viens no pēdējā laika izaicinājumiem noteikti ir *Covid-19* pandēmija, kas ir akcentējusi tādas satricinājumus pasaules sociālekonomiskajām un finanšu sistēmām, kādus mēs neesam piedzīvojuši. Tāpēc gan politikas veidotājiem, gan finanšu devējiem, gan uzņēmējiem, kas strādā vai vēlas strādāt atkritumu apsaimniekošanas jomā, ir svarīgi saprast kādas izvēles izdarāmas, kādas vērtēšanas metodes izmantojamas lēmumu pieņemšanai, lai veiksmīgi īstenotu pāreju uz aprites ekonomikas modeli, mazinātu nevienlīdzību un padarītu efektīvāku resursu izmantošanu, ievērojot to, ka daļa no tiem ir neatjaunojami un pieejami ierobežotā daudzumā

Promocijas darbā izvērtēti atsevišķi aprites ekonomikas aspekti un zinātnisko pētniecības metožu izmantošana izvēļu izdarīšanai un lēmumu pieņemšanai resursu efektīvā izmantošanā, ilgtspējīgā atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā un atkritumu apjoma

samazināšanā, lai ilgtermiņā Latvija kļūtu par valsti bez atkritumu poligoniem, kuros apglabā atkritumus, respektīvi valsti, kas īsteno nulles atkritumu stratēģiju.

## TĒMAS AKTUALITĀTE

Eiropas Komisija jau 2015.gadā nāca klajā ar paziņojumu par pāreju uz aprites ekonomiku. Savukārt, 2018.gadā EK apstiprināja Aprites ekonomikas pakotni, no kā izrietēja sešu direktīvu grozījumi, kas paredzēja ambiciozus mērķus atkritumu apsaimniekošanas jomā laikā līdz 2035.gadam. 2019.gada decembra EK publicēja paziņojumu “Eiropas zaļais kurss”, un atbilstoši tam 2020. gada 10. martā EK publicēja Jauno aprites ekonomikas rīcības plānu, kas nosaka pasākumus aprites ekonomikas nostiprināšanai. Ar aprites ekonomikas paketi tiek īstenots ES rīcības plāns pārejai uz aprites ekonomiku. Ir izveidota vērienīga rīcības programma ar pasākumiem visa preču cikla garumā: no ražošanas un patēriņa līdz atkritumu apsaimniekošanai un otrreizējo izejvielu tirgum.

Saskaņā ar Aprites ekonomikas pakotni ES dalībvalstīm noteikti kvalitatīvi un kvantitatīvi mērķi atkritumu apsaimniekošanas jomā, tajā skaitā izceļot specifiskus mērķus atsevišķām atkritumu plūsmām, piemēram:

- 1) 2035. gads - poligonos apglabāto sadzīves atkritumu īpatsvars ir ne vairāk kā par 10 % no kopējā radīto sadzīves atkritumu daudzuma;
- 2) 2035. gads - sadzīves atkritumu pārstrādes apjoms vismaz 65 % pēc masas;
- 3) 2023. gada 31. decembris – jānodrošina, ka bioloģiskie atkritumi, kas veido gandrīz 40 % no sadzīves atkritumu apjoma, ir vai nu atdalīti un pārstrādāti rašanās vietā, vai savākti dalīti (nav sajaukti ar citiem atkritumu veidiem);
- 4) 2025. gada 1. janvāris - izveidota dalītas savākšanas sistēma tekstilmateriāliem;
- 5) 2024. gada 31. decembris - izveidota dalītas savākšanas sistēma bīstamajiem sadzīves atkritumiem.

Specifiski mērķi ir noteikti arī tādām atkritumu plūsmām kā būvniecības atkritumi, izlietotais iepakojums, pārtikas atkritumi un zudumi, elektrisko un elektronisko iekārtu atkritumi, baterijas un akumulatori u.c.

Rādītāji, kas ir svarīgi darba kontekstā, saistīti vienotā cēloņsakarību virknē (4. att.).



4. att. Rādītāju vienotā cēloņsakarību virkne.

Rādītājiem jābūt:

1. ticamiem un zinātniski precīziem;
2. par noteiktu laika posmu un reģionu;
3. pārbaudāmiem un salīdzināmiem;
4. viegli uztveramiem un saprotamiem;
5. ar standartizētām metodikām iegūtiem un standartizētās mērvienībās izteiktiem;
6. savstarpēji nedublējošiem;
7. lietotājam nepieciešamiem;
8. jūtīgi reaģējošiem uz izmaiņām;
9. īstenojamiem par saprātīgām izmaksām.

Nepieciešamība īstenot ilgtspējīgas attīstības politiku, paaugstināt resursu efektivitāti un atsaistīt tautsaimniecības attīstību no primāro resursu patēriņa, pāriet uz aprites ekonomikas modeli un no tā izrietošie mērķi ir nostiprināti Latvijas nacionālajos politikas plānošanas dokumentos, no kuriem galvenie šajā jomā ir Nacionālais attīstības plāns 2021. - 2027. gadam, Rīcības plāns pārejai uz aprites ekonomiku Latvijā 2021. - 2027. gadam un Atkritumu apsaimniekošanas valsts plāns 2021. - 2028. gadam (turpmāk – atkritumu apsaimniekošanas plāns). Valsts īstenotā politika iezīmē jaunus izaicinājumus un ceļu, kā tos pārvērst par iespējām atkritumu apsaimniekošanas jomā un efektīvā resursu izmantošanā, vienlaikus paredzot arī pasākumus atkritumu apjoma samazināšanai un novēršanai. Atkritumu apsaimniekošanas plānā ir noteikts pasākumu kopums, kas veicams veiksmīgai mērķu sasniegšanai, aprēķināts nepieciešamais investīciju vajadzību apjoms atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā un identificēti finansējuma avoti. Tajā pašā laikā ir dažādi veidi un metodes, kā atkritumus var pārstrādāt vai reģenerēt un svarīgi ir izdarīt izvēles, kuras ļauj noteiktos mērķus sasniegt visefektīvāk. Izvēles ir saistāmas ar atkritumu kā potenciālo izejvielu (izmantojamo materiālu, ko pārvērs otrreizējās izejvielās, no kurām ražo jaunu produktu vai iegūst enerģiju, kura tālāk tiek izmantota tautsaimniecībā) novērtējumu, lai saprastu kuriem atkritumu sagatavošanas un izmantošanas veidiem ir būtiskākā loma atkritumu apsaimniekošanā un resursu izmantošanā. Novērtējumam būtiska loma ir arī investīciju piesaistē un ierobežota finansējuma pieejamības gadījumā tas ļauj izvēlēties optimālāku un atbilstošāku metodi un tehnoloģiju, ko finansēt. Šis jautājums ir aktuāls gan nacionālā līmenī, gan uzņēmumu līmenī. Atkritumu apsaimniekošanas plūsmu tehnoloģijas izvērtēšanas process saistāms ar šādiem būtiskajiem aspektiem: tehnoloģiskajiem, ekonomiskajiem, sociālajiem, un vides un klimata. Jebkuru sistēmu maksimāli efektīvu var padarīt tad, ja tās izstrāde un īstenošana balstās uz vairākiem stūrakmeņiem (pīlāriem):

- 1) juridiskais ietvars, no kura izriet vispārējie nosacījumi, prasības sistēmai kopumā un tās elementiem;
- 2) administratīvie nosacījumi, kas atbilstoši normatīvajam regulējumam tiek noteikti konkrētam subjektam noteiktos apstākļos, vietā un vidē;
- 3) tehnoloģiskie risinājumi un labākie pieejamie tehniskie paņēmieni;
- 4) vides aspekti (darbības ietekme uz vidi un pasākumi šo ietekmju samazināšanai un novēršanai);

- 5) veicamo darbību ietekme uz klimata pārmaiņām;
- 6) ekonomiskie instrumenti, kas motivē pieņemt pārdomātus un ilgtspējīgus lēmumus un izdarīt atbilstošas izvēles, tajā skaitā veicina paradumu maiņu;
- 7) sociālie aspekti;
- 8) sabiedrības izglītība un informētība.

Juridiskais ietvars atkritumu apsaimniekošanas sistēmas īstenošanai un attīstībai ir noteikts gan ES, gan nacionālajā līmenī. Savukārt administratīvie nosacījumi izriet no normatīvā regulējuma. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas ietvaros izmantojamie ekonomiskie instrumenti dažādās valstīs izstrādāti pēc vienotiem principiem, tie ir salīdzināmi, taču nav unificēti. Latvijas gadījumā būtiskākais ekonomiskais instruments atkritumu apsaimniekošanā ir dabas resursu nodoklis, kas motivē pieņemt pārdomātus un ilgtspējīgus lēmumus un samazināt gan atkritumu apjomu, gan apglabājamo atkritumu apjomu. No otrreizējām izejvielām ražotu preču izvēles veicināšanai izmanto zaļo publisko iepirkumu.

Klimata pārmaiņu politika, kuras pamatā ir ilgtspējīgas attīstības mērķi (IAM), ir iedvesmas avots daudziem uzņēmējdarbības veidiem, kas apvieno vērtības radīšanu ar vides aizsardzību un sociālo aizsardzību. Ekonomisko procesu dalībnieku domāšana un izpratne ietekmē to, cik lielu uzmanību viņi pievērš iecerēto aprites biznesa modeļu aprites potenciālam. Lai sagatavotu inovācijas dalībniekus eksperimentiem un palielinātu viņu spēju pārdomāt savus dzīves pieņēmumus, tiek piedāvāts principu kopums [8, 9].

Uzņēmumi meklē veidus, kā attīstīties konkurences vidē ar inovatīviem uzņēmējdarbības modeļiem, vienlaikus respektējot sabiedrību un izvairoties no darbībām, kas kaitē apkārtējai videi un tās kvalitātei. Tādi virzieni kā aprites ekonomika, godīga tirdzniecība, dalītā ekonomika ir dažas no jaunajām uzņēmējdarbības pieejām, kas risina šo problēmu, taču joprojām pastāv plaša starp teorētiskajiem argumentiem un vides un sociālās ilgtspējības līmeni, kas tiek realizēts praksē [10].

Aprites ekonomiku varētu raksturot kā mazāku aprites ekonomiku tīklu, kur galvenā attīstība notiek vietējās teritorijās, piemēram, pilsētās vai reģionos, aktīvi iesaistoties teritoriālajām ieinteresētajām pusēm. Sociālo uzņēmēju aktīvā loma pārejas atbalstīšanā reģionos uzsver lielo izaicinājumu dažādību, ar ko tie saskaras, izstrādājot vietējos uzņēmējdarbības modeļus tehnoloģiskā, sociālā un politikas līmenī [11]. Izmaiņas sabiedrības līmenī un sociālekoloģisko sistēmu sarežģītība prasa holistisku pieeju un tālredzību stratēģiju, politikas un programmu izstrādē [9]. Svarīgi uzsvērt arī sociālās uzņēmējdarbības lomu, jo tā ir Eiropas daudzveidīgās sociālās tirgus ekonomikas neatņemama sastāvdaļa. Sociālo uzņēmumu veicināšanai īpaši svarīgi sociālā uzņēmuma ikdienas darbībās ieviest aprites ekonomikas elementus.

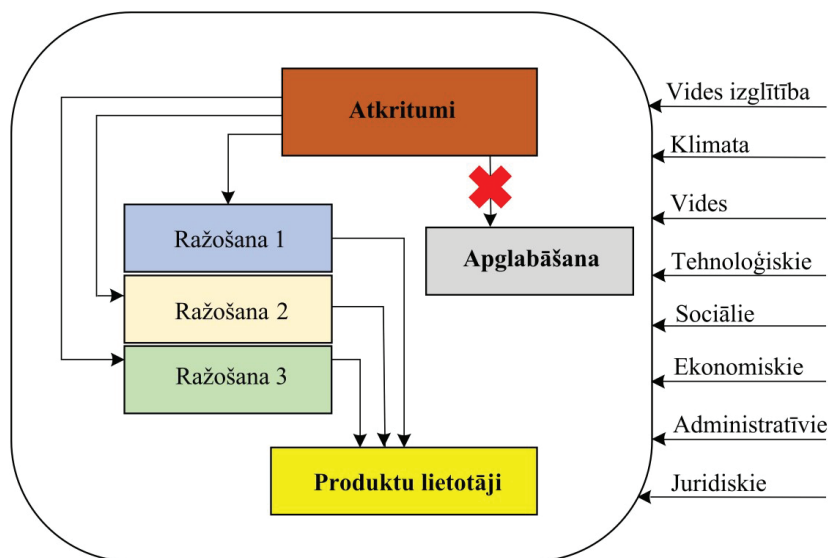
Būtiska sadaļa ir dažādu finanšu avotu izmantošana atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā, izvēloties un ieviešot pārstrādes un reģenerācijas tehnoloģijas un metodes. Šobrīd Latvijā nav vienotas pieejas izvēļu izvērtēšanai un izmantojamām pētniecības metodēm. Jāņem vērā, ka ES dalībvalstīs (DV) nav vienotas pieejas šim atkritumu apsaimniekošanas aspektam, kas saistāms ar DV atšķirīgo situāciju apsaimniekošanas sistēmu attīstībā, kas



saistīts ar valsts ekonomisko un ģeogrāfisko stāvokli (reljefs, resursu pieejamība un daudzveidība, iedzīvotāju skaits un blīvums), apsaimniekošanas sistēmas attīstības pakāpi, iedzīvotāju paradumiem, prasmēm un zināšanām.

## DARBA MĒRĶIS UN UZDEVUMI

Promocijas darba mērķis ir izvērtēt atsevišķus aprites ekonomikas aspektus resursu efektīvā izmantošanā, ilgtspējīgā atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā un atkritumu apjoma samazināšanā un izstrādāt rekomendācijas lēmumu pieņemšanai politikas veidotājiem, finanšu devējiem un uzņēmējiem, kas strādā vai vēlas strādāt atkritumu apsaimniekošanas jomā, lai Latvija ilgtermiņā kļūtu par valsti bez atkritumu poligoniem, kuros apglabā atkritumus, respektīvi valsti, kas īsteno nulles atkritumu stratēģiju (5. att).



5. att. Ilgtspējīgas atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstība virzībā uz nulles atkritumu stratēģiju.

Viens no promocijas darba uzdevumiem ir izvērtēt dažādu pētniecības metožu pielietošanu prioritāro tehnoloģiju izvēlei atkritumu apsaimniekošanā atsevišķām atkritumu plūsmām Latvijā. Būtiski ir novērtēt, vai un kādas zinātniskās pētniecības metodes izmantojamas atkritumu kā potenciālo izejvielu un tehnoloģiju izvērtēšanā, lai gan naudas devēji, gan naudas saņēmēji varētu izdarīt pārdomātas un pamatotas izvēles. Pētījumam izvēlētas atkritumu plūsmas, par kurām ir pieejami pietiekami dati un kuru apsaimniekošanas

attīstībai Latvijā ir īpaši svarīga loma ES mērķu sasniegšanā – papīrs, dzērienu iepakojums, tekstilizstrādājumi, bioloģiskie atkritumi un atkritumu izmantošana enerģijas ieguvei, kas ir īpaši aktuāli energoresursu krīzes apstākļos. Palielinot atkritumu pārstrādes un reģenerācijas apjomus, tiek atbilstoši samazināts apglabājama atkritumu daudzums poligonos.

Otra uzdevuma ietvaros tika vērtēta dažādu pētniecības metožu pielietošana alternatīvu izvēlei un lēmumu pieņemšanai par atkritumu apsaimniekošanas ekonomiskajiem un sociālajiem aspektiem ceļā uz aprites ekonomikas mērķu sasniegšanu, tajā skaitā vērtējot ārējo apstākļu - Covid-19 pandēmija - ietekmi pārejā uz aprites ekonomiku.

Trešais pētniecības uzdevums ir saistīts ar zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu lomas un vietas novērtēšanu atkritumu apsaimniekošanā, ievērojot atkritumu apsaimniekošanas hierarhiju un akcentējot atkritumu apjoma samazināšanu un rašanās novēršanu.

Promocijas darbā ir apskatīta sociālā uzņēmējdarbība tekstilizstrādājumu jomā, jo tā ir atkritumu plūsma, kurai ir izvirzīti jauni īpaši mērķi, un tā ir jāpārvalda ilgtspējīgākā veidā nekā līdz šim.

Pētniecības darbs attiecas uz Latvijas atkritumu apsaimniekošanas sistēmu un veikts, ievērojot ES un nacionālos politikas plānošanas dokumentus un normatīvo aktu prasības un izmantojot citu valstu pieredzi. Būtisks aspekts ir arī pētījumu datu pārvaldība, kas ietver datu plānošanu, izveidi, apstrādi, analīzi, saglabāšanu, kopīgošanu un atkārtotu izmantošanu.

Izvērtējot jaunus izaicinājumus un iespējamās atkritumu apsaimniekošanas metodes, to izvēli, tika ņemta vērā atkritumu apsaimniekošanas hierarhija, Eiropas Savienības nospraustie mērķi un prioritātes atkritumu apsaimniekošanas jomā laika periodam līdz 2035.gadam, klimata politikas mērķi SEG samazināšanai.

## ZINĀTNISKĀ NOVITĀTE

Pētniecības jauninājums ir dažādu metožu lietošana tehnoloģiju, kritēriju, rīcības virzienu un pasākumu izvēlei atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībai un optimizācijai pārejā uz aprites ekonomikas modeli savstarpēji saistītu aspektu ietvaros: nozares politiskais un tiesiskais regulējums, ekonomiskie instrumenti, sociālā iekļaušana un ietekmes uz vidi un klimata pārmaiņām, sociālā dimensija.

Darba jaunievedums ir vairāku akadēmisko pētniecības metožu izmantošana vienkopus efektīvai atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībai un rekomendācijas aprites ekonomikas īstenošanai Latvijas tautsaimniecības nozarēs mikro, mezo un makro līmenī.

Darba novitāti nosaka tas, ka Latvijā trūkst vienotas pieejas izvēļu izvērtēšanai un tam, vai un kā izmantot zinātniskās pētniecības metodes dažādu finanšu avotu piesaistei un izmantošanai atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā, izvēloties un ieviešot pārstrādes un reģenerācijas tehnoloģijas un metodes un pieņemot lēmumus par pasākumiem pārejai uz aprites ekonomiku. Jāatzīmē, ka ne Latvijā, ne arī Eiropā nav veikti pētījumi un novērtējumi par zaļo uzņēmējdarbību, zaļajām darbavietām, to attīstību motivējošiem aspektiem un pieejām un to vecinošām sabiedrības iniciatīvām atkritumu apsaimniekošanas jomā, lai

samazinātu resursu patēriņu, radīto atkritumu apjomu un palielinātu otrreizējo izejvielu izmantošanu tautsaimniecībā.

Jauna pieeja ir arī zaļās uzņēmējdarbības, zaļo darbavietu, to atīstību motivējošo aspektu un to vecinošo sabiedrības iniciatīvu novērtējums atkritumu apsaimniekošanas jomā Latvijā, lai samazinātu resursu patēriņu, radīto atkritumu apjomu un palielinātu otrreizējo izejvielu izmantošanu tautsaimniecībā, izmantojot zinātniskās pētniecības metodes.

## **HIPOTĒZE**

Pētījumam izvirzītā hipotēze ietver pieņēmumu, ka, lai panāktu, ka Latvija ilgtermiņā kļūst par resursu efektīvu valsti, kura īsteno aprites ekonomikas modeli un nulles atkritumu stratēģiju (radīto atkritumu apjoms samazinās un poligonos apglabājamo atkritumu apjoms tuvojas nullei), ilgtspējīgāku (ietver ekonomisko, sociālo un vides aspektus) rezultātu var sasniegt, lēmumu izstrādes un pieņemšanas procesā izmantojot zinātniskās pētniecības metodes. Katrai atkritumu plūsmai vai pārstrādes veidam pielietojamas vairākas pētniecības metodes, ievērojot datu un metožu atkalizmantojamību, kas veido kompleksu pieeju un ļauj izdarīt pārdomātas un ilgtspējīgākas izvēles un pieņemt lēmumus par izmantojamām atkritumu pārstrādes un reģenerācijas tehnoloģijām, īstenojamiem pasākumiem pārejai uz aprites ekonomiku un finanšu avotiem, jo ne visus aspektus iespējams izvērtēt ar vienu metodi. Šāda pieeja tautsaimniecības procesos būtu piemērojama gan nacionālā līmenī, gan arī uzņēmumu līmenī.

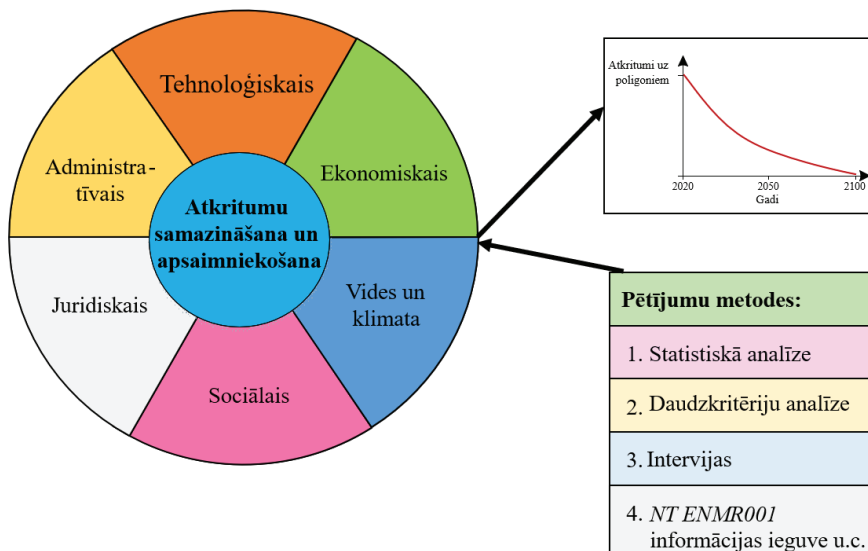
## **PĒTĪJUMA STRUKTŪRA**

Promocijas darba pamatā ir desmit zinātnisko publikāciju kopa, un uzmanība akcentēta uz atsevišķu atkritumu plūsmu apsaimniekošanas metožu izvēles un lēmumu pieņemšanas izvērtēšanu. Darbs izstrādāts uz publikāciju pamata, tāpēc atsauces uz tām netiek atsevišķi liktas.

Promocijas darba gaitā: (I) veikts pārejas uz aprites ekonomiku makroekonomisks novērtējums; (II) veikta savstarpēji saistīto politikas un atkritumu savākšanas, pārstrādes un reģenerācijas inženiertehnisko risinājumu analīze tādām atkritumu plūsmām kā izlietots papīrs; (III) veikta multikritēriju analīze atkritumu izmantošanai enerģijas ieguvei; (IV) veikts zaļo darba vietu lomas izvērtējums atkritumu apsaimniekošanas sistēmas ietvaros pārejā uz aprites ekonomiku (IV). Jautājumam nepieciešama vairāku dimensiju un metodoloģiju pieeja. Promocijas darba ietvaros tika izmantotas daudzkritēriju analīze, TOPSIS analīzes metode, statistikas datu vākšana un turpmāka analīze, salīdzinošā analīze un izmaksu un ieguvumu analīze, intervijas un ietekmju modelēšana. Darbā vērtēta ilgtspējīgas atkritumu apsaimniekošanas posmi, uzdevumi un darbības, atkritumu ietekme uz vidi un klimata

pārmaiņām, sociālie aspekti, atkritumu apsaimniekošanas politikā izmantojamie ekonomiskie instrumenti un ārējo faktoru ietekme (*Covid-19* pandēmija).

Vērtējot aprites ekonomikas aspektus resursu efektīvā izmantošanā, atkritumu apjoma samazināšanā un pārdomātā apsaimniekošanā, atbilstoši atkritumu apsaimniekošanas hierarhijai šā darba gaitā tika izmantotas dažādas metodes (6. att.; 1. tab.).



6. att. Dažādu pētniecības metožu pielietošana alternatīvu izvēlei un lēmumu pieņemšanai.

1. tabula

Promocijas darba metožu un publikāciju pārskats, veicot novērtējumus efektīvāko atkritumu pārstrādes/reģenerācijas tehnoloģiju/metožu alternatīvu un apsaimniekošanas alternatīvu izvēlei dažādām atkritumu plūsmām lēmumu pieņemšanai

Izmantotāju līmenis	Metode	Publikācija	Publikācijas nosaukums	Sasaiste
Globāls un nacionāls	Statistikas datu apkopšana un atkritumu sastāva noteikšanas metode NT ENVIR 001	1	<i>Towards efficient waste management in Latvia: an empirical assessment of waste composition</i>	Priekšnoteikumi pārejai uz aprites ekonomiku, resursu efektīva izmantošana un atkritumu apjoma samazināšana.

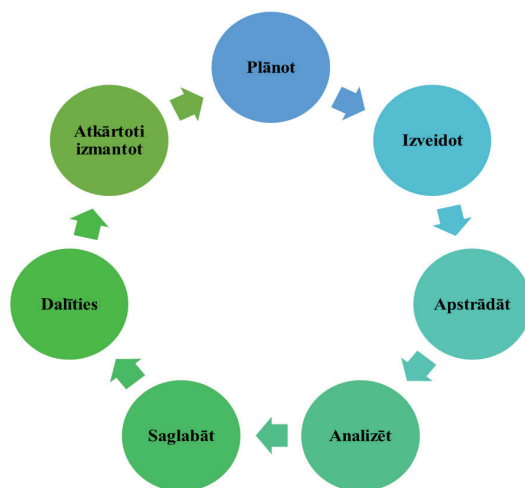
## 1. tabulas turpinājums

Nacionāls, nozaru	Daudzkritēriju analīze	2	<i>Paper Waste Recycling. Circular Economy Aspects</i>	1. Pārstrāde un reģenerācija. 2. Resursu patēriņš un ilgtermiņa ieguvumi.
Nacionāls, nozaru	<i>TOPSIS</i> daudzkritēriju analīze	3	<i>Circular Economy analysis. Ranking of energy resources from waste</i>	1. Pārstrāde un reģenerācija. 2. Resursu patēriņš un ilgtermiņa ieguvumi.
Nacionāls, nozaru	Statistikas datu vākšana un analīze, salīdzinošā analīze un izmaksu un ieguvumu analīze	4	<i>Analysis and Economic Evaluation of Deposit Refund System</i>	1. Atkārtota lietošana. 2. Atkritumu pārstrāde un reģenerācija.
Uzņēmējdarbība, individuālais līmenis	Kritiskā analīze, gadījumu izpēte, sintēze un salīdzinošā analīze	5	<i>The goals of waste Framework Directive as mechanism securing transition to Circular Economy</i>	1. Priekšnoteikumi pārejai uz aprites ekonomiku atkritumu apjoma samazināšanā. 2. Resursu patēriņš un ilgtermiņa ieguvumi.
Nacionāls	Modelēšana	6	<i>Sustainable National Policy Planning with Conflicting Goals</i>	1. Ilgtspējīga attīstība. 2. Priekšnoteikumi pārejai uz aprites ekonomiku atkritumu apjoma samazināšanā.
Nacionāls, uzņēmējdarbība, individuālais līmenis	Sekundārā datu analīze, strukturētas intervijas, kritiskā datu analīze, salīdzinošā analīze	7	<i>Challenges of textile industry in the framework of Circular Economy: case from Latvia</i>	1. Pārstrāde un pārveide. 2. Resursu patēriņš un ilgtermiņa ieguvumi. 3. Sociālie aspekti.
Globāls, nacionāls, nozaru, uzņēmējdarbība	<i>TOPSIS</i> daudzkritēriju analīze	8	<i>Role of Green Jobs in the Reduction of Waste and Waste Management</i>	1. Ilgtspējīga attīstība. 2. Priekšnoteikumi pārejai uz aprites ekonomiku atkritumu apjoma samazināšanā. 3. Sociālie aspekti.
Globāls un nacionāls	Sekundārā datu analīze, Ietekmju modelēšana	9	<i>Influence of COVID-19 on waste management and Circular Economy</i>	1. Resursu patēriņš un ilgtermiņa ieguvumi. 2. Sociālie aspekti.

1. tabulas turpinājums				
Globāls un nacionāls	Kritiskā analīze, gadījumu izpēti, un aprites ekonomikas rīcības plāna izstrādes matricas izveide	10	<i>Alignment of Circular Economy Business models for framing national sustainable economic development</i>	1. Resursu patēriņš un ilgtermiņa ieguvumi. 2. Priekšnoteikumi pārejai uz aprites ekonomiku atkritumu apjoma samazināšanā.

Svarīgi bija noskaidrot, vai dažādu izpēti un analīzes metožu lietošana un kombinēšana ar mērķi noteikt labāko/efektīvāko atkritumu pārstrādes/reģenerācijas alternatīvu izvēlei dažādām atkritumu plūsmām ir piemērojamas un palīdz pieņemt lēmumus tālākai tehnoloģiju un darbību izvēlei un lēmumu pieņemšanai.

Pētniecības datu radīšanā un pārvaldībā izmanto FAIR datu vadlīnijas iesaistītajām pusēm, kas nozīmē, ka dati ir atrodami, pieejami, savietojami un atkalizmantojami (*findable, accessible, interoperable, reusable*). FAIR pieeja (7. att.) attiecināma ne tikai uz datu radīšanu un izmantošanu, bet arī uz pētniecības metodēm, īpaši uzsverot datu un metožu atkalizmantojamību. Šī pieeja tika izmantota pētniecības darba veikšanā.



7. att. FAIR dati un pieeja.



## ZINĀTNISKĀ DARBA APROBĀCIJA

### Zinātniskās publikācijas

Septiņi raksti indeksēti SCOPUS, un septiņi raksti un konferenču materiāli indeksēti Web of Science datubāzē.

1. Vesere R., Kalnins S. N., D Blumberga D. Role of Green Jobs in the Reduction of Waste and Waste Management, *Environmental and Climate Technologies* 25 (1), 1128–1141, 2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), doi:[10.1109/RTUCON51174.2020.9316553](https://doi.org/10.1109/RTUCON51174.2020.9316553); indeksēts SCOPUS, indeksēts Web of Science.
2. Vesere R., Lauka D., Blumberga D., Kalnins S. N. Circular Economy analysis. Ranking of energy resources from waste, 2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON), doi:[10.1109/RTUCON51174.2020.9316553](https://doi.org/10.1109/RTUCON51174.2020.9316553); indeksēts SCOPUS, konferences materiāli indeksēti Web of Science.
3. Kubule A., Kļavenieks K., Vesere R., Blumberga D. Towards efficient waste management in Latvia: an empirical assessment of waste composition, *Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Environmental and Climate Technologies*, 2019, Vol. 23, No. 2, pp. 114–130. ISSN 1691-5208. e-ISSN 2255-8837. doi:[10.2478/rtuect-2019-0059](https://doi.org/10.2478/rtuect-2019-0059); indeksēts SCOPUS, indeksēts Web of Science.
4. Ozola Z. U., Vesere R., Blumberga D., Kalnins S. N. Paper Waste Recycling. Circular Economy Aspects, *Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Environmental and Climate Technologies*, 2019, Vol. 23, No. 3, pp. 260–273. ISSN 1691-5208. e-ISSN 2255-8837. doi:[10.2478/rtuect-2019-0094](https://doi.org/10.2478/rtuect-2019-0094); indeksēts SCOPUS, indeksēts Web of Science.
5. Atstaja D., Luksevica L., Cudecka-Purina N., Vesere R., Susniene R. Depozīta sistēmas analīze un ekonomiskais novērtējums. Analysis and Economic Evaluation of Deposit Refund System, *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference. Volume VI, May 24th–25th, 2019.* 17–27; indeksēts Web of Science.
6. Cudecka-Purina N., Atstaja D., Vesere R. The goals of waste Framework Directive as mechanism securing transition to Circular Economy, *New Challenges of Economic and Business Development – 2019: Incentives for Sustainable Economic Growth*, rakstu krājums; indeksēts Web of Science, Thomson Reuters.

7. Cilinskis E., Vesere R., Blumberga A., Blumberga D. Sustainable National Policy Planning with Conflicting Goals, Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Energy Procedia, Latvia, Riga, 12–14 October, 2016. Germany: Elsevier, 2017, pp. 259–264. ISSN 1876-6102. doi:10.1016/j.egypro.2017.04.063; indeksēts SCOPUS, indeksēts Web of Science.
8. Atstāja D., Cudečka-Puriņa N., Vesere R., Abele L., Spivakovsky S. Challenges of textile industry in the framework of Circular Economy: case from Latvia, International Conference on Sustainable, Circular Management and Environmental Engineering (ISCMEE 2021), E3SWeb of Conferences ISCMEE, 2021, 255, 01014, doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501014>; indeksēts SCOPUS, indeksēts Web of Science.
9. Atstāja D., Cudečka-Puriņa N., Vesere R. Influence of COVID-19 on waste management and Circular Economy, Knowledge management Competence for achieving competitive advantage of professional growth and development. Collective monograph, BA School of Business and Finance, Riga, Latvia 2021.
10. Atstāja D., Cudečka-Purina N., Hrinchenko R., Koval V., Grasis J., Vesere R. Alignment of Circular Economy Business models for framing national sustainable economic development, Acta Innovations, 2022, No. 42: 5–14, doi:[10.32933/ActaInnovations.42.1](https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.42.1); indeksēts SCOPUS, indeksēts Web of Science.

#### **Rezultātu prezentēšana zinātniskajās konferencēs**

1. Atstāja D., Luksevica L., Cudečka-Purina N., Vesere R. Analysis and Economic Evaluation of Deposit Refund System // SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. VI International Scientific and Practical Conference. November, 2017, Rezekne Academy of Technologies, Rezekne, Latvia.
2. Cudečka-Purina N., Atstāja D., Vesere R. The Goals of waste framework directive as mechanism securing transition to circular economy, New Challenges of Economic and Business Development 2019: Incentives for Sustainable Economic Growth: PROCEEDINGS 11th international scientific conference, Faculty of Business, Management and Economics, University of Latvia, May 2019, Riga, Latvia.
3. Ozola Z. U., Vesere R., Kalnins S. N., Jansone Z., Blumberga D. Paper Waste Recycling. Circular Economy Aspects // International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, CONECT 2019, May 2019, Riga, Latvia.

4. Klavenieks K., Kubule A., Vesere R., Blumberga D. Towards efficient waste management in Latvia: an empirical assessment of waste composition // International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, CONECT 2019, May 2019, Riga, Latvia.
5. Atstāja D., Cudecka-Purina N., Vesere R. Application of circular economy business models to Latvian economics, 13<sup>th</sup> Annual Scientific Baltic Business Management Conference Business and finance multi-perspectives of the Digital Age (ASBBMC), February 2020, Riga, Latvia.
6. Vesere R., Kalnins S. N., Blumberga D., Circular Economy analysis. Ranking of energy resources from waste, International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, CONECT 2020, May 2020, Riga, Latvia.
7. Vesere R., Kalnins S. N., Lauka D., Blumberga D. Circular Economy analysis. Ranking of energy resources from waste, IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University RTUCON 2020, November 2020, Riga, Latvia.
8. Atstāja D., Cudecka-Purina N., Vesere R., Abele L. Challenges of textile industry in the framework of Circular Economy: case from Latvia, International Conference on Sustainable, Circular Management and Environmental Engineering (ISCMEE 2021) – 2021, April 2021, online Zoom, Odesa, Ukraine.
9. Vesere R., Kalnins S. N., Blumberga D., Role of green jobs within the framework of the circular economy model for more efficient use of resources, the reduction of waste and waste management, International Scientific Conference Environmental and Climate Technologies, CONECT 2021, May 2021, Riga, Latvia.

## **PROMOCIJAS DARBA PRAKTISKĀ NOZĪME**

Promocijas darba izstrādē izmantotās metodes parāda, ka, lai izvēlētos tehnoloģijas vai pieņemtu lēmumus atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas jomā, nepieciešams izmantot pētniecības metodes un tās ir jākombinē, jo ne visus aspektus iespējams izvērtēt ar vienu metodi. Pētniecības metožu izmantošana atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas jomā padarīs izvēles un lēmumus pārdomātus un pamatotus. To izmantošana palīdzēs:

- 1) uzņēmējiem, izvēloties tehnoloģijas atkritumu apsaimniekošanā;
- 2) plānotājiem un politikas veidotājiem veikt esošās aprites ekonomikas stratēģijas efektivitātes novērtējumu, izvērtēt tautsaimniecības nozares, lai izstrādātu īstermiņa un

ilgtermiņa rīcības plānus, nodrošinātu praktiskus risinājumus un veidotu pieeju, lai varētu maksimāli efektīvi reaģēt uz krīzes situācijām un veidot krīzes situāciju stratēģijas;

- 3) finanšu devējiem, lai izvērtētu pieteikto un atbalstāmo projektu atbilstību virzībai uz aprites ekonomikas modeli un prioritātes.

Pētniecības datu radīšanā un pārvaldībā svarīgi ir izmantot vadlīnijas iesaistītajām pusēm, kas definētas, lai veicinātu maksimālu pētniecības datu izmantošanu, respektīvi, *FAIR* dati ir atrodami, pieejami, savietojami un atkalizmantojami. *FAIR* pieeja attiecināma ne tikai uz datu radīšanu un izmantošanu, bet arī uz pētniecības metodēm, īpaši uzsverot datu un metožu atkalizmantojamību. Darba izstrādē izmantotās metodes ne tikai izmantojamas citu atkritumu plūsmu apsaimniekošanas metožu un tehnoloģiju izvēlei, pasākumu izvēlei un politikas veidošanai atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas jomā, bet tās nepieciešams izmantot, lai īstenotu jēgpilnus pasākumus, kas balstīti salīdzināmos rādītājos, indikatorus un datu, metožu un pasākumu pēctecībā.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS - ATKRITUMU APSAIMNIEKOŠANAS SISTĒMA UN PĀREJA UZ APRITES EKONOMIKAS MODELI

Aprites ekonomikas pieeja balstās uz ražošanas, patēriņa sadales, atkārtotas izmantošanas, pārstrādes sistēmu lai ietaupītu produktu izmaksas un samazinātu atkritumu rašanos, lai samazinātu slogu par vidi, izmantojot 3R (Reduce-Reuse-Recycle) koncepciju [2,12, 13,14]. Aprites ekonomikas teorija izmanto dažādus modeļus, kurus var izmantot atbilstoši to funkcionālajam mērķim. Nepieciešamība izstrādāt vadlīnijas valsts modelim pārejai uz aprites ekonomiku ir cieši saistīta ar pāreju no lineārās ekonomikas specifiku un stratēģiju ar atbilstošiem finansiāli stimulējošiem pasākumiem, lai nodrošinātu vides prasību izpildi un vides kvalitātes nodrošināšanu visās ražošanas jomās. Pollins u.c. [15] pētījis nosacījumus šādai pārejai no lineārās uz aprites ekonomiku, ko var attīstīt un īstenot zaļās atvēršanas paketes ietvaros.

Dabiskas ekosistēmas attīstība resursu racionāla patēriņa, pārstrādes un atkārtotas izmantošanas ziņā ir identificētas un analizētas kā jauni biznesa modeļi [16, 17, 18, 19]. Pāreja uz aprites ekonomiku nav iespējama bez valsts, reģionālo un pašvaldību iestāžu atbalsta, ko var īstenot, izmantojot nozaru politikas, lai finansētu atkritumu samazināšanu un pārstrādi [20]. Iespējama dabas resursu patēriņa efektivitātes paaugstināšana līdz ar ekonomikas tehnoloģisko modernizāciju, pāreja uz augstākām tehnoloģiskām struktūrām un aprites ekonomikas tiesiskā regulējuma pilnveidošana [21]. Aprites ekonomika ir jauna pētniecības joma, līdz šim galvenā uzmanība tika pievērsta materiāliem un uzņēmumu aprites aspektiem [22, 23, 24], tika pēģīta pāreja uz aprites ekonomiku ar mērķi samazināt kopējo tautsaimniecības antropogēno slodzi uz vidi. Šī pieeja ņem vērā saiknes starp nozarēm/vērtību ķēdēm.

Saskaņā ar Scarpellini u.c. [25], tiek ietekmētas ar aprites ekonomiku saistītas darbības, ko ieviesuši analizētie uzņēmumi, kas arī uzlabo uzņēmumu vides un finansiālos rādītājus aprites ekonomikas sistēmas ietvaros. Pētnieki parāda ieinteresēto pušu starpnieka lomu aprites ekonomikas ieviešanā uzņēmumos, kas ir maz izpētīts. Aprites ekonomikas pētījumi kopumā koncentrējās uz ražošanas aspektiem, pievēršot mazāku uzmanību patērētāju uzvedībai un pieprasījumam [26]. Ir konstatēts, ka ilgtspējīgi uzņēmējdarbības modeļi spēj nodrošināt un uzturēt vides, sabiedrības, un ekonomisko vērtību [27, 28, 29, 30, 31]. Atsevišķu pētījumu ietvaros [13] ir izstrādāti modeļi, kas balstīti uz uzņēmējdarbības vides kvalitāti noteicošajiem faktoriem un uz apstiprinošu faktoru analīzi un strukturālo vienādojumu modelēšanu, kas parāda cēloņsakarības starp uzņēmējdarbības vides kvalitāti un to noteicošajiem faktoriem MVU. Būtiskākie uzņēmējdarbības vides kvalitāti noteicošie faktori ir makroekonomiskā vide, monetārā politika, procentu likmes un tiesiskā vide. Pētījumu rezultāti liecina par nepieciešamību samazināt valsts birokrātiju [13, 14, 15, 18, 19, 20, 21].

Aprites ekonomikas sistēmām, metodoloģijām un instrumentiem ir jānostiprina tās sociālā dimensija. Lai šī paradigmas maiņa veicinātu ilgtspējīgu attīstību, ir vajadzīga atbilstoša institucionālā kārtība un stratēģiskā vadība. Ir nepieciešami turpmāki pētījumi, lai labāk izprastu principus, kas var virzīt jēgpilnus eksperimentus aprites ekonomikas modelī.

## 1.1. Atsevišķu atkritumu plūsmu pārstrādes un reģenerācijas metodes

Pēdējo 40 gadu laikā papīra patēriņš pasaulē ir pieaudzis par 400 %, kas izraisa mežu izciršanu, 35 % no nocirstajiem kokiem tiek izmantoti, lai ražotu papīru. Papīra rūpniecība ir nozīmīgs pasaules ekonomikas veicinātājs, tomēr pētījumi liecina, ka papīra rūpniecība piedāvā nelielu peļņas normu un prasa lielus sākotnējos ieguldījumus. Pašreizējā ekonomiskajā situācijā konkurence, lai apmierinātu klientu prasības, ir viens no faktoriem, kas ietekmē peļņas normu. Ja uzņēmums ražo produktu, lēmumu pieņemšanu par cenu noteikšanu veicina dažādi faktori, piemēram, iekārtu, darbaspēka, izejvielu un transporta sākotnējās izmaksas. Cenu noteikšana ir visizplatītākā problēma, ar ko saskaras visas nozares. Turklāt papīra rūpniecībā ir pastāvīgs spiediens samazināt kaitīgās emisijas gaisā un ūdenī. Tāpēc papīra ražošanas nozare nodarbojas ne tikai ar izmaksu prognozēšanu, bet arī ar ražošanas efektivitāti un ietekmi uz vidi ražošanā izmantoto izejvielu un procesu dēļ. [32]

Papīra klāsts tirgū svārstās no mīksta papīra rakstīšanai un printēšanai līdz cietam papīram preču uzglabāšanai un iepakojšanai. Kartons galvenokārt tiek ražots no makulatūras. Tam ir augsta izturība un, tas ir izturīgs pret sadalīšanos, tādējādi tas ir augsti novērtēts iepakojuma nozarē. Kartona kasfītes ir galvenais resursu avots iepakojšanas biznesā. Eiropā vien pieprasījums pēc kartona iepakojumiem kopš 2007. gada ir aptuveni 46 miljoni tonnu gadā, pasaulē tika patērēts 228 miljoni tonnu pārstrādātā papīra. Kartona pārstrāde ir ekonomiski un ekoloģiski ilgtspējīga, jo lielu daudzumu papīra var ražot, izmantojot mazāku enerģijas un izejvielu daudzumu. Kartonu ražo tieši tāpat kā mīkstu papīru. Vispirms atkritumu produkti tiek izjaukti to atsevišķās sastāvdaļās un materiālos, izmantojot ražošanas procedūru secību. Tādējādi iegūtās funkcionālās sastāvdaļas un materiālus pirms atkārtotas izmantošanas ražošanas līnijā mazgā un specifiski sagatavo. Procesa beigās apvienojot atjaunotās detaļas un materiālus un aizstājot nefunkcionējošas sastāvdaļas ar līdzīgām jaunām, tiek izgatavots jauns produkts.

Pasaulē vidēji tiek pārstrādāti 58 % papīra atkritumu. Dažās attīstītākajās valstīs makulatūras pārstrāde ir pat palielinājusies līdz 70–75 % no kopējā makulatūras daudzuma. Uzlabojot atkritumu pārstrādes infrastruktūru, šīs attīstītās valstis varētu sasniegt lielāku papīra pārstrādes procentuālo daudzumu valstī, tādējādi palielinot arī vidējo papīra pārstrādes procentuālo daudzumu pasaulē [33]. Eiropā ir augstākais papīra pārstrādes līmenis pasaulē, Ziemeļamerika ir otrajā vietā, savukārt Āzijā, Latīņamerikā un Āfrikā ir viszemākie pārstrādes rādītāji pasaulē. Eiropā visvairāk pēc pārstrādes apjoma tiek pārstrādāts papīrs, tam seko metāls un stikls, bet trešajā un ceturtajā vietā ir alumīnijs [34]. Eiropa jau 2017. gadā tika pārstrādāti 72,3 % no kopējiem papīra atkritumiem Eiropā. Tomēr mērķa sasniegšanas grūtības rada augstais pieprasījums pēc papīra iepakojuma, kā arī pieaugošais pieprasījums pēc iepakojumiem ar vairākiem savienojumu slāņiem (kompozītmateriāli), piemēram, dzērienu iepakojumiem, kas satur papīru, plastmasu un alumīniju. Jāņem vērā arī tas, ka ir papīra atkritumi, kurus nevar pārstrādāt, piemēram, kafijas filtri. Ņemot vērā šos



nepārstrādājamus atkritumus, teorētiski tiek lēsts, ka maksimālais pārstrādes procents ir 78 %, nevis 100 %. Tāpēc, jo lielāks pieprasījums pēc sarežģītāka iepakojuma, jo lielāka uzmanība jāpievērš atkritumu šķirošanai [35, 36].

Eiropas deklarācija par papīra šķirošanu turpinās ieviest pasākumus, lai optimizētu darbības no papīra ražošanas sākuma līdz tā izmantošanai, savākšanai un pārstrādei, lai nodrošinātu papīra otrreizēju pārstrādi un produktīvāku tā ražošanas ciklu. Prioritāte ir atkritumu rašanās novēršana, kā arī papīra un kartona ražošanas procesa ietekme uz vidi, arī šo produktu savākšana un pārstrāde. Protams, izņēmuma gadījumos, kad pārstrāde nav iespējama, var apsvērt citas atkritumu hierarhijas iespējas. Šāda veida pasākumi nodrošina, ka tiek samazināts papīra atkritumu daudzums, kas parasti tiek apglabāts poligonā.

Īpaša uzmanība tiek pievērsta arī papīra izstrādājumu pārstrādājāmības uzlabošanai un attiecīgā gadījumā to pielietojamībai. Apvienojot šos divus mērķus un centienus uzlabot papīra kvalitāti otrreizējai pārstrādei, var arī palielināt papīra šķirošanas nozīmi un padarīt jau lietotu papīru par galveno papīra rūpniecības izejvielu. Sadalot pārstrādājamus papīra atkritumus pēc to īpašībām un salīdzinot tos ar vēlamā galaprodukta īpašībām, būtu iespējams efektīvāk pārstrādāt papīra atkritumus. Jāapsver arī virziens uz augstu pārstrādes līmeni, vienlaikus ievērojot vides tiesību aktus. Pārstrādes sistēmas ieviešanas grūtības rada gan nepārstrādājami atkritumi, gan sarežģīts, bet uz papīra bāzes izgatavots iepakojums. Ir arī papīra izstrādājumi, kas tiek savākti pēc pārstrādes, bet atkārtoti izmantoti ārpus pārstrādes cikla [37].

Atkritumu rašanās novēršana ir visaugstākais punkts atkritumu apsaimniekošanas hierarhijā. Atkritumu novēršana vai samazināšana ir ar vismazākajām vides un ekonomiskā dzīves cikla izmaksām, jo tā neprasa ne savākšanu, ne materiālu pārstrādi. Atkritumu atkārtota izmantošana ir nākamais vēlamākais atkritumu apsaimniekošanas veids. Atkritumu reģenerācija tālāk tiek sadalīta kategorijās: materiālu reģenerācija un enerģijas ieguve. Priekšroka visbiežāk tiek dota materiālu reģenerācijai, kura ietver tādas aktivitātes kā otrreizēju pārstrādi un kompostēšanu. Zemāka prioritāte parasti tiek dota enerģijas iegūšanai. Atkritumu sadedzināšana ar enerģijas ieguvi un lietderīgu izmantošanu ir pieļaujama gadījumos, ja konkrētos atkritumus nav iespējams pārstrādāt ekonomisku vai tehnisku iemeslu dēļ, bet vienlaikus tiem ir augsta kaloritāte. Apglabāšana vienmēr ir pēdējā iespēja, kas tiek apsvērta tikai tad, kad visas citas iespējas ir izsmeltas.

Tajā pašā laikā, enerģijas, kuru iegūst atbilstoši sagatavojot atkritumus, izmantošana nodrošina daudzus ieguvumus, tostarp samazina siltumnīcefekta gāzu emisijas, dažādo energoapgādi un mazina atkarību no fosilā kurināmā tirgiem (jo īpaši no naftas un no gāzes tirgiem). Saskaņā ar Starptautiskās Enerģētikas aģentūras prognozēm, iedzīvotāju skaitam pasaulē pieaugot līdz 9 miljardiem 2040. gadā, globālais enerģijas pieprasījums augs par 25 %. Atjaunojamo energoresursu nozares izaugsme var arī veicināt nodarbinātību, radot jaunas darbvietas jaunajā videi nekaitīgu tehnoloģiju nozarē. Enerģija no atkritumiem [38, 39] nodrošina vietējo energoresursu izmantošanu, samazina atkarību no fosilā kurināmā ieviešanas, veicina energoapgādes drošību, ietaupa miljoniem tonnu CO<sub>2</sub> un nodrošina ilgtspējīgu, vietējo, zema oglekļa, rentablu un uzticamu enerģiju.

Lai atkritumus pēc iespējas efektīvāk varētu izmantot pārstrādei un iegūtā izejviela vai produkts būtu pēc iespējas ar augstāku pievienoto vērtību, būtiski, kā atkritumi tiek savākti un sagatavoti pārstrādei vai reģenerācijai. Maksimāli kvalitatīvāk atkritumus var izmantot, ja tie tiek vākti daļēti. To var darīt divējādi – izmantojot daļētās vākšanas konteinerus vai ar depoziā sistēmas starpniecību. Abos gadījumos tiek īstenots ražotāju atbildības princips. Vēsturiski depoziā sistēmas piemērošana dzērienu iepakojumam atsevišķās valstīs tika aizsākta brīvprātīgi, jo ražošanas izmaksas par izejvielām jaunu iepakojumu ražošanai un ražošanas izmaksas bija lielākas par izlietotā iepakojuma savākšanas izmaksu un pārstrādes izmaksu summu. Iepakojuma depoziā sistēmas ietvaros dzērienu iepakojumam (stikla pudeles, PET pudeles, skārdenes) tiek piemērota papildus depoziā maksa, kuru patērētājs var atgūt atpakaļ (tādā pašā apmērā, kādā tā tika iekasēta iegādājoties dzērienu), nododot izlietoto iepakojumu tirdzniecības vietā vai speciāli tam paredzētā pieņemšanas punktā (pieņemšana var būt organizēta gan manuāli, gan automatizētā formā). [40, 41, 42, 43, 44] Depoziā sistēmā tiek iekļauti tādi produkti kā ūdens, bezalkoholiskie dzērieni un alkoholiskie dzērieni ar alkohola saturu līdz 10 grādiem (alus, sidrs, kokteiļi un tml.). Higiēnas aspekts tiek ņemts vērā, veidojot depoziā sistēmas dizainu, tāpēc ieviešot depoziā sistēmu uzmanība ir jāpievērš izgatavošanas materiālam [45, 46]. Viens no risinājumiem, ko piedāvā vairāki pētnieki savos pētījumos, ka sistēmā tiek ietverti visi iepakojuma materiāli, paredzot izņēmumus attiecībā uz dažiem produktiem, neatkarīgi no iepakojuma, kuros to pārdod. Tādejādi būtu iespēja izvairīties no neobjektivitātes par labu kādam no materiālam [41, 43, 45]. Iepakojumu iedala divās kategorijās – vienreiz lietojamie iepakojumi un atkārtoti lietojamie iepakojumi, kurus ir iespējams lietot atkārtoti vairākas reizes vienam un tam pašam mērķim. Atkritumu daļētās vākšanas konteinerus, izmanto lai savāktu iepakojumu, kuru var pārstrādāt. Šādā veidā nevāc iepakojumu, kuru paredzēts izmantot atkārtoti tā sākotnējam mērķim. Lai gan plastmasas atkārtota izmantošana var samazināt CO<sub>2</sub> emisiju, tomēr tiek apgalvots, ka plastmasas materiālu atkārtota izmantošana nav ekonomiski izdevīga, norādot, ka plastmasas savākšanas un pārstrādes izmaksas ir pārāk augstas salīdzinājumā ar sadedzināšanu [43, 47].

Eurostat dati liecina, ka Latvijā 10-15% no kopējā radītā sadzīves atkritumu (mājsaimniecības un tiem pielīdzināmo) daudzuma veido iepakojums, kurš netiek daļēti vākts, pārstrādāts un nonāk kopējā atkritumu plūsmā. Ieviešot depoziā sistēmu, valstis veicina pieaugošā vides piesārņojumu samazinājumu un Eiropas Savienībā pieņemtās Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 94/62/EK par iepakojumu un izlietoto iepakojumu prasību ievērošanu, nosakot valsts minimālos izlietotā iepakojuma pārstrādes un reģenerācijas mērķus. Latvijā depoziā sistēma ieviesta 2022.gada 1.februārī. Pētījuma mērķis bija izanalizēt depoziā sistēmas piemērošanu Latvijā un analīze tika veikta pirms sistēmas darbības uzsākšanas un sniedza ekonomisko novērtējumu. Latvijas kaimiņvalstīs Lietuvā (2016. g.) un Igaunijā (2005. g.) sistēma jau pastāvēja. Aprēķini, kas ļauj pamatoti argumentēt depoziā sistēmas ieviešanas nepieciešamību paralēli izveidotajai daļētās atkritumu savākšanas sistēmai ir svarīgi, lai noteiktu, kuru materiālu iepakojumiem un kuru dzērienu iepakojumiem sistēma piemērojama, to uzsākot un ar ko sistēma pakāpeniski papildināma. Nākamais solis

būtu visu triju Baltijas valstu sistēmu apvienošana, kas to varētu padarīt efektīvāku un pieejamāku patērētājiem, kuri ir mobili un pārvietojas.

## **1.2. Atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstība - aprites ekonomikas sastāvdaļas**

Tekstilizstrādājumi ir mūsu sabiedrības pamats, nodrošinot mūs ar apģērbiem, apaviem, paklājiem, aizkariem, mēbelēm utt. mājām, birojiem un sabiedriskām ēkām. Tekstilizstrādājumi ir ceturta augstākā spiediena kategorija primāro izejvielu un ūdens izmantošanā pēc pārtikas, mājojļa un transporta, un piektā kategorija SEG emisijām [48, 49]. Kopējie tekstila atkritumi Latvijā veido aptuveni 27 000 t, kas veido 3 - 5% no kopējiem valstī radītajiem sadzīves atkritumiem jeb aptuveni 14,3 kg apģērbiem uz vienu iedzīvotāju [50]. Pēc izmešanas tikai 20% no apģērba atkritumiem tiek savākti atkārtotai izmantošanai un pārstrādei globālā līmenī [51, 52]. Kopš 1996. gada ES iegādāto apģērbiem apjoms uz vienu cilvēku ir palielinājies par 40 % pēc strauja cenu krituma, kas ir samazinājis apģērba kalpošanas laiku. Eiropieši izmanto gandrīz 26 kilogramus tekstilizstrādājumu un katru gadu izmet apmēram 11 kilogramus no tiem. Lietotas drēbes var izvest ārpus ES, bet pārsvarā (87 %) tiek sadedzinātas vai apglabātas poligonā. Pasaulē mazāk nekā 1 % apģērbiem tiek pārstrādāti kā apģērbs, daļēji nepietiekamas tehnoloģijas dēļ [53].

Vērtējot tekstilizstrādājumu uzņēmumu īstenotās stratēģijas aprites ekonomikas virzienā, tika identificēti, ka šie uzņēmumi veic sociālo uzņēmējdarbību. Jāsāk ar to, ka 2013. gadā Labklājības ministrija uzsāka darbu pie jaunas politikas iniciatīvas izstrādes, lai veicinātu sociālās uzņēmējdarbības tiesiskā regulējuma izstrādi un nelabvēlīgo personu integrāciju darba tirgū. Lai atbalstītu sociālo uzņēmumu attīstību, kopš 2015. gada ir iedarbināts finansiālā atbalsta mehānisms. Dotācijas izstrādātas dzīvotspējīgu sociālās uzņēmējdarbības projektu īstenošanai, sociālā mērķa sasniegšanai. Šobrīd ir iespējams pretendēt uz dotācijām no 5000 līdz 200 000 EUR investīcijām vai apgrozāmajiem līdzekļiem (t.sk. atalgojuma izmaksām). Galvenā prasība ir, ka biznesa idejai jābūt dzīvotspējīgai, ar būtisku ilgtermiņa sociālo ietekmi un/vai pozitīvu ietekmi uz vidi. Līdz 2020. gada beigām kopumā ir piešķirti 97 granti ar kopējo finansējumu 6,3 miljonus eiro apmērā, no kuriem jau īstenoti 37 biznesa projekti, kas veido 2,3 miljonus eiro [53].

Sociālais uzņēmums ir sabiedrība ar ierobežotu atbildību, kurai noteiktā kārtībā ir piešķirts sociālā uzņēmuma statuss un kura veic saimniecisku darbību, kas rada pozitīvu sociālo ietekmi (piemēram, sociālo pakalpojumu sniegšana, sociālā uzņēmuma veidošana), tajā skaitā arī pozitīvu ietekmi uz vidi. Attīstītajās valstīs arvien lielāks uzsvars tiek likts uz sociāli un videi draudzīgu uzņēmējdarbību, kamēr pasaulē joprojām dominē business, kur darbības rezultāts ir finanšu resursu pieaugums vides degradācijas dēļ. Vienlaikus uzlabojas situācija ar vides aizsardzības darbības finansēšanu. Ir pierādīts, ka jāņem vērā negatīvās ārējās ietekmes, kuras savā modelī aprakstīja Pīgū, Ļontņjevs-Fords un citi. Atkritumu samazināšanas un negatīvās ietekmes uz vidi samazināšanas nepieciešamība kā mērķa

funkcija ir pamatota. Šo problēmu ierosināts risināt sistemātiski un ņemt vērā ietekmes uz ekosistēmu negatīvo seku uzkrāšanās ietekmi [54].

Biznesa vērtību novērtēšanā un slēgtā cikla pieejā pirmais solis ir iegāde. Tas nozīmē, ka ir jāizstrādā savākšanas sistēma, lai savāktu noteiktus apjomus pareizas kvalitātes materiālus vai izstrādājumus par konkurētspējīgu cenu. Otrais solis ir atkārtota apstrāde. Šajā posmā par konkurētspējīgu cenu ir jānotiek izmantoto produktu vai materiālu atjaunošanai, atkārtotai ražošanai vai pārstrādei. Trešais solis ir atkārtots mārketingas. Visbeidzot, ir jānosaka tirgi, kas būtu gatavi iegādāties pārstrādātos produktus vai materiālus. Šeit ārkārtīgi svarīgi ir saprast, ka gadījumā, ja kāda no šīm darbībām neizdodas, slēgtā cilpa tur vairs nav. Aprites ekonomika izceļ vērtību radīšanas nozīmi visām ieinteresētajām personām, un tam ir ļoti svarīga perspektīva. Pamatojoties uz vērtības pārbaudi, iesaistītās puses var izstrādāt modeli kopējas vērtības radīšanas optimizācijai [55, 56, 57]. Veicot plašu literatūras izpēti, ir apkopotas biznesa vērtības, kuras var iegūt, īstenojot slēgtā cikla principu (1.1. tab.).

1.1. tabula.

Aprites ekonomikas uzņēmējdarbības vērtību novērtējums.

Vērtības veids	Apraksts
Ieguves vērtība	Tiešs izmaksu samazinājums un ietaupījumi, ko var radīt slēgtā cikla uzņēmējdarbības prakse.
Vides vērtība	Ieguvumi, ko sniedz uzlabotas ekoloģiskās pēdas, t.i., atbilstības vienkāršība un uzlabots zaļais attēls.
Patēriņa vērtība	Paaugstināta klientu lojalitāte, labāka klientu apmierinātība un izcila zīmola aizsardzība.
Informatīvā vērtība	Cikla noslēgšana rada vērtīgus datus par ražošanas un piegādes problēmām, atteikumu biežumu, produkta lietderīgās kalpošanas laiku un lietošanas paradumiem.

2020. gads ierakstīts vēsturē kā lūzuma punkts daudzos aspektos. Atkritumu apsaimniekošana un aprites ekonomika nav izņēmums. Koronavīrusa slimības (*Covid-19*) uzliesmojums 2019. gada beigās bija daudz vairāk nekā globāla veselības krīze. Tas ietekmē mūsu sabiedrību un ekonomiku vēl joprojām, un tam ir bijusi liela ietekme uz mūsu ikdienas dzīvi. *Covid-19* pandēmija ir izkropļojusi pasaules darbības pieņēmumus, atklājot dominējošā ekonomikas modeļa absolūto noturības trūkumu, lai reaģētu uz neplānotiem satricinājumiem un krīzēm [59]. Tas ir atklājis sarežģīto globālo piegādes un ražošanas ķēžu tīklu pārmērīgas centralizācijas vājumu un globālo ekonomiku trauslumu, vienlaikus izceļot vājās saiknes starp nozarēm [60, 61]. Lai gan pasaule ir pieredzējusi *Covid-19* izraisīto valsts mēroga bloķēšanas pozitīvo ietekmi uz vidi, piemēram, tīrākas upes un skaidrākas debesis [62], tas neattiecas uz atkritumu apsaimniekošanu. Pandēmija ir mainījusi atkritumu rašanās dinamiku, radot pārdomas un izaicinājumus politikas veidotāju vidū un darbinieku vidū, kas iesaistīti medicīnisko pakalpojumu sniegšanas jomā [63]. Kā uzsver Politikas mācību platforma (2020.), dažos gadījumos ir radīts vairāk atkritumu nekā iepriekš. Tas skaidrojams ar to, ka daudziem cilvēkiem bija vairāk laika, ko viņi pavadīja fiziski savās dzīves vietās, un viņi

iztīrīja savas mājas, pagrabus un bēniņus no visa liekā. Vācijā tas izraisīja garas rindas pie atkritumu šķirošanas un apsaimniekošanas centriem, kas pieņem lielgabarīta atkritumus un elektrisko un elektronisko iekārtu atkritumus. Beļģijā bija slēgti lietoto tekstilizstrādājumu savākšanas konteineri, un cilvēkiem bija jāglabā lietotās drēbes mājās. Un visur Eiropā pieauga nelegālā atkritumu izgāšana, un ielās un sadzīves atkritumu tvertnēs nonāca pilnīgi jauna atkritumu plūsma: individuālie aizsardzības līdzekļi (IAL).

Pasaules ekonomika ir atkarīga no savstarpēji saistītām piegādes ķēdēm, kuras uztur vairāk nekā 100 miljardi tonnu izejvielu, kas katru gadu nonāk saimnieciskajā sistēmā. Tas ir bijis neilgtspējīgi gadu desmitiem, un tikai dažu mēnešu laikā kopš koronavīrusa uzliesmojuma sākuma kļuva skaidrs, ka tas ir bīstami trausls. Viens no visaptverošākajiem risinājumiem noturības uzlabošanai ir aprites ekonomika [64]. Saskaņā ar UNEP (2020.) Covid-19 izraisījis lielāku ar mājsaimniecību un personīgo veselību saistītu produktu ražošanu un patēriņu, kas pārsvarā ir vienreiz lietojami un satur vērtīgus resursus, piemēram, plastmasu, tekstilizstrādājumus, metālus, elektroniku. Covid-19 pandēmijas rezultātā radītie atkritumi tāpat kā citi atkritumi ir jāsavāc un atbilstoši jāapstrādā, lai izvairītos no vides piesārņošanas un pieguzošanas vai nekontrolētas sadedzināšanas, kas var ietekmēt cilvēku veselību, ekosistēmas kvalitāti, bioloģisko daudzveidību, tostarp rada ietekmi uz augsni, gaisu, iekšzemes ūdeņiem, piekrastes līnijām un jūru sistēmas. Atbilstoša atkritumu apsaimniekošana ir viens no svarīgākajiem aspektiem, lai novērstu slimību izplatīšanos. Ir svarīgi uzsvērt, ka atkritumu apsaimniekošanas pakalpojumu nepārtrauktība attiecas ne tikai uz sadzīves atkritumiem, bet arī uz bīstamiem ražošanas un veselības aprūpes atkritumiem [65]. Katrs cilvēks ES vidēji gadā saražo gandrīz pustomnu sadzīves atkritumu, kas nozīmē, ka katru nedēļu vienā mājsaimniecībā rodas vairāk nekā 20 kg sadzīves atkritumu. Kopējais atkritumu daudzums ES gadā ir 5 tonnas uz vienu iedzīvotāju. Atkritumu apsaimniekošanas neatbilstošas apsaimniekošanas novēršana, tostarp atkritumu dalīta savākšana un pārstrāde, reģenerācija ir ļoti svarīga mūsu iedzīvotāju veselībai un drošībai, videi un ekonomikai.

Pasaules Veselības organizācija 2020. gada 11. martā pasludināja Covid-19 pandēmiju, kas izraisīja nopietnus traucējumus un sasprindzinājumu globālajās piegādes ķēdēs un finanšu tirgus nesakārtotību, kā rezultātā notika pārrobežu ekonomiska katastrofa. Bloķēšana un robežu slēgšana sagrāva mūsdienu pasaules ekonomikas pamatpīlārus, un šo pasākumu radītais ekonomiskais satricinājums joprojām ir smagi jūtams visā pasaulē [66, 67, 68].

Kā norāda [69], visas G20 valstis ir ieviesušas mobilitātes ierobežojumus, piemēram, "pašizolāciju" un "sociālo distancēšanos". Šie ierobežojumi ir samazinājuši vīrusa izplatību, taču ar smagām ekonomiskām sekām. No piedāvājuma puses tiek lēsts, ka aptuveni 81 % no pasaules darbaspēka ir skāruši pilnīgas vai daļējas bloķēšanas pasākumi, kā arī bezprecedenta darbavietu zaudēšana un atvaļinājumi (SDO, 2020). No pieprasījuma puses patērētāju izdevumi ir samazinājušies, jo vairs nebija iespējams ceļot, tostarp iepirkties pēc izvēles visos veikalos, apmeklēt restorānus vai nodarboties ar hobijiem [69, 70]. Patērētāju uzticība kritas (OECD, 2020), un darba vietu zaudēšana un atvaļinājumi vienkārši saasina izdevumu samazināšanos, jo darbinieki zaudē savus ienākumus.

Izmaiņas nav saistītas ar valdību lēmumiem attiecībā uz klimata pārtraukšanas politiku, un tāpēc tās nevajadzētu nepareizi interpretēt kā klimata triumfu. Vēl svarīgāk ir tas, ka dzīve bloķēšanas apstākļos nebūs mūžīga, jo ekonomikai būs jāatjauno, un mēs varam sagaidīt atkal emisiju pieaugumu [60].

Pandēmija, kam sekoja valstu bloķēšana, ir vēlreiz atklājusi visas pasaules atkarību un pārmērīgu paļaušanos no vienas valsts kā ražošanas centra. Daudzu preču deficīts daudzās valstīs bija tik nopietns, ka aprites ekonomikas principu, piemēram, atkārtotu izmantošanu, jau neviļus atkārtoti rekomendēja tādas respektablas iestādes kā ASV Slimību kontroles un profilakses centri [71]. Turklāt, pamatojoties uz literatūru, var secināt, ka šis gads daudzās valstīs ir licis nopietni apsvērt aprites ekonomikas ietvara nepieciešamību valstiskā līmenī.

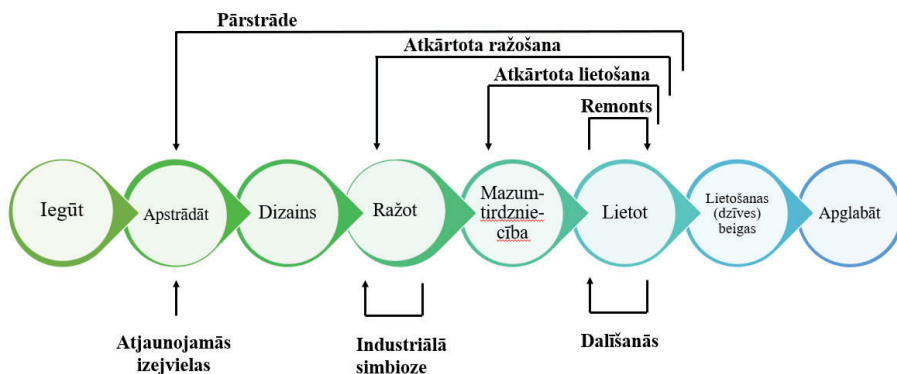
Šāda sistēma vērstu uz:

- 1) otrreizējās izmantošanas, koplietošanas ekonomikas veicināšana atsevišķām precēm, īpaši tādām, kuras nevar ražot konkrētajā valstī;
- 2) zaļās loģistikas veicināšana;
- 3) atkritumu apsaimniekošanas noteikumu izstrāde saistībā ar vietējo ražošanu, ražošanu un pārstrādi;
- 4) jaunu bioloģiski noārdāmu produktu izstrāde;
- 5) bioekonomikas un bioproduktu lietošanas veicināšana;
- 6) kopīgas un aktīvās mobilitātes attīstība (t.sk. riteņbraukšanas, pastaigu infrastruktūra);
- 7) viedo pilsētu attīstība (t.sk. sociālās distancēšanās aspekti, ja nepieciešams).

Gan Eiropas Savienība, gan Dienvidkoreja ir pieņēmušas zaļos darījumus kā galvenos pilārus ekonomikas atveseļošanai, gan izmantojot atjaunojošos modeļus, gan aprites ekonomikas principus [64]. Plānojot iespējamās atbalsta aktivitātes uzņēmējiem, Latvija balstījās arī uz Zaļo kursu un Ilgtspējīgas Eiropas investīciju plānu. 2020.gada 4.septembrī Latvijā valdība apstiprināja Rīcības plānu pārejai uz aprites ekonomiku 2020.-2027. gadam [72].

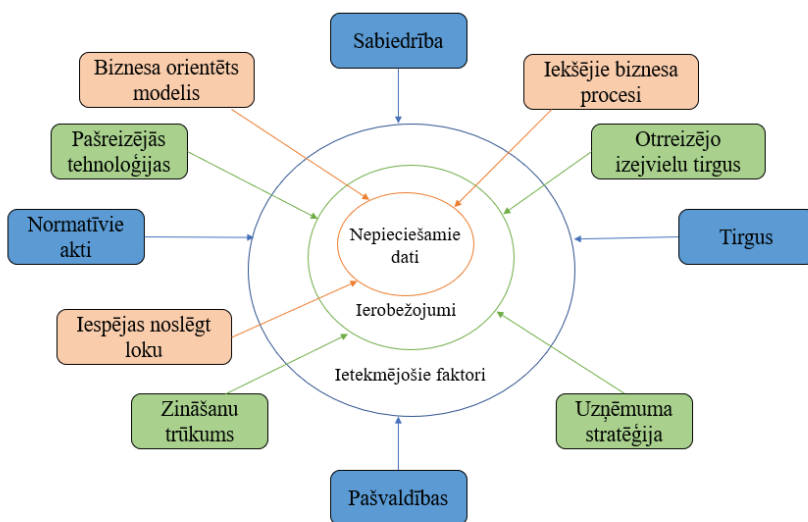
Gan valstiskās, gan nevalstiskās organizācijas arvien vairāk veicina uzņēmumu pāreju uz aprites ekonomikas saimniekošanu. ES rīcības plāna mērķi ir nostiprināti atkritumu pakotnes direktīvās, ar mērķi attīstīt aprites ekonomiku, veidojot dažādas platformas, piedāvājot tam arī Kohēzijas fonda finansējums [73, 74]. Stratēģiju galvenais iznākums ir ieviest paradigmu no lineārā uz aprites ekonomikas modeli. Šāda veida maiņa ir sarežģīts uzdevums, kas prasa būtiskas izmaiņas ieradumos un praksē daudzās sabiedrības jomās [75]. Tas liek secināt, ka katra stratēģija spēj definēt dažādus mērķus saistībā ar vispārējo mērķi. Ir ļoti svarīgi, lai ieinteresētajām pusēm tiktu nodrošināta iespēja sazināties un dalīties pieredzi un paraugpraksi, izmantojot Eiropas aprites ekonomikas ieinteresēto personu platformu. Šo platformu 2017. gadā izveidoja Eiropas Komisija un Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komiteja ar mērķi veicināt aprites ekonomiku gan teritorijās, gan nozarēs, gan kopienās, pulcējot ekspertus un sniedzot iespējas dalīties zināšanās un veicināt dialogu [76]. Jaunākie Eiropas Komisijas ziņojumi liecina, ka 2019. gadā jau bija vairāk nekā 30 aprites ekonomikas stratēģijas gan valsts, gan/vai reģionālā līmenī. Stratēģijas galvenā pieeja ir veicināt paradigmas maiņu, virzoties no lineārās uz aprites ekonomikas modeli. Šāda veida maiņa ir sarežģīts mērķis, kas prasa būtiskas izmaiņas patērētāju uzvedībā un ieradumi daudzās

sabiedrības apakšsistēmās. Pārejai uz aprites ekonomiku ir vajadzīgas sistēmiskas pārmaiņas un holistiska, integrēta pieeja, kurā ņemtas vērā saites nozarēs un starp tām, vērtību ķēdēs un starp tām, kā arī starp pilsonisko sabiedrību un nozares ieinteresētajām personām [77]. Ir svarīgi saprast, ka uzņēmums aprites ekonomiku var piemērot, veidojot noteiktu uzņēmējdarbību modeli, vai pārveidojot esošās uzņēmējdarbības elementus [78, 79, 80, 81] (1.1. att.).



1.1. attēls. Aprites ekonomikas ietekme uz lineārajiem biznesa procesiem [81].

Normatīvo aktu izmaiņas daudzos gadījumos tiek uzskatītas par atslēgu esošās aprites potenciāla atrašanai. Tiesiskās sistēmas robežas var radīt pozitīvu ietekmi uz vērtību ķēdēm un veicināt sadarbību starp dažādām tautsaimniecības nozarēm, kuras, iespējams, iepriekš nebūtu izvērtējušas šo sadarbības iespēju. Dažos gadījumos, tas ir saistīts ar tehniskām problēmām, kas ietekmē materiālu plūsmas dažādās nozarēs, īpaši šeit ir būtisks jautājums par atkritumu juridisko definīciju, noteiktiem atkritumu apstrādes pienākumiem un informācijas plūsmu lēmumu pieņemšanas procesā (1.2. att.).



1.2. att. Informācijas plūsma lēmumu pieņemšanas procesā.

Šāda veida piemēri lielākoties prasa rīcības valsts vai Eiropas Savienības līmenī. Diskusija par aprites ekonomikas stratēģiju tiesisku regulējumu var attiekties uz pamatojumu, nevis tiešu normatīvo aktu prasību inovāciju.

Aprites ekonomika ir svarīga svira, lai sasniegtu galvenos politikas mērķus, piemēram, ekonomikas izaugsmi, darba vietu radīšanu un ietekmes uz vidi samazināšanu. Vairāki pētījumi jau ir parādījuši, kā aprites ekonomika var sniegt ieguldījumu valsts, reģionālā un starpvalstu līmenī šādu mērķu sasniegšanā kā veicināt ekonomikas izaugsmi, radīt darbavietas un samazināt ietekmi uz vidi [82]. Lietojot dažādas metodoloģijas, veikti pētījumi dažādās nozaru jomās, šie pētījumi konsekventi demonstrē aprites ekonomikas pozitīvo ietekmi: IKP pieaugums par 0,8 – 7%, darbavietu pieaugums par 0,2 – 3,0%, un oglekļa emisiju samazināšana par 8 – 70%.

### 1.3. Zaļo darba vietu loma aprites ekonomikas modeļa ietvaros resursu efektīvākai izmantošanai un atkritumu apjoma samazināšanai un apsaimniekošanai

Ilgtspējīga attīstība aptver sevī ekonomisko izaugsmi, sociālo progresu un cieņu pret apkārtējo vidi. Tas ir būtisks aprites ekonomikas aspekts, ar ko jārēķinās, pārejot no atkritumu apsaimniekošanas uz resursu apsaimniekošanu un ilgtspējīga patēriņa veicināšanu.



Promocijas darba laikā tika vērtēts arī viens no ilgtspējīgās attīstības un aprites ekonomikas aspektiem – sociālais aspekts un progress, kas balstīts dažādu valstu pieredzē un pētījumos, uzmanību akcentējot uz zaļo uzņēmējdarbību, zaļajām darbavietām, to attīstību motivējošiem aspektiem un pieejām, un to vecinošām sabiedrības iniciatīvām.

No 2012. līdz 2018. gadam ar aprites ekonomiku saistīto darbvietu skaits ES pieauga par 5 % un sasniedza aptuveni 4 miljonus. Var prognozēt, ka aprites ekonomikai uz darbvietu radīšanu ir pozitīva ietekme, ar nosacījumu, ka strādājošie apgūst prasmes, ko prasa zaļā pārkārtošanās. Ar aprites ekonomiku saistīto darbvietu radīšanā potenciālu vēl vairāk atraisīt palīdz savstarpējie ieguvumi, ko nes atbalsts zaļajai pārejai un sociālās iekļaušanas stiprināšana [83].

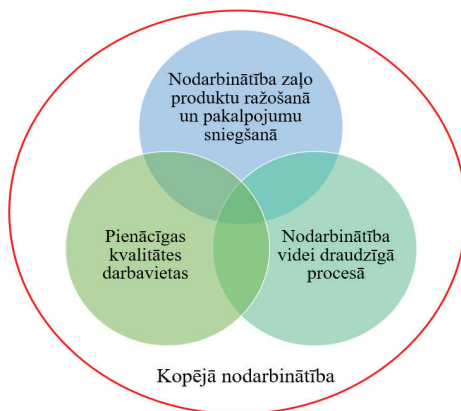
Izejvielu trūkumam kļūstot arvien izteiktākam, ārkārtīgi svarīga ir “zaļā” izaugsme, jo tradicionālā patērētāju sabiedrība, kur nevajadzīgās lietas tiek izmestas atkritumos, nav ilgtspējīga. Otrreizēja izejvielu pārstrāde ļauj ne tikai panākt produktu ilgāku izmantošanu ekonomikā, bet arī veicina jaunu nozaru un darba vietu veidošanos, tādējādi pozitīvi ietekmējot tautsaimniecību kopumā.

Zaļās darbavietas (ZDV) saskaņā ar ANO Starptautiskā darba organizācija definīciju [84] ir darba vietas, kas veicina ilgtspējīgas vides kvalitātes saglabāšanu vai atjaunošanu, lauksaimniecībā, rūpniecībā un būvniecībā, pakalpojumu nozarē vai pārvaldē. Zaļās darbavietas ir darba vietas, kas veicina vides saglabāšanu vai atjaunošanu, neatkarīgi no tā, vai tās notiek tradicionālajās nozarēs, piemēram, ražošanā un būvniecībā, vai jaunās, topošās zaļās nozarēs, piemēram, atjaunojamā enerģija un energoefektivitāte. Ir plaši atzīts, ka veiksmīga pāreja uz videi draudzīgu, resursu un energoefektīvu ekonomiku pārveidos darba tirgus [83, 84, 85, 86, 87, 88, 89].

ZDV mazina uzņēmumu un ekonomikas nozaru ietekmi uz vidi, lai sasniegtu ilgtspējīgu līmeni, un palīdz samazināt enerģijas, izejvielu un ūdens patēriņu, palīdz sekmēt oglekļa mazietilpīgas ekonomikas attīstību un samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas. ZDV nav tikai darba vietas kādā no jaunajām nozarēm vai zaļās uzņēmējdarbības uzņēmumos, bet gan visas darbavietas, kuras radītas visās nozarēs, mazinot ražošanas procesu un produktu ietekmi uz vidi. ZDV ir arī darba veicēji, kuri strādā, ievērojot videi draudzīgos standartus, kā arī veicinot to ievērošanu [84].

Zaļās darbavietas palīdz uzlabot enerģijas un izejvielu efektivitāti, ierobežot siltumnīcefekta gāzu emisijas, samazināt atkritumu apjomu kā tādu un poligonos apglabājamo atkritumu apjomu, samazināt piesārņojuma emisijas vidē un aizsargāt un atjaunot ekosistēmas. Uzņēmumu līmenī zaļās darbavietas var radīt, ražojot preces vai sniedzot pakalpojumus, kas sniedz labumu videi, piemēram, būvējot eko-efektīvas ēkas, izmantojot mazizmešu transportu, ražojot preces un enerģiju no otreizējām izejvielām [89, 90, 91, 92]. Zaļās darba vietas var atšķirt pēc to ieguldījuma videi draudzīgākos procesos. Piemēram, tās var samazināt ūdens patēriņu, radīto atkritumu apjomu vai uzlabot atkritumu pārstrādes tehnoloģijas. Pie ZDV pieskaitāmi arī konsultanti, kas palīdz uzņēmumiem efektīvāk īstenot vides politiku.

Nodarbinātību videi draudzīgās ekonomikas nozarēs var nošķirt no produkcijas viedokļa un darba vietas funkcijas visās nozarēs no videi draudzīga procesa viedokļa (1.3. att.) [92]. Starptautiskā Darba organizācija (SDO), kas ir Apvienoto Nāciju Organizācijas aģentūra, uzskata, ka videi draudzīgas darbavietas ir visas darba vietas, kas ietilpst apgabalos, kur pārklājas nodarbinātība zaļo produktu ražošanā un pakalpojumu sniegšanā un pienācīgas kvalitātes darba vietas un nodarbinātība videi draudzīgā procesā un pienācīgas kvalitātes darba vietas.



1.3. att. Nodarbinātība videi draudzīgās ekonomikas nozarēs no produkcijas viedokļa un darba funkcijas visās nozarēs no videi draudzīga procesa viedokļa [92].

Dinamiskiem un labi funkcionējošiem darba tirgiem, veicinot pāreju uz zaļu un resursu ziņā efektīvu ekonomiku, galvenā uzmanība jāpievērš tādiem aspektiem kā prasmju trūkuma novēršana, pārmaiņu paredzēšana, pārejas nodrošināšana un mobilitātes veicināšana. Tādejādi iespējams atbalstīt zaļo darbavietu radīšanu. Lai noteiktu, vai darbvieta ir ZDV, var izmantot dažādus kritērijus [84, 11]:

- 1) atbilstoši komersanta sertifikāti;
- 2) NACE kodu (vienlaikus nosakot, vai uzņēmums ir zaļais uzņēmums);
- 3) ražošanā izmantotais produkta/preču ekomarķējums;
- 4) pielietoto tehnoloģiju apraksti, ražošanas patenti/licences;
- 5) līgumi ar atkritumu apsaimniekotājiem un pārstrādātājiem, piemēram, vai noslēgti līgumi par visu radīto atkritumu apjomu apsaimniekošanu.

Sekojojot zaļās ekonomikas paradigmai, pētījumi par videi draudzīgām darbavietām galvenokārt ir vērsti uz saikni starp aprites ekonomikas pieaugumu un ietekmi uz jaunu zaļo darbavietu iespēju radīšanu. Eiropas Savienībā novērtēts, ka, lai arī zaļā ekonomika radīs jaunas darbavietas un atvērs jaunus tirgus, Eiropas konkurētspēja, novatoriskā spēja un produktivitāte būs ļoti atkarīga no kvalificētu darbinieku pieejamības [83, 93]. Tas nozīmē prasmju attīstības veicināšanu un labākas prasmju prognozēšanas vajadzības nozarēs jāvērtē, lai attiecīgās iestādes un ieinteresētās personas varētu pielāgoties pārmaiņām. Ar aprites

ekonomiku saistītas prasmes nav vienmēr pilnīgi jaunas vai "unikālas" prasmes. Tās apvieno transversālās kompetences un "specifiskās" prasmju kopas. Dažos gadījumos uzdevumi un pienākumi, kuriem nepieciešamas īpašas prasmju un zināšanu kombinācijas, veido jaunus profesiju profilus. Lai veicinātu darbaspēka, kā arī izglītības un apmācības sistēmu pielāgošanos, nepieciešama mērķtiecīga valsts iestāžu rīcība, lai atbalstītu pāreju uz efektīvu izglītības un apmācības sistēmu reaģēšanu uz jaunām prasmju un kvalifikācijas prasībām. Tas prasa kvalifikāciju un atbilstošu izglītības un apmācības programmu pārskatīšanu un atjaunināšanu.

Savstarpēji saistītos jautājumus par aprites ekonomiku, videi draudzīgām darbavietām un vides preču un pakalpojumu sektoru savā darbā [94] aplūkojuši A.Sulich, M.Rutkowska-L.Popławski. Rakstā izvērtētas izplatītākās pieejas aprites ekonomikai, balstoties uz ilgtspējīgas attīstības koncepciju, un sniegta analīze par to, kā videi draudzīgas darbavietas jeb ZDV var izmantot, lai risinātu bezdarba problēmu jauniešu vidū Polijā, Čehijā un Beļģijā. Konstatēts, ka gan Polijā, gan Beļģijā aptuveni 15 % jauniešu pirmo darbu atrod videi draudzīgu darbu nozarē, bet Čehijā šis īpatsvars ir daudz mazāks – tikai 1,83 %. Secināts, ka arvien lielāks uzsvars uz aprites ekonomikas veidošanu sniedz nodarbinātības iespējas jauniešiem, kuri meklē pirmo reizi darbu. Tas nozīmē, ka zaļās darbavietas var būt risinājums arī jauniešu problēmām darba tirgū.

Cita pētījuma [95] mērķis bija saistīt jaunas ZDV un jaunus videi draudzīgus zaļus uzņēmējdarbības modeļus ar rūpniecības pārveidošanu, izmantojot pieredzi divos Itālijas rūpniecības rajonos, kur īstenoti vides nolīgumi. Ieinteresēto personu sadarbība, kā arī nozares un pētniecības mijiedarbība bija kā galvenie virzošie faktori. Turpretī birokrātija un infrastruktūras investīciju trūkums tiek norādīts kā šķērslis zaļo darba vietu radīšanai un vietējo zaļo uzņēmumu attīstībai. Lai noteiktu veicinošus apstākļus un definētu šķēršļus un piemērojamās politikas attīstības programmas un to darbības īstenošana jāsalīdzina reģioni, kurus raksturo līdzīgi apstākļi. Pētot atjaunojamo energoresursu (AER) izmantošanu enerģētikas nozarē [96] norādīts, ka tās dod ievērojamus ieguvumus nodarbinātības jomā. Lai novērtētu profesijas AER nozarē, tiek piedāvāta ieguldījumu - izlaidis analīzes izmantošana. Nodarbinātības pieaugums ir viens no vissvarīgākajiem ieguvumiem, īpaši krīzes ekonomikas laikā, tajā skaitā kā energoresursu izmantojot speciāli sagatavotus atkritumus.

Zaļās darbavietas ir galvenais sabiedrības mērķis konkrēti atbalstīt ilgtermiņa centienus saskaņot ilgtspēju un attīstību. Lai novērtētu faktoros, kas ietekmē zaļo darbavietu radīšanu mazos un vidējos uzņēmumos, veikti Eiropas mazo un vidējo uzņēmumu ekonometrisko analīze [97]. Jāatzīmē, ka videi draudzīgu produktu un pakalpojumu inovācijas galvenokārt attiecas uz zaļo darba vietu radīšanu [97, 98]. Kā norāda amerikāņu autori [99] zaļās darba vietās intensīvāk tiek izmantotas augsta līmeņa kognitīvās un interdisciplinārās prasmes, salīdzinot ar darbavietām, kas nav videi draudzīgas. Svarīgi ir arī saprast, vai un kā darbinieku attieksmi pret zaļajām darbavietām ietekmē ar vidi saistītie standarti [100]. Secināts, ka tie motivē ZDV visai netieši. Vides standartu ieviešanu var atvieglot, motivējot darbiniekus arī sociālā jomā. Tāpēc pētīts, vai darbinieki, kas strādā uzņēmumos, kuri reģistrējas ar vidi saistīto standartu reģistrā, izrāda pozitīvu attieksmi pret

savu darbu, aktīvi iesaistās savā darbā un parāda aktīvu rezultātu. Izmantojot Francijas saskaņoto darba devēju un darbinieku datubāzi, secināts [100], ka šie “zaļie darbinieki” uzrāda ievērojami augstāku lietderību un atzišānu darbā.

## 2. PĒTNIECĪBAS METODES

Politikas plānošanas dokumenti piedāvā dažādus nozaru mērķus, kas nav savstarpēji saistīti, dažkārt paredzot pretrunīgus mērķus. Ir starptautiski un Eiropas Savienības (ES) mērķi (īpaši vides un klimata sektorā), kas dažkārt ir pretrunā ar nacionālajiem mērķiem un dažkārt netiek izvirzīti kā nacionālās prioritātes Latvijā un kuriem netiek piešķirti nepieciešamie resursi. Pētniecības darba gaitā tika izmantotas dažādas pētniecības metodes un promocijas darba autores profesionālās darbības ietvaros gūtā pieredze ar atkritumu apsaimniekošanu un pāreju uz aprites ekonomiku saistītās jomās. Promocijas darbā tiek piedāvāta metodoloģiska pieeja, kas savstarpēji sasaista valsts politikas rādītājus un nozaru modeļus, lai radītu efektīvākus lēmumu pieņemšanas mehānismus. Šajā nodaļā sniegts apraksts par metodēm, kas izmantotas katrā no pētījuma posmiem.

### 2.1. Pētniecības metodes prioritāro tehnoloģiju izvēlei atkritumu apsaimniekošanā atsevišķām atkritumu plūsmām Latvijā

Šajā nodaļā apskatīta dažādu pētniecības metožu pielietošana alternatīvu izvēlei un lēmumu pieņemšanai par atkritumu pārstrādes un reģenerācijas metodēm/tehnoloģijām.

#### 2.1.1. Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metode (TOPSIS)

Viens no promocijas darba uzdevumiem ir izvērtēt dažādu pētniecības metožu pielietošanu prioritāro tehnoloģiju izvēlei atkritumu apsaimniekošanā (pārstrādei un/vai reģenerācijai) atsevišķām atkritumu plūsmām Latvijā. Šajā gadījumā alternatīvu novērtēšanai pēc kvalitatīviem un kvantitatīviem kritērijiem tika izvēlēti papīra atkritumi kā atkritumu plūsma, kuras uzglabāšana pirms pārstrādes prasa īpašu uzmanību, jo tam nedrīkst piekļūt mitrums, kas augstvērtīgu materiālu var sabojāt un padarīt neizmantojamu pārstrādei. Alternatīvu novērtēšana pēc kvalitatīviem un kvantitatīviem kritērijiem tika izmantota arī, lai varētu izvēlēties optimālāk tehnoloģiju un metodi atkritumu izmantošanai enerģijas ieguvei. Šinī gadījumā galvenie apsvērumi saistās ar efektīvākās metodes izvēli, lai nodrošinātu enerģijas ieguvu ilgstošā laika periodā, vienlaikus ievērojot, ka šī resursa izmantošana siltumapgādē un enerģijas ražošanā pakāpeniski samazināsies. Abos gadījumos tiek vērtēti tehnoloģiskie risinājumi un pielietota daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metode (TOPSIS). Daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodi, kā metodi alternatīvu novērtēšanai pēc kvalitatīviem un kvantitatīviem kritērijiem, TOPSIS 1981.gadā izstrādāja C.L. Hwang un K.P. Yoon (Hwang, 1981) [101]. Daudzkritēriju analīze tiek veikta, lai noskaidrotu, kurš no piedāvātajiem variantiem ir veiksmīgākais, izdevīgākais. Šī metode ir izstrādāta, lai uzlabotu lēmumu kvalitāti, lēmumu pieņemšanas procesā iesaistot vairākus kritērijus, lai izvēles būtu

skaidrākas, racionālākas un efektīvākas. Šī analīze tiek izmantota vairākiem mērķiem, piemēram, labākās alternatīvas noteikšanai vai alternatīvu novērtēšanai. Gadu gaitā uz tās pamata izstrādātas alternatīvas versijas, kas dažādos veidos paplašina tās pielietojuma iespējas (Renato A. Krohlinga, 2015) [102, 103], piemēram, ļauj iekļaut nenoteiktības un vērtību amplitūdas. TOPSIS galvenā priekšrocība ir iespēja izvēlēties neierobežotu skaitu kritēriju un alternatīvu, salīdzinoši vienkāršs aprēķināšanas process un nav nepieciešama īpaša programmatūra, kā arī, TOPSIS rezultāti ērtā un viegli saprotamā veidā ļauj salīdzināt alternatīvas.

Izmantojot *TOPSIS* analīzes metodi, tiek izveidota lēmumu pieņemšanas matrica  $D$ , kas sastāv no kritērijiem un alternatīvām, kā redzams 2.1. formulā:

$$D = \begin{matrix} & C_1 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}, \quad (2.1.)$$

kur:

$A_1 \dots A_m$  – salīdzināmās alternatīvas;

$C_1 \dots C_n$  – kritēriji, pēc kuriem tiek veikta salīdzināšana;

$x_{ij}$  – alternatīvas  $i$  ( $i$  ir alternatīva 1 līdz  $m$ ) sniegums/vērtība pēc kritērija  $j$  ( $j$  no 1 līdz  $n$ ).

Atkritumu kā energomateriālu novērtēšanas gadījumā, piemērojot *TOPSIS* metodi, izvēlētas piecas alternatīvas – atkritumi kā energoresurs, kas tika vērtēti, ņemot vērā četrus kritērijus: tehnoloģisko, ekonomisko, sociālo, kā arī vides un klimata aspektu.

**Atkritumu kā energomateriālu novērtēšanas** gadījumā, piemērojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodi, kā metodi alternatīvu novērtēšanai pēc kvalitatīviem un kvantitatīviem kritērijiem tika izvēlētas dažādu atkritumu plūsmu kā energoresursu piecas alternatīvas, kas tika vērtētas balstoties uz četriem kritērijiem : tehnoloģisko, ekonomisko, sociālo, vides un klimata aspektu. Tehnoloģiskais aspekts ietver sevī tehnoloģiju attīstības līmeni, inovāciju iespējamību, procesu efektivitāti un iegūtā produkta kvalitāti. Ekonomiskais aspekts ietver sevī izmaksas atkritumu sagatavošanai, transportēšanai, iekārtu darbināšanai un tehnoloģisko iekārtu kapitālieguldījumu segšanai. Sociālais aspekts ietver sevī galvenokārt nodarbinātības palielināšanās vai samazināšanās jautājumus, kā arī atkritumu pārvadājumu ietekmi ES līmenī un ārpus tās. Vides un klimata aspekts ir saistīts ar ietekmes uz vides kvalitātes un piesārņojošo vielu emisijām un klimata pārmaiņām.

Katram kritērijam tiek noteikts tā individuālais svars  $w_i$  (2.2. formula). Tas tiek noteikts tā, lai izpildītos nosacījums 2.2. – visu kritēriju svaru summa būtu vienāda ar 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.2.)$$

Kritēriju svāri tika noteikti, balstoties ekspertu viedoklī.

Kad sastādīta lēmumu pieņemšanas matrica, tiek veikta vērtību normalizācija un sastādīta normalizētā lēmumu pieņemšanas matrica (2.3. formula):

$$D_{\text{norm}} = \begin{matrix} & C_1 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (2.3.)$$

Kur  $r_{ij}$  – alternatīvas  $i$  normalizētais vērtējums pēc kritērija  $j$ .

Normalizēto vērtējumu aprēķina, izmantojot 2.4. formulu.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.4.)$$

Nākošajā solī normalizētās vērtības tiek reizinātas ar atbilstošā kritērija  $i$  svaru  $w_i$ , iegūstot normalizēto svērtu vērtību  $p_{ij}$ , kā parādīts 2.5.vienādojumā:

$$p_{ij} = w_i * r_{ij} \quad (2.5.)$$

Normalizētā svērtā lēmumu pieņemšanas matrica  $D_{sv}$  būs pamats turpmākajai TOPSIS analīzei (2.6. formula).

$$D_{sv} = \begin{matrix} & C_1 & \cdots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (2.6.)$$

Kad normalizētā svērtā lēmumu pieņemšanas matrica sastādīta, tiek aprēķināts ideālais pozitīvais risinājums  $A^+$  un ideālais negatīvais risinājums  $A^-$  (2.7. un 2.8. formula).

$$A^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_m^+) \quad (2.7.)$$

$$A^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_m^-) \quad (2.8.)$$

kur:

$$p_j^+ = \left( \max_i p_{ij}, J \in J_1; \min_i p_{ij}, J \in J_2 \right) \quad (2.9.)$$

$$p_j^- = \left( \min_i p_{ij}, J \in J_1; \max_i p_{ij}, J \in J_2 \right) \quad (2.10.)$$

Pieņemot, ka  $J_1$  parāda kritērijus, kuru maksimālās vērtības rada lielāku ieguvumu un ar  $J_2$  apzīmēti kritēriji, kuros lielākas vērtības norāda uz lielākām izmaksām vai cita veida zaudējumiem.

Tālāk tiek noteikts katras alternatīvas attālums no Pozitīvā ideālā risinājuma un Negatīvā ideālā risinājuma, kā parādīts formulās 2.11. un 2.12.

Alternatīvas attālumu/attiecību līdz Pozitīvajam ideālajam risinājumam ( $S^+$ ) aprēķina:

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^+)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (2.11.)$$

Alternatīvas attālumu/attiecību pret Negatīvo ideālo risinājumu ( $S^-$ ) aprēķina:

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^-)^2}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (2.12.)$$

Alternatīvas relatīvais attālums no Ideālā risinājuma tiek aprēķināts, kā parādīts 2.13.formulā:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (2.13.)$$

Rezultātā tiek iegūta vērtība, kas parāda alternatīvas tuvumu Ideālajam Pozitīvajam risinājumam un attālumu no Ideālā negatīvā risinājuma. Alternatīvu relatīvais tuvums ideālajam risinājumam ir lielums, ar kura palīdzību alternatīvas salīdzinātas, nosakot, kuras no tām ir ilgtspējīgākās un izdevīgākās apsaimniekošanas un izmantošanas veids tautsaimniecībā.

TOPSIS metodē izmantotajiem indikatoriem veic jutīguma analīzi, lai novērtētu to ietekmi uz alternatīvu rezultāta un sakārtojuma izmaiņām. Jutīguma analīze dod iespēju simulēt dažādus kritēriju svarīguma scenārijus, izvērtējot alternatīvu stabilitāti mainīgos apstākļos.

**Daudzkritēriju analīzes metode tika izmantota arī, novērtējot papīra atkritumu pārstrādes tehnoloģijas un metodes.** Šajā gadījumā tā tika balstīta uz pakāpeniskuma principu un ietver piecus soļus – kritēriju atlasī, datu ievadi, metodes pielietojumu, rezultāta ieguvu un analīzi (2.1. att.).





2.1. att. Metodiskā pieeja soli pa solim.

Kritēriju izvēle balstās uz pieeju, ka analizē ietver pēc iespējas plašāku aspektu dažādību. Kritēriji ir izveidoti tā, lai tos varētu salīdzināt, izmantojot specifisko rādītāju – uz tonnu atkritumu. Kritēriji ietver šādus aspektus:

- 1) Ekonomiskais aspekts – specifiskās kapitāla izmaksas;
- 2) Tehnoloģiskie aspekti – īpatnējais enerģijas patēriņš un īpatnējais ūdens patēriņš;
- 3) Ietekmes uz klimata pārmaiņām aspekts – īpatnējās CO<sub>2</sub> emisijas.

Iegūtos skaitļus novērtē. Otrajā datu ievades sadaļā šie dati tiek ievietoti matricā un pārvērti skaitļos no 1 līdz 5, kur 1 ir zemākais novērtējums un 5 ir augstākais. Šajā gadījumā, ja izmaksas ir ļoti lielas, tad tās var novērtēt ar 1. Zemākās izmaksas var novērtēt pat ar 5.

Pēc tam dati tiek normalizēti ar svara vērtībām un attālums tiek aprēķināts no maksimālās un minimālās vērtības vai attāluma no ideālā. Normalizācijas metode tiek izmantota, lai normalizētu kritērijus (2.14. formula).

$$r_{ai} = \frac{x_{ai}}{\sqrt{\sum_{a=1}^n x_{ai}^2}} \quad (2.14.)$$

kur  $a$  – prece;

$i$  – kritērijs;

$r$  – normalizētā vērtība.

Tālāk normalizētie rezultāti tiek pārrēķināti, pamatojoties uz katra kritērija svaru. Katra kritērija svars norāda, cik tas ir nozīmīgs vai kurš no kritērijiem ir izšķirošs, un kurš ir mazāk svarīgs (2.1. formula).

$$v_{ai} = w_i \times r_{ia} \quad (2.15.)$$

kur  $w$  – svars;

$v$  – svērtā vērtība.

Svērtie rezultāti tiek ņemti vērā, lai noteiktu ideālās (maksimālās) un neideālās (minimālās) vērtības variācijas. Katrs rādītājs tiek salīdzināts ar atbilstošo maksimālo un minimālo vērtību. Lai noteiktu alternatīvas kopējo attālumu līdz ideālajam risinājumam, tiek izmantota katra alternatīvā kritērija maksimālās vērtības starpības kvadrātu summa (2.16. formula).

$$d_a^+ = \sqrt{\sum (v_i^+ - v_{ai})^2} \text{ un } d_a^- = \sqrt{\sum (v_i^- - v_{ai})^2} \quad (2.16.)$$

kur

$d_a^+$  - distance līdz ideālajam risinājumam,

$d_a^-$  - distance līdz anti-ideālajam risinājumam.

Pēc tam seko relatīvā tuvuma aprēķins (2.17. formula), kur tiek aprēķināts katras alternatīvas relatīvais tuvums ideālajam risinājumam.

$$C_a = \frac{d_a^-}{d_a^+ + d_a^-} \quad (2.17.)$$

kur  $C_a$  – relatīvais tuvums ideālajam risinājumam.

Šī attiecība vienmēr ir no 0 līdz 1. Ja rezultāts ir tuvāks 1, tad produkts ir ilgtspējīgāks. Izmantojot TOPSIS metodi, var noskaidrot, kura no alternatīvām ir izdevīgākā un neizdevīgākā.

Daudzkritēriju analīze TOPSIS tika izmantota arī zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības aktivitāšu lomu un vietu aprites ekonomikas un tajā skaitā atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā lomas novērtēšanai tika izmantota.

### 2.1.2. NT ENVIR 001 informācijas ieguves metode

Lai izvērtētu, kura no alternatīvām ir izdevīgākā un neizdevīgākā, kurš pārstrādes tehnoloģiskais risinājums ir ilgtspējīgāks, būtisks aspekts ir arī izejvielu (atbilstoši sagatavotu atkritumu) plūsma, apjoms un pieejamība. Atkritumus apstrādā un sagatavo pārstrādei pēc to savākšanas no to radīšanas vietas. Atkritumu ir iespējams šķirot jau to rašanās vietā un tādējādi iegūt augstvērtīgu otrreizēju materiālu tālākai pārstrādei. Taču ievērojot, ka izvīrztāis mērķis ir samazināt poligonos apglabājamo atkritumu daudzumu līdz 10 % no gadā radītā sadzīves atkritumu apjoma un tālākā nākotnē panākt, ka atkritumu poligonos nav jāapglabā atkritumi, vai arī šis daudzums tuvojas nullei, svarīgi ir maksimāli izmantot arī tos materiālus, ko iespējams atšķirot no nešķirotu sadzīves atkritumu kopējās plūsmas. Tāpēc svarīgi ir zināt, cik attiecīga materiāla var būt kopējā atkritumu plūsmā.

Lai iegūtu detalizētu informāciju par nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu Latvijas pilsētās, nodrošinātu plašu ģeogrāfisko pārklājumu un dotu iespēju apkopotos datus turpmāk izmantot to aspektu izvērtēšanai, kas ietekmē nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu, un kas ļautu piemērot eksperimentālo metožu analīzi, tika vērtētas divas galvenās pieejas:

- 1) Atkritumu fiziskā šķirošana – šķirošana atkritumu savākšanas vietās (atkritumu konteineru tiešā šķirošana) vai savākto atkritumu kravu šķirošana (vienā savākšanas reisā savākto atkritumu šķirošana);
- 2) Sastāva noteikšana, pamatojoties uz materiālu plūsmas analīzi (MPA) saskaņā ar materiāla dzīves cikla novērtēšanas pieeju.

MPA ietver sistemātisku materiālu un elementu plūsmu un krājumu analīzi noteiktā sistēmā, ko ierobežo telpa un laiks [104]. Tādā veidā MPA var identificēt un saistīt katra aplūkotā materiāla avotus un galamērķus, tomēr tas prasa piekļuvi ļoti detalizētiem datiem. Ievērojot pieejamos datu avotus, tajos balstītās metodes pētījumā nebija pielietojamas – ierobežojumi galvenokārt saistīti ar pilsētas līmenī precīzu datu trūkumu, kas raksturotu resursu un izejvielu patēriņu lauksaimniecības produktu ražošanai, preces, patērētāju paradumi un preču kalpošanas laiks, pirms tās kļūst par atkritumiem. Tāpēc tika izvēlēta atkritumu fiziskā šķirošana.

Eiropas Savienības dalībvalstīs tiek plaši izmantotas fiziskās šķirošanas metodes *Nordtest NT ENVIR 001* [105], metodoloģiskā līdzekļa izstrāde cieta atkritumu analīzes datu precizitātes un salīdzināmības uzlabošanai (*SWA - rīks*) [106] un *CEN* standarti un tehniskie ieteikumi [107]. Šīs metodes lielā mērā ir līdzīgas un to variācijas nosaka šķirojamo atkritumu sadalījums un definīcijas, šķirošanas process, paraugu sadalījums pa atkritumu radītāju grupām un pētījumā iekļaujamajām apakšgrupām.

*SWA*-rīka metodes trūkumi ir tās augstās izmaksas, jo tā ietver katra atsevišķa atkritumu konteineru šķirošanu. Tas ieteikts pētījumiem, kuru mērķis ir salīdzināt individuālās mājsaimniecībās radušos atkritumu sastāvu. Līdz ar to šī metode nav lietojama, lai sniegtu nepieciešamo informāciju atbilstoši izvirzītajam mērķim.

*NT ENVIR 001* [105] metode ir izstrādāta, lai nodrošinātu vienotu pieeju atkritumu sastāva analīzei, un tā galvenokārt ir paredzēta Ziemeļeiropas valstīm. Bet, tā kā metode ļauj pielāgot analizējamās atkritumu grupas un atkritumu avotus, tās pielietojums ir ļoti izplatīts – sākot no vispārēja atkritumu sastāva un radīto atkritumu daudzuma izpēti līdz gadījuma izpētei, lai novērtētu atkritumu šķirošanas stacijas darbību vai pārstrādes iekārtas darbību. Līdz ar to *NT ENVIR 001* metode bija vispiemērotākā informācijas ieguves metode par atkritumu plūsmām, salīdzinot ar citām aplūkotajām metodēm. Metodes galvenā priekšrocība ir iespēja ņemt paraugus atbilstoši atkritumu savākšanas maršrutiem, kas, pirmkārt, garantē paraugu reprezentativitāti, jo izlasē ir iekļauts liels skaits mājsaimniecību, otrkārt, var veikt parauga apstrādi un šķirošanu atkritumu apsaimniekošanas infrastruktūras vietā, kur ir pieejams nepieciešamais aprīkojums un nav paredzēti nekādi administratīvi ierobežojumi, kā tas būtu atsevišķu atkritumu konteineru šķirošanas gadījumā atkritumu rašanās vietās. Analizējot šīs metodes pielietošanas

iespējas Latvijā, secināts, ka nav ierobežojumu ne metodiskajiem, ne materiāli tehniskajiem risinājumiem, kā rezultātā metodi var atzīt par atbilstošu Latvijas apstākļiem. Lai iegūtu reprezentīvus datus par nešķirotu sadzīves atkritumu plūsmām valstī, pētījumam tika atlasītas 32 pilsētas dažādos Latvijas reģionos, pamatojoties uz iedzīvotāju skaitu un teritoriju administratīvo sadalījumu. Atlasītās pilsētas tika grupētas pēc iedzīvotāju skaita un administratīvā iedalījuma. Pilsētu atlasē mērķis bija panākt pēc iespējas plašāku ģeogrāfisko pārklājumu, tādējādi nodrošinot visas valsts atkritumu apsaimniekošanas sistēmas izvērtējumu, un sniegt iespēju izvērtēt atkritumu sastāva un sociālekonomisko faktoru savstarpējās sakarības dažādās teritorijās. Paraugu ņemšana tika veikta iepriekš definētajās 32 pilsētās, tādējādi nodrošinot, ka paraugi atspoguļo noteiktā ģeogrāfiskā un administratīvā apgabala atkritumus.

Viens no sākotnējiem izaicinājumiem izlases plānošanā bija atsevišķu jau esošu atkritumu savākšanas maršrutu atlase, kas nodrošinātu pietiekamu māsaimniecību skaitu izlasē, piemēram, apkalpojot galvenokārt daudzdzīvokļu mājas un viengimenes mājas. Lai izvairītos no nevēlamu nepiemērotu atkritumu piejaukšanas testa paraugā, izvēlēti atkritumu savākšanas maršrutu atbilstība noteiktiem atlasē kritērijiem tika noteikta, konsultējoties ar katru atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumu. Galvenie principi atkritumu savākšanas maršrutu izvēlei bija šādi: (1) sadzīves atkritumi tiek savākti tikai no konkrētas pilsētas, neapkalpojot lauku teritorijas, (2) maršrutā tiek savākti tikai nešķiroti sadzīves atkritumi (tomēr līdz 10 -15 % pēc tilpuma bija atļauts pievienot nešķirotus sadzīves atkritumus no uzņēmumiem un iestādēm, taču maršrutā nedrīkst savākt ražošanas atkritumus vai citus specifiskus atkritumus, tai skaitā lauksaimniecības atkritumus, kapu atkritumus u.c.). Lai izvairītos no atkritumu svārstībām ik nedēļu, iespēju robežās tika izvēlēti atkritumu savākšanas maršruti ar regulāru savākšanas biežumu vienu reizi nedēļā. Optimālajā gadījumā atkritumu sastāva pārbaudes būtu jāveic četras reizes gadā, tādējādi izvairoties no sezonālā ietekmes.

Šķirojamo atkritumu frakciju klasifikācija tika noteikta atbilstoši *NT ENVIR 001* metodikai [105] un standartam *LVS EN 15440: 2011* "Cietais reģenerētais kurināmais – Biomasas saturs noteikšanas metodes" [108].

Lai pilnveidotu iegūto rezultātu detalizāciju un noteiktu konkrēto atkritumu komponentu īpatsvaru kopējā nešķirotu sadzīves atkritumu plūsmā, pamata sadalījumam tika pievienotas vairākas atsevišķas atkritumu frakcijas. Piemēram, visas izlietotā iepakojuma atkritumu sastāvdaļas (plastmasa, papīrs, metāls u.c.) tika reģistrētas kā atsevišķa frakcija. Papildus tika veikta atsevišķa dzērienu kartona iepakojuma un citu kompozītmateriālu iepakojuma materiālu (piemēram, kafijas un čipsu iepakojuma u.c.) uzskaitē. Atsevišķā kategorijā tika reģistrēti plastmasas maisiņi. Atsevišķi tika identificētas trīs sadzīves bīstamo atkritumu frakcijas: elektriskie akumulatori un baterijas, elektrisko un elektronisko iekārtu atkritumi un sadzīves ķīmija, ievērojot to apsaimniekošanas specifiku un noteiktos to savākšanas un pārstrādes mērķus. Šīs papildu kategorijas tiek pievienotas arī, lai novērtētu paplašinātās ražotāja atbildības sistēmu efektivitāti un sistēmas efektivitāti, atkritumu šķirojot to rašanās avotā.

Izvēlētajos atkritumu savākšanas maršrutos savāktās atkritumu kravas tika nogādātas atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumu objektos morfoloģiskā sastāva analīzei. Pēc izkraušanas paraugs tika ņemts ar frontālo iekrāvēju, testa paraugs bija vismaz 1m<sup>3</sup> jeb 250 kg. Paraugs tika nosvērts un nogādāts šķirošanas vietā. Tika izmantota manuāla paraugu šķirošana pēc noteiktām frakcijām, neizmantojot nekādas mehāniskas šķirošanas iekārtas, mehānisku apstrādi vai testa parauga samalšanu. Atkritumu maisu atvēršana tika veikta manuāli. Visas atdalītās atkritumu frakcijas, izņemot smalko frakciju, tika savāktas atsevišķos un atbilstoši marķētos atkritumu konteineros. Šķirošana tika veikta, līdz uz grīdas palika tikai smalkā frakcija (smalkās daļiņas ar izmēru < 40 mm). Pēc šķirošanas visas atdalītās frakcijas, ieskaitot smalko frakciju, tika nosvērtas un svēršanas rezultāti tika ierakstīti protokolā. Protokolā tika fiksēts arī pārbaudes datums, atbildīgie darbinieki, parauga izcelsme – vieta un avots, parauga ņemšanas datums, savāktās slodzes kopējā masa, šķirošanai sagatavotā parauga masa un īpašas piezīmes vai novirzes, ja tādas ir.

Datu sagatavošana un sākotnējā analīze tika veikta, izmantojot *MS Excel* programmatūru, piemēram, katras frakcijas īpatsvars kopējā izlasē tika aprēķināts no izmērītajiem svāriem, savukārt tālākai statistikas datu analīzei par atkritumu sastāva un sociāli ekonomisko faktoru savstarpējo saistību analīzi izmantota *MS Excel* un *Statgraf* programmatūra. Tā kā pētījuma mērķis bija iegūt plašāku un detalizētu informāciju par nešķirotu sadzīves atkritumu plūsmu Latvijā, tika izmantota metodika, kas balstīta uz *NT ENVIR 001* principiem un rekomendācijām, kas pielāgoti atbilstoši pētījuma mērķiem, darba apjomam un ierobežojošiem faktoriem.

## **2.2. Pētniecības metodes saistībā ar atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas mērķu īstenošanu**

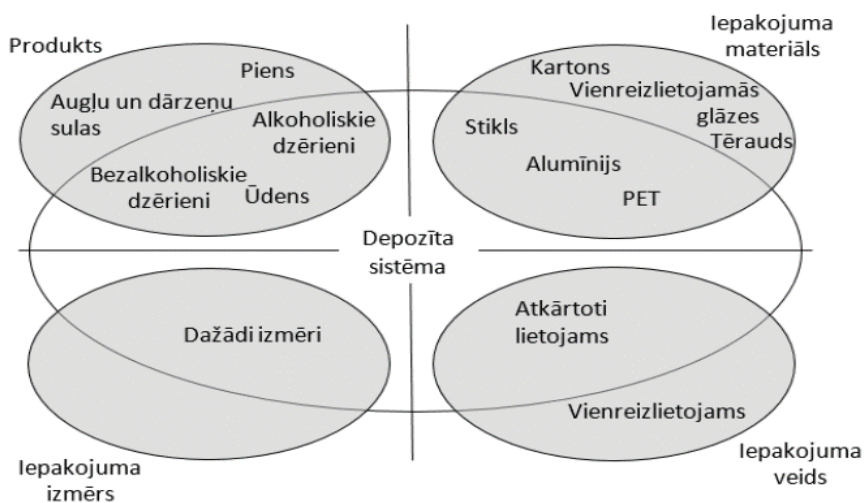
Šajā sadaļā apskatīta dažādu pētniecības metožu pielietošana alternatīvu izvēlei un lēmumu pieņemšanai par atkritumu apsaimniekošanas ekonomiskajiem un sociālajiem aspektiem.

### **2.2.1. Statistiskā analīze, izmaksu – ieguvumu analīze un matemātiskā modelēšana**

Viena no sistēmām, kas ļauj veiksmīgi savākt daļēti zināmu daļu sadzīves atkritumu – iepakojumu, kā arī stimulēt iedzīvotājus aktīvi iesaistīties šajā procesā, saskaņā ar Reloop sniegto informāciju (2021. gads) ir depoizīta sistēma. Tā ir pārbaudīts instruments, lai savāktu lielu daudzumu tukšu dzērienu iepakojuma atkārtotai izmantošanai un kvalitatīvai pārstrādei, un ir svarīgi aprites ekonomikas nodrošināšanai. Jāatzīmē, ka ES ir noteikusi, ka dalībvalstis veic vajadzīgos pasākumus, lai pārstrādes nolūkos nodrošinātu daļēti savākšanu dzērienu plastmasas un plastmasu saturošam izlietotam iepakojumam ar ietilpību līdz trim litriem, tai skaitā to korķīšiem un vāciņiem no plastmasas līdz 2025.gadam - 77 % no šādu vienreizlietojamu plastmasas izstrādājumu daudzuma pēc masas, kas attiecīgajā gadā laisti tirgū, un līdz 2029.gadam - 90 %. Lai sasniegtu šo mērķi, dalībvalstis inter alia var izveidot

depozīta sistēmas vai attiecīgajām ražotāja paplašinātas atbildības shēmām noteikt dalītās savākšanas mērķrādītājus. Depozīta sistēmas piemērošana dzērienu iepakojumam būtiska ir tāpēc, ka ražošanas izmaksas par izejvielām jaunu iepakojumu ražošanai un ražošanas izmaksas ir lielākas par izlietojā iepakojuma savākšanas izmaksu un pārstrādes izmaksu summu. Iepakojuma depozīta sistēmas ietvaros dzērienu iepakojumam (stikla pudeles, PET pudeles, skārdenes) tiek piemērota papildus depozīta maksa, kuru patērētājs var atgūt atpakaļ (tādā pašā apmērā, kādā tā tika iekasēta iegādājoties dzērienu), nododot izlietojamo iepakojumu tirdzniecības vietā vai speciāli tam paredzētā pieņemšanas punktā. [40, 41, 42, 43, 44]. Pētījuma ietvaros tika analizēta depozīta sistēma piemērošana Eiropas Savienības līmenī, nosakot tās ilgtspējīgu attīstību nākotnē un veikts depozīta sistēmas ekonomiskais novērtējums, ieviešot to Latvijā. Depozīta sistēmas analīzes un ekonomiskā novērtējuma veikšanas procesā tika izmantota statistiskā analīze, zinātniskā analīze, kontentanalīze (tekstuālu datu analīzes metode), kuras aprakstītas tālākās šīs nodaļas sadaļās, izmaksu – ieguvumu analīze un matemātiskā modelēšana.

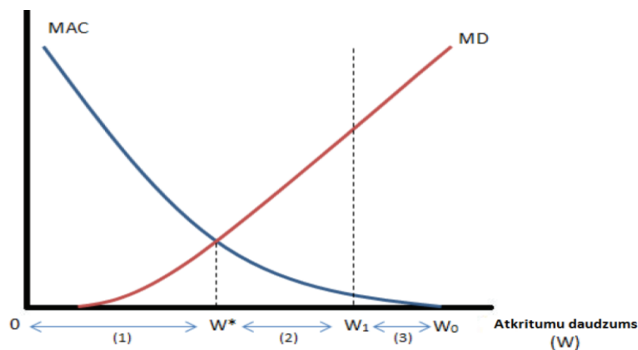
Venna diagrammā jeb kopu diagrammā, kura attēlo visas iespējamās loģiskās attiecības starp galīga skaita kopām, ir attēlots produktu un iepakojumu klāsts, kas attiecas uz depozīta sistēmu (2.2. att.).



2.2. att. Produktu un iepakojumu veidi depozīta sistēmā.

Iepakojumu iedala divās kategorijās – vienreiz lietojamie iepakojumi un atkārtoti lietojamie iepakojumi. Atkritumu dalītās vākšanas konteinerus, izmanto lai savāktu iepakojumu, kuru var pārstrādāt.

Depozīta sistēmā tiek iekļauti tādi produkti kā ūdens, bezalkoholiskie dzērieni un alkoholiskie dzērieni ar alkohola saturu līdz 10 grādiem (alus, sidrs, kokteiļi un tml.). Higiēnas aspekts tiek ņemts vērā, veidojot depozīta sistēmas dizainu, tāpēc ieviešot depozīta sistēmu uzmanība ir jāpievērš izgatavošanas materiālam [45, 46]. Viens no risinājumiem, ko piedāvā vairāki pētnieki savos pētījumos, ka shēmā tiek ietverti visi iepakojuma materiāli, paredzot izņēmumus attiecībā uz dažiem produktiem, neatkarīgi no iepakojuma, kuros to pārdod. Tādejādi būtu iespēja izvairīties no neobjektivitātes par labu vienam materiālam [41, 43, 45]. Optimālais atkritumu daudzums ir grafiski attēlots 2.3. att.



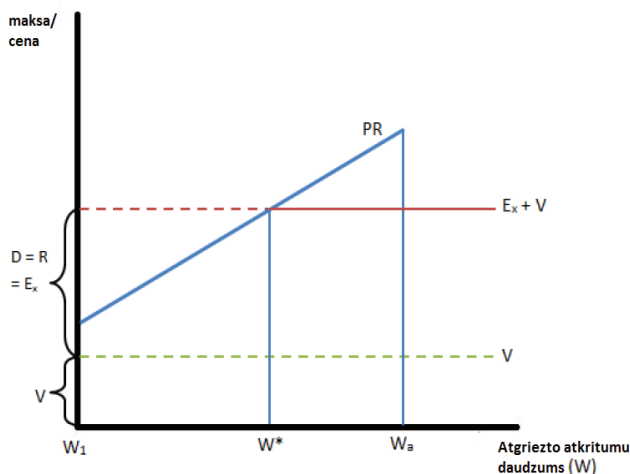
- (1) Radītie atkritumi
- (2) Atkritumi, kas jānovirza no apglabāšanas uz pārstrādi vai atkārtotu lietošanu, izmantojot depozīta sistēmu
- (3) Faktiskā atkritumu pārstrāde un apglabājamā apjoma samazināšana

2.3. attēls. Atkritumu daudzums un optimālā apsaimniekošana [50].

Robežizmaksu samazinājuma līkne (*MAC*-*marginal abatement costs*) ietver papildus atkritumu vienības attīrīšanas izmaksas un marginālā kaitējuma līkne (*MD*-*marginal damage*), kas ietver papildus atkritumu vienības radītos bojājumus (eiro izteiksmē) sabiedrības labklājībai. Optimālais atkritumu līmenis ( $W^*$ ) atrodas *MAC* un *MD* krustpunktā. Pa kreisi no šī punkta atkritumu samazināšanās izmaksas ir augstākas nekā kaitējuma priekšrocības ( $MAC > MD$ ), kas nozīmētu labklājības samazināšanos sabiedrībai. Pa labi no šī punkta ir attēloti ieguvumi no izlietotā iepakojuma atgriešanas. Ieguvums no samazināto atkritumu daudzuma ir lielāks par izmaksām ( $MAC < MD$ ), kas liek secināt, ka sabiedrībai ir izdevīgi samazināt atkritumu apjomu.

Ja pieņem, ka ekonomiskā atkritumu daudzums ir vienāds ar  $W_1$ , tad atkritumi tiek pārstrādāti un samazināti līdz  $W_0 - W_1$  un ir skaidrs, ka  $W_1 - W^*$  ir atkritumu līmenis, kuru ir iespējams samazināt ieviešot depozīta sistēmu. Sistēma, kas darbojas Eiropā, parasti koncentrējas uz pārstrādi, kuras pamatā ir Eiropas tiesību aktos noteiktie pārstrādes mērķi, savukārt valstis ārpus ES koncentrējas uz atkritumu apjoma samazināšanu [48, 49].

Ieviešot depoziā sistēmu, svarīgi novērtēt kādas priekšrocības sistēma spēs sniegt un vai tās būs pārākas par trūkumiem. Pie priekšrocībām jāmin atkritumu samazināšana, savāktā iepakojuma apjoma palielinājums, fīrāka atkritumu plūsma, jaunas darbvietas, zaļā enerģija u.c., bet pie trūkumiem – augstas ieviešanas izmaksas, ietekme uz mazumtirgotājiem. Dzērienu ražotāji Latvijā piedalās depoziā sistēmā, jo tas viņiem noteikts kā pienākums ar likumu. Par ražotājiem šajā gadījumā tiek uzskatīti arī tirgotāji, kas ievē dzērienus Latvijā no citām valstīm. Patērētāju vēlmi atgriezt izlietoto iepakojumu un robežizmaksas, kas rodas patērētājiem, atdodot izlietoto iepakojumu skatīt 2.4. attēlā.



2.4. attēls. Robežizmaksas patērētājiem, atdodot izlietoto iepakojumu.

Pieaugot depoziā maksas summai, patērētājam ir stimuls atgriezt izlietoto iepakojumu.  $PR$  līkne izriet no  $W1$ , kas ir piesārņojuma līmenis - maksimālais atkritumu daudzums, ko sabiedrība nav pārstrādājusi. Šī līkne apstājas pie  $Wa$ , kas atspoguļo līmeni, kurā tiek atgriezti visi izlietotie iepakojumi. Mainīgie  $E_x$  un  $V$  norāda attiecīgi uz atkritumu izmaksām un atgrieztu preču atkārtotas izmantošanas neto vērtību. Tādejādi veidojot  $E_x + V$  – līkne, kura parāda iedzīvotāju ieguvumu samazinot atkritumu apjomu. Punktā  $W^*$  iedzīvotāju ieguvumi ir vienādi ar zaudējumiem ( $PR = E_x + V$ ). Tādejādi var secināt, ka optimālā patērētāju saņemtā kompensācija ir vienāda ar  $R + E_x$ .  $Wa - W^*$  ir optimālais atkritumu daudzums, kas var tikt neatgriezts - tas ir vienāds ar  $W^*$  2.4. att. [43, 48].

Pieņemot, ka ražotājs maksimizē peļņu, ir redzams, ka ražotājs vēlas izmantot atgrieztu iepakojumu atkārtotai izmantošanai, lai samazinātu ražošanas izmaksas. Tas ir iemesls, kāpēc ražotājs varētu vēlēt, lai tiktu ieviesta depoziā sistēma, taču, lai depoziā sistēma būtu rentabla ražotājam, viņš piedāvā kompensāciju, kas ir mazāka par atgrieztā iepakojuma atkārtotu izmantošanu ( $R < V$ ). Depoziā sistēmas operatoram ir trīs ienākumu avoti – no patērētājiem, pārstrādātājiem un iepakotājiem. Operators maksā tirgotājiem maksu



par izlietotā iepakojuma savākšanu tirdzniecības vietā, un norēķinās par citiem izdevumiem, kas sevī ietver iepakojuma pieņemšanas, uzglabāšanas, transportēšanas izmaksas, sedz iepakojuma plūsmas uzskaites izmaksas, kā arī samaksā par patērētājiem atgriezto depoziņa maksu. Bez ienākumiem no materiālu pārdošanas, operatoram ir ienākumi par iepakojumu, ko klients nav atdevis. Operatora darbības izmaksas veido aizdevuma un procentu maksājumi, darba, transporta, uzturēšanas, ražošanas un administratīvās izmaksas.

Izmaksu un ieguvumu analīzes mērķis ir novērtēt, kāds būs depoziņa sistēmas ieviešanas ieguldījums sabiedrības labklājībā. Izmaksu ieguvumu analīze sniedz skaidru izpratni par konkrētu priekšlikumu ekonomiskajām izmaksām un ieguvumiem, taču pieņemot lēmumus, ir nepieciešama kritiskā domāšana [53, 54]. Lai novērtētu depoziņa sistēmas ieguvumus un zaudējumus, aprēķinos tiek izmantots rādītājs *NPV* – neto tagadnes vērtība. Neto tagadnes vērtību aprēķina pēc 2.18. formulas [55].

$$NPV(t) = \sum_{i=t}^T \frac{CF(i)}{(1+r)^i} - ICO \quad [2.18.]$$

kur *CF*- naudas plūsma;

*i* - laika periods;

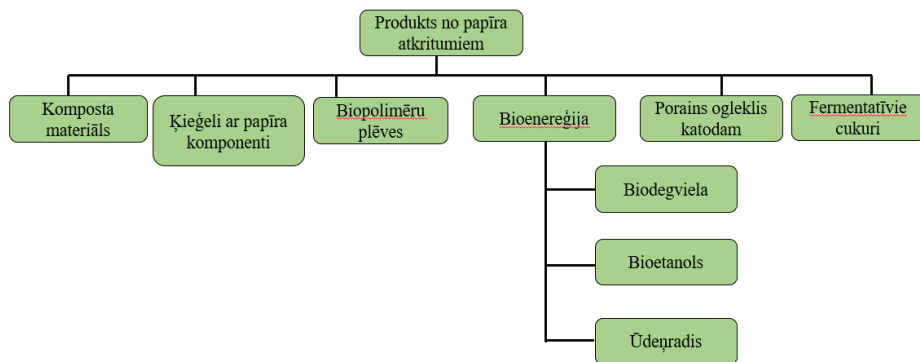
*r* – diskonta likme;

*ICO* – sākotnējā investīciju vērtība.

Papildus izmaksu un ieguvumu analīzei tika veikta arī jutīguma analīze un daudzkritēriju analīze, kā arī attiecīgo alternatīvu analīze, lai gūtu papildus pārlicību par iegūtajiem rezultātiem. Lai izmaksu un ieguvumu analīze būtu precīzāka, svarīgi ir veikt ne tikai jutīguma analīzi, bet arī dzērienu iepakojuma statistisko analīzi. Kopējā iepakojuma apsaimniekošanas izmaksu aprēķinā tika ņemtas vērā ražotāju atbildības sistēmu (RAS) vidējās iepakojuma apsaimniekošanas maksas, savukārt depoziņa iepakojuma un depoziņa sistēma neiekļautā iepakojuma apsaimniekošanas maksas tika iegūtas, izmantojot Igaunijas Zaļā punkta datus. Pētījuma ietvaros netika paredzētas būtiskas izmaiņas makroekonomiskajos rādītājos (iedzīvotāju skaits, pirktspēja, IKP u.c.). Jutīguma analīzes mērķis ir noteikt izpētes projekta kritiskos mainīgos. Šai nolūkā analīzes ietvaros procentuāli izmaina noteiktu projekta mainīgos un novēro, kā tādējādi mainās finanšu un ekonomiskās darbības rādītāji. Vienā reizē jāmaina tikai viens mainīgais un pārējie rādītāji jā saglabā nemainīgi. Par kritiskiem pieņemts uzskatīt tos mainīgos, kuru izmaiņas (pozitīvas vai negatīvas) par 1 % no neto pašreizējās vērtības pamatvērtību izmaina par 5 %. Robežvērtību aprēķins var atklāt noderīgu informāciju, norādot, pie kādām procentuālajām mainīgā izmaiņām neto pašreizējā vērtība (ekonomiskā vai finansiālā) ir nulle.

### 2.2.2. Papīra pārstrādes ekonomiskais vērtējums

Papīra atkritumu pārstrādes un reģenerācijas tehnoloģijas tiek izmantotas dažādu materiālu ražošanā (2.5. att.).

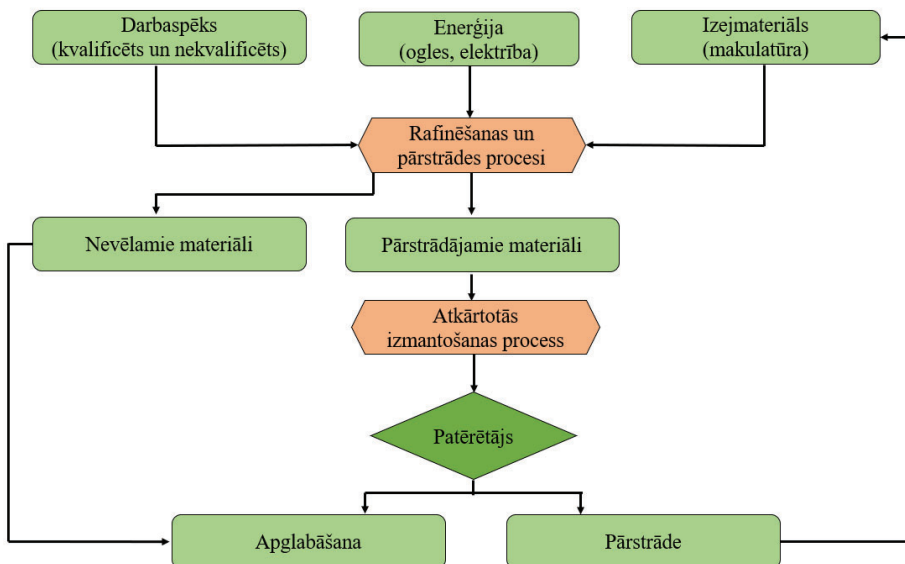


2.5. att. Izstrādājumi no papīra atkritumiem.

No ekonomiskā viedokļa pētījumi ir pierādījuši, ka otrreizēja pārstrāde un atkārtota pārstrāde var sniegt lielāku peļņu jaunu produktu izstrādei. No vides viedokļa otrreizēja pārstrāde un otrreizēja attīrīšana palīdz samazināt ietekmi uz vidi, jo tā novērš pēc patēriņa atkritumus un prasa mazāk dabas resursu, tādējādi paātrinot produkta kalpošanas laiku. Kopumā otrreizēja pārstrāde un atkārtota attīrīšana ietekmēs ilgtspējību, proti, ekonomiku, vidi un sabiedrību. Tādējādi var secināt, ka produktu pārstrāde un atkārtota pārstrāde ir izdevīga ne tikai ekonomiski, bet arī videi draudzīga. Var rasties piesārņojošas emisijas, piemēram, siltuma un virsmas apstrādē, tādus procesus, kā – atkārtota pārstrāde, uzlabošanā un otrreizējā pārstrāde. Tomēr atkārtoti izmantojot atkritumus, kaitīgo emisiju līmenis tiek samazināts salīdzinājumā ar neapstrādātu materiālu ieguvī, kas arī var uzlabot produktu ilgtspējību [109.]

Izmaksu modelēšanas pieeja, ko izmanto ražotās preces vai pakalpojuma nākotnes izmaksu prognozēšanai vai novērtēšanai, pamatojoties uz konkrētajā brīdī pieejamiem faktiem un skaitļiem. Izmaksu aplēse arī tiek uzskatīta par svarīgu vadības instrumentu preču ražošanas un plānošanas pirmajos posmos, jo tā palīdz noteikt budžetu resursu sadalei. Tā arī palīdz nozarei, prognozējot alternatīvo projektu izmaksas un uzsāktā projekta finansiālo ietekmi jeb stāvokli. Uzņēmumiem izmaksu aplēsei ir izšķiroša nozīme jebkurā uzņēmumā, jo pat neliela kļūda izmaksu aprēķināšanā var radīt līguma zaudējumus, tādējādi ietekmējot uzņēmuma pārdošanas apjomus un peļņu. Tāpēc izmaksu aprēķināšana ir svarīgs uzdevums produkta dzīves ciklā. Sākotnēji pētnieku aprindās maz uzmanības tika pievērsts nolietotu produktu izmaksu novērtējumam, tomēr tagad šī uzmanība ir pievērsta. Un līdz ar to ir izstrādāta sistēma, lai prognozētu tās nolietotās vērtības izmaksas, tādējādi radot videi ilgtspējīgāku produktu un arī lielāku peļņas normu. Izmaksas rodas dažādos ražošanas posmos no izejvielas produkta savākšanas ražošanai vai pārstrādei līdz pat gatavajam produktam un procesu laikā radušos atkritumu tālāka nogāde pārstrādei, attīrīšanai, otrreizējai izmantošanai vai apglabāšanai atkritumu poligonā. Sākotnējās izmaksas var iedalīt šādās kategorijās:

izejvielu izmaksas, enerģijas izmaksas, attīrīšanas un atkritumu izvešanas izmaksas, darbaspēka izmaksas (2.6. att.) [109.]



2.6. att. Papīra atkritumu pārstrādes un pārstrādes izmaksu novērtēšanas shēma.

Izmaksu modelis ir elastīgs un to var piemērot visām nozarēm, kas saistītas ar papīra un kartona atkritumu pārstrādi un šķirošanu. Papīra ražotāji vienmēr apsvērs otrreizēji pārstrādājamo un no jauna pārstrādātu makulatūru, jo tā ir videi un ekonomikai izdevīga. Ņemot vērā izmaksu vienādojumu praktisko pielietojumu, var novērot, ka faktiskie ražošanas faktori katru dienu mainās, un tādēļ ir nepārtraukti jāmaina ievades dati jeb parametri.

### 2.2.3. Sekundārā datu analīze un strukturētas intervijas primāro datu ieguvei

Izvērtējot tekstilrūpniecības izaicinājumus, pārejot uz aprites ekonomiku, tika izmantota sekundārā datu analīze un strukturētas intervijas primāro datu ieguvei, kā pamatā ir kritisko datu analīze un salīdzinošā analīze. Sekundārā datu analīze ir datu analīzes pieeja, kuras ietvaros jauni dati pētījumam netika ievākti, bet tika analizēti jau esoši dati. Primāro datu ieguvei tika izmantotas intervijas, kuru laikā tika iztaujāti uzņēmumi, izmantojot precīzi formulētus jautājumus un piedāvājot arī fiksētu atbilžu diapazonu. Kvalitatīvo, tajā skaitā kritisko datu analīze un salīdzinošā analīze balstās uz ar dažādām datu ieguves metodēm iegūtu tekstuālu datu analīzi atkarībā no datu veida, nozares konteksta un datu analīzes pieejas filozofiskā un teorētiskā pamatojuma. Pastāv dažādas kvalitatīvo datu analīzes metodes, bet šajā gadījumā tika izmantota tematiskā analīze un nepārtrauktā salīdzinošā analīze. Analīzes

centrā ir jēgpilnu modeļu vai tēmu izdalīšana, izpēte, salīdzināšana, pretstatīšana un interpretācija.

Pētījuma ietvaros (2020./2021.gads) tika analizēti uzņēmumi, kas nodarbojas ar apģērbu vai tekstilizstrādājumu ražošanu Latvijā. Kopumā no 176 uzņēmumiem tikai 4 uzņēmumi aktīvi strādā, pilnībā ievērojot aprites ekonomikas principus. Šo uzņēmumu īss apraksts sniegts 2.1. tabulā.

2.1. tabula.

Uzņēmumu, kas izvēlēti, pamatojoties uz gadījumu izpēti, īss apraksts.

Uzņēmumi, kas izvēlēti, pamatojoties uz gadījumu izpēti	Ar NACE kodu saistītā darbība	Galvenā darbība
OWA	Citu adīto un tamborēto apģērbu ražošana Apģērbu un apavu vairumtirdzniecība	Pirmais zīmols Latvijā, kas piedāvā apģērbus ar kvareļu un grafiskām apdrukām, kuras tiek pārnestas uz auduma ar sublimācijas apdruckas palīdzību. Šis paņēmieni nodrošina izcilu krāsu noturību un toņu pārejas. Lakoniska dizaina apģērbu zīmols OWA ir sievišķības un funkcionalitātes līdzsvars. Sociālā uzņēmējdarbība [110].
Mans Peldkostīms	Citu apģērbu un aksesuāru ražošana	Uzņēmums piedāvā pēc pasūtījuma izgatavotus peldkostīmus sievietēm un bērniem, kas izgatavoti no veciem zvejas tīkliem, paklājiem, PET pudelēm un citiem plastmasas atkritumiem. Audumi pēc īpašībām un sajūtas ir identiski tradicionāli iegūtajiem audumiem. Šāda ražošana ļauj radīt augstas kvalitātes apģērbu, netērējot jaunus resursus uz planētas [111]. Uzņēmuma mērķis: veikt sociālo uzņēmējdarbību ar mērķi samazināt plastmasas un tekstila atkritumu pieaugumu Latvijā un pasaulē, veicinot to pārstrādi apģērbu ražošanai piemērotās izejvielās, kuras uzņēmums izmanto individuālo peldkostīmu šūšanai [111].

2.1.tabulas turpinājums.

<p>Zīle</p>	<p>Apģērbu mazumtirdzniecība specializētajos veikalos Citu virsdrēbju ražošana</p>	<p>ZĪLE ir Latvijas modes zīmols, kas ar upcycling koncepciju tiecas uz ilgtspējīgāku nākotni. Etiķetes galvenie resursi ir džinsa bikses, vīriešu krekli un fantāzija. Zīmola pamatā ir ideja, ka cilvēku apģērbs ir viņu rakstura, identitātes un vērtību simbols un globālā vides tendence ir svarīga pašreizējo vērtību sastāvdaļa. Tāpēc ZĪLE pārdomā un pārstrādā klasiskos apģērbus, lai radītu ilgtspējīgu un modernu garderobi. Katrs apģērba gabals, ko ZĪLE pārstrādā, ir unikāls. ZĪLE izmanto lietotu apģērbu, kas tiek pirkti vintage veikalos vai dāvināti no mūsu sadarbības partnera labdarības veikala OTRA ELPA [112]. Uzņēmuma mērķis: samazināt tekstila atkritumu daudzumu, radot jaunus produktus ar pievienoto vērtību. Veicināt izpratni par resursu atkārtotu izmantošanu.</p>
<p>Print Art</p>	<p>Apģērbu ražošana Apģērbu un apavu vairumtirdzniecība</p>	<p>Ideja izveidot T-kreklus, kas palīdz uzlabot stāju, radās, jo esošie dažādu ražotāju stājas korektori kopumā nevar nodrošināt nepieciešamo ikdienas atbalstu, jo ir vai nu neērti, tos nevar nēsāt visas dienas garumā vai arī tie ir pārāk redzami citiem. Vienīgais veids, kā uzlabot stāju, ir muguras muskuļu trenēšana, un šo funkciju Pareiza stāju koriģējošais T-krekls pilda ikdienā, kas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ir viegli lietojams – nav nepieciešami papildu pielāgojumi,</li> <li>- ir ērti valkāt – neberzē, nesaskrāpē un neizraisa niezi,</li> <li>- patīkami valkāt, pateicoties mīkstajam materiālam, kas ir līdzīgs kokvilnai,</li> <li>- ir "neredzams" un to var pielāgot jebkuram stilam,</li> <li>- kas uzlabo pašsajūtu un vairo pašapziņu.</li> </ul>

#### 2.2.4. Kritiskā analīze, gadījumu izpēte, sintēzes un salīdzinošā analīze

Izstrādājot promocijas darbu, tika analizētas esošās aprites ekonomikas stratēģijas Eiropas Savienībā, lai noteiktu galvenās prioritārās jomas un mērķus ar kritiskās analīzes, gadījumu izpētes, sintēzes un salīdzinošās analīzes palīdzību tika apkopoti, novērtēti un analizēti vairāku Latvijas aprites ekonomikas uzņēmumu piemēru. Kritiskā analīze nozīmē rūpīgu teksta, attēla vai cita darba vai izpildījuma pārbaudi un novērtēšanu. Kritiskās analīzes veikšana nenozīmē, ka ir nepieciešams atrast pozitīvu rezultātu. Pārdomāta kritiskā analīze var palīdzēt izprast konkrētu elementu mijiedarbību, kas veicina efektivitāti. Gadījumu izpēte ir zinātnes veids, kas sastāv no detalizēta pētījuma priekšmeta novērošanas. Gadījumu izpēte ir daļa no kvalitatīvā pētījuma, - tas nozīmē, ka pētījums, kas vērsts uz fenomenu padziļinātu izpēti, nevis izmantojot statistiku, lai izdarītu vispārīgus secinājumus. Šāda veida pētījumus var izmantot dažādiem mērķiem. Gadījuma analīze tiek pielietota dažādu sociālu fenomenu (piemēram, lēmumu, politiku, institūciju u. c.) izpētē to veselumā. Gadījuma analīzē parasti izmanto daudzveidīgus informācijas avotus: intervijas, novērojumus, dokumentus, arhīva materiālus, audio, video ierakstus, fiziskus arhetipus un citus. Gadījuma izpēte var būt vērsta uz viena vai vairāku fenomenu izpēti, salīdzinājumu.

Gadījuma analīzes uzdevums ir iegūt iespējami pilnīgu izpratni par notikumu vai situāciju. Atšķirībā no kvantitatīvas aptaujas, kas koncentrējas uz ierobežotu pazīmju loku, gadījuma analīze paredz noteiktas situācijas visaptverošu izpēti. Kvantitatīvs pētījums sniedz atbildes uz jautājumiem “kas?”, “kur?”, “cik daudz?”, savukārt gadījuma analīze koncentrējas uz jautājumiem “kā?”, “kāādā veidā?”, “kāpēc?”. Gadījuma analīzes uzdevums ir atklāt jaunas pazīmes un izvirzīt jautājumus turpmākiem pētījumiem. Pirmais gadījuma analīzi 1829. gadā pielietojis franču inženieris, sociologs un ekonomists Pjērs Gijoms Frederiks Leplē (*Pierre Guillaume Frédéric Le Play*). Gadījuma analīze mūsdienās tiek izmantota arī klīniskajos, sociālā darba, pedagoģiskajos, mārketinga, uzņēmējdarbības u. c. pētījumos. Amerikāņu pētnieks Roberts Pārks (*Robert Ezra Park*) rakstījis, ka “zinātniska” ir “padziļināta” izpēte, kas īstenojama, papildinot kvantitatīvos datus ar kvalitatīviem aprakstiem. Kopš 60. gadiem, pateicoties Bārnija Gleizera (*Barney Galland Glaser*) un Enselma Stroša (*Anselm Leonard Strauss*) ieguldījumam teksta analīzes principu skrupulozā izstrādē, kvalitatīvās metodes gūst arvien plašāku pielietojumu, arī gadījuma izpēte kļūst par plaši atzītu pētniecības metodi. Gadījuma analīzes metodika atklāj loģisku saikni starp to, kā pētījumā iegūtie dati sniedz atbildes uz izvirzītajiem jautājumiem. Viens no gadījuma analīzes izstrādātājiem mūsdienās Roberts Jins (*Robert K. Yin*) uzsver teorētiskā pamatojuma nepieciešamību gadījuma analīzē, tāpēc īpašu nozīmi piešķir konceptuālu pieņēmumu izvirzīšanai pētījuma sākuma stadijā un to saistībai ar datu izvēli un analīzi. R. Jins šo metodi uzlūko no pozitīvisma pozīcijām, uzsverot triju elementu nozīmīgumu: objektivitāti, validitāti un iespēju izdarīt vispārīgus secinājumus. Metodi pielieto pētāmā objekta pārmaiņu izskaidrošanai ilgākā laika periodā. Laika gaitā tiek pārbaudītas prognozes par noteiktām cēloņsakarībām.

Jāatzīmē, ka trīs Baltijas valstīs novērtēšanas brīdī nebija izstrādātas aprites ekonomikas stratēģijas. Izpētes rezultātā tika identificēta labākā prakse, pašvaldību darbību ietekme, ļaujot noteikt turpmākos nepieciešamos soļus pārejai uz aprites ekonomiku, samazinot apglabājamo atkritumu apjomu un no primārās izejvielas.

### **2.2.5. Ekonomiskais novērtējums, sekundāro datu analīze**

Ekonomiskais novērtējums un sekundāro datu analīze tika izmantota, analizējot aprites ekonomikas biznesa modeļu pielietojumu Latvijas ekonomikā. Nepieciešamību pāriet uz aprites ekonomiku var veicināt, ka uzņēmējiem tiktu parādīts, ka tas ir iespējams uzņēmējdarbības modelis un veids, kā viens vai otrs uzņēmums tos varētu pielietot praksē. Novērtējums aprobežojās ar aprites ekonomikas piemēru analīzi Latvijā, ievērojot šāda zinātniska fona trūkumu Latvijā.

Pētniecības mērķis bija izstrādāt lēmumu pieņemšanas matricu, kas piedāvātu atbilstošu biznesa modeļa struktūru lēmumu pieņēmējiem un politikas veidotājiem. Šis rīks noteiktu vispiemērotāko aprites ekonomikas uzņēmējdarbības modeli konkrētam uzņēmumam un Latvijas ekonomikai kopumā, t.i., kuram aprites ekonomikas virzienam būtu jāsniedz lielāks atbalsts valsts līmenī.

Praktiska nozīme būs rīks lēmumu pieņemšanai, pamatojoties uz izstrādāto aprites ekonomikas biznesa modeļa izvēles matricu. Pētījuma rezultāti būs noderīgi uzņēmējiem, kas strādā līdzās politikas veidotājiem, lai identificētu ekonomikas nozares ar augstāku pārejas potenciālu uz aprites ekonomiku. Šie pētījumi ir, lai pierādītu aprites ekonomikas ietekmi un saistību ar vidi un sociālo jomu. Bez tam aprites ekonomikas pozitīvā ietekme IKP pieauguma, darba vietu radīšanas un oglekļa emisiju samazināšanas jomā ir arī izmaksu ietaupījumi un palielināta resursu atkārtota izmantošana un pārstrāde, kas noved pie pieprasījuma pēc primārajiem materiāliem samazinājuma.

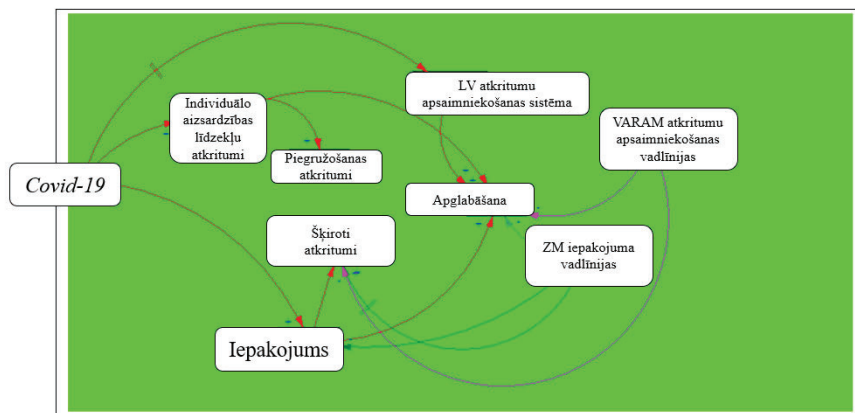
Ekonomiskās analīzes pamatā ir princips, ka projekta ieguldījumi ir jāvērtē pēc to alternatīvajām izmaksām, bet rezultāti pēc patērētāju gatavības maksāt. Izvēles izmaksas ne vienmēr atbilst novērotajām finanšu izmaksām; arī vēlmi maksāt ne vienmēr var pareizi noteikt pēc novērotajām tirgus cenām, kas var būt izkropļotas vai nebūt pieejamas. Ekonomiskā analīze tiek veikta no sabiedrības viedokļa.

Sekundārās datu analīzes būtība jau norādīta 2.2.3.sadaļā.

### **2.2.6. Ietekmju modelēšana**

Analizējot aprites ekonomikas biznesa modeļu pielietojumu Latvijas ekonomikā un Covid-19 ietekmi uz pasaules ekonomiku, kā arī aplūkojot situāciju Latvijā, tika analizēta atsevišķu politikas instrumentu sistēmu dinamika, to ietekme uz kopējo atkritumu apsaimniekošanas sistēmu valstī un pāreju uz aprites ekonomiku. Pielietojot ietekmju modelēšanu, tika

izveidots pārskats par pandēmijas negatīvajām un pozitīvajām sekām, izmantojot saprātīgu un ilgtspējīgu riska novērtējumu, un sagatavots ieteikumu kopums politikas veidotājiem, lai stimulētu aprites ekonomikas ieviešanu un varētu radīt noturīgāku, ilgtspējīgāku un zemu oglekļa emisiju ekonomiku. *Covid-19* ietekme uz Latvijas atkritumu apsaimniekošanas sistēmu parādīta 2.7. att.



2.7. att. *Covid-19* un Latvijas atkritumu apsaimniekošanas sistēmas ietekmju modelēšana

### 2.3. Pētniecības metodes saistībā ar zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu lomu atkritumu apsaimniekošanā

Promocijas darba ietvaros tika vērtēta zaļo uzņēmumu, zaļo darbavietu (ZDV) un sabiedrības zaļo aktivitāšu loma un vieta atkritumu apsaimniekošanā un pārejā uz aprites ekonomikas modeli, ievērojot atkritumu apsaimniekošanas hierarhiju un akcentējot atkritumu apjoma samazināšanu un rašanās novēršanu, atkritumu pārstrādi un enerģijas ražošanu no atkritumiem, kur visefektīvākos rezultātus var sasniegt ieviešot dalīto atkritumu savākšanu. Papildus būtu jāvērtē arī jebkuru preču izstrādes un ražošanas aspekti, respektīvi ekodizaina aspekti, jo ar tiem cieši saistīti atkritumu rašanās un apsaimniekošanas aspekti, bet tam nepieciešams atsevišķs novērtējums. Darbā laikā aptaujas veikšanas nolūkā tika sagatavota anketa par zaļo uzņēmumu, zaļo darbavietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu lomu un vietu atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā, īpaši sekmējot atkritumu samazināšanu un novēršanu un attīstot atkritumu dalīto vākšanu (2.2. tabula).



1.1. tabula.

Anketa zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu novērtēšanai.

<b>Novērtējums (punkti 0-5)*</b>	<b>Zaļie uzņēmumi</b>	<b>Zaļās darba vietas</b>	<b>Sabiedrības zaļās aktivitātes</b>
<b>Izglītības nepieciešamība</b> (specifiska/augstākā)			
<b>Inovācijas</b> (jaunuma līmenis, nepieciešamība, efektivitāte)			
<b>Ekonomiskie aspekti</b> (nodokļu politika, izmaksas, pievienotā vērtība)			
<b>Sociālie ieguvumi</b> (tēls, prestīžs, kvalitāte)			
<b>Vides aspekti</b> (ietekmes uz vidi, piesārņojuma samazināšanas un novēršanas iespējas)			
<b>Klimata aspekti</b> (ietekmes uz klimata pārmaiņām mazināšanas iespējas)			
<b>Motivācija</b> mērķu sasniegšanai (ieguvumi, konkurence)			

\* - novērtējuma skala ( 0 – nav viedokļa/nezinu; 1 – mazsvarīgi, 5 – ļoti svarīgi

Šajā gadījumā tika pieņemts, ka ZDV ir darbavietas, kas veicina vides saglabāšanu vai atjaunošanu, neatkarīgi no tā, vai tās notiek tradicionālajās nozarēs, piemēram, ražošanā un būvniecībā, vai jaunās, topošās zaļās nozarēs, piemēram, atjaunojamā enerģija, kā arī tradicionāli zaļajos uzņēmumos, piemēram, atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumos u.c.. Tika pieņemts, ka veiksmīga pāreja uz videi draudzīgu, resursu un energoefektīvu ekonomiku pārveido darba tirgus, un ZDV var būt gan zaļajos uzņēmumos, gan jebkurā uzņēmumā un iestādē, un tās var atšķirt arī pēc to ieguldījuma videi draudzīgākos procesos. Zaļās darbavietas var būt gan zaļajos uzņēmumos, gan arī jebkurā uzņēmumā, kurš pēc savas būtības nav vērtējams kā zaļais uzņēmums. Piemēram, videi draudzīgas darbavietas var samazināt preču patēriņu, samazināt izlietotā iepakojuma apjomus, veicināt pāreju no preču patēriņa uz pakalpojumiem, samazināt radīto atkritumu apjomu, samazināt apglabājamo

atkritumu apjomu un uzlabot pārstrādes tehnoloģijas. Vienlaikus tika ņemts vērā, ka ZDV ražošanas procesos, ne vienmēr rada vides preces vai pakalpojumus.

Savukārt zaļā uzņēmējdarbība ir darbība, kurā apzināti tiek risinātas vides un sociālās problēmas un vajadzības, kā arī tiek piedāvātas izcilas novatoriskas uzņēmējdarbības idejas. Zaļās uzņēmējdarbības mērķi nav tikai veidot finanšu peļņu, bet arī nodrošināt ilgtspējīgu attīstību, mazināt vides riskus un pievērst pastiprinātu uzmanību ekoloģiskām tēmām. Zaļā uzņēmējdarbība rada pievienoto vērtību, vienlaikus neapdraudot dabas kvalitāti un ekosistēmu pakalpojumu kvalitāti un apjomu. Zaļās uzņēmējdarbības veicēji šī darba izpratnē ir atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumi, kas veic atkritumu savākšanu, šķirošanu un sagatavošanu pārstrādei un reģenerācijai, veic atkritumu pārstrādi, vai reģenerāciju, veic lietu remontu, labošanu un sagatavošanu atkārtotai izmantošanai. Šie uzņēmumi nodrošina atbilstošu atkritumu apsaimniekošanu, samazinot atkritumu daudzumu, kas tiek apglabāts atkritumu poligonos, un palielinot atkritumu pārstrādes apjomus. Savukārt uzņēmumi, kas veic lietu remonta un labošanas darbus, pagarina lietu dzīvi un tādejādi novērš atkritumu rašanos. Zaļās uzņēmējdarbības rezultātā tiek nodrošināta vides kvalitātes saglabāšana un palielināta resursu efektivitāte, kas ir viens no aprītes ekonomikas stūrakmeņiem.

Sabiedrības zaļās aktivitātes aptaujas kontekstā ir sabiedrības atsevišķu interešu grupu iniciatīvas un aktivitātes, iesaistot sabiedrību un dažādus ekspertus, ar mērķi veicināt kopējo izpratni par ilgtspējīgu dzīvesveidu, ekoloģiski gudru saimniekošanu, bioloģisko daudzveidību, kā arī rosināt empātiju pret apkārtējo vidi un sniegt noderīgus risinājumus ikdienas paradumu maiņai. Šīs aktivitātes saistītas ar vides aktīvismu un pilsoniskās sabiedrības līdzdalību ar vidi saistītu jautājumu risināšanā, vietējā un nacionālā līmenī sadarbojoties ar citām biedrībām, iniciatīvas grupām un indivīdiem, sniedzot konsultācijas un citu atbalstu. Aktivitāšu mērķis ir sekmēt vides politikas integrāciju nozaru politikās un veicināt vides izglītību, izplatot informāciju un organizējot uz sabiedrību vērstus pasākumus. Piemēram, Lielā talka, Zero waste, Zaļā brīvība u.c.

Darba gaitā tika sagatavota arī anketa par biedrību, nodibinājumu un nevalstisko organizāciju lomu un ieguldījumu atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā, tajā skaitā atkritumu apjoma samazināšanā un novēršanā un dalītajā vākšanā. Anketas ietvaros iepriekš minētie vides eksperti un studenti tika aicināti sarunāt konkrētas organizācijas atkarībā no lomas un ieguldījuma atkritumu apsaimniekošanā, kā arī pamatot ranžējumu saskaņā ar 2.3. tabulu.

Vides jomas biedrību, nodibinājumu un nevalstisko organizāciju loma un ieguldījums atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā.

Biedrības, nodibinājumi un nevalstiskās organizācijas	Loma atkritumu apsaimniekošanā, īpaši dalītajā vākšanā	
	šobrīd	nākotnē
Biedrības "Pēdas" Lielā talka		
Biedrība "Zero Waste Latvija"		
Biedrība "Zaļā Brīvība"		
Vides konsultatīvā padome		
Vides izglītības fonds		
Latvijas vides zinātnes un izglītības padome		
Cits		

Biedrības, nodibinājumi un nevalstiskās organizācijas (NVO) tika izvēlētas ļoti atšķirīgas pēc darbības stila un mērķiem, bet tās vienojošais elements ir darbības joma, jo tās visas darbojas vides aizsardzības jomā, tajā skaitā saistībā ar atkritumu apsaimniekošanu. Tā Latvijas vides zinātnes un izglītības padome, Vides izglītības fonds saistītas vairāk ar izglītojošu un pētniecisku darbību vai tās atbalstu. Biedrība "Zaļā Brīvība" ir sabiedriska vides aizsardzības un vides izglītības organizācija, kuras misija ir veicināt tādas sabiedrības attīstību, kas dzīvo saskaņā ar sevi un apkārtējo vidi, informējot sabiedrību par patērētāju darbības un globalizācijas ietekmi uz dabu un sociālo vidi, veicinot vides nevalstisko organizāciju līdzdalību nacionālās un starptautiskās normatīvo aktu izstrādē, pieņemšanā un ieviešanā. Vides konsultatīvā padome ir konsultatīva koordinējoša institūcija, kuras darbības mērķis ir veicināt sabiedrības līdzdalību vides politikas izstrādē un īstenošanā. Biedrība "Zero Waste Latvija" iestājas par bezatkritumu dzīvesveidu un tās biedri darbojas dažādās jomās - gan sadarbojoties ar valdību, atkritumu apsaimniekotājiem un ražotājiem dažādu likumprojektu izstrādē, gan realizējot savu iniciatīvu projektus. Biedrības "Pēdas" Lielā talka ir ikgadēja akcija apkārtējās vides sakopšanai un dabā izmesto atkritumu savākšanai.

Tālākai zaļo uzņēmumu, zaļo darbavietu un sabiedrības aktivitāšu lomu un vietu aprites ekonomikas un tajā skaitā atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā lomas novērtēšanai tika izmantota jau iepriekš aprakstītā daudzkritēriju analīze TOPSIS. Izmantojot TOPSIS analīzes metodi, tika izveidota lēmuma matrica D, kas sastāv no iepriekš minētajiem kritērijiem un alternatīvām.

### 3.REZULTĀTI UN ANALĪZE

#### 3.1. Prioritāro tehnoloģiju izvēle atkritumu apsaimniekošanā atsevišķām atkritumu plūsmām Latvijā

Promocijas darba uzdevums bija noskaidrot, vai dažādu izpētes un analīzes metožu pielietošana un kombinēšana ar mērķi noteikt labāko/efektīvāko atkritumu pārstrādes/reģenerācijas alternatīvu izvēlei dažādām atkritumu plūsmām ir piemērojama un palīdz pieņemt lēmumus tālākai tehnoloģiju un darbību izvēlei un lēmumu pieņemšanai. No ekonomiskā viedokļa pētījumi ir parādījuši, ka otrreizēja pārstrāde var dot lielāku peļņu jaunu produktu izstrādei. No vides viedokļa pārstrāde un atkārtota apstrāde palīdz samazināt ietekmi uz vidi, jo novērš atkritumu rašanos pēc patēriņa un prasa mazāk dabas resursu, tādējādi pagarinot produkta kalpošanas laiku. Kopumā otrreizējai pārstrādei un atkārtotai apstrādei būs ietekme uz ilgtspējību, proti, ekonomiku, vidi un sabiedrību. Tādējādi var secināt, ka produktu pārstrāde un reģenerācija ir ne tikai ekonomiska, bet arī videi draudzīga.

##### 3.1.1. Papīra atkritumu pārstrādes tehnoloģijas un metodes novērtēšana

Piesārņojuma emisijas, piemēram, no termiskās un virsmas apstrādes, var rasties tādos procesos kā pārstrāde, uzlabošana un atkārtota apstrāde. Tomēr, ja atkritumus izmanto atkārtoti, kaitīgo izmešu līmenis tiek samazināts salīdzinājumā ar izejvielu ražošanu, kas var arī uzlabot produktu ilgtspējību. Analīzei tika atlasītas un savstarpēji salīdzinātas četras produktu grupas, kuru pamatā ir dažādas ražošanas metodes: 1. celulozes nanokristāli (CNC) un celulozes nanošķiedras (CNF), 2. iepakojums olu iepakojšanai, 3. atkārtoti lietojams papīrs, 4. kartons. Rādītāju pamatā bija tas, cik daudz investīciju, elektrības un ūdens ir nepieciešams papīra atkritumu pārstrādei, kā arī dati par to, cik daudz CO<sub>2</sub> emisiju rodas ražošanas procesā. Rādītāji tika izvēlēti pēc svarīguma un ietekmes uz vidi un galvenajiem izejmateriāliem procesu nodrošināšanai. Rādītāji izmantoti no dažādiem literatūras avotiem [113, 114, 115, 116, 117, 118, 119] (3.1. tab.).

3.1. tabula.

Daudzkritēriju matrica.

Tehnoloģijas metode. Izstrādājumi no pārstrādāta papīra	Nepieciešamās investīcijas, euro/taukritumi	Enerģijas patēriņš, kWh/ taukritumi	Ūdens patēriņš, m <sup>3</sup> / taukritumi	Ietekme uz klimatu, tCO <sub>2</sub> / taukritumi
Celulozes nanokristāli (CNC) un celulozes nanošķiedras (CNF)	534	865	6	624
Iepakojums olu iepakojšanai	3 095	285	23	148
Atkārtoti lietojams papīrs	7 276	670	24	350
Kartons	3 041	280	22	146

3.1. tabulas dati tika modificēti tā, lai visus produktus raksturotu ar vienādiem rādītājiem. No rādītāju vērtībām, mazākās investīcijas nepieciešamas *CNC/CNF* izstrādājumu ražošanai, kam savukārt ir augsts īpatnējais enerģijas patēriņš, bet zems ūdens patēriņš. Atkārtoti lietojama papīra ražošana prasa lielas investīcijas un augstas enerģijas un ūdens izmaksas ekspluatācijas laikā. Visi četri kritēriji ir līdzvērtīgi olu iepakojuma un kartona ražošanai. Aplūkojot iegūtos daudzkritēriju analīzes rezultātus, redzams, ka visaugstākos rādītājus pēc aprēķiniem sniedz atkārtoti lietojams papīrs. Otrā ir – *CNC* un *CNF* ražošana jeb celulozes nanošķiedru un celulozes nanokristālu ražošana, bet sliktākos rezultātus uzrāda kartona un olu iepakojuma ražošana.

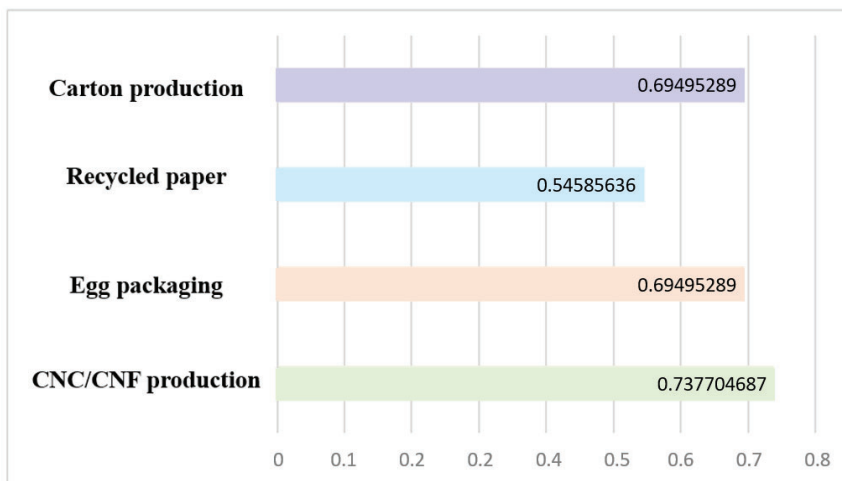
Lai varētu novērtēt, kura produkta ražošanai būtu jādod priekšroka, iegūtie skaitļi tiek pārvērsti kvalitatīvā vērtējuma vienībās. Iegūtos datus ievieto matricā un pārvērš skaitļos no 1 līdz 5, kur 1 ir zemākais vērtējums un 5 augstākais. (3.2. tab.).

3.2. tabula.

Informācijas apkopojums pārvērsts skaitļos.

Tehnoloģijas paņēmieni. Papīra pārstrādes produkti	Nepieciešamās investīcijas	Enerģijas patēriņš	Ūdens patēriņš	Klimata ietekme
<i>CNC/CNF</i> ražošana (Ražo no pārstrādes dūņām)	5	2	5	2
Olu iepakojums	3	5	3	4
Otrreizēji izmantojams papīrs	2	2	3	3
Kartona ražošana	3	5	3	4

Multikritēriju analīzes rezultāti ir apkopoti 3.1. attēlā. Iegūtie rezultāti liecina, ka labākos rādītājus pēc aprēķinu veikšanas ir ieguvis produkts – *CNC* un *CNF* ražošana, jeb celulozes nanošķiedru un celulozes nano-kristālu ražošana. Otrajā vietā ierindojas kartona un olu iepakojumu ražošana, bet sliktākos rezultātus uzrāda otrreizēji izmantojama papīra ražošana. Šādus rezultātus papīra ražošanā var izskaidrot ar to, ka nevienā no citiem gadījumiem nav nepieciešama balināšana un attīstīšana.



3.1. att. Daudzkritēriju analīzes rezultātu diagramma.

Gadījumos, kad nepieciešami augstas kvalitātes nanoprodukti, arī izejmateriāls, kas tiek izmantots pārstrādātajā papīrā, ir jāattīra, jo tintes daļiņas var pasliktināt galaprodukta gaismas caurlaidību, kā arī gaismas atstarošanas koeficientu vai baltuma faktors. Otrreizējā papīra ražošanā tintes atdalīšana ir viens no galvenajiem procesiem, jo šis process ietekmē galaproduktu. Tāpat visā izstrādājumā (kartons, otrreiz lietojamais papīrs, olu iepakojums, CNC/CNF ražošana) liela nozīme ir ūdens patēriņam un radītajiem notekūdeņiem. Visbūtiskākā ietekme ir no balināšanas, bet lielu ietekmi rada arī notekūdeņi un ūdens patēriņš.

Papīra atkritumi ir laba izejviela dažādu produktu ražošanai. Papīra pārstrādes tehnoloģijas atšķiras un līdz ar aprites ekonomikas attīstību arvien lielākas kļūst jaunu, inovatīvu produktu ražošanas iespējas. Daudzkritēriju analīzes rezultāti apliecināja, ka celulozes nanošķiedru un celulozes nanokristālu ražošanai ir priekšrocības salīdzinājumā ar olu iepakojuma un kartona ražošanu, bet otrreizēji izmantojama papīra ražošana šajā četrus produktu kopā ieņem pēdējo vietu, jo nenoliedzami ir saistīta ar lielām investīcijām un darbināšanas izmaksām.

### 3.1.2. Atkritumu kā energomateriālu novērtēšana

Ievērojot, ka ir dažādi veidi un metodes, kā atkritumus var izmantot kā energoresursus, svarīgi saprast, kuriem atkritumu sagatavošanas un izmantošanas veidiem ir būtiskākā loma atkritumu pārvēršanā par energoresursu. Pētījuma laikā tika analizēts atkritumu kā potenciālo energoresursu lietojums, iegūstot enerģiju no atkritumiem, tos sadedzinot apkures sistēmās un cementa ražošanas procesā, ražojot degvielu no riepām, iegūstot biogāzi no bioloģiskajiem

atkritumiem un enerģijas ieguvei izmantojot poligonu gāzi. Atkritumu kā potenciālo energoresursu sadalījums parādīts 3.2. att.

Lietotas riepas	RDF	organiskie atkritumi	poligonu gāze
<ul style="list-style-type: none"> <li>•modernas degvielas ražošana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•cementa ražošanai</li> <li>•siltumenerģijas ražošanai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•biogāzes ražošanai</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•siltumenerģijas ražošanai</li> <li>•elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanai</li> </ul>

3.2. att. Atkritumu kā potenciālo energoresursu sadalījums.

Izmantojot TOPSIS analīzes metodi tika izveidota lēmumu pieņemšanas matrica D, kas sastāv no kritērijiem un alternatīvām, kā parādīts 3.1. formulā:

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.1.)$$

kur:

$A_1 \dots A_m$  – salīdzināmās alternatīvas;

$C_1 \dots C_n$  – kritēriji pēc kuriem tiek veikta salīdzināšana;

$x_{ij}$  – alternatīvas  $i$  (kur  $i$  ir alternatīva  $1$  līdz  $m$ ) sniegums/vērtība pēc kritērija  $j$  (kur  $j$  no  $1$  līdz  $n$ ).

Tālāk tika izvēlētas piecas alternatīvas, kurās dažādas atkritumu plūsmas tiek izmantotas kā energoresurss, un tālāk tās tika vērtētas balstoties uz četriem kritērijiem: tehnoloģisko, ekonomisko, sociālo, kā arī vides un klimata aspektu.

Tehnoloģiskais aspekts ietver sevī tehnoloģiju attīstības līmeni, inovāciju iespējamību, procesu efektivitāti un iegūtā produkta kvalitāti.

Ekonomiskais aspekts ietver sevī izmaksas atkritumu sagatavošanai, transportēšanai, iekārtu darbināšanai un tehnoloģisko iekārtu kapitālieguldījumu segšanai.

Sociālais aspekts ietver sevī galvenokārt nodarbinātības palielināšanās vai samazināšanās jautājumus, kā arī atkritumu pārvaldījumu ietekmi ES līmenī un ārpus tās.

Vides un klimata aspekti šajā gadījumā ietver vides aizsardzības prasības attiecībā uz piesārņojuma aspektiem un siltumnīcu gāzu emisijām.

Ievērojot minētos aspektus, tika sagatavota lēmumu pieņemšanas matrica (3.3. tab.).

3.3. tabula.

Lēmumu pieņemšanas matrica un atkritumu iespējamais lietojums enerģētikā vērtējums (no 1 - zemākais līdz 5 – augstākais)

Npk.	Atkritumi - resurss	Aspekti			
		Tehnoloģiskais	Ekonomiskais	Sociālais	Vides un klimata
1.	Riepas modernas degvielas ražošanai	4	3	4	4
2.	RDF enerģijas ražošanai	5	4	3	4
3.	Organiskie atkritumu biogāzes ražošanai	5	4	4	4
4.	Atkritumu dedzināšana katla kurtuvē	2	3	4	3
5.	Poligonu gāze enerģijas ražošanai	3	4	3	3

Katram kritērijam tika noteikts tā individuālais svars  $w_i$ . Svāri tiek noteikti tā, lai izpildītos nosacījums (3.2. formula) – visu kritēriju svaru summa būtu vienāda ar 1.

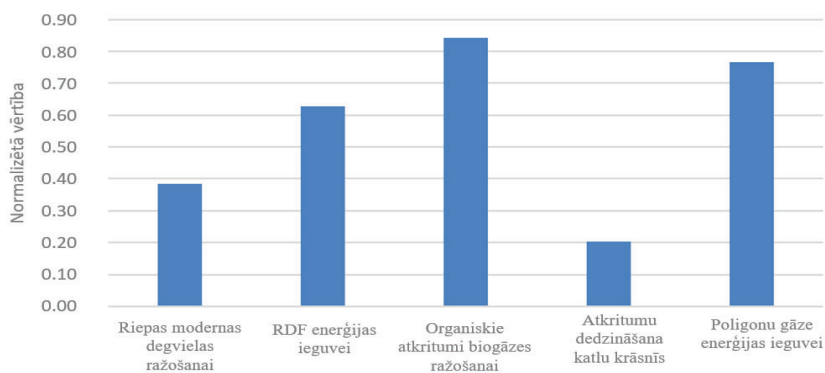
$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3.2.)$$

Kritēriju svāri tika noteikti, balstoties ekspertu viedoklī (3.4. tab.)

3.4. tabula.

Vērtēšanas kritēriji	Kritēriju svāri.			
	Tehnoloģiskais	Ekonomiskais	Sociālais	Vides un klimata
Svārs	0,25	0,30	0,2	0,25

Rezultātā tika iegūta vērtība, kas parāda alternatīvas tuvumu Ideālajam Pozitīvajam risinājumam un attālumu no Ideālā negatīvā risinājuma. Atkritumu plūsmu reģenerācijas metožu ranžēšanas rezultāti, izmantojot TOPSIS metodi, parādīti 3.3. att.



3.3.att. Enerģijas iguves no atkritumiem metožu ranžēšanas rezultāti, izmantojot TOPSIS.



Iegūtie rezultāti uzskatāmi parāda, ka no izvēlētajām alternatīvām visoptimālākā ir bioloģiski noārdāmo (organisko) atkritumu izmantošana biogāzes ražošanai. Tas paver iespējas iegūt arī biodegvielu transportam. Vienlaikus biogāzes ražošana jāskata kopsakarā ar komposta ieguves procesu, lai resursi tiktu izmantoti ar maksimāli efektīvi un ar lielāku pievienoto vērtību. Izmantojot bioloģiski noārdāmos atkritumus biogāzes ražošanai, tiek samazināts atkritumu apjoms, kas tiek apglabāts atkritumu poligonos.

Pie esošajiem kritēriju svāriem poligonu gāzes izmantošana enerģijas ražošanai ierindojas otrajā vietā. Tomēr jāatzīmē, ka enerģijas ieguves apjomi, izmantojot poligonu gāzi korelē ar biogāzes ražošanu no organiskajiem atkritumiem. Jo lielāka daļa organisko atkritumu tiks izmantoti biogāzes ieguvei, jo mazāk šādu atkritumu nonāks apglabāšanai atkritumu poligonā, kā rezultātā samazināsies poligonu gāzes ieguves apjomi, kuras savākšana ir noteikta kā obligāts pasākums atkritumu poligonu apsaimniekotājiem. Intensīvāk izmantojot organiskos atkritumus otrreizējai pārstrādei un enerģijas ražošanai, iespējams būtiski samazināt poligona gāzu daudzumu.

Savukārt *RDF* izmantošana enerģijas ražošanai ierindojas trešajā vietā. Savukārt riepu izmantošana modernas degvielas ražošanai ir tuvāka negatīvākajam risinājumam nekā ideālajam pozitīvajam risinājumam, faktiski tā ir viena no pēdējām izvēlēm starp rakstā apskatītajām enerģijas ieguves metodēm no atkritumiem. Tās tālākai attīstībai būtiski ir riepu pārstrādes aspekti, lai nolietotas riepas tiktu izmantotas maksimāli efektīvi no otrreizējo izejvielu aspekta. Vienlaikus jāatzīmē, ka, veidojot infrastruktūru enerģijas ieguves nodrošināšanai no atkritumiem, būtiski plānot kurināmo materiālu dažādību, ko var izmantot konkrētajā iekārtā, jo viens no atkritumu politikas mērķiem un uzdevumiem, pārejot uz aprites ekonomiku, ir atkritumu rašanās novēršana, kā rezultātā samazināsies atkritumu apjoms, ko varēs izmantot kurināmā materiāla sagatavošanai. Visneizdevīgākais risinājums pie esošajiem kritēriju svāriem ir atkritumu dedzināšana katla kurtuvē, kas arī ir visneefektīvākā metode un rada vislielākos draudus apkārtējai videi un cilvēku veselībai.

Kā izriet no pētījuma, enerģijas ražošana no atkritumiem atšķiras gan tehnoloģisko risinājumu, gan produktu ražošanas inovāciju, gan augstākas pievienotās vērtības, gan izejvielu ieguves vietas un metožu ziņā.

Latvijā ir potenciāls atkritumu kā energoresursa izmantošanai, īpaši ņemot vērā atkritumu apsaimniekošanas mērķus, kas izvirzīti 2035. gadam. Lai nodrošinātu, ka tikai 10 % no kopējā sadzīves atkritumu daudzuma tiek apglabāti poligonos, nepietiek ar pārstrādes mērķi sasniegt vienatnē. Līdz ar to būtisks jautājums ir, ko darīt ar 25 % no radīto sadzīves atkritumu daudzuma - palielināt pārstrādāto atkritumu apjomu vai šo atkritumu daudzumu reģenerēt - iegūt no tiem enerģiju turpmākai izmantošanai. Viens veids, kā reģenerēt atkritumus, ir to sadedzināšana. Enerģiju, kas iegūta no atkritumiem, var izmantot siltuma vai elektroenerģijas ražošanai, un tā var aizstāt enerģiju, kas ražota no ogleņiem vai cita fosilā kurināmā. Atkritumu reģenerācija var palīdzēt samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas. Veidojot infrastruktūru enerģijas reģenerācijai no atkritumiem, ir jāplāno dažādi materiāli degvielai, ko var izmantot konkrētajā iekārtā, ņemot vērā vienu no atkritumu politikas

mērķiem pārejā uz aprites ekonomiku - atkritumi novēršana, kas samazinās atkritumu apjomus, ko var izmantot kā materiālu degvielai.

Priekšnosacījumu radīšana alternatīvai atkritumu izmantošanai, lai samazinātu atkritumu daudzumu poligonos, paver ceļu jaunām un inovatīvām metodēm, risinājumiem un iegūtās enerģijas pielietojumiem.

### 3.1.3. Nešķirotu sadzīves atkritumu sastāva noteikšana

Veicot nešķirotu sadzīves atkritumu sastāva noteikšanu pētījuma ietvaros tika savākti un pāršķirot 160 nešķirotu sadzīves atkritumu paraugi – 5 paraugi no katras pētījumā iekļautās pilsētas. Atkritumu sastāva noteikšanas rezultāti raksturo nešķirotu sadzīves atkritumu sastāvu atkritumu rašanās vietās. Rezultāti ļauj novērtēt un izdarīt secinājumus par nešķirotu atkritumu sastāvu pirms to priekšapstrādes, reģenerējamās atkritumu frakcijas atšķirošanas un apglabāšanas atkritumu poligonos. Interpretējot rezultātus, tika ņemts vērā, ka atkritumu masa ir noteikta dabīgi mitriem atkritumiem, līdz ar to, ievērojot dažādu atkritumu frakciju veidu mitruma absorbcijas spēju, atkritumu sastāva noteikšanas rezultāti nav tieši attiecināmi uz atkritumu sastāvu sausai masai. Pielietotā šķirošanas metode paredzēja, ka kā atsevišķa frakcija tiek uzskaitīta smalksne – pie rezultātu interpretācijas smalksnes frakcija vienādās daļās tiek attiecināta uz bioloģiski noārdāmo atkritumu un inerto materiālu frakciju.

Apkopojot rezultātus tika secināts, ka savstarpēji salīdzinot visu mērījumu rezultātus datu izkliede ir būtiska. Tas ir skaidrojams ar nešķirotu sadzīves atkritumu nehomogēno dabu. Apkopotie rezultāti liecina, ka lielāko īpatsvaru kopējā atkritumu plūsmā veido bioloģiski noārdāmie atkritumi, kas vidēji kopējā apjomā veido 29,17 %. Faktiskais BNA īpatsvars ir pat lielāks, jo atšķirotajā frakcijā “Smalksnes” BNA sastāda ~50 % no kopēja apjoma, tādejādi BNA summārais apjoms (neskaitot papīru, kartonu, koksni u.c. materiālus, kas ir bioloģiski noārdāmi, bet ir iekļauti citās kategorijās) ir līdzvērtīgs 38,77 % no kopējā sadzīves atkritumu apjoma.

Pārstrādei derīgie materiāli: papīrs, kartons, plastmasa, stikls, metāls kopā sastāda 32,9 % no kopējā atkritumu apjoma. Lielākais īpatsvars pārstrādei derīgo materiālu grupā ir plastmasas atkritumiem 12,4 %, stikla un papīra/kartona atkritumu grupas katra veido attiecīgi 9,16 % un 8,1 % no kopējā apjoma, metāli 2,99 %.

Atbilstoši atkritumu sastāva noteikšanas metodikai, atsevišķi tika izdalītas visas iepakojuma materiāla grupas. Kopējais, visu iepakojuma materiālu veidu īpatsvars nešķirotu atkritumu plūsmā ir 21,86 %. Šķirošanas rezultāti liecina, ka lielāko īpatsvaru izlietotā iepakojuma plūsmā veido stikla iepakojums 8.1 % no kopējā atkritumu apjoma pēc svara, plastmasas iepakojums 6,05%, papīra kartona iepakojums 3,46 %, metāla iepakojums 2.15 %. Veicot atkritumu sastāva noteikšanu, atsevišķi tika šķiroti arī plastmasas maisiņi – rezultāti liecina, ka plastmasas maisiņi kopējā atkritumu apjomā veido, vidēji 3.7 %.

Atlikušās atkritumu grupas kopā veido 26,75 %, t.sk. inertie atkritumi – ap 11.67 %, sadzīves bīstamie atkritumi, videi kaitīgās preces 1.93 %, dažādi materiāli, t.sk. tekstils, gumija, koksne, higiēnas atkritumi u.c., aptuveni, 13,15 %. Iegūto rezultātu kopsavilkums sniegts 3.5. tab.

3.5.tabula.

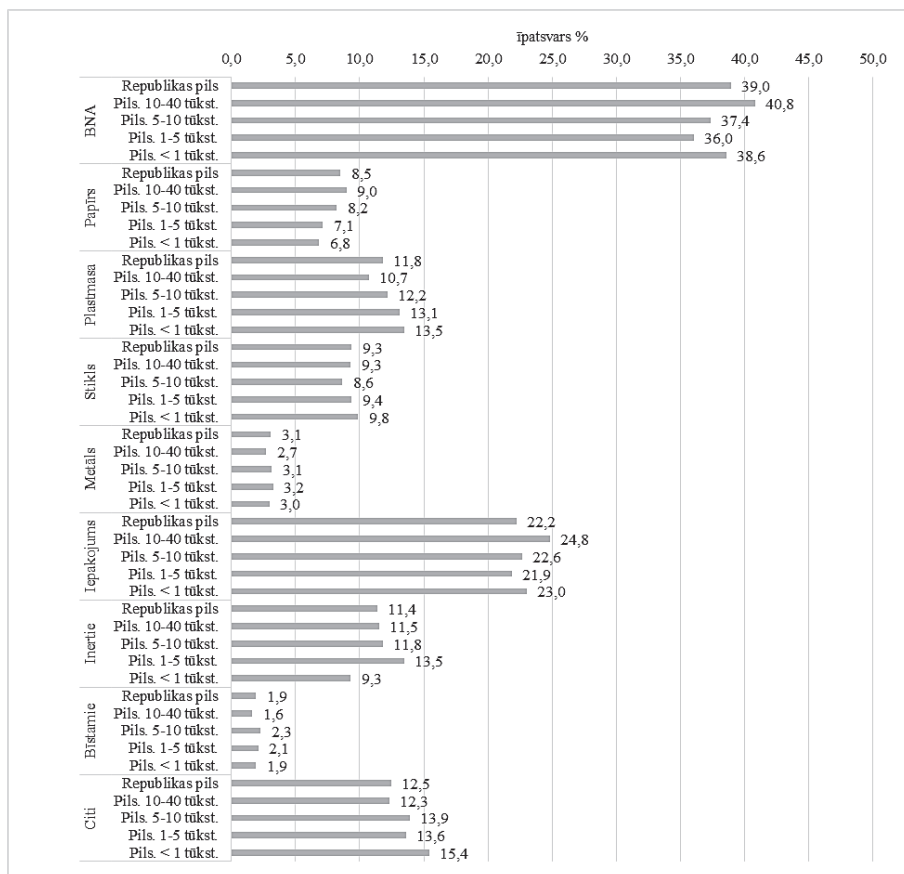
NSA esošu materiālu frakciju īpatsvars (masas %).

Nr.p.k.	Atkritumu frakcija	Īpatsvars %		
		Vidēji	Min	Max
1.	BNA	29,17	2,52	55,86
2.	Papīrs, kartons	4,64	0,00	17,56
3.	Papīrs, kartons IEPAK	3,46	0,00	12,14
4.	Dzērienu pakas	1,37	0,21	6,10
5.	Koksne	0,56	0,00	4,54
6.	Koksne IEPAK	0,16	0,00	3,07
7.	Higiēnas atkritumi	6,31	1,05	29,96
8.	Tekstils	5,04	1,00	28,78
9.	Āda, gumija	0,76	0,00	5,45
10.	Stikls	1,15	0,00	9,32
11.	Stikls IEPAK	8,01	0,41	26,19
12.	Inertie	2,07	0,00	41,39
13.	Mīkstā plastmasa	1,42	0,00	7,08
14.	Mīkstā plastmasa IEP	1,59	0,00	6,46
15.	Mīkstā plastmasa Maisiņi	3,73	0,00	11,29
16.	Blīvā plastmasa	0,83	0,00	6,47
17.	Blīvā plastmasa IEP	4,46	0,91	24,39
18.	Paklāji	0,48	0,00	4,44
19.	Melnie metāli	0,62	0,00	6,18
20.	Melnie metāli IEP	1,39	0,00	5,02
21.	Krāsainais metāls	0,22	0,00	3,03
22.	Krāsainais metāls IEP	0,77	0,00	2,91
23.	Kompozītmateriāli IEP	0,65	0,00	5,80
24.	Smalksnes	19,21	6,60	49,19
25.	SBA (bat., akum.)	0,22	0,00	3,55
26.	SBA (EIEA)	0,54	0,00	4,16
27.	SBA (sadz. ķīm., citi)	1,17	0,00	5,61

NSA sastāva noteikšanas rezultāti pa pilsētu grupām grafiski atspoguļoti 3.4. att. Atsevišķās atkritumu frakcijas šajā salīdzinājumā, vadoties no atkritumu frakciju īpašībām, apsaimniekošanas iespējām, īpašām prasībām attiecībā uz noteiktu frakciju apsaimniekošanu ir apvienotas grupās. Salīdzinājums veikts sekojošām grupām:

- 1) BNA – grupā ietvertas BNA frakcijas un ½ no smalksnes frakcijas masas;
- 2) Papīrs – grupā ietvertas papīra/kartona un papīra/kartona izlietotā iepakojuma frakcijas;
- 3) Plastmasa - grupā ietvertas visas plastmasas frakcijas, t.sk. visa veida plastmasas iepakojums, plastmasas maisiņi, cietā un mīkstā plastmasa;
- 4) Stikls - grupā ietvertas stikla un stikla izlietotā iepakojuma frakcijas;
- 5) Metāls - grupā ietvertas melnā un krāsainā metāla un melnā un krāsainā metāla izlietotā iepakojuma frakcijas;
- 6) Iepakojums – grupā ietvertas visas iepakojuma frakcijas, t.sk. kompozītmateriālu iepakojums, dzērienu pakas, koka iepakojums;
- 7) Inertie – grupā ietverta inerto atkritumu frakcija un ½ no smalksnes frakcijas masas;
- 8) Bīstamie – ietvertas visas bīstamo atkritumu, videi kaitīgo preču frakcijas;
- 9) Citi – grupā ietvertas frakcijas, kas nav ietvertas citās grupās: koksne, higiēnas atkritumi, tekstils, āda, gumija, paklāji.

Šāds dalījums ļauj novērtēt atšķirīgu atkritumu plūsmu apjomus un savstarpēji salīdzināt atkritumu veidu īpatsvaru pēc iedzīvotāju skaita un paradumiem atšķirīgās pilsētās.



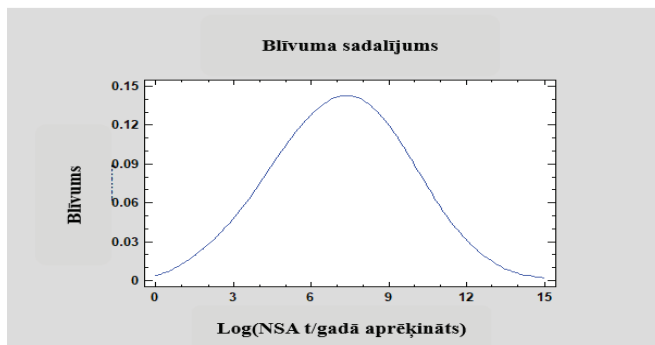
3.4.att. Atkritumu sastāva noteikšanas rezultāti pilsētu grupu dalījumā – kopsavilkums.

Eksperimentāli iegūtie dati par nešķirotu cieta sadzīves atkritumu izplatību Latvijas pilsētās tika izmantoti turpmāk matemātiskā modeļa izstrādei. Šī modeļa mērķis ir izskaidrot nešķirotu sadzīves atkritumu NSA (atkarīgo mainīgo) mainīgumu, pamatojoties uz izmērīto atkritumu frakciju sadalījumu.

Dati par nešķirotu NSA apjomiem katrā pilsētā tika iegūti no nacionālās statistikas datubāzes “atkritumi-3”, kur deviņām lielākajām pilsētām dati tika iegūti tieši no datu bāzes. Mazākajām pilsētām kopējais pilsētā radīto atkritumu daudzums tiek aprēķināts no novada līmeņa statistikas, ņemot vērā iedzīvotāju skaitu katrā novadā un pašu pilsētu.

Sākotnējā nešķirotā NSA mainīgā statistiskā analīze liecināja par būtisku novirzi no normālā sadalījuma, t.i., pozitīvu šķībumu un vājāku par normālu izliekumu (standarta šķībums 12,3, standarta slīpums 33,8). Tas skaidrojams ar iedzīvotāju sadalījumu Latvijas pilsētās – 51,6 % valsts iedzīvotāju dzīvo galvaspilsētā Rīgā vai tuvējā Rīgas reģionā. Pēc logaritmiskās transformācijas tika panākts būtisks uzlabojums attiecībā uz datu šķībumu

(standarta šķībums -0,03, standarta slīpums -0,3). Nešķīroto MSW mainīgā blīvuma sadalījums pēc transformācijas ir parādīts 3.5. att.



3.5. att. NSA blīvuma sadalījums pēc  $\log(x)$  transformācijas.

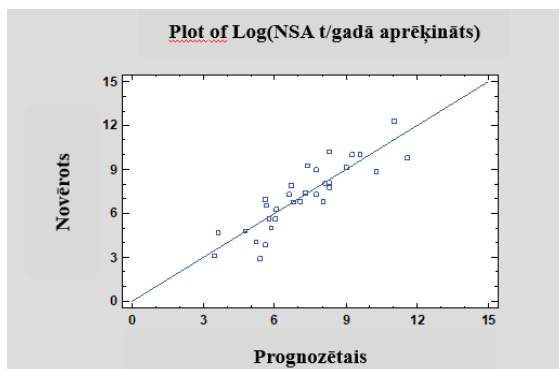
Pēc mainīgā normalizēšanas tika izstrādāts matemātiskais modelis. Dati par visām eksperimentāli izmēritajām atkritumu frakcijām tika iekļauti kā potenciāli neatkarīgi mainīgie, izņemot mainīgo “krāsainie metāli”, jo analīze liecināja par autokorelāciju starp šo un citiem mainīgajiem. Katram neatkarīgajam mainīgajam bija pieejami 32 novērojumi un tika izstrādāts atpakaļejošas pakāpeniskas regresijas modelis (ar  $p$ -vērtību mainīgā ievadīšanai modelī  $<0,05$ ). Iegūtais modelis ietver 8 neatkarīgus mainīgos lielumus un konstanti. Katra mainīgā aplēse, standarta kļūda un  $p$ -vērtība ir parādīta 3.6. tab. Izstrādātā modeļa dispersijas analīzes  $p$ -vērtība ir 0,0000, kas ir mazāka par 0,05, kas nozīmē, ka pastāv statistiski nozīmīga sakarība starp mainīgajiem 95,0 % ticamības līmenī.  $r^2$  statistika norāda, ka modelis izskaidro 76,87 % no atkarīgā mainīgā mainīguma. Koriģētā  $r^2$  statistiskais rādītājs ir 68,82 %. Augstākā  $p$  vērtība neatkarīgajiem mainīgajiem, kas iekļauti modelī, ir mikstajai plastmasai (maisīņiem) ( $p$  vērtība 0,0241), jo šī vērtība ir mazāka par 0,05, šis mainīgais ir statistiski nozīmīgs 95,0 % ticamības līmenī. 3.6. tab. un 3.6. att. parādīts novēroto un modelēto vērtību salīdzinājums neatkarīgajam mainīgajam NSA.

3.6. tabula.

Matemātiskajā modelī iekļauto mainīgo lielumu raksturojums

Parametrs	Pastāvīgi	Standarta kļūda	T Statistika	P-vērtība
Pastāvīgi	-2.83	2.14108	-1.32224	0.1991
Dzērienu iepakojums	239.94	47.371	5.06508	0.0000
Koks	250.29	61.9601	4.03954	0.0005
Tekstils	59.76	22.0631	2.70862	0.0125
Āda, gumija	-178.40	56.9387	-3.1331	0.0047
Mīkstā plastmasa (maisīņi)	-57.77	23.918	-2.41516	0.0241
SBA* (baterijas)	-395.74	137.313	-2.88206	0.0084
SBA (elektriskās un elektroniskās iekārtas)	187.7	68.8557	2.72599	0.0120

\*SBA - sadzīves bīstamie atkritumi



3.6.att. NSA prognozētās un novērotās vērtības.

Kopējie rezultāti liecina par diezgan būtisku atsevišķu atkritumu sastāva mērījumu izkliedi. Tas skaidrojams ar nešķirotu sadzīves atkritumu nevienmīgu raksturu, kā arī ar patērētāju paradumu atšķirībām. Aplūkojot katras pilsētas vidējo vērtību no pieciem atsevišķiem mērījumiem, minimālo un maksimālo vērtību izklide ir izlīdzināta.

Ar vidējo īpatsvaru 29,17 % (svara procenti) lielākais īpatsvars kopējā atkritumu plūsmā ir bioloģiski noārdāmajiem atkritumiem. Faktiskais bioloģiski noārdāmo atkritumu īpatsvars ir vēl lielāks, jo tie arī veido līdz 50% no smalkās frakcijas, tātad kopējais bioloģiski noārdāmo atkritumu īpatsvars (izņemot papīru, kartonu, koksni u.c., kas ir bioloģiski noārdāms, bet ietilpst citās kategorijās) varētu sasniegt 38,77 %. Pārstrādājami materiāli (ieskaitot iepakojumu), t.i., papīrs, kartons, plastmasa, stikls, veido 32,9 % no kopējiem atkritumiem. Plastmasas atkritumi ar 12,03 % veido lielāko daļu pārstrādei piemēroto materiālu grupā, kam seko stikls (9,16 %), papīrs/kartons (8,1 %) un metāli 2,99 %.

Izmantotā metodika ļāva arī atsevišķi analizēt visas izlietotā iepakojuma plūsmas. Visa iepakojuma kopējais īpatsvars nešķirotu atkritumu plūsmā bija 25,59 %. Šķirošanas rezultāti liecina, ka lielāko iepakojuma atkritumu īpatsvaru veido stikla iepakojums 8,01 %, kam seko plastmasas iepakojums 6,05 %, papīra un kartona iepakojums 3,46 %, metāla iepakojums 2,15 %. Nosakot atkritumu sastāvu, atsevišķi tika šķiroti arī plastmasas maisiņi, un rezultāti liecina, ka plastmasas maisiņi veido 3,7 % no kopējiem atkritumiem. Šie rezultāti var būt nozīmīgi turpmākajās diskusijās saistībā ar iepakojuma atkritumu reģenerācijas līmeņa paaugstināšanu.

Pārējās atkritumu grupas kopā veido 26,75 %, no kuriem inertie atkritumi (t.sk. arī 1/2 smalkās frakcijas) bija 11,67 %, bīstamie sadzīves atkritumi un videi kaitīgās preces - 1,93 %, dažādi materiāli, tostarp tekstilizstrādājumi, gumija, koks, higiēnas atkritumi, utt., veidoja aptuveni 13,15 %.

Pieejamos datus par atkritumu frakciju sadalījumu var analizēt vai nu kā eksperimentāli apkopotus (pieci datu punkti katrai pilsētai), vai arī aprēķinot katras pilsētas vērtības vidējo vērtību. Neatkarīgi no tā, kura datu kopa tiek izmantota, vispirms ir jāsaprotavo

dati, lai samazinātu neparasto novēroto datu sadalījumu par atkarīgo mainīgo - nešķīrotajiem sadzīves atkritumiem - un par iedzīvotāju skaitu. Otrais modelis tika izstrādāts, lai izpētītu saistību starp nešķīroto atkritumu daudzumu un izmēritajām atkritumu frakcijām. Dati par visām eksperimentāli izmēritajām atkritumu frakcijām tika iekļauti modelī kā potenciāli neatkarīgi mainīgie. Katram neatkarīgajam mainīgajam bija pieejami 32 novērojumi (viens katrai pilsētai). Izstrādāts uz priekšu pakāpeniskas regresijas modelis (ar  $p$ -vērtību, lai modelī ievadītu mainīgo  $<0,05$ ). Iegūtais modelis ietver trīs neatkarīgus mainīgos lielumus un konstanti, atvasinātais modelis ir parādīts 3.3.vienādojumā. Izstrādātā modeļa dispersijas analīzes  $p$ -vērtība ir 0,0002, kas ir mazāka par 0,05, kas nozīmē, ka pastāv statistiski nozīmīga saistība starp mainīgajiem 95,0 % ticamības līmenī.  $r^2$  statistika norāda, ka modelis izskaidro 49,61 % atkarīgā mainīgā mainīguma. Koriģētā  $r^2$  statistika ir 44,21 %. Augstākā  $p$  vērtība neatkarīgajiem mainīgajiem, kas iekļauti galīgajā modelī, ir dzērienu iepakojumam ( $p$  vērtība 0,0014), jo šī vērtība ir mazāka par 0,05, šis mainīgais ir statistiski nozīmīgs 95,0 % ticamības līmenī.

Lai atrastu modeli ar labāku prognozēšanas spēju, tam pašam atkarīgajam mainīgajam tika izstrādāts atpakaļgaitas pakāpeniskās regresijas modelis. Sakarā ar to, ka bija dažādi prognozētāji, atpakaļgaitas pakāpeniskais modelis rada regresijas modeli ar 99,90 %  $r^2$  un 99,24 % koriģētu  $r^2$ . Modelis ietver visus atkritumu prognozētājus, jo tiem visiem  $p$ -vērtība ir mazāka par 0,05, tāpēc tie ir statistiski nozīmīgi 95,0 % ticamības līmenī. Lai gan šo modeli var izmantot nešķīroto sadzīves atkritumu prognozēšanai, tas, visticamāk, ir pārāk detalizēts modelis. Lai izmantotu modeli ar daudziem prognozētājiem, atkārtotos pētījumos būtu nepieciešama sarežģītāka (un dārgāka) datu vākšana. No otras puses, pirmais modelis (3.3. vienādojums) nodrošina daudz zemāku prognozēšanas precizitāti.

Lai izstrādātu analīzi, pamatojoties uz iepriekšējo secinājumu, ka pastāv cieša sakarība starp atkritumu daudzumu un iedzīvotāju skaitu, tiek izstrādāts papildu rādītājs – īpatnējais atkritumu daudzums ( $t$ /iedz.) – nešķīroto atkritumu daudzumu attiecinot uz pilsētas iedzīvotāju skaitu. Statistiskā analīze identificē standarta šķībumu un slīpumu, lai šis rādītājs būtu diapazonā, kas atbilst normāla sadalījuma datiem. Tādējādi šī rādītāja izmantošana ļauj risināt arī iepriekš apskatītās sadalījuma problēmas. Tika izveidots statistisks modelis, uzskatot šo konkrēto atkritumu daudzumu par atkarīgo mainīgo, kura  $r^2$  ir 76,28 % (koriģētais  $r^2$  ir 70,58 %) un tajā ir ņemti vērā 6 neatkarīgi mainīgie.

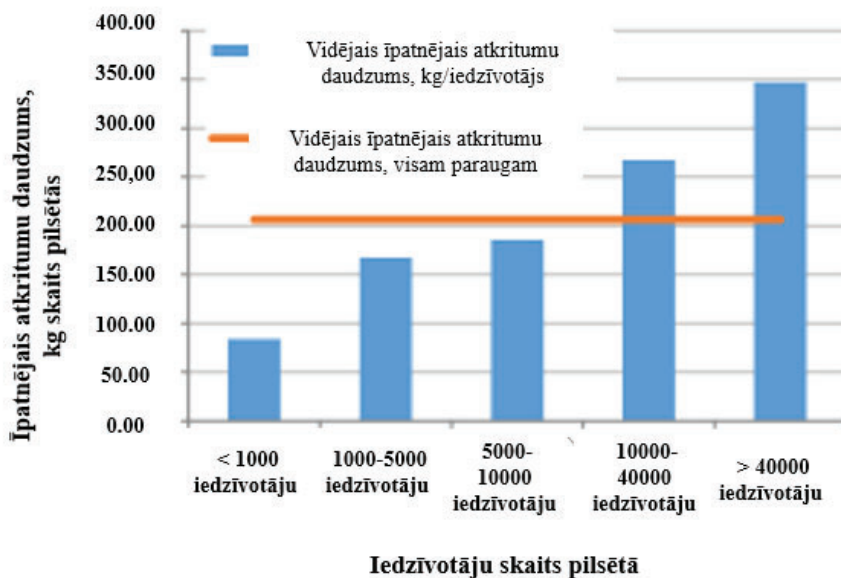
$$\text{Specifisks atkritumu apjoms} = 0.16 - 0.0056 * BNA + 0.1098 * \text{dzērienu iepakojums} + 0.2087 * \text{koks} + 0.094 * \text{stikls} - 0.1069 * \text{paklāji} - 0.0796 * \text{metāla iepakojums} \quad (3.3.)$$

Izmantojot atkarīgo mainīgo, iegūtajam modelim ir salīdzinoši laba prognozēšanas spēja un, kā minēts, tas samazina nepieciešamību izmantot atkarīgā mainīgā transformāciju, līdz ar to turpmākās analīzes pa pilsētu grupām un atkritumu apsaimniekošanas reģioniem izmanto konkrētu atkritumu daudzumu. atkarīgais mainīgais.

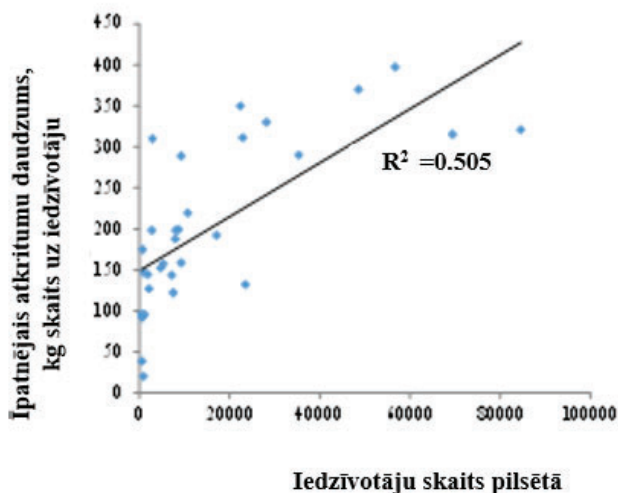
Nešķīroto sadzīves atkritumu sastāva analīzes rezultāti pa pilsētu grupām.



Lai sīkāk izpētītu iegūtos datus un atrastu slēptos modeļus, kas raksturo esošo atkritumu apsaimniekošanas sistēmu, tika analizēts atkritumu sastāvs pa pilsētu grupām. Vispirms tika aprēķināts vidējais īpatnējais nešķirotu sadzīves atkritumu daudzums katrai pilsētu grupai, pamatojoties uz statistikas datiem. 3.7. att. ir parādīti rezultāti par konkrētiem nešķirotu sadzīves atkritumu daudzumiem piecās pilsētu grupās, kas klasificētas pēc iedzīvotāju skaita. Rezultāti liecina par lielāku īpatnējo atkritumu daudzumu lielākajās pilsētās, savukārt mazākajās pilsētās īpatnējais atkritumu daudzums ir pat puse no vidējā. Lai izpētītu šīs tendences iemeslus, tiks turpināta atkritumu sastāva atšķirību analīze. Tikmēr 3.8. att. raksturo šo tendenci, izmantojot lineāro regresiju. Šīs attiecības  $r^2$  ir 0,505, tomēr dati par Rīgu tika izslēgti no šīs datu kopas, jo tajā ir ievērojami lielāks iedzīvotāju skaits, kas tādējādi rada būtisku novirzi un samazina korelācijas koeficientu. Lai gan šī sakarība ir tikai vidēji spēcīga, tas norāda, ka pastāv atšķirība starp atkritumu radīšanas paradumiem dažādu pilsētu lieluma dēļ.



3.7. att. Nešķirotu sadzīves atkritumu daudzums analizētajās pilsētās.

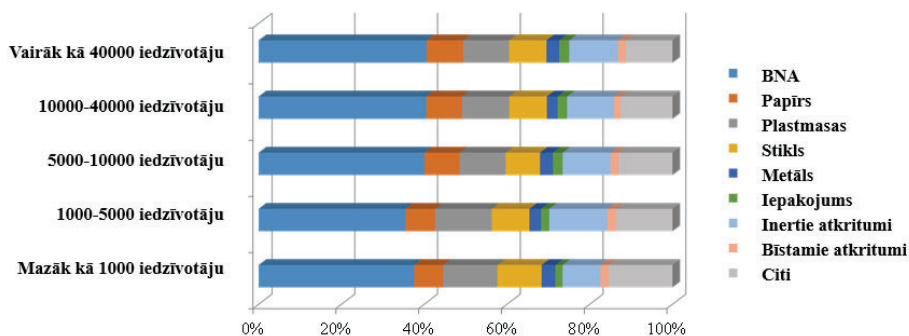


3.8. att. Nešķirotu sadzīves atkritumu daudzums analizētajās pilsētās. (Piezīme: Rīga ir izslēgta no datu kopas, jo tajā ir ievērojami lielāks iedzīvotāju skaits).

Nešķirotu sadzīves atkritumu sastāva noteikšanas rezultāti pa pilsētu grupām ir grafiski parādīti 3.9. att. Šim novērtējumam atsevišķās atkritumu frakcijas ir sagrupētas, pamatojoties uz atkritumu sastāvdaļām (kā ieteikts ar *NT ENVIR 001* metodi), potenciālajām apsaimniekošanas iespējām. (piem., Latvijā nav speciālu atkritumu sadedzināšanas iekārtu, tāpēc cita degošo atkritumu grupa netika atsevišķi izdalīta), kā arī dažas specifiskas prasības – piem. paplašinātas ražotāja atbildības sistēmas attiecībā uz izlietoto iepakojumu vai aizliegums bīstamos atkritumus apglabāt poligonos. Iegūtais sadalījums ļauj novērtēt dažādu atkritumu plūsmu apjomus un salīdzināt atkritumu veidu īpatsvaru pa pilsētu grupām. Analīzē tika ņemtas vērā šādas grupas:

- 1) Bioloģiski noārdāmie atkritumi – ieskaitot atsevišķu bioloģiski noārdāmo atkritumu frakciju un pusi no smalkās frakcijas;
- 2) Papīrs – ieskaitot papīru, kartonu un tā iepakojumu;
- 3) Plastmasa – visas plastmasas frakcijas, ieskaitot iepakojumu, maisiņus, mīksto un blīvo plastmasu.
- 4) Stikls – ieskaitot stiklu un stikla iepakojumu;
- 5) Metāls – tajā skaitā melnie un krāsainie metāli un to iepakojums;
- 6) Iepakojums – tajā skaitā visas pārējās iepakojuma frakcijas kā kompozītmateriāli, dzērienu iepakojums, koka iepakojums;
- 7) Inertie atkritumi – ieskaitot inerto frakciju un pusi no smalkās frakcijas;
- 8) Bīstamie atkritumi – tajā skaitā visas trīs bīstamo atkritumu grupas;

- 9) Citi – ieskaitot pārējās frakcijas, tostarp koksni, higiēnas atkritumus, tekstilizstrādājumus, ādu, gumiju, paklājus.



3.9. att. Atkritumu sastāva rezultāti pa pilsētu grupām

Bioloģiski noārdāmo atkritumu grupa veido lielāko daļu no kopējās atkritumu plūsmas visos pilsētas paraugos. Lielākais bioloģiski noārdāmo atkritumu īpatsvars ir pilsētās ar iedzīvotāju skaitu no 10 līdz 40 tūkstošiem iedzīvotāju, savukārt vismazākais īpatsvars pilsētās ar 1-5 tūkstošiem iedzīvotāju. Nav noteikta tieša korelācija starp bioloģiski noārdāmo atkritumu īpatsvaru un iedzīvotāju grupām. Lielais bioloģiski noārdāmo atkritumu īpatsvars visos paraugos norāda uz nepieciešamību risināt bioloģiski noārdāmo atkritumu pārstrādes jautājumu.

Atšķirība starp minimālo un maksimālo papīra atkritumu īpatsvaru aplūkotajās pilsētu grupās ir 1,8 %, un lielākais īpatsvars ir lielākajās pilsētās. Papīra atkritumiem tieša sakarība ir acīmredzama, jo, pieaugot pilsētas iedzīvotāju skaitam, papīra atkritumu īpatsvars kopējā atkritumu daudzumā palielinās. Kopumā papīra atkritumu attiecība tiek raksturota kā salīdzinoši zema (salīdzinot ar iepriekšējo empīrisko pieredzi Latvijā). Tomēr, jo īpaši attiecībā uz papīra atkritumiem, sajaukšana ar nešķirotu atkritumu plūsmu var būtiski sabojāt papīra kvalitāti, un tāpēc tas var nebūt atdalāms un lietojams. Līdzīgi kā papīra atkritumiem, plastmasas atkritumiem rezultāti liecina par būtiskāku saistību attiecībā uz pilsētu lieluma grupām, tikai šajā gadījumā lielāks īpatsvars ir mazākām pilsētām. Kopumā metālu atkritumu īpatsvars tiek uzskatīts par augstu, zināmā mērā to var uzskatīt par iespēju palielināt atkritumu pārstrādes apjomu, jo metālu atkritumi ir salīdzinoši viegli atdalāmi no nešķirotu atkritumu plūsmas un tajā pašā laikā metāla atkritumiem ir esošas realizācijas iespējas. Analizējot inerto atkritumu īpatsvaru, secināts, ka tas dažādās pilsētu grupās būtiski atšķiras, kas skaidrojams ar šo atkritumu gadījuma raksturu. Bīstamo atkritumu īpatsvars tiek uzskatīts par augstu, kas norāda uz nepieciešamību risināt jautājumu par bīstamo atkritumu avota šķirošanas iespēju paplašināšanu. Citu atkritumu, t.sk., koksnes, tekstila, gumijas, higiēnas atkritumu u.c. īpatsvars ir lielāks mazākajām pilsētām un samazinās, pieaugot pilsētas iedzīvotāju skaitam. Jāpiebilst, ka šajā grupā aptuveni 2/3 no kopējā grupas apjoma sastāda

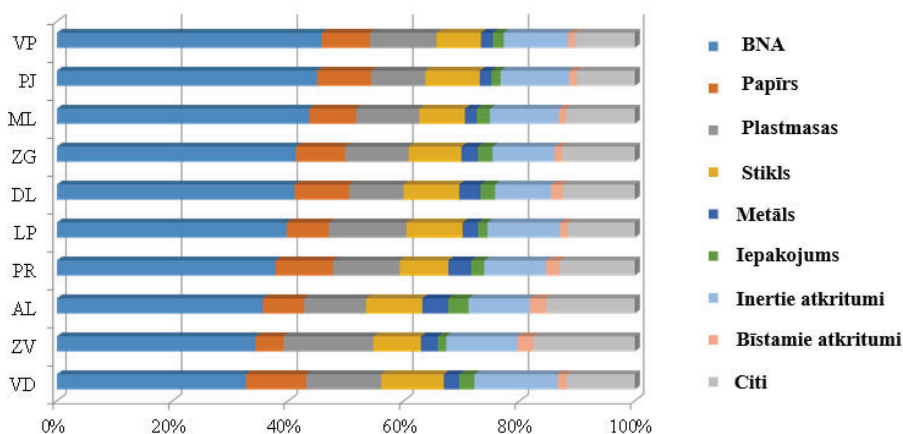
tekstila atkritumi un higiēnas atkritumi, savukārt pārējo - koksne, gumija, āda - ne vairāk kā 1/3 no grupas lieluma.

Izstrādāts modelis, lai raksturotu kopējo saistību starp specifisko atkritumu rašanos (nešķiroto sadzīves atkritumu daudzums uz vienu iedzīvotāju,  $t$ /iedzīvotājs) un novērtētajām pilsētu grupām (3.4. vienādojums). Šajā modelī ir iekļautas divas no iepriekš apskatītajām atkritumu frakcijām – stikla atkritumi un citi atkritumi. Šie divi mainīgie kopā var izskaidrot 99,75 % pilsētu grupas datu mainīguma (koriģētais  $r^2$  ir 99,51 %). Taču modelis ar tikai mainīgo citi atkritumi var izskaidrot jau 93% no mainīguma (koriģēta  $r^2$  ir 91,78 %), līdz ar to šo atkritumu īpatsvars - koksne, tekstilizstrādājumi, gumija, higiēnas atkritumi, paklāji - ir būtisks rādītājs, kam pilsētu grupai izlase piederēs. Šos atklājumus var turpmāk izmantot datu vākšanai atkārtotos pētījumos vai iedzīvotāju uzvedības ietekmes uz atkritumu apsaimniekošanu analīzei.

$$\text{Specifisks atkritumu apjoms} = 0.89 + 0.0803 \cdot \text{citi atkritumi} + 0.0402 \cdot \text{stikla atkritumi} \quad (3.4.)$$

Iegūto datu tālākai izpētei tika izstrādāti vairāki daudzfaktoru regresijas modeļi pētāmajām apakšgrupām, kuras tika klasificētas atkarībā no pilsētas iedzīvotāju skaita. Šai analīzei eksperimentāli apkopotā datu kopa ar 160 mērījumiem tika sadalīta piecās apakšgrupās ar piecām līdz astoņām pilsētām katrā grupā.  $r$  kvadrāta statistika un koriģēta  $r$  kvadrāta statistika parāda ļoti labu modeli, kas piemērots apakšgrupām ar mazāk nekā 5000 un vairāk nekā 40 000 iedzīvotājiem. To varētu izskaidrot ar lielāku iedzīvotāju paradumu viendabīgumu šajās grupās, kas izriet no dominējošā mājokļu veida viendabīguma šajās apakšgrupās. Piemēram, 2017. gadā Rīgā 87,0 % iedzīvotāju dzīvoja daudzdzīvokļu mājās ar vairāk nekā 10 dzīvokļiem, savukārt pārējos četros statistikas reģionos daudzģimeņu māju kā mājokļa veida īpatsvars svārstās starp 39,9 % (Vidzeme reģions) līdz 58,7 % (Kurzemes reģions). Tāpat mazākajās pilsētās dominē viengģimeņu māju īpatsvars. Vienlaikus jāņem vērā, ka citi nozīmīgi faktori varētu ietekmēt NSA veidošanos, piemēram, paradumi, vides izglītība, atkritumu šķirošanas infrastruktūras pieejamība vai tās trūkums. Šie aspekti būtu jāpēta turpmākajos pētījumos.

Papildus apkopoto datu analīzei par pilsētas lielumu, var analizēt tos pēc piederības dažādiem atkritumu apsaimniekošanas reģioniem (3.10. att.). Atbilstoši Atkritumu apsaimniekošanas valsts plānam 2013. - 2020.gadam un normatīvajam regulējumam Latvijas teritorija ir sadalīta 10 atkritumu apsaimniekošanas reģionos, no kuriem katram ir noteikts sadzīves atkritumu apsaimniekošanas poligons. Atkritumu apsaimniekošanas biznesa modeļi šajos reģionos ir diezgan atšķirīgi, dažas pašvaldības ir sadarbojušās, lai izveidotu sadzīves atkritumu savākšanas un apsaimniekošanas uzņēmumu, citos reģionos pašvaldības izvēlas vienu privātu uzņēmumu, ar kuru iedzīvotājiem jāslēdz līgumi. Par deviņiem reģioniem bija pieejami dati par vismaz divām dažādām pilsētām, bet par vienu no reģioniem bija pieejami tikai vienas pilsētas dati.



3.10.att. Atkritumu sastāva rezultāti pa atkritumu apsaimniekošanas reģioniem.

Kopējie rezultāti liecina, ka pārstrādājamo materiālu (stikls, papīrs, plastmasa, metāls) īpatsvars dažādos atkritumu apsaimniekošanas reģionos vidēji ir 32 % no nešķirotajiem sadzīves atkritumiem. No atsevišķām pārstrādājamo atkritumu frakcijām lielākā atšķirība starp reģioniem ir plastmasas atkritumiem. Kopumā lielākā atšķirība starp minimālajām un maksimālajām vērtībām dažādos reģionos ir bioloģiski noārdāmo atkritumu frakcijai ar minimumu 32,68 % un maksimumu – 45,77 %. Tomēr bioloģiski noārdāmo atkritumu frakcija bieži ir visjutīgākā pret konkrētajiem apstākļiem. Pārējās lielākās atkritumu frakcijas – Citi un Inertie atkritumi – attiecīgi veido aptuveni 12,69 un 11,59 % no kopējā atkritumu daudzuma. Nepieciešams padziļināts pētījums par patērētāju paradumiem, lai izdarītu turpmākus secinājumus par atkritumu apsaimniekošanas reģionu salīdzināšanu.

Reģionāli klasificētā datu kopa ir būtiski šķība, un pat pielietojot normalizācijas tehniku, no pieejamajiem datiem nav iespējams izveidot statistiski nozīmīgu matemātisko modeli, lai matemātiski raksturotu atšķirības starp atkritumu apsaimniekošanas reģioniem.

Empīriskā datu vākšana ļauj veikt esošās atkritumu apsaimniekošanas sistēmas sākotnējo analīzi. Esošā atkritumu apsaimniekošanas sistēma Latvijā ir veidota galvenokārt, lai atbilstu kopējām ES atkritumu apsaimniekošanas prasībām. Taču, lai mūsu ekonomikā virzītos uz augstāku materiālu aprites līmeni, būtu būtiski jāuzlabo resursu atgūšanas rādītāji, vispirms palielinot pārstrādājamo vai kompostējamo materiālu reģenerāciju. Eksperimenta rezultāti liecina, ka iepriekšējā desmitgadē nešķirotā sadzīves atkritumu plūsmā ir līdz 32,9 % otrreiz pārstrādājamo materiālu un 29,2 % bioloģiski noārdāmo atkritumu. Tādējādi gandrīz 60% atkritumu, kas šobrīd Latvijā ir pakļauti nešķirotā atkritumu apsaimniekošanas sistēmai, potenciāli varētu tikt nodalīti, nodrošinot augstāku reģenerēto materiālu kvalitāti. Turklāt tekstilizstrādājumu atkritumu savākšanai uz vietas ir vairākas iespējas, kā šos atkritumus novirzīt no apglabāšanas uz atkārtotu izmantošanu.

Rezultāti ļauj raksturot esošo atkritumu apsaimniekošanas sistēmu, īpaši atkritumu sastāvu pa dažādiem atkritumu apsaimniekošanas reģioniem un dažādām pilsētu grupām, kas klasificētas pēc to iedzīvotāju skaita. Rezultāti par dažādām pilsētu lieluma grupām liecina par skaidru sakarību starp pilsētas iedzīvotāju skaitu un konkrēto atkritumu radīto daudzumu. Šīs tendences cēloņus var turpināt pētīt, padziļināti izpētot atkritumu radītāju paradumus.

Rezultāti liecina par nelielām atšķirībām starp atkritumu sastāvu dažādos atkritumu apsaimniekošanas reģionos, tādējādi atzīmējot, ka papildus iedzīvotāju skaitam un viņu paradumiem, vietējā apsaimniekošanas sistēma katrā atkritumu apsaimniekošanas reģionā var ietekmēt savāktu nešķirotu atkritumu sastāvu, īpaši svarīga ir esošā dalītas vākšanas sistēma, tās pieejamība. Taču iegūtie dati neļāva izstrādāt matemātisko modeli, lai atšķirtu dažādus atkritumu apsaimniekošanas reģionus.

Secinājumi ļauj fokusēt turpmākos pētījumus par iedzīvotāju atkritumu rašanās paradumiem uz mazāku indikatīvo mainīgo kopumu, tādējādi ietaupot resursus un laika patēriņu pētījuma veikšanai. Makarichi et al. [120] uzsver, ka esošās atkritumu apsaimniekošanas sistēmas izvērtēšana noved pie nākamās problēmas – lēmumu pieņemšanas problēmas saistībā ar turpmāko attīstības variantu izvēli. Lai gan šī izpēte ir būtiska esošās atkritumu apsaimniekošanas sistēmas novērtēšanai, ir nepieciešams arī turpināt analizēt atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstības iespējas Latvijā, īpaši izvērtējot integrētas atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstības iespējas.

Būtiska atkritumu plūsma sadzīves atkritumos ir iepakojums. Lielu daļu iepakojuma iespējams savākt daļēti, tādējādi nodrošinot kvalitatīvu materiālu pārstrādei. Daļa no radītā izlietotā iepakojuma tiek pārstrādāta un reģenerēta ražotāju atbildības sistēmu ietvaros. Kā liecina vairāku valstu pieredze, efektīvu iepakojuma savākšanu var panākt, piemērojot depozīta sistēmu dzērienu iepakojumam. Promocijas darba laikā, depozīta sistēmas ieviešana Latvijā tika vērtēta pirms sistēmas uzsākšanas. Rezultāti ir svarīgi arī sistēmas attīstībai un turpmākai papildināšanai. Kopējā iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas, balstoties uz RAS apsaimniekošanas vidējām izmaksām un *Eurostat* datiem, 2015.gadā veidoja 13,3 milj. eiro, savukārt ieviešot depozīta sistēmu 26 milj. eiro. Otrreizējās pārstrādes apjoms kopējam iepakojumam bija 126 012 tonnas, savukārt parastā un depozīta iepakojuma otrreizējās pārstrādes apjoms bija 132 833 tonnas, no kurām 88 % jeb 116 568 tonnas otrreizēji pārstrādāja primāro iepakojumu un 12 %, jeb 16 266 tonnas pārstrādāja depozīta iepakojumu. Darba gaitā secināts, ka otrreizējās pārstrādes apjoms, ieviešot depozīta sistēmu, pieaugtu par 5,4 %, jeb 6 821 tonnām. Līdz ar otrreizējās pārstrādes apjoma palielināšanos, pieaugtu arī kopējā iepakojuma reģenerācijas apjoms par 3 %, sastādot 57 %. Kartona iekļaušana depozīta sistēmā izteikti palielinātu depozīta iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas Latvijas konteineru sistēmā, proti, apsaimniekošanas izmaksas ieļaujot kartonu depozīta sistēmā pieaugtu uz 8 009 198 eiro, taču ja kartons netiktu iekļauts, izmaksas saruktu uz 1 829 424 eiro. Depozīta iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas depozīta sistēmā, ietverot kartona iepakojumu dzērienu (3.7. tab.).

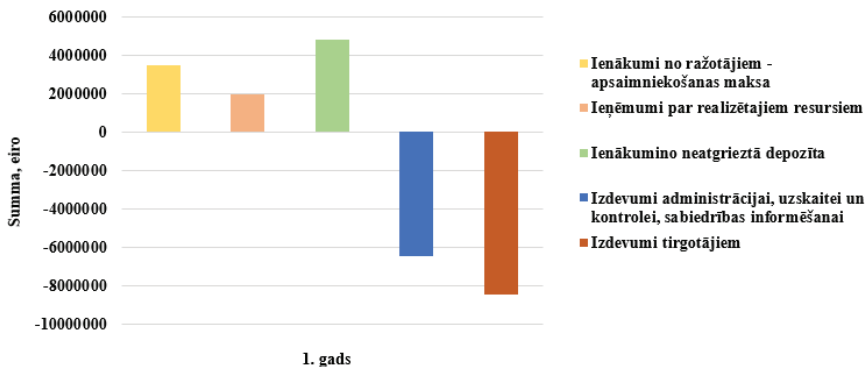
3.7. tabula.

Depozīta iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas depozīta sistēmā.

Materials	Vienības, gabali	Apsaimniekošanas maksa (bez PVN), euro/gabalā	Summa, euro	Apsaimniekošanas maksa, euro/tonna	Faktiskās izmaksas Lietuvā pie 93 % savākšanas, euro
Stikls	26 000 000	0,025	650 000	100	1 040 000
PET	262 000 000	0,035	9 170 000	1094	7 860 000
Skārdenes	157 000 000	0,015	2 355 000	904	1 727 000

Pieņemot lēmumu par depozīta sistēmas ieviešanu Latvijā, rekomendējams lemt par kartona dzērienu iepakojuma pieņemšanu automātos, jo tehniski tas ir iespējams – tas ļautu apsaimniekot vairāk atkritumu. Iekļaujot kartona dzērienu iepakojuma depozīta sistēmā, reģenerācijas apjoms pieaugtu par 9 %, sastādot 63 %. Ieviešot depozīta sistēmu (iekļaujot kartonu) otrreizējās pārstrādes apjoms gan parastajam iepakojumam, gan depozīta iepakojumam būtu par 21 086 tonnu, jeb 16,7 % lielāks nekā kopējā iepakojuma otrreizējās pārstrādes apjoms bez depozīta sistēmas. Depozīta sistēmas ieviešana mājāsaimniecībām nesīs ieguvumus – pirmajā gadā tie būs 1192 tūkst. eiro, savukārt desmitajā gadā tie pieaugs līdz 2003 tūkst. eiro, veidojot kopējos ieguvumus desmit gadu laikā 16095 tūkst. eiro. Ienākumi, ieviešot depozīta sistēmu, pieaugs, jo būs iespēja nodot vairāk iepakojuma (t.sk. dažādas stikla pudeles), kā arī patērētāju ienākumi ik gadu pieaugs, jo pieaugs atgrieztās taras īpatsvars. Tirgotāju ieguvums no depozīta sistēmas ieviešanas desmit gados būs 558 tūkst. eiro. Ienākumi tirgotājiem rodas no operatora savākšanas maksas.

Valsts un sabiedrības ieguvumi gadu no gada pieaugs, ieviešot depozīta sistēmu, un desmit gadu laikā būs 9666 tūkst. eiro. Ieguvumi radīsies, jo tiks samazinātas izmaksas lielajām talkām, kuras ik gadu tiek rīkotas Latvijā, tiks samazināts siltumnīcas gāzu emisiju radītais piesārņojums – ietaupījums būtu 19 - 25,7 milj. tonnu CO<sub>2</sub> gadā.



3.11. att. Operatora ienākumi un izdevumi depozīta sistēmā.

No 3.11. att. var secināt, ka ar depoziāta sistēmas ieviešanu pieaugs darba vietu skaits un tādējādi operatora ienākumi un izdevumi ir līdzsvarā.

Pētījuma ietvaros netika paredzētas būtiskas izmaiņas makroekonomiskajos rādītājos (iedzīvotāju skaits, pirktpēja, IKP u.c.).

Ieviešot depoziāta sistēmu, dzērienu iepakojuma reģenerācijas apjoms palielinātos par 3 %, bet otrreizējās pārstrādes apjoms pieaugtu par 5,4 %. Savukārt, iekļaujot kartona iepakojumu depoziāta sistēmā, reģenerācijas apjoms pieaugtu par 9 %, bet otrreizējās pārstrādes apjoms par 16,7%. Mājsaimniecībām depoziāta sistēmas ieviešana atmaksāsies jau pirmajā gadā. Depoziāta iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas Latvijā esošajā sistēmā ir 1 829 424 eiro, savukārt ieviešot depoziāta sistēmu, tās pieaugtu līdz 12 175 000 eiro. Savukārt, ja apskata kā mainās parastā iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas ieviešot depoziāta sistēmu, parastā iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas pieaugs par aptuveni 4 milj. eiro. Tomēr jārēķinās, ka, ievērojot jaunus ES mērķus attiecībā uz atkritumu apglabāšanu un pārstrādi, tajā skaitā iepakojuma pārstrādi, tuvākā laikā būtiski pieaugs atkritumu apsaimniekošanas izmaksas, kas varētu būtiski mainīt minētās izmaksas un būt būtisks pamats depoziāta sistēmas ieviešanai.

Jāatzīmē, ka palielinot depoziāta likmi dzērienu iepakojumam no 0,10 eiro uz 0,13 eiro, depoziāta sistēmas ieviešana desmit gadu laikā radītu ieguvumus 82 tūkst. eiro apmērā, kā arī motivētu patērētāju atgriezt izlieto to iepakojumu.

Attīstoties tehnoloģijām ir svarīgi regulāri analizēt un vērtēt gan jau sistēmā iekļauto iepakojumu materiālu pārstrādes ne tikai reģenerācijas tehnoloģijas, metodes un iespējas, gan arī jaunu iepakojuma materiālu un dzērienu iekļaušanu depoziāta sistēmā.

## **3.2. Atkritumu apsaimniekošana un aprites ekonomikas mērķi**

### **3.2.1. Lēmumu pieņemšanas process pārejai uz aprites ekonomiku**

Normatīvās izmaiņas daudzos gadījumos tiek uzskatītas par būtiskām esošā aprites potenciāla atrašanai. Normatīvie aktu prasības var sniegt pozitīvu ietekmi uz vērtību ķēdēm un veicināt sadarbību starp dažādām tautsaimniecības nozarēm, kuras, iespējams, iepriekš nebūtu izvērtējušas šo sadarbības iespēju. Dažos gadījumos, tas ir saistīts ar tehniskām problēmām, kas ietekmē materiālu plūsmas dažādās nozarēs, īpaši šeit ir jautājums atkritumu juridiskās definīcijas un noteiktiem atkritumu apstrādes pienākumiem.

Dažādu biznesa modeļu izmantošana ļauj samazināt materiālu un resursu patēriņu ražošanai, kā arī pabeigt produktu dzīves ciklu, veicot turpmāku apstrādi un pārstrādi, un to pamatā ir:

- 1) atļaušanas piegādes modeļi. Tie aizstāj materiālus no primārajiem resursiem ar atjaunojamiem, bioloģiskiem, vai reģenerētiem materiāliem, tādējādi samazinot pieprasījumu pēc primāro resursu ieguves;



- 2) resursu reģenerācijas/atgūšanas modeļi koncentrējas uz atkritumu pārstrādi otrreizējos materiālos (vai sekundārajos materiālos izejvielas), līdz ar to novirzot atkritumus no poligoniem un turklāt samazinot apjomu primāro resursu ieguvei;
- 3) produktu kalpošanas laika pagarināšanas modeļi. Koncentrējieties uz produktu patēriņa perioda pagarināšanu, palēninot materiālu plūsmu ekonomikā un samazināt primāro resursu ieguves, patēriņa ātrumu, un atkritumu radīšanu;
- 4) modeļu koplietošana. Mēdz atvieglot preču apmaiņu un tādējādi var samazināt pieprasījumu pēc jaunām [121], optimizēt galalietotājam jau piederošo produktu izmantošanu un samazināt primāro dabas resursu patēriņu;
- 5) produktu apkalpošanas sistēmu modeļi. Tādējādi tirgū tiek piedāvāti pakalpojumi, nevis produkti, tādējādi uzlabojot stimulu videi nekaitīgam produktu dizainam un efektīvākai produktu izmantošanai, sniedzot lielāku ieguldījumu primāro resursu ilgtspējīga izmantošana [122, 123, 124].

Aprites jeb aplūveida vērtību ķēde nozīmē samazinātu primārās enerģijas patēriņu resursus ražošanā un izmanto atjaunojamus, pārstrādātus vai pārstrādājamus materiālus. Materiālu atgūšana un rūpnieciskā simbioze - izseko un reģenerē produktus, pirms tie kļūst par atkritumiem, uzlabo blakusproduktu efektīvu izmantošanu un ir vērsta uz otrreizējo pārstrādi, augšup un lejup. Produkta izturība, remonts ir vērsts uz produkta dzīves ciklu "demontāžas dizaina" paplašināšana un izstrāde projektēšanas stadijā. Personalizēšana un pielāgots dizains – piedāvā veidot ilgtermiņa attiecības ar klientu, veicina lojalitāti, atvieglo remonta, materiālu reģenerācijas un otrreizējās pārstrādes izstrādi, un visbeidzot, bet ne mazāk svarīgi - iestājas pretī pārpilnība. Produktu apkalpošanas sistēma, pakalpojumu dematerializācija – nodrošina piekļuves pakalpojumam, nevis precei un tas maina domāšanas veidu no produktu piederības uz lietošanu. Un visbeidzot – dalīšanās ekonomika – nozīmē ka iedzīvotājiem ir lielākas iespējas irēt, iznomāt, dalīties, apmainīt vai aizdot preces. Tas palīdz optimizācijā ražošanas likmēm un piedāvā dažādas platformas produktu koplietošanai, apmaiņai vai noma.

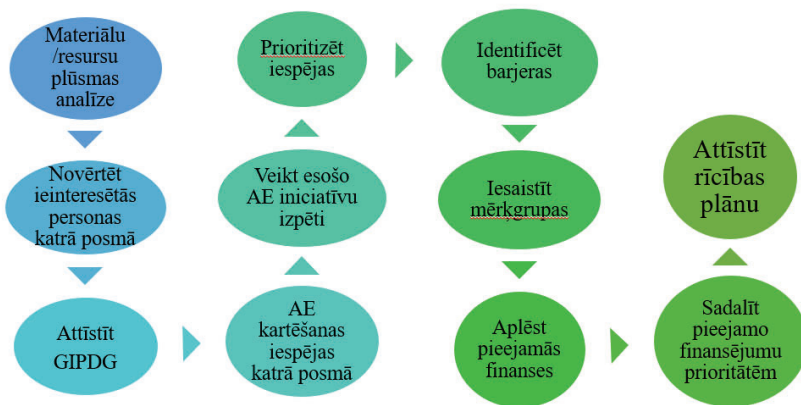
Analizējot produktu pakalpojumu veidus, tiek izdalīti galvenie. Uz produktu orientēts: biznesa modelis ir vērsts uz produktu pārdošanu. Var pievienot dažus papildu pakalpojumus, piemēram, apkopes pakalpojumus. Uz lietošanu orientēts produkts joprojām ir galvenais spēlētājs, tas pieder ražotājam-uzņēmumam un tiek piedāvāts klientam. Šīs kategorijas ideja ir nodrošināt lietotājam piekļuves produktam. Savukārt, modelis orientēts uz rezultātu: klients un pakalpojumu sniedzējs vienojas par rezultātu. Parasti procesā nav iesaistīts iepriekš noteikts produkts. Šis arī ir uz produktu orientēts:

- 1) biznesa modelis ir vērsts uz produktu pārdošanu, bet ar papildu pakalpojumiem piemēram, uzturēšanas līgums, pagarinātas garantijas iespējas;
- 2) orientēts uz lietošanu: produktam joprojām ir galvenā loma. Tas pieder pakalpojumu sniedzējam, taču tas ir pieejams klientam. To sauc arī par "piekļuves" modeli. Būtībā tas nodrošina patērētājiem piekļuves produkta funkcionalitāti, ja to pieprasa patērētājs;
- 3) orientēts uz rezultātu: patērētājs un pakalpojumu sniedzējs vienojas par rezultātu šajā biznesa modelī, produkts, iznākuma nodrošināšana patērētājam nav īpaši svarīga. Tas arī tiek minēts kā "veiktspējas" modeli [125].

Tas būs viens no svarīgākajiem uzdevumiem tuvākajā nākotnē – apzināt produktu status quo un izprast pāreju uz to, kurā virzienā būtu vispiemērotākais, ilgtspējīgākais un ekonomiski vispiemērotākais efektīva uzņēmumam.

### 3.2.2. Matrica ekonomikas aprites ekonomikas stratēģijai

Aprites uzņēmējdarbības modeļu koncepcija tiek uzskatīta par spēcīgu veicinātāju uzņēmumiem, kuri vēlas īstenot savā darbībā aprites ekonomikas praksi. Biznesa modeļu izstrāde saskaņā ar aprites ekonomikas principiem un uzņēmuma vai produkta vides un ekonomisko vērtību kapitalizāciju prasa izstrādāt jaunu prasību kopumu biznesa modeļa inovācijām. Nepieciešami biznesa modeļi jāveido tā, lai varētu saglabāt un izmantot resursos ietverto vērtību (piemēram, caur resursu atgūšana, ilgs kalpošanas laiks, vairāki lietošanas cikli), ja resursu cilpas ir jāpalēnina un jāslēdz. Darba procesa gaitā izstrādāta matrica aprites ekonomikas stratēģijas izstrādei nacionālā līmenī, kas ļauj izsekot informācijas plūsmai lēmumu pieņemšanai procesā, lai novērtētu pāreju uz aprites ekonomiku un izvēlētos piemērotāko uzņēmējdarbības modeli (3.12. att.).

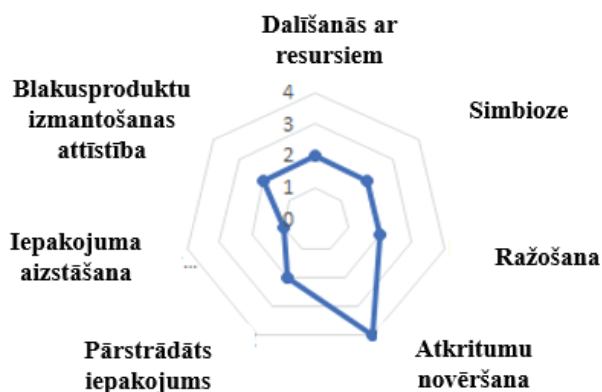


3.12. att. Aprites ekonomikas rīcības plāna izstrādes matrica (GIPDG - galveno ieinteresēto personu darba grupa).

Piemērojot šo pieeju soli pa solim, politikas veidotāji varēs izstrādāt visaptverošāko rīcību plānu, kurā būs izvērtētas un ņemtas vērā visas ekonomikas jomas, kuras risina aprites ekonomika, tiks apzinātas jau esošās aprites ekonomikas iniciatīvas un noteiktas prioritātes katrā aprites ekonomikas posmā. Tālāk nepieciešami turpmāki pētījumi, kas saistīti ar rīcības

plāna matricas daļas praktisko izstrādi, izvērtējot ieinteresētās puses katrā aprites ekonomikas posmā, attīstot iespējas un apzinot šķēršļus aprites ekonomikas īstenošanai, resursu ciklu novērtēšanu uzņēmumā, izmaksu salīdzināšanu izstrādi, ieviešot aprites ekonomikas principus un bez aprites ekonomikas elementiem. Šajā gadījumā tas būtu industriālās simbiozes īstenošanas novērtējums. Darba procesa ietvaros izstrādāta informācijas plūsmu lēmumu pieņemšanai process, lai novērtētu pāreju uz aprites ekonomiku un izvēlētos piemērotāko uzņēmējdarbības modeli.

Attiecībā uz aprites ekonomikas principu pielietojumu tekstilindustrijā, tika veiktas strukturētas intervijas ar uzņēmumu pārstāvjiem. Intervijas sastāvēja no astoņām atvērta tipa jautājumiem. Visi aptaujātie uzņēmumi ir uzskatāmi par maziem uzņēmumiem, ar darbinieku skaitu no 1 līdz 10. Viens uzņēmums dibināts 2015. gadā, divi citi 2018. gadā un viens 2019. gadā. Visi ieguvuši sociālā uzņēmēja statusu, kuru ir pienākums atjaunot reizi gadā, iesniedzot atskaites un darbības rādītājus Labklājības ministrijā. Šāda pieeja neļauj iegūt statusu tikai formalitātes dēļ. Tikai viens uzņēmums no aptaujātajiem norādīja, ka galvenie šķēršļi sociālā uzņēmēja statusa iegūšanai ir birokrātija un ļoti sarežģītā vērtēšanas procedūra. Tas nozīmē, ka Latvijas gadījumā nepieciešams izstrādāt skaidru un pārskatāmu reģistrācijas shēmu, kā arī grantu pieteikšanas procedūru.

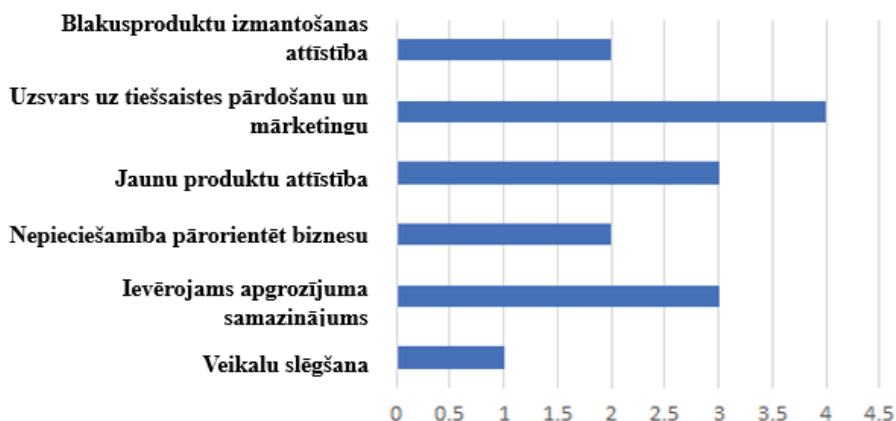


3.13. att. Aprite ekonomikas principu pielietojums biznesa modelī tekstilindustrijā.

3.13. att. analīze parāda, ka aptaujātie uzņēmumi ir atvērti aprites ekonomikai un jau aktīvi iesaista tās elementus savos uzņēmējdarbības modeļos. Turklāt viņi ir atvērti plašākai integrācijai, lai gan atsevišķi intervētie uzsvēra, ka trūkst zināšanu par atsevišķiem aprites ekonomikas elementiem un valsts atbalsta šajā ziņā. Uzņēmumi koncentrējas uz tādiem aspektiem kā otrreizēji pārstrādāts iepakojums vai izvairīšanās no iepakojuma kā tāda, ja iespējams. Blakusproduktu attīstību veicina ideja par atkritumu samazināšanu. Uzņēmumi pielieto atsevišķus industriālās simbiozes aspektus, t.i., apģērbu pārstrādes uzņēmums ZĪLE

saņēmu materiālu, kas ir ziedots labdarības veikalam un kas nav pārdots, vēl viens pozitīvs piemērs ir resursu dalīšana - aprīkojuma piedāvāšana citiem uzņēmumiem, lai iegūtu dalītas administratīvās izmaksas un izvairītos no iekārtu izmantošanas apstādinašanas. Būtisks aspekts atkritumu novēršanā - piemēram, OWA darbībā - īpaša burka adatu savākšanai, tādējādi izvairoties no to nokļūšanas atkritumu plūsmā un iespējamā kaitējuma savvaļas dzīvniekiem. Saskaņā ar intervijās sniegto informāciju, uzņēmumi aktīvi ievieš Korporatīvā sociālā atbildība (KSA). Ievērojamākie KSA piemēri ir ražošanas procesa caurspīdīgums, klienta/galalietotāja iesaistīšana ražošanas procesā, ziedojumi invalīdiem, izstrādājot un ražojot īpaši pielāgotus apģērbus.

2020. un 2021. gads uzņēmējdarbību dramatiski ir ietekmējusi *Covid-19* pandēmija, jo vairākkārt tika noteiktas *lockdown* (mājsēdes), kā ietvaros ekonomikai, uzņēmējdarbībai tika piemēroti vairāki ierobežojumi. Šī situācija ir dramatiski ietekmējusi darba ietvaros analizētos uzņēmumus, jo tie visi ir mazie uzņēmumi un daļa no tiem ietver sociāli neaizsargāto sabiedrības daļu. Galvenās problēmas ir attēlotas 3.14. att.



3.14. att. *Covid-19* pandēmijas ietekme uz uzņēmējdarbību.

Vienlaikus būtiski norādīt, ka *Covid-19* ir rosinājis uzņēmumus kļūt atbildīgākiem atkritumu samazināšanas ziņā, tādējādi maksimāli palielinot tekstilizstrādājumu izejmateriālu izmantošanu vai atkārtoti izmantot piegrieztnes - uzņēmumi var vai nu izstrādāt noteiktus jaunus produktus, izmantojot atgriezumus, vai ražot ierobežotas apģērbu kolekcijas.

No veiktās literatūras izpētes, gadījumu izpētes analīzes un veiktajām intervijām izriet, pirmkārt, ja valsts vēlas veicināt sociālo uzņēmējdarbību, ir svarīgi padarīt saprotamu apstiprināšanas procesu un padarīt to pēc iespējas vienkāršu. Būtiski paturēt prātā, ka sociālie uzņēmumi vairumā gadījumu tiek dibināti ne tikai pēc slavenā Milтона Frīdmena citāta “Biznesa biznes ir business”, bet vairumā gadījumu tie galvenokārt tiecas atrisināt noteiktas sociālās problēmas. Tāpēc nepieciešams izstrādāt pārskatāmu un skaidru noteikumu kopumu, lai uzņēmums varētu pretendēt uz sociālā uzņēmuma statusu, tādējādi samazinot arī birokrātisko slogu.

Otrs aspekts, kas jāatzīmē, ir aprites ekonomikas elementu ieviešana sociālā uzņēmuma ikdienas darbībā. Tāpēc nepieciešams izstrādāt noteiktas vadlīnijas uzņēmumiem (šeit vadlīnijas varētu sākt ar sociālajiem uzņēmumiem, bet pēc tam varētu arī paplašināt, aptverot visu veidu uzņēmumus) par aprites ekonomikas elementiem un praktiskiem aspektiem, kā pāriet no lineārās uz vairāk. aplūveida biznesa modeļus, ieviešot tādus aspektus kā resursu koplietošana, iekārtu koplietošana, simbiozes izmantošana, kad viena uzņēmuma atkritumi var kļūt par cita uzņēmuma aunu/izejmateriālu, pārstrādātu un/vai pārstrādājamu materiālu izmantošana gan ražošanas procesā, gan iepakojumā utt.

Tekstilizstrādājumu atkritumi ir jauna atkritumu frakcija, kurai ir noteikti īpaši mērķi ES direktīvā par atkritumiem, tāpēc ir ārkārtīgi svarīgi veicināt sociālos uzņēmumus tekstilizstrādājumu ražošanas un pārstrādes jomā. Nepieciešams veicināt saprātīgu patēriņu un pārtraukt ātro modi, kā arī veicināt pārstrādes aktivitātes, lai samazinātu tekstila atkritumu daudzumu, kas nonāk poligonos vai tiek sadedzināti. Latvijai un citām valstīm, kuras ir izstrādājušas vai apsver aprites ekonomikas stratēģijas, sociālie uzņēmumi ir jauns uzņēmējdarbības veids, jauni uzņēmējdarbības modeļi, kas veicina pāreju uz aprites ekonomiku un saprātīgāku patēriņu

Pasaules ekonomika ir atkarīga no savstarpēji saistītām piegādes ķēdēm, kuras uztur vairāk nekā 100 miljardi tonnu izejvielu, kas katru gadu nonāk saimnieciskajā sistēmā. Tas ir bijis neilgtspējīgi gadu desmitiem, un dažu mēnešu laikā kopš koronavīrusa uzliesmojuma sākuma kļuva skaidrs, ka tas ir būtami trausls. *Covid-19* izraisījis lielāku ar mājāsaimniecību un personīgo veselību saistītu produktu ražošanu un patēriņu, kas pārsvarā ir vienreiz lietojami un satur vērtīgus resursus, piemēram, plastmasu, tekstilizstrādājumus, metālus, elektroniku. Produktu ražošanas un patēriņa izmaiņas bija saistītas ar valdību pieņemtajiem lēmumiem un noteiktajiem ierobežojumiem. 3.8. tabulā sniegts Latvijas valdības pieņemto pasākumu salīdzinājums dažādos bloķēšanas periodos.

3.8. tabula.

Ierobežošanas pasākumi *Covid-19* pandēmijas laikā bloķēšanas periodos.

Jomas	Pavasara bloķēšana	Rudens daļējā bloķēšana	Ziemas bloķēšana
Robežas	slēgtas	Atvērtas ar ES DV	Atvērtas ar ierobežojumiem
Bērnu dārzi	Ierobežots apmeklējums	Pilna laika	Pilna laika
Skolas	tiešsaistē	Pilna laika 1.-6. klase	Tiešsaistē vai pilna laika ar lieliem ierobežojumiem 1.–4. klasei
Augstskolas	tiešsaistē	tiešsaistē	tiešsaistē
Darba vietas	distancēti, ja iespējams	distancēti, ja iespējams	distancēti, ja iespējams
Izklaides vietas	slēgtas	ar ierobežojumiem	slēgtas

Mazumtirdzniecība	atvērti, ar ierobežojumiem nedēļas nogalēs (var strādāt tikai pārtikas, aptiekas, datortehnikas veikali)	atvērti, darbojas ar ierobežojumiem pēc m <sup>2</sup> un nedēļas nogalēs	atvērti, ar ierobežojumiem brīvdienās (atļauts - pārtika, aptiekas; aizliegts - alkohols, tabaka)
Ēdināšana	Tikai līdzī nešanai un piegādei	Atvērti, darbojas ar ierobežojumiem	Tikai līdzī nešanai un piegādei
Publiskais transports	Ierobežotu vietu skaits	Jālieto maskas	maskas, ierobežota ietilpība (līdz 50%)
Sporta zāles	slēgtas	Individuālie treniņi (1:1)	individuālie treniņi ar ierobežojumiem

Pirmā un nākamo ierobežojumu analīze parāda, ka veiktās darbības ietekmē:

- 1) atkritumu rašanās palielināšanās mājāsaimniecībās (vienlaikus samazinās atkritumu rašanās birojos, sabiedriskās vietās);
- 2) iepakojuma patēriņa pieaugums mazumtirdzniecībā (papildu iepakojums higiēnas apsvērumu dēļ);
- 3) elektrisko un elektronisko iekārtu pārdošanas apjoma pieaugums (iekpojuma patēriņa pieaugums);
- 4) gaisa piesārņojuma un satiksmes sastrēgumu samazināšana;
- 5) bezdarba pieaugums un jaunu biznesa ideju pieaugums (roku darba sektors);
- 6) administratīvo izmaksu samazināšana komersantiem (biroja uzturēšana, ceļa izdevumi);
- 7) nekustamā īpašuma pārdošanas apjoma pieaugums priekšpilsētās.

Latvijas gadījumā ar ierobežojumiem cīnījušies visi veikali, kuriem nav iespēju iepirkties internetā, un daudzi no tiem bija spiesti uzņēmumus slēgt. Tas ietver arī tā sauktos beramkravu veikalus (*Zero Waste* veikali), kas pēdējā laikā ir ieguvuši lielu popularitāti un kuriem ir liela ietekme uz iepakojuma atkritumu samazināšanu. Taču vienlaikus gandrīz neviens no tiem nepiedāvā klientam tiešsaistes pirkšanas iespējas. Vēl viena pēdējā laikā novērota parādība ir tā, ka iedzīvotāji būtiski samazinājušies pudelēs pildītā ūdens lietošanā. Tas izskaidrojams ar to, ka cilvēki strādā no mājām un vai nu izmanto krāna ūdeni, vai izvēlas liela apjoma dzeramā ūdens pudeles.

Šis izvērtējums ir svarīgs kontekstā ar jautājumu par atkritumu sastāva izmaiņām, to, vai izmaiņas ir būtiskas un paliekošas, un vai tas var būtiski ietekmēt esošās tendences, kā rezultātā būtu nepieciešams mainīt atkritumu apsaimniekošanas politiku, pielietotos instrumentus, kā arī, vai pandēmija ietekmējusi pāreju uz aprītes ekonomikas modeli. *Covid-19* ir nesis arī virkni pozitīvu pārmaiņu, kas galvenokārt saistītas ar vidi un klimata pārmaiņām (3.15. att.).



3.15. att. *Covid-19* pozitīvā ietekme uz resursu patēriņu.

Aprites ekonomikas principus var praktizēt visos līmeņos tagad un nākotnē, sākot no sejas masku dezinfekcijas, kas glābj dzīvības, līdz *SMART* reģionālo politiku un stratēģiju ieviešanai, kas maksimāli palielina resursu izmantošanu, samazina piesārņojumu un rada neskaitāmas uzņēmējdarbības iespējas [64]. Saskaņā ar Vorikas Universitātes (2020) veikto pētījumu, ir svarīgi, lai aprites ekonomikas elementi tiktu pārņemti visās nozarēs, katrai no tām izmantojot dažādas stratēģijas. Raugoties uz uzņēmējdarbības pārstrukturēšanas periodu pēc pandēmijas, varētu būt noderīgi aptvert digitālo tehnoloģiju pārveidojošās iespējas piegādes ķēdes noturībai, izmantojot: lielo datu analīzi piegādātāju atlases procesu racionalizēšanai, mākoņdatošanu, lai atvieglotu un pārvaldītu attiecības ar piegādātājiem. Svarīgs aspekts saistīts ar interneta iespējām un lietošanu, lai uzlabotu loģistikas un nosūtīšanas procesus. Veiktā analīze ļāvusi secināt, ka 2020. gads ar pandēmijām ir novedis pasaules ekonomiku daudzās jomās lejupslīdes un izdzīvošanas fāzē, bet vienlaikus tas ir bijis labs aprites ekonomikas stimuls, kas ir ļoti svarīgi. Nepieciešams meklēt iespējas, lai tautsaimniecības atdzīvināšana notiktu ātrāk un virzītos ilgtspējības virzienā. Šobrīd Latvijas, kā arī citu valstu politikas veidotājiem ir svarīgi veikt esošo vai plānoto aprites ekonomikas stratēģiju efektivitātes novērtējumu, apsvērt visvairāk skartās tautsaimniecības nozares, lai izstrādātu īstermiņa un ilgtermiņa rīcības plānus, kas ne tikai veicinātu pāreju uz aprites

ekonomiku, bet arī nodrošinātu saprātīgus praktiskus risinājumus, tostarp politikas atbalstu, mentoringu un finanšu instrumentu piesaisti.

### 3.3. Zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu loma un vieta atkritumu apsaimniekošanā

Aptauja tika iesaistīti vairāk kā 20 Latvijas vides eksperti, tajā skaitā atkritumu apsaimniekošanas jomas speciālisti. Pārejai uz aprites ekonomiku ir būtiska ietekme uz prasmju vajadzībām, palielinoties vides nozaru pieprasījumam pēc kvalificēta darbaspēka, darba ņēmēju kvalifikācijas paaugstināšana visās nozarēs un darbinieku pārkvalificēšana nozarēs, kas ir pakļautas pārstrukturēšanai, tāpēc aptaujā tika iesaistīti arī 25 Latvijā studējošie studenti, kas apgūst finanšu un grāmatvedības profesijas un uzņēmējdarbības vadību. Minēto studiju kursu mācību programmās ir arī vides aizsardzības un atkritumu apsaimniekošanas pamati.

Aptaujā iesaistītajiem respondentiem bija uzdevums novērtēt zaļos uzņēmumus, ZDV un sabiedrības zaļās aktivitātes, nosakot, kas kurai grupai ir būtiskākie ietekmējošie aspekti – izglītība, inovatīva domāšana, ekonomiskie aspekti, sociālie ieguvumi, vides un klimata aspekti un motivācija aprites ekonomikas mērķu sasniegšanai. Aptaujā iegūtie rezultāti tika salīdzināti, ievērojot viedokļus, ko atsevišķi sniedza vides eksperti un studenti (3.9. tab.).

3.9. tabula.

Kopējais ekspertu un studentu vērtējums par zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu lomu aprites ekonomikā.

<b>Novērtējums</b> (punkti 0-5)*	<b>Zaļie</b> <b>uzņēmumi</b>	<b>Zaļās darba</b> <b>vietas</b>	<b>Sabiedrības</b> <b>zaļās aktivitātes</b>
<b>Izglītības nepieciešamība</b> (specifiska/augstākā)	4,07	3,66	3,44
<b>Inovācijas</b> (jaunuma līmenis, nepieciešamība, efektivitāte)	4,43	3,75	3,04
<b>Ekonomiskie aspekti</b> (nodokļu politika, izmaksas, pievienotā vērtība)	4,50	3,60	2,80
<b>Sociālie ieguvumi</b> (tēls, prestīžs, kvalitāte)	4,46	3,91	3,87
<b>Vides aspekti</b> (ietekmes uz vidi, piesārņojuma samazināšanas un novēršanas iespējas)	4,67	4,29	4,44
<b>Klimata aspekti</b> (ietekmes uz klimata pārmaiņām mazināšana)	4,47	3,98	4,15

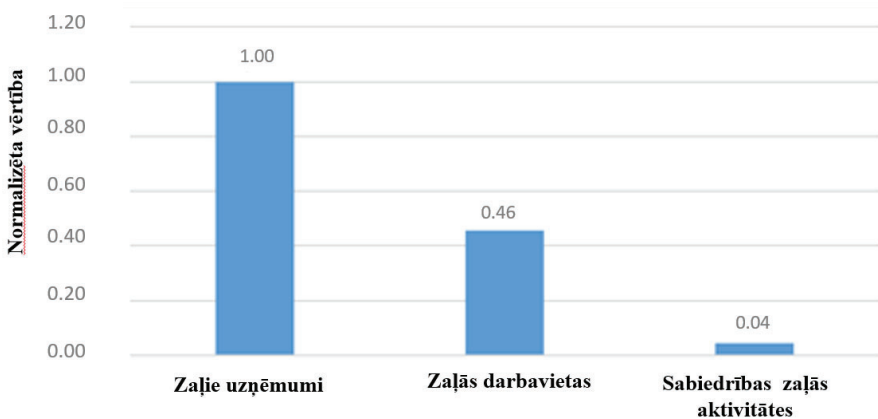


<b>Motivācija</b> mērķu sasniegšanai (ieguvumi, konkurence)	4,40	3,91	3,94
--	------	------	------

\*- novērtējuma skala ( 0 – nav viedokļa/nezinu; 1 – mazsvarīgi, 5 – ļoti svarīgi)

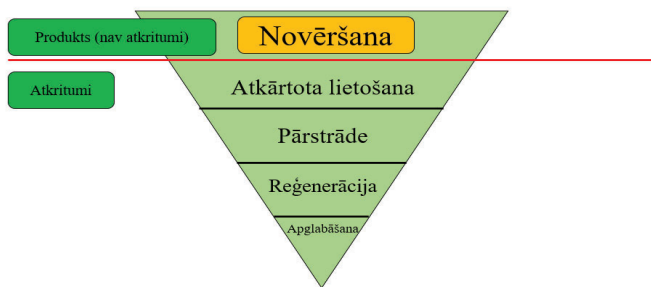
Zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības aktivitāšu lomu un vietu aprites ekonomikas un tajā skaitā atkritumu apsaimniekošanas sistēmas attīstībā lomas novērtēšanai tika izmantota daudzkritēriju analīze. Šajā darbā izvēlēta daudzkritēriju metode ir TOPSIS [101].

Analīzes gaitā, veicot anketēšanu, aprēķinot vidējos rādītājus un pielietojot daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodi (TOPSIS), rezultāti uzskatāmi parāda, ka no izvēlētajām alternatīvām visefektīvāk rezultātus aprites ekonomikas modelī atkritumu dalītās vākšanas un pārstrādes jomā var sasniegt zaļo uzņēmumu ietvaros (3.19. att.).



3.19. att. Zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu ranžēšanas rezultāti, izmantojot TOPSIS modeli.

Pamatojoties uz veikto aptauju rezultātiem un informācijas analīzi tika novērtēta zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu loma atkritumu apsaimniekošanas jomā, ievērojot atkritumu hierarhiju aprites ekonomikas modelī. Saskaņā ar atkritumu apsaimniekošanas hierarhiju primārais ir atkritumu rašanās novēršana un samazināšana, tam seko atkārtota lietošana, atkritumu pārstrāde un reģenerācija (3.20. att).



3.20. att. Atkritumu apsaimniekošanas hierarhija.

Pētījuma rezultāti rāda, ka būtiskākā loma aprites ekonomikas modelī un atkritumu apsaimniekošanas hierarhijas īstenošanā ir zaļajiem uzņēmumiem, tas ir uzņēmumiem, kuru pamatdarbība atbilstoši Eiropas Kopienas Saimniecisko darbību statistiskai klasifikācijai *NACE* tiek veikta, nodrošinot vides pakalpojumus. Promocijas darba kontekstā tie ir uzņēmumi, kas veic atkritumu apsaimniekošanu. Šeit pieskaitāmi arī paplašinātās ražotāju atbildības sistēmas uzņēmumi un uzņēmumi, kuri veic konsultantu funkcijas atkritumu apsaimniekošanas jomā. Vienlaikus jāatzīmē, ka šajos uzņēmumos visas darba vietas nav ZDV, jo kā jebkurā citā uzņēmumā, nepieciešami darbinieki, kas veic atbalsta funkcijas – nodrošina administratīvo darbu un tehniskos pakalpojumus.

Aprites ekonomikas modelī palielinās atkritumu poligonos apglabājamo atkritumu apjoma samazināšanas nepieciešamība, un tā ir saistīta ar resursu efektivitātes palielināšanu. Līdz ar to pieaug atkritumu pārstrādes loma, lielāku akcentu liekot uz materiālu pārstrādi materiālos. Tas nozīmē, ka jāattīsta atkritumu pārstrādes iespējas, lai radītu jaunus materiālus, jaunas preces. Attīstot pārstrādes tehnoloģijas, tiek veidoti jauni uzņēmumi, kas pēc būtības ir zaļie uzņēmumi, jo veic atkritumu pārstrādi. Otrs virziens, kur attīstās zaļie uzņēmumi atkritumu apsaimniekošanas jomā, ir uzņēmumi, kuri ne tikai savāc atkritumus no to radītājiem, bet vāc dalīti atkritumus, šķiro tos un sagatavo pārstrādei. Šajā virzienā īpaši attīstās uzņēmējdarbība pēdējos gados. Tā kā Eiropas Savienībā izvirzīts mērķis 2035. gadā apglabāt poligonos ne vairāk kā 10 % no gadā radītā sadzīves atkritumu apjoma, izmaiņas skar arī atkritumu poligonos, kuros tiek attīstītas un dažādotas atkritumu apsaimniekošanas darbības – veidotas šķirošanas un pārstrādes iekārtas. Lai sasniegtu nospraustos mērķus, nepieciešami uzņēmumi, kas nodarbojas ar vides konsultāciju sniegšanu un sabiedrības izglītošanu un informēšanu, ko var veikt arī jau esošie atkritumu apsaimniekošanas uzņēmumi, attīstot jaunas kompetences. Sabiedrības izglītošana un informēšana svarīga, lai pēc iespējas kvalitatīvāk atkritumi tiktu sašķīroti jau to rašanās avotā, tādējādi nodrošinot kvalitatīvāka materiāla sagatavošanu pārstrādes vajadzībām.

Virziens, kas būtiski attīstās pēdējos gados, un ir saistīts ar atkritumu apjoma samazināšanu un resursu lietderīgāku izmantošanu, ir lietu atkārtota lietošanu un izmantošanu

– remonta darbnīcas, uzņēmumi, kas sagatavo lietas atkārtotai izmantošanai. Šeit īpaša vieta arī sociālai uzņēmējdarbībai. Arī šie uzņēmumi uzskatāmi par zaļajiem uzņēmumiem.

Attīstoties atkritumu apsaimniekošanai saskaņā ar aprites ekonomikas mērķiem, būtiski pieaug arī zaļo uzņēmumu vieta un loma, kas saistīta ar jaunu darba vietu izveidi, no kurām liela daļa ir ZDV. Līdz ar to zaļo uzņēmumu loma ir būtiskākā aprites ekonomikas attīstībā, jo visātrāk sasniedz atkritumu apsaimniekošanas mērķus, vienlaikus nodrošinot jaunu darba vietu radīšanu.

Saskaņā ar aptaujas rezultātiem zaļo uzņēmumu attīstībai būtiskākie motivējošie aspekti ir vides aizsardzības prasības, kas saistītas ar ietekmes uz vidi novērtēšanu, piesārņojuma samazināšanas un novēršanas iespējām un ekonomiski aspekti. Nosakot šīs prasības un piesārņotāju pienākumus, tām jābūt saprātīgām, izpildāmām, skaidrām un atbilstošām vides politikas pamatprincipiem – “piesārņotājs maksā”, novēršanas princips, piesardzības princips, izvērtēšanas princips un ražotāju paplašinātās atbildības princips. Savukārt ekonomiskie aspekti, kas veicina zaļo uzņēmumu attīstību saistās ar valstī noteikto motivējošo nodokļu politiku, preču ražošanas un pakalpojumu sniegšanas izmaksām un motivējošu tirgus pieprasījuma politiku pārstrādātiem produktiem. Savukārt vismazāk svarīgais aspekts atbilstoši ekspertu viedoklim zaļo uzņēmumu attīstībā ir specifiskai izglītībai, kas saistāms ar iedzīvotāju mobilitāti un gatavību apgūt jaunas prasmes un zināšanas darba procesā.

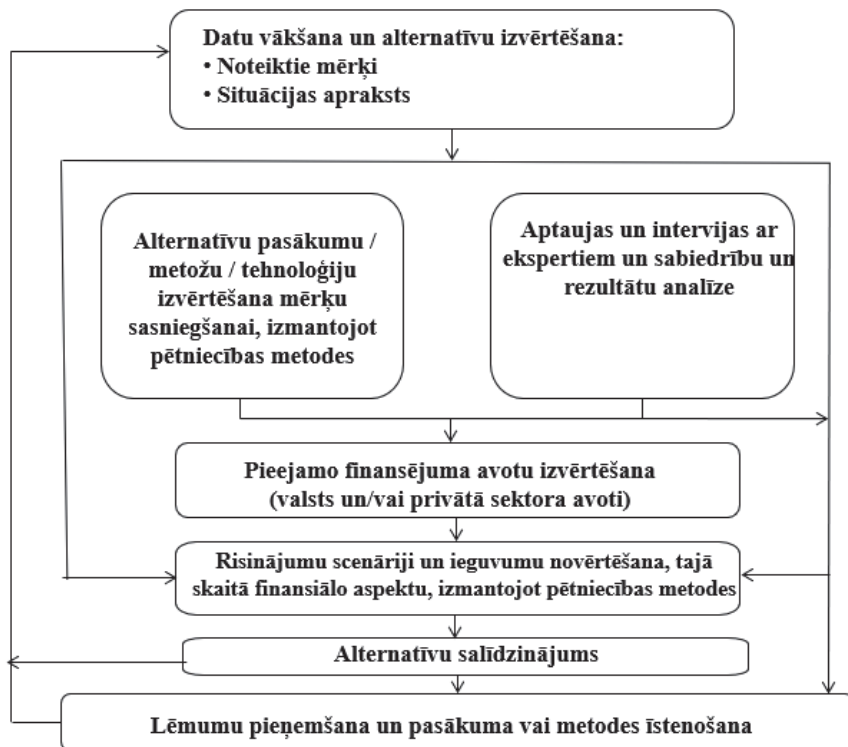
Tas, ka zaļajiem uzņēmumiem atkritumu apsaimniekošanas jomā ir būtiskākā loma, kā to parādīja pētījuma laikā veiktās aptaujas un modelēšanas rezultāti, skaidrojams ar to, ka šie uzņēmumi veic konkrētas plānotas darbības atkritumu apsaimniekošanas jomā - atkritumu savākšana, pārvadāšana, šķirošana apstrāde, pārstrāde, reģenerācija un apglabāšana, sagatavošanu atkārtotai lietošanai, lietu labošanu un remontu, lai pagarinātu to lietošanas laiku. Minētās darbības ir šo uzņēmumu pamatdarbība. Šeit jāpieskaita arī uzņēmumi, kas nodarbojas ar konsultāciju sniegšanu, pārstrādes tehnoloģiju un tehnikas izstrādi un ražošanu un produktu un iepakojuma izstrādi ar mērķi samazināt atkritumu apjomu kā tādu un samazināt apglabājamo atkritumu apjomu. Respektīvi, šo uzņēmumu sniegums ļauj sasniegt minētos mērķus visātrāk efektīvākā veidā un maksimāli lielākā skaitliskā vērtībā.

Novērtējot zaļo uzņēmumu, zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu lomu atkritumu apsaimniekošanas jomā, ievērojot atkritumu hierarhiju aprites ekonomikas modelī, rezultāti uzskatāmi parāda, ka no izvēlētajām alternatīvām visefektīvāk rezultātus var sasniegt zaļo uzņēmumu ietvaros, tālāk ierindojamās zaļās darba vietas un vismazākā loma ir sabiedrības zaļajām aktivitātēm.

### **3.4. Rezultāti un analīze – kopsavilkums**

Pētījumā izmantotās metodes parāda, ka, lai izvēlētos tehnoloģijas vai pieņemtu lēmumus atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas jomā, nepieciešams izmantot pētniecības metodes un tās ir jākombinē, jo ne visus aspektus iespējams izvērtēt ar vienu metodi. Zinātnisko pētniecības metožu izmantošana atkritumu apsaimniekošanas un aprites

ekonomikas jomā padara izvēles un lēmumus pārdomātus, pamatotus un ilgtspējīgākus, ko pamato lēmumu pieņemšanas procesa shēma (3.21. att.).



3.21. att. Lēmumu pieņemšanas procesa shēma.

Zinātnisko pētniecības metožu izmantošana alternatīvu risinājumu izvērtēšanā atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas jomā var palīdzēt:

- 1) uzņēmējiem, izvēloties tehnoloģijas atkritumu apsaimniekošanā;
- 2) plānotājiem un politikas veidotājiem veikt esošās aprites ekonomikas stratēģijas efektivitātes novērtējumu, izvērtēt tautsaimniecības nozares, lai izstrādātu īstermiņa un ilgtermiņa rīcības plānus, nodrošinātu praktiskus risinājumus un veidotu pieeju, lai varētu maksimāli efektīvi reaģēt uz krīzes situācijām un veidot krīzes situāciju stratēģijas;
- 3) Finanšu devējiem, lai izvērtētu pieteikto un atbalstāmo projektu atbilstību virzībai uz aprites ekonomikas modeli un prioritātes.

Pētniecības datu radīšanā un pārvaldībā svarīgi ir izmantot vadlīnijas iesaistītajām pusēm, kas definētas, lai veicinātu maksimālu pētniecības datu izmantošanu, respektīvi, FAIR dati ir atrodami, pieejami, savietojami un atkalizmantojami. FAIR pieeja attiecināma ne tikai uz datu radīšanu un izmantošanu, bet arī uz pētniecības metodēm, īpaši uzsverot datu un metožu atkalizmantojamību. Darba izstrādē izmantotās metodes ne tikai izmantojamas citu atkritumu plūsmu apsaimniekošanas metožu un tehnoloģiju izvēlei, pasākumu izvēlei un politikas veidošanai atkritumu apsaimniekošanas un aprites ekonomikas jomā, bet pat vēlams tās izmantot, lai īstenotu jēgpilnus pasākumus, kas balstīti salīdzināmos rādītājos, indikatorus un datu, metožu un pasākumu pēctecībā (3.22. att.).



3.22. att. Zinātnisko pētījumu un pētniecības metožu izmantošana datu radīšanā un pārvaldībā.

Papīra atkritumi ir laba izejviela dažādu produktu ražošanai. Papīra pārstrādes tehnoloģijas ir dažādas, un aprites ekonomikas attīstības dēļ palielinās iespējas jauniem, inovatīviem produktiem. Daudzkritēriju analīzes rezultāti parādīja, ka celulozes nanošķiedru un celulozes nanokristālu ražošanai ir priekšrocības salīdzinājumā ar olu iepakojumu un kartona ražošanu, bet atkārtoti lietojama papīra ražošana ir ekonomiski izdevīga. Celulozes nanošķiedru un nanopapīra ražošanai ir potenciāls nākotnes papīra pārstrādes tirgū, jo to var ražot no papīra pārstrādes procesā radušajām papīrfabrikas dūņām.

Ieviešot depoziāta sistēmu, dzērienu iepakojuma reģenerācijas apjoms palielinātos par 3 %, bet otrreizējās pārstrādes apjoms pieaugtu par 5,4 %. Savukārt, iekļaujot kartona iepakojumu depoziāta sistēmā, reģenerācijas apjoms pieaugtu par 9 %, bet otrreizējās pārstrādes apjoms par 16,7 %. Ievērojot jaunus ES mērķus attiecībā uz atkritumu apglabāšanu un pārstrādi, tajā skaitā iepakojuma pārstrādi, tuvākā laikā būtiski pieaugs atkritumu apsaimniekošanas izmaksas, kas varētu būtiski mainīt minētās izmaksas un būt būtisks pamats depoziāta sistēmas ieviešanai. Palielinot depoziāta likmi dzērienu iepakojumam no 0,10 eiro uz

0,13 eiro, depozīta sistēmas ieviešana desmit gadu laikā radītu ieguvumus 82 tūkst. eiro apmērā, kā arī motivētu patērētāju atgriezt izlietoto iepakojumu.

Tekstilizstrādājumu atkritumi ir jauna atkritumu frakcija, kurai ir noteikti īpaši mērķi ES direktīvā par atkritumiem. Šī ir specifiska atkritumu plūsma, kurai ir daudzveidīgas apsaimniekošanas iespējas, tajā skaitā šeit ir vieta arī sociālai uzņēmējdarbībai, tāpēc ir ārkārtīgi svarīgi veicināt sociālo uzņēmumu izveidi un attīstību tekstilizstrādājumu ražošanas un pārstrādes jomā. Nepieciešams veicināt saprātīgu patēriņu un pārtraukt ātro modi, kā arī veicināt pārstrādes aktivitātes, lai samazinātu tekstila atkritumu daudzumu, kas nonāk poligonos vai tiek sadedzināti.

Valstij nepieciešams veicināt sociālo uzņēmējdarbību, vienkāršojot apstiprināšanas procesu un ievērojot, ka sociālie uzņēmumi tiek dibināti ne tikai pēc Milтона Frīdmena citāta "Biznesa biznes ir biznes", bet tie galvenokārt tiecas atrisināt noteiktas sociālās problēmas. Tāpēc nepieciešams izstrādāt pārskatāmu un skaidru noteikumu kopumu, lai uzņēmums varētu pretendēt uz sociālā uzņēmuma statusu, tādējādi samazinot arī birokrātisko slogu. Valstij jāveicina aprites ekonomikas elementu ieviešana sociālā uzņēmuma ikdienas darbībā.

Atkritumu izmantošana enerģijas ražošanā atšķiras ar tehnoloģiskiem risinājumiem, ar inovācijām produktu ražošanai, ar augstāku pievienoto vērtību, ar izejvielu ieguves vietu un metodēm. Atkritumu kā energoresursu izmantošanai Latvijā ir potenciāls, ievērojot izvirzītos atkritumu apsaimniekošanas mērķus 2035. gadam. Lai nodrošinātu, ka atkritumu poligonos tiek apglabāti tikai 10 % no kopējā radīto sadzīves atkritumu daudzuma, nepietiek sasniegt tikai noteikto atkritumu pārstrādes mērķi – 65 % no radīto sadzīves atkritumu apjoma pēc svara. Līdz ar to līdz 25 % no radīto sadzīves atkritumu daudzuma 2035. gadā ir iespējams izmantot enerģijas ieguvei un tālākai izmantošanai. No atkritumiem iegūto enerģiju var izmantot siltuma vai elektrības ražošanā, un ar to var aizstāt enerģiju, kas ražota, izmantojot akmeņogles vai citu fosilo kurināmo.

Tā kā atkritumu savākšana, pārvadāšana, šķirošana apstrāde, pārstrāde, reģenerācija un apglabāšana, sagatavošanu atkārtotai lietošanai, lietu labošana un remonts, konsultāciju sniegšana, pārstrādes tehnoloģiju un tehnikas izstrāde un ražošana un produktu un iepakojuma izstrāde ar mērķi samazināt radīto atkritumu apjomu un apglabājamo atkritumu apjomu ir zaļo uzņēmumu pamatdarbība, šo uzņēmumu sniegums ļauj sasniegt atkritumu apsaimniekošanas mērķus visefektīvākā veidā un maksimāli lielākā skaitliskā vērtībā.

Zaļo uzņēmumu attīstībai būtiskākie motivējošie instrumenti ir vides aizsardzības prasības, kas saistītas ar ietekmes uz vidi novērtēšanu, piesārņojuma samazināšanas un novēršanas iespējām, un ekonomiskie aspekti. Ekonomiskie aspekti, kas veicina zaļo uzņēmumu attīstību saistās ar valstī noteikto motivējošo nodokļu politiku, preču ražošanas un pakalpojumu sniegšanas izmaksām un motivējošu tirgus pieprasījuma politiku pārstrādātiem

produktiem. Zaļo darbavietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu attīstībā būtiskākie motivējošie aspekti ir vides un klimata aspekti, bet vismazāk svarīgākie ir ekonomiskie aspekti. Nav identificēti šķēršļi, kas kavē ar aprites ekonomiku saistīto zaļo darbavietu attīstību saistībā ar atkritumu apsaimniekošanu un to radīšanas novēršanu.

## SECINĀJUMI

1. Pētījuma rezultāti apstiprina izvirzīto hipotēzi - ka, lai panāktu, ka Latvija ilgtermiņā kļūst par resursu efektīvu valsti, kura īsteno aprites ekonomikas modeli un nulles atkritumu stratēģiju (radīto atkritumu apjoms samazinās un poligonos apglabājamo atkritumu apjoms tuvojas nullei), ilgtspējīgāku (ietver ekonomisko, sociālo un vides dimensiju) rezultātu var sasniegt, lēmumu izstrādes un pieņemšanas procesā izmantojot zinātniskās pētniecības metodes. Katrai atkritumu plūsmai vai pārstrādes veidam pielietojamas vairākas pētniecības metodes, ievērojot datu un metožu atkalizmantojamību, kas veido kompleksu pieeju un ļauj izdarīt pārdomātas un ilgtspējīgākas izvēles un pieņemt lēmumus par izmantojamām atkritumu pārstrādes un reģenerācijas tehnoloģijām, īstenojamiem pasākumiem pārejai uz aprites ekonomiku un finanšu avotiem, jo ne visus aspektus iespējams izvērtēt ar vienu metodi. Šī pieeja jāievēro arī tautsaimniecības procesos gan tehnoloģisko risinājumu un izejvielu izvēles gadījumā, gan politikas instrumentu izvēļu gadījumā, gan lēmumu pieņemšanas procesā, tajā skaitā finanšu instrumentu un atbalsta izvēles procesā.
2. Izpēte, kas veikta ar daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas metodi (TOPSIS), analizējot atkritumus kā potenciālos energoresursus, rezultāti uzskatāmi parāda, ka no izvēlētajām alternatīvām visvēlamākā ir organisko atkritumu izmantošana biogāzes ražošanai. Tas paver iespējas iegūt biodegvielu autotransporta vajadzībām. Atkritumu reģenerācija kopumā var palīdzēt samazināt apglabājamo atkritumu daudzumu un siltumnīcefekta gāzu emisijas. Visneizdevīgākais risinājums pie izvēlētajiem kritērijiem ir atkritumu dedzināšana katla kurtuvē, tā ir visneefektīvākā metode un rada vislielākos draudus apkārtējai videi un cilvēku veselībai.
3. Zaļo uzņēmumu, zaļo darbavietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu efektivitātes izvērtēšanai atkritumu apsaimniekošanas jomā, darbības radītāji saistāmi ar atkritumu hierarhiju aprites ekonomikas modeļa ietvaros – samazinās radīto atkritumu apjoms, samazinās apglabāto atkritumu apjoms, pieaug pārstrādājamo un pārstrādāto atkritumu apjomi. Tomēr katrai grupai piemērojami atšķirīgi rādītāji, jo zaļie uzņēmumi veidoti ar mērķi efektīvi apsaimniekot atkritumus. Savukārt zaļo darba vietu un sabiedrības zaļo aktivitāšu loma un nozīme saistāma ne tikai ar atbilstošu atkritumu apsaimniekošanu, bet arī ar atkritumu apjoma samazināšanu un to rašanās novēršanu. Nepieciešami turpmāki pētījumi par videi draudzīgu prasmju, kompetenču un zaļo darbavietu attīstību uzņēmumos kā reakciju uz tirgus un politikas instrumentiem.



4. Pētījuma laikā veiktā analīze ļāvusi secināt, ka 2020. gads ar pandēmijām ir bijis aprites ekonomikas stimuls un, lai gan tas ir novedis pasaules ekonomiku daudzās jomās lejupslīdes un izdzīvošanas fāzē. Tāpēc ir ļoti svarīgi meklēt iespējas, lai tautsaimniecības atdzīvināšana notiktu ātrāk un virzītos ilgspējības virzienā. Šobrīd Latvijas, kā arī citu valstu politikas veidotājiem ir svarīgi veikt esošo vai plānoto aprites ekonomikas stratēģiju efektivitātes novērtējumu, apsvērt visvairāk skartās tautsaimniecības nozares, lai izstrādātu īstermiņa un ilgtermiņa rīcības plānus, kas ne tikai veicinātu pāreju uz aprites ekonomikas modeli, bet arī nodrošinātu saprātīgus praktiskus risinājumus, tostarp politikas atbalstu, mentoringu un finanšu instrumentus un veidot pieeju, lai varētu maksimāli efektīvi reaģēt un veidot krīzes situāciju stratēģijas.

## REKOMENDĀCIJAS

Promocijas darba ietvaros sagatavotas rekomendācijas, kas būs noderīgas politikas veidotājiem valsts un pašvaldību līmenī, finanšu devējiem, uzņēmējiem, augstskolām.

1. Enerģijas ražošana no atkritumiem atšķiras ar tehnoloģiskiem risinājumiem, ar inovācijām produktu ražošanai, ar augstāku pievienoto vērtību, ar izejvielu ieguves vietu un metodēm. Atkritumu kā energoresursu izmantošanai Eiropā ir potenciāls, īpaši ievērojot izvīzītos atkritumu apsaimniekošanas mērķus 2035.gadam. Lai nodrošinātu, ka atkritumu poligonos tiek apglabāti tikai 10 % no kopējā radīto sadzīves atkritumu daudzuma, nepietiek sasniegt tikai atkritumu pārstrādes mērķi. Līdz ar to ir būtisks jautājums, ko darīt ar 25 % no radīto sadzīves atkritumu daudzuma - palielināt pārstrādāto atkritumu apjomu vai arī šo atkritumu apjomu reģenerēt – iegūt no tiem enerģiju tālākai izmantošanai. Šie ir aspekti politikas veidotājiem, uzņēmējiem un finanšu devējiem jāņem vērā, attīstot energoresursu izmantošanas dažādošanu, vienlaikus ievērojot vienu no atkritumu politikas mērķiem, pārejot uz aprites ekonomiku, - atkritumu rašanās novēršanu, kā rezultātā samazināsies atkritumu kā kurināmā materiāla apjomi. Tomēr tas var būt risinājums vismaz tuvākajā laikā energoresursu krīzes situācijā.
2. Zinātniekiem sadarbībā ar politikas veidotājiem nepieciešams turpināt vērtēt biogāzes stacijās saražotā biometāna tālāko izmantošanu transportlīdzekļos, sabalansējot tā izmantošanu vienlaikus ar saspiestu dabasgāzi, tādejādi padarot šādas degvielas izmantošana vēl “zaļāku” un pilnveidojot un attīstot jaunus, efektīvus risinājumus.
3. Valsts un pašvaldību līmenī nevalstisko organizāciju aktivitātes mērķtiecīgi jāvirza uz sabiedrības pāreju no atkritumu apsaimniekošanas uz atkritumu apjoma samazināšanu un rašanās novēršanu.
4. Latvijas politikas veidotājiem ir svarīgi veikt esošās aprites ekonomikas stratēģijas efektivitātes novērtējumu, apsvērt visvairāk skartās tautsaimniecības nozares, lai izstrādātu īstermiņa un ilgtermiņa rīcības plānus, kas ne tikai veicinātu pāreju uz aprites ekonomiku, bet arī nodrošināt saprātīgus praktiskus risinājumus, tostarp politikas atbalstu, mentoringu un finanšu instrumentus ilgtermiņā un veidot pieeju, lai varētu maksimāli efektīvi reaģēt uz krīzes situācijām un veidot krīzes situāciju stratēģijas.
5. Valsts pārvaldes iestādēm, kas atbild par labklājības, ekonomikas un vides aizsardzības jomām, nepieciešams sadarbībā izstrādāt vadlīnijas uzņēmumiem par aprites ekonomikas elementiem un praktiskiem aspektiem, kā pāriet no lineārās

ekonomikas uz aprites ekonomikas biznesa modeļiem, ieviešot tādas aspektus kā resursu koplietošana, iekārtu koplietošana, simbiozes izmantošana, kad viena uzņēmuma atkritumi var kļūt par cita uzņēmuma jaunu/izejmateriālu, pārstrādātu un/vai pārstrādājamu materiālu izmantošana gan ražošanas procesā, gan iepakojumā utt..

6. Valsts pārvaldes iestādēm, kas atbild par labklājības un vides aizsardzības jomām, nepieciešams izstrādāt pārskatāmu un skaidru noteikumu kopumu, lai uzņēmums varētu pretendēt uz sociālā uzņēmuma statusu, tādējādi samazinot arī birokrātisko slogu. Valstij jāveicina aprites ekonomikas elementu ieviešana sociālā uzņēmuma ikdienas darbībā.
7. Augstskolu programmās, kas saistītas ar uzņēmējdarbību, ekonomiku, finanšu vadību, tehnisko izglītību un inženierzinātnēm iekļaujams kurss par ilgtspējīgu attīstību, resursu efektīvu izmantošanu, aprites ekonomiku un atkritumu apsaimniekošanu.

## LITERATŪRAS SARAKSTS

[1] Komisijas paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai un Reģionu komitejai "Eiropas zaļais kurss". Pielikums. COM(2019) 640 galīgā redakcija. Pieejams tīmekļvietnē: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LV/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>.

[2] Ellen MacArthur Found. Circular Economy. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ElleMacArthurFoundation\\_PolicymakerToolkit.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ElleMacArthurFoundation_PolicymakerToolkit.pdf).

[3] E. MacArthur, Towards the Circular Economy vol. I and vol. II Economic and business rationale for a circular economy, Ellen MacArthur Found. 1,2 (2012).

[4] C. Schmidt, G. Van Gebin, F. Van Houten, C. Close, D.B. McGinty, R. Arora, J. Potocnik, N. Ishii, P. Bakker, M. Kituyi, F. Sijbesma, A. Wijkman, The Circularity Gap Report 2020, Circ. Econ. 3 (2020) 69. <https://www.circularity-gap.world/about>.

[5] European Commission, A new Circular Economy Action Plan, (2020).

[6] A. Constantin, D. Mihaela, D. , Mihaela, Business Model in Circular Economy, Valahian J. Econ. Stud. 8 (2017) 101–108.

[7] I. Uvarova, D. Atstaja, U. Grinbergs, J. Petersons, A. Gegere-Zetterstroma, S. Kraze, Transition to the circular economy and new circular business models - An in-depth study of the whey recycling, in: IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., 2020: p. 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/578/1/012019>.

[8] Crecente, F., Sarabia, M., & Teresa del Val, M. (2020). Climate change policy and entrepreneurial opportunities. Journal of Cleaner Production, 277. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120446>

[9] Pla-Julián, I., & Guevara, S. (2019). Is circular economy the key to transitioning towards sustainable development? Challenges from the perspective of care ethics. Futures, 105, 67-77.

[10] Todeschini, B.V., Cortimiglia, M.N., Callegaro-de-Menezes, D., & Ghezzi, A. (2017). Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. Business Horizons, 60(6), 759-770. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.003>

- [11] Konietzko, J., Baldassarre, B., Brown, P., Bocken, N., & Hultink, E.J. (2020). Circular business model experimentation: Demystifying assumptions. *Journal of cleaner production*. 277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122596>
- [12] European Environment Agency, Signals: well-being and the environment—building a resource-efficient and circular economy in Europe Luxembourg, Publ. Off. Eur. Union, Copenhagen, Denmark. (2014).
- [13] Y. Lazarenko, O. Garafonova, V. Marhasova, S. Grigashkina, O. Kozureva, The managerial aspects of integrating the sustainable development principles into practices of mining companies, in: A. Khoreshok, V. Atrushkevich, S. Vöth, D. Nuray, J. Janocko, Y. Tan, D. Marasová, P. Stefanek, M. Petrova (Eds.), *E3S Web Conf.*, 2019: p. 03011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913403011>.
- [14] A. Pinchuk, N. Tkalenko, V. Marhasova, Implementation of circular economy elements in the mining regions, in: M. Tyulenev, S. Zhironkin, A. Khoreshok, S. Vöth, M. Cehlár, D. Nuray, J. Janocko, S. Anyona, Y. Tan, A. Abay, D. Marasová, P. Stefanek (Eds.), *E3S Web Conf.*, 2019: p. 04048. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910504048>.
- [15] R. Pollin, H. Garrett-Peltier, J. Heintz, H. Scharber, “Green Recovery: a program to create good jobs and start building a low-carbon economy,” *Cent. Am. Prog.* 1 (2008) 1–36.
- [16] A. Druckman, M. Chitnis, S. Sorrell, T. Jackson, Missing carbon reductions? Exploring rebound and backfire effects in UK households, *Energy Policy*. 39 (2011) 3572. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.058>.
- [17] S. Sehnem, D. Vazquez-Brust, S.C.F. Pereira, L.M.S. Campos, Circular economy: benefits, impacts and overlapping, *Supply Chain Manag.* 24 (2019) 784–804. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2018-0213>.
- [18] A. Constantin, D. Mihaela, D. , Mihaela, Business Model in Circular Economy, *Valahian J. Econ. Stud.* 8 (2017) 101–108.
- [19] O. Prokopenko, L. Korchevska, M. Shulga, A. Zakharchenko, T. Staverska, Y. Sydorov, Adaptation of the development of ecological entrepreneurship, *Int. J. Sci. Technol. Res.* 9 (2020) 1112–1115.
- [20] G. Salvatori, F. Holstein, K. Böhme, Circular economy strategies and roadmaps in Europe: Identifying synergies and the potential for cooperation and alliance building, 2019. <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/qe-01-19-425-en-n.pdf>.
- [21] M. Smol, The importance of sustainable phosphorus management in the circular economy (CE) model: the Polish case study, *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 21 (2019) 227–238. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0794-6>.
- [22] E. Guldmann, R.D. Huulgaard, Barriers to circular business model innovation: A multiple-case study, *J. Clean. Prod.* 243 (2020) 118160. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118160>.

- [23] F. Boons, C. Montalvo, J. Quist, M. Wagner, Sustainable innovation, business models and economic performance: An overview, *J. Clean. Prod.* 45 (2013) 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.08.013>.
- [24] K. Whalen, Classifying circular business models: a practice-based review, *Conf. Proc.* (2017) 417–421.
- [25] S. Scarpellini, L.M. Marín-Vinuesa, A. Aranda-Usón, P. Portillo-Tarragona, Dynamic capabilities and environmental accounting for the circular economy in businesses, *Sustain. Accounting, Manag. Policy J.* 11 (2020) 1129–1158. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-04-2019-0150>.
- [26] R. Elzinga, D. Reike, S.O. Negro, W.P.C. Boon, Consumer acceptance of circular business models, *J. Clean. Prod.* 254 (2020) 119988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119988>.
- [27] S. Evans, D. Vladimirova, M. Holgado, K. Van Fossen, M. Yang, E.A. Silva, C.Y. Barlow, Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models, *Bus. Strateg. Environ.* 26 (2017) 597–608. <https://doi.org/10.1002/bse.1939>.
- [28] F. Lüdeke-Freund, S. Gold, N.M.P. Bocken, A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns, *J. Ind. Ecol.* 23 (2019) 36–61. <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>.
- [29] L. Schmerber, Circular business models for SMEs, (2020).
- [30] M. Antikainen, K. Valkokari, A Framework for Sustainable Circular Business Model Innovation, *Technol. Acta Innovations*, 2021 no. 42: 5-14, 14 <https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.42.1>; ISSN 2300-5599, 2022 RIC Pro-Akademia – CC BY Innov. Manag. Rev. 6 (2016) 5–12. <https://doi.org/10.22215/timreview1000>.
- [31] J.L.K. Nußholz, A circular business model mapping tool for creating value from prolonged product lifetime and closed material loops, *J. Clean. Prod.* 197 (2018) 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.112>.
- [32] Cheung W. M., Pachisia V. Facilitating waste paper recycling and repurposing via cost modelling of machine failure, labour availability and waste quantity. *Resources, Conservation and Recycling* 2015:101:34–41. doi:10.1016/j.resconrec.2015.05.011.
- [33] CEPI. Global forest and paper industry releases policy statement on paper recycling [Online]. [Accessed 29.11.2018]. Available: <http://www.cepi.org/news/global-forest-and-paper-industry-releases-policy-statement-paper-recycling>.
- [34] Impact REC. Recycling facts [Online]. [Accessed 9.12.2018]. Available: <http://impactpaperec.eu/en/facts-figures/recycling-facts/>.
- [35] CEPI. Recycling press release on 24 October 2018 [Online]. [Accessed 29.11.2018]. Available: <http://www.cepi.org/taxonomy/term/14>
- [36] European Paper Recycling Council. European Declaration on paper recycling 2016–2020.

- [37] Recycling of paper-waste [Online]. [Accessed 25.11.2018]. Available: <http://www.jumis.lv/lv/noderiga-informacija/atkritumu-partrade/papira-partrade/> (in Latvian).
- [38] Tomic T., Schneider R. D. The role of energy from waste in circular economy and closing the loop concept – Energy analysis approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2018;98:268–287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.029>
- [39] Vogt R., et al. The Climate Change Mitigation Potential of the Waste Sector. Öko-Institut, IFEU, UBA, 2015.
- [40] Brizga, J., Dimante, Dž., & Atstāja, Dz. (2012). Depozīta sistēmas ieviešanas ekonomiskais novērtējums Latvijā. Rīga: Zaļā brīvība.
- [41] Cudecka-Purina, N., & Atstaja, D. (2018). Implementation of a circular economy – based business model for landfill management companies. *Journal of Business management*, 15(15). DOI: <https://doi.org/10.32025/RIS18010> .
- [42] Dāce, E., Pakere, I., & Blumberga, D. (2013). Analysis of sustainability aspects of the packaging deposit-refund system in Latvia, *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 173, 729-739. DOI: 10.2495/SDP130611 .
- [43] Simon, B., Foldenyi, R., & Amor, M. (2015). Life cycle impact assessment of beverage packaging systems: focus on the collection of post-consumer bottles. *Journal of Cleaner Production*. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.06.008 .
- [44] Tomkevičiūtē, G., & Stasiškienē, Ž. (2006). Assessment of Opportunities for Beverage Packaging Waste Reduction by Means of Deposit-Refund Systems, *Environmental research, engineering and management*, 1, 61-72.
- [45] Gandy, S., Fry, J., & Downes, J. (2008). Features of beverage container deposit systems. *Review of Packaging Deposits System for the UK*. 4-22. London: Environmental Resources Management.
- [46] Zero Waste Scotland. (2017). Deposit Return Evidence Summary. Retrieved from <https://www.zerowastescotland.org.uk/sites/default/files/Deposit%20Return%20Evidence%20Summary.pdf>.
- [47] Gradus, R., Nillesen, P., Koppen, R., & Dijkgraaf, E. (2016). *A Cost-Effectiveness Analysis For Incineration Or Recycling Of Dutch Household Plastics*. The Netherlands: Tinbergen Institute.
- [48] Crecente, F., Sarabia, M., & Teresa del Val, M. (2020). Climate change policy and entrepreneurial opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120446> .
- [49] Pla-Julián, I., & Guevara, S. (2019). Is circular economy the key to transitioning towards sustainable development? Challenges from the perspective of care ethics. *Futures*, 105, 67-77. E3S Web of Conferences 255, 01014 (2021) ISCMEE 2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125501014> 7.

- [50] Todeschini, B.V., Cortimiglia, M.N., Callegaro-de-Menezes, D., & Ghezzi, A. (2017). Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. *Business Horizons*, 60(6), 759-770. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.003>.
- [51] Konietzko, J., Baldassarre, B., Brown, P., Bocken, N., & Hultink, E.J. (2020). Circular business model experimentation: Demystifying assumptions. *Journal of cleaner production*. 277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122596>.
- [52] Belas, J., Dvorsky, J., Strnad, Z., Valaskova, K., & Cera, G. (2019). Improvement of the quality of business environment model: Case of the SME segment. *Inzinerine ekonomika-engineering economics*, 30(5), 601-611. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.30.5.24490>.
- [53] Dankeieva, O., Solomianiuk, N., Strashynska, L., Fiedotova, N., Soloviova, Y., & Koval, V. (2021). Application of Cognitive Modelling for Operation Improvement of Retail Chain Management System. *TEM Journal*, 10(1), 358-367. <https://doi.org/10.18421/TEM101-45>.
- [54] Koval, V., Mikhno, I., Trokhymets, O., Kustrich, L., Vdovenko, N. (2020). Modeling the interaction between environment and the economy considering the impact on ecosystem. *E3S Web Conferences*, 166, 13002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016613002>.
- [55] O. Laktionova, V. Koval, N. Savina, B. Gechbaia, The models of matching financial development and human capital in national economy, *Bull. Georg. Natl. Acad. Sci.* 15 (2021) 177–184.
- [56] V.T.T. Technical, The concept of value in circular economy business models Teuvo Uusitalo, Maria Antikainen, *ISPIM Innov. Forum.* (2018). [www.ispim.org](http://www.ispim.org).
- [57] G. Vijayan, N.H. Kamarulzaman, A. Mukherjee, S.K.N. Vaiappuri, Strategic value creation in a supply chain, in: *Handb. Res. Glob. Supply Chain Manag.*, 2016: pp. 186–204. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9639-6.ch011>.
- [58] M.A. Camilleri, *Corporate sustainability, social responsibility and environmental management: An introduction to theory and practice with case studies*, Springer International Publishing, Cham, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46849-5>.
- [59] Pinner, D., Rogers, M., Samandari, H., 2020. *McKinsey Quarterly: Addressing climate change in a post-pandemic world*. McKinsey & Company, pp. 1–6.
- [60] Ibn-Mohammed, Taofeeq & Mustapha, K. & Godsell, J & Adamu, Z & Babatunde, Kazeem & Akintade, Damilare & Acquaye, A & Fujii, Hidemichi & Ndiaye, M & Yamoah, Fred & Koh, S. (2021). A critical analysis of the impacts of COVID-19 on the global economy and ecosystems and opportunities for circular economy strategies. *Resources Conservation and Recycling* 164:105169. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105169.
- [61] Sarkis, J., Cohen, M.J., Dewick, P., Schröder, P., 2020. A brave new world: lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production. *Resour. Conserv. Recycl.*
- [62] Gardiner B. (2020). Pollution Made COVID-19 worse. Now, Lockdowns Are Clearing the Air. Available at: <https://www.nationalgeographic.com/science/2020/04/pollution-made-the-pandemic-worse-but-lockdowns-clean-the-sky>.



- [63] Sharma, H.B., Vanapalli, K.R., Cheela, V.R.S., Ranjan, V.P., Jaglan, A.K., Dubey, B., GoelBhattacharya, S.J. (2020). Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020;162:105052. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105052.
- [64] Kechichian, E., Mahmoud, N. (2020). The circular economy can support COVID-19 response and build resilience. Available at: <https://blogs.worldbank.org/psd/circular-economy-cansupport-covid-19-response-and-build-resilience>.
- [65] International Solid Waste Association. (2020). Waste Management during the COVID 19 Pandemic: ISWA's Recommendations. ISWA. <https://www.iswa.org/iswa/covid-19/>.
- [66] European Agency for Safety and Health at Work (2020). COVID-19: EU-OSHA guidance for the workplace. Available at: [https://oshwiki.eu/wiki/COVID19:\\_guidance\\_for\\_the\\_workplace#Se](https://oshwiki.eu/wiki/COVID19:_guidance_for_the_workplace#Se).
- [67] European Commission (2020). Waste management in the context of the coronavirus crisis. [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/waste\\_management\\_guidance\\_dg-env.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/waste_management_guidance_dg-env.pdf).
- [68] European Union (2020). The geopolitical implications of the COVID-19 pandemic. EP/EXPO/AFET/FWC/2017-01/04. ISBN: 978-92-846-7083-3, doi:10.2861/526114.
- [69] Hepburn, C., O'Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J., Zenghelis, D. (2020). Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change? Forthcoming Knowledge management competence for achieving competitive advantage of professional growth and development: monograph BA School of Business and Finance, 2021 ISBN 978-9984-746-25-8 49 in the Oxford Review of Economic Policy 36(S1). Oxford Smith School of Enterprise and the Environment | Working Paper No. 20-02, ISSN 2732-4214 (Online).
- [70] Andersen, A.L., E.T. Hansen, N. Johannesen, and A. Sheridan (2020), 'Consumer responses to the COVID-19 crisis: Evidence from bank account transaction data,' *Covid Economics*, (7), 88– 111.
- [71] Ranney, M.L., Griffeth, V., Jha, A.K., (2020). Critical supply shortages—the need for ventilators and personal protective equipment during the Covid-19 pandemic. *N. Engl. J. Med.*
- [72] Latvijas vēstnesis (2020). Cabinet of Ministers decree 489 “On the Action Plan for the Transition to a Circular Economy 2020-2027. year” Available at: <https://likumi.lv/ta/id/317168-parricibas-planu-parejai-uz-aprites-ekonomiku-20202027-gadam>.
- [73] G. Salvatori, F. Holstein, K. Böhme, Circular economy strategies and roadmaps in Europe: Identifying synergies and the potential for cooperation and alliance building, 2019. <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/qe-01-19-425-en-n.pdf>.
- [74] E. Commission, Implementation of the Circular Economy Action Plan, (2018).
- [75] European Commission, Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains - Environment policy and protection of the environment - EU Bookshop, Luxembourg, 2014. <http://bookshop.europa.eu/en/scoping->

study-to-identify-potential-circulareconomy-actions-priority-sectors-material-flows-and-value-chains-pbKH0114775/.

[76] 2017, European Circular Economy Stakeholder Platform, <https://circulareconomy.europa.eu/platform/>.

[77] F. Boons, C. Montalvo, J. Quist, M. Wagner, Sustainable innovation, business models and economic performance: An overview, *J. Clean. Prod.* 45 (2013) 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.08.013>.

[78] H. Dzwigol, M. Dzwigol-Barosz, Sustainable development of the company on the basis of expert assessment of the investment strategy, *Acad. Strateg. Manag. J.* 19 (2020) 1–7.

[79] S. Jørgensen, L.J.T. Pedersen, The Circular Rather than the Linear Economy, in: 2018: pp. 103–120. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91971-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91971-3_8).

[80] A. Kwilinski, I. Ruzhytskyi, V. Patlachuk, O. Patlachuk, B. Kaminska, Environmental taxes as a condition of business responsibility in the conditions of sustainable development, *J. Leg. Ethical Regul. Issues.* 22 (2019).

[81] P. Lacy, J. Rutqvist, *Waste to wealth: The circular economy advantage*, Palgrave Macmillan UK, London, 2016. <https://doi.org/10.1057/9781137530707>.

[82] F. Ellen MacArthur, *Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers*, *Deliv. Circ. Econ. A Toolkit Policymakers.* (2015) 177.

[83] European Commission. *Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe.* Brussels: EC, 2020.

[84] International Labour Organization. *Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all.* Geneva: ILO, 2015.

[85] *Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. Green Employment Initiative: Tapping into the job creation potential of the green economy.* Brussels: EC, 201.

[86] International Labour Organization. *Green jobs progress report 2014–2015.* Geneva: ILO, 2016.

[87] International Labour Organization. *Decent work.* Geneva: ILO, 2018.

[88] International Labour Organization. *Greening with jobs. World Employment Social Outlook 2018.* Geneva: ILO, 2018.

[89] Jacob K., Quitzow R., Bär H. *Green Jobs: Impacts of a Green Economy on Employment.* Eschborn: GIZ, 2015.

[90] Novello A., Carlock G. *Redefining green Jobs for a Sustainable Economy. Report Economy & Jobs.* 2019.

- [91] Khoshnava S. M., et al. Green efforts to link the economy and infrastructure strategies in the context of sustainable development. *Energy* 2020:193:116759. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116759>
- [92] Bowen A., et al. Characterising green employment: The impacts of ‘greening’ on workforce composition. *Energy* 2018:72:263–275. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.03.015>.
- [93] International Labour Organization. What is a green job? [Online]. Available: [https://www.ilo.org/global/topics/greenjobs/news/WCMS\\_220248/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/global/topics/greenjobs/news/WCMS_220248/lang--en/index.htm).
- [94] Sulich A., Rutkowska M., Popławski L. Green jobs, definitional issues, and the employment of young people: An analysis of three European Union countries. *Journal of Environmental Management* 2020:262:110314. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110314>.
- [95] Battaglia M., Cerrini E., Annesi N. Can environmental agreements represent an opportunity for green jobs? Evidence from two Italian experiences. *Journal of Cleaner Production* 2018:175:257–266. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.086>.
- [96] Dell’Anna F. Green jobs and energy efficiency as strategies for economic growth and the reduction of environmental impacts. *Energy Policy* 2021:149:112031. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112031>
- [97] Cecere G., Mazzanti M. Green jobs and eco-innovations in European SMEs. *Resource and Energy Economics* 2017:49:86–98. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2017.03.003>.
- [98] Martínez-Cruz A. L., Núñez H. M. Tension in Mexico's energy transition: Are urban residential consumers in Aguascalientes willing to pay for renewable energy and green jobs? *Energy Policy* 2021:150:112145. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112145>.
- [99] Consoli D., et al. Do green jobs differ from non-green jobs in terms of skills and human capital? *Research Policy* 2016:45(5):1046–1060. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.02.007>.
- [100] Lorraine E., et al. Waste Reduction Behaviors at Home, at Work, and on Holiday: What Influences Behavioral Consistency Across Contexts? *Front. Psychol.* 2018:9:2447. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02447>.
- [101] Hwang C. L., Yoon K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag, <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>.
- [102] Hrasko R., Pacheco A. G. C., Krohling R. A. Time Series Prediction Using Restricted Boltzmann Machines and Backpropagation. *Procedia Computer Science* 2015:55:990–999. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.104>.
- [103] Krohling R. A. Pacheco A. G. C. A-TOPSIS – An approach Based on TOPSIS for Ranking Evolutionary Algorithms. *ITQM* 2015.
- [104] Ministry of Environmental Protection and Regional Development of Latvia, 2013. National Waste Management Plan 2013–2020 [Online]. [Accessed 11.04.2019]. Available: <http://polsis.mk.gov.lv/api/file/file9833.doc>.

- [105] Lebersorger S., Schneider F. Discussion on the methodology for determining food waste in household waste composition studies. *Waste Management* 2011:31(9–10):1924–1933. doi:10.1016/j.wasman.2011.05.023.
- [106] Latvian Environment Geology and Meteorology Center. Summary of the National Statistical Report No.3 - Waste - Overview of Waste for 2017. Riga: LVGMC, 2018.
- [107] Jorissen J., Priefer C., Bräutigam K. R. Food waste generation at household level: results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. *Sustainability* 2015:7(3):2695–2715. doi:10.3390/su7032695.
- [108] Elimelech E., Ayalon O., Ert E. What gets measured gets managed: A new method of measuring household food waste. *Waste Management* 2018:76:68–81. doi:10.1016/j.wasman.2018.03.031.
- [109] Adu C., Jolly M., Thaku V. K. Exploring new horizons for paper recycling: A review of biomaterials and biorefinery feedstocks derived from wastepaper. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 2018:13:21–26. doi:10.1016/j.cogsc.2018.03.003.
- [110] OWA (2021). About the enterprise. <https://www.owa.lv/parowa>.
- [111] Swimbe (2021). About the enterprise. <http://www.swimbe.lv/par-mums>.
- [112] ZĪLE-ZĪLE (2021). About the enterprise. <https://zile-zile.com/pages/about>
- [113] Papīra pārstrāde, <http://www.jumis.lv/lv/noderiga-informacija/atkritumu-parstrade/papira-parstrade/> - [25.11.2018].
- [114] Papīrs, kartons (makulatūra – avīzes, kartona kastes, grāmatas, žurnāli, brošūras u.c.), <https://www.atkritumi.lv/lv/skirosana/papirs-un-kartons/> - [25.11.2018.].
- [115] Paperboard, [https://valorlux.lu/wp-content/uploads/2016/09/fabrication-recyclage-papier-carton\\_en.pdf](https://valorlux.lu/wp-content/uploads/2016/09/fabrication-recyclage-papier-carton_en.pdf) - [26.11.2018.].
- [116] Cynthia Adu, Mark Jolly, Vijay Kumar Thaku, Exploring new horizons for paper recycling: A review of biomaterials and biorefinery feedstocks derived from wastepaper, <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2452223617301244?token=DE15C6CD85C5217D4266A07F3FA017F1B435CA9810C86477A4743E0D8C4F8565AAFA0024F69F7E8AEE5D7309FAE0768E> – [22.12.2018.].
- [117] Daniel G. Gomes, Sebastián Serna-Loaiza, Carlos A. Cardona, Miguel Gama, Lucília Domingues, Insights into the economic viability of cellulases recycling on bioethanol production from recycled paper sludge, <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0960852418309532?token=44F43797F4F1512B58D0504DCE0DE273B70E91D128BBF0C03097F6362EC8BEF2474C0A0A95045B4A7688F3A5D80B0CA1> – [23.12.2018.].
- [118] Cynthia Adu, Linn Berglund, Kristiina Oksman, Stephen J. Eichhorn, Mark Jolly, Chenchen Zhu, Properties of cellulose nanofibre networks prepared from never-dried and dried paper mill sludge, <https://ac.els-cdn.com/S095965261831922X/1-s2.0->

[S095965261831922X-main.pdf?\\_tid=37ae7aac-abc5-44e2-ba4b-459662dc8496&acdnat=1548869227\\_722b3b72b43a872cb057671a485e5ea3](https://ac.els-cdn.com/S0921344910000911/1-s2.0-S0921344910000911-main.pdf?_tid=37ae7aac-abc5-44e2-ba4b-459662dc8496&acdnat=1548869227_722b3b72b43a872cb057671a485e5ea3),  
[29.01.2019.].

[119] Jobien Laurijssena, Marc Marsidi, Annita Westenbroeka, Ernst Worrell, Andre Faaij, Paper and biomass for energy? The impact of paper recycling on energy and CO2 emissions, [https://ac.els-cdn.com/S0921344910000911/1-s2.0-S0921344910000911-main.pdf?\\_tid=76bbeda1-f779-4085-a5c3-243e2e35d17f&acdnat=1551217144\\_7bd7a0dd449247c4c0f15490537c4420](https://ac.els-cdn.com/S0921344910000911/1-s2.0-S0921344910000911-main.pdf?_tid=76bbeda1-f779-4085-a5c3-243e2e35d17f&acdnat=1551217144_7bd7a0dd449247c4c0f15490537c4420) – [26.02.2019.]

[120] Makarichi L., Techato K., Jutidamrongphan W. Material flow analysis as a support tool for multi-criteria analysis in solid waste management decision-making. Resources, Conservation and Recycling 2018;139:351–365. doi:10.1016/j.resconrec.2018.07.024.

[121] Acta Innovations. 2021. Nr. 42: 5-14, 8 <https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.42.1> ; ISSN 2300-5599; 2022 RIC Pro-Akademia – CC BY.

[122] B. Mentink, Masterarbeit: Circular Business Model Innovation: A process framework and a tool for business model innovation in a circular economy, Delft Univ. Technol. (2014) 168. [http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:c2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621/THESIS\\_REPORT\\_FINAL\\_Bas\\_Mentink.pdf](http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:c2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621/THESIS_REPORT_FINAL_Bas_Mentink.pdf).

[123] 2019, OECD Roundtable on the Circular Economy in Cities and Regions. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/roundtable-circular-economy.htm>.

[124] S. Sehnem, L.M.S. Campos, D.J. Julkovski, C.F. Cazella, Circular business models: level of maturity, Manag. Decis. 57 (2019) 1043–1066. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2018-0844>.

[125] L. Schmerber, Circular business models for SMEs, (2020).

## **PIELIKUMI**

Publikācija Nr. 1: Role of Green Jobs in the Reduction of Waste and Waste Management.

# Role of Green Jobs in the Reduction of Waste and Waste Management

Rudite VESERE<sup>1\*</sup>, Silvija Nora KALNINS<sup>2</sup>, Dagnija BLUMBERGA<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>*Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Āzenes iela 12/1, Riga, LV-1048, Latvia*

**Abstract** – The paper examines the role and place of green enterprises, green jobs and the environmentally sound activities of society in waste management, taking into account the waste management hierarchy with an emphasis on waste reduction and prevention. In the course of the work, a questionnaire was prepared on the role green enterprises, green jobs and the environmentally friendly activities of society play in the development of a waste management system. The TOPSIS method of multi-criteria analysis was used to assess these roles in the development of a circular economy, including in relation to a waste management system. Through the assessment of the roles of these green measures in the field of waste management, the results clearly show that the most effective of the selected alternatives in the circular economy model in the field of separate collection and recycling of waste can be achieved via measure exercised by green enterprises, followed by green jobs and finally – the role of environmentally sound activities taken by the public, which play an important role as well.

**Keywords** – Green enterprises; green jobs; TOPSIS; waste management; waste reduction

## 1. INTRODUCTION

Sustainable development includes economic growth, social progress and respect for the environment. This is an important aspect of the circular economy to address in the transition from waste to resource management and in the promotion of sustainable consumption. This paper assesses one aspect of sustainable development and the circular economy – the social dimension and progress based on the experience and research of different countries, focusing on green entrepreneurship, green jobs, their motivating aspects and approaches, and societal initiatives that promote them.

Between the years 2012 and 2018, the number of jobs in the circular economy within the European Union increased by 5 % to around 4 million. The circular economy can be expected to have a positive effect on job creation, provided that workers acquire the skills required by the green economy transition. The mutual benefits of supporting the green transition and strengthening social inclusion help to further unlock the potential for job creation in the circular economy [1].

As the scarcity of raw materials becomes more pronounced, green growth is of paramount importance, as the traditional consumer-driven society, where unnecessary things are thrown away, is not sustainable. The recycling of raw materials not only leads to a longer use of products in the economy, but also contributes to the creation of new industries and jobs, thus having a positive impact on the economy as a whole.

---

\* Corresponding author.  
E-mail address: [ruditevesere@yahoo.com](mailto:ruditevesere@yahoo.com)



In order to assess what preconditions are needed and what motivates the growth and development of green jobs, this paper analyses the available information and conducts a survey of experts and students working in the circular economy and waste management who are not directly involved in green jobs. The paper evaluates several aspects of green jobs – green enterprises and the jobs available in these enterprises, and green jobs in other enterprises and institutions, as well as environmentally friendly activities engage in by the public and the opportunities to develop them further in context with the transition to a circular economy.

## **2. GREEN ENTERPRISES AND GREEN JOBS AND THEIR ROLE IN THE CIRCULAR ECONOMY**

As defined by the International Labour Organization (ILO), green jobs (GJSs) [2] are jobs that facilitate a sustainable conservation or renewal of environmental quality in the agricultural, industrial, construction, service sectors or administration. Green jobs are ‘decent jobs that contribute to preserve or restore the environment, be they in traditional sectors such as manufacturing and construction, or in new, emerging green sectors such as renewable energy and energy efficiency’. It is widely acknowledged that successful transition to a green, resource- and energy-efficient economy will transform labour markets [1]–[7].

GJSs reduce the environmental impact of individual companies and the economic sector as a whole and help to achieve sustainability, to reduce the consumption of energy, raw materials and water, to promote a low-carbon economy and reduce greenhouse gas emissions. GJs are not just jobs in new industries or green businesses, but include all jobs created in all sectors, which reduce the environmental impact of production processes and products. GJs also include employees who work in accordance with and promote compliance with environmentally friendly standards [2].

Green jobs help to improve efficiency in energy and raw material use, limit greenhouse gas emissions, reduce volumes of waste created and volumes brought to landfill, reduce environmental emissions and protect and restore ecosystems. At the company level, green jobs can be created by producing goods or providing services that benefit the environment, such as constructing eco-efficient buildings, using low-emission transport, producing goods and energy from secondary raw materials [7]–[10].

Green jobs can be distinguished by their contribution to more environmentally friendly processes. For example, they can reduce water consumption, waste generation or improve waste recycling technologies. GJs also include consultants who help companies to implement environmental policy more effectively.

As illustrated [11], it is possible to distinguish employment in sectors of the green economy from the point of view of production and job functions in all sectors, and from the point of view of the green processes. The International Labour Organization considers that green jobs are all jobs that fall within the overlapping areas of Fig. 1.

In order to facilitate the transition to a green and resource-efficient economy, dynamic and well-functioning labour markets need to focus on addressing skills shortages, anticipating change, ensuring transition and facilitating mobility. In this way, it is possible to support the creation of green jobs. Various criteria can be used to determine whether a workplace is a green job [2], [11]:

- Corresponding commercial certificate;
- Industry-standard classification systems, such as the NACE (Nomenclature of Economic Activities) code in the European Union (determination of whether the

- enterprise is a green enterprise);
- Eco-labelling of the product/good used in production;
  - Descriptions of the technology used, production patents/licenses;
  - Contracts with waste management and recycling companies such as contracts for the management of all waste created.



Fig. 1. Employment in environmentally friendly economic sectors in terms of production and job functions in all sectors from the perspective of green processes [11].

Following the green economy paradigm, research on environmentally friendly jobs focuses on the link between the growth of the circular economy and impact on the creation of new green jobs. The European Union estimates that while the green economy will create new jobs and open new markets, Europe's competitiveness, innovation and productivity will be highly dependent on the availability of skilled workers [1]. This means there needs to be an assessment of how skills development and the need for skills across sectors can be better forecasted to enable relevant authorities and stakeholders to adapt to change. Skills related to the circular economy are not always completely new or 'unique'. They combine transversal competences and 'specific' skill sets. In some cases, tasks and responsibilities that require a specific combination of skills and knowledge create new occupational profiles. Promoting the adaptation of the workforce and education and training systems requires targeted action by public authorities to support transition to an effective response from education and training systems in providing the new skills and qualifications required. This calls for a review and update of qualifications and relevant education and training programs.

The interconnected issues of the circular economy, green jobs and the environmental goods and services sector have been addressed in the work [12]. The paper assesses the most common approaches to the circular economy based on the concept of sustainable development and provides an analysis of how green jobs can be used to tackle youth unemployment in Poland, the Czech Republic and Belgium. It was found that in both Poland and Belgium, around 15 % of young people find their first job in a green job, while in the Czech Republic the proportion is much lower at only 1.83 %. The paper concludes that the growing emphasis on building a circular economy provides employment opportunities for young people seeking

work for the first time. This means that green jobs can, in some countries, also be a solution to problems youths face in the labour market.

Another study [13] aimed to link new GJs and new environmentally friendly green business models to industrial transformation, drawing on the experience of two Italian industrial areas where environmental agreements have been implemented. Stakeholder cooperation as well as industry-research interactions were the main drivers in this scenario. In contrast, bureaucracy and lack of infrastructure investment are cited as obstacles to the creation of green jobs and the development of local green businesses. In order to identify the enabling conditions and define the barriers and the implementation of the applicable policy development programs and their activities, it is necessary to compare regions with similar conditions. Research into the use of renewable energy sources (RES) in the energy sector [14] has shown that they bring significant employment benefits. In order to evaluate professions in the RES sector, the use of investment-output analysis is proposed. Increasing employment is one of the most important benefits, especially in times of a crisis economy, including the use of specially prepared waste as energy.

Green jobs are a key societal goal to specifically support long-term efforts to reconcile sustainability and development. An econometric analysis of European small and medium-sized enterprises (SMEs) has been carried out to assess the factors influencing the creation of green jobs in SMEs [15]. It should be noted that innovation in environmentally friendly products and services is mainly related to the creation of green jobs [15], [16]. According to a study of data on the United States of America [17], green jobs make more intensive use of high-level cognitive and interpersonal skills than non-green jobs. It is also important to understand whether and how employees' attitudes towards green jobs are affected by environmental standards [18]–[23]. It is concluded that they motivate GJs quite indirectly. The implementation of environmental standards can also be facilitated by motivating employees in the social field. Therefore, it has been studied whether employees working in companies that register in the register of environmental standards show a positive attitude towards their work, are actively involved in their work and show an active result. Using the French harmonized database of employers and employees, it has been concluded [23] that these 'green workers' show significantly higher efficiency and recognition at work. Further research is now needed on the development of green skills, competencies and green jobs in companies in response to market and policy levers.

### **3. METHODOLOGY**

This work focuses on green businesses and GJs in relation to waste management, following the waste hierarchy and focusing on waste reduction and prevention, waste recycling and energy production from waste, where the most efficient results can be achieved by implementing separate waste collection. In addition, the development and production aspects of any product, i.e. eco-design aspects, should be assessed, as they are closely linked to the generation and management of waste, but require separate assessment.

During the research, a questionnaire was developed on the role and place of green enterprises, green jobs and green activities engaged in by society in the development of the waste management system, especially in the promotion of waste reduction and prevention and in developing separate waste collection.

In this case, GJs were assumed to be jobs that contribute to the preservation or restoration of the environment, whether in traditional sectors such as manufacturing and construction, or in new, emerging green sectors such as renewable energy, or in traditional green companies such as waste management companies, etc. It was assumed that the successful transition to a

green, resource- and energy-efficient economy transforms the labour market and that green jobs can be found both in green companies and in companies that are not considered green. Green jobs are distinguished by their contribution to environmentally friendly processes. Green jobs can be found both in green enterprises and in others that may not be considered green companies. For example, environmentally friendly workplaces can reduce the consumption of goods, reduce the amount of packaging used, facilitate the transition from consumption of goods to providing services, reduce the amount of waste generated, reduce the amount of waste disposed of and improve recycling technologies. At the same time, it was considered that GJ production processes do not always produce environmental goods or services.

Moreover, green entrepreneurship in the context of this paper is an activity that consciously addresses environmental and social issues and needs, as well as offers excellent innovative business ideas. The goals of green business are not only to generate financial profits, but also to ensure sustainable development, reduce environmental risks and pay more attention to environmental issues. Green business creates added value without compromising the quality of nature and the quality and volume of ecosystem services.

In the context of the public green activity survey, there are initiatives and activities of individual public interest groups, involving the public and various experts, with the aim of promoting a common understanding of sustainable living, eco-smart farming, biodiversity, empathy for the environment and useful solutions to change everyday habits. These activities involve environmental activism and the involvement of civil society in addressing environmental issues, working with other associations, initiative groups and individuals at local and national level, providing advice and other support. The aim of the activities is to promote the integration of environmental policy into sectoral policies and to promote environmental education through the dissemination of information and the organization of public events. In Latvia, examples of such environmental education and information activities are: Lielā talka (nation-wide clean-up campaign), Dabas koncertzāle (a multi-media awareness raising event on nature protection issues), zero waste initiatives and activities conducted by various non-governmental organizations such as 'Zaļā brīvība'.

For the purposes of this work, green entrepreneurs are waste management companies that collect, sort and/or prepare waste for recycling and recovery, perform waste recycling or recovery, repair, repair and/or prepare for re-use. These companies ensure proper waste management by reducing the amount of waste disposed of in landfills and increasing waste recycling. In addition, companies that conduct repairs and repair items, extend the life of those items and thus, prevent waste. As a result of green business, the preservation of environmental quality and increased resource efficiency is ensured, which is one of the cornerstones of the circular economy. Green jobs, on the other hand, can be found in different companies and organizations, all of which generate waste, and such GJ can both ensure that the waste generated is properly managed and reduce the amount of waste generated. Society's green activities also promote and ensure that the waste generated is properly managed, and the amount of waste generated is also reduced. Respectively, all these groups have one goal and all of these groups can achieve the goal of preventing waste, reducing the amount of waste going to landfill and increasing the amount of waste recycled, thus increasing resource efficiency. The aim of the research was to find out which of the above groups contribute the most to the achievement of the goals of the circular economy – the reduction of waste and efficient management.

More than 20 Latvian environmental experts were involved in the survey, including specialists in the field of waste management. The transition to a circular economy has a significant impact on skills needs, with a growing demand for skilled labour in environmental

sectors, raising the skills of employees in all sectors and re-training employees in sectors undergoing restructuring, thus 19 Latvian students studying finance and accounting and 6 students studying business management in Latvia were also included in the survey. The study programs of the mentioned study courses also include the basics of environmental protection and waste management.

Those surveyed were asked to assess green businesses, GJs and the green activities engaged in by the public, identifying which group has the most important influence in terms of the following aspects – education, innovative thinking, economic aspects, social benefits, environmental and climate aspects and motivation to achieve circular economy goals.

The criterion on the need for education referred to the need for specific level of education or specific skills to perform activities in the workplace or to be involved in public activities. The innovation aspect related to the level and necessity of technology, methods used, operational novelty, as well as their efficiency. Economic aspects include tax policy, costs, the added value of the product or service provided. Social benefits are related to the image, prestige, quality of performance and public evaluation of the company, workplace, part of the society (association, organization). Environmental aspects are the direct and indirect impact of the activity on the environment, measures and opportunities for pollution reduction and prevention, changes in the state of environmental quality. Climate aspects are directly linked to the potential for mitigating the effects of action on climate change. Achieving the goals of the activity requires motivation, on which the efficiency of the activity, benefits, impact on competition depend as an internal factor.

The participants in the survey were asked to assess the impact of these seven aspects in green enterprises, green jobs and green activities engaged in by the public on a scale from zero to five, zero meaning ‘no opinion’ and 5 meaning the aspect is very important.

The results of the survey were compared considering the valuation submitted by the experts and students. The results were tabulated with the expert opinion results and those of the students provided separately, as well as combined (Table 1).

TABLE 1. COMBINED VALUATION FROM THE EXPERTS AND STUDENTS OF THE ROLE IN THE CIRCULAR ECONOMY OF GREEN ENTERPRISES, GREEN JOBS AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ACTIVITIES IN ENGAGED IN BY THE PUBLIC

Valuation aspects	Green enterprises	Green jobs	Environmentally friendly activities engaged in by the public
Necessity for education	4.07	3.66	3.44
Innovation	4.43	3.75	3.04
Economic	4.50	3.60	2.80
Social benefits	4.46	3.91	3.87
Environmental	4.67	4.29	4.44
Climate-related	4.47	3.98	4.15
Motivation	4.40	3.91	3.94

As can be seen from the results of the expert survey, the most important aspects in the performance of green companies are considered to be innovation and environmental protection, while the need for special education is rated the lowest. Innovative thinking, economic aspects and motivation should be mentioned as the most important aspects of GJ performance, but social benefits are the least important. Environmental and climate aspects are the most important for the activities engaged in by the public, but economic aspects are the least important for this category of activity.

In accordance with the valuation on part of the students, the most important aspects in the performance of green enterprises are cited to be the environmental and climate-related aspects with the need for special education assessed as the least important, similar to the point of view of the experts surveyed. For GJ performance, students identified environmental and climate-related aspects as the most important, and economic aspects as the least important. Environmental and climate-related aspects were also valued as the most important for the activities engaged in by the public, with the economic aspects being considered as the least important for this category.

In the joint assessment of experts and students, environmental and economic aspects are considered to be the most important in the performance of green companies, the need for special education is assessed the lowest in importance. In terms of the performance of GJs, environmental and climate-related aspects are valued as the most important, and economic aspects as the least important. Environmental and climate-related aspects are assessed as the most important for activities engaged in by the public, and economic aspects – the least important.

Differences in the opinions of experts and students are observed in relation to GJs. However, in general, in all evaluated groups (green companies, GJs and public activities), the environmental aspect is indicated as the most important aspect for achieving results.

In the course of the work, a questionnaire was prepared on the role and contribution of local (Latvian) associations, foundations and non-governmental organizations in the development of the waste management system, including waste reduction and prevention and separate collection. Within the framework of the questionnaire, the above-mentioned environmental experts and students were invited to rank specific organizations (associations, foundations and non-governmental organizations) depending on their role and contribution to waste management, especially separate waste collection, both currently and in the future. They were also asked to provide justification of their valuation.

A broad range of associations, foundations and non-governmental organizations (NGOs) were chosen in terms of their form and objectives, but their unifying element was their scope, as they all work in the field of environmental protection, including waste management. Thus, the Latvian Environmental Science and Education Council, the Environmental Education Foundation are more involved in educational and research activities and their support. The association 'Zaļā Brīvība' is a public environmental protection and environmental education organization, the mission of which is to promote the development of a society that lives in harmony with itself and the environment. It informs the public about the impact of consumer activity and globalization on nature and social environment, as well as the development, adoption and implementation of international legislation. The Environmental Advisory Council is a consultative co-ordinating institution, the purpose of which is to promote public participation in the development and implementation of environmental policy. The association 'Zero Waste Latvija' promotes a waste-free lifestyle and its members work in various fields – both in cooperation with the government, waste managers and producers in the development of various draft laws, and in the implementation of their own initiative projects. The association 'Pēdas' organizes an annual campaign for cleaning up the

environment and collecting waste dumped in nature. Participants in the survey were also able to add other NGOs at their discretion.

The results obtained in the survey showed that both experts and students evaluate the activities engage in by the public depending on whether they have become acquainted with the activities of the particular NGO or have participated in the activities of these NGOs themselves. Therefore, the obtained results could not be used for further multi-criteria analysis. Therefore, general conclusions were drawn regarding the activities of certain types of environmental NGOs and the benefits to society. What can be unequivocally said is that the contribution of NGOs to the dissemination of environmental information and the formation of public opinion in the field of waste management is and will be greater, as the topic reaches the public in a more direct way. Consequently, NGOs can and must be involved in achieving waste reduction targets. However, the involvement of NGOs in public education requires a systemic and interdisciplinary approach. In addition, initiatives are relevant at various levels, both within enterprises, at the level of local authorities and municipalities, as well as at the regional, national and even international levels.

A multi-criteria analysis was used to assess the role and place of green enterprises, green jobs and activities engaged in by the general public in the development of the circular economy, including the waste management system. The multicriteria method chosen in this work is TOPSIS [24]–[26]. The main advantages of TOPSIS are the ability to choose an unlimited number of criteria and alternatives, a relatively simple calculation process, and TOPSIS results allow you to easily understand the alternatives. The choice of criteria is based on an approach that includes the widest possible range of aspects in the analysis. The criteria have been redesigned so that they can be compared with each other using specific indicators.

Using the TOPSIS analysis method, a decision matrix  $D$  is created, which consists of criteria and alternatives, as shown in Eq. (1).

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \tag{1}$$

where

- $A_1 \dots A_m$  Alternatives for comparison;
- $C_1 \dots C_n$  Criteria based upon which the comparison is made;
- $X_{ij}$  Alternatives  $i$  (where  $i$  is alternative 1 to  $m$ ) value in accordance with criteria  $j$  (where  $j$  from 1 to  $n$ ).

Each criterion is determined by its individual weight  $w_i$ . The weight is determined in such a way that the sum of the weight of all criteria is equal to 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \tag{2}$$

After the decision matrix is developed, a normalization of the value is conducted and a matrix of the normalized decision-making is prepared by applying Eq. (3).



$$D_{norm} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix}, \tag{3}$$

where  $r_{ij}$  is normalized value of alternative  $i$  in accordance with criteria  $j$ .

The normalized value is calculated by using the Eq. (4):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}. \tag{4}$$

In the next step, the normalized values are multiplied with the weight  $w_i$  of the corresponding criteria  $i$ , thereby leading to the normalized weighted value  $p_{ij}$ , as shown in Eq. (5):

$$p_{ij} = w_i \cdot r_{ij}. \tag{5}$$

The normalized weighted decision matrix  $D_{sv}$  provides the basis for the TOPSIS analysis.

$$D_{sv} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \dots & p_{mn} \end{pmatrix} \tag{6}$$

After the normalized weighted decision matrix is prepared, the ideal positive solution  $A^+$  and the ideal negative solution  $A^-$  are calculated:

$$A^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_m^+), \tag{7}$$

$$A^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_m^-), \tag{8}$$

where

$$p_j^+ = (\max_i p_{ij}, J \in J_1; \min_i p_{ij}, J \in J_2), \tag{9}$$

$$p_j^- = (\min_i p_{ij}, J \in J_1; \max_i p_{ij}, J \in J_2). \tag{10}$$

Assuming that  $J_1$  provides criteria, with maximum values for greater benefit and that  $J_2$  indicates the criteria with higher values, the next step is to calculate the distance of each alternative from the positive ideal solution and negative ideal solution with Eq. (11) and Eq. (12).

The distance of the alternative from the positive ideal solution ( $S^+$ ) is calculated:

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m. \tag{11}$$

The distance of the alternative from the negative ideal solution ( $S^-$ ) is calculated:



$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (12)$$

The alternative's relative distance from the ideal solution is calculated as shown with Eq. (13):

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)}, i = 1, 2, \dots, m. \quad (13)$$

As a result, the value obtained indicates the distance of the alternative to the ideal positive solution and to the ideal negative solution.

The results are shown in Fig. 2.

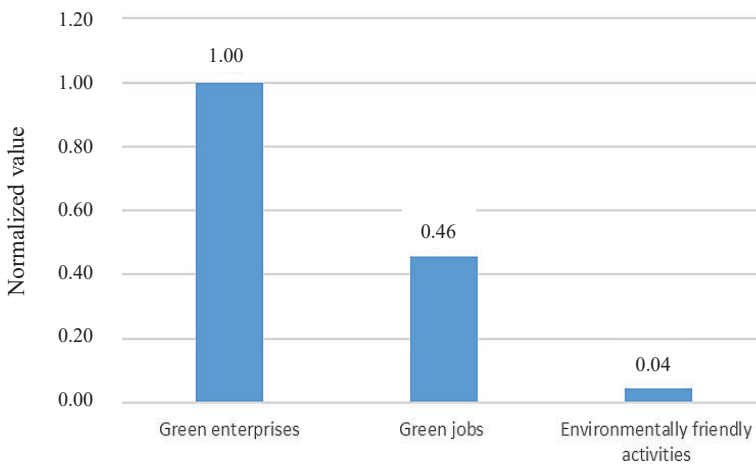


Fig. 2. Results of the ranking of green enterprises, green jobs and environmentally friendly activities engaged in by the public via the TOPSIS model.

In the course of the analysis, the results of the questionnaire, calculation of averages and application of the multi-criteria decision-making method (TOPSIS) clearly show that the most effective of the selected alternatives in the circular economy model within waste collection and recycling can be achieved through green enterprises.

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

Based on the results of surveys and information analysis, the role of green enterprises, green jobs and environmentally friendly activities engaged in by society in the field of waste management were assessed, following the waste hierarchy in the circular economy model. According to the waste hierarchy [27], the priority is to prevent and reduce waste, followed by re-use, recycling and recovery.

The design of goods and packaging and the separate collection of waste are essential elements to ensure the highest possible rates of reuse, recycling and recovery. The design of goods and packaging is an essential element in preventing and reducing waste.

The results obtained within the framework of the research indicate that the most important role in the circular economy model is played by green enterprises, i.e. enterprises, the main activity of which (according to the Statistical Classification of Economic Activities in the European Community (NACE)) is performed by providing environmental services. In the context of this work, these are companies that carry out waste management, from waste collection, including separate collection, transport, sorting, storage, preparation for re-use, treatment to waste recycling, recovery and disposal. Also included are companies that implement extended producer responsibility schemes and companies that act as consultants in the field of waste management. At the same time, it should be noted that not all jobs in these companies are considered GJs, because, like in any other company, there is a need for employees who perform support functions – provide administrative work and technical services.

#### **4.1. Green Enterprises**

In the circular economy model, there is an increasing need to reduce the amount of waste going to landfill, and this is associated with increasing resource efficiency. As a result, the role of waste recycling is growing, with a greater emphasis on recycling materials into other materials. This means developing waste recycling facilities to create new materials and new goods. With the development of recycling technologies, new companies are established, which are essential green companies, because they carry out waste recycling. The second direction in which green companies in the field of waste management are developing are companies that not only collect waste from their producers, but also collect waste separately, sort it and prepare it for recycling. Business has been developing especially in this direction in recent years. As the European Union has set a goal to dispose of no more than 10 % of the amount of municipal waste generated in landfills per year in 2035, the changes also affect landfills, where waste management activities are developed and diversified – sorting and recycling facilities are created. Achieving the set goals requires companies that provide environmental consulting and public education and information, which can also be conducted by existing waste management companies, through the development of new competencies and skills in their current profile. Educating and informing the public is important in order that waste of the highest possible quality is sorted at the source, thus ensuring the preparation of better quality materials for recycling.

Another area which has developed significantly in recent years and is related to the reduction of waste and more efficient use of resources, is re-use – repair shops and companies that prepare things for re-use are increasing. This service presents an opportunity for expanding social entrepreneurship. These companies are also considered green companies.

With the development of waste management in line with the goals of the circular economy, the place and role of green companies in creating new jobs, a large part of which are GJs, is also significantly increasing. Consequently, the role of green companies is the most important in the development of the circular economy, as this is the fastest way to achieve waste management goals, while ensuring the creation of new jobs.

According to the results of the survey, the most important motivating aspects for the development of green enterprises are environmental protection requirements related to environmental impact assessment, pollution reduction and prevention options and economic aspects. In setting these requirements and the obligations of polluters, they must be reasonable, enforceable, clear and in line with the basic principles of environmental policy: the 'polluter pays' principle, the precautionary principle, prevention, the principle of evaluation and the principle of extended producer responsibility. In turn, the economic aspects that promote the development of green enterprises are related to the motivating tax

policy set by the Government, the costs of the production of goods and provision of services and the motivating market demand policy for processed products. In turn, according to experts, the least important aspect in the development of green enterprises is specific education, which is related to the mobility of the population and readiness to acquire new skills and knowledge on the job.

The fact that green enterprises play a key role in waste management, as shown by the results of the survey and modelling carried out during the study, can be explained by the fact that these companies carry out specific planned waste management activities: waste collection, transport, sorting, recycling, recovery and recycling, disposal, preparation for re-use, repair and repair of cases to extend their service life. These activities are the core business of these companies. This includes companies involved in consultancy, the development and production of recycling technologies and techniques, and the development of products and packaging with the aim of reducing waste as such and reducing the amount of waste going to landfill. Respectively, the performance of these companies makes it possible to achieve these goals in the fastest way, in the most efficient way and with the highest numerical value.

#### **4.2. Green Jobs**

Green jobs (GJ) play an important role in the circular economy model in terms of waste management and resource efficiency, but their share is lower than that of green companies. Green jobs are jobs that help to preserve or restore the environment. It should be noted that GJs are located not only in green companies, but also in other companies and institutions, the core business of which is not related to the provision of environmental services, including waste management, but also to the development, assessment, enforcement, monitoring and control of environmental requirements and conditions or control (for example, environmental specialists/experts/consultants in companies and institutions, including control bodies). GJs are also associated with the development of new products and packaging, innovation and the efficient use of the company/institution resources, as a result of which the generation of waste is prevented and the amount of waste generated is reduced. Thus, GJs can be divided into several groups in relation to waste management policy in the circular economy model. The first is – jobs in green companies. The second – environmental specialists, the tasks of which are to ensure the development and maintenance of the company's/institution's environmental policy, including waste reduction and appropriate management, as well as place of employment related to goods and waste accounting, monitoring compliance with waste management requirements and control. GJs also include employees who innovate in the field of resource efficiency and through the development of new technologies and product prototypes, taking into account environmental and eco-design requirements and the principles of product life cycle analysis.

Evaluating the conducted research and expert evaluations, it can be concluded that the prestige of GJs is gradually increasing. This is related to the development of green products and services and the public's desire to live in an environment, the quality of which is high enough and does not deteriorate. The implementation of environmental management systems in companies also has a positive effect on the creation of GJs. According to the results of the survey, the most important motivating aspects for the development of GJs are the requirements of environmental protection and prevention of climate change. In turn, the least important are the economic aspects.

The results of the survey and modelling carried out during the study showed that the role of GJs is also important in achieving the goals of waste reduction and management.

### **4.3. Green Activities Engaged in by the Public**

By applying the Multi-Criteria Decision-Making Method (TOPSIS), the results clearly show that the selected alternative environmentally friendly activities engaged in by society have the lowest result in the model of circular economy in the field of waste management. However, these activities engaged in by the public cannot be underestimated, as they are related to the formation of public opinion and changes in behaviour. As in the case of GJs, environmental and climate-related aspects are the most important for the green activities which the public is engaged in, but economic aspects are the least important. It can be said that the activities of NGOs should be purposefully directed towards the transition of the society from waste management to waste reduction and prevention. It should also be noted that NGOs often focus on campaign-like activities that result in good publicity and positive public perceptions, but little work is done on effective long-term solutions.

## **5. CONCLUSION**

1. Assessing the role of green enterprises, green jobs and environmentally friendly activities engaged in by society in the field of waste management, following the waste hierarchy in the circular economy model, the results clearly show that the most effective of the selected alternatives can be achieved through the activities of green enterprises, then green jobs – the least effective being the activities engaged in by the public.
2. Whereas the collection, transport, sorting, treatment, recycling, recovery and disposal of waste, preparation for re-use, repair of items and repairs, consultancy, development and production of recycling technologies and techniques and the development of products and packaging with a view to reducing waste and landfilling is the core business of green companies, the performance of these companies makes it possible to achieve waste management goals in the most efficient way and with the highest numerical value.
3. The most important motivating tools for the development of green enterprises are environmental protection requirements related to environmental impact assessment, pollution reduction and prevention options, and economic aspects. The economic aspects that promote the development of green enterprises are related to the motivating tax policy set by the Government, the costs of production of goods and provision of services and the motivating market demand policy for processed products.
4. The tools which motivate green job creation and development in the field of waste management are the development of green products and services, the public's desire to live in a quality environment and the implementation of environmental management systems in companies.
5. The most important motivating aspects in the development of green jobs and environmentally friendly activities engaged in by society are the environmental and climate-related aspects, but the least important are the economic aspects.
6. The activities of NGOs should be purposefully directed towards activities which promote the transition of the activities engaged in by the public from waste management to waste reduction and prevention.
7. To evaluate the efficiency of green enterprises, green jobs and environmentally friendly activities engaged in by society in the field of waste management, activity indicators are related to the waste hierarchy within the circular economy model – the amount of waste generated decreases, the amount of waste disposed of decreases, the amount of recyclable and recycled waste increases. However, different indicators apply to each group, as green businesses are designed to manage waste efficiently. In turn, the role and significance of

green jobs and the activities of the public is related not only to proper waste management, but also to the reduction of waste and prevention of its generation.

## REFERENCES

- [1] European Commission. Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe. Brussels: EC, 2020.
- [2] International Labour Organization. Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all. Geneva: ILO, 2015.
- [3] Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions. Green Employment Initiative: Tapping into the job creation potential of the green economy. Brussels: EC, 201.
- [4] International Labour Organization. Green jobs progress report 2014–2015. Geneva: ILO, 2016.
- [5] International Labour Organization. Decent work. Geneva: ILO, 2018.
- [6] International Labour Organization. Greening with jobs. World Employment Social Outlook 2018. Geneva: ILO, 2018.
- [7] Jacob K., Quizow R., Bär H. Green Jobs: Impacts of a Green Economy on Employment. Eschborn: GIZ, 2015.
- [8] Novello A., Carlock G. Redefining green Jobs for a Sustainable Economy. Report Economy & Jobs. 2019.
- [9] Khoshnava S. M., et al. Green efforts to link the economy and infrastructure strategies in the context of sustainable development. *Energy* 2020:193:116759. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116759>
- [10] Bowen A., et al. Characterising green employment: The impacts of ‘greening’ on workforce composition. *Energy* 2018:72:263–275. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.03.015>
- [11] International Labour Organization. What is a green job? [Online]. Available: [https://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/news/WCMS\\_220248/lang-en/index.htm](https://www.ilo.org/global/topics/green-jobs/news/WCMS_220248/lang-en/index.htm)
- [12] Sulich A., Rutkowska M., Poplawski L. Green jobs, definitional issues, and the employment of young people: An analysis of three European Union countries. *Journal of Environmental Management* 2020:262:110314. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110314>
- [13] Battaglia M., Cerrini E., Annesi N. Can environmental agreements represent an opportunity for green jobs? Evidence from two Italian experiences. *Journal of Cleaner Production* 2018:175:257–266. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.086>
- [14] Dell’Anna F. Green jobs and energy efficiency as strategies for economic growth and the reduction of environmental impacts. *Energy Policy* 2021:149:112031. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112031>
- [15] Cecere G., Mazzanti M. Green jobs and eco-innovations in European SMEs. *Resource and Energy Economics* 2017:49:86–98. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2017.03.003>
- [16] Martínez-Cruz A. L., Núñez H. M. Tension in Mexico’s energy transition: Are urban residential consumers in Aguascalientes willing to pay for renewable energy and green jobs? *Energy Policy* 2021:150:112145. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112145>
- [17] Consoli D., et al. Do green jobs differ from non-green jobs in terms of skills and human capital? *Research Policy* 2016:45(5):1046–1060. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.02.007>
- [18] Lorraine E., et al. Waste Reduction Behaviors at Home, at Work, and on Holiday: What Influences Behavioral Consistency Across Contexts? *Front. Psychol.* 2018:9:2447. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02447>
- [19] Breakwell G. M. Identity process theory: clarifications and elaborations. *Identity Process Theory: Identity, Social Action and Social Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014:203–221.
- [20] Young W., et al. Changing behaviour: successful environmental programmes in the workplace. *Business Strategy and Environment* 2015:24(8):689–703. <https://doi.org/10.1002/bsc.1836>
- [21] Fuldauer L. I., et al. Participatory planning of the future of waste management in small island developing states to deliver on the Sustainable Development Goals. *Journal of Cleaner Production* 2019:223:147–162. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.269>
- [22] Inghels D., Dullaert W., Bloemhof J. A model for improving sustainable green waste recovery. *Resources, Conservation and Recycling* 2016:110:61–73. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.013>
- [23] Lanfranchi J., Pekovic S. How Green is my Firm? Workers’ Attitudes and Behaviors towards Job in Environmentally Related Firms. *Ecological Economics* 2014:100:16–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.12.019>
- [24] Hwang C. L., Yoon K. (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*. New York: Springer-Verlag, 1984. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- [25] Hrasko R., Pacheco A. G. C., Krohling R. A. Time Series Prediction Using Restricted Boltzmann Machines and Backpropagation. *Procedia Computer Science* 2015:55:990–999. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.104>
- [26] Krohling R. A. Pacheco A. G. C. A-TOPSIS – An approach Based on TOPSIS for Ranking Evolutionary Algorithms. *Procedia Computer Sciences* 2015:55:308–317. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.054>
- [27] European Commission. Waste prevention and management [Online]. [Accessed 15.03.2021]. Available: [https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm)

Publikācija Nr. 2: Circular Economy analysis. Ranking of energy resources from waste.

# Circular Economy Analysis. Ranking of Energy Resources from Waste

Rudīte Vesere\*, Silvija-Nora Kalniņš, Dace Lauka, Dagnija Blumberga  
Institute of Energy systems and Environment  
Riga Technical University  
Riga, Latvia  
ruditevesere@yahoo.com

**Abstract**— The aim of the circular economy is to maximize the value of a product during its use, using secondary raw materials to create new products. This research focus on the possibilities of using waste as an energy resource – both the aspects of waste recovery, from the point of view of reducing the amount of landfilled waste, and the extraction and further efficient use of landfill gas. In this case the TOPSIS analysis method was used, five alternatives were selected - waste as an energy resource, which was evaluated based on four criteria: technological, economic, social, as well as environmental and climate aspects. The results of ranking energy recovery methods from waste using the TOPSIS method clearly show that the most optimal of the selected alternatives is the use of biodegradable (organic) waste for biogas production. This opens up opportunities for biofuels to be applied in road transport.

**Keywords**—*Biogas; Landfill waste; TOPSIS; Waste recovery.*

## I. INTRODUCTION

According to one of the leading developers of the principles of the circular economy, the Ellen MacArthur Foundation, the circular economy is renewable and regenerative at its core, and society constantly strives to maintain products, components and materials at their highest level of usefulness and value, [1].

The aim of the circular economy is to maximise the value of a product during its use, using secondary raw materials to create new products. The circular economy [2] prefers the use of goods rather than the ownership of them.

When approving the Circular Economy Action Plan in 2015 and new Action Plan in 2019, the European Commission (EC) defined the circular economy as one in which the value of products, materials and resources in the economy is maintained for as long as possible and waste generation is minimized. The management on the premises of these principles [3, 4] would create jobs, growth and innovation. Revitalizing the circular economy would boost competitiveness and could also create opportunities for social inclusion and cohesion [5].

, The value of products and materials is maintained for as long as possible, waste generation and resource use are reduced, and resources remain in the economy, where they are used again to create added value.

Traditionally, the more active economic development and the pace of urbanization, the greater the amount of waste generated. The world's natural resources are running out and volumes of landfilled waste are increasing. All areas of activity

related to the transition to a circular economy should be seriously considered and special attention should also be paid to the application of the waste management hierarchy shown in Fig. 1.

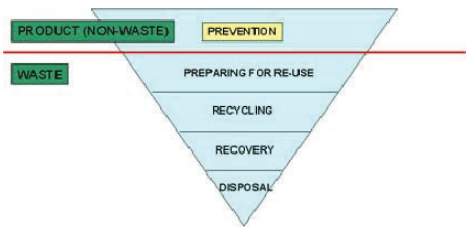


Fig. 1. Waste management hierarchy [6].

For waste management to become sustainable, this cannot be achieved through technical solutions alone. Waste management is moving towards more integrated approaches.

Waste prevention is the highest point in the waste hierarchy. Preference is most often given to the recovery of materials, which includes activities such as recycling and composting. Lower priority is placed on energy production. Disposal is always a last resort and is only considered when all other options have been exhausted. Incineration of waste with energy recovery and effective use is allowed in cases where the waste in question cannot be recycled for economic or technical reasons, but at the same time has a high calorific value. Poor waste management contributes to climate change and increased pollution, poses technogenic risks to the environment and human health. When used as an energy source, waste replaces fossil fuels and limits greenhouse gas emissions.

Evaluating waste as a potential energy resource is necessary from several aspects - both from the point of view of alternatives to fossil energy resources, and from the point of view of reducing the amount of waste disposal. Until now, these aspects have been assessed in isolation from each other and only to solve one or another aspect, rather than resolving them in a complex way.

This article will look in detail at the possibilities of using waste as an energy resource - both the aspects of waste recovery, from the point of view of reducing the amount of landfilled waste, and the extraction and further efficient use of landfill gas.



The aim of the study was to find out which types of waste recovery provide the greatest benefit in energy production, using the most efficient use of resources. A multi-criteria analysis approach was used for evaluation. This is necessary for decision-making, to select methods for using waste as energy resources and plan the development of waste management, especially taking into account the ambitious waste management goals of the European Union, which envisage that in 2035 no more than 10% of municipal waste generated per year can be disposed of. Energy from waste can be used to produce heat or electricity and can replace energy produced from coal or other fuels. Thus, waste recovery can help reduce greenhouse gas emissions [6, 7].

In efficient waste recovery facilities, non-reusable, non-recyclable waste is converted into energy during the process, thus reducing the need for landfills. Most countries with very high recycling rates - such as Austria, Belgium, Germany and the Netherlands – also have high energy consumption and thus landfills are reduced almost to zero and a significant proportion of waste can be incinerated – producing regenerated energy.

There are around 1,400 waste incineration or co-incineration plants in the EU. 15% of waste is co-incinerated in the energy sector, 10% in the cement industry. In the case of waste incineration, the average waste efficiency is very important, which, for example, is 3 MWh / tonne of waste in Sweden. Energy from waste ensures the use of local energy resources, helps reduce dependence on fossil fuel imports, promotes energy security, saves millions of tonnes of CO<sub>2</sub> and provides sustainable, local, low-carbon, cost-effective and reliable energy [8, 9, ].

Several studies indicate that the amount of energy that can be obtained from waste largely depends on the composition and quality of the fuel, incl. moisture, ash content and the lowest heat of combustion, as well as the efficiency of the combustion plant. [10, 11]. Efficient energy supply plants thermally treat municipal and similar waste, thus reducing both methane emissions from landfills and CO<sub>2</sub> emissions that would have been generated by conventional power plants. Compared to waste disposal, waste incineration and other thermal processes avoid high greenhouse gas emissions and only produce a low level of CO<sub>2</sub> emissions. Researchers [12] have considered the possibility of reducing CO<sub>2</sub> emissions by regenerating used tires in the energy production process in the cement industry. The results of the calculations [12] showed that improved collection of used tires and incineration in a cement production plant can save up to 17% of the current CO<sub>2</sub> emissions from mineral products.

When creating an infrastructure for energy recovery from waste, it is important to plan for a variety of fuels to be used in a particular installation, because one of the goals and tasks of waste policy in the transition to a circular economy is waste prevention, which will reduce the amount of waste that can be used for the preparation of fuel. It should be noted here that two types of waste could be used as an energy resource - used tires, which are crushed before incineration, and specially prepared combustible mixed waste RDF (refuse-derived-fuel) with sufficient calorific value.

The waste-to-energy (WtE) sector includes the collection and pre-treatment of various types of organic and recyclable waste used as a raw material in conversion technologies. In order to promote more efficient waste management technologies, increase the use of alternative energy sources and improve cooperation between different target groups, it is proposed to establish a WtE cluster [13]. WtE incineration is expected to grow significantly over the next decade [13,14,15], with significant benefits for environmental quality, reduction of greenhouse gas (GHG) emissions, and the development of government policies and financial incentives for the use of waste as a renewable energy source. As a result of the fossil fuel crisis, the development of alternative fuel technologies has gained more attention for replacing fossil fuel with secondary raw materials.

As described, waste as an energy resource can be produced and used in different ways depending on the type of waste stream and the type of energy production.

## II. METHODOLOGY

As potential energy resources, the types of waste shown in Figure 2 were analysed in this article using specific recovery methods.

Used tires	RDF	Organic waste	Landfill gas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manufacture of modern fuel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cement manufacturing</li> <li>• Heat production</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biogas production</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heat production</li> <li>• Electricity &amp; heat energy production</li> </ul>

Fig.2. Distribution of waste as a potential energy resource

The authors write and analyse waste as a potential use of energy resources, according to four aspects: technological, economic, social, environmental and climate-related.

Energy recovery of waste by incineration in incinerators or cement plants is one of the forms of energy recovery from waste. It should be noted that two types of waste could be used as an energy resource: used tires, which are shredded before incineration, and specially prepared combustible mixed waste with sufficient calorific value RDF (refuse-derived fuel) [11]. In the case of waste incineration, the average waste efficiency is very important, for example in Sweden 3 MWh / tonne of waste [16].

One way to recover alternative fuel from waste is to recover used tires [12]. The use of alternative fuels and raw materials is common practise in the cement industry [17], however it is important to take into account that the entire volume of used tired produced every year, cannot be used as fuel in the cement industry. Landfilling processes generate methane in landfills, which has an impact on climate change. Methane is formed by microorganisms that are generated in landfills from biodegradable waste such as food, paper and garden waste. Under EU law, the biodegradable fraction of municipal and industrial waste is considered biomass. Energy recovery from waste is about 50% renewable. It should be noted that energy can be obtained from biodegradable waste in two ways: by



using this waste in biogas plants, or by producing compost according to the most modern methods, and by producing biogas during the process.

Anaerobic digestion is an alternative process to the treatment of organic waste [18, 19] that allows energy to be obtained from biogas. This reduces the amount of waste going to landfill for disposal, which in turn increases the life of landfills.

As noted above, this study used multi-criteria analysis to evaluate the efficiency of different types of waste regeneration.

The multi-criteria analysis was chosen to find out which of the proposed options is the most successful, the most advantageous. This method is designed to improve the quality of decisions by involving a number of criteria in the decision-making process in order to make choices clearer, more rational and more efficient. This analysis is used for a number of purposes, such as identifying the best alternative or evaluating alternatives. The multicriteria method chosen is TOPSIS.

In 1981, the multi-criteria decision-making method TOPSIS was developed by C.L. Hwang and K.P. Yoon as a method for evaluating alternatives according to qualitative and quantitative criteria (Hwang, 1981) [20]. Over the years, alternative versions have been developed on its basis, which expand its application possibilities in various ways (Renato A. Krohlinga, 2015) [21, 22], for example, by allowing the inclusion of uncertainties and value ranges. The main advantages of TOPSIS are the ability to choose an unlimited number of criteria and alternatives, a relatively simple calculation process and no special software required, as well as, TOPSIS results allow you to compare alternatives in a convenient and easy-to-understand way.

Using the TOPSIS analysis method, a decision matrix D is created, which consists of criteria and alternatives, as shown in Eq. (1).

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

where

$A_1 \dots A_m$  alternatives for comparison;

$C_1 \dots C_n$  criteria based upon which the comparison is made;

$X_{ij}$  alternatives  $i$  (where  $i$  is alternative  $l$  to  $m$ ) value in accordance with criteria  $j$  (where  $j$  from  $l$  to  $n$ ).

In this case, five alternatives were selected - waste as an energy resource, which was evaluated based on four criteria: technological, economic, social, as well as environmental and climate aspects.

The technological aspect includes the level of technological development, the possibility of innovations, the efficiency of processes and the quality of the obtained product.

The economic aspect includes the costs of waste preparation, transportation, operation of equipment and

covering the capital investments of the technological equipment.

The social dimension mainly includes issues on increasing or decreasing employment, as well as the impact of waste shipments at the EU level and beyond.

The environmental and climate dimension is linked to the impact on the quality of the environment and emissions of pollutants and climate change.

TABLE 1. THE DECISION MATRIX AND THE ASSESSMENT OF THE POTENTIAL USE OF WASTE IN ENERGY (FROM 2- LOWEST VALUE TO 5 – HIGHEST)

No.	Waste – resource	Aspects			
		Technological	Economic	Social	Environmental and climate-related
1.	Tires for production of modern fuel	4	3	4	4
2.	RDF energy production	5	4	3	4
3.	Organic waste biogas production	5	4	4	4
4.	Waste incineration in a boiler furnace	2	3	4	3
5.	Landfill gas for energy production	3	4	3	3

Each criterion is determined by its individual weight  $w_i$ . The weight is determined in such a way that the sum of the weight of all criteria is equal to 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1. \quad (2)$$

The weight of the criteria was set based on the views of the opinions of the eight waste management experts:

TABLE 2. CRITERIA WEIGHTS

Evaluation criteria	Technological	Economic	Social	Environmental and climate-related
Weight	0,25	0,30	0,2	0,25

After the decision matrix is developed, as illustrated in Table x, a normalization of the value is conducted and a matrix of the normalized decision-making is prepared by applying Eq. (3).

$$D_{norm} = \begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} C_1 & \dots & C_n \\ r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

where

$r_{ij}$  normalized value of alternative  $i$  in accordance with criteria  $j$ .

The normalized value is calculated by using the formula:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (4)$$

In the next step, the normalized values are multiplied with the weight  $w_i$  of the corresponding criteria  $i$ , thereby leading to the normalized weighted value  $p_{ij}$ , as shown in formula (5):

$$p_{ij} = w_i * r_{ij} \quad (5)$$

The normalized weighted decision matrix  $D_{sv}$  provides the basis for the TOPSIS analysis.

$$D_{sv} = \begin{matrix} A_1 & C_1 & \dots & C_n \\ \vdots & p_{11} & \dots & p_{1n} \\ A_m & p_{m1} & \dots & p_{mn} \end{matrix} \quad (6)$$

After the normalized weighted decision matrix is prepared, the ideal positive solution  $A^+$  and the ideal negative solution  $A^-$  are calculated.

$$A^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_m^+) \quad (7)$$

$$A^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_m^-) \quad (8)$$

where

$$p_j^+ = \left( \max_i p_{ij}, j \in J_1; \min_i p_{ij}, j \in J_2 \right) \quad (9)$$

$$p_j^- = \left( \min_i p_{ij}, j \in J_1; \max_i p_{ij}, j \in J_2 \right) \quad (10)$$

Assuming that  $J_1$  provides criteria, with maximum values for greater benefit and that  $J_2$  indicates the criteria with higher values for higher costs or other types of losses, further the distance of each alternative from the positive ideal solution and negative ideal solution is calculated with formulas (11) and (12).

The distance of the alternative from the positive ideal solution ( $S^+$ ) is calculated:

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^+)^2}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (11)$$

The distance of the alternative from the negative ideal solution ( $S^-$ ) is calculated:

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (p_{ij} - p_j^-)^2}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (12)$$

The alternative's relative distance from the ideal solution is calculated as shown with formula (13):

$$C_i^* = \frac{S^-}{(S^+ + S^-)}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (13)$$

As a result, the value obtained indicates the distance of the alternative to the ideal positive solution and to the ideal negative solution.

### III. RESULTS

The results of work carried out using the Multi-Criteria Decision-Making Method (TOPSIS) [20, 21, 22] clearly showed that the use of biodegradable (organic) waste for biogas production is the most optimal of the selected alternatives. This opens up opportunities for biofuels for transport. Increased use of organic waste for recycling and energy recovery can significantly reduce the amount of landfill gas, the use of which for energy recovery is one of the most undesirable energy production methods according to TOPSIS results.

Among the existing criteria weights, the use of RDF for energy production ranks second. The use of tires for the production of modern fuel is also closer to the ideal positive solution than the ideal negative solution, in fact, its average choice between the energy production methods from waste discussed in the article. Aspects of tire recycling are essential for its further development, so that used tires are used as efficiently as possible from the point of view of recycled materials. At the same time, it should be noted that when designing infrastructure for energy recovery from waste, it is important to plan a variety of fuels that can be used in a particular installation, as one of the goals and objectives of waste policy in the transition to a circular economy is waste prevention, which can be used for the preparation of fuel material.

The results of ranking energy recovery methods from waste using the TOPSIS method are shown in Fig. 3. The results of the analysis clearly show that the most optimal of the selected alternatives is the use of biodegradable (organic) waste for biogas production. This opens up opportunities for biofuel use in transport. At the same time, biogas production must be seen in conjunction with the composting process, so that resources can be used with maximum added value.

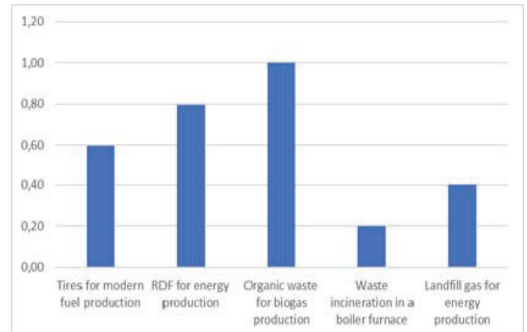


Fig.3. Results of ranking methods of energy recovery from waste using the TOPSIS method

Among the existing criteria weights, the use of RDF for energy production ranks second. The use of tires for the production of modern fuels is also closer to the ideal positive

than to the ideal negative. It is average choice between the energy production methods from waste discussed in the article. Aspects of tire recycling are essential for its further development, so that used tires are used as efficiently as possible from the point of view of recycled materials. At the same time, it should be noted that when designing infrastructure for energy recovery from waste, it is important to plan for the variety of fuels that can be used in the installation, as waste prevention and reduction will be one of the goals and objectives of waste policy in the transition to a circular economy, which can be used for the preparation of fuel material.

The most unfavourable solution by using the current criteria weights is the incineration of waste in a boiler furnace, which is also the most inefficient method and poses the greatest threat to the environment and human health. The next method of energy production that ranks closer to the ideal negative is energy production from landfill gas. However, it should be noted that energy production from landfill gas correlates with biogas production from organic waste. The higher the proportion of organic waste used for biogas production, the less such waste will end up in landfills for disposal, resulting in a reduction in landfill gas production, the collection of which has been made mandatory for landfill operators.

Usually the energy produced from waste is used for traditional needs in energy and heating. However, there is also potential to use this energy in transportation. This is particularly topical in densely populated urban areas where the main environmental problems are usually related to air quality issues related to transport.

#### IV. CONCLUSIONS

1. Energy production from waste differs in terms of technological solutions, innovations for product production, higher added value, and the place and methods of raw material extraction. Energy generated from waste is one of the most effective alternative energy sources with which to reduce CO<sub>2</sub> emissions and limit the use of fossil fuels that are used by traditional energy systems.
2. There is potential for the use of waste as an energy resource in Europe, especially taking into account the waste management goals set for 2035. To ensure that only 10% of the total amount of municipal waste generated is landfilled, it is not enough to achieve the recycling target alone. Therefore, the important question is what to do with 25% of the amount of municipal waste generated - to increase the amount of recycled waste or to recover this amount of waste - to obtain energy from it for further use. Waste energy does not compete with recycling - it goes hand in hand and supports high quality recycling. In terms of the fossil fuel crisis and the goal of increasing the use of renewable energy resources in the energy balance, the development of alternative fuel technologies,

including the use of secondary raw materials as energy resources, plays an important role in energy. Road transport also has the potential to use this energy. In the event of such a choice, the location and availability of the appropriate infrastructure must be further assessed.

3. One way to recover waste is through incineration. Energy produced from waste can be used to generate heat or electricity and can replace energy produced from coal or other fossil fuels. Waste recovery can help reduce greenhouse gas emissions. Among the criteria weights evaluated in this study, the use of RDF for energy production is in second place. Modern fuel production also uses used tires, as evidenced by their use in cement production to replace fossil fuels. The most unfavourable solution, using the current criteria weights, is the incineration of waste in a boiler kiln, which is also the least efficient method and poses the greatest threat to the environment and human health.
4. Creating pre-conditions for alternative uses of waste to reduce the amounts of waste in landfills paves the way for new and innovative methods, solutions and applications of the energy obtained. In order to create the necessary preconditions, there needs to be a political decision and a regulatory framework developed on the basis of a careful consideration of all aspects – innovative approaches, technologies and solutions, potential impacts on the economy and social systems, as well as on the environment and human health.
5. When creating an infrastructure for energy recovery from waste, it is necessary to plan a variety of materials for fuels that can be used in a particular installation, taking into account one of the goals of waste policy in the transition to a circular economy - waste prevention, which will reduce the volumes of waste that can be used as a material for fuel.
6. The results of the Multi-Criteria Decision Making Method (TOPSIS) clearly show that the use of organic waste for biogas production is the most preferred of the selected alternatives. Generally, energy from waste is traditionally used for energy or heating purposes. However, road transport also has the potential to use this energy. This is especially true in urban areas, where the main environmental problems are usually related to air quality problems caused by transport. Taking into consideration the volume of biological waste, as well as the fact that sewage sludge is used for biogas production, this opens up the possibility for development of biofuel production and its use in transport.
7. By using organic waste more intensively for recycling and energy production, it is possible to significantly reduce the amount of landfill gases,

which, according to the results of TOPSIS, is one of the most undesirable methods of energy production evaluated in this study.

#### ACKNOWLEDGMENT

The research is funded by the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, project "Assessment of Latvia's renewable energy supply-demand economic potential and policy recommendations", project No. VPP-EM2018/AER-1-0001

#### REFERENCES

- [1] Ellen Macarthur Foundation. Delivering the Circular Economy. A Toolkit for Policymakers. 2015.
- [2] International Labour Organization. World Employment Social Outlook 2018. Greening with Jobs. Geneva: ILO, 2018.
- [3] C:\Users\ruditev\AppData\Local\Microsoft\Windows\NetCache\Content.Outlook\AppData\Local\Microsoft\Windows\NetCache\User\AppData\Local\Microsoft\Windows\NetCache\IE\GDZHIPO3\3]Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Closing the Loop - an EU Action Plan for the Circular Economy Com/2015/0614 Final. Brussels: European Commission, 2015.
- [4] Sustainable Guide. Circular Economy [Online]. [Accessed 30.04.2020]. Available: <https://sustainabilityguide.eu/sustainability/circular-economy/>
- [5] European Commission. Circular Economy [Online]. [Accessed 30.04.2020]. Available: [https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/circular-economy_en)
- [6] European Environmental Agency. Waste: a problem or a resource? EEA, 2014.
- [7] Tomic T., Schneider R. D. The role of energy from waste in circular economy and closing the loop concept – Energy analysis approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2018;98:268–287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.029>
- [8] Vogt R., et al. The Climate Change Mitigation Potential of the Waste Sector. Öko-Institut, IFEU, UBA, 2015.
- [9] Malinauskaitė J., et al. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. *Energy* 2017;141:2013–2044. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.128>
- [10] Dace E., Skorobogatova A. No atkritumiem iegūtā kurināmā potenciāls Latvijā. (Assessment of RDF Potential un Latvia.) Rīga: RTU, 2011. (in Latvian)
- [11] Dace E., Blumberga D. An Assessment of the Potential of Refuse Derived Fuel in Latvia. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 2012;23:4:503–516. <https://doi.org/10.1108/14777831211255088>
- [12] Dzene I., et al. Energy Recovery from End-of-Life Tyres: Untapped Possibility to Reduce CO2 Emissions. *Environmental and Climate Technologies* 2010;4:35–41. <https://doi.org/10.2478/v10145-010-0015-6>
- [13] Beloborodko A., Romagnoli F., Rošā M., Blumberga D. Overview of the Waste-to-Energy Sector in Latvia: Driving Forces for a Cluster Creation. *Agronomy Research* 2014;12(3):979–988.
- [14] Jun Dong, Yuanjun Tang, Ange Nzihou, Yong Chi, Zhaozhi Zhou. Comparison of waste-to-energy technologies of gasification and incineration using life cycle assessment: Case studies in Finland, France and China. *Journal of Cleaner Production* 1 December 2018.
- [15] Zhikang Bao, Weisheng Lu, Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China Science of The Total Environment Volume 7241 July 2020 Article 138264
- [16] Juris Golunovs, RPA Rīgas enerģētikas aģentūra, Labas prakses piemērs: pietkdaļu enerģijas centralizētai siltumapgādei Zviedrijā saražo no atkritumiem. Enerģētika un automatizācija 05/2008.
- [17] Zaid Ghoulah, Yixin Shao. Turning municipal solid waste incineration into a cleaner cement production. *Journal of Cleaner Production* 10 September 2018.
- [18] Hanning Wang, Xian'en Wang, Junnian Song, Shuo Wang, Xiaoyu Liu. Uncovering regional energy and environmental benefits of urban waste utilization: A physical input-output analysis for a city case. *Journal of Cleaner Production*, July 2018.
- [19] Samuel Alexander, Peter Harris, Bernadette K. McCabe. Biogas in the suburbs: An untapped source of clean energy? *Journal of Cleaner Production* 1 April 2019.
- [20] [20]Hwang C. L., Yoon K. (1981) Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. New York: Springer-Verlag, <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- [21] [21] Hrasko R., Pacheco A. G. C., Krohling R. A. Time Series Prediction Using Restricted Boltzmann Machines and Backpropagation. *Procedia Computer Science* 2015;55:990–999. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.104>
- [22] [22] Krohling R. A. Pacheco A. G. C. A-TOPSIS – An approach Based on TOPSIS for Ranking Evolutionary Algorithms. ITQM 2015.

Publikācija Nr. 3: Towards efficient waste management in Latvia: an empirical assessment of waste composition.

# Towards Efficient Waste Management in Latvia: An Empirical Assessment of Waste Composition

Anna KUBULE<sup>1\*</sup>, Kaspars KLAVENIEKS<sup>2</sup>, Rudite VESERE<sup>3</sup>, Dagnija BLUMBERGA<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> *Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University,  
Azenes iela 12/1, Riga, LV-1048, Latvia*

**Abstract** – Waste management system is a complex system involving numerous waste streams, collection schemes, treatment processes and various actors. But as well as many other systems, waste management is recently experiencing new and more sustainable development trends including the promotion of circular economy and increased material recycling. Hence there is a need for the implementation of an improved waste management system that requires a significant and thorough planning stage, the results of which will significantly depend on the availability of detailed information of the possible waste flows and waste composition. The aim of this paper is to experimentally determine and analyse the composition of unsorted municipal waste to provide assessment for incorporating waste composition analysis into further planning and modelling of a next generation waste management system in Latvia. The experimental results indicate that the unsorted municipal waste stream comprises of up to 32.9 % of recyclable materials and 29.2 % of biodegradable wastes. Thus almost 60 % of the waste currently being subjected to unsorted waste management system in Latvia could potentially be source separated ensuring higher quality of the recovered materials and promoting circular value chains. The results indicate a slight difference between waste composition in different waste management regions, thus noting that, in addition to the number of inhabitants and their habits, the local system in each waste management region may influence the composition of the collected wastes.

**Keywords** – Circular economy; multiple regression analysis; waste composition analysis; waste management system

## 1. INTRODUCTION

Our overall consumption is continuously growing, as well as the amounts of produced waste, but the one thing that is constant is the Earth's finite resources. To find a long term solution for these challenges, we have to consider our waste management systems as a source for valued resources or resource banks [1], e.g. reuse and recycle wastes, recover energy [1] or even upgrade waste into valuable products [1]. However, current waste management systems are focused only on waste treatment, and lack considerations of the potential waste valorisation opportunities [1].

The concept of the circular economy is assumed to hold the solution or at least a remedy for such complex global challenges, including decoupling of resource use and economic growth, resource scarcity, climate change, increased waste generation etc. [1]. Circular economy aims to overcome the linear production approach that is based on the take-make-consume and dispose trend and to transform the economy to a circular operating pattern that is improving resource and energy efficiency, and involving resource recovery and reuse [1]. However, a significant gap exists between circular economy practical solutions and actual motivation of individual local actors to

---

\* Corresponding author.

*E-mail address:* anna.kubule@rtu.lv

©2019 Anna Kubule, Kaspars Klavenieks, Rudite Vesere, Dagnija Blumberga.

This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), in the manner agreed with Sciendo.

implement those solutions [1]. Cobo et al. [1] propose the design of efficient and circular integrated waste management systems (CIWMS) as a significant tool for the transition towards a circular economy.

Though with 1.26 tons of non-hazardous waste (including household and industrial waste) per inhabitant in 2016, Latvia is one of EU 28 countries with the least amount of waste produced per capita [1], the national tendency shows a significant increase of generated waste amount from 362 kg per capita in 2002, to 1098 kg per capita in 2017 [1]. As well, there is a significant linear correlation between per capita generated waste and per capita GDP ( $r^2 = 0.78$ ), indicating that further economic growth will only lead to the increase of per capita waste generation, if no meaningful decoupling measures are undertaken. A recent analysis of the performance of national municipal waste treatment systems in EU27 countries places Latvia together with the lowest performing countries because waste is mainly landfilled instead of used for recycling, composting and energy recovery [1]. But actually, the situation in Latvia is quite better as 71.6 % of the treated waste in 2016 was recycled and only 20.5 % landfilled [1].

One of the main waste policy planning documents in Latvia is the National waste management plan 2013–2020 [1], thus the development of next plan for the planning period which will start after 2020 should be drafted soon. In previous planning periods, Latvia has mainly focused on implementing the EU requirements for waste management [1]. But in order to promote sustainable development of Latvia's waste management system, the next National waste management plan should incorporate more in-depth sustainability and circularity approach as well as thorough analysis and evaluation of the existing system.

The waste management system is a complex system involving numerous waste streams, collection schemes and treatment processes; all these stages should be considered for the development of an integrated waste management system [1]. Cobo et al. [1] stress the importance of preparatory analysis of alternatives prior to the design stage for an improved waste management system. The data on the actual waste flows is the principal input for the waste management system analysis [1]. The analysis of Bisinella et al. [1] indicates that waste composition data are highly important for potential resource recycling and transition towards a circular economy, as well as it has significant impact on Life cycle assessment of waste management alternatives. Similarly, Arena and Di Gregorio [1] underline that waste management planning and decision making is a complex issue that may involve both accurate and inaccurate or missing data. Keser et al. [1] note that applying locally significant variables can lead to better planning of waste management. Overall, the implementation of an improved waste management system requires significant and thorough planning stage, the results of which will significantly depend on the availability of detailed information of the possible waste flows and waste composition. Hence, in order to assess the existing waste management system and to plan its further development, data that characterizes household waste volumes, waste composition, the behaviour of waste producers and its trends is required. The availability of such data allows allocating adequate capacities for waste collection, transportation, treatment and disposal [1].

Moreover, the application of modelling methods for the analysis of waste volume and composition data allows estimating a prediction for future development of the existing waste management system and its long-term planning, as well as provides input for further scientific studies regarding measures for decoupling of waste generation and economic growth, i.e. promotion of a circular economy. The use of waste capacity prediction models is widespread and numerous methods have been applied, e.g., trend analysis, various regression techniques, multiple linear regression and others [1]. Various authors have identified different explanatory factors for municipal waste generation. For a case of Turkish provinces Keser et al. [1] name unemployment rate, temperature, higher education graduate's ratio and agricultural production value. Oribe-



Garcia et al. [1] identify urban morphology, tourism activity, educational level, economic dynamism and resources of population as influential factors for Biscay municipalities. Kolekar et al. [1] name food habits, standard of living, degree of commercial activities and seasons as important factors that influence the composition of municipal solid waste (MSW). Mohammadi et al. [1] use waste composition data as one input for a mixed integer linear programming model for optimal planning of waste management supply chain network. However, modelling may be limited by the availability of household waste composition data, e.g., Lebersorger and Schneider [1] report lack of systematic and comparable data regarding household food waste composition.

In Latvia, the accounts of the amount of waste managed by the waste management system are kept by the national waste statistical database [1]. This database provides information on various waste management activities, such as waste generation, collection, recycling, recovery, disposal. The database also provides information on various waste streams both by origin and by type, such as collected paper packaging, recycled metal, unsorted municipal waste, etc. However, the statistics do not provide details on composition of the unsorted municipal waste stream. The unsorted municipal waste stream constitutes a significant part of the total generated municipal waste (~67 % in 2017, or 571 thousand tonnes) [1], and includes a wide range of materials – biodegradable waste, recyclable materials, domestic hazardous waste, etc. Therefore, a comprehensive study on unsorted municipal waste composition is necessary in order to plan the development of the waste management system, increase the amount of waste recovery and reduce the amount of landfilled waste (sanitary landfill). Such composition analysis will ensure more efficient planning of waste collection (including separate collection system), forecast of the necessary recycling and recovery capacity and the development policy, as well as evaluation of the efficiency of existing technological solutions and applied policy instruments. Thus, the aim of this paper is to experimentally determine and analyse the composition of unsorted municipal waste to provide assessment for incorporating waste composition analysis into further planning and modelling of a next generation waste management system in Latvia.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The objective of the research was to obtain detailed information on the composition of the unsorted municipal waste in Latvian cities, to ensure wide geographical coverage and to enable the collected data to be further used for evaluation of aspects that have an impact on unsorted municipal waste composition. The analysis of the applicable experimental methods for determination of the composition of the unsorted municipal waste stream indicated two main types of approaches:

1. Physical sorting of waste – sorting at waste collection sites (direct sorting of waste containers) or sorting at waste pre-treatment centres (centralised facilities located within or outside the landfills) i.e. waste collected in one collection trip;
2. Determination of composition based on material flow analysis (MFA) according to material life cycle assessment approach.

MFA includes systematic analysis of material and element flows and stocks within a certain system limited by space and time [1]. Thus, MFA can identify and link the sources and destinations of each considered material; however, this requires access to very detailed data. However, Bisinella et al. [1] note that few LCAs actually consider the effects of waste composition. Considering the available data sources and the objective of the study, the MFA based methods could not be applied in the present research – the limitations are mainly related to the lack of city-level precise data that characterize resource and raw material consumption for the production of goods, consumer habits and lifespan of goods before they become waste. Therefore, physical sorting of waste is selected for this study.



Dahlen and Lagerkvist [1] reviewed 20 physical sorting methods commonly used in Europe and internationally for solid waste component analysis. On the other hand, various researchers note that, as there are no commonly agreed standard methods for household waste consumption analysis and due to the methodological differences between the available methods, most previous studies are not comparable [1].

Commonly used physical sorting methods in European Union Member States that are also considered for the current study include “Nordtest” NT ENVIR 001 [26]; Development of a methodological tool to enhance the precision & comparability of solid waste analysis data (SWA-tool) [29] and CEN Standards and Technical Recommendations [30]. These methods are largely similar and their variations are determined by the breakdown and definitions of the waste to be sorted out, the sorting process, sample distribution by waste producer groups and subgroups to be included in the research.

The “SWA-tool” methodology [29] was originally developed on behalf of the European Commission (EC) with an aim to develop an EU level waste composition analysis standard. The method is designed to determine the composition and volume of generated household waste, as well as waste that originated in companies, institutions or industrial plants, but its composition may be assumed similar to household waste. The scientific research on EC's “SWA-tool” has pointed out that the method's disadvantages are its high costs as the method involves sorting each individual waste container. It has been recommended for studies aimed at comparing the composition of waste generated at individual households. Since the objective of the current study is broader and its target group is not focused solely on separate households and their comparison, this method was not selected.

The international CEN/TR/LVS Standards and Technical Recommendations [26] are applicable to regulated areas where waste composition assessment has to be carried out by accredited/regulated methods and/or to carry out the accreditation process of the inspection body. The use of CEN/TR/LVS standards and technical recommendations is optimal in cases where a detailed determination of the composition of the waste is necessary, including not only the analysis of waste stream composition, but also the characterization of its physicochemical properties. For example, when analysing the operation of waste recovery facilities, a precise description of the incoming waste stream, the produced secondary raw material or the final product of the treatment or recovery process is needed. However, for the current study this method is not optimal, because its use is associated with a much larger amount of time and financial resources, which in turn would reduce the total population to be included in the study, thus reducing the representativeness of the obtained data and would not ensure the achievement of the objective of this study.

The NT ENVIR 001 [26] method is designed to provide a uniform approach to waste composition analysis, and is mainly aimed at Northern European countries. But as the method allows for adjustments to the waste groups and sources of waste being analysed, its application is very widespread – from a general study of waste composition and amount of generated waste, to a case study to assess the performance of a waste sorting station or recycling facility. The NT ENVIR 001 method is the most appropriate for the current study compared to the other considered methods. The main advantage of the method is the possibility to sample according to waste collection routes, which firstly guarantees that large number of households are included in the sample, secondly, the processing and sorting of the sample can be carried out in the location of the waste management infrastructure, where the necessary equipment is available; no administrative constraints are foreseen, as would be the case for sorting separate waste containers at waste generation sites. When analysing the possibilities to apply this method in Latvia, it was concluded that there are no restrictions on either methodological or material technical solutions;

as a result, the method can be recognized as conforming to the conditions of Latvia and the particular research.

As the aim of the study was to obtain comprehensive and detailed information on the unsorted municipal waste flow in Latvia, the methodology used in the study is based on the principles and recommendations of NT ENVIR 001 and adapted to the purpose of the study, specific Latvian conditions, the planned work volume and other limiting factors.

### 2.1. Geographic Coverage

To obtain the most comprehensive data regarding unsorted municipal waste flows in the country, 32 cities in different regions of Latvia were selected for the study based on population and administrative division of territories (Table 1). Selected cities were grouped by population and by the administrative rank: national cities and regional cities (the administrative division of Latvia distinguishes nine national cities and 67 regional cities). The aim of the applied selection of the cities was to achieve the widest possible geographical coverage, thus ensuring the evaluation of the whole national waste management system, and to provide an opportunity to assess the interrelationships between waste composition and socio-economic factors in different areas.

TABLE 1. GEOGRAPHICAL COVERAGE OF THE RESEARCH

Number of inhabitants	Regional cities	National cities
Less than 1000	Durbe, Subate, Ainazi, Piltene, Varkava	
1000–5000	Aloja, Broceni, Ergli, Jaunjelgava, Ligatne, Valka, Vilani	
5000–10000	Bauska, Dobele, Gulbene, Kraslava, Ludza, Madona, Smiltene, Talsi	
10000–40000	Kuldiga, Ogre, Tukums	Jekabpils, Rezekne, Valmiera
More than 40000		Daugavpils, Jelgava, Jurmala, Liepaja, Riga, Ventspils

### 2.2. Sampling

As the aim of the study was to determine the composition of unsorted municipal waste, it was necessary to ensure that the collected samples originate in households or, in case they were generated in companies or other institutions – that their amount and composition correspond to municipal solid waste produced by households. The sampling is performed in the previously defined 32 target cities thus ensuring that the samples represent the waste of the designated geographical and administrative area. One of the initial challenges for sampling planning was to select certain already existing waste collection routes that would ensure sufficient number of households in the sample, e.g., by servicing mainly apartment buildings and single-family homes. In order to avoid undesirable admixtures of inappropriate waste into the test sample, the compliance of the selected waste collection route to particular selection criteria was determined in consultation with each waste management company as they have first-hand knowledge regarding the waste producers served on each particular route. The main principles for the selection of waste collection routes were as follows: (1) municipal waste is collected only from a particular city, without servicing rural areas, (2) only unsorted municipal waste is collected on the route (however up to 10–15 % by volume addition of unsorted municipal waste from companies and institutions was allowed, but no industrial waste or other specific waste may be

collected on the route, including agricultural waste, graveyard waste, etc.). In order to avoid waste fluctuations on a weekly basis, waste collection routes were selected, as far as possible, with a regular collection frequency of one time per week. Although, in the optimal case, the waste composition tests should be carried out four times a year, thus avoiding the effect of seasonality, this principle was not observed due to resource limitations in the study and the collection and sorting of samples was carried out during the autumn and winter months, from November 2016 to March 2017. In each city, five samples were collected and analysed during this period – one sample per month. The samples were taken from the waste delivered at the waste management facilities (transshipment – sorting stations and sanitary waste landfills). After discharging of each truck, the samples were taken with a front loader and the prepared test sample weighed at least 250 kg.

### 2.3. Sorted out Fractions

The classification of waste fractions to be sorted out (Table 2) was determined according to NT ENVIR 001 methodology [26] and the standard LVS EN 15440: 2011 “Solid recovered fuels – Methods for the determination of biomass content” [26]. This standard is widely applied, so the classification of waste fractions is widely known and understandable.

TABLE 2. CLASSIFICATION OF EXPERIMENTALLY IDENTIFIED WASTE COMPONENTS

No. Waste fraction	No. Waste fraction
1 Biodegradable waste (garden and park waste (plant leaves, grass), food waste)	15 Soft Plastic (Packaging Bags)
2 Paper, cardboard (waste paper)	16 Dense Plastic (Household Items)
3 Paper, cardboard (packaging)	17 Dense Plastic (Packaging)
4 Beverage packaging (tetra packs)	18 Carpets (rugs, blankets)
5 Wood	19 Iron (household articles of iron)
6 Wood (packaging)	20 Iron (Packaging)
7 Hygienic waste (napkins, diapers, etc.)	21 Non-ferrous metal (non-ferrous household items)
8 Textiles (clothing, other fabric products)	22 Non-ferrous metal (Packaging)
9 Leather, rubber	23 Packaging for composite materials (chips, coffee packs)
10 Glass (tableware, household items, fragments)	24 Fine matter (fine unsorted fraction, any material <40mm)
11 Glass (packaging)	25 Domestic hazardous waste (DHW), including batteries, car batteries, etc.
12 Inert wastes (stones, ceramics, concrete)	26 DHW (waste electrical and electronic equipment – WEEE)
13 Soft plastic (household articles, non-packaging films)	27 DHW (household chemicals and household chemical packaging, other hazardous waste)
14 Soft Plastic Packaging (Packaging, Disposable Tableware)	

To improve the detail of the obtained results and determine the share of specific waste components in the overall unsorted municipal waste stream, several separate waste fractions were

added to the basic breakdown. For example, all waste components used in the packaging industry (plastic, paper, metal, etc.) were recorded as a separate fraction. In addition, a separate accounting of beverage carton packaging and other composite material packaging materials (like coffee and chips packaging, etc.) was carried out. Plastic bags were also recorded as a separate category. And three separate fractions of domestic hazardous waste were identified: electric accumulators and batteries, waste electrical and electronic equipment (WEEE) and household chemicals. These additional categories are mainly added to provide an opportunity for further research to assess efficiency of the extended producer responsibility schemes (directed specifically at packaging waste) and the efficiency of source sorting system simultaneously to the main aim of the study.

#### **2.4. Sorting Procedure**

The waste loads collected on the selected waste collection routes were delivered to waste management company sites for morphological composition analysis. After unloading, the sample was taken using a front loader; the test sample was at least 1 m<sup>3</sup> or 250 kg. The sample was weighed and delivered to the sorting site. A manual sample sorting by specified fractions was used, without applying any mechanical sorting equipment, mechanical treatment or grinding of test sample. Opening of waste bags was done manually. All separated waste fractions except for the “Fine matter” fraction were collected in separate and appropriately labelled waste containers. Sorting was performed until only the “Fine matter” fraction (fine particles with a size less than 40 mm) remained on the floor. After sorting, all the separated fractions, including the “Fine matter” fraction, were weighed and the weighing results were recorded in the protocol. The protocol also recorded the date of the test, the responsible personnel, the origin of the sample – the place and source, the date of sampling, the total mass of the collection load, the mass of the sample prepared for sorting, and special notes or deviations, if any.

#### **2.5. Data Preparation and Analysis**

Data preparation and initial analysis was performed using MS Excel software, e.g., the share of each fraction in the total sample was calculated from the measured weights, while for further statistical data analysis of the interrelationships between waste composition and socio-economic factors both MS Excel and Statgraf software were used. Based on the method applied in [26], a correlation matrix between waste generation rate and percentages of individual waste fractions to identify whether a relationship exists between the variables. Our analysis indicated increased skew and kurtosis, for most data subsets, in which case log transformation is also typically suggested for data normalization [26]. As well, Edjabou et al. [26] emphasize that waste composition fraction data are a case of closed dataset, which requires special treatment, e.g. log transformation, prior to statistical analyses.

### **3. RESULTS AND DISCUSSION**

Within the framework of the study, 160 samples of unsorted municipal waste were collected and sorted – 5 samples from each of the 32 cities included in the study. The results characterize the composition of unsorted municipal waste and make it possible to assess the composition of unsorted waste as collected by the existing waste management system before pre-treatment and thus to evaluate the efficiency of that system. As well, it allows to assess which of the waste components (and their volumes) that are subject to source separation system are actually introduced to the unsorted waste stream, thus the analysis allows to prioritize the future incentives regarding improvement of the source separation system. At the same time, it should be taken into account that the composition and volume of source separated waste was not evaluated in the study.

When interpreting the results, it was considered that the mass of the waste is defined for naturally wet waste, so, the moisture absorption capacity of different types of waste fractions impacts the results and the determined results should not be directly attributable to the dry composition of the waste. Edjabou et al. [26] also note that waste composition fractions that are calculated based on wet mass data enable the comparison between waste composition data of various cities and waste management regions and this approach also removes the impact of different waste generation rates. According to the applied method the Fines fraction was accounted as a separate fraction, but at the interpretation of the results the fines fraction was attributed in equal parts to biodegradable waste and inert materials.

The initial statistical analysis of the unsorted municipal waste variable (city average data) indicated a significant deviation from normal distribution, i.e. a positive skew and skinnier – than-normal kurtosis (standard skewness 12.3, standard kurtosis 33.8). This must be explained by the non-normal distribution of inhabitants in Latvian cities – 51.6 % of national inhabitants live in the capital city Riga or the near Riga region [31]. In order to increase the normality of the dependent variable for the statistical analysis, a logarithm transformation ( $\log(x)$ ) was selected as suggested by [33] and also applied to MSW by [33]. Following the transformation, a significant improvement was achieved for data skewness and kurtosis (standard skewness  $-0.03$ , standard kurtosis  $-0.3$ ). Similar normality problem was identified and fixed for the variable “Number of inhabitants”.

TABLE 3. INDEPENDENT VARIABLES FOR REGRESSION ANALYSIS

	Share of working age inhabitants	Average wage of workers, EUR	$\log(\text{Inhabitants})$
Count	32	32	32
Average	0.63	784.84	8.91
Standard deviation	0.017	130.83	1.71
Coeff. of variation	2.68 %	16.67 %	19.13 %
Minimum	0.599	588.00	6.23
Maximum	0.666	1124.00	13.37
Range	0.066	536.00	7.14
Std. skewness	$-1.10$	1.09	0.76
Std. kurtosis	$-0.55$	$-0.06$	$-0.001$

$$\log(\text{unsorted municipal waste}) = -4.20 + 1.28 \cdot \log(\text{inhabitant}). \quad (1)$$

After the normalization of the variables, the mathematical model was developed by using city averaged data. As the literature analysis indicated that the waste amount is significantly related to social and behavioural factors, first a relation is sought between unsorted waste amounts, number of inhabitants, share of working age inhabitants and average wage in the city (Table 3). The developed model has  $r^2$  of 95.94 % (adjusted  $r^2$  of 95.80 %) and takes into account only one of three proposed independent variables – number of inhabitants (Eq. (1)). Since the  $p$ -value of the model is 0.0000, it is statistically significant at 95.0 % confidence level.

### 3.1. Results of Unsorted Municipal Waste Composition

The overall results indicate a quite significant dispersion of individual measurements of waste composition. This can be explained by the non-homogeneous nature of unsorted municipal waste, as well by the difference in consumer habits. When considering each city's average value out of five individual measurements, the dispersion of minimal and maximal values is more evened out (see Table 4).

With an average share of 29.2 % (weight per cent), the largest share in the total waste stream is of biodegradable waste. The actual proportion of biodegradable waste is even higher, because it also constitutes up to 50 % of the Fines fraction, so the total share of biodegradable waste (excluding paper, cardboard, wood, etc., which is biodegradable but included in other categories) could reach 38.83 %. Similar results for food waste, i.e., 41–45 %, are reported by Edjabou et al. [26], who identified food wastes as the dominating waste fraction in Danish household waste. Recyclable materials (including packaging), i.e., paper, cardboard, plastic, glass, constitute 32.23 % of total waste. With 12.02 %, the plastic waste constitutes the largest share in the group of materials suitable for recycling, followed by glass (9.14 %), paper/cardboard (8.09 %), and metals 2.98 %.

Although for many variables the standard skewness and kurtosis is higher than 2, overall the mean and median values are quite similar, thus indicating that there are no extreme outliers in each fraction's dataset. For some of the variables standard deviations are significant, also the coefficients of variation are high. The potential reason is the heterogeneity of waste composition; however, this ambiguity could be reduced in further studies by performing more sorting repetitions for each city. High standard deviations and coefficients of variation have also been reported for empirical waste composition analysis by [26].

TABLE 4. SHARES OF VARIOUS FRACTIONS OF UNSORTED MUNICIPAL WASTE IN LATVIAN CITIES

Waste fraction	Mean	Standard deviation	Coeff. of variation, %	Median	Min	Max	Std. skewness	Std. kurtosis
Biodegradable waste	29.22	5.39	18.43	28.96	14.14	37.47	-1.48	0.29
Paper, cardboard	4.65	1.47	31.63	4.72	1.99	7.87	0.43	-0.17
Paper, cardboard (packaging)	3.44	1.17	33.90	3.38	1.88	6.32	2.58	1.42
Beverage packaging	1.37	0.52	38.23	1.26	0.76	2.97	3.52	2.74
Wood	0.56	0.45	78.30	0.46	0	1.74	3.15	1.60
Wood (packaging)	0.16	0.22	142.66	0.08	0	1.01	5.29	7.16
Hygienic wastes	6.30	2.46	39.05	5.94	2.27	14.65	3.24	3.71
Textiles	5.04	1.37	27.18	4.71	2.50	8.96	2.37	1.93
Leather, rubber	0.76	0.62	81.78	0.62	0	1.82	1.06	-1.42
Glass	1.14	0.63	55.43	1.03	0.31	3.05	2.75	1.73
Glass (packaging)	8.00	2.11	26.32	8.26	2.37	11.41	-1.10	0.01
Inert wastes	2.08	2.01	96.52	1.28	0.30	10.11	5.25	8.23
Soft plastics	1.41	0.72	51.00	1.26	0.24	3.84	2.81	3.16

Waste fraction	Mean	Standard deviation	Coeff. of variation, %	Median	Min	Max	Std. skewness	Std. kurtosis
Soft plastics (packaging)	1.58	0.56	35.52	1.55	0.72	2.75	0.68	-1.01
Soft plastics (bags)	3.73	1.47	39.26	3.82	1.50	6.87	0.81	-0.63
Dense plastics	0.82	0.37	44.47	0.75	0.33	1.98	2.89	2.20
Dense plastics (packaging)	4.48	3.20	71.44	3.16	1.65	12.93	3.96	1.70
Carpets	0.48	0.37	76.03	0.53	0	1.24	0.65	-1.08
Ferrous metal	0.62	0.39	63.20	0.53	0.15	1.70	3.36	2.25
Ferrous metal (packaging)	1.39	0.58	41.94	1.23	0.72	3.10	3.25	2.23
Non-ferrous metal	0.21	0.29	139.00	0.10	0	1.14	4.30	3.40
Non-ferrous metal (Packaging)	0.76	0.30	39.50	0.66	0.29	1.34	1.12	-1.12
Composite material packaging	0.64	0.41	63.72	0.49	0.19	1.95	3.91	3.41
Fine matter	19.23	3.30	17.18	19.51	12.70	25.81	0.13	-0.75
DHW (batteries, accumulators)	0.23	0.22	95.37	0.17	0.01	0.93	4.03	3.99
DHW (WEEE)	0.54	0.45	84.30	0.37	0.08	2.08	4.16	4.06
DHW (chemicals etc.)	1.16	0.52	44.83	0.97	0.59	2.70	3.26	1.77

The applied methodology also allowed to separately analyse all packaging waste streams. The total share of all packaging in the unsorted waste stream was 25.55 %. Sorting results show that the largest proportion of packaging waste is made up of glass packaging 8.00 %, followed by plastic packaging 6.06 %, paper and cardboard packaging 3.44 %, metal packaging 2.15 %. Plastic bags were also sorted separately when determining the composition of the waste, and the results show that plastic bags account for 3.7 % of the total waste. These results may be significant for the future discussions in relation to increasing the recovery rate for packaging waste.

The remaining waste groups account for 26.75 %, of which inert waste (including also 1/2 of Fines fraction) was 11.67 %, domestic hazardous waste and environmentally harmful goods – 1.93 %, miscellaneous materials, including textiles, rubber, wood, hygiene waste, etc., constituted about 13.15 %.

In addition to experimentally determined waste compositions, data on the total waste generation and inhabitants in Latvian cities was acquired from statistics. The data on the amounts of unsorted municipal waste in each of the cities was acquired from National Statistics database *Waste-3*, where for the nine largest cities the data was directly extracted from the database. For the smaller cities the total amount of waste generated in the city is calculated from county-level statistics by considering the number of inhabitants in each county and the city itself. Following the specific waste amount in tons per inhabitant was calculated. The data is further analysed by application of Spearman's correlation test similarly as done by [26]. To elaborate the analysis, and based on the previous conclusion that there is a strong relation between waste amount and number of inhabitants, an additional indicator – specific waste amount (SWA, t/inhabitant) – is developed by

attributing unsorted waste amount to number of city inhabitants. The statistical analysis identifies standard skewedness and kurtosis for this indicator to be in range appropriate to a normal distribution data. Thus, use of this indicator also allows dealing with the previously discussed problems of non-normal distribution.

For this assessment the individual waste fractions are grouped based on waste components (as suggested by NT ENVIR 001 method), the potential management options (e.g., there is no dedicated waste incineration plants in Latvia, so the other combustible waste group was not distinguished separately), as well as some specific requirements – e.g. extended producer responsibility schemes for packaging waste or landfill ban for hazardous wastes. The acquired breakdown makes it possible to estimate the volumes of different waste streams and to compare the proportion of waste types by the city groups. The analysis considers the following groups:

1. Biodegradable waste – including the separate biodegradable waste fraction and half of the Fine matter fraction;
2. Paper – including paper, cardboard and packaging thereof;
3. Plastics – all plastics fractions including packaging, bags, soft and dense plastics;
4. Glass – including glass and glass packaging;
5. Metal – including ferrous and non-ferrous metals and packaging thereof;
6. Packaging – including all other packaging fractions as composite materials, beverage packaging, wood packaging;
7. Inert wastes – including the inert fraction and half of the Fine matter fraction;
8. Hazardous wastes – including all three groups of hazardous wastes;
9. Others – including the remaining fractions including, wood, hygiene waste, textile, leather, rubber, carpets.

The correlation test results (Table 5) indicate that there are some underlying relationships between the waste fraction variables. Especially strong and specifically significant correlations are identified between biodegradable wastes and plastics, between other wastes and hazardous wastes, paper, fines and biodegradable wastes. Weaker negative, but significant correlations are identified between share of working age population and the fraction of inert wastes, and between hazardous waste fraction share and average wage variable.

TABLE 5. SPEARMAN RANK CORRELATIONS FOR WASTE COMPOSITION FRACTIONS

	Biodegrad- able waste	Paper	Plastics	Glass	Metal	Packaging	Inert	Hazardous	Others	Fines	WAP	EAW	Unsorted waste amount	Inhabitants
Paper	0.23													
Plastics	-0.68**	-0.51**												
Glass	-0.45*	-0.02	0.24											
Metal	-0.50**	-0.10	0.28	0.32										
Packaging	-0.24	0.36*	-0.18	0.10	0.19									
Inert	-0.55**	-0.18	0.60**	0.15	0.29	-0.32								
Hazardous	-0.56**	-0.40*	0.35*	0.06	0.55**	-0.00	0.28							
Others	-0.69**	-0.64**	0.52**	0.21	0.54**	-0.09	0.30	0.72**						
Fines	0.36*	0.35	-0.36*	-0.36*	-0.60**	0.19	-0.24	-0.42*	-0.67**					
WAP	0.09	0.22	-0.35	-0.12	-0.02	0.34	-0.52**	-0.01	-0.09	0.09				



EAW	0.07	0.11	0.05	-0.20	-0.24	0.12	-0.01	-0.36*	-0.17	0.12	0.01	
Unsorted MSW	0.17	0.33	-0.33	-0.13	-0.16	0.37*	-0.26	-0.14	-0.34	0.30	0.19	0.34
Inhabitants	0.20	0.33	-0.34	-0.19	-0.21	0.33	-0.26	-0.19	-0.38*	0.34	0.16	0.35* 0.99**
SWA	0.10	0.16	-0.24	0.01	-0.07	0.32	-0.26	-0.04	-0.21	0.13	0.26	0.26 0.86** 0.81**

\*Medium significance probability between 0.01 and 0.05, \*\*High significance probability between 0.001 and 0.01; WAP – Share of working age population, %; EAW – Employee average wages, euro; SWA – Specific waste amount, t/inhabitant.

Interestingly only packaging waste fraction correlated significantly with unsorted waste amount; however, no significant correlations are identified between SWA and the particular waste fractions, which could be due to the reason that SWA is based on statistical data and were not measured. Thus, this means that as determined before, the amount of unsorted waste generation is strongly related to the number of inhabitants, however waste composition is affected by other factors than specific waste generation amount.

### 3.2. Results of Unsorted Municipal Waste Composition Analysed by City Groups

To further investigate the obtained data and to find hidden patterns that characterize the existing waste management system, we analyse waste composition by city groups (accordingly to classification in Table 1). First the average specific amount of unsorted municipal waste was calculated for each city group based on data provided by statistics. The average specific amount of unsorted municipal waste for all dataset was 207 kg/per inhabitant. Fig. 1(a) presents the results on specific unsorted municipal waste amounts for five city groups classified by the number of inhabitants. The results indicate a higher specific waste amount in the largest cities, while in the smallest cities the specific waste amount is even half of the average. To investigate the reasons for this tendency, waste composition differences will be further analysed. Meanwhile, Fig. 1(b) characterizes this tendency by applying linear regression. The  $r^2$  of this relationship is 0.505, however the data for Riga (capital city) was excluded from this dataset due to its significantly larger number of inhabitants, which thus produces significant skew and reduces the correlation coefficient. Though this relation is only of average strength, this indicates that there is a difference between waste generation behaviour due to different city sizes.

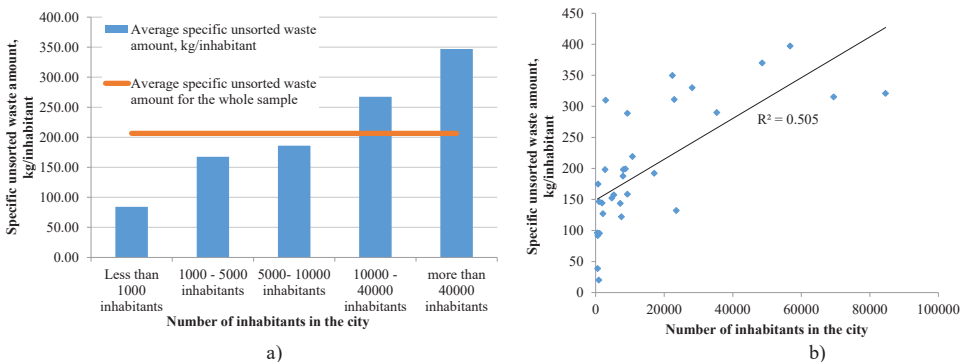


Fig. 1. Specific amount of unsorted municipal waste in the analysed cities. (Note: Riga is excluded from dataset in the Fig. 1(b), due to its significantly larger number of inhabitants)

The results of the determination of the composition of unsorted municipal waste by groups of cities are graphically presented in Fig. 2. The biodegradable waste group constitutes the largest share of the total waste stream in all city samples. The largest proportion of biodegradable waste is found in cities with a population of 10 to 40 thousand inhabitants, while the lowest proportion in cities with a population of 1–5 thousand inhabitants. No direct correlation between the proportion of biodegradable waste and population groups is identified. The high share of biodegradable waste in all samples indicates the need to address the issue of biodegradable waste recycling.

The difference between minima and maxima share for paper waste for the considered city groups is 1.8 %, with the highest share being for the largest cities. For paper wastes a direct relation is evident as the share of paper wastes in the total amount of waste increases with increasing number of city inhabitants. Overall, the paper waste ratio is characterized as relatively low (compared to previous empirical experience in Latvia). However, especially for paper waste, mixing with unsorted waste stream can significantly damage the quality of paper and therefore is may not be separable and usable. Similar to paper waste, for plastic waste the results indicate more significant relation regarding city size groups, only in this case, larger share is identified for smaller towns. In general, the proportion of metal waste is considered high, to some extent it can be seen as an opportunity to increase the amount of waste recycling, because metal waste is relatively easy to separate from unsorted waste stream and, at the same time, metal waste has existing realization possibilities.

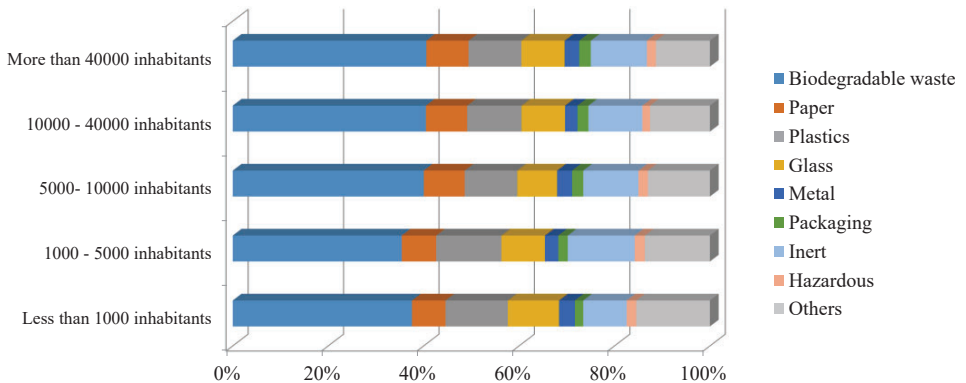


Fig. 2. Results of waste composition by city groups.

When analysing the proportion of inert waste, it is concluded that it varies significantly between in different city groups, which could be explained by the casual nature of these wastes. The share of hazardous waste is considered high, which points to the need to address the issue of extending the possibilities for source separation of hazardous waste. The share of other wastes, including, wood, textiles, rubber, hygiene waste, etc. is higher for the smaller cities and is decreasing with the increasing number of city inhabitants. It should be noted that in this group about 2/3 of the total volume of the group is made up of textile waste and hygiene waste, while the rest – wood, rubber, leather – no more than 1/3 of the group size.

### 3.3. Results of Unsorted Municipal Waste Composition Analysed by Waste Management Regions

In addition to analysing the gathered data regarding city size, we are able to analyse them by affiliation to different waste management regions (Fig. 2). According to the National waste management plan, the territory of Latvia is divided into 10 waste management regions, each of which has a designated sanitary landfill. The waste management business models are quite different in these regions; some municipalities have cooperated to establish a municipal waste collection and management company, in other regions municipalities choose a single private company that the inhabitants are required to contract, while the territory of the capital city Riga is divided between several private companies, thus ensuring higher market competition. For nine of regions data on at least two different cities were available, however for one of the regions only one city data was available. Nevertheless, it is interesting to analyse if waste composition data allows to identify some differences between these regions.

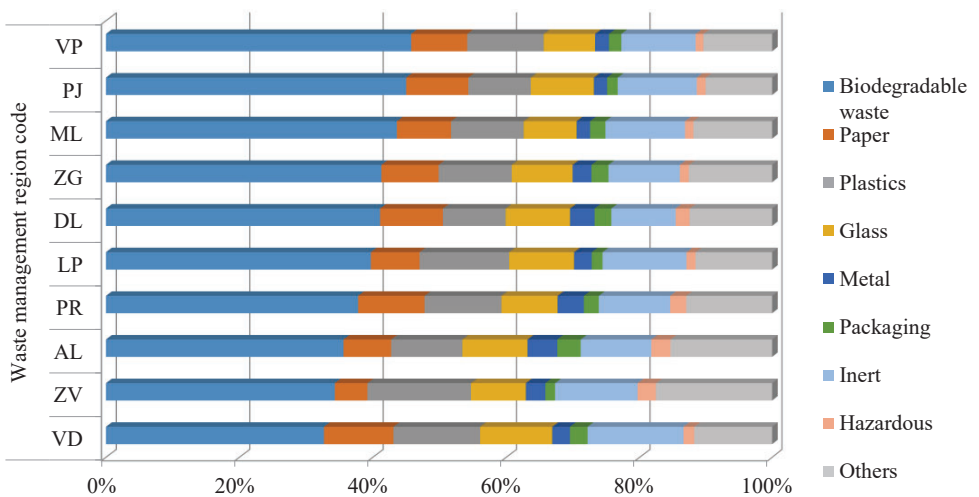


Fig. 3. Results of waste composition by waste management regions. (Note: only one city data was assessed for the ML region).

The overall results indicate that the share of recyclables (glass, paper, plastics, metal) in different waste management regions average at 32 % of unsorted municipal waste. Of the separate fractions of recyclable waste, the highest difference between the regions is for plastic waste. The overall largest difference between the minimal and maximal values in different regions is for the biodegradable waste fraction with minima being 32.68 % and maxima – 45.77 %. However, the biodegradable waste fraction is often most sensitive to case specific circumstances. The other largest waste fractions – Others and Inert wastes – constitute around 12.69 and 11.59 % of the total waste accordingly. However more in-depth research on consumer habits would be needed for further conclusions regarding waste management region comparison.

The regionally classified dataset is significantly skewed, and even with normalization technique applied, it was not possible to develop a statistically significant mathematical model from the currently available data to mathematically characterize the differences between waste management regions.

## 4. CONCLUSIONS

The presented research is the first step towards the development of integrated waste management system for Latvia that also corresponds to circular economy concepts. The literature analysis indicates that data gathering and analysis regarding the amounts and composition of waste flows are substantial input data for the development of circular and integrated waste management system. Therefore, the empirical data gathering allows for the initial analysis of the existing waste management system. The existing waste management system in Latvia has been developed mainly in order to comply with common EU waste management requirements. But, in order to move towards higher level of material circulation in our economy, the resource recovery rates should be significantly improved, first by increasing the recovery of recyclable or compostable materials. The experimental results indicate that the unsorted municipal waste stream comprises of up to 32.9 % of recyclable materials and 29.2 % of biodegradable wastes. Thus almost 60 % of the waste currently being subjected to the unsorted waste management system in Latvia could potentially be source separated ensuring higher quality of the recovered materials and promoting the development of circular economy value chains. In addition, some grassroots movements are locally available for collection of textile wastes; the mainstreaming of these initiatives could additionally divert waste from landfills.

The results allow characterization of the existing waste management system, particularly the waste composition by different waste management regions and by different groups of cities that are classified by their inhabitant size. The results regarding different city size groups indicate a clear relation between the number of city inhabitants and specific waste generation amounts. The reasons for this tendency may be further studied by in-depth investigation of waste producer habits.

The results indicate slight differences between waste composition in different waste management regions, thus noting that, in addition to the number of inhabitants and their habits, the local system in each waste management region may influence the composition of the collected wastes, particularly important is the existing source separation system. However, the gathered data did not allow to develop a mathematical model to differentiate between the various waste management regions, and further research can be extended in this direction.

The conclusions allow focussing future investigations regarding inhabitant waste generation habits towards a smaller set of indicative variables, thus saving resources and time consumption for the study. Makarichi et al. [33] emphasize that evaluation of the existing waste management system leads to the next problem – a decision-making problem related to selection of the future development options. While this investigation is crucial for assessment of the existing waste management system, it is also necessary to further analyse the development possibilities for waste management system in Latvia, especially by assessing the potential for the development of circular integrated waste management system and circular value chains. The obtained results may be further used in such study as a reference or as input information for population selection for a larger-scale study.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research is funded by the Ministry of Economics of the Republic of Latvia, project "Sustainable and renewable transport policy formulation in Latvia (4muLATE)", project No. VPP-EM-2018/AER\_2\_0003.

## REFERENCES

- [1] Mohammadi M., Jämsä-Jounela S. L., Harjunkoski I. Optimal planning of municipal solid waste management systems in an integrated supply chain network. *Computers & Chemical Engineering* 2019;123:155–169. doi:10.1016/j.compchemeng.2018.12.022
- [2] Barisa A., Dzene I., Rosa M., Dobraja K. Waste-to-biomethane Concept Application: A Case Study of Valmiera City in Latvia. *Environmental and Climate Technologies* 2015;15:48–58. doi:10.1515/rtuect-2015-0005
- [3] Dzene I., et al. Energy Recovery from End-of-Life Tyres: Untapped Possibility to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions. *Environmental and Climate Technologies* 2010;4(1):35–41. doi:10.2478/v10145-010-0015-6
- [4] Priedniece V., et al. Bioproducts from Potatoes. A Review. *Environmental and Climate Technologies* 2017;21(1):18–27. doi:10.1515/rtuect-2017-0013
- [5] Spalvins K., Blumberga D. Production of Fish Feed and Fish Oil from Waste Biomass Using Microorganisms: Overview of Methods Analyzing Resource Availability. *Environmental and Climate Technologies* 2018;22(1):149–164. doi:10.2478/rtuect-2018-0010
- [6] Cobo S., Dominguez-Ramos A., Irabien A. From linear to circular integrated waste management systems: A review of methodological approaches. *Resources, Conservation and Recycling* 2018;135:279–295. doi:10.1016/j.resconrec.2017.08.003
- [7] Lieder M., Rashid A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production* 2016;115:36–51. doi:10.1016/j.jclepro.2015.12.042
- [8] Reike D., Vermeulen W. J. V., Witjes S. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling* 2018;135:246–264. doi:10.1016/j.resconrec.2017.08.027
- [9] Velenturf A. P. M., Jopson J. S. Making the business case for resource recovery. *Science of The Total Environment* 2019;648:1031–1041. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.08.224
- [10] Eurostat Database. Generation of waste by waste category, hazardousness and NACE Rev. 2 activity.
- [11] Central Bureau of Statistics 2019. Environment and Energy database, VIG040. Municipal and hazardous waste: collection and treatment.
- [12] Castillo-Giménez J., Montañés A., Picazo-Tadeo A. J. Performance and convergence in municipal waste treatment in the European Union. *Waste Management* 2019;85:222–231. doi:10.1016/j.wasman.2018.12.025
- [13] Eurostat Database. Treatment of waste by waste category, hazardousness and waste management operations.
- [14] Ministry of Environmental Protection and Regional Development of Latvia, 2013. National Waste Management Plan 2013–2020 [Online]. [Accessed 11.04.2019]. Available: <http://polsis.mk.gov.lv/api/file/file9833.doc>
- [15] Rosa M., Beloborodko A. A decision support method for development of industrial synergies: case studies of Latvian brewery and wood-processing industries. *Journal of Cleaner Production* 2015;105:461–470. doi:10.1016/j.jclepro.2014.09.061
- [16] Dahlén L., Lagerkvist A. Methods for household waste composition studies. *Waste Management* 2008;28(7):1100–1112. doi:10.1016/j.wasman.2007.08.014
- [17] Bisinella V., et al. Importance of waste composition for Life Cycle Assessment of waste management solutions. *Journal of Cleaner Production* 2017;164:1180–1191. doi:10.1016/j.jclepro.2017.07.013
- [18] Arena U., Di Gregorio F. A waste management planning based on substance flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling* 2014;85:54–66. doi:10.1016/j.resconrec.2013.05.008
- [19] Keser S., Duzgun S., Aksoy A. Application of spatial and non-spatial data analysis in determination of the factors that impact municipal solid waste generation rates in Turkey. *Waste Management* 2012;32:359–371. doi:10.1016/j.wasman.2011.10.017
- [20] Kumar A., Samadder S. R. An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – A case study of Dhanbad, India. *Waste Management* 2017;68:3–15. doi:10.1016/j.wasman.2017.07.034
- [21] Vu H. L., et al. Time-lagged effects of weekly climatic and socio-economic factors on ANN municipal yard waste prediction models. *Waste Management* 2019;84:129–140. doi:10.1016/j.wasman.2018.11.038
- [22] Oribe-García I., et al. Identification of influencing municipal characteristics regarding household waste generation and their forecasting ability in Biscay. *Waste Management* 2015;39:26–34. doi:10.1016/j.wasman.2015.02.017
- [23] Kolekar K. A., Hazra T., Chakrabarty S. N. A Review on Prediction of Municipal Solid Waste Generation Models. *Procedia Environmental Sciences* 2016;35:238–244. doi:10.1016/j.proenv.2016.07.087
- [24] Lebersorger S., Schneider F. Discussion on the methodology for determining food waste in household waste composition studies. *Waste Management* 2011;31(9–10):1924–1933. doi:10.1016/j.wasman.2011.05.023
- [25] Latvian Environment Geology and Meteorology Center. Summary of the National Statistical Report No.3 - Waste - Overview of Waste for 2017. Riga: LVGMC, 2018.
- [26] Jorissen J., Priefer C., Bräutigam K. R. Food waste generation at household level: results of a survey among employees of two European research centers in Italy and Germany. *Sustainability* 2015;7(3):2695–2715. doi:10.3390/su7032695
- [27] Elimelech E., Ayalon O., Ert E. What gets measured gets managed: A new method of measuring household food waste. *Waste Management* 2018;76:68–81. doi:10.1016/j.wasman.2018.03.031

- 
- [28] Nordtest, 1995. Municipal Solid Waste: Sampling and Characterisation (No. NT ENVIR 001), Nordtest Method. Espoo, Finland [Online]. [Accessed 14.02.2019.]. Available: <http://www.nordtest.info/index.php/methods/item/solid-waste-municipal-sampling-and-characterisation-nt-envir-001.html>
- [29] SWA-Tool Consortium, 2004. Methodology for the Analysis of Solid Waste (SWA-Tool). User Version [Online]. [Accessed 14.02.2019.]. Available: <https://www.wien.gv.at/meu/fdb/pdf/swa-tool-759-ma48.pdf>
- [30] European Committee for Standardization. CEN-CENELEC Management Centre Brussels, Belgium.
- [31] LVS EN 15440:2011. Solid recovered fuels - Methods for the determination of biomass content.
- [32] Edjabou M. E., et al. Municipal solid waste composition: Sampling methodology, statistical analyses, and case study evaluation. *Waste Management* 2015;36:12–23. [doi:10.1016/j.wasman.2014.11.009](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.11.009)
- [33] Abbott D. *Applied Predictive Analytics: Principles and Techniques for the Professional Data Analyst*. John Wiley & Sons, Incorporated, 2014.
- [34] Central Bureau of Statistics. Population database. Annual data [Accessed 14.02.2019.]. Available: [https://data1.csb.gov.lv/pxweb/en/iedz/iedz\\_iedzskaits\\_ikgad/ISG020.px/?rxid=5afa4e1e-94bf-4758-9c96-315f3e9943a9](https://data1.csb.gov.lv/pxweb/en/iedz/iedz_iedzskaits_ikgad/ISG020.px/?rxid=5afa4e1e-94bf-4758-9c96-315f3e9943a9)
- [35] Lebersorger S., Beigl P. Municipal solid waste generation in municipalities: Quantifying impacts of household structure, commercial waste and domestic fuel. *Waste Management* 2011;31:9–10. [doi:10.1016/j.wasman.2011.05.016](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.05.016)
- [36] Makarichi L., Techato K., Jutidamrongphan W. Material flow analysis as a support tool for multi-criteria analysis in solid waste management decision-making. *Resources, Conservation and Recycling* 2018;139:351–365. [doi:10.1016/j.resconrec.2018.07.024](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.024)

Publikācija Nr. 4: Paper Waste Recycling. Circular Economy Aspects.

# Paper Waste Recycling. Circular Economy Aspects

Zanda U. OZOLA<sup>1\*</sup>, Rudite VESERE<sup>2</sup>, Silvija N. KALNINS<sup>3</sup>, Dagnija BLUMBERGA<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup>*Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University,  
Azenes iela 12/1, Riga, LV-1048, Latvia*

**Abstract** – Paper waste is a raw material for a lot of products with different added value. The engineering, economic and environmental aspects of paper waste recycling are analysed for production of composite material, cellulose nanofibers and nanocrystals, bricks with paper components, porous carbon, film of biopolymer, enzymatic sugar and bioenergy: bioethanol, hydrogen and biofuel. Through multicriteria analysis, it was possible to determine the most feasible paper waste recycling product in case of four product groups: egg packaging boxes, cardboard, reused paper, cellulose nanomaterials (nanofibers and nanocrystals). The production of cellulose nanofibres and cellulose nanocrystals has an advantage over egg packaging and cardboard production as well as reusable paper.

**Keywords** – Bioenergy, bioethanol, biofuel, cellulose nanofibers and nanocrystals, enzymatic sugars, film of biopolymer, hydrogen, paper, paper waste, paper waste bricks, porous carbon

## 1. INTRODUCTION

Paper and cardboard account for a large share of total waste – about 10 % of total municipal solid waste. Paper is made of cellulose fibers, which are combined with a number of chemicals that determine the properties and quality of the paper, as well as chemicals, are added for bleaching the cellulose. Cellulose is a renewable natural biopolymer that is considered to be one of the most important organic compounds and it can be obtained and biosynthesized from plants, wood, sea animals, bacteria and fungi [1]. Nowadays the cellulose, which is needed to make paper, comes from wood or is extracted from waste paper, and in addition to cellulose and chemicals, paper also requires a large amount of energy as well as water. Raw materials, which are needed to produce cellulose, are renewable resources – timber and water. In the process of paper production, as well as in order to increase the quality of the product, various additives are needed, while cellulose needs to be bleached to produce quality printing paper [2].

As already known, paper and its waste are easily degradable in nature and recyclable; fibers of cellulose can be recycled up to seven times. Therefore, it is necessary to recycle useful paper waste [3]. Resources are saved for example – trees, water, oil, electricity, and also area of the landfill – if paper is recycled [4].

Over the last 40 years, paper consumption has increased by 400 % globally, leading to deforestation, and 35 % of felled trees are used to produce paper. The major contributor to the global economy is the paper industry; however, research shows that the paper industry offers a low profit margin and high initial investment. One of the factors in the current economic situation is the competition to meet customer requirements, which affects the profit margin. If a company manufactures a product, pricing decisions are driven by various factors

\* Corresponding author.

E-mail address: zandaozola9@gmail.com



such as the initial cost of equipment, labour, raw materials, and also transport. That is why all industries are facing one of the most common problems – pricing. In addition, the paper industry is under constant pressure – to minimise adverse emissions to water and air. Therefore, the paper industry is engaged in cost forecasting and also in manufacturing efficiency and impact on the environment due to the raw materials and processes used in production [5].

The kind of paper on the market ranges from soft paper for writing and printing to cardboard for storage and packaging. Cardboard is mainly produced from waste paper. It has a high strength and provides resistance to degradation, and therefore is notably valued in the packaging industry. Cardboard boxes are the main source of resources in the packaging industry. The demand for cardboard packaging in this sector has been around 46 million tonnes per year in Europe alone (now more) since 2007, where 228 million tonnes of recycled paper was consumed worldwide. Cardboard recycling is economically and ecologically sustainable because large quantities of paper can be produced using less energy and raw materials. Cardboard is produced just like soft paper. First, the waste products are disassembled in their individual components and materials using a sequence of production procedures. Thus, the acquired functional materials and components are washed before reuse in the production line. And at the end of the process, a new product is produced by combining refurbished parts and materials and substituting non-functional components with similar new ones.

### *1.1. Recycling Waste Paper in the World*

On average, 58 % of paper waste is recycled in the world. In some of the more developed countries, recycling of waste paper has even increased to 70 % to 75 % of the total amount of waste paper in that country. By improving the waste recycling infrastructure, these developed countries could achieve a higher percentage of paper recycling in the country, thus also increasing the global average percentage of paper recycling [6]. Europe has the highest paper recycling rate in the world; North America is ranked second, while Asia, Latin America and Africa have the lowest recycling rates globally. In Europe, paper is recycled the most after the amount of processing, followed by metal and glass and aluminium is in third and fourth [7].

Europe has set a target of recycling 74 % of paper waste in Europe by 2020, already in 2017 72.3 % of total paper waste in Europe was recycled, and 72 % in 2016. However, the difficulty in achieving the goal is due to the high demand for paper packaging as well as the increasing demand for packages with more compounds, such as beverage packages which contain paper, plastic and aluminium. It should also be considered that there is paper waste that cannot be recycled, such as coffee filters and sanitary napkins. By considering these non-recyclable wastes, theoretically it is estimated that the maximum percentage of recycling is 78 % rather than 100 %. Therefore, the greater the demand for more complex packaging, the more attention should be paid to sorting of waste [8], [9].

The European declaration about sorting paper will continue to introduce measures to optimize activities from the beginning of paper production until its use, collection and recycling to ensure that paper is recycled and its production-conversion cycle is more productive. Priority is given to the prevention of waste, as well as to the environmental impact of the paper and cardboard production process, also to the collection and recycling of these products. Of course, in exceptional cases, where recycling is not possible, other options from the hierarchy of waste may be considered. These kinds of measures ensure that the amount of paper-based waste, which usually is disposed in a landfill, will be reduced and, where it is

possible – recycled. Particular attention will also be paid to improving the recyclability of paper products and, where it is appropriate, their applicability.

Combining these two goals and efforts to improve paper quality for recycling, can also help strengthen the importance of sorting paper and make already used paper the main raw material for the paper industry. By dividing the recyclable paper waste by its characteristics and comparing it with the characteristics of the desired end product, it would be possible to recycle paper waste more efficiently. Also, the direction of high recycling levels should be considered while respecting environmental laws.

As it is previously mentioned, the difficulty of implementing this recycling system is both non-recyclable waste and complex but paper-based packaging. There are also paper products that are collected after recycling but reused outside the recycling cycle [9].

### *1.2. Recycling Process of Paper*

In companies that recycle paper waste, these pre-formed bales are divided and soaked in large containers where the paper breaks down into fibers. Various substances are added to this process to prevent ink and printing ink particles from sticking to the fibers anymore. Clay, which is attached to the paper production process, also helps to separate the printing colours and ink in the paper recycling process.

After paper is cut into fibers, it is deinked. Deinking is a process where in multiple cycles special cleansers removes admixtures such as paper supplements, coatings, ink, etc. In order to improve the white and purity of the paper on the printing paper, the cellulose is deinked in the refilling plant, it means that calcium soap is added to the liquid of cellulose and is blown through it. Hence, the dyes stick to the air bubbles and, when they rise to the surface of the liquid, form foam, which is then dropped and scooped. When dyes are removed, fibers are bleached with hydrogen peroxide. The process, where fibers are gradually cleaned, deinked from topographic paints, sieved and filtered, is repeated several times until they are suitable for production of recycling paper.

Admixtures of paper waste (glue, staples and paper clips) sink. This layer of deposits is then incinerated or landfilled. Due to the fact that cuttings of white paper either do not need cleaning or are needed in small quantities, these cuttings can be used as cellulose substitutes. The recycled cellulose is then sent to the preparation section of raw material, where it is treated like wood chips from which new paper is produced. And every time when the paper is recycled, fresh wood fiber cellulose is added due to the limited number of recycling cycles, as the mechanical and printing properties of the material deteriorate every time it is recycled because the length of the wood fibers decreases every time it is recycled [10], [11].

Beverage packaging, which consists of thin layers of plastic and aluminium, is recycled differently. Plastic and aluminium add features such as elasticity to this type of packaging and do not allow changes in the environment to affect packaged products, and stop the ability of air and other bacteria in the outside environment to enter the packaging and affect it.

These packages, which contain both aluminium and plastic, are placed in water tanks where the paper, which is contained in these packages, dissolves or decomposes into cellulose fibers and separates from the plastic and aluminium layers. Further, this cellulose, which contain cellulose fibers, plastic and aluminium, is passed through a filter that only passes through the cellulose fibers, while aluminium and plastic remain behind the filter. Further fibers are recycled, as previously it was mentioned, but aluminium and plastic are divided and transported for further processing [12].

Recyclable waste paper can be used for various usable paper products such as newspapers, napkins, office and printing paper, envelopes, cardboard boxes, wrapping paper, egg packaging, wallpaper, wool for thermal insulation and other products [2].

In the Netherlands, the impact of paper recycling on energy and CO<sub>2</sub> emissions was studied. The study looked at the production of newspapers, paper for printing and writing, sanitary paper, corrugated cardboard, grey cardboard, flexible cardboard, and their main use after production [13].

Paper for newspaper can be made from primary and secondary fibers. Primary fibers are predominantly machined but recovered fibers are deinked and dispersed to obtain a higher degree of paper whiteness. The fiber composition in newsprint is 80 % recovered and 20 % mechanically recovered. The paper, which is used for printing and writing, consists of 100 % chemically treated fibers. High quality printing and writing paper is used, for example, for magazines, which means that primary fibers are needed. This quality is related to the end product because consumers require a certain quality of whiteness and brightness. This quality is obtained by chemically treating cellulose. Sanitary paper can be produced from both primary fibers and recovered cellulose fibers. The category of sanitary paper includes, for example, toilet paper, paper handkerchiefs, disposable kitchen towels. Primary fibers are usually treated chemically. The end product of the sanitary paper must be strong, absorbent and soft. Mostly, this type of paper consists of 95 % recovered and 5 % chemically treated cellulose fibers [13].

Corrugated cardboard can consist of various combinations of the layers and sheets, which are produced from recovered cellulose fibers as well as mechanically and chemically treated cellulose fibers. This type of paper has a wide range of applications, but is mostly used for packaging. For the production of corrugated paper 100 % recovered cellulose fibers are used. Grey cardboard, as well as corrugated cardboard, is made from 100 % recovered fibers and also has a wide range of applications, such as book covers, food boxes or trays, egg packages. Because of its use, grey cardboard does not require ink removal, so it is grey. Folding cardboard can be made up of different types of cellulose fibers and is usually used for a variety of food packages. In the Netherlands this paper product consists of recovered and mechanically processed cellulose fibers. Because of its use, the outer layer must be representative, therefore cellulose fibers for these layers are either deinked or bleached, but for other layers it is not necessary. Folding cardboard consists of 66 % recovered cellulose fibers and 34 % mechanically processed cellulose fibers [13].

Due to growing concerns about environmental issues, it becomes important for producers to add more value to their products, at the same time reducing environmental impact. Recyclable material and recycled products are two approaches to limit environmental impact. Recycling ensures the reuse of components and materials, while secondary production retains its form and adds value to renewable products. However, the process of recycled waste paper is not possible and can in fact be called paper recycling. Recycling means changing the use of a product from its original intended use. It can be as simple as taking waste paper and converting it into notebooks, maps, etc. Renewal of recycled paper includes refining, deinking and decolourization of cellulose [5].

More and more research is being made on how to recycle used waste paper and it is discovered that cellulose is a rich natural polymer, which consists of amorphous and crystalline components. In recent years, some successful research in the industrial industry have been conducted, leading to the use of cellulose nanofibres (CNF) and cellulose nanocrystals (CNC) to achieve higher added value. Paper waste is also used to extract the previously mentioned CNF/CNC and to make poly-hydroxy alkane (PHA), carboxymethylcellulose and polymer composite matrix. In parallel, materials, which are

prepared from synthesis of paper waste to produce high-performance electronic components such as supercapacitors are also considered [14].

Cellulose nanocrystalline is obtained from cellulose, it contains amorphous substances known as hemi-cellulose and can be separated by mechanical grinding or hydrolysis, creating a highly crystalline or semi-crystalline structure and elasticity of the modulus can even reach 137 GPa. Cellulose nanocrystals can be obtained from waste paper such as old or recycled newspapers, old corrugated containers, waste paper of the office. Cellulose can be obtained by pre-treatment of waste paper with sodium hydroxide (NaOH) to remove hemi-cellulose with bleach, and cellulose needs to be treated with sodium hypochlorite (NaClO) to remove lignin. Nano-cellulose crystals can be prepared using a repeated sulfuric hydrolysis method or enzymatic hydrolysis. The obtained cellulose nanocrystals were compared, some were obtained from waste paper, but other samples – from materials such as cotton, tunicates, bacteria and sisals [14].

After the grid of nano fiber was prepared, the materials were studied. Characteristics of these fibers were studied – fiber size and mechanical properties, as well as microscopy of atomic forces. The chemical composition of both: the dry and the wet fraction of paper sludge were the same because they were obtained from one factory [15].

Paper waste recycling technologies are applied for production of different materials (Fig. 1).

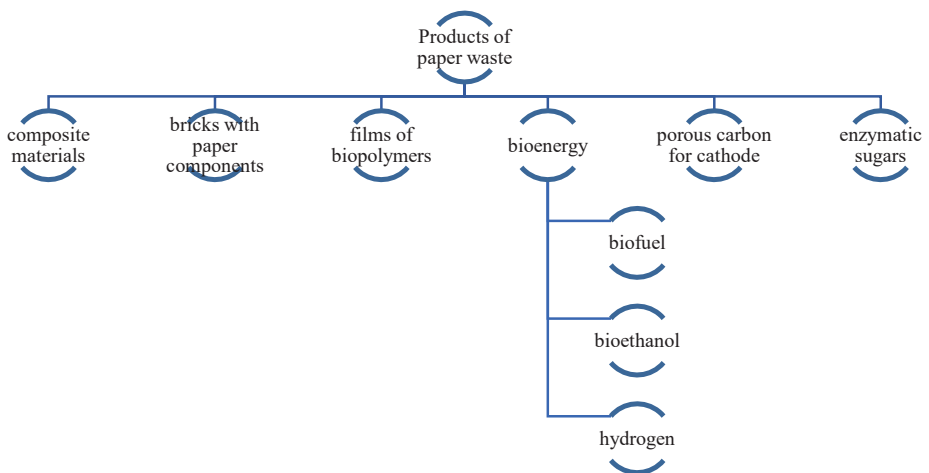


Fig. 1. Products from paper waste.

- **Cellulose fibers** are commonly used as reinforcement materials in composite materials because they provide high tensile strength and other material properties. Waste paper (WP) was used as a filler in samples of polyester (P) and polyurethane (PU) at a ratio of 20:80. The tensile strength of the sample, which consists of polyester and waste paper (P/WP), decreased, but its module increased. However, in another study where the ratio of polyethylene to paper waste was 50:50, it was observed that the tensile strength in this sample increased by 30 %, which indicates that there is an optimum point for adding waste paper. In the polymer composite paper particle, adhesion can be improved by processing the polymer. Low density polyethylene, which is treated with maleic anhydride and bonded with composites of waste paper, shows significant tensile strength (88 %) and modulus

elasticity (409 %). Cellulose nanocrystals from 20 to 60 nm, which are obtained by hydrolysis of paper waste, were used to replace black hydrocarbons in reinforcement of natural rubber (NR), and had little effect on mechanical properties and as well improved the recycling properties of natural rubber. Inorganic ingredients in recycled paper such as kaolin clay and precipitated calcium carbonate (PCC) were replaced by cellulose nanofibers with higher burst and tension strength. Waste paper is also incorporated into building materials such as concrete, mortar, brick and cement composites [14];

- **Bricks with paper components** were created and these bricks were compared to the basic properties of conventional bricks. Basic features – must be the same colour, with smooth surfaces, no cracks and with sharp and defined edges. They need to be so solid that they do not get any dents by scratching with nails and create a clear ringing sound, when colliding with each other. They should also have a low thermal conductivity and a water absorption percentage of less than 20 % if they are soaked in cold water for 24 hours. Ordinary bricks in the durability test break in half, but the paper-made bricks in this test were elastic when only half of the force was applied to them, but when they were tested at full-load, the exterior of the brick was broken, so it was concluded that they would not be suitable for main construction, but could be an alternative to additional structures. Therefore, it can be said that bricks containing paper particles can be a new solution for environmentally friendly buildings [16];
- **Films of biopolymer** cellulose nanocrystalline have high transparency, low weight, biodegradability, and barrier properties that are suggested in packaging. Transparent cellulose nanocrystals (CNC) films, which are made from office waste paper, were used to cover polyethylene terephthalate (PET). Coating with CNC improved water vapor barrier and was considered as useful to extend the shelf life of packaged foods. Comparing the different films, it was observed that some of those that were darker had better permeability (65 %) than those that were lighter (59 %). Films of composite of sodium alginate/carboxymethyl cellulose were produced from waste paper. And although the tensile strength (2 MPa) of the film was lower than low density polyethylene (LDPE) and high-density polyethylene (HDPE), the resulting materials were considered appropriate for low mechanical packaging [14];
- Hybridization of lithium-ion batteries with electro-chemical capacitors require the use of high-carbon materials such as graphene, activated carbon and also activated carbon from the biomass for electrode material. Such Lithium Ion Hybrid Electrochemical Capacitors (Li-HEC) are considered as a potential source for more efficient energy storage systems. **Porous carbon**, which is obtained from hydrothermal treatment and pyrolysis of office paper, was used as a cheap source of cathode material for Li-HEC. Waste paper, that is transformed into composite paper (GCCP) of graphene and carbon fiber, shows high conductivity and electrochemical stability to electrodes. Elastic supercapacitors were obtained by anchoring reduced graphene oxide-manganese dioxide (RGO-MnO<sub>2</sub>) on office papers. The obtained material showed an energy storage capacity of 19.6 Wh·kg<sup>-1</sup> and was initiated to be used in electronic devices. Cyanoethyl cellulose, which is derived from waste paper can also be used for organic field electric transistors (OFET), because such organic components attract attention to their low cost, ease of processing, flexibility, and light chains suitable for very low power electronics applications such as radio frequency identification (RFID), markers, biodegradable electronics for medical implants, sensor devices, etc. In recent years the most advanced hybrid devices are the most promising storage systems for large-scale smart networks and industry applications. Compared to secondary batteries, Li-HEC has high energy density, high power and long-term stability.

- Generally, Li-HEC is made of double-layer electric materials such as positive electrode (component of supercapacitor) and lithium as negative electrode (lithium ion battery);
- Enzymatic hydrolysis of office paper waste produces **enzymatic sugars**, which are used in the preparation of poly (3-hydroxybutyrate) (PHB) and is a short chain length from polyhydroxyalkanoate (PHA). Polyhydroxyalkanoates (PHA) is a biodegradable polyester, that is derived from microorganisms synthesized in the presence of elevated carbon. Although PHA has limitations compared to synthetic plastics, which include high production costs, compatibility with old processing methods and the possibility of thermal degradation, however improved mechanical properties have been found when it is mixed with other polymeric materials or modified chemically [14];
  - The potential of waste paper **biofuel** will replace up to 5 % of fossil fuels. Recent studies on the use of paper waste as a raw material for various forms of energy production such as ethanol, hydrogen, methane have shown hopeful results. Waste-paper is used as raw material for anaerobic dissolution to produce bioethanol and methane using enzymatic hydrolysis. Enzymatic hydrolysis uses enzymes to break down cellulose and lignin, which are producing reducing sugars such as glucose, and glucose fermentation produce bioethanol, which can also be converted to methane. The efficiency of the hydrolysis process with respect to glucose release is influenced by expensive enzymes and long retention time. It has been observed that pre-treatment methods improve the result of the process. Pre-treatment disrupts the crystalline structure and increases the surface area. It improves the availability of enzymes to cellulose and reduces the enzyme load. The studies evaluated chemical and physical pre-treatment techniques to demonstrate their effect on glucose excretion after enzymatic hydrolysis of waste paper. Another study found that prior to enzymatic hydrolysis, mechanical pre-treatment of paper waste with Hollander beater increased the amount of methane in anaerobic digestion by 21 % in 254 ml/g of solid volatile substances, Nishimura reported a higher methane content of 270.5 ml/g solid volatile substances, if yeast is added before grinding and fermentation [14];
  - **Bioethanol** can also be obtained from paper recycling sewage, which is usually deposited in landfills because of the limited number of treatments, but it also contains a significant amount of sugar that can be used to produce other products such as bioethanol or lactic acid. As well as from an economic point of view, recycling of such paper and production residues could be developed on an industrial scale. However, although enzyme producers have made progress, the cost of enzymes is still a significant part of the final cost of ethanol. For this reason, research is being conducted to reduce these costs, unfortunately the number of studies on the recycling of enzymes are very few. There is also little research done to evaluate the converted paper sludge material and apply a filtration process to it, giving it even more importance, as these processes are usually costly [17];
  - **Hydrogen** is a clean source of fuel because it does not emit contamination during combustion. Organic hydrogen production, where dark fermentation is used, is less energy-intensive than conversion of hydrocarbon vapor and water hydrolysis. It has been shown that the fermentation of sugar, that is obtained from the hydrolysis of paper waste acid, produces hydrogen gas. However, limits of hydrogen production delay of the fermentation process, which is caused from the hydrolysis of acid.

### 1.3. Economic Evaluation of Paper Recycling

From an economic point of view, research has shown that recycling can bring more profit for the development of new products. From an environmental point of view, recycling and retreatment help to reduce effect on environment, as it prevents waste after consumption and



requires fewer natural resources, thus prolonging the life time of the product. In general, recycling and retreatment will have an impact on sustainability, namely the economy, the environment and society. Thus, it can be concluded that the recycling and retreatment of products is not only economical but also environmentally friendly. Pollution emissions for example from heat and surface treatment, can occur in processes such as recycling, improvement and retreatment. However, when waste is being reused, the level of harmful emissions is reduced compared to the production of raw materials, which can also improve the sustainability of products [5].

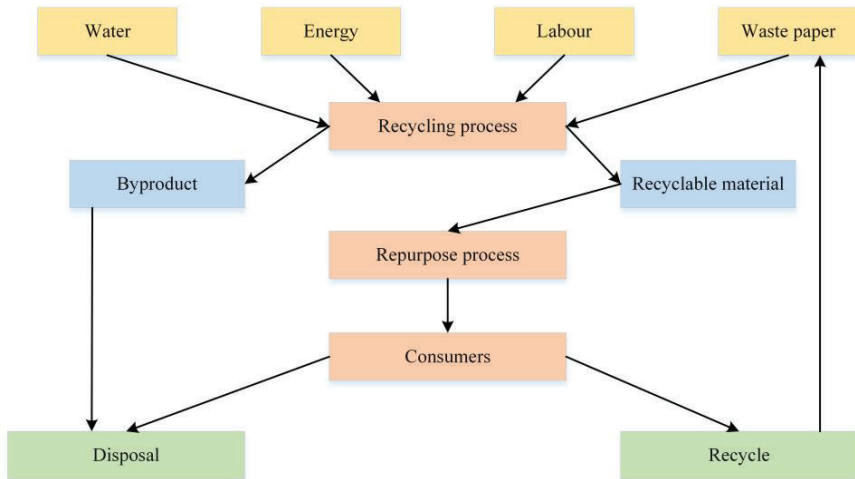


Fig. 2. Scheme for recycling paper and recycling cost estimation.

Approach of cost modelling, which is used to predict or estimate the future cost of a production good or service, is based on facts and figures which are currently available. Approach of cost modelling is also considered an important management tool in the first stages of product planning and manufacturing as it helps to determine the budget for resource allocation. It also helps the industry to predict the financial impact and the cost to projects and also alternatives. Cost estimation is crucial for any business, as even a small mistake in cost estimation can lead to losses, thus affecting the company's sales and profits. Therefore, cost estimation is an important task in the life cycle of a product. Initially, little attention was paid to the evaluation of the costs of end-of-life products in the research community, but this focus is now on. Thus, a system has been developed to predict the cost of depreciation, thus creating a more environmentally sustainable product and higher profits.

Costs occur at different stages of production from raw material collection to production or recycling to the end product and from further waste from the process of recycling, purification or landfill. The initial costs can be divided into categories: costs of raw material and energy, purification and waste removal costs, labour costs [5].

Since the models of cost are flexible, they can be applied to all industries which are involved in the recycling and sorting of paper and cardboard waste. Paper manufacturers will always consider recycled paper waste as it is environmentally and economically beneficial. In the real world, production factors change every day. Therefore, to practically apply the cost equations the input data or parameters have to be changed continuously.

However, the estimation of the cost of recycling and recycling paper waste cannot be fully achieved without complete data in even one of the sectors because these calculations are no longer accurate, but only provisional. Also, in this research the calculations could not be fully performed due to the small amount of data and therefore, the study should be repeated or made in-depth, supplementing the data to make the results more accurate. In order to make the study more accurate, it is necessary to develop methods to assess the speed and quantity of production and the reusable amount, that can be produced, considering the quantity of certain raw materials and other important factors of production. The study should also include uncertainty in order to achieve a realistic result. The analysis of the data should also be carried out for at least one month in order to investigate the significant overall impact and could also compare the obtained data with some other paper producers [5].

#### 1.4. Environmental Impact of Paper Production

Environmental pollution in the industry of cellulose and paper is mainly due to preparation and bleaching processes of cellulose. Sulphur compounds from 0.5 to 30 kg/t, nitrogen oxides from 1 to 3 kg/t, volatile organic compounds 15 kg/t, and dust from 75 to 150 kg/t are released in the air. Waste water can be contaminated with chlorine compounds, nitrogen and phosphate compounds and various organic compounds, and heavy metals. If chlorine compounds are not used in the bleaching processes, black liquors are formed.

Primarily the environmental impact by recycled paper is emissions in water, solid waste, if in colour purification is used rinsing, and emissions in the atmosphere. Emissions to the atmosphere are linked to the production of energy when fossil fuels are burned in power plants. Most recycled paper factories are combined with paper mills.

Recycling paper saves wood resources, which provide both a home for living organisms and help to regulate the climate, as a medium-sized tree absorbs about 6 kg of CO<sub>2</sub> per year. As well forests absorb and/or delay excessive moisture, but in dry weather they are able to give refreshment. Paper recycling reduces emissions of CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> in the air, and reduces water pollution with chlorine compounds from bleaching and chemicals [2].

## 2. METHODOLOGY. MULTI-CRITERIA ANALYSIS

Multi-criteria analysis is done to find out which of the offered options is the most successful, most beneficial. This method is designed to improve the quality of decisions by involving several criteria in the decision-making process to make choices clearer, more rational and more effective. This analysis is used for a number of purposes, such as identifying the best alternative or evaluating alternatives. This multi-criteria method is TOPSIS.

The process of multi-criteria analysis is based on the principle of graduality and involves five steps – selection of criteria, data entry, application of the method, acquisition and analysis of the result (Fig. 3).

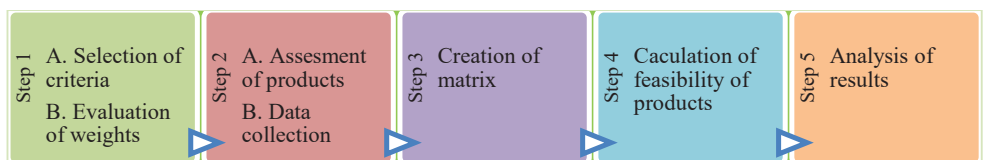


Fig. 3. Step-by-step methodology.



The selection of criteria is based on an approach that includes the widest possible variety of aspects into the analysis. The criteria have been modified so that they can be compared with each other using a specific indicator – tonne of waste. The criteria include the following aspects:

- Economic aspect – specific capital costs;
- Technological aspects – specific energy consumption and specific water consumption;
- Aspect of impact on climate change – specific CO<sub>2</sub> emissions.

The resulting numbers are then converted into equal units so that they can be evaluated. In the second entry section of data, these data are inserted into the matrix and converted into numbers 1 to 5, where 1 is the lowest valuation and 5 is the highest. In this case, if the costs are very high, then they can be estimated by 1, but if they are relatively lower than the high cost, then with a higher valuation, for example 4. The lowest costs can even be estimated by 5.

Then, the data is normalized with weight values, and the distance is calculated from the maximum and minimum values or the distance from the ideal. The normalization method is used to normalize the criteria.

$$r_{ai} = \frac{x_{ai}}{\sqrt{\sum_{a=1}^n x_{ai}^2}}, \quad (1)$$

where

- $a$  Product;
- $i$  Criterion;
- $r$  Normalized value.

And further, the normalized results are recalculated based on the weight of each criterion. The weight of each criterion indicates how important it is or which of the criteria is decisive, less important and which is the least important.

$$v_{ai} = w_i \cdot r_{ai}, \quad (2)$$

where

- $w$  Weight;
- $v$  Weighted value.

The weighted results are taken into account to determine the variation of ideal (maximum) and non-ideal (minimum) value. Each weighed indicator is compared with its corresponding maximum and minimum values. The sum of the squares of the difference between the maximum value of each alternative criteria is used to determine the total distance of the alternative to the ideal solution.

$$d_a^+ = \sqrt{\sum (v_i^+ - v_{ai})^2}, \quad (3)$$

and

$$d_a^- = \sqrt{(v_i^- - v_{ai}^-)^2}, \quad (4)$$

where

$d_a^+$  Distance to ideal solution;  
 $d_a^-$  Distance to non-ideal solution.

After this is followed by the calculation of relative proximity, where the relative proximity of each alternative to the ideal solution is calculated.

$$C_a = \frac{d_a^-}{d_a^+ + d_a^-}, \quad (5)$$

where

$C_a$  Relative proximity to ideal solution.

This ratio is always between 0 and 1. If the result is closer to 1, the product is more sustainable.

After making the calculations, the third step is the result. The TOPSIS method can be used to find out which of the alternatives is the most advantageous and the most disadvantageous alternative.

### 3. RESULTS

Four product groups based on different manufacturing techniques have been selected for analysis and compared to each other.

Table 1 summarizes data from various literature sources on selected technological methods and products:

- Cellulose nanocrystals (CNC) and cellulose nanofibers (CNF) [14]–[18];
- Egg packaging [2], [13];
- Reusable paper [10], [11], [13];
- Cardboard [10], [13].

Indicators are based on how much investment, electricity, and water are needed for recycling paper waste products, as well as data on how many CO<sub>2</sub> emissions are produced in the production process. Indicators were selected by the importance and the impact on environment and the main raw materials for the provision of processes. Amount of the indicators were found in various literature sources.

Egg packing consumes 285 kWh/t<sub>waste</sub>, 23.4 water m<sup>3</sup>/t and 3 095.1 EUR/t and 148.77 tCO<sub>2</sub> is produced. Recycled paper production consumes 7 276.2 EUR/t, 670 kWh/t<sub>waste</sub> and 24 water m<sup>3</sup>/t, as well 349.74 tCO<sub>2</sub> is produced, but cardboard production requires – 3 040.8 EUR/t, 280 kWh/t<sub>waste</sub> and 22.4 m<sup>3</sup>/t water, 164.16 tCO<sub>2</sub> is produced.

TABLE 1. MULTI-CRITERIA MATRIX

Method of technology. Products of recycled paper	Necessary investments, EUR/t <sub>waste</sub>	Energy consumption, kWh/t <sub>waste</sub>	Water consumption, m <sup>3</sup> /t <sub>waste</sub>	Climate impact, tCO <sub>2</sub> /t <sub>waste</sub>
CNC/CNF production (produced from recycled sludge without deinking)	534	865	6	624
Egg packing	3 095	285	23	148
Reusable paper	7 276	670	24	350
Cardboard	3 041	280	22	146

The data in Table 1 are modified so that all products are characterized by the same indicators. As it can be seen from the values of the indicators, the smallest investments are needed for the production of CNC/CNF products, which, in turn, have a high specific energy consumption but low water consumption. Production of reusable paper requires large investments and high energy and water costs during operation time. All 4 criteria are equivalent to production of egg packaging and cardboard.

The results of the multi-criteria analysis are summarized in Fig. 4. Looking at the obtained results, it can be seen that the best results after the calculations are made by the product – reusable paper. The second is – CNC and CNF production or the production of cellulose nanofibres and cellulose nano-crystals but the worst results are shown by the production of cardboard and egg packaging.

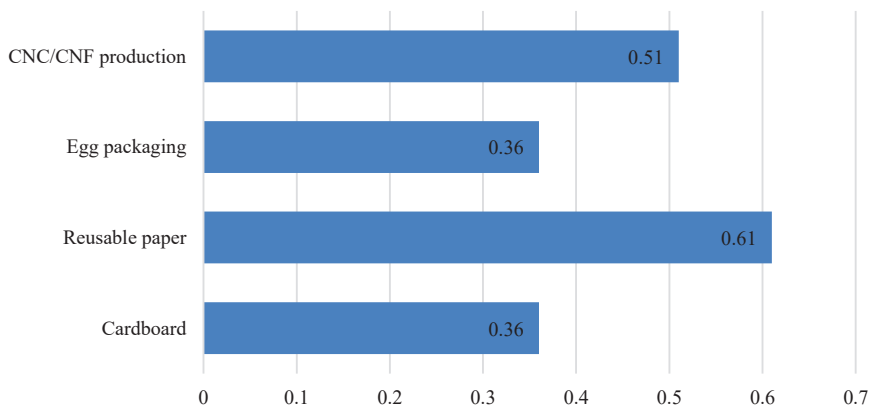


Fig. 4. Results of multi-criteria analysis.

In cases where high-quality nanoproductions are required, the raw material, which is used in the recycled paper, also needs to be deinked because the ink particles can degrade the light transmittance of the end product, as well as the light reflectance factor or the whiteness factor. Also, in recycled paper manufacturing, deinking is one of the main processes, because this process affects the final product. Also, in all of the product (cardboard, reusable paper, egg packaging, CNC/CNF production) manufacturing water and wastewater consumption is important. The most important impact is from bleaching, but also high impact is made from waste water and water consumption.

## 4. CONCLUSIONS

Paper waste is a good raw material for the production of various products. Technologies of paper recycling are different and there are increasing opportunities for new, innovative products due to the development of the circular economy. Waste paper is a cheap source of production of cellulose nanocrystalline, especially when the effects of ink, paint and other impurities are lower.

The results of the multi-criteria analysis showed that the production of cellulose nanofibres and cellulose nanocrystals has an advantage over egg packaging and cardboard production, but the production of reusable paper is economically viable.

Looking at the results, it can be concluded that the production of nanofibers and nanopaper of cellulose has potential in the future paper recycling market, since it can be produced from paper mill sludge from paper recycling.

## ACKNOWLEDGMENT

This research is funded by the Latvian Council of Science, project "Bioresources value model (BVM)", project No. lzp-2018/1-0426.

## REFERENCES

- [1] Zihare L., Blumberga D. Market opportunities for cellulose products from combined renewable resources. *Environmental and Climate Technologies* 2017;19(1):33–38. doi:10.1515/rtuct-2017-0003
- [2] Pulp and Paper [Online]. [Accessed 25.11.2018]. Available: [http://old.vpvb.gov.lv/ippc/bat/bat\\_ES1/LCcelulozePapiraRupn.pdf](http://old.vpvb.gov.lv/ippc/bat/bat_ES1/LCcelulozePapiraRupn.pdf)
- [3] Recycling of waste. Paper, cardboard [Online]. [Accessed 24.11.2018]. Available: [http://www.varam.gov.lv/lat/darbibas\\_veidi/apsaimniekosana/atkritumu\\_veidi/?doc=6814](http://www.varam.gov.lv/lat/darbibas_veidi/apsaimniekosana/atkritumu_veidi/?doc=6814)
- [4] Pasaules Dabas Fonds. 7 Steps on how to become greener [Online]. [Accessed 24.11.2018]. Available: [http://www.pdf.lv/uploads/dokumenti/PDF\\_GreenOffice\\_Bookle.pdf](http://www.pdf.lv/uploads/dokumenti/PDF_GreenOffice_Bookle.pdf) (in Latvian)
- [5] Cheung W. M., Pachisia V. Facilitating waste paper recycling and repurposing via cost modelling of machine failure, labour availability and waste quantity. *Resources, Conservation and Recycling* 2015;101:34–41. doi:10.1016/j.resconrec.2015.05.011
- [6] CEPI. Global forest and paper industry releases policy statement on paper recycling [Online]. [Accessed 29.11.2018]. Available: <http://www.cepi.org/news/global-forest-and-paper-industry-releases-policy-statement-paper-recycling>
- [7] Impact REC. Recycling facts [Online]. [Accessed 9.12.2018]. Available: <http://impactpaperec.eu/en/facts-figures/recycling-facts/>
- [8] CEPI. Recycling press release on 24 October 2018 [Online]. [Accessed 29.11.2018]. Available: <http://www.cepi.org/taxonomy/term/14>
- [9] European Paper Recycling Council. European Declaration on paper recycling 2016–2020.
- [10] Recycling of paper-waste [Online]. [Accessed 25.11.2018]. Available: <http://www.jumis.lv/lv/noderiga-informacija/atkritumu-parstrade/papira-parstrade/> (in Latvian)
- [11] Paperboard [Online]. [Accessed 26.11.2018]. Available: [https://valorlux.lu/wp-content/uploads/2016/09/fabrication-recyclage\\_papier-carton\\_en.pdf](https://valorlux.lu/wp-content/uploads/2016/09/fabrication-recyclage_papier-carton_en.pdf)
- [12] Beverage carton [Online]. [Accessed 26.11.2018]. Available: [https://valorlux.lu/wp-content/uploads/2016/09/fabrication-recyclage\\_carton-a-boisson\\_en.pdf](https://valorlux.lu/wp-content/uploads/2016/09/fabrication-recyclage_carton-a-boisson_en.pdf)
- [13] Laurijssena J., et al. Paper and biomass for energy? The impact of paper recycling on energy and CO<sub>2</sub> emissions. *Resources, Conservation and Recycling* 2010;54(12):1208–1218. doi:10.1016/j.resconrec.2010.03.016
- [14] Adu C., Jolly M., Thaku V. K. Exploring new horizons for paper recycling: A review of biomaterials and biorefinery feedstocks derived from wastepaper. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 2018;13:21–26. doi:10.1016/j.cogsc.2018.03.003
- [15] Adu C., et al. Properties of cellulose nanofibre networks prepared from never-dried and dried paper mill sludge. *Journal of Cleaner Production* 2018;197(1):765–771. doi:10.1016/j.jclepro.2018.06.263
- [16] Sudarsan J. S., et al. Papercrete brick as an alternate building material to control Environmental Pollution. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science* 2017;80(1):012017. doi:10.1088/1755-1315/80/1/012017

- [17] Gomes D. G., et al. Insights into the economic viability of cellulases recycling on bioethanol production from recycled paper sludge. *Bioresource Technology* 2018;267:347–355. [doi:10.1016/j.biortech.2018.07.056](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.07.056)
- [18] Gu H., Reiner R., Bergman R., Rudie A. LCA Study for Pilot Scale Production of Cellulose Nano Crystals (CNC) from Wood Pulp. Presented at the LCA XV Conference – A bright green future, Vancouver, Canada, 2015.

Publikācija Nr. 5: Depozīta sistēmas analīze un ekonomiskais novērtējums. Analysis and Economic Evaluation of Deposit Refund System.

## DEPOZĪTA SISTĒMAS ANALĪZE UN EKONOMISKAIS NOVĒRTĒJUMS

### *Analysis and Economic Evaluation of Deposit Refund System*

**Dzintra Atstāja**

Banku augstskola, Latvija

**Līva Lukševica**

Banku augstskola, Latvija

**Natālija Cudečka-Puriņa**

Banku augstskola, Latvija

**Rudīte Vesere**

Rīgas Tehniskā universitāte, Latvija

**Rozita Susniene**

Kauņas Tehnoloģiskā Universitāte, Lietuva

**Abstract.** *The aim of this research is to analyse the deposit refund system and to perform economic evaluation of deposit refund system implementation in Latvia. To achieve this, the authors will use following methods: gathering and further analysis of statistical data, comparative analysis and cost benefit analysis. Main conclusions of the research reveal that despite being a costly solution, deposit refund system brings certain benefits and the payback period can be approximately ten years. Moreover, with the increase of the deposit fee the overall financial ratios of the system can be significantly improved.*

**Keywords:** *analysis of container system, cost – benefit analysis, circular economy, costs of waste management deposit refund system.*

### **Ievads**

#### ***Introduction***

Eurostat dati (2018) liecina, ka Latvijā kopējais radītais sadzīves atkritumu (mājsaimniecības un tiem pielīdzināmo) daudzums 2016.gadā bija 802 473,93 tonnas un no tā apmēram 10-15% veido iepakojums, kurš netiek dalīti vākts, pārstrādāts un nonāk kopējā atkritumu plūsmā. Ieviešot depoziāta sistēmu, valstis veicina pieaugošā vides piesārņojumu samazinājumu un Eiropas Savienībā pieņemtās Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīvas 94/62/EK par iepakojumu un izlietoto iepakojumu prasību ievērošanu, nosakot valsts minimālos izlietotā iepakojuma pārstrādes un reģenerācijas mērķus. Latvijā tiek virzīts jautājums

par depozīta sistēmas ieviešanu, tāpēc ir svarīgi aprēķini, kas ļauj pamatoti argumentēt depozīta sistēmas ieviešanas nepieciešamību paralēli izveidotajai dalītās atkritumu savākšanas sistēmai.

Pētījuma mērķis ir izanalizēt depozīta sistēmu un sniegt ekonomisko novērtējumu Latvijā. Šobrīd 9 Eiropas Savienības valstīs, kas aptver vairāk nekā 130 miljonus iedzīvotāju, tiek piemērota depozīta sistēma. Latvijas kaimiņvalstīs Lietuvā (2016.g.) un Igaunijā (2005.g.) sistēma jau pastāv. Saskaņā ar Reloop sniegto informāciju (2018. gads) depozīta sistēma ir pārbaudīts instruments, lai savāktu lielu daudzumu tukšu dzērienu iepakojuma atkārtotai izmantošanai un kvalitatīvai pārstrādei, un ir svarīgas aprītes ekonomikas nodrošināšanai.

Pētījuma ietvaros tika analizēta depozīta sistēma piemērošana Eiropas Savienības līmenī, nosakot tās ilgtspējīgu attīstību nākotnē un veikts depozīta sistēmas ekonomiskais novērtējums, ieviešot to Latvijā.

Pētījuma izstrādē tika izmantotas šādas pētījuma metodes: statistiskā analīze, zinātniskā analīze, kontentanalīze, izmaksu – ieguvumu analīze un matemātiskā modelēšana.

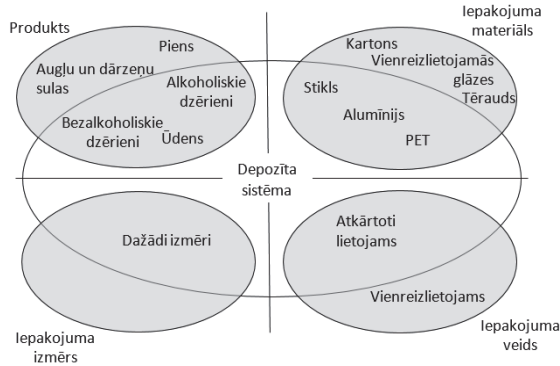
### **Depozīta sistēmas būtība** *Essence of the deposit-refund system*

Vēsturiski depozīta sistēmas piemērošana dzērienu iepakojumam atsevišķās valstīs tika aizsākta brīvprātīgi, jo ražošanas izmaksas par izejvielām jaunu iepakojumu ražošanai un ražošanas izmaksas bija lielākas par izlietotā iepakojuma savākšanas izmaksu un pārstrādes izmaksu summu. Iepakojuma depozīta sistēmas ietvaros dzērienu iepakojumam (stikla pudeles, PET pudeles, skārdenes) tiek piemērota papildus depozīta maksa, kuru patērētājs var atgūt atpakaļ (tādā pašā apmērā, kādā tā tika iekasēta iegādājoties dzērienu), nododot izlietoto iepakojumu tirdzniecības vietā vai speciāli tam paredzētā pieņemšanas punktā (pieņemšana var būt organizēta gan manuāli, gan automatizētā formā). (Brizga, Dimante, & Atstāja, 2012; Cudecka-Purina & Atstāja., 2018; Dāce, Pakere, & Blumberga, 2013; Simon, Foldenyi, & Amor, 2015; Tomkevičiūtē & Stasiškienē, 2006; Kalinovskaya, 2016)

Venna diagrammā jeb kopu diagrammā, kura attēlo visas iespējamās loģiskās attiecības starp galīga skaita kopām, ir attēlots produktu un iepakojumu klāsts, kas attiecas uz depozīta sistēmu (skatīt 1. attēlu). Depozīta sistēmā tiek iekļauti tādi produkti kā ūdens, bezalkoholiskie dzērieni un alkoholiskie dzērieni ar alkohola saturu līdz 10 grādiem (alus, sidrs, kokteiļi un tml.). Higiēnas aspekts tiek ņemts vērā, veidojot depozīta sistēmas dizainu, tāpēc ieviešot depozīta sistēmu uzmanība ir jāpievērš izgatavošanas materiālam (Gandy, Fry, & Downes, 2008; Zero Waste Scotland, 2017). Viens no risinājumiem, ko piedāvā vairāki pētnieki savos pētījumos, ka shēmā tiek ietverti visi iepakojuma



materiāli, paredzot izņēmumus attiecībā uz dažiem produktiem, neatkarīgi no iepakojuma, kuros to pārdod. Tādējādi būtu iespēja izvairīties no neobjektivitātes par labu vienam materiālam (Cudecka-Purina & Atstaja, 2018; Gandy et al., 2008; Simon et al., 2015).



1.attēls. *Produktu un iepakojumu veidi depozīta sistēmā (autoru veidots)*  
 Figure 1 *Types of products and packaging in the deposit system (by authors)*

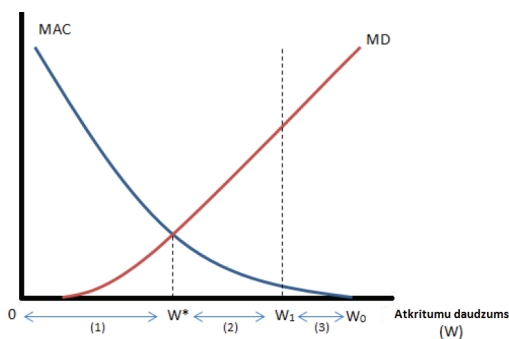
Iepakojumu iedala divās kategorijās – vienreiz lietojamie iepakojumi un iepakojumi, kurus ir iespējams lietot atkārtoti vairākas reizes vienam un tam pašam mērķim. Atkritumu dalītās vākšanas konteinerus, izmanto lai savāktu iepakojumu, kuru var pārstrādāt. Šādā veidā nevāc iepakojumu, kuru paredzēts izmantot atkārtoti tā sākotnējam mērķim. Lai gan plastmasas atkārtota izmantošana var samazināt CO<sub>2</sub> emisiju, tomēr tiek apgalvots, ka plastmasas materiālu atkārtota izmantošana nav ekonomiski izdevīga, norādot, ka plastmasas savākšanas un pārstrādes izmaksas ir pārāk augstas salīdzinājumā ar sadedzināšanu (Gradus, Nillesen, Koppen, & Dijkgraaf, 2016; Simon et al., 2015).

### **Materiāls un metodika** *Materials and Methods*

Optimālais atkritumu daudzums ir grafiski attēlots 2. attēlā. Robežizmaksu samazinājuma līkne (*MAC-marginal abatements costs*) ietver papildus atkritumu vienības attīrīšanas izmaksas un marginālā kaitējuma līkne (*MD-marginal damage*), kas ietver papildus atkritumu vienības radītos bojājumus (eiro izteiksmē) sabiedrības labklājībai. Optimālais atkritumu līmenis (*W\**) atrodas *MAC* un *MD* krustpunktā. Pa kreisi no šī punkta atkritumu samazināšanās izmaksas ir augstākas nekā kaitējuma priekšrocības ( $MAC > MD$ ), kas nozīmētu

labklājības samazināšanos sabiedrībai. Pa labi no šī punkta ir attēloti ieguvumi no izlietotā iepakojuma atgriešanas. Ieguvums no samazināto atkritumu daudzuma ir lielāks par izmaksām ( $MAC < MD$ ), kas liek secināt, ka sabiedrībai ir izdevīgi samazināt atkritumu apjomu.

Ja pieņem, ka ekonomikā atkritumu daudzums ir vienāds ar  $W_1$ , tad atkritumi tiek pārstrādāti un samazināti līdz  $W_0 - W_1$  un ir skaidrs, ka  $W_1 - W^*$  ir atkritumu līmenis, kuru ir iespējams samazināt ieviešot depozīta sistēmu, taču depozīta sistēmas ieviešanas galvenais virzītājspēks ES un ārpus tās atšķiras. Sistēma, kas darbojas Eiropā, parasti koncentrējas uz pārstrādi, kuras pamatā ir Eiropas tiesību aktos noteiktie pārstrādes mērķi, savukārt valstis ārpus ES koncentrējas uz atkritumu apjoma samazināšanu (Deprez, 2016; Lee, Garcia, Bertham, & Fitzsimons, 2018).



- (1) Atkritumi līdz apsaimniekošanai
- (2) Atkritumi, kas jānovirza no apglabāšanas uz reģenerāciju vai atkārtotu lietošanu caur depozīta sistēmu
- (3) Reālā atkritumu pārstrāde un apjoma samazināšana

## 2.attēls. Atkritumu daudzums un optimālā apsaimniekošana

(Pearce & Turner, 1993; Deprez, 2016)

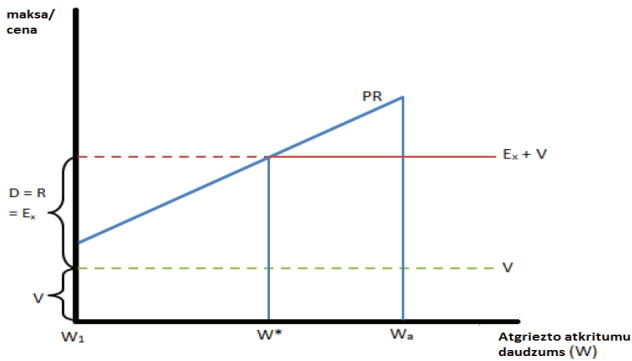
### Figure 2 *Quantity and optimal management of waste*

(Pearce & Turner, 1993; Deprez, 2016)

Ieviešot depozīta sistēmu, svarīgi novērtēt kādas priekšrocības sistēma spēs sniegt un vai tās būs pārākas par trūkumiem. Pie priekšrocībām jāmin atkritumu samazināšanu; savāktā iepakojuma apjoma palielinājumu; tīrāku atkritumu plūsmu; jaunas darbavietas; zaļo enerģiju u.c., bet pie trūkumiem – augstas ieviešanas izmaksas, ietekmi uz mazumtirgotājiem. Ražotāji piedalās sistēmā, jo citādi viņiem ir jāmaksā dabas resursu nodoklis par katru iepakojuma materiāla svāra vienību. Ja nodoklis ir augstāks nekā dalības izmaksas depozīta sistēmā, ražotājiem ir liela motivācija iesaistīties depozīta sistēmā (Dāce et al., 2013). Vairāki autori min kā negatīvu aspektu, augstas sākotnējās izmaksas depozīta sistēmas izveidei, jo īpaši, ja savākšanas sistēmā tiek izmantotas automatiskās iekārtas, kas ļauj patērētājiem atgriezt izmantotos iepakojumus un atgūt depozīta maksu jebkurā laikā (Numata, 2009; Kim & Song, 2015). Analizējot ieguvumus

operatoriem, tad tiem ir atļauts neizmantotos depozītus saglabāt kā peļņu. Saskaņā ar depozītu atmaksāšanas sistēmu, ja patērētāji neatgriež izmantotos produktus, mazumtirgotāji var paturēt depozīta maksu. Patērētāju vēlmi atgriezt izlietoto iepakojumu un robežizmaksas, kas rodas patērētājiem, atdodot izlietoto iepakojumu skatīt 3. attēlā.

Pieaugot depozīta maksas summai, patērētājam ir stimuls atgriezt izlietoto iepakojumu. PR līkne izriet no  $W_1$ , kas ir piesārņojuma līmenis - maksimālais atkritumu daudzums, ko sabiedrība nav pārstrādājusi. Šī līkne apstājas pie  $W_a$ , kas atspoguļo līmeni, kurā tiek atgriezti visi izlietotie iepakojumi. Mainīgie  $E_x$  un  $V$  norāda attiecīgi uz atkritumu izmaksām un atgrieztu preču atkārtotas izmantošanas neto vērtību. Tādejādi veidojot  $E_x+V$  – līkne, kura parāda iedzīvotāju ieguvumu samazinot atkritumu apjomu. Punktā  $W^*$  iedzīvotāju ieguvumi ir vienādi ar zaudējumiem ( $PR = E_x + V$ ). Tādejādi var secināt, ka optimālā patērētāju saņemtā kompensācija ir vienāda ar  $R + E_x$ .  $W_a - W^*$  ir optimālais atkritumu daudzums, kas var tikt neatgriezts - tas ir vienāds ar  $W^* 2$ . attēlā (Deprez, 2016; Simon et al., 2015).



3.attēls. *Depozīta sistēmas shēma* (autoru veidots balstoties uz Deprez, 2016)  
 Figure 3 *Deposit refund system scheme* (autoru veidots balstoties uz Deprez, 2016)

Pieņemot, ka ražotājs maksimizē peļņu, ir redzams, ka ražotājs vēlas izmantot atgrieztu iepakojumu atkārtotai izmantošanai, lai samazinātu ražošanas izmaksas. Tas ir iemesls, kāpēc ražotājs vēlētos, lai tiktu ieviesta depozīta sistēma, taču, lai depozīta sistēma būtu rentabla ražotājam, viņš piedāvā kompensāciju, kas ir mazāka par atgrieztā iepakojuma atkārtotu izmantošanu ( $R < V$ ). Operatoram ir trīs ienākumu avoti – no patērētājiem, pārstrādātājiem un iepakotājiem. Operators maksā tirgotājiem maksu par izlietotā iepakojuma savākšanu tirdzniecības vietā, un norēķinās par citiem izdevumiem, kas sevī ietver iepakojuma pieņemšanas, uzglabāšanas, transportēšanas izmaksas, sedz

iepakojuma plūsmas uzskaites izmaksas, kā arī samaksā par patērētājiem atgriezto depoziātu. Bez ienākumiem no materiālu pārdošanas, operatoram ir ienākumi par iepakošanu, ko klients nav atdevis. Operatora darbības izmaksas veido aizdevuma un procentu maksājumi, darba, transporta, uzturēšanas, ražošanas un administratīvās izmaksas. Savukārt, par iepakošanu savākšanu ir atbildīgs ražotājs (Dāce et al., 2013; PriceWaterhouseCoopers, 2008.).

Izmaksu un ieguvumu analīzes mērķis ir novērtēt, kāds būs depoziāta sistēmas ieviešanas ieguldījums sabiedrības labklājībā. Izmaksu ieguvumu analīze sniedz skaidru izpratni par konkrētu priekšlikumu ekonomiskajām izmaksām un ieguvumiem, taču pieņemot lēmumus ir nepieciešama kritiskā domāšana (Davis, 2017; Hahn, 2017). Lai novērtētu depoziāta sistēmas ieguvumus un zaudējumus, aprēķinos tiek izmantots rādītājs NPV – neto tagadnes vērtība. Neto tagadnes vērtību aprēķina pēc 1. formulas (Bell, 2017).

$$NPV(t) = \sum_{i=t}^T \frac{CF(i)}{(1+r)^i} - ICO \quad (1)$$

kur

*CF* - naudas plūsma

*i* - laika periods

*r* - diskonta likme

*ICO* – sākotnējā investīciju vērtība

Papildus izmaksu un ieguvumu analīzei tika veikta arī jutīguma analīze un daudzkritēriju analīze (*a multi-criteria analysis*), kā arī attiecīgo alternatīvu analīze, lai gūtu papildus pārlicību par iegūtajiem rezultātiem. Lai izmaksu un ieguvumu analīze būtu precīzāka, svarīgi ir veikt ne tikai jutīguma analīzi, bet arī dzērienu iepakošanas statistisko analīzi. Kopējā iepakošanas apsaimniekošanas izmaksu aprēķinā tika ņemtas vērā ražotāju atbildības sistēmu (RAS) vidējās iepakošanas apsaimniekošanas cenas, savukārt parastā un depoziāta iepakošanas apsaimniekošanas cenas tika iegūtas izmantojot Igaunijas zaļā punkta datus, kas rāda, kādas būs izmaksas, paralēli ieviešot depoziāta sistēmu.

## Rezultāti

### Results

Kopējā iepakošanas apsaimniekošanas izmaksas, balstoties uz RAS apsaimniekošanas vidējām izmaksām un Eurostat datiem, 2015.gadā veidoja 13,3 milj. eiro, savukārt ieviešot depoziāta sistēmu 26 milj. eiro. Otrreizējās pārstrādes apjoms kopējam iepakošanai bija 126 012 tonnas, savukārt parastā un depoziāta iepakošanas otrreizējās pārstrādes apjoms bija 132 833 tonnas, no kurām 88% jeb 116 568 tonnas otrreizēji pārstrādāja primāro iepakošanu un 12%, jeb 16 266 tonnas pārstrādāja depoziāta iepakošanu. Autorese secina, ka

otreizējās pārstrādes apjoms, ieviešot depoziņa sistēmu, pieaugtu par 5,4%, jeb 6 821 tonnām. Līdz ar otrreizējās pārstrādes apjoma palielināšanos, pieaugtu arī kopējā iepakojuma reģenerācijas apjoms par 3%, sastādot 57%.

Kartona iekļaušana depoziņa sistēmā izteikti palielinātu depoziņa iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas Latvijas konteineru sistēmā, proti, apsaimniekošanas izmaksas ieļaujot kartonu depoziņa sistēmā pieaugtu uz 8 009 198 eiro, taču ja kartons netiktu iekļauts, izmaksas saruktu uz 1 829 424 eiro. Depoziņa iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas depoziņa sistēmā, ietverot kartona iepakojumu dzērienu, skatīt 1. tabulā.

*1.tabula. Depoziņa iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas depoziņa sistēmā (autoru veidota)*

*Table 1 Costs of packaging management within deposit system (by authors)*

	Vienības	Apsaimn. maksa (bez PVN)	Summa	Apsaimn. maksa	Patiesās izmaksas Lietuvā pie 93% savākšanas	
					eiro	eiro
	gab.	eiro/gab.	eiro	eiro/tonnu	eiro	eiro
Stikls	26 000 000	0,025	650 000	100	0,04	1 040 000
PET	262 000 000	0,035	9 170 000	1094	0,03	7 860 000
Metāls	157 000 000	0,015	2 355 000	904	0,01	1 727 000

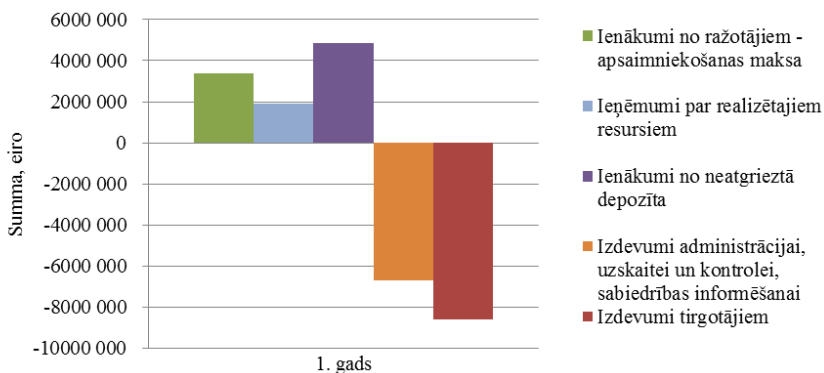
Pieņemot lēmumu par depoziņa sistēmas ieviešanu Latvijā, rekomendē lemt par kartona dzērienu iepakojuma pieņemšanu automātos, jo tehniski tas ir iespējams – tas ļautu apsaimniekot vairāk atkritumu. Līdz ar kartona dzērienu iepakojuma ieļaušanu depoziņa sistēmā pieaugtu otrreizējās pārstrādes apjoms (skatīt 2. tabulu). Iekļaujot kartona dzērienu iepakojuma depoziņa sistēmā, reģenerācijas apjoms pieaugtu par 9%, sastādot 63%. Ieviešot depoziņa sistēmu (iekļaujot kartonu) otrreizējās pārstrādes apjoms gan parastajam iepakojumam, gan depoziņa iepakojumam būtu par 21 086 tonnu, jeb 16,7% lielāks nekā kopējā iepakojuma otrreizējās pārstrādes apjoms bez depoziņa sistēmas. Depoziņa sistēmas ieviešana mājāsaimniecībām nesīs ieguvumus – pirmajā gadā tie būs 1192 tūkst. eiro, savukārt desmitajā gadā tie pieaugs līdz 2003 tūkst. eiro, veidojot kopējos ieguvumus desmit gadu laikā 16095 tūkst. eiro. Ienākumi, ieviešot depoziņa sistēmu, pieaugs, jo būs iespēja nodot vairāk taras (t.sk. dažādas stikla pudeles), kā arī patērētāju ienākumi ik gadu pieaugs, jo pieaugs atgrieztās taras īpatsvars. Tirgotāju ieguvums no depoziņa sistēmas ieviešanas desmit gados būs 558 tūkst. eiro. Ienākumi tirgotājam rodas no operatora savākšanas maksas.

2.tabula. Iepakojuma apsaimniekošanas apjomu un izmaksas salīdzinājumu 2015.gadā, iekļaujot kartonu depozīta sistēmā (autoru veidota)

Table 2 Comparison of packaging management volumes and costs in 2015, including cardboard in the deposit system (by authors)

Nosaukums	Kopējais iepakojums	Parastais iepakojums	Depozīta iepakojums	Izmaiņas	
Realizācijas apjoms, tonnas	233 356	179 289	54 067		
Reģenerācijas norma, %	54%	54%	93	63%	9%
Otrreizējās pārstrādes apjoms, tonnas	126 012	96 816	50 282	tonnas	%
		147 098		21 086	16,7
		66%	34%		
Apsaimniekošanas izmaksas, milj. eiro	14,1	11,6	14,7		
		26,3		12,2	87

Valsts un sabiedrības ieguvumi gadu no gada pieaugs, ieviešot depozīta sistēmu, un desmit gadu laikā būs 9666 tūkst. eiro. Ieguvumi radīsies, jo tiks samazinātas izmaksas lielajām talkām, kuras ik gadu tiek rīkotas Latvijā, tiks samazināts siltumnīcas gāzu emisiju radītais piesārņojums – ietaupījums būtu 19-25,7 milj. tonnu CO<sub>2</sub> gadā.



4.attēls. Operatora ienākumi un izdevumi depozīta sistēmā (autoru veidots)

Figure 4 Cost/benefit of Deposit Refund system operator (by authors)

No 4. attēla var secināt, ka ar depozīta sistēmas ieviešanu pieaugs darba vietu skaits un tādējādi operatora ienākumi un izdevumi ir līdzsvarā.

## **Ierobežojumi un pateicības** ***Limitations and Acknowledgment***

Pētījuma ietvaros netika paredzētas būtiskas izmaiņas makroekonomiskajos rādītājos (iedzīvotāju skaits, pirktspēja, IKP u.c.).

Pētījums izstrādāts pateicoties Banku augstskolas pētniecības grantam “Aprites ekonomikas perspektīvas Baltijas valstīs”.

## **Secinājumi** ***Conclusions***

Ieviešot depozīta sistēmu, dzērienu iepakojuma reģenerācijas apjoms palielinātos par 3%, bet otrreizējās pārstrādes apjoms pieaugtu par 5,4%. Savukārt, iekļaujot kartona iepakojumu depozīta sistēmā, reģenerācijas apjoms pieaugtu par 9%, bet otrreizējās pārstrādes apjoms par 16,7%.

Mājsaimniecībām depozīta sistēmas ieviešana atmaksāsies jau pirmajā gadā. Depozīta iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas Latvijā esošajā sistēmā ir 1 829 424 eiro, savukārt ieviešot depozīta sistēmu, tās pieaugtu līdz 12 175 000 eiro. Savukārt, ja apskata kā mainās parastā iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas ieviešot depozīta sistēmu, parastā iepakojuma apsaimniekošanas izmaksas pieaugs par aptuveni 4 milj. eiro. Tomēr jāreķinās, ka, ievērojot jaunus ES mērķus attiecībā uz atkritumu apglabāšanu un pārstrādi, tajā skaitā iepakojuma pārstrādi, tuvākā laikā būtiski pieaugs atkritumu apsaimniekošanas izmaksas, kas varētu būtiski mainīt minētās izmaksas un būt būtisks pamats depozīta sistēmas ieviešanai.

Autoru ieskatā, palielinot depozīta likmi dzērienu iepakojumam no 0,10 eiro uz 0,13 eiro, depozīta sistēmas ieviešana desmit gadu laikā radītu ieguvumus 82 tūkst. eiro apmērā, kā arī motivētu patērētāju atgriezt izlietoto iepakojumu.

## **Summary**

Deposit refund system is management of packaging waste which was created to motivate consumers to return the packaging waste receiving back a deposit fee which was paid while purchasing the beverage. Deposit refund system is implemented in many European Union countries. Implementation and maintenance of this system requires high costs which is why it is important to evaluate the sustainability of it. In Latvia, the issue of the introduction of the deposit system is ongoing, and this is why it is important to carry out calculations that would justify the need for the introduction of the deposit system.

In Latvia, the issue of the introduction of the deposit system is being raised, so there are important calculations that justify arguing about the need for the introduction of the deposit system in parallel with the shared waste collection system.

The aim of this research is to analyse the deposit refund system and to perform economic evaluation of deposit refund system implementation in Latvia. To achieve this, the authors will use following methods: gathering and further analysis of statistical data, comparative analysis and cost benefit analysis.

Main conclusions of the research reveal that despite being a costly solution, deposit refund system brings certain benefits and the payback period can be approximately ten years. Moreover, with the increase of the deposit fee the overall financial ratios of the system can be significantly improved.

### **Literatūra References**

- Bell, P. (2017). *Introducing the Net Present Value*. Munich: Personal RePEc Archive.
- Brizga, J., Dimante, Dž., & Atstāja, Dz. (2012). *Depozīta sistēmas ieviešanas ekonomiskais novērtējums Latvijā*. Rīga: Zaļā brīvība.
- Buwalda, T. (2014). *Recycling Refund System Cost-Benefit Analysis*. Retrieved from <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/p-rrr1-05f.pdf>
- Cudecka-Purina, N., & Atstāja, D. (2018). Implementation of a circular economy – based business model for landfill management companies. *Journal of Business management*, 15(15). DOI: <https://doi.org/1032025/RIS18010>
- Davis, P. (2017). *Cost-benefit analysis of a Container Deposit Scheme*. Australia: Sapere Research Group.
- Dāce, E., Pakere, I., & Blumberga, D. (2013). Analysis of sustainability aspects of the packaging deposit-refund system in Latvia, *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, 173, 729-739. DOI: 10.2495/SDP130611
- Deprez, N. (2016). *Deposit-refund schemes for one-way beverage packaging*. The Netherlands: Universiteit Gent.
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 94/62/EK (1994.gada 20.decembris) par iepakojumu un izlietoto iepakojumu*. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/1994/62/oj>
- Eurostat (2018). *Municipal waste by waste management operations (env\_wasmun)*. Retrieved from <http://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/database>
- Gandy, S., Fry, J., & Downes, J. (2008). *Features of beverage container deposit systems. Review of Packaging Deposits System for the UK*. 4-22. London: Environmental Resources Management.
- Gradus, R., Nillesen, P., Koppen, R., & Dijkgraaf, E. (2016). *A Cost-Effectiveness Analysis For Incineration Or Recycling Of Dutch Household Plastics*. The Netherlands: Tinbergen Institute.
- Hahn, D. (2017). *Cost Benefit Analysis*. Retrieved from <http://pdi2017.org/wp-content/uploads/2017/06/92-Hahn.pdf>
- Jumis (2018). *Interesanti dati un fakti*. Pieejams: <http://www.jumis.lv/lv/noderiga-informacija/interesanti-dati-un-fakti>
- Kalinovskaya, I. (2016). *Implementation Project for Deposit-Refund System in the Republic of Belarus*. Sweden: Lund University.



- Kim, K., & Song, M. (2015). Mitigating Hazards by Better Designing a Recycling Program: Lessons Learned from South Korea, *Journal of Contemporary Eastern Asia*, 14(2). 17-36. DOI: <https://doi.org/10.17477/jcea.2015.14.2.017>
- Lee, P., Garcia, T., Bertham, O., & Fitzsimons, D. (2018). *How a deposit return scheme for 'on the go' could be designed for the UK*. United Kingdom: Oakdene Hollins.
- Numata, D. (2009). Economic analysis of deposit–refund systems with measures for mitigating negative impacts on suppliers. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(4). 199 – 207.
- Pearce, D., & Turner, R. (1993). Market-based approaches to solid waste management, *Resources, Conservation and Recycling*, 8(1–2). 63 – 90. DOI: [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(93\)90020-G](https://doi.org/10.1016/0921-3449(93)90020-G)
- PriceWaterhouseCoopers. (2008). *Iepakojuma depozīta sistēmas ieviešanas aspektu analīze un priekšnosacījumu izstrāde stikla pudelēm, PET pudelēm un skārdenēm*. Rīga: Latvijas Vides aizsardzības fonds.
- Reloop. (2018). *Deposit systems for one-way beverage containers: global overview*. Retrieved from <https://reloopplatform.eu/wp-content/uploads/2018/05/BOOK-Deposit-Global-27-APR2018.pdf>.
- Simon, B., Foldenyi, R., & Amor, M. (2015). Life cycle impact assessment of beverage packaging systems: focus on the collection of post-consumer bottles. *Journal of Cleaner Production*. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.06.008
- Tomkevičiūtē, G., & Stasiškienē, Ž. (2006). Assessment of Opportunities for Beverage Packaging Waste Reduction by Means of Deposit-Refund Systems, *Environmental research, engineering and management*, 1, 61-72.
- Zero Waste Scotland. (2017). *Deposit Return Evidence Summary*. Retrieved from <https://www.zerowastescotland.org.uk/sites/default/files/Deposit%20Return%20Evidence%20Summary.pdf>

Publikācija Nr. 6: The goals of waste Framework Directive as mechanism securing transition to Circular Economy.

## THE GOALS OF WASTE FRAMEWORK DIRECTIVE AS MECHANISM SECURING TRANSITION TO CIRCULAR ECONOMY

*Natalija Cudecka-Purina, Liepaja University*  
*Dzintra Atstaja, BA School of Business and Finance*  
*Rudite Vesere, Riga Technical University*

**Abstract.** Circular economy is seen as economy's development direction expected to lead to a more sustainable development and a harmonious society. It covers at least five different business models, one of which is resource recovery, tackling benefits of industrial symbiosis. In order to achieve a circular economy, there must be a greater understanding of the links between economic activity and waste generation. A consensus exists on the vital role of waste and resource management in achieving transition from a linear model to a circular one where the value of materials and resources are maintained in the supply chain. Waste systematically emerges throughout the supply chain as a result of economic activities and trade. Systemic and transformative change is also reflected in the growing number of case studies analysing innovative solutions based on new systemic thinking like "cradle to cradle" and "industrial symbiosis". The aim of the research is to analyse existing Circular economy strategies in the European Union, in order to identify main priority areas and objectives. The Authors have also assessed that the three Baltic States currently have not developed circular economy strategies, but nevertheless the authors were able to gather and analyse a range of examples of circular economy companies. In order to achieve this, following methodology has been applied by the authors: critical analysis, case studies, synthesis and comparative analysis. As a result of the research, the authors identify best practices, impact of the municipalities, allowing to identify further necessary steps for the transition to circular economy.

**Key words:** *business models, circular economy, sustainable development, waste management*

**JEL code:** M21, Q57

### Introduction

The rapid growth in world population over the last 50 years has caused an immense increase in the demand for food. It has been estimated that the world population will reach 9 billion by 2050, requiring a 60–70% increase in food production (Moraes *et al.*, 2014). However, the Food and agriculture organization of the United Nations (Fao) estimates that more than 1.3bt of food are wasted every year (Bräutigam *et al.*, 2014). This means that significant quantities of resources spent for food production are used in vain and generate a significant environmental impact, such as an increase in the quantity of greenhouse gases generated (Fao, 2011). Therefore, the European commission has promoted the reutilization of waste by means of the circular economy (Laso *et al.*, 2016). As highlighted by Morone, Navia (2016), the purpose of consumption is to increase consumer's utility and/or enhance social welfare. However, at each stage of the supply chain, waste is produced. to some extent this waste might be recycled and reconverted into resources, reducing the need to mine virgin resources and, through this, the economy becomes circular. Yet, not all waste can be recycled or is recyclable, partly owing to missed opportunities and partly owing to basic physical and thermo-dynamical laws. The amount of waste that can be recycled depends crucially on the capacity of the environment to assimilate residuals from the economic system. Once the assimilative capacity is exceeded, environmental damage occurs. It has to be noted

that circular economy concepts have already been adopted on national levels. For example, in China, where environmental protection is a very important issue, a circular economy law was already passed and entered into force in 2009. Austria, Germany, and the Netherlands have to some extent already developed strategies compatible with circular economic activities (Heck, 2006; Goorhuis *et al.*, 2012). It is essential to understand that current trends foresee focus on circular economy as a solution for a range of emerging problems, including waste management. Circular economy is believed to be a means of achieving harmony between economy and environment. Since nature and economy have been in conflict for many years, it is impossible to give priority to one without damaging the other (Grigoryan, Borodavkina, 2017). As Waste Package, adopted on May 30 2018 foresees a range of very ambitious targets to be achieved by Member States, the authors see it crucial to understand how circular economy framework can stimulate reaching of the targets. Under the revisions to the Waste Framework Directive, Member States will have to ensure they recycle at least 55% of their municipal waste by 2025. This target rises to 60% by 2030 and 65% by 2035. Under the revisions to the Landfill Directive further pressure will be exerted to divert waste from landfill. The target is to cut landfilled municipal waste to 10% by 2035. Member States will be required to ensure that 65% overall of product packaging is recycled by 2025, and rising to 70% in 2030 (within this there are individual packaging materials targets; for example, the target is 30% for wood, 55% for plastic, 75% for glass and 85% for paper in 2030) (EC, 2018). All this leads to a significant scientific problem, which stems from the Directive targets as well as from the comprehension that business as usual model will no longer work in long-term for sustainability goals – a new approach to economic development has to be found and both country and union-wide economies need to undertake a transition to be able to use maximum potential and economic efficiency of the existing resources already available within the economy, not tackling primary resources in the amounts as it has been done up to now.

### Research results and discussion

The authors have assessed currently available policy documents on circular economy in European Union Member States and provide below a summary of the main concepts, set in the corresponding strategies, roadmaps or action plans. The necessity of a circular economy action plan is well justified in the figure below. Many see circular economy as primary linked with waste management issues, although, it must be noted, that implementation of circular economy concepts is crucial in order to secure achievement of waste management goals.

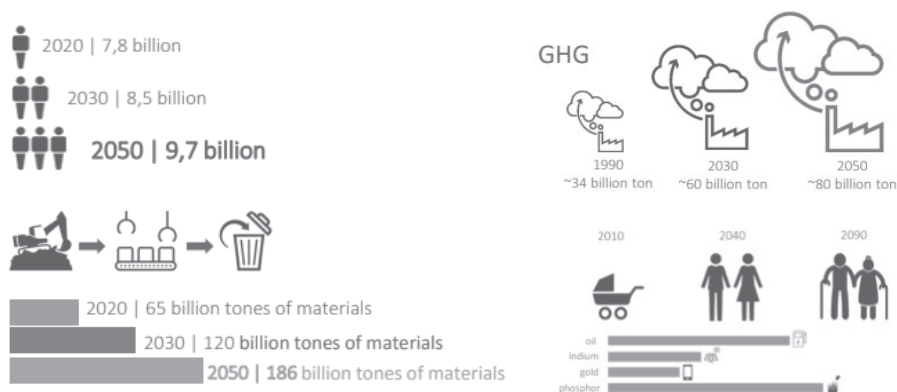


Fig. 1. Risks and scarcity of linear economy.

Source: World Resources Institute 2017, UNEP, 2016, OECD, 2012

**Belgium. Circular Flanders** developed in 2017 is the hub and the inspiration for the Flemish circular economy. It is a partnership of governments, companies, civil society, and the knowledge community that will take action together. These organisations are the core of our partnership. Each one has committed to carrying out a specific action. The Government of Flanders has set the circular economy as one of the seven transition priorities and appointed the OVAM (the Public Waste Agency of Flanders) as the initiator of Circular Flanders. The operational team, which is responsible for the day-to-day operation, is embedded in the OVAM. By 2050, the government of Flanders wants to create a region that: is social, open, resilient, and international, creates prosperity and wellbeing in an innovative, sustainable manner and includes everyone.

Key areas of the document are: production, consumption, waste management, secondary raw materials, innovation and investments.

Priorities highlighted within the kick-off statement are:

- circular purchasing;
- circular City;
- circular Business (Vlaanderen Circulair, 2017).

**Belgium. Brussels** Regional Programme for Circular Economy was developed in 2016. The Brussels Regional Programme for Circular Economy is an integrated strategy involving 111 measures aimed at delivering circular patterns at the city level.

Key priority areas include: waste management, secondary raw materials, innovations and investments.

The main objectives of the regional programme are:

- to transform environmental objectives into economic opportunities;
- to anchor economic activities within Brussels' borders, maximising resource circularity and boosting entrepreneurship, and
- to create new employment opportunities (Brussels-Capital Region, 2016).

**Finland.** The road map will make Finland a leading circular economy country by 2025. This change will emphasise the state's role as a facilitator and supporter, research, development and innovation activities, and a strong company, export and technology orientation combined with the search for comprehensive solutions and co-operation covering the entire value chain.

Key areas of the road map are: sustainable food system, technical loops, forest-based loops, transport and logistics.

In order to further systemic change, policy actions are required, implementation of key projects and pilots in all focus areas and other actions to promote change. The priorities set within the roadmap foresee following blocks:

- sustainable food system;
- forest-based loops and the related innovations;
- technical loops (sustainable use of non-renewable natural resources, lengthening the product life cycle, determining how the waste produced during material processing and product manufacturing and the materials in the product at the end of its life can be returned to the loop);
- transport and logistics. (Stira, 2016).

**Finland - Päijät-Häme.** Road map on circular economy developed in 2017 as part of Päijät-Häme's regional economic strategy for 2018–2021. Whereas Finland's national framework for a circular economy provides an outline for this transition, the Päijät-Häme regional roadmap, a joint strategy for nine municipalities, implements the national aims with actions at the regional level.

Key areas of the roadmap are: production, consumption, waste management, secondary raw materials, innovation and investment.

Roadmap has five main themes, with regional goals and actions set for each. The overarching themes are:

- closed loops of technical streams to create added value;
- sustainable business from bio circular economy;
- towards energy self-sufficiency by sustainable transport and energy solutions;
- shared economy generates new consumption models and business opportunities;
- piloting and demonstrating innovative circular economy solutions (Päijät-Häme, 2017).

**France.** Circular Economy roadmap of France: 50 measures for a 100% circular economy was developed in 2018. This transition is a genuine societal project whose aim is to move away from the throw-away society. It invites us to change the way we lead our lives and to invent new and more sustainable production and consumption methods. The French roadmap includes four key priority areas: better production, better consumption, better waste management, and engaging all stakeholders.

Key areas of the roadmap are: production, consumption, waste management, secondary raw materials, innovation and investments.

The priorities and objectives set within the roadmap are:

- *better Production.* Promote upgrading and differentiation of products through better environmental performance. Produce better with less non-renewable resources. Incorporate more recycled raw materials, in particular for plastics. Create jobs and meet training needs for new occupations or new skills in the circular economy;
- *better Consumption.* Give consumers the means for more responsible consumption. Increase the life span of products. Create sustainable jobs in the repair sector, particularly from the social and solidary economy. Combat food waste;
- *better Waste Management.* Aim to collect 100% of recyclable waste. Make the sorting of waste much easier. Take biowaste out of bins. Accelerate the introduction of pricing incentives for waste management. Ensure that companies and government agencies that produce large quantities of waste meet their obligations with regards to sorting the five most easily recyclable types of waste. For construction waste: set sorting and recycling targets during demolitions but also during the construction phase;
- *mobilize all Actors.* Inform, educate and train all actors about the circular economy. Rely on the key driver of public procurement. Mobilize local authorities and businesses in the regions. Establish sustainable governance. Support the transition to a circular economy with appropriate financing (Ministry for Ecological and Solidary Transition, 2018).

**Germany.** German Resource Efficiency Programme II: Programme for the sustainable use and conservation of natural resources was issued in 2016. The programme's focus is not only on enhancing resource efficiency, but also on showing how in many cases the use of raw materials – such as in environmental technologies – can actually conserve natural resources. As part of the Resource efficiency programme, a National Resource Efficiency Platform (NaRess) was launched on 17 September 2013. Initially comprising the Federal Government and industry associations, membership of NaRess was extended in March 2015 to further groups such as environmental organisations, unions and local authority associations. NaRess serves as a platform for sharing information on members' resource efficiency activities and supports the implementation and onward development of progress.

Key areas of the programme are: production, consumption, waste management, secondary raw materials, investments and innovation.

Priorities set in the action plan are:

- securing a sustainable raw material supply;

- increasing resource efficiency in production;
- making production and consumption more resource-efficient;
- developing a resource efficient circular economy;
- sustainable building and sustainable urban development;
- resource-efficient information and communication technology;
- cross-cutting instruments;
  - exploiting synergies with other policy areas and resolving goal conflicts (Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, 2016).

**Greece.** Action plan on circular economy was adopted in 2018. Greece's Governmental Economic Policy Council endorsed a National Action Plan on Circular Economy in early 2018 to set the country on a path towards the long-term adoption of circular economy principles. This supports Greece's economic strategy in its key quest to “Green” the economy in a way that creates jobs, especially for women and youth, and supports long-term equitable and inclusive growth based on resource efficiency, promotion of small and medium enterprises, innovation and investment in new technologies, and strengthening of the “social economy” potential.

Key areas of the action plan are: production, consumption, waste management, secondary raw materials, innovation and investment.

The priorities set within the action plan are as follows:

- regulatory and legislative interventions to lift bureaucratic constraints for widely applying circular economy principles;
- earmarking of existing funds;
- further enhancing knowledge, understanding, education, awareness and communication;
- improving governance structures (Governmental Economic Policy Council, 2018).

**Italy.** Towards a Model of Circular Economy for Italy - Overview and Strategic Framework, was adopted in 2017. The document calls for a "change of paradigm" for Italy's economy, for a new way to consume, produce and do business. There is a need for a new industrial policy aimed at sustainability and innovation capable of increasing the competitiveness of products and manufacturing. Considering the importance of the document, the Italian government decided to collect the contributions of all institutions, firms, experts and citizens who deal with the issue to develop a document that is the result of a shared and participatory process.

Key areas of the strategy are: production, consumption, waste management, secondary raw materials, investments and innovation.

Priorities set in the strategy are:

- rethinking the Concept of Waste;
- promoting Sustainable Models of Production and Consumption;
- the Public Sector (Green Public Procurement and Minimum Environmental Criteria);
  - resources and Products - Traceability of Sources, Products, Services, Production Chains; Efficiency in the Use of Resources (Ministry for the Environment, Land and Sea Ministry of Economic Development, 2017).

**Netherlands.** A Circular Economy in the Netherlands by 2050 was developed in 2016. The Government-wide programme for a Circular Economy is aimed at developing a circular economy in the Netherlands by 2050. The ambition of the Cabinet is to realize, together with a variety of stakeholders, an (interim) objective of a 50% reduction in the use of primary raw materials (minerals, fossil and metals) by 2030. With this objective for the use of raw materials, the Netherlands sets its ambitions at a level adopted in comparable countries. The transition to a circular economy requires a

transformation in the way we use raw materials. To transform the Dutch economy into a circular economy at an accelerated pace, strategic goals have been formulated in the Government-wide programme.

Key areas of the strategy are: production, consumption, waste management, secondary raw materials, investments and innovation.

Priorities set in the programme are:

- biomass and food;
- plastics;
- the manufacturing industry;
- construction sector;
- consumer goods (Government of the Netherlands, 2016).

**Portugal.** Leading the transition: A circular economy action plan for Portugal was developed in 2017. The ambition set out for Portugal 2050 was designed to leverage and spur development of work within the Action Plan for the Circular Economy and must be appropriated by the various ministries, civil society and private organisations. It consists of the following elements:

- a carbon neutral economy that is efficient and productive in its use of resources: neutral GHG emissions and effective use of materials (a significant fall in the extraction and importing of materials, a significant fall in final waste generated, better management and value extraction from the resources in circulation);
- knowledge as impulse: focusing on research and innovation creates solutions – in products, services, business models, consumption/use, behaviour – with lower emissions and resource intensity, integrated into business models that spur job creation, efficient and effective use of mobilised resources, and their lasting economic value;
- inclusive and resilient economic prosperity: economic development that impacts all sectors of society, is resilient against price and risk volatility and gradually decoupled from negative environmental and social impacts;
- a flourishing, responsible, dynamic and inclusive society: an informed, participative and more collaborative society – a society guided by being and caring, rather than wanting and possessing and which conserves and cares for its natural capital.

Key areas of the action plan include: production, consumption, secondary raw materials, investments and innovation.

Priorities set in the action plan are:

- design, Repair, Reuse: extended producer responsibility;
- incentivising a circular market;
- educating for a circular economy;
- eat without waste: sustainable production for sustainable consumption;
- a new life for waste;
- regenerating resources: water and nutrients;
- researching and innovating for a circular economy (Ministry of Environment, Portugal, 2017).

**Slovenia.** The Roadmap towards the Circular Economy in Slovenia was developed in 2018 and it sets the path for Slovenia to become a circular economy front runner in the region. The Roadmap introduces the Circular Triangle, a model which unites three inseparable elements – Circular Economy (business models), Circular Change (government policies) and Circular Culture (citizens), three interdependent aspects that are at the core of systemic change from a linear to a circular economy in Slovenia.

Key areas of the roadmap are: food system, forest-based value chains, manufacturing and mobility.

The goals of the road map are:



- outline the potentials that establish Slovenia as the leader of the transition into the Circular Economy in Central and Eastern Europe;
- involve stakeholders to identify and connect circular practices;
- create recommendations for the Government of the Republic of Slovenia to facilitate a more efficient transition;
- identify circular opportunities for the strengthening of international economic competitiveness and quality of life for all (Ministry of Environment and Spatial Planning, Republic of Slovenia & Circular Change Platform, 2018).

**Slovenia. Municipality of Maribor.** The basic idea of the Strategy for the transition of the City of Maribor (developed in 2018) to the circular economy as well as the Wcycle project is its own innovative model as a system for managing all the resources available in the Municipality of Maribor and the wider urban area. The Wcycle Maribor project covers innovative urban circular economy system as a new business and economic model of the city in the field of efficient resource management, which has not existed anywhere yet and complements the principles of sustainable mobility and co-operative economy. The Strategy, as a basic document at local government level, makes it easier to implement the project and gives a clear signal that Maribor, as one of the first cities in the European Union, is also at the strategic level being completely directed into the circular economy.

Key areas of the strategy are: waste management, secondary raw materials, innovation and investments.

The priorities set within the strategy are as follows:

- use of processed soil and construction and demolition waste in urban building;
- management of surplus heat and renewable energy;
- sustainable mobility - Urban transport and joint service;
- reuse of recycled water and alternative water resources;
- sustainable land management and regeneration of degraded areas;
- cooperative economy network (Wcycle Institute Maribor, 2018).

**United Kingdom.** Making Things Last: a circular economy strategy for **Scotland** was developed in 2016. This strategy sets out our priorities for moving towards a more circular economy - where products and materials are kept in high value use for as long as possible.

Key priority area of the strategy is mostly focused on consumption. It builds on Scotland's progress in the zero waste and resource efficiency agendas. A more circular economy will benefit: the environment - cutting waste and carbon emissions and reducing reliance on scarce resources; the economy - improving productivity, opening up new markets and improving resilience; and communities - more, lower cost options to access the goods we need with opportunities for social enterprise.

The priorities set within the strategy are:

- food and drink, and the broader bio-economy;
- remanufacture;
- construction and the built environment;
- energy infrastructure, such as the reuse of equipment from wind turbines and decommissioned oil and gas platforms (The Scottish Government, 2016).

**United Kingdom. London's** circular economy route map was developed in 2017. The route map is an action-orientated document with a vision for London – a circular city which capitalises on these opportunities to become a more resilient, resource-efficient and competitive city of the future. The route map outlines a vision of a capital city thriving through the adoption of the principles of circular economy: an economy which keeps products, components and materials at their highest use and value at all times.

Key areas of the roadmap include: production, consumption, waste management, secondary raw materials, innovation and investments.

Main priorities of the roadmap are:

- built environment;
- food;
- textiles;
- electricals;
- plastics (LWARB, 2017).

From the analysis performed, it is clearly seen that circular economy issues started to gain topicality quite recently, as the framework documents start from 2016 and the authors have assessed that a range of member states are also working on similar documents. When turning to the Baltic States, none of the countries has yet developed a circular economy document, thus the work on such is ongoing. Assessment of different policy documents on circular economy allows to conclude that despite unified concept, Member States tend to adopt the concept to their geographical, political, demographical and economic conditions, in order to be able to develop ambitious, thus achievable and country-specific targets. Although in the Baltic States there is not a developed framework, it does not mean that the economy is not implementing the shift towards circular economy. In this context the authors have assessed certain examples of already operating companies within three countries, which show the circular economy elements being implemented into practice. It has to be noted that in certain cases the local municipalities play also an important role in stimulating the entrepreneurs for the transition to circular economy. The authors tended to gather some examples of companies, which already have adopted certain circular economy concepts, which are provided in the table below.

Table 1.

Examples of circular economy in practice in the Baltic States

Company	Country	Business model	Resource efficiency facilitator	Business model sub-type	Product description
Toom Tekstiil	Estonia	Circular supply	Closed material cycles	Cradle to Cradle	Company deals with management of textile waste and manufacturing of products that are made from 100% textile waste.
Okka	Estonia	Resource recovery	Closed material cycles	Upcycling	Company produces handmade pine needle wall panels made of natural materials. Usually as the forest is being worked up, the needles stay useless to moulder, but Okka creates additional value from them.
Stella Soomlais	Estonia	Closed material cycles/ Product as a service	Narrow resource flow	Industrial symbiosis/ Sharing	Company makes handmade leather products (bags, accessories, wallets). The designs are crafted to minimize the cutting leftovers. The larger cutting leftovers are used for creating smaller accessories. The company also offers rental of the products.
Dagöplast	Estonia	Resource recovery	Closed material cycles	Upcycling	Company produces both compostable plastic, recycled plastic and green polyethylene for waste management, retail, HORECA, industry and agriculture. Recycled polyethylene is made from recycled plastic, collected from throughout Europe, and reused to create new plastic bags.

Company	Country	Business model	Resource efficiency facilitator	Business model sub-type	Product description
Carguru	Latvia	Sharing platform	Narrow resource flow	Shared access	Carguru is a car sharing service. The usage fee includes all costs, including fuel, parking and insurance.
Valmiermuiža	Latvia	Resource recovery	Closed material cycles	Upcycling	Main by-product from beer brewing is brewing grain. The company has developed a beer snack, which has gained popularity by the consumers and is being produced by bakeries.
Otra elpa	Latvia	Product life extension	Slow material cycles	Direct re-use, repair	Company is a pioneer of social entrepreneurship in Latvia since 2009. It is a charity platform that connects people and things in a simple way. People are able to donate clothes, books, furniture etc., which are repaired and offered in the shops. The revenues are channeled to charity.
Getlini EKO	Latvia	Closed material cycles	Narrow resource flow	Industrial symbiosis	Biggest waste landfill in the Baltic States provides heat and electricity for a greenhouse, where tomatoes and cucumbers are grown. An excellent example of industrial symbiosis.
Polymere Recycling	Lithuania	Resource recovery	Closed material cycles	Upcycling/Downcycling	first company not only in Lithuania, but even in Baltic countries, which recycles tetra packs and other combined packaging waste and produces panels for construction sector. New products are ecological, competitive on the market and have wide usability.
Stikloporas	Lithuania	Resource recovery	Closed material cycles	Recycling	Company focuses on the production of expanded glass granules from recycled glass. It produces foam glass - an organic thermo-insulating granular material from breakdown glass, for construction industry.
Birštonas Mineral Water	Lithuania	Circular supply	Closed material cycles	Cradle to Cradle	Company has been steadily reducing the amount of plastic used for the products (the plastic itself being 100% recycled) and is now developing a paper-based bottle for their products.

*Source: by authors*

The Table 1 provides only a small sample of the identified examples of circular economy, but with this the authors want to stress that even without a fixed framework it is possible for the entities to start their transition towards circular economy and here a certain role is also played by the municipalities. As they are also developing the environment for the entities and may offer stimulus for circular economy to be implemented.

### Conclusions, proposals, recommendations

The topic of circular economy, as emerged from the previous section, is relatively new, as the strategies and frameworks are dated starting from 2016, although during recent years it has become obvious that this concept is here to stay in the long-term. The assessment of the strategies, developed by the authors, is significant for the policy-makers of the countries, which are currently working in the direction of development of a framework.

It is of vital importance to ensure involvement of all main stakeholders into the transition process to circular economy. Of course, the countries need to have a strategy, roadmap or action plan in place, but at the same time it is

advised that for example the municipalities already start to evaluate the possibilities for this transition. For instance, it is advised for the municipalities to undertake following measures:

1. To assess, at which stage the biggest impact can be created, i.e. which could be the fields, where municipality itself can provide the demand for circular products or services. It is considered to revise certain areas such as: policy, public procurement, construction regulations, communication, financing, knowledge base, etc.
2. To map the incoming and outgoing material flows from municipal companies and promote cooperation between companies on material recovery. This is the easiest way to promote industrial symbiosis. Moreover, providing own example – starting with municipal or public companies, would also allow attracting private companies to the initiative, providing them with the economic benefit estimations.
3. To tend to limit building, production or purchasing of absolutely new goods, and to assess the possibility to repair, upgrade and modernize existing infrastructure and goods.
4. To understand the attitudes of the population and entrepreneurs towards circular economy issues, to improve the communication, create certain knowledge base and to show tangible benefits both for the society and the economy from the engagement into circular economy.
5. To involve the society as a Stakeholder in certain municipality initiatives.
6. To create and maintain a reliable feedback system, so that entities and society can provide their input into circular economy development within the municipality or region.

The authors plan to analyse further the topic of enablers for the transition to circular economy and to develop a set of recommendations for the policy-makers, which can be used to stimulate the entities to initiate the transition.

#### **Acknowledgements**

The preparation of this article has been funded by the research project “Perspectives of the circular economy within Baltic states” of BA School of Business and Finance, Latvia.

#### **Bibliography**

- Bräutigam, K.R., Jörissen, J., Priefer, C. (2014) The extent of food waste generation across EU-27: Different calculation methods and the reliability of their results. *Waste Management & Research* 32: 683–694.
- Brussels-Capital Region (2016). Brussels Regional Programme for Circular Economy. Available at: [http://document.environnement.brussels/opac\\_css/elecfile/PROG\\_160308\\_PREC\\_DEF\\_FR](http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/PROG_160308_PREC_DEF_FR) - assessed December 6, 2018.
- European Commission (2018). Implementation of the Circular Economy Action Plan. Available at: [http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm) - assessed January 4, 2019.
- FAO (2015) Globefish. The canned seafood sector in Spain. Available at: <http://www.fao.org/in-action/globefish/market-reports/resource-detail/en/c/338172/> - accessed 27 November 2015.
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (2016). German Resource Efficiency Programme II: Programme for the sustainable use and conservation of natural resources. Available at: [https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Pool/Broschueren/german\\_resource\\_efficiency\\_programme\\_ii\\_bf.pdf](https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/german_resource_efficiency_programme_ii_bf.pdf) - assessed January 4, 2019.
- Goorhuis, M., Reus, P., Nieuwenhuis, E., Spanbroek, N., Sol, M., van Rijn, J. (2012) New developments in waste management in the Netherlands. *Waste Management & Research* 30(9) Supplement 67–77.
- Governmental Economic Policy Council (2018). National Action Plan on Circular Economy. Available at: <https://government.gov.gr> - accessed January 20, 2019.
- Government of the Netherlands (2016). A Circular Economy in the Netherlands by 2050 Available at: <https://www.government.nl/documents/policy-notes/2016/09/14/a-circular-economy-in-the-netherlands-by-2050> - assessed December 22, 2018.
- Grigoryan, A., Borodavkina, N. (2017). The Baltics on their way to a circular economy. *Baltic Region*, Vol. 9 Issue 3, p7-22. 16p.

- Heck, P. 2006. Circular Economy Related International Practices and Policy Trends: Current Situation and Practices on Sustainable Production and Consumption and International Circular Economy Development Policy Summary and Analysis. *Institute for Applied Material Flow Management (IfaS), Environmental Campus Birkenfeld*.
- Laso, J., Margallo, M., Celaya, J., Fullana, P., Bala, A., Gazulla, C., Irabien, A., Aldaco, R. (2016) Waste management under a life cycle approach as a tool for a circular economy in the canned anchovy industry *Waste Manag Res August 2016 34: 724-733*
- LWARB (2017). London's Circular Economy Route Map. Available at: <https://www.lwarb.gov.uk/what-we-do/circular-london/circular-economy-route-map/> - assessed December 22, 2018.
- Ministry for Ecological and Solidary Transition (2018). Circular Economy roadmap of France: 50 measures for a 100% circular economy. Available at: <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/FREC%20anglais.pdf> - assessed December 16, 2018.
- Ministry for the Environment, Land and Sea Ministry of Economic Development (2017). Towards a Model of Circular Economy for Italy - Overview and Strategic Framework. Available at: <http://consultazione-economiacircolare.minambiente.it/il-documento> - assessed January 4, 2019.
- Ministry of Environment and Spatial Planning, Republic of Slovenia & Circular Change Platform (2018). Proposal for a uniform document on the potentials and opportunities for the transition to a circular economy in Slovenia. Available at: [http://www.vlada.si/fileadmin/dokumenti/si/projekti/2016/zeleno/ROADMAP\\_TOWARDS\\_THE\\_CIRCULAR\\_ECONOMY\\_IN\\_SLOVENIA.pdf](http://www.vlada.si/fileadmin/dokumenti/si/projekti/2016/zeleno/ROADMAP_TOWARDS_THE_CIRCULAR_ECONOMY_IN_SLOVENIA.pdf) - accessed January 12, 2019.
- Ministry of Environment, Portugal (2017). Leading the transition: A circular economy action plan for Portugal Available at: <https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/114337039/details/maximized> - assessed January 4, 2019.
- Morone, P., Navia, P. (2016) New consumption and production models for a circular economy. *Waste Management & Research* 2016, Vol. 34(6) 489–490.
- Moraes C., A., M, Fernandes I., J., Calheiro D. (2014). Review of the rice production cycle: By-products and the main applications focusing on rice husk combustion and ash recycling. *Waste Management & Research* 32: 1034–1048.
- OCDE (2012). OECD Environmental Outlook to 2050. Available at: <http://www.oecd.org/env/indicators-modellingoutlooks/oecd-environmental-outlook-1999155x.htm> - assessed January 5, 2019.
- Päijät-Häme (2017). Päijät-Häme roadmap towards a circular economy. Available at: <http://www.kohtikiertotaloutta.fi/english/> - accessed January 10, 2019.
- Stira (2016). Finnish road map to a circular economy 2016-2025. ISBN 978-951-563-978-3 (PDF) [www.sitra.fi](http://www.sitra.fi)
- The Scottish Government (2016). Making Things Last: a circular economy strategy for Scotland. Available at: <https://beta.gov.scot/publications/making-things-last-circular-economy-strategy-scotland/> - assessed January 5, 2019.
- UNEP – International Resource Panel (2016). Resource Efficiency: Potential and Economic Implications. Available at: <http://www.resourcepanel.org/reports/resource-efficiency> accessed December 22, 2018.
- Wcycle Institute Maribor (2018). Strategy for the transition to circular economy in the municipality of Maribor. Available at: <https://wcycle.com/> - accessed December 22, 2018.
- World Resources Institute (2017). CAIT - Climate Data Explorer. Available at: <http://cait.wri.org/> - assessed January 18, 2019.
- Vlaanderen Circulair (2017). Circular Flanders kick-off statement. Available at: <http://www.vlaanderen-circulair.be/nl> - assessed January 4, 2019.

Publikācija Nr. 7: Sustainable National Policy Planning with Conflicting Goals.



ELSEVIER



Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect

Energy Procedia 113 (2017) 259 – 264

Energy

Procedia

International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies”, CONECT 2016,  
12–14 October 2016, Riga, Latvia

## Sustainable national policy planning with conflicting goals

Einars Cilinskis\*, Rudite Vesere, Andra Blumberga, Dagnija Blumberga

*Institute of Energy Systems and Environment, Riga Technical University, Azenes iela 12/1, Riga, LV-1048, Latvia*

---

### Abstract

According to the Latvian policy planning documents, the main macro indicators for monitoring progress of national development are: GDP per capita, income inequity index S80/S20 and national population growth. Policy planning documents propose different sectoral targets that are not linked with each other, sometimes providing conflicting goals. There are international and European Union (EU) targets (especially in the environmental and climate sector) that sometimes contradict with national goals and occasionally are not set as national priorities in Latvia and for which the necessary resources are not appropriated. The authors propose an improved methodological approach interlinking national policy indicators and sectoral models to generate more efficient decision making mechanisms.

© 2017 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the International Scientific Conference “Environmental and Climate Technologies”.

*Keywords:* system dynamics; model; policy; indicators

---

### 1. Introduction

Latvia has established a hierarchical system of policy planning documents that formulate the growth model. This system of policy documents includes the Strategy for Sustainable development (SAD) (2030) approved by the Parliament, National Development Plan (NDP) – mid-term planning document subordinated to the SAD and approved by the Cabinet of Ministers, thematic and regional policy planning documents which should be subordinated to NDP and SAD. The knowledge based development scenario is defined by the growth model [1]. The authors [1] have developed

---

\* Corresponding author. Tel.: +371 29103435.  
E-mail address: [einarscilinskis@gmail.com](mailto:einarscilinskis@gmail.com)

the quality of life index and applied it to monitor the progress of implementation. The objective of NDP (2007–2013) was sustainable development of Latvia, by increasing competitiveness and gradually implementing the knowledge based development model [2]. Still the goals of NDP (2007–2013) have been implemented partially. One of the conclusions of [2] is that there is lack of understanding complex coordinated national development. With a scholastic approach (not taking into account interlinks between different measures and goals) there is no chance to achieve substantial results in today's world. The development of the new NDP (2014–2020) [3] began with the formulation of a general vision, which means that the goals were reassessed and the new NDP (to a lesser extent) fits into the policy planning hierarchy – in the end, the new NDP was only theoretically subordinated to the SAD. During the discussion process, two different visions defining general goals of the policy planning document – “A Vision of Latvia in 2020: “Economic Breakthrough – for the Greater Well-Being of Latvia””, which was finally adopted and an alternative green vision, which was not adopted [4]. The alternative vision (Latvia as the greenest country in the world) proposed more sustainable ways to achieve development, however, they lacked concrete measures and calculations. Of course, the NDP (2014–2020) based on the Economic Breakthrough vision does not completely focus on economic development; it includes comprehensive goals as well as indicators in different sectors. Nonetheless – the vision of NDP postulates that the first priority is the economy and other sustainability goals subordinated to it. However, the main problem regarding both NDPs is that there are no major changes or inadequate resources proposed for reaching the main goals, so to a large extent the policy which has been implemented is “business as usual”. Accordingly, economic growth is moderate – rather high structural unemployment, emigration and an inadequate level of investments.

The question is – can the formulated goals of the policy planning documents be achieved and what happens when the new EU – climate, energy efficiency, circular economy and other targets enter into force? Will it just be another burden to the economy? Indicators are essential to determine the goals and monitor implementation.

## 2. Analysis of Indicators

NDP 2020 [3] has defined only 3 macro impact indicators – “1) GDP per capita based on purchasing power parity for comparing the level of well-being of the populations of different countries and the rate of economic growth; 2) The S80/S20 income quintile share ratio describes the inequality of income and the stratification of society. It expresses the ratio of the income received by 20 % of the country's highest earning residents to 80 % of the country's lowest-earning residents and needs to be viewed in context with other indicators that help one to understand the sources of formation of a middle class; 3) Changes in the population level – natural population growth – the difference between births and deaths within a year, without including changes caused by emigration and immigration”. The report on the implementation of SAD and NDP, including indicator report was published in 2015 [5].

The European Commission [6] states “that income inequality and poverty are big problems in Latvia compared to other EU countries. Although the rate of poverty and social exclusion has decreased from 35.1 % in 2013 to 30.9 % in 2015 it remains high, and the report indicates an inadequate social safety network. Income inequality can also be measured by the Gini coefficient, and Latvia's is the second largest in the EU. The tax-benefit system is inadequate for compensating inequality. The NDP 2020 has different sectoral indicators, however, to define the future path for green development, environmental and sustainability indicators are essential. These indicators include productive use of natural resources – the amount of output (products) that can be generated by using one nominal tonne of natural resources (EUR) (the higher the output in EUR from each tonne of resources, the more efficient is the use of natural resources); intensity of greenhouse gas emissions in the economy (tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent per certain amount of money of the GDP)”.

Latvia is likely to meet the EU 2020 climate targets, but is unlikely to meet targets in waste management – the 50 % recycling target by 2020, and landfill diversion targets of 75 % of biodegradable waste. However, the new 2030 climate targets in non-ETS sector (energy efficiency goals, national emission limits for certain substances, as well as circular economy targets) propose new challenges. It was concluded in [7] that in order to determine the measures to be applied in order to reach certain targets (for example non-ETS) other goals and policies should be taken into account to elaborate more cost effective measures. Taking into account limited resources (financial, human, etc.), it may not be possible to reach all targets with separate programmes (policy planning documents), although this has been the common practise so far. However, to propose synergistic measures it is necessary to calculate impacts. Although the modelling approach was not used for NDP 2020, it can be an essential tool for policymakers to determine ways on



how to achieve national and sustainability goals. The resource efficient, green and knowledge based economy that takes into account social goals may be the way, but it has to be proved by calculating different paths. The problem is that making a comprehensive model that takes into account all necessary aspects may lead to a very bulky model with too many assumptions to get reliable results. This article proposes one of the possible methods.

### 3. Review of modelling approaches

According to [8], carbon tax is the most efficient economical instrument for reducing greenhouse gas (GHG) emissions, because it stimulates reduction of fossil fuels, promotes energy efficiency and also boosts revenues for other actions (for example, adaptation). However, it has proven to be difficult for governments to increase carbon taxes because of potentially negative influence on other national targets, mainly GDP growth. The problem is that this influence has not been assessed in a more general, national model, taking into account possible gains.

To overcome the shortcomings of traditional (focused on a single goal) economic analysis, one can apply goal programming models [9]. However, according to [10], ecological economics has not fully taken into account macroeconomics either in theory or modelling. Climate change recommendations should be based on the foundations of macroeconomics and the authors use the Keynesian model framework.

French economist T. Piketty has proposed that slow growth leads to increasing inequality [11]. This conclusion was disputed by T. Jackson (the author of the concept “prosperity without growth”) [12], which states that rising inequality is avoidable, even with declining growth [13]. For their calculations the authors use the SIGMA model which integrates environmental, real and financial parameters in a system dynamics model.

The authors of [14] have made analysis of the existing integrated assessment models for mitigation of climate change, and the conclusion is, that because of different problems and uncertainty, policy makers should not base policy decisions on estimated net economic impacts, or in other words mitigation efforts should not be delayed before uncertain impacts are properly calculated [15].

The Green Economy Model was proposed by [16] based on four main capitals and their interconnections: physical, human, social and natural capitals. The authors of [17] propose methodological change linking the modelling of the socio-economic parameters with climatic system parameters, with the aim to reach combined and realistic goals for sustainable development.

There are many examples of sectoral system dynamic models. The principal policy tools and mechanisms promoting biodiesel in the transport sector have been proposed by [18]. Renewable energy solutions for the electricity market are developed in [19, 20] for the heating sector in [21]. Energy efficiency modelling was proposed in [22, 23], waste was modelled in [24], climate and agriculture in [25]. A system dynamics model of all main non-ETS sectors was proposed in [26, 27].

The question is how to link outputs of these models with general targets of national policy planning documents.

### 4. Results and discussion

In this article, the national planning system is analysed, and the problem of how to reach multiple (sometimes conflicting) goals was addressed. System dynamics is an approach to investigate the dynamic behaviour of complex systems. In this article we analyse how this method, as well as other methods, have been used both in top down macroeconomics models and green economy models as well as detailed bottom up models – mainly in the sectors related with energy and environment. According to the experience of other modeling approaches, mentioned in the introductory part of this article, it is possible to develop a general macroeconomic model calculating interlinks of the main determined parameters according to Fig. 1.

Several sectoral models already exist and they may be interlinked with the general macroeconomics model according to Fig. 2. The challenge will be to integrate the corresponding output indicators.

The method proposed in Fig. 1 and Fig. 2 proposes a structure of interlinked models. This method will be further elaborated to suggest it for the development of the national 2030 sustainable development strategy of Latvia.

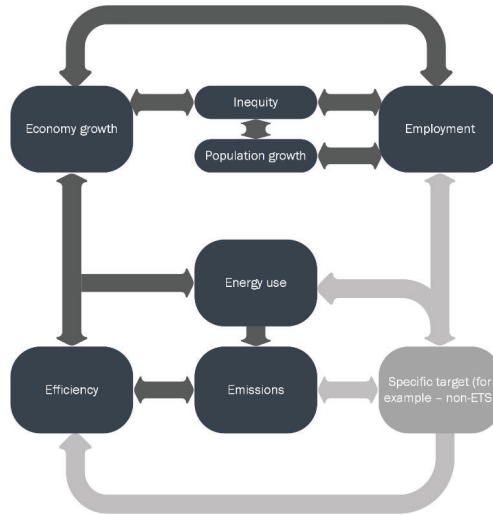


Fig. 1. Key modelling elements include general targets and links of the general macroeconomic indicators (in darker colour) as well as specific targets, for example non-ETS goal. Efficiency is an important part of the system. Specific targets can be replaced with some other targets.

It may be necessary to assess if macroeconomic indicators proposed by NAP 2020 are adequate for the modelling process and probably some other macro indicators will be needed.

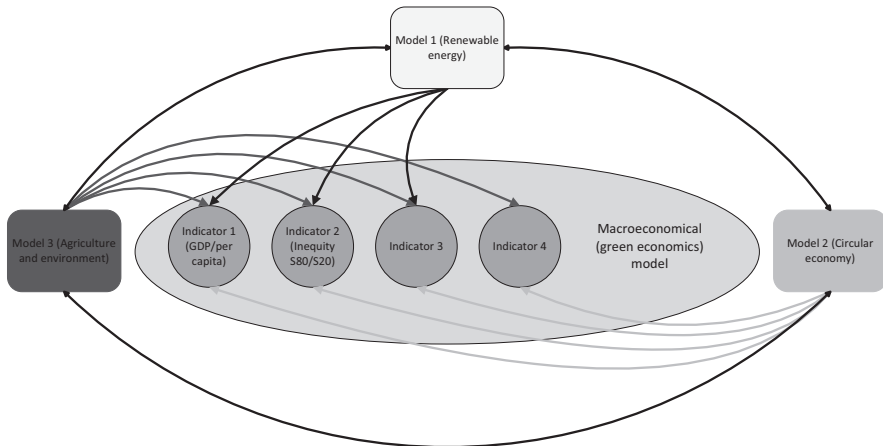


Fig. 2. Example of the model structure (sectoral models are examples and can be replaced by other models, this is only an example). The indicators and interlinkages should be further developed, however GDP as well as inequity should remain as the basic indicators.

One of the problems of national level models is to introduce all available knowledge in the modeling process. One of the possible methods is modeling with stakeholders or participatory modeling [28].

## 5. Conclusions

Climate change, reducing poverty and inequity are the most serious world problems that are capable of causing collapses of the society [29]. Although there are existing concepts of prosperity without growth, economic growth is and will remain the main concern of national governments. Climate issues may be a second priority for policy makers, especially for the countries less vulnerable to climate change. Modeling approaches, including system dynamic models have proved to be useful for analysis in different sectors, including climate mitigation, circular economy, energy efficiency, renewables and bioeconomy. Resources may be available for solving any of the problems separately (including non-ETS emissions reduction, waste management, energy efficiency, etc.), but not solving all of them if we do not use an integrated approach. So taking into account the findings of this article, more integrated models (that include impacts on growth, social inequity and environmental objectives) should be developed taking into account existing models. With this methodology we will try to test the hypothesis that a green growth scenario may help to achieve simultaneously national economic, social and environmental goals. An adequate level of complexity for such methodology may be a challenge.

## Acknowledgements

The work has been supported by the National Research Program “Energy efficient and low-carbon solutions for a secure, sustainable and climate variability reducing energy supply (LATENERGI)”.

## References

- [1] Karnitis E, Kucinskis M. Strategic Planning of National Development Processes in Latvia. *Journal of Business Economics and Management* 2009;10(1):3–13.
- [2] Karnitis E, Kucinskis M. Increasing Quality of Life for Everybody – the Goal and Indicator of the Development; Lessons from Case of Latvia. 2015. Available: <https://www.globeedit.com/catalog/details/store/hu/book/978-3-639-73430-0/increasing-quality-of-life-%E2%80%93-the-goal-and-indicator-of-the-development?locale=no>
- [3] National Development Plan of Latvia for 2014–2020. Available: [http://www.varam.gov.lv/lat/pol/ppd/ilgtsp\\_att/?doc=13858](http://www.varam.gov.lv/lat/pol/ppd/ilgtsp_att/?doc=13858)
- [4] Green vision for National Development plan of Latvia. Available: [http://www.varam.gov.lv/lat/pol/ppd/ilgtsp\\_att/?doc=13858](http://www.varam.gov.lv/lat/pol/ppd/ilgtsp_att/?doc=13858)
- [5] Latvijas Ilgtspējīgas Attīstības Stratēģijas līdz 2030. gadam, Nacionālā Attīstības Plāna 2014.–2020.gadam un deklarācijas par Laimdotas Straujuma vadītā ministru kabineta iecerēto darbu īstenošanas uzraudzības ziņojums, 2015. Available: [http://www.pkc.gov.lv/images/MP\\_zinojums/MPzin\\_07092015\\_Uzraudzibas\\_zinojums.pdf](http://www.pkc.gov.lv/images/MP_zinojums/MPzin_07092015_Uzraudzibas_zinojums.pdf)
- [6] Indikatori 2015. gadā Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030.gadam Nacionālais attīstības plāns 2014.–2020.gadam uzraudzības ziņojuma pielikums. Available: [http://www.pkc.gov.lv/images/MP\\_zinojums/MPzinP\\_07092015\\_Indikatori.pdf](http://www.pkc.gov.lv/images/MP_zinojums/MPzinP_07092015_Indikatori.pdf)
- [7] Commission Staff Working Document. Country Report Latvia 2016, SWD (2016) 82 final. Brussels, 2016. Available: [http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/csr2016/cr2016\\_latvia\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/csr2016/cr2016_latvia_en.pdf)
- [8] Cilinskis E, Blumberga A, Blumberga D. Analysis of Non-ETS sector goals using climate change indicators. *Energy Procedia* 2016;95:71–75.
- [9] After Paris: Fiscal, Macroeconomic, and Financial Implications of Climate Change. Available: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2016/sdn1601.pdf>
- [10] Laitener JA, Hogan K. Solving for Multiple Objectives: The Use of the Goal Programming Model to Evaluate Energy and Climate Policy Options. *Energy and Environmental Policy*, 2000.
- [11] Rezaei A, Taylor L, Mechler R. Ecological macroeconomics: An application to climate change *Ecological Economics* 2013;85:69–86.
- [12] Piketty T. *Capital in the 21st century*. Harvard University Press; 2014.
- [13] Jackson T. *Prosperity without Growth*. Economics for a Finite Planet. Earthscan; 2009.
- [14] Jackson T, Victor PA. Does slow growth lead to rising inequality? Some theoretical reflections and numerical simulations. *Ecological Economics* 2016;12:206–219.
- [15] Rosen RA, Guenther E. The economics of mitigating climate change: What can we know? *Technological Forecasting & Social Change* 2015;91:93–106.
- [16] Bassi AM. Moving Towards Integrated Policy Formulation and Evaluation: The Green Economy Model. *Environmental and Climate Technologies* 2015;16:5–19.
- [17] Mercure JP, Pollitt H, Bassi AM, Vinales JE, Edwards NR. Modelling complex systems of heterogeneous agents to better design sustainability transitions policy. *Global environmental change* 2016;37:102–115.
- [18] Barisa A, Romagnoli F, Blumberga A, Blumberga D. Future biodiesel policy designs and consumption patterns in Latvia: A system dynamics model. *Journal of Cleaner Production* 2015;88:71–82.
- [19] Blumberga D, Cimdīņa G, Timma L, Blumberga A, Rosa M. Green energy strategy 2050 for Latvia: a pathway towards a low carbon society. *Chemical Engineering Transactions* 2014;39:1507–1512.

- [20] Blumberga D, Blumberga A, Barisa A, Rosa M, Lauka D. Modelling the Latvian power market to evaluate its environmental long-term performance. *Applied Energy* 2016;162:1593–1600.
- [21] Romagnoli F, Barisa A, Dzene I, Blumberga A, Blumberga D. Implementation of different policy strategies promoting the use of wood fuel in the Latvian district heating system: Impact evaluation through a system dynamic model. *Energy* 2014;76:210–222.
- [22] Timma L, Zoss T, Blumberga D. Life after the financial crisis. Energy intensity and energy use decomposition on sectorial level in Latvia. *Appl. Energy* 2016;162:1593–1600.
- [23] Blumberga D, Blumberga A, Bazbauers G, Zogla G, Laicane I. Sustainable development modelling for the energy sector. *Journal of Cleaner Production* 2014;63:134–142.
- [24] Dace E, Pakere I, Blumberga D. Evaluation of Economic Aspects of the Deposit-Refund System for Packaging in Latvia. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 2013;24(3):311–329.
- [25] Dace E, Muizniece I, Blumberga A, Kaczalab F. Searching for solutions to mitigate greenhouse gas emissions by agricultural policy decisions – Application of system dynamics modeling for the case of Latvia. *Science of the Total Environment* 2015;527/528:80–90.
- [26] Blumberga A, Timma L, Lauka D, Dace E, Barisa A, Blumberga D. Achieving Sustainability in Non-ETS Sectors Using System Dynamics Modelling Practice. *Chemical Engineering Transaction* 2015;45:871–876.
- [27] Lauka D, Blumberga A, Blumberga D, Timma L. Analysis of GHG Reduction in Non-ETS Energy Sector. *Energy Procedia* 2015;75:2534–2540.
- [28] Voinov A, Kolgani N, McCall MK. Modelling with stakeholders – Next Generation. *Environmental Modelling & Software* 2016;77:196–220.
- [29] Motesharrei S, Rivas J, Kalnay E. Human and nature dynamics (HANDY): Modelling inequity and use of resources in the collapse or sustainability of societies. *Ecological Economics* 2014;101:90–102.

Publikācija Nr. 8: Challenges of textile industry in the framework of Circular Economy:  
case from Latvia.

# Challenges of textile industry in the framework of Circular Economy: case from Latvia

*Dzintra Atstāja*<sup>1, 2,\*</sup>, *Natālija Cudečka-Puriņa*<sup>2</sup>, *Rudīte Vesere*<sup>3</sup>, *Lilita Ābele*<sup>2</sup>, and *Sergiy Spivakovskyy*<sup>4</sup>

<sup>1</sup>BA School of Business and Finance, 161 Kr.Valdemara, Riga, LV-1013, Latvia

<sup>2</sup>University of Liepaja, 14 Liela str., Liepaja, LV-3401, Latvia

<sup>3</sup>Riga Technical university, Kaļķu iela 1, Centra rajons, Riga, LV-1658, Latvia

<sup>4</sup>Higher Colleges of Technology, PO Box, 25026 Abu Dhabi, United Arab Emirates

**Abstract.** The Covid-19 pandemic has highlighted such challenges for the world's socio-economic and financial systems. Social entrepreneurship is an integral part of Europe's diverse social market economy. The aim of the paper is to tackle the social entrepreneurship field in Latvia and in particular to reveal the enterprises operating in the textile industry, as fashion industry in general is evaluated as second polluting industry, being just behind oil industry. The paper is limited to social entrepreneurship in the field of textile, as it is a new waste stream that has received particular goals and thus needs to be managed in a more sustainable way. To promote social enterprises in the field of textile production and processing it is especially important to implement elements of the circular economy in the daily activities of a social enterprise. Fostering social entrepreneurship in the textile field allows to reach a range of goals simultaneously, including, but not limited to – decrease of textile waste volume, increase of upcycling and moving towards circular economy targets.

## 1 Introduction

Climate change policy, based on the Sustainable Development Goals (SDGs), is the inspiration for many types of business that combine value creation with environmental protection and social protection. The thinking and understanding of the participants of economic processes influences how much attention they pay to the circulation potential of the intended circulation business models. The literature [1-2] offers a set of principles to prepare innovation participants for experiments and increase their ability to rethink their life assumptions. Businesses are looking for ways to thrive in a competitive environment with innovative business models while respecting society and avoiding actions that harm the planet. Trends such as the circular economy, fair trade, small numbers, and the shared economy are some of the many new business approaches that address this issue, but there is still a gap between the theoretical arguments and the level of environmental and social sustainability realized in practice [3]. The circular economy could be described as a

---

\* Corresponding author: [dzintra.atstaja@ba.lv](mailto:dzintra.atstaja@ba.lv)

network of smaller circular economies, where the main development is in local areas, such as cities or regions, with the active involvement of territorial stakeholders. The active role of social entrepreneurs in supporting the transition in the regions and emphasizes the great diversity of challenges they face in developing local business models at technological, social and policy levels [4]. Changes at the societal level and the complexity of socio-ecological systems call for a holistic approach and foresight in the development of strategies, policies, and programs [2] to turn economic activities into loops for human and environmental care.

Experiments with a circular business model can help companies move to a circular economy [4]. Some studies [5] have developed models based on the factors that determine the quality of the business environment and based on confirmatory factor analysis and modeling of structural equations that show the causal links between the quality of the business environment and its determinants in SMEs. The most important factors determining the quality of the business environment are the macroeconomic environment, monetary policy, interest rates and the legal environment. The results of the research show the need [1, 5 - 10] to reduce the state bureaucracy.

Circular economy systems, methodologies and tools need to strengthen its social dimension. Adequate institutional arrangements and strategic leadership are needed for this paradigm shift to promote sustainable development. Further research is needed to further understand the types of principles that can drive meaningful experiments to the circular economy. Textiles are fundamental to our society, providing us with clothing, shoes, carpets, curtains, furniture, etc. for homes, offices and public buildings.

Textiles are the fourth highest-pressure category for the use of primary raw materials and water, after food, housing and transport, and fifth for GHG emissions [11 - 12].

Overall textile waste in Latvia accounts for approximately 27,000 tons, which accounts for 3-5% of total household waste generated in the country, or for approximately 14.3 kg of clothes per capita [13]. Once discarded, only 20% of clothing waste is collected for re-use and recycling at a global level [14 - 15].

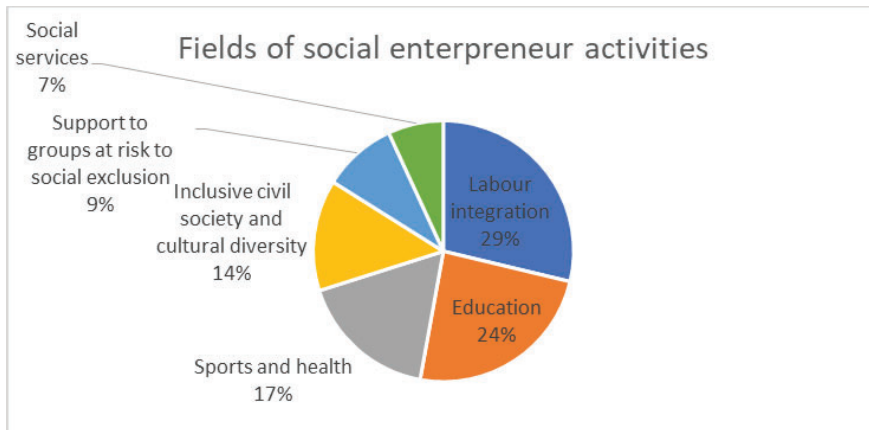
Since 1996, the amount of clothes bought in the EU per person has increased by 40% following a sharp fall in prices, which has reduced the life span of clothing. Europeans use nearly 26 kilos of textiles and discard about 11 kilos of them every year. Used clothes can be exported outside the EU but are mostly (87%) incinerated or landfilled. Globally less than 1% of clothes are recycled as clothing, partly due to inadequate technology [19].

This research is being developed using mainly secondary data analysis and primary data obtained from structured interviews. In addition, the authors use critical data analysis, develop particular case studies and undertake comparative analysis.

## **2 Social entrepreneurship in Latvia**

In 2013 the Ministry of Welfare started work on the development of a new policy initiative to promote the development of a legal framework for social entrepreneurship and the integration of disadvantaged people into the labour market. In autumn 2015 the Latvian Social Entrepreneurship Association was founded, the aim of which is to promote the development of social entrepreneurship in Latvia. In order to support development of social enterprises, a financial support mechanism has been launched since 2015. The grants have been developed for the implementation of viable social entrepreneurship projects, for achieving a social goal. Currently it is possible to apply for grants from 5,000 to 200,000 EUR for investments or current assets (incl. remuneration costs). The main requirement is that a business idea must be viable, with a significant long-term social impact. By the end of 2020 in total 97 grants were assigned, with the overall financing of 6.3 million EUR, out

of which 37 business projects have already been implemented, resulting in 2.3 million EUR [20].



**Fig. 1.** Fields of social enterprise activities.

A social enterprise is a limited liability company which, in accordance with the procedures laid down in this Law, has been granted the status of a social enterprise and which conducts an economic activity that creates a positive social impact (e. g. provision of social services, formation of an inclusive civil society, promotion of education, support for science, protection and preservation of the environment, animal protection, or ensuring cultural diversity) [21]. Currently, there are a total of 161 active social entrepreneurs and 15 non-active entrepreneurs who are acting in different fields. The percentage distribution of the fields is depicted in the Figure 1.

### 3 Discussion

This paper will analyse all the enterprises that focus on clothing or textile production. In total out of 176 enterprises there are only 4 active enterprises engaged in this field. Table 2 below provides a short summary of analysed companies.

**Table 2.** Enterprises chosen for a basis of the case-studies.

Enterprise	NACE code	Main activity
OWA	Manufacture of other knitted and crocheted apparel	Wholesale of clothing and footwear
Mans Peldkostīms	Manufacture of other apparel and accessories	n/a
Zīle-Zīle	Retail sale of clothing in specialised stores	Manufacture of other outerwear
Print Art	Manufacture of apparel	Wholesale of clothing and footwear

#### 3.1 Enterprises chosen for a basis of the case-studies

##### 3.1.1 OWA



OWA – is the first brand in Latvia that offers clothes with watercolour and graphic prints, which are transferred to the fabric with the help of sublimation printing. This technique provides excellent colour fastness and tonal transitions. The laconic design clothing brand OWA is a balance of femininity and functionality. Bright watercolours created by artists Alisa Ādamsons and Vera Bondāre make the clothes unique and easily recognizable. The enterprises strive to combine classic and extravagance, softness and comfort, practicality and reliability [19].

*Aim of the enterprise:* to promote the employment and integration of the socially vulnerable population, especially the disabled, people of pre-retirement age and young parents; to change stereotypes regarding work ability and productivity of people with disabilities, people of pre-retirement age and young parents; to demonstrate that vulnerable people, especially people with disabilities, are able to compete on an equal footing in business and produce a competitive product [22].

### 3.1.2 Mans Peldkostīms – Swimbe

The enterprise offers custom made swimsuits for women and children, which are produced out of old fishing nets, carpets, PET bottles and other plastic waste. Fabrics are identical in their properties and feel to traditionally obtained fabrics. Such production makes it possible to create high-quality clothing without wasting new resources on the planet [21].

*Aim of the enterprise:* to undertake social business with the aim of reducing the growth of plastic and textile waste in Latvia and in the world by promoting their recycling into raw materials suitable for clothing production, which the enterprise will use for sewing individual swimwear [23-24].

### 3.1.3 Zīle-Zīle

ZĪLE is a Latvian fashion brand striving for a more sustainable future through the concept of upcycling. The label's main resource materials are denim trousers, men's shirts and fantasy. At the core of the brand is the idea that what people wear is a symbol of their character, identity and values, and that the global environmental trend is an important part of current values. That is why ZĪLE reimagines and reworks classical garments to create a sustainable and modern wardrobe. Every piece of clothing that ZĪLE upcycles is completely unique. ZĪLE uses second-hand clothing that is either bought in vintage shops or donated by our collaboration partner, charity shop OTRA ELPA [25].

*Aim of the enterprise:* to reduce the amount of textile waste by creating new value-added products. Promote awareness of resource reuse [23].

### 3.1.4 Print Art

The idea of creating a T-shirt that helps to improve the posture arose naturally as both authors faced this problem and first created this product for themselves. The existing posture correctors of different producers in general cannot provide the necessary daily support as they are either uncomfortable, they cannot be worn all day long or they are too visible to others. The doctors whom the authors addressed also confirmed that a back needs freedom of movement and close shoulder fixation harms the posture rather than improving it. The only way to improve the posture is through the training of back muscles, and the posture-correcting T-shirt performs this function on a daily basis. The main objective was to create a wearable posture corrector that: is easy to use – no additional adjustments required; is comfortable to wear– it doesn't rub, scratch or cause itching; pleasant to wear

thanks to the soft material that is similar to cotton; is ‘invisible’ and can be adapted to any style; improves well-being and increases self-confidence [26].

*Aim of the enterprise:* to promote the employment and integration of the socially vulnerable, especially the disabled, people of pre-retirement age and young parents; to change stereotypes regarding work ability and productivity of people with disabilities, people of pre-retirement age and young parents; to show that socially-vulnerable people, especially people with disabilities, can compete on an equal footing in business and produce a competitive product [20].

## 4 Results

The authors have conducted a series of structured interviews with representatives from the enterprises mentioned above and have summarised the results. The interviews consisted of 8 open-type questions. All the enterprises interviewed are considered to be small, with employee numbers from 1 to 10. One enterprise was established in 2015, two others in 2018 and one in 2019. All of them obtained the status of Social entrepreneur and are obliged to renew it on an annual basis by submitting reports and performance indicators. This system of annual status renewal ensures that the enterprises are kept within strict boundaries and cannot just obtain the status for the sake of formality.

Only one of the interviewed stated that the main barriers to obtaining social entrepreneur status have been bureaucracy and a very complicated admission and evaluation procedure. This means that in Latvia’s case it was possible to develop a clear and transparent registration scheme, as well as a grant application procedure.

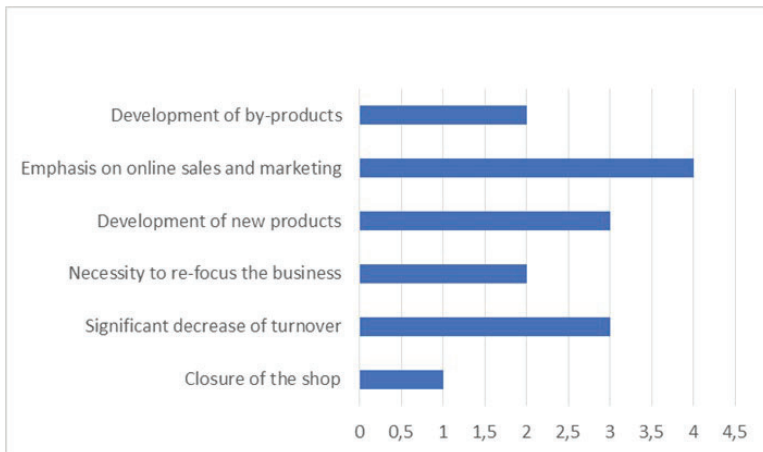
Analysis of Figure 2 shows that the interviewed enterprises are open to a circular economy and are already actively engaging its elements within their business models. Moreover, they are open for a more extensive integration, although certain interviewees highlighted the fact that there is a lack of knowledge of certain circular economy elements and support from the state side in these regards. The enterprises focus on such aspects as recycled packaging, or wherever possible avoiding packaging. The development of by-products is stimulated by the idea of minimising waste. The enterprises apply certain aspects of industrial symbiosis, i. e. garment upcycling enterprise ZĪLE-ZĪLE receives material which has been donated to a charity shop and which has not been sold, another positive example is resource sharing - offering equipment to other enterprises in order to share the administrative costs and to avoid standstills. A notable aspect in waste prevention - example from OWA - a special jar for needle collection, thus avoiding their entry into the waste stream and potential harm to wildlife.



**Fig. 2.** Application of Circular Economy in the business model.

#### 4.1.1 Influence of Covid-19 pandemic and lockdowns on the business

It cannot be ignored that the past year has influenced the businesses dramatically. Latvia has come through 2 lockdowns, one in spring 2020 and the other one starting from November 2020, which is still in place until April and it is more likely that afterwards a range of restrictions will still be applied to the economy. This situation has had a dramatic impact on the enterprises analysed within the present research as all of them are small enterprises and some of them involve the vulnerable section of society. The main issues are depicted in Figure 3 below.



**Fig. 3.** Influence of Covid-19 pandemic.

It is worth pointing out that Covid-19 has stimulated the enterprises to become more responsible in terms of waste minimisation, leading to maximising the use of textile raw material or to re-use the clippings (offcuts of cloths) - the enterprises either develop certain new products using the clippings or produce limited clothing collections (e. g. for children).

#### 4.1.2 Corporate social responsibility and social enterprises

The interviews revealed that the enterprises are actively implementing Corporate Social Responsibility. Most notable examples of CSR are transparency of the production process; involvement of the customer/end user into the production process; donations to disabled people by designing and producing tailor-made garments.

## 5 Conclusions

The authors would like to highlight a range of conclusions stemming from the literature research undertaken, case-study analysis and interviews. Primarily, when a country or a region wishes to promote social entrepreneurship it is vital to understand the process of validation and to make it as simplistic as possible. It is essential to keep in mind that the social enterprises in most cases are not only established following the famous quote of Milton Friedman “The business of business is business”, but in most cases generally they pursue a goal of solving certain social problems.

Therefore, the authors strongly recommend developing a transparent and clear set of rules for an enterprise to be able to apply for social enterprise status, thereby also reducing the bureaucratic burden.

Secondly, it is essential to implement circular economy elements in the daily operations of social enterprise. This is why the authors recommend developing certain guidelines for the enterprises (here the guidelines could start with social enterprises, but afterwards could also be extended to cover all types of enterprises) on circular economy elements and practical aspects on how to shift from linear to more circular business models, by implementing aspects like resource-sharing, equipment-sharing, use of symbiosis when one company’s waste might become another’s raw/input material, use of recycled and/or recyclable materials both in the production process and in packaging, etc.

Textile waste is a considerably new waste fraction that has been assessed and particular targets have been set by the Directive on waste, this is why the authors consider it extremely important to foster social enterprises in the field of textile production and upcycling. It is necessary to promote wise consumption and stop fast fashion, as well as to promote upcycling activities in order to reduce the volume of textile waste ending up in landfills or in waste to energy plants.

The authors foresee that this paper will be first in the series of papers regarding circular economy and social entrepreneurship. For Latvia and other countries, which have developed circular economy strategies or are considering such, social enterprises are a new type of entrepreneurship, new business models which are fostering the transition to a circular economy, and wiser consumption.

This research was carried out within the project of Latvian Council of Science Nr. lzp-2020/2-0317 «The Impact of COVID-19 on Sustainable Consumption Behaviours and Circular Economy».

## References

1. Crecente, F., Sarabia, M., & Teresa del Val, M. (2020). Climate change policy and entrepreneurial opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 277. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120446>
2. Pla-Julián, I., & Guevara, S. (2019). Is circular economy the key to transitioning towards sustainable development? Challenges from the perspective of care ethics. *Futures*, 105, 67-77.

3. Todeschini, B.V., Cortimiglia, M.N., Callegaro-de-Menezes, D., & Ghezzi, A. (2017). Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. *Business Horizons*, 60(6), 759-770. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.003>
4. Konietzko, J., Baldassarre, B., Brown, P., Bocken, N., & Hultink, E.J. (2020). Circular business model experimentation: Demystifying assumptions. *Journal of cleaner production*. 277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122596>
5. Belas, J., Dvorsky, J., Strnad, Z., Valaskova, K., & Cera, G. (2019). Improvement of the quality of business environment model: Case of the SME segment. *Inzinerine ekonomika-engineering economics*, 30(5), 601-611. <https://doi.org/10.5755/ie.30.5.24490>
6. Real, M., Lizarralde, I., & Tyl, B. (2019). Exploring Local Business Model Development for Regional Circular Textile Transition in France. *Fashion practice-the journal of design creative process & the fashion industry*, 12(1), 6-33. <https://doi.org/10.1080/17569370.2020.1716546>
7. Staicu, D., & Pop, O. (2018). Mapping the interactions between the stakeholders of the circular economy ecosystem applied to the textile and apparel sector in Romania. *Journal of Cleaner Production*, 188, 20-37.
8. Beuve, J., Brousseau, E., & Sgard, J. (2021). Why Are Modern Bureaucracies Special? State Support to Private Firms in Early Eighteenth-Century France. *The Journal of Economic History*, Cambridge University Press, 77(4), 1144-1176.
9. Veleva, V., & Bodkin, G. (2017). Corporate-entrepreneur collaborations to advance a circular economy. *Business Horizons*, 60(6), 759-770.
10. Real, M., Lizarralde, I., & Tul, B. (2020). Creative process & the fashion industry. *Fashion practice-the journal of design*, 12(1), 6-33. <https://doi.org/10.1080/17569370.2020.1716546>
11. European Environment Agency. (2019). Textiles in Europe's circular economy. Publications Office. <https://doi.org/10.2800/904911>
12. European Commission. (2020). A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
13. Waste statistical overview. (2020). <https://www.meteo.lv>
14. Koszewska, M. (2018). Circular economy—Challenges for the textile and clothing industry. *AUTEX Research Journal*, 4, 337–47. <https://doi.org/10.1515/aut-2018-0023>
15. Beasley, J., & Georgeson, R. (2014). Advancing resource efficiency in Europe. Indicators and waste policy scenarios to deliver a resource efficient and sustainable Europe, Brussels: European Environmental Bureau (EEB).
16. Mikhno, I., Koval, V., Shvets, G., Garmatiuk, O., & Tamošiūnienė, R. (2021). Green Economy in Sustainable Development and Improvement of Resource Efficiency. *Central European Business Review*, 10(1), 99-113. <https://doi.org/10.18267/j.cebr.252>
17. Dankeieva, O., Solomianiuk, N., Strashynska, L., Fiedotova, N., Soloviova, Y., & Koval, V. (2021). Application of Cognitive Modelling for Operation Improvement of Retail Chain Management System. *TEM Journal*, 10(1), 358-367. <https://doi.org/10.18421/TEM101-45>
18. Koval, V., Mikhno, I., Trokhymets, O., Kustrich, L., Vdovenko, N. (2020). Modeling the interaction between environment and the economy considering the impact on ecosystem. *E3S Web Conferences*, 166, 13002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016613002>

19. European Parliament (2020). The impact of textile production and waste on the environment. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93327>
20. Altum (2020). Social entrepreneurship. <https://www.altum.lv/lv/pakalpojumi>
21. Law on social enterprise. (2017). <https://likumi.lv/ta/en/en/id/294484-social-enterprise-law>
22. OWA (2021). About the enterprise. <https://www.owa.lv/parowa>
23. Ministry of Welfare of Republic of Latvia (2021). Social enterprise registry. <https://www.lm.gov.lv/lv/socialo-uznemumu-registrs>
24. Swimbe (2021). About the enterprise. <http://www.swimbe.lv/par-mums>
25. ZĪLE-ZĪLE (2021). About the enterprise. <https://zile-zile.com/pages/about>
26. Correcty (2021). About the enterprise. <https://correcty.eu/about-us>

Publikācija Nr. 9: Influence of COVID-19 on waste management and Circular Economy.

## INFLUENCE OF COVID-19 ON WASTE MANAGEMENT AND CIRCULAR ECONOMY

Dzintra Atstāja<sup>1</sup>, Natālija Cudečka-Puriņa<sup>2</sup>, Rudīte Vesere<sup>3</sup>

<sup>1</sup>BA School of Business and Finance, Riga, Latvia

<sup>2</sup>Liepāja University, Riga, Latvia

<sup>3</sup>Ministry of Environmental Protection and Regional Development, Riga, Latvia

ORCID ID : <sup>1</sup>0000-0002-9411-7212, <sup>2</sup>0000-0002-5736-7730, <sup>3</sup>0000-0002-5023-402x

### ABSTRACT

*This chapter presents a critical review of negative and positive impacts of the pandemic and provides an insight on how, with application of wise and sustainable risk assessment, present situation might lead to more resilient, sustainable and low carbon economy. A new post-Covid-19 world is about to be developed and in this aspect the mistakes of the past shall be left in the past and new, circular, carbon neutral economy with different consumer behaviour, supply chains and other economic aspects is about to be developed and implemented. The paper provides an overview of Covid-19 impact on global economy as well as focuses on situation in Latvia. It analyses the systems dynamics of certain policy instruments, their impacts on overall waste management system in the country and on transition towards circular economy. It also provides a set of recommendations for policymakers in order to stimulate the implementation of circular economy.*

**Key words:** Covid-19, circular economy, sustainable development, waste management

### INTRODUCTION

The year 2020 without any doubt will be written down in the history as a breaking point in many aspects. Waste management and circular economy will not be an exception. The outbreak of coronavirus disease (COVID-19) in late 2019 is far more than a global health crisis. It is affecting our societies and economies and has had a deep impact on our everyday lives (UNEP, 2020).

Indeed, the COVID-19 pandemic has distorted the world's operating assumptions, revealing the absolute lack of resilience of the dominant economic model to respond to unplanned shocks and crises (Pinner *et al.*, 2020). It has exposed the weakness of over-centralization of the complex global supply and production chains networks and the fragility of global economies, whilst highlighting weak links across industries (Ibn-Mohammed, *et al.*, 2021; Sarkis *et al.*, 2020). While the world has witnessed the positive environmental implications of nationwide lockdowns brought upon by Covid-19 such as cleaner rivers and clearer skies (Gardiner, 2020), the same is not the case with respect to solid waste management.



The pandemic has altered the waste generation dynamics, creating woes among policymakers and workers involved in sanitation (Sharma, *et al.*, 2020). As highlighted by Policy Learning Platform (2020), at the same time, in some cases more waste has been generated. Many people had more time at hand and cleared out their houses, cellars and attics. In Germany, this resulted in long lines in front of recycling centres accepting bulky waste and waste electrical & electronic equipment. In Belgium, the collection containers for second-hand textiles had been closed and people had to keep the used clothes at home. And everywhere in Europe, the illegal dumping of waste increased, and an entire new waste stream entered streets and household bins: personal protective equipment (PPE).

Global economy relies on deeply intertwined supply chains, sustained by more than 100 billion tons of raw materials entering the system each year. It has been unsustainable for decades, and in just a few months since the coronavirus outbreak began, it's become clear that it is dangerously fragile as well. One of the more comprehensive solutions to improve resilience is the circular economy (Kechichian, Mahmoud, 2020). According to UNEP (2020b), Covid-19 will lead to a greater production and consumption of household and personal health related products, that could be single-use and contain valuable resources like plastics, textiles, metals, electronics. Covid-19 waste, and any other waste, must be collected and treated adequately to avoid littering or uncontrolled incineration causing impacts to human health, ecosystem quality, biodiversity, including impacts on soil, rivers, coastal lines and in the marine system. Waste Management is one of the most important sanitary barriers to prevent dissemination of illnesses and diseases. It is important to recall that the continuity of the waste services is not only for municipal waste but also for hazardous industrial and healthcare waste (ISWA, 2020). Each person produces nearly half a tonne of municipal waste per year in the EU on average, which means that every week more than 20 kg of municipal waste is generated per household. Total annual waste generation in the EU amounts to 5 tonnes per capita. Preventing distortions in waste management, including separate collection and recycling of waste, is crucial for the health and safety of our citizens, for the environment and for the economy (EU, 2020).

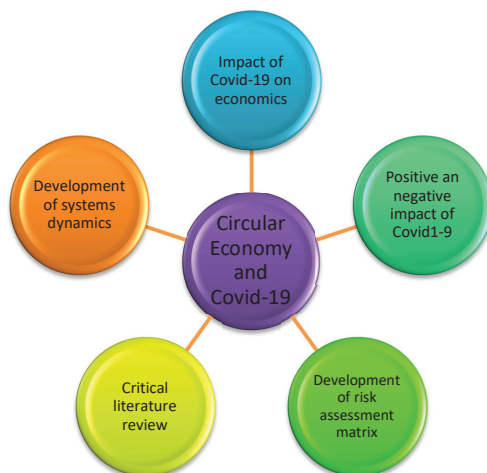


Figure 1. Methodological framework of the chapter

Source: by authors

#### *Management of waste generated by the Covid-19 crisis*

With the inception of Pandemic, it is clear that volume of healthcare facility waste, as well as household waste, in particular face masks, tissues, hand sanitiser bottles, etc. has skyrocketed. In addition, a huge volume of packaging appeared. Currently all the loose products in the supermarkets are packed in plastic wrapping. Only certain range of internet shops offer an option for end user to chose whether to opt for paper or plastic packaging. In many cases the shops pack the goods in additional bags/wrapping which makes the proportion of packaging waste for consumer to increase dramatically and if recently the Zero waste lifestyle adherents were quite successful in cutting down the useless packaging, then now the problem popped-up again. Now, in the last quarter of 2020 it is possible to identify the main problem points that have been identified with the crisis and implementation of lock-down measures.

One of the critical points was ensuring that waste management, recycling services, treatment and disposal facilities **will not be disrupted** and no extra risks for public health will be created by improper waste management (ISWA, 2020). The interruption of waste management services would have an instant impact on human health, environmental contamination and increase of additional infection risks. In current unprecedented crisis it is of primary importance to secure the continuity for the economies to be able to focus on the main problems of the day.

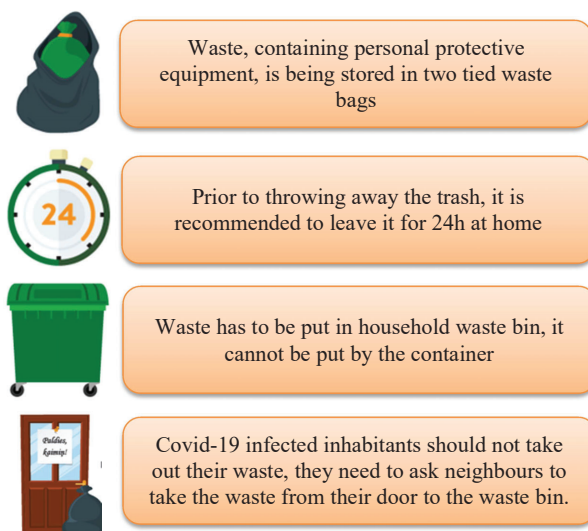
In the context of the coronavirus crisis, it is even more important that citizens **separate** well their **waste** and ensure the flow of clean streams of recyclables towards the

waste treatment facilities. Citizens should be informed about any temporary changes to the waste collection practices that affect the way they deliver waste for collection and further treatment (EU, 2020). This was a first struggling point for Latvia during the first lock-down, as the first thing that was announced by waste management companies was to stop waste sorting. This was explained not only by their concerns of potential infection in the waste but also by the general lock-down, by limiting the operation of certain waste treatment plants and by difficulties of trans-border waste shipments.

During the first lock-down, increasing problems in the processing and recycling of waste rised. Especially the markets for sorted textile and plastic packaging are starting to fail because of a lack of demand for the recycled products. Some of the textile collection and sorting companies were asking the public not to donate textile right now, others only wanted to collect at a (high) price (NVRD, 2020). Gladly this action was swiftly put an end by the waste management companies alongside with the Ministry of Environment, which explained the citizens the necessity of waste sorting and which issued comprehensive informative materials. Simultaneously European Union Member States acknowledged the importance of waste treatment continuity and the operations were resumed.

Overall this is only one part of waste sorting processes, the other one, which requires special attention and regulations – is the operation of waste management companies and the sorting station workers. It is crucial to ensure health and safety measures for waste workers. According to ISWA (2020), some countries, like United Kingdom even have classified waste workers as “key workers”, meaning that they can continue to work, whilst educational and care provision for their children will be provided. The European Agency for Safety and Health at Work (2020) has provided general guidance how to help prevent the spread of the coronavirus at the workplace. This guidance is designed to assist employers and businesses in providing advice to staff in non-healthcare settings on the novel coronavirus.

Third measure, discussed within this chapter concerns **healthcare waste**. During a pandemic, the tendency of most of the hospitals is to manage all their waste as hazardous waste. This can overload the healthcare waste capacity of the hospital, and create an emergency associated with a sudden increase in the required capacity for proper collection, disposal and treatment (ISWA, 2020). In these circumstances the Confederation of European Waste-to-Energy Plants emphasized the importance of Waste-to-Energy. As incineration safely destroys viruses and other pathogens at high temperature. The waste is put directly into the bunker, and then discharged into the furnace through the feeding chute by an overhead crane, thus avoiding human contact with the contaminated waste (CEWEP, 2020).



**Figure 2. Waste sorting requirements in Latvia, during Covid-19 crisis**

*Source: adopted from MEPRD (2020)*

The waste to energy industry had a good opportunity in these difficult times for it (as recently EU had a position to limit construction of new Waste to energy plants, taking into account the risks of overcapacity of existing plants) to stress it's importance and integrity of waste treatment options. This crisis demonstrates once again how important the integrated approach to waste management is where every waste stream needs to find the most sustainable way of treatment without endangering human health or the environment (CEWEP, 2020).

In addition, the crisis emphasized the importance of control over waste streams, according to ISWA (2020), if waste is moved off-site, it is critical to understand where and how it will be treated and destroyed, requiring traceability measures to register and ensure its adequate destination. There still are range of countries, lacking infrastructure to treat healthcare and other infectious and hazardous waste. In those cases, and as an exceptional measure, the waste produced in healthcare facilities during the Pandemics shall be send to be stored in sanitary or engineered landfills on a separated area, isolated from the regular waste, and with immediate daily cover. Sanitary Landfills are an indispensable part of any waste management system and in pandemics, in the absence of thermal treatment, those infrastructures are an adequate final sink for healthcare waste, but certain procedures have to be applied.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

### *New reality, derived from Covid-19 crisis*

The World Health Organisation declared the COVID-19 pandemic on the 11th March 2020, which saw global supply chains severely disrupted and strained, and the financial market unsettled, resulting in a cross-border economic disaster. Lockdowns and border closures shattered the core sustaining pillars of modern world economies, with the economic shock due to these measures still being weighed across the globe (European Union, 2020).

As stated by (Hepburn *et al.*, 2020) all G20 nations have implemented restrictions on mobility (IMF, 2020) such as ‘self-isolation’ and ‘social-distancing’. These restrictions have reduced the spread of the virus, but with severe economic consequences. On the supply side, an estimated 81% of the global workforce has been hit by full or partial lockdown measures, with unprecedented job losses and furloughs (ILO, 2020). On the demand side, consumer spending has fallen as it is no longer possible to travel, including to shop for discretionary items, go to restaurants, or for experience-based activities (Hepburn *et al.*, 2020; Andersen *et al.*, 2020).

Aviation volumes have collapsed, with international airlines projecting a reduction of 503–607 million passengers and losses of US\$112–135 billion in the first half of 2020 (UNICAO, 2020). Consumer confidence is falling (OECD, 2020) and job losses and furloughs simply exacerbate spending contractions as workers lose their incomes.

The recent evidence demonstrates the elasticity of bottom-up initiatives by both private companies (e.g. breweries producing disinfection alcohol for medical applications from residue products) and individual citizens (e.g. maker's movements producing mouth masks from textile leftovers and supplying hospitals and care facilities) to recycle locally available resources and thus reduce import dependency. These initiatives have proven their potential to flexibly address urgent shortages (Wuytsa *et al.*, 2020). Brands big and small, from Prada and Dior to Tanya Taylor and Knixwear, retooled to produce essentials in short supply, such as PPE (Brydges, Hanlon, 2020).

In particular, French luxury conglomerate Kering will produce face masks in the workshops of its brands Balenciaga, Gucci and Saint Laurent. Also in Europe, the Stockholm-based H&M Group announced that it would make masks and other necessary equipment, while Inditex, parent company of Spanish fast-fashion brand Zara, said it would produce hospital gowns and masks (Los Angeles Times, 2020). Thus it has to be understood, that these initiatives and change of profile are not only part of corporate social responsibility, but also a measure or a step to keep the fashion industry running, as Workers Rights consortium (WRC, 2020) conducted a survey of Bangladeshi garment manufacturers, estimating buyers have cancelled \$1.44 billion worth of garment exports.

Beyond the fashion sector, responsible packaging firms continue to innovate on sustainable and recyclable consumer goods, despite the rise in single-use plastic packaging as a result of quarantine-related home deliveries and fears associated with reused materials. The food and beverage sector, for its part, is working with organizations to redirect surplus food to those most in need (Kechichian, Mahmoud, 2020).

In case of Latvia, the crisis has also led to certain innovations. The first lock-down was mostly focused on the supply chain re-design, as most businesses being paused, the increase for food supply and supermarket delivery skyrocketed. The existing supermarket chains required about two weeks to adopt to the changes. In addition, vast majority of offline shops were forced to switch to online, resulting in post service increases. As the basic personal protection equipment became mandatory, a lot of local fashion manufacturers started offering vast majority of face masks.

**Table 1. Assessment of Covid-19 brought risks within waste management sector**

Type of risk	Description
Increase of mixed waste	Lack of segregation at source.
Increase of infectious/ hazardous waste	Lack of data on household infectious / hazardous waste, as it all is being collected as unsorted waste.
Increase of littering	Visual increase of waste from PPE.
Suspension of recycling	Especially in the first weeks of pandemics the recycling processes were suspended as the borders were closed.
Lack of awareness	Initially there was absence of information regarding waste management, how to do it in a safe and sustainable way.
Reuse of disposed PPE	In Latvia and in a range of countries it has been observed that certain population class used disposed PPE, which could result in additional infections.
Lack of PPE for waste management workers	Initially the PPE was deficit, in addition in many countries, it had to be provided by employees themselves.

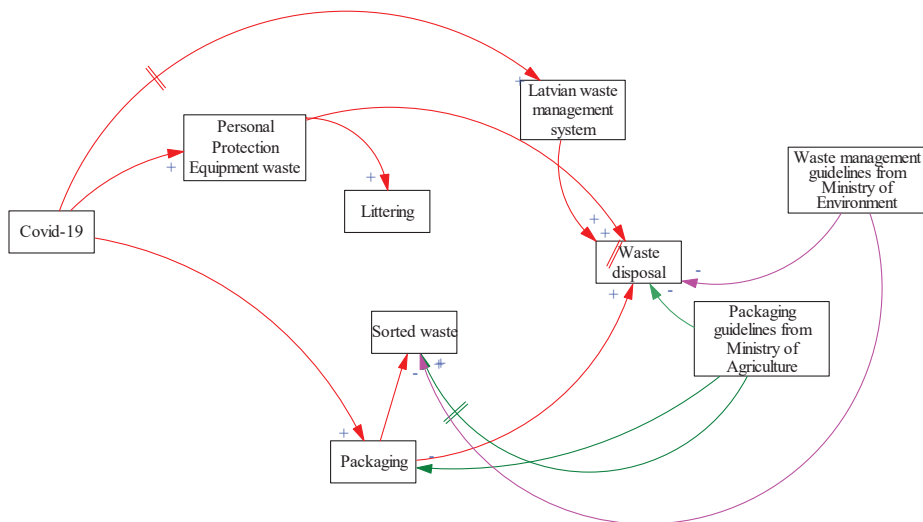
*Source: by authors*

The authors have evaluated and considered a range of risks associated with waste management during Covid-19 pandemics. The Table 1 highlights main of them. These risks were identified in the first stage of lock-down, in spring of 2020. Although, it is important to highlight that certain countries might have still be struggling to overcome them in the current stage of the full or partial lock-downs.

Figure 3 depicts influence of Covid-19 on Latvian waste management system, where:

- red lines show the influence of Covid-19;
- purple lines show the influence of Ministries of Environment guidelines;
- green lines show the influence of Ministries of Agriculture guidelines;

Second wave of lockdown has more serious impact on economy in the long-term.



**Figure 3. Systems dynamics of Covid-19 and Latvian waste management system**

*Source: by authors*

The table below provides a comparison of measures adopted by the Latvian government:

**Table 2. Lockdown restriction measures**

	Spring lockdown	Autumn partial-lockdown	Winter lockdown
<b>Boarders</b>	closed	open within EU countries	open with restrictions
<b>Kindergartens</b>	online	Full-time	Full-time
<b>Schools</b>	online	Full-time for grades 1-6	Online or full-time with major restrictions for grades 1-4
<b>Universities</b>	online	online	online
<b>Work</b>	distance, when possible	distance, when possible	distance, when possible
<b>Entertainment</b>	cancelled	limited	cancelled
<b>Retail</b>	open, with restrictions on weekends (food, pharmacies, hardware stores)	open, with restrictions on sq.m for the weekends	open, with restrictions on weekends (allowed - food, pharmacies; forbidden – alcohol, tobacco)
<b>Catering</b>	only take-away	open, with restrictions	only take-away
<b>Public transport</b>	limited capacity	masks	masks, limited capacity (up to 50%)
<b>Gyms</b>	closed	individual trainings	individual trainings with range of restrictions

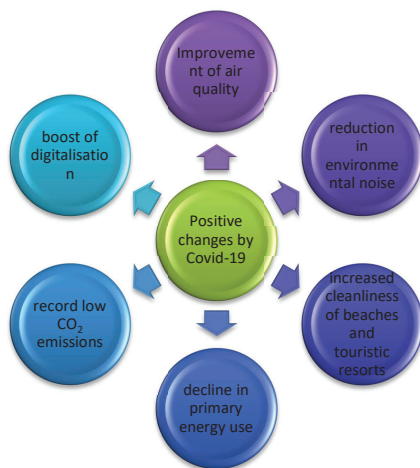
*Source: by authors*

The analysis of first and following restrictions shows that the actions taken have impact on:

- increase of waste generation at households (simultaneously decrease of waste generation at offices, public places);
- increase of packaging consumption at retail (additional packaging for hygienic reasons);
- increase of sales of electric and electronic equipment (increase of packaging consumption);
- decrease of air pollution and traffic congestions;
- increase of unemployment and increase of new business ideas (handmade sector);
- decrease of administrative costs for businesses (office maintenance, travel costs);
- increase of real estate sales in the suburbs.

In addition, in Latvian case all the shops that do not have online purchase possibilities, have been struggling with the restrictions and many of those were forced to close the businesses. This also includes the so called bulk shops (Zero Waste shops), which have gained major popularity recently and have great impact on cutting packaging waste. But simultaneously almost none of them offer the client online purchase possibilities. Another phenomena that has been observed recently, is that the population has significant drop in use of bottled water. This is explained by the fact that people work from home and either use tap water, or opt for big volume drinking water bottles.

Luckily the Covid-19 has brought also a range of positive changes, mostly linked with environment. The authors have presented these factors in the figure below.



**Figure 4. Positive impacts of Covid-19**

*Source: by authors*



The changes are not due to the right decisions from governments in terms of climate breakdown policies and therefore should not be misconstrued as a climate triumph. More importantly, life in lockdown will not linger on forever as economies will need to rebuild and we can expect a surge in emissions again (Ibn-Mohammed, *et. al.*, 2021).

The pandemic followed by lockdowns of the countries has revealed once again the dependency and overreliance of the whole world from one country as a manufacturing hub. The shortage of many items was so dire in many countries that the principle of circular economy, such as re-use, is already been unwittingly re-commended by respectable bodies such as the US Centres for Disease Control and Prevention (Ranney *et al.*, 2020). Moreover, the authors can conclude based on the literature review, that this year has led many countries to consider seriously the necessity of circular economy framework on a state level.

Such framework would be focusing on:

- promotion of re-use, sharing economy for certain goods, especially those, which cannot be produced in the particular country;
- promotion of green logistics;
- development of waste management regulations in conjunction with local production, manufacturing and recycling;
- development of new biodegradable products;
- promotion of bioeconomy and bio-based products;
- development of shared and active mobility (incl. cycling, walking infrastructure);
- development of smart cities (incl. social distancing aspects, if necessary).

The European Union and South Korea have both adopted Green Deals as central pillars to their economic recoveries, both leveraging regenerative models and circular economy principles (Kechichian, Mahmoud, 2020). Latvia also takes into consideration the adopted Green Deal and Sustainable Europe Investment Plan when planning possible support activities for the entrepreneurs. Moreover, on September 4, 2020 Latvia has adopted Cabinet of Ministers decree No.489 “On the Action Plan for the Transition to a Circular Economy 2020-2027. year” (Latvijas vestnesis, 2020).

## **CONCLUSIONS AND FURTHER RESEARCHES DIRECTIONS**

Circularity can be practiced at all levels now and in the future, from disinfecting face masks that save lives, to deploying SMART regional policies and strategies that maximize resource use, decrease pollution, and create countless business opportunities (Kechichian, Mahmoud, 2020). According to the study carried out by University of Warwick (2020), it is essential, that circular economy is being adopted for all industries, with different strategies for each one. when looking at post-pandemic period of restructuring business, it could be

useful embracing the transformative capabilities of digital technologies for supply chain resilience by leveraging: big data analytics for streamlining supplier selection processes; cloud computing to facilitate and manage supplier relationships; and Internet of Things for enhancing logistics and shipping processes. The analysis undertaken by the authors has led to a conclusion that the year 2020 with the pandemics has been a good booster for circular economy and although it has brought the world's economy in many areas in the recession and survival phase, it is vital at this moment to seek opportunities in order to make the revitalization of economy faster and going into the sustainability direction. This is why the authors have developed a range of policy directions that it is recommended to be implemented in any country's circular economy plans or frameworks. It is important now for policymakers of Latvia as well as of other countries to undertake a feasibility check of existing or planned circular economy strategies, to consider the most affected sectors of economy in order to develop short- and long-term action plans, that would not only foster transition towards circular economy but also have reasonable practical solutions, including policy support, mentoring and financial instruments.

## REFERENCES

1. Andersen, A.L., E.T. Hansen, N. Johannesen, and A. Sheridan (2020), 'Consumer responses to the COVID-19 crisis: Evidence from bank account transaction data,' *Covid Economics*, (7), 88– 111.
2. Brydges, T., Hanlon, M. (2020). Garment worker rights and the fashion industry's response to COVID-19. *Dialogues in Human Geography* 1–4. DOI: 10.1177/2043820620933851.
3. CEWEP (2020). Waste Incineration safely destroys viruses at high temperature. Available at: [www.cewep.eu](http://www.cewep.eu)
4. European Agency for Safety and Health at Work (2020). COVID-19: EU-OSHA guidance for the workplace. Available at: [https://oshwiki.eu/wiki/COVID-19:\\_guidance\\_for\\_the\\_workplace#Se](https://oshwiki.eu/wiki/COVID-19:_guidance_for_the_workplace#Se)
5. European Commission (2020). Waste management in the context of the coronavirus crisis. [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/waste\\_management\\_guidance\\_dg-env.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/waste_management_guidance_dg-env.pdf)
6. European Union (2020). The geopolitical implications of the COVID-19 pandemic. EP/EXPO/AFET/FWC/2017-01/04. ISBN: 978-92-846-7083-3, doi:10.2861/526114.
7. Fernandes, N., 2020. Economic effects of coronavirus outbreak (COVID-19) on the world economy. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3557504>
8. Gardiner B. (2020). Pollution Made COVID-19 worse. Now, Lockdowns Are Clearing the Air. Available at: <https://www.nationalgeographic.com/science/2020/04/pollution-made-the-pandemic-worse-but-lockdowns-clean-the-sky>
10. Hepburn, C., O'Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J., Zenghelis, D. (2020). Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change? Forthcoming

in the Oxford Review of Economic Policy 36(S1). Oxford Smith School of Enterprise and the Environment | Working Paper No. 20-02, ISSN 2732-4214 (Online).

11. Ibn-Mohammed, Taofeeq & Mustapha, K. & Godsell, J & Adamu, Z & Babatunde, Kazeem & Akintade, Damilare & Acquaye, A & Fujii, Hidemichi & Ndiaye, M & Yamoah, Fred & Koh, S. (2021). A critical analysis of the impacts of COVID-19 on the global economy and ecosystems and opportunities for circular economy strategies. *Resources Conservation and Recycling* 164:105169. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105169

12. ILO (2020). 'ILO Monitor 2nd Edition: COVID-19 and the world of work,' International Labour Organization.

13. IMF(2020). Policy Responses to COVID-19, Available at: <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/PolicyResponses-to-COVID-19>

14. International Solid Waste Association. (2020). Waste Management during the COVID 19 Pandemic: ISWA's Recommendations. ISWA. <https://www.iswa.org/iswa/covid-19/>

15. Kechichian, E., Mahmoud, N. (2020). The circular economy can support COVID-19 response and build resilience. Available at: <https://blogs.worldbank.org/psd/circular-economy-can-support-covid-19-response-and-build-resilience>

16. Latvijas vēstnesis (2020). Cabinet of Ministers decree 489 "On the Action Plan for the Transition to a Circular Economy 2020-2027. year" Available at: <https://likumi.lv/ta/id/317168-par-ricibas-planu-parejai-uz-aprites-ekonomiku-20202027-gadam>

17. Los Angeles Times (2020). Fashion brands are making face masks, medical gowns for the coronavirus crisis. Available at: <https://www.latimes.com/lifestyle/story/2020-03-24/fashion-brands-face-masks-medical-surgical-gowns-coronavirus>

18. Ministry of Environmental Protection and Regional Development (2020). MEPRD develops guidelines for safe waste disposal. Available at: <https://www.varam.gov.lv/lv/jaunums/varam-izstrada-ieteikumus-drosai-ricibai-ar-sadzives-atkritumiem-arkartejas-situacijas-laika>

19. NVRD (2020). Waste Management and Covid-19 in The Netherlands. Available at: <https://www.nvrd.nl/paginas/openbaar/dossier-actueel/rob/coronavirus-endeafvalbranche/coronavirus-in-de-afval-en-reinigingsbranche>

20. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2020). Consumer Confidence Index. Available at: <https://data.oecd.org/leadind/consumer-confidence-index-cci.htm>

21. Pinner, D., Rogers, M., Samandari, H., 2020. McKinsey Quarterly: Addressing climate change in a post-pandemic world. McKinsey & Company, pp. 1–6.

22. Policy Learning Platform (2020). COVID-19: The impact of the pandemic on the waste sector. Available at: <https://www.interregeurope.eu/policylearning/news/9076/covid-19-the-impact-of-the-pandemic-on-the-waste-sector/>

23. Ranney, M.L., Griffeth, V., Jha, A.K., (2020). Critical supply shortages—the need for ventilators and personal protective equipment during the Covid-19 pandemic. *N. Engl. J. Med.*

24. Sarkis, J., Cohen, M.J., Dewick, P., Schröder, P., 2020. A brave new world: lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production. *Resour. Conserv. Recycl.*

25. Sharma, H.B., Vanapalli, K.R., Cheela, V.R.S., Ranjan, V.P., Jaglan, A.K., Dubey, B., GoelBhattacharya, S.J. (2020). Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020;162:105052. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105052.
26. United Nations Environment Programme (2020a). *Waste Management during the COVID-19 Pandemic From Response to Recovery*. ISBN No: 978-92-807-3794-3.
27. United Nations Environment Programme (2020b). *Waste management an essential public service in the fight to beat COVID-19*. Available at: <https://buff.ly/39oKjdi>
28. United Nations International Civil Aviation Organization (UNICAO) (2020). 'Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis,' United Nations International Civil Aviation Organization (UN ICAO), Montréal, Canada.
29. University of Warwick (2020). *A circular economy could save the world's economy post-COVID-19*. ScienceDaily. ScienceDaily, 12 October 2020. Available at: [www.sciencedaily.com/releases/2020/10/201012124307.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2020/10/201012124307.htm)
30. Workers Rights Consortium (2020). *Covid-19 tracker: Which brands are acting responsibly toward suppliers and workers?* Available at: <https://www.workersrights.org/issues/covid-19/tracker/>
31. Wuytsa, W., Marinb, J., Brusselaersc, J., Vrancken, K. (2020). *Circular economy as a COVID-19 cure?*. *Resources Conservation and Recycling* Volume 162, November 2020, 105016. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105016.

Publikācija Nr. 10: Alignment of Circular Economy Business models for framing national sustainable economic development.

ALIGNMENT OF CIRCULAR ECONOMY BUSINESS MODELS FOR FRAMING NATIONAL  
SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

**Dzintra Atstaja**

Department of Law, Rīga Stradiņš University, Latvia  
Department of Management, BA School of Business and Finance, Latvia  
dzintra.atstaja@ba.lv

 <https://orcid.org/0000-0002-9411-7212>

**Natalija Cudecka-Purina**

Department of Management, BA School of Business and Finance, Latvia  
natalija.cudecka-purina@ba.lv

 <https://orcid.org/0000-0002-5736-7730>

**Raisa Hrinchenko**

Department of Economy of Enterprise and Organization of Entrepreneur Activity  
Odessa National Economic University, Ukraine, raya11@ukr.net

 <https://orcid.org/0000-0002-3366-6154>

**Viktor Koval**

National Academy of Sciences of Ukraine, Ukraine  
victor-koval@ukr.net

 <https://orcid.org/0000-0003-2562-4373>

**Janis Grasis**

Department of Law, Rīga Stradiņš University, Latvia  
Department of Management, BA School of Business and Finance, Latvia  
janis.grasis@rsu.lv

 <https://orcid.org/0000-0002-1394-9958>

**Rudite Vesere**

Rīga Technical University, Latvia, ruditevesere@yahoo.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5023-402X>

*Article history: Received 18 October 2021, Received in revised form 30 October 2021, Accepted 25 November 2021, Available online 26 November 2021*

**Abstract**

Circular economy offers opportunities to boost jobs and tackle climate change. The article reflects aspects of the impact on the environment through sectoral policies to support the circular economy because current business as usual model, based on the linear economy principle leads to a staggering inefficiency in nature resources are managed, with increased pollution, loss of ecosystems and substantial losses of value with each product disposed. This requires a change not only in consumer behaviour but even more on the resource extraction and material production side. The purpose of the research paper is to develop a decision-making matrix providing a step-by-step approach for the policymakers.

**Keywords**

business models; circular economy; systems dynamics; sustainability.

**Introduction**

As the economy experiences significant boost, which will be such also in the long run, more and more primary materials for the production purposes are required and they inevitably have a significant impact on waste generation. There is no problem if the economy is relatively small compared to the natural ecosystem. But it is

essential to keep in mind that natural ecosystem is simultaneously the source of raw materials and the final disposal for human-produced wastes. Although the result of non-rational resource consumption determines the need for increased opportunities for the implementation and expansion of recycling and reuse of products, especially in developing countries with a high population density [1–4]. All this is describing the business-as-usual model, which has been applied worldwide in the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> centuries and can be defined as linear economy. The core of the linear economy is the chain of "resource extraction - production - use - profit making - waste management at a lower cost," which has led to increase of short-life span use products with considerably low percentage of recycling.

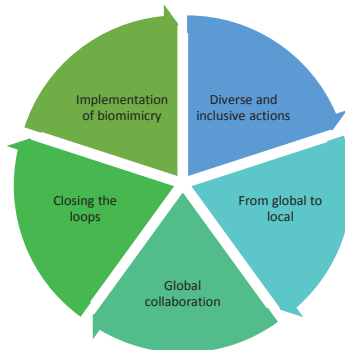


Figure 1. Steps to minimise the circularity gap.

Building a global coalition for action that is both diverse and inclusive, will bring together business, governments, NGOs and scientists to boost capacity to serve societal needs and to solve problems more sustainably. By closing the loops, it will be possible to monitor the resource flow and to identify the recycling or industrial symbiosis opportunities [5–8]. Implementation of biomimicry allows assessing nature not for consumption purposes, in terms of what can be extracted, harvested or domesticated, but for learning and optimising in production processes.

#### The theoretical framework

The circular economy approach is based on a system of production, distribution of consumption, reuse, recycling in order to save the cost of products and minimize the generation of waste to reduce the burden on the environment through the 3R (Reduce-Reuse-Recycle) Concept [9–12]. The circular theory uses different models that can be used within their functional purpose. The need to develop a national model of a circular economy is linked closely with the specifics and strategy of transition from a linear economy with appropriate financial incentive measures to achieve environmental criteria in all areas of production. Pollin, et.al. [13] investigated the conditions for such a shift from linear to circular economy that can be developed and implemented within the green recovery package.

The development of a natural ecosystem in terms of rational resource consumption, recycling and reuse of products as new business models has been identified and analysed [2,4,7,14]. Obviously, transition to a circular economy is not possible without the support of the authorities at the national, regional and municipal level, which can be implemented through sectoral policies to finance waste minimisation and recycling [15]. Increasing the efficiency of consumption of natural resources is possible with the technological modernization of the economy, the transition to higher technological structures and the improvement of legal regulation of the circular economy [16].

The circular economy is a field of emerging research, and up to now, the focus has mostly been on materials and the circularity aspects of the companies [17–19] investigated the transition to circular economy in order to reduce the overall anthropogenic load of the economy on the environment. This approach considers the linkages within and between sectors / value chains.

According to Scarpellini et.al. [20], circular economy-related activities introduced by businesses are influenced by the analysed capabilities that also improve the environmental and financial performance of firms in a circular economy framework. Moreover, the researchers show the mediating role of stakeholders in introducing

the circular economy in businesses, which is a little explored line of inquiry, as this relationship has not been widely analysed for the circular economy. When analysing the theoretical framework trends, it can be clearly noted that research on circular economy generally focused on the production aspects, paying less attention to consumer behaviour and demand [21].

It has been identified, that sustainable business models are able to provide and sustain environmental, societal, and economic value [22–24]. Circular business models are aimed at identifying and assessing the logic of creating circular infrastructure [25]. In addition to that, they tend to focus on resource efficiency strategies in order to develop more sustainable production and consumption patterns [26].

### Methods

Studies have shown that the development of a marketing strategy for an enterprise is carried out according to almost the same scheme (Figure 4). However, the study showed that customers had changed dramatically: first, they are interested in a personal attitude, and only then in the quality of goods, price – the usual indicators that have always been in the first places.

Thus, we believe that the main goal of a marketing strategy for an enterprise's financial growth is to ensure customer loyalty, i.e., customer focus.

### Results

It has been identified that both governmental and non-governmental organizations increasingly encourage the businesses for the transition towards a circular economy. The EU Action Plan has been strengthened by revising the waste package directives, which has succeeded in 2018, altogether forming the Circular Economy Package with the aim of developing the circular economy through the creation of various platforms, offering funding from the Cohesion Fund [15,27].

The main outcome of the strategies is to implement the paradigm from linear to a circular economic model. Establishing this kind of a shift is a complex task which requires substantial changes in habits and practices in many fields of society[28]. This leads to a conclusion, that each strategy is able to define different objectives in relation to the general aim.

It is very important that for the Stakeholders there is a possibility provided to communicate and share experiences and best practices via the European Circular Economy Stakeholder Platform. This platform was established in 2017 by the European Commission and the European Economic and Social Committee with the main aim to enhance the circular economy both across territories, industries and communities by bringing together experts and providing possibilities to share knowledge and foster dialogue [29].

The latest reports by European Commission reveal that in 2019 there were already over 30 Circular economy strategies in place, both of national and/or regional levels. Despite the level the key concept of the strategies is to contribute to the so-called paradigm shift of moving from the linear towards a more circular economic model. Establishing this type of a shift is a complex goal requiring fundamental changes in consumer behavior and habits in many subsystems of society.

The transition to a CE requires systemic change and a holistic, integrated approach that takes into account links within and between sectors, within and across value chains and between civil society and industrial stakeholders [18].

It is important to understand that circular economy can be applied by an entity by adoption of certain business model, or by transformation of existing activities or business elements. Below the authors have summarized the business aspects that can be improved by implementation of circular economy aspects.

#### Types of Circular economy business models.

The use of different business models allows you to minimize the consumption of materials and resources for production, as well as complete the life cycle of products through further processing and are based on:

- circular supply models. These substitute materials from primary resources with renewable, bio-based, or recovered materials, in this way reducing demand for primary resource extraction.
- resource recovery/regaining models focus on recycling waste into secondary materials (or secondary raw materials), consequently, diverting waste from landfill and in addition decreasing the volume of extraction of primary resources.
- product lifetime extension models. Focus on extending the consumption period of products, slowing the flow of materials in the economy and reduce the rate of primary resource extraction, consumption, and waste generation.
- sharing models. Tend to facilitate the sharing of goods, and can therefore reduce demand for new



products, optimize use of products already owned by the end-user and reduce the consumption of primary natural resources.

- product service system models. It is where services, not products are placed on the market, thus improving stimulus for green product design and more effective product use, thus contributing a more sustainable use of primary resources [30–32].

Table 1. Summary of actions, that may be implemented in different entity's divisions.

Source: based on [4, 5, 14–23, 6, 24–29, 33, 7–13].

Entity division	Improvements to be undertaken
Human resources	organizational culture oriented towards recycling, reuse; training and improvement of the personnel consumer behaviour, in line with circular economy
Logistics	closing the loops; implementation of reverse logistics;
Research and Development	Reduce consumption of non-renewable primary resources; increase consumption of renewable primary resources; reduce carbon emissions; reduce waste; implementing internet of things
Production	developing products with a longer life cycle; developing products suitable for reuse, remanufacturing; optimization of production equipment; implementation of industrial symbiosis; extension of technical quality control
Sales and After-sales	improving consumer relations; developing cooperation, transparency between stakeholders; after-sales services; increasing producer responsibility for ineffective use of primary resources, environmental pollution
Financial sector	identifying and optimising environmental costs; implementing accounting in accordance with the circular economy; retaining economic value of the materials

Following table shows a summary of most popular circular economy business models, as well as highlight types of resource efficiency, business model sub-types and reveals sectors, which are already implementing circular economy business models. For instance, circular value chain stands for reduced consumption of primary resources in production and uses renewable, recycled or recyclable materials. Material recovery and industrial symbiosis - tracks and recovers products before they become waste, enhances effective use of by – products and is focused on recycling up-cycling and down-cycling. Product durability, repair is focused on product life cycle extension and development of "dismantling design" at the design stage.

Personalization and tailor-made design – offer building long-term relationships with the client, promotes loyalty, makes it easier to develop repair, material recovery and recycling, and last, but not least - stands against overstocking. Product service system, dematerialization of services – grants access to a service, not to the goods themselves and it shifts the mindset from owning to using products. And finally – sharing economy – means that citizens have more opportunities to rent, lease, share, exchange or lend goods. It does help in optimization of the production rates and offers a variety of platforms for product sharing, exchange or lease.

When analyzing types of product services, three main types can be identified. Product-oriented: the business model is focused on sales of products. Some extra services can be added, as for example maintenance services. Use-oriented: The product still is a key player; it is owned by a producer-company and is offered to a customer.

The idea behind this category is to provide access to the product for the user. Result-oriented: The customer and service provider agree on a result. Normally there is no pre-determined product involved. This is also referred to as a "performance" model [34–36].

The Figure 2 depicts three different categories of product-service business models:

- product-oriented: the business model is focused on sales of products but with additional services for instance, a maintenance contract
- use-oriented: The product still plays a central role. It is owned by a provider but is being made available to the client. This is also referred to as an "access" model. Basically, it grants consumer access to the functionality of the product, when required by consumer.
- result-oriented: The consumer and provider agree on an outcome, within this business model, the product, delivering the outcome is not much important for the consumer. This is also referred to as a "performance" model [24].

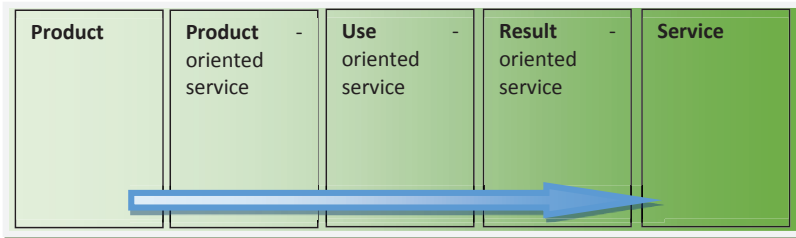


Figure 2. Transition from Products to services in circular economy.

This will be one of the most important tasks for the entities in the nearest future – to identify their status-quo and to understand transition towards what direction would be most appropriate, sustainable and economically efficient for the company.

#### Decision-making process.

In order to be able to assess all the aspects of the business environment and the entity, it is important to analyze the influential factors, the limitations and the particular required data for each company or business sector [37–39]. According to the abovementioned, the authors have developed an information flow for decision-making process for assessment of transition to circular economy and for choice of best appropriate business model, which is presented in the Figure 4.

Regulatory changes in many cases are seen as keys to unlock the existing circularity potential. Legislative boundaries can add a positive impact to the value chains and encourage cooperation between different economic sectors that might have not evaluated this cooperation possibility beforehand. In some cases, it is related to technical issues that affect material flows in different sectors, especially here comes the issue of the legal definition of waste and certain waste treatment obligations.

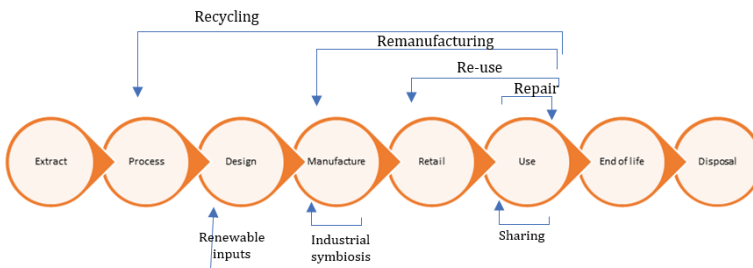


Figure 3. The impact of circular economy on linear business processes. *Source* [40].

This type of examples mostly requires actions to be taken on national or European level. A discussion of regulation framework in circular economy strategies may concern advocacy, rather than direct legislative innovation.

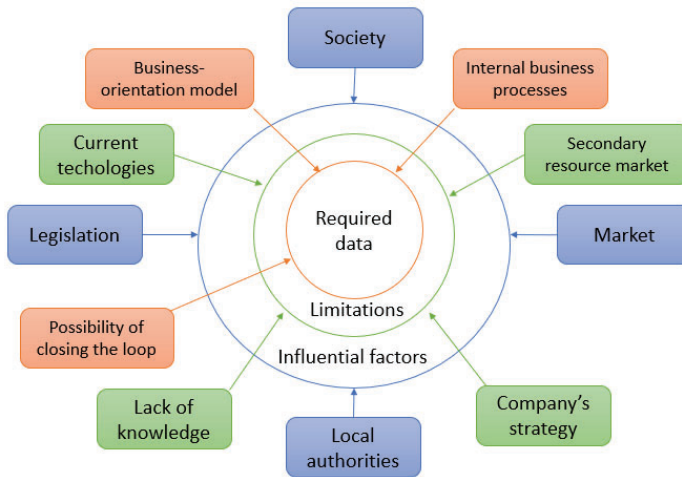


Figure 4. Information flow for decision-making process.

#### Assessment of business values and closed-loop approach.

In this section, the authors would like to tackle the importance of the closed-loop, identifying it a bit broader than solely on a company-scale. The figure below depicts three main basic principles for a company/region/State economy to implement the closed-loop concept.

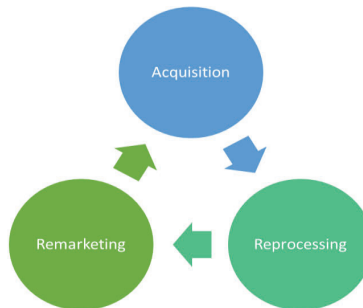


Figure 5. The main business processes for closed-loop system.

First step is acquisition. It means that one needs to develop a collection system to collect the right volumes of materials or products of the right quality, for a competitive price.

Second step is reprocessing. At this stage refurbishment, remanufacturing or recycling of used products or materials, for a competitive price has to take place.

Third step is remarketing. Finally, one requires to identify markets that would be ready to purchase the reprocessed products or materials.

Here the utmost importance is to have the comprehension that in case any of these steps fails, the closed loop is not there anymore.

Since the circular economy highlights the importance of value creation for all stakeholders, this is a very important perspective to take. Based on an examination of value, the parties involved can develop a model for the optimization of common value creation [41–43]. After undertaking an extensive literature research, the

authors have gathered business values that can be obtained from the implementation of closed loop principle (Table 2).

Table 2. Assessment of circular economy business values. Source: based on Vijayan, et. al. [43] Camilleri [44].

Type of value	Description
Sourcing value	Direct cost reductions and savings that can arise from closed loop business practices
Environmental value	Benefits that result from improved ecological footprints, i.e. ease of compliance and improved green image
Customer value	Increased customer loyalty, better customer satisfaction and superior brand protection
Informational value	Closing the loop generates valuable data on production and supply problems, failure rates, useful lifetime of the product and usage patterns.

Matrix for circular economy strategy of a country's economy.

As a result of the research, the authors offer a step-by-step matrix for development of a tailor-made circular economy strategy for a country's economy. Main key points of the matrix are – to assess the stakeholders at the following stages: material extraction, material processing, product design, manufacturing, distribution, repair, refurbishment, remanufacturing, waste management. It should then be followed by development of key stakeholder working group (KSWG).

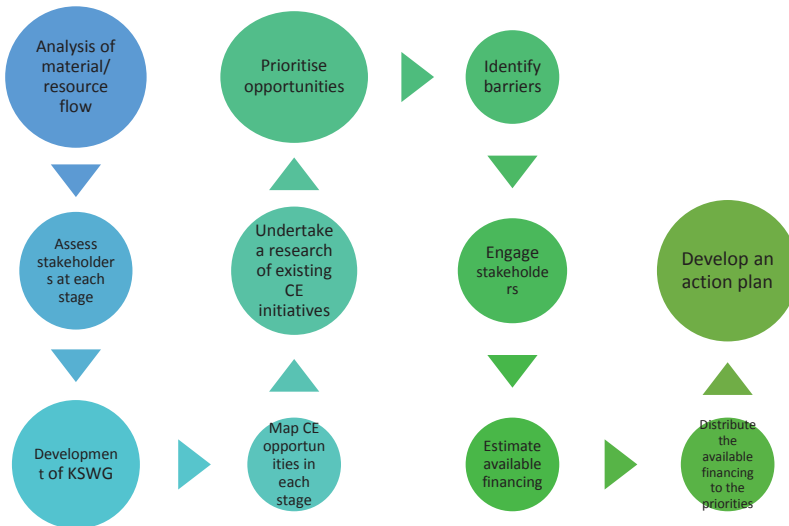


Figure 6. Circular economy action plan development matrix.

This working group then will have a range of very important obligations. One would be thorough assessment of each economy field in order to identify the best practices in the circular economy that are already in place [44–46].

Another – wise and sustainable distribution of allocated financing to the priority stages. As a result of the KSWG work, an action plan will be developed. Further it is of vital importance to hold a range of seminars for the stakeholders and industry to communicate on the priorities, financing available and required compliance criteria.

The circular economy can be an important lever to achieve key policy objectives such as generating economic growth, creating jobs, and reducing environmental impact. Multiple studies have already demonstrated how the circular economy can contribute at a national, regional and supranational level to objectives such as generating economic growth, creating jobs, and reducing environmental impact [47]. While using different methodologies and performed on different sectoral and geographical scopes, these studies have consistently demonstrated the positive impacts of the circular economy: growing GDP by 0.8–7%, adding 0.2–3.0% jobs, and reducing carbon emissions by 8–70%.

### **Impact**

The necessity to shift to circular economy can be boosted when the entities would be shown the possible business models and the way one or another company might apply them on practice. The purpose of the research paper is to develop a decision-making matrix providing a step-by-step approach for the policymakers. This tool would allow identifying the best suitable circular economy business model for Latvia's economy in general – i.e., which direction of the circular economy should be given more support on the state level. The methods used in the paper will be economic assessment, secondary data analysis and systems dynamics for decision-making. The research is limited to analysis of circular economy examples in Latvia. One of the main findings as well as practical implication will be a tool for decision-making basing on authors developed circular economy business model choice matrix. The research will be of a value for entrepreneurs, working with the focus on the circular economy alongside for policymakers, to identify the sectors of economics with the higher potential for transition to circular economy. The paper is designed as a research paper. These studies are the blueprints to prove the environmental and social impact of circular economy. Apart from this the positive impact of a circular economy on GDP growth, job creation and carbon reduction, there are also cost savings and increased reuse and recycling of materials through reduced demand for primary materials.

### **Conclusions**

Basing on the undertaken research, the authors have developed the following conclusions.

The concept of circular business models is seen as a strong enabler for companies that are willing to move forward circular practices. However, it has to be understood that designing business models in line with circular economy principles and capitalising the environmental and economic values of a company or a product lead to development of a new set of requirements for business model innovation. Business models need to be designed in a way that enable preservation and utilisation of the value embedded in resources (e.g. through resource recovery, long life, multiple use cycles) if resource loops are to be slowed and closed.

As a result of this research the authors have developed a matrix for circular economy strategy of a country's economy. By applying this step-by-step approach, policymakers will be able to develop most inclusive action plan, that will assess and take into consideration all the fields of economy tackled by circular economy, it will identify already existing circular economy initiatives and prioritise the opportunities at each of the circular economy stages.

### Further research

Further research would be linked with practical development of part of the action plan matrix, by assessing stakeholders at each stage of circular economy, developing the opportunities and identifying the barriers to the implementation of circular economy.

It is of interest for the authors to undertake further research and to assess the resource cycle within a company, to develop cost comparison, with and without implementation of circular economy elements. In this case it would be assessment of implementation of industrial symbiosis.

### **Conflict of interest**

There are no conflicts to declare.

### **Acknowledgements**

This research was funded within the Fundamental applied research project “Quadruple Helix Concept (QHC) as a base of the next generation PPP model” (no. Izp-2020/1-0062) by the Latvian Council of Science (Latvia).

### **References**

- [1] D. Atstaja, I. Uvarova, D. Kamilla Kambala, V. Alberte, K. Stokmane, A. Gegere-Zetterstroma, S. Kraze, G. Zapletnuka, Investments to Develop Business Models and Projects in the Circular Economy, in: IOP

- Conf. Ser. Earth Environ. Sci., 2020. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/578/1/012029>.
- [2] A. Druckman, M. Chitnis, S. Sorrell, T. Jackson, Missing carbon reductions? Exploring rebound and backfire effects in UK households, *Energy Policy*. 39 (2011) 3572. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.058>.
  - [3] O. V. Prokopenko, Consumer choice types in marketing of ecological innovations, *Actual Probl. Econ.* 116 (2011) 109–116.
  - [4] S. Sehnem, D. Vazquez-Brust, S.C.F. Pereira, L.M.S. Campos, Circular economy: benefits, impacts and overlapping, *Supply Chain Manag.* 24 (2019) 784–804. <https://doi.org/10.1108/SCM-06-2018-0213>.
  - [5] C. Schmidt, G. Van Gebin, F. Van Houten, C. Close, D.B. McGinty, R. Arora, J. Potocnik, N. Ishii, P. Bakker, M. Kituyi, F. Sijbesma, A. Wijkman, *The Circularity Gap Report 2020*, *Circ. Econ.* 3 (2020) 69. <https://www.circularity-gap.world/about>.
  - [6] European Commission, *A new Circular Economy Action Plan*, (2020).
  - [7] A. Constantin, D. Mihaela, D. , Mihaela, *Business Model in Circular Economy*, *Valahian J. Econ. Stud.* 8 (2017) 101–108.
  - [8] I. Uvarova, D. Atstaja, U. Grinbergs, J. Petersons, A. Gegere-Zetterstroma, S. Kraze, Transition to the circular economy and new circular business models - An in-depth study of the whey recycling, in: *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 2020: p. 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/578/1/012019>.
  - [9] E. MacArthur, *Towards the Circular Economy vol. I and vol. II Economic and business rationale for a circular economy*, *Ellen MacArthur Found.* 1,2 (2012).
  - [10] European Environment Agency, *Signals: well-being and the environment—building a resource-efficient and circular economy in Europe Luxembourg*, *Publ. Off. Eur. Union*, Copenhagen, Denmark. (2014).
  - [11] Y. Lazarenko, O. Garafonova, V. Marhasova, S. Grigashkina, O. Kozureva, The managerial aspects of integrating the sustainable development principles into practices of mining companies, in: A. Khoreshok, V. Atrushkevich, S. Vöth, D. Nuray, J. Janocko, Y. Tan, D. Marasová, P. Stefanek, M. Petrova (Eds.), *E3S Web Conf.*, 2019: p. 03011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913403011>.
  - [12] A. Pinchuk, N. Tkalenko, V. Marhasova, Implementation of circular economy elements in the mining regions, in: M. Tyulenev, S. Zhironkin, A. Khoreshok, S. Vöth, M. Cehlár, D. Nuray, J. Janocko, S. Anyona, Y. Tan, A. Abay, D. Marasová, P. Stefanek (Eds.), *E3S Web Conf.*, 2019: p. 04048. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910504048>.
  - [13] R. Pollin, H. Garrett-Peltier, J. Heintz, H. Scharber, “Green Recovery: a program to create good jobs and start building a low-carbon economy,” *Cent. Am. Prog.* 1 (2008) 1–36.
  - [14] O. Prokopenko, L. Korchevska, M. Shulga, A. Zakharchenko, T. Stavarska, Y. Sydorov, Adaptation of the development of ecological entrepreneurship, *Int. J. Sci. Technol. Res.* 9 (2020) 1112–1115.
  - [15] G. Salvatori, F. Holstein, K. Böhme, *Circular economy strategies and roadmaps in Europe: Identifying synergies and the potential for cooperation and alliance building*, 2019. <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/files/qe-01-19-425-en-n.pdf>.
  - [16] M. Smol, The importance of sustainable phosphorus management in the circular economy (CE) model: the Polish case study, *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 21 (2019) 227–238. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0794-6>.
  - [17] E. Guldmann, R.D. Huulgaard, Barriers to circular business model innovation: A multiple-case study, *J. Clean. Prod.* 243 (2020) 118160. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118160>.
  - [18] F. Boons, C. Montalvo, J. Quist, M. Wagner, Sustainable innovation, business models and economic performance: An overview, *J. Clean. Prod.* 45 (2013) 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.08.013>.
  - [19] K. Whalen, Classifying circular business models: a practice-based review, *Conf. Proc.* (2017) 417–421.
  - [20] S. Scarpellini, L.M. Marín-Vinuesa, A. Aranda-Usón, P. Portillo-Tarragona, Dynamic capabilities and environmental accounting for the circular economy in businesses, *Sustain. Accounting, Manag. Policy J.* 11 (2020) 1129–1158. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-04-2019-0150>.
  - [21] R. Elzinga, D. Reike, S.O. Negro, W.P.C. Boon, Consumer acceptance of circular business models, *J. Clean. Prod.* 254 (2020) 119988. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119988>.
  - [22] S. Evans, D. Vladimirova, M. Holgado, K. Van Fossen, M. Yang, E.A. Silva, C.Y. Barlow, *Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models*, *Bus. Strateg. Environ.* 26 (2017) 597–608. <https://doi.org/10.1002/bse.1939>.
  - [23] F. Lüdeke-Freund, S. Gold, N.M.P. Bocken, A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns, *J. Ind. Ecol.* 23 (2019) 36–61. <https://doi.org/10.1111/jiec.12763>.
  - [24] L. Schmerber, *Circular business models for SMEs*, (2020).
  - [25] M. Antikainen, K. Valkokari, *A Framework for Sustainable Circular Business Model Innovation*, *Technol.*

- Innov. Manag. Rev. 6 (2016) 5–12. <https://doi.org/10.22215/timreview1000>.
- [26] J.L.K. Nußholz, A circular business model mapping tool for creating value from prolonged product lifetime and closed material loops, *J. Clean. Prod.* 197 (2018) 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.112>.
- [27] E. Commission, Implementation of the Circular Economy Action Plan, (2018).
- [28] European Commission, Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains - Environment policy and protection of the environment - EU Bookshop, Luxembourg, 2014. <http://bookshop.europa.eu/en/scoping-study-to-identify-potential-circular-economy-actions-priority-sectors-material-flows-and-value-chains-pbKH0114775/>.
- [29] 2017, European Circular Economy Stakeholder Platform, <https://circulareconomy.europa.eu/platform/>.
- [30] B. Mentink, Masterarbeit: Circular Business Model Innovation: A process framework and a tool for business model innovation in a circular economy, Delft Univ. Technol. (2014) 168. [http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:c2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621/THESIS\\_REPORT\\_FINAL\\_Bas\\_Mentink.pdf](http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:c2554c91-8aaf-4fdd-91b7-4ca08e8ea621/THESIS_REPORT_FINAL_Bas_Mentink.pdf).
- [31] 2019, OECD Roundtable on the Circular Economy in Cities and Regions. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/roundtable-circular-economy.htm>.
- [32] S. Sehnem, L.M.S. Campos, D.J. Julkovski, C.F. Cazella, Circular business models: level of maturity, *Manag. Decis.* 57 (2019) 1043–1066. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2018-0844>.
- [33] M. Ellen, M.& Company, Towards the Circular Economy : Accelerating the scale-up across global supply chains, 2014.
- [34] J.C. Aurich, E. Schweitzer, C. Fuchs, Life Cycle Management of industrial Product-Service Systems, in: *Adv. Life Cycle Eng. Sustain. Manuf. Businesses - Proc. 14th CIRP Conf. Life Cycle Eng.*, Springer London, London, 2007: pp. 171–176. [https://doi.org/10.1007/978-1-84628-935-4\\_30](https://doi.org/10.1007/978-1-84628-935-4_30).
- [35] H. Gebauer, C. Saul, S. Joncourt, Use-oriented product service systems in the early industry life cycle, *Ekonom. Rev. Vasca Econ.* 89 (2016) 194–223.
- [36] A. Helander, K. Moller, How to become solution provider: System supplier's strategic tools, *J. Business-to-Bus. Mark.* 15 (2008) 247–289. <https://doi.org/10.1080/15470620802059265>.
- [37] H. Dzwigol, M. Dzwigol-Barosz, Sustainable development of the company on the basis of expert assessment of the investment strategy, *Acad. Strateg. Manag. J.* 19 (2020) 1–7.
- [38] S. Jørgensen, L.J.T. Pedersen, The Circular Rather than the Linear Economy, in: 2018: pp. 103–120. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91971-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91971-3_8).
- [39] A. Kwilinski, I. Ruzhytskyi, V. Patlachuk, O. Patlachuk, B. Kaminska, Environmental taxes as a condition of business responsibility in the conditions of sustainable development, *J. Leg. Ethical Regul. Issues.* 22 (2019).
- [40] P. Lacy, J. Rutqvist, Waste to wealth: The circular economy advantage, Palgrave Macmillan UK, London, 2016. <https://doi.org/10.1057/9781137530707>.
- [41] O. Laktionova, V. Koval, N. Savina, B. Gechbaia, The models of matching financial development and human capital in national economy, *Bull. Georg. Natl. Acad. Sci.* 15 (2021) 177–184.
- [42] V.T.T. Technical, The concept of value in circular economy business models Teuvo Uusitalo, Maria Antikainen, *ISPIM Innov. Forum.* (2018). [www.ispim.org](http://www.ispim.org).
- [43] G. Vijayan, N.H. Kamarulzaman, A. Mukherjee, S.K.N. Vaiappuri, Strategic value creation in a supply chain, in: *Handb. Res. Glob. Supply Chain Manag.*, 2016: pp. 186–204. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9639-6.ch011>.
- [44] M.A. Camilleri, Corporate sustainability, social responsibility and environmental management: An introduction to theory and practice with case studies, Springer International Publishing, Cham, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46849-5>.
- [45] I. Mikhno, V. Koval, G. Shvets, O. Garmatiuk, R. Tamošiūnienė, Green Economy In Sustainable Development And Improvement Of Resource Efficiency, *Cent. Eur. Bus. Rev.* 10 (2021) 99–113. <https://doi.org/10.18267/j.cebr.252>.
- [46] K. Majchrzak, P. Olczak, D. Matuszewska, M. Wdowin, Economic and environmental assessment of the use of electric cars in Poland, *Polityka Energ.* 24 (2021) 153–167. <https://doi.org/10.33223/epj/130209>.
- [47] F. Ellen MacArthur, Delivering the Circular Economy: A Toolkit for Policymakers, *Deliv. Circ. Econ. A Toolkit Policymakers.* (2015) 177.