



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Energiatehnoloogia Instituut

**EESTI JÄÄTME MAJANDUSE ARENGU
VÕIMALUSED EUROOPA LIIDU EESMÄRKIDE
KONTEKSTIS**

**ESTONIAN WASTE MANAGEMENT PERSPECTIVES
TOWARDS EUROPEAN UNION TARGETS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kristjan Suurorg

Üliõpilaskood: 176593MASM

Juhendaja: Eduard Latõšov PhD, programmijuht

Tallinn 2020

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad,

kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"....." 2020

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2020

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." 2020 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Kristjan Suurorg (sünnikuupäev: 24.10.1994),

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Eesti jäätmemajanduse arengu võimalused Euroopa Liidu eesmärkide kontekstis“, mille juhendaja on Eduard Latõšov,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

Taltech Energiatehnoloogia Instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Kristjan Suurorg, 176593MASM

Õppekava, peaariala: MASM02/18–Energiatehnoloogia ja soojusenergeetika

Juhendaja: Programmijuht, PhD Eduard Latõšov, 53359298

Lõputöö teema:

*Eesti jäätmemajanduse arengu võimalused Euroopa Liidu eesmärkide kontekstis
Estonian Waste Management Perspectives Towards European Union Targets*

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Anda ülevaade Euroopa Liidu ja Eesti jäätmemajanduse hetkeolukorrast ning kirjeldada peamised jäätmekäitlustehnoloogiad.
2. Kaardistada Euroopa Liidu ja Eesti jäätmemajanduse eesmärgid ning analüüsida nende täitmise võimalusi Eesti kontekstis.
3. Anda hinnang, kuidas uus eeldatav jäätmemajanduse olukord Eestis mõjutab olemasolevate ja võimalike uute energiatehnoloogiliste lahenduste toimimist/rakendamist.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö teema ja eesmärkide mõtestamine ning sõnastamine	28.02.2020
2.	Materjali läbitöötamine	15.04.2020
3.	Analüüs ja järelduste tegemine	15.05.2020
4.	Lõputöö vormistamine ja esitamine	27.05.2020

Töö keel: eesti keel

Lõputöö esitamise tähtaeg: 27. mai 2020. a

Üliõpilane: Kristjan Suurorg ".....".....2020. a
/allkiri/

Juhendaja: PhD Eduard Latõšov ".....".....2020. a
/allkiri/

Programmijuht: PhD Eduard Latõšov ".....".....2020. a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	7
Lühendite ja tähiste loetelu	8
SISSEJUHATUS	9
1 JÄÄTMEMAJANDUSE KORRALDAMISE PÕHITÕED	11
1.1 Jäätmete liigitamine	12
1.2 Jäätmetekke vältimine.....	13
1.3 Jäätmehooldus	14
1.3.1 Jäätmete kogumine	14
1.3.2 Jäätmevedu	15
1.3.3 Jäätmete järelvalve	16
1.4 Jäätmete töötlemine	17
2 EUROOPA LIIDU JA EESTI JÄÄTMEMAJANDUSE HETKEOLUKORD.....	20
2.1 Euroopa Liit	20
2.1.1 Seadusandlus	21
2.1.2 Jäätmekäitlus numbrites.....	22
2.2 Eesti	24
2.2.1 Seadusandlus	26
2.2.2 Jäätmekäitlus numbrites.....	27
2.3 Kokkuvõte: Eesti ja Euroopa Liidu võrdlus.....	29
3 EL JA EESTI EESMÄRGID JÄÄTMEMAJANDUSE VALDKONNAS.....	32
3.1 Aastaks 2020	32
3.2 Aastateks 2020–2025.....	33
3.3 Aastateks 2030–2035.....	35
4 JÄÄTMEKÄITLUSTEHNOLOOGIAD	36
4.1 Materjali ringlussevõtt	36
4.1.1 Materjali ümbertöötlemine	37
4.1.2 Ringlussevõtt Eestis	39
4.2 Bioloogiline ringlussevõtt	41
4.2.1 Aeroobne kompostimine	42
4.2.2 Anaeroobne kääritamine.....	43
4.3 Energiakasutus.....	45
4.3.1 Jäätmekütuse tootmine ja kasutamine	46
4.3.2 Jäätmete masspõletamine	48
5 JÄÄTMEMAJANDUSE ARENDAMISE VÕIMALUSED EESTIS	51
5.1 Jäätmehoolduse arendamine	52
5.1.1 Jäätmetekke vältimine	52

5.1.2 Jäätmete tõhusam sorteerimine	53
5.1.3 Jäätmete tõhusam kogumine ja vedu	55
5.1.4 Jäätmekorralduse kontrolli tõhustamine	56
5.2 Jäätmekäitlustehnoloogiate arendamine	56
5.2.1 Materjali ringlussevõtt.....	57
5.2.2 Bioloogiline ringlussevõtt.....	58
5.2.3 Energiakasutus	59
6 JÄÄTMEKÄITLUSTEHTNOLOOGIATE RAKENDATAVUS EELDATAVATEL	
JÄÄTMEKÄITLUSTEHTNOLOOGIATE TINGIMUSTEL EESTIS	61
6.1 Olmejäätmete ringlussevõtt	63
6.2 Olmejäätmete energiakasutus	65
6.3 Olmejäätmete ladestamine	66
KOKKUVÕTE	67
SUMMARY.....	70
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	73
LISAD	78
Lisa 1 Jäätmenimistu määrusest „Jäätmete liigitamise kord ja jäätmenimistu“	78
Lisa 2 Joonis „Jäätmete kehtivuses EL 28 riigis“	80
Lisa 3 Joonis „Plastide hierarhia“	81
Lisa 4 Jäätmete taaskasutustoimingute nimistu.....	82
Lisa 5 Jäätmete kõrvaldustoimingute nimistu	83

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema idee tekkis autoril välismaal vahetusõpingute perioodil, kus läbitud ainetes pöörati suurt tähelepanu just kaasaegsetele bio-energeetika lahendustele. Minu valitud ained keskendusid suures osas jäätmemajandusele ning sellega seotud energiatehnoloogiatele. Olles eelnevalt jäätmete põletusega soojuse ja elektri koostootmise eesmärgil ka tööalaselt kokku puutunud, soovisin antud valdkonda Eesti kontekstis lähemalt uurida.

Lõputöö „Eesti jäätmemajanduse arengu võimalused Euroopa Liidu eesmärkide kontekstis“ lühikokkuvõtte: Magistritöö eesmärgiks on anda ülevaade Euroopa Liidu ja Eesti jäätmemajanduse hetkeolukorrast ning kirjeldada peamiseid jäätmekäitluse tehnoloogiaid. Lisaks kaardistab autor tulevikuks püstitatud eesmärgid ja analüüsib jäätmemajanduse arendamise võimalusi Eestis. Töö lõpus pakub autor välja eeldatava jäätmemajanduse stsenaariumi aastani 2035 ning analüüsib olemasolevate ning võimalike uute käitlus-, sh energiatehnoloogiate osatähtsust.

Töö autor soovib tänada juhendajat Eduard Latõšovit hea koostöö ja igakülgse abi eest.

Märksõnad: *olmejäätmed, biojäätmed, jäätmemajandus, jäätmekäitlus, magistritöö*

Lühendite ja tähiste loetelu

ECS – (ingl k eddy current separator) raud- ja mitteraudmetalliliste materjalide eraldamiseks väljatöötatud tehnoloogia

ESP – elektrostaatiline suitsugaaside filter (ingl k *electrostatic precipitator*)

HCl – vesinikkloriid, vesinikkloriidhape, soolhape

HDPE – kõrge tihedusega polüetüleen (ingl k *high density polyethylene*)

HF – vesinikfluoriid

HRT – hüdrauliline viibeaeg (ingl k *hydraulic retention time*), substraadi käärimiskambris viibimise aeg

H₂S – vesiniksulfiid, divesiniksulfiid

JATS – Jäätmearuandlus Infosüsteem

JÄÄTS – Jäätmeseadus RT I 2004, 9, 52

KAUR - Keskkonnaagentuur

KOV – Kohalik Omavalitsus

LDPE – madala tihedusega polüetüleen (ingl k *low density polyethylene*)

MBT- mehaaniline-bioloogiline töötlemine (ingl k *mechanical biological treatment*)

NIR – infrapuna kiirgus (ingl k near infrared), rakendatakse materjalide sorteerimisel

NO_x - lämmastikoksiidid

OLR – anaeroobse käärituse bioloogilise töötlusvõime näitaja (ingl k *organic load rate*)

PET; PETE – polüetüleen tereftalaat (ingl k *polyethylene terephthalate*)

PP – polüpropüleen (ingl k polypropylene)

PS – polüstüreen (ingl k polystyrene)

RDF – jäätmekütuse lühend (vanemad allikad, kindlalt määratlemata koostis ja kvaliteet) (ingl k *refuse derived fuel*)

SCR – selektiivne katalüsaator (ingl k *selective catalytic reactor*)

SEI – Stockholmi Keskkonnainstituut (ingl k *Stockholm Environment Institute*)

SRF – tahke prügikütus (ingl k *solid recovered fuel*)

SO₂ – vääveldioksiid

SO₃ – vääveltrioksiid

V; PVC – polüvinüülkloriid

TOC – orgaanilise süsiniku sisaldus väljendatuna mahu protsendis, (ingl k *total organic carbon*)

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on anda ülevaade Eesti jäätmemajanduse hetkeolukorrast ning pakkuda välja visioon tulevikuks. Jäätmed ning nendega seotud probleemid ja võimalused muutuvad päev-päevalt aktuaalsemaks. Ühest küljest on jäätmete näol tegemist tarbimise tagajärjel tekkivate jääkidega, mis vajavad kõrvaldamist. Teisest küljest on jäätmed laialdaselt levinud ning võrdlemisi odav ressurs, millest on võimalik toota uusi materjale ning energiat.

Lisaks autori isiklikule huvile on antud teema aktuaalne nii Eestis, Euroopa Liidus kui ka väljaspool. Käesolev aasta 2020 on tähendusrikas, sest just selle aasta alguseks oli seatud palju eesmärke, mida Euroopa Liidu riikidel tuli täita. Kui Euroopa Liidu jäätmete raamdirektiiv (2008/98/EÜ) [1] nägi ette, et aastaks 2020 tuleb olmejäätmeid ringlusse võtta vähemalt 50% ulatuses, siis 2019. aasta alguses oli see näitaja Eesti puhul kõigest 28% [2]. Teema aktuaalsest kõneleb ka asjaolu, et antud uurimistöö valmimise perioodil plaanib keskkonnaministerium esitada valitsusele jäätmepaketi eelnõu, milles seatakse riigitasandil uued eesmärgid kuni 2035. aastani [3].

Antud töö keskendub peaaesjalikult olmejäätmetele ning nendega seotud põhitõdedele, käitlustehnoloogiatele ja püstitatud eesmärkidele. Autor võrdleb Eesti ja Euroopa Liidu riikide vastavaid näitajaid ning analüüsib eesmärkide täitmise võimalusi. Viimases osas kirjeldab ta eeldatavaid jäätmemajanduse tingimusi aastal 2035.

Töö koostamisel analüüsib autor Euroopa Liidu (EL) ja Eesti Vabariigi seadusandlusi, tegevuskavasid, teadusuuringuid ning -artikleid. Enim viidatakse Euroopa Liidu jäätmete raamdirektiivile, Jäätmeseadusele (JÄÄTS), „Riigi jäätmekava 2014-2020“-le ning riigikontrolli aruandele „Riigi ja kohalike omavalitsuste tegevus olmejäätmete kogumisel ja taaskasutusse suunamisel“.

Hetkeolukorra hindamisel tugineb autor Eurostati andmebaasile [2], kuhu liikmesriigid on kohustatud edastama oma tekitatud ja käideldud olmejäätmete andmed. Antud lõputöös on kasutatud 2018. aasta (värskeim) statistikat. Andmete töötlemiseks ning tabelite ja jooniste koostamiseks kasutab autor programmi Microsoft Excel. Kogu töös esitatud graafiline materjal (v.a Joonis 1.1) on autori koostatud.

Jäätmemajanduse jätkusuutlikku arendamist silmas pidades toetub autor uurimistöös läbivalt ringmajanduse tegevusplaani põhimõtetele ning jäätmehierarhiale (vt. Joonis 1.1).

Esimene peatükk annab ülevaate jäätmemajanduse korraldamise põhitõdede kohta. Autor tutvustab lühidalt ringmajanduse ja jäätmehierahia põhimõtteid ning jäätmete liigitamist ja nende tekke vältimist. Peatüki teine pool käsitleb endas jäätmete kogumise, töötlemise ning järelvalve alaseid põhitõdesid.

Teine peatükk kirjeldab Euroopa Liidu ja Eesti jäätmemajanduse hetkeolukorda. Autor teeb ülevaate tähtsamatest dokumentidest ning arengu- ja tegevuskavadest. Toetudes Eurostati andmebaasile, loob ta graafikud kirjeldamiseks senist jäätmekäitlust (jäätmetekke, käitlusviiside osakaalud). Peatüki lõpus teeb ta lühikokkuvõtte tähtsamatest näitajatest ning erinevustest.

Kolmandas peatükis analüüsib autor püstitatud jäätmemajanduse eesmärged. Esmalt käesolevaks 2020ndaks aastaks ning järgnevalt aastani 2035. Autor tugineb EL jäätmete raamdirektiivile 2008/98/EÜ, riigi jäätmekavale ning Euroopa Komisjoni ringmajanduse tegevuskavale.

Neljandas peatükis kirjeldab autor erinevaid hetkel rakendatavaid jäätmekäitlustehnoloogiaid. Peatükk on jaotatud tinglikult kolmeks: materjali ümbertöötlemine, bioloogiline ringlussevõtt ning energiakasutus.

Viiendas peatükis analüüsib töö koostaja jäätmemajanduse arendamise võimalusi Eestis nii korraldusliku kui tehnoloogilise külje pealt. Esmalt kirjeldab ta järgnevaid võimalusi: jäätmetekonnal osalejate teadlikkuse tõstmise ning jäätmetekke vältimise. Järgnevalt analüüsib ta jäätmete sorteerimise, kogumise, veo ning järelvalve arendamise võimalusi. Peatüki teises pooles uurib ta käitlustehnoloogiate arendamist.

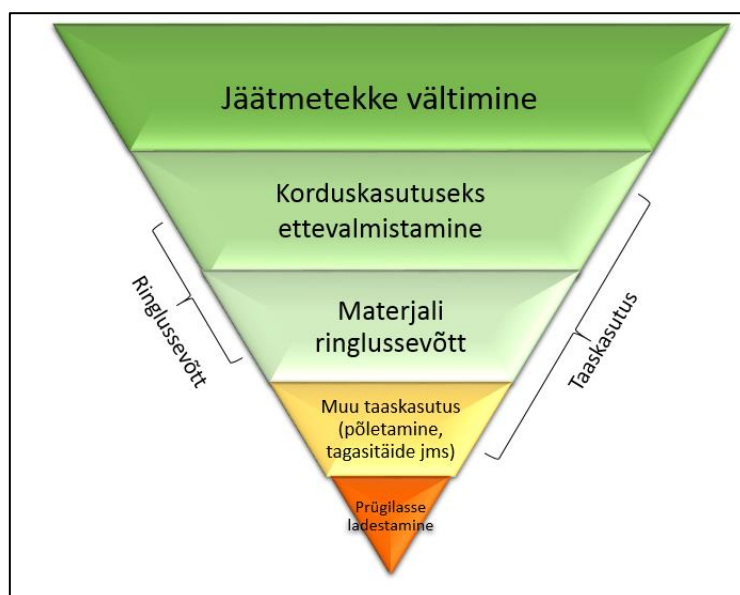
Kuuendas peatükis võtab autor kokku eelnevalt analüüsitud ning pakub välja eeldatava jäätmemajanduse olukorra aastaks 2035.

1 JÄÄTME MAJANDUSE KORRALDAMISE PÕHITÕED

Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni (ÜRO) hiljutise analüüsi põhjal jõuab maailmarahvastiku arv aastaks 2050 ligemale 10 miljardi piirile, tarbides samal ajal ressurse nii, nagu oleks meie käsutuses kolm planeeti [4]. Tarbimisega on paratamatult seotud ka jäätmete teke ning Maailmapanga prognooside kohaselt kasvab tekitatud jäätmete hulk 2050. aastaks 70% võrreldes 2018. aastaga [5]. Jäätmeseaduse järgi defineeritakse jäätmeid kui mis tahes vallasasju, mille valdaja on ära visanud, kavatses seda teha või on kohustatud seda tegema [6].

Jäätmetekke kasv lähikümenditel on suuresti paratamatu, kuid püüdlused seda pidurdada on jätkusuutliku arengu seisukohast vägagi olulised. Aastal 2015 avaldas Euroopa Komisjon esimese Ringmajanduse Tegevusplaani, milles nähti senise lineaarse majandusmudeli asendamist. „Võta-valmista-viska ära“ tüüpi tekonnal on jäätmed vältimatuks osaks, kuid alternatiivse ringmajanduse mudeliga „töötle ümber-valmista-kasuta“ on jäätmeteket võimalik vähendada ja vältida [7].

Jäätmete käitlemisel ehk kogumisel, vedamisel, taaskasutamisel, kõrvaldamisel, vahendamisel või edasimüümisel tuleks lähtuda Euroopa Liidu jäätmete raamdirektiivist (2008/98/EÜ), mis peaks aitama liikuda n-ö jäätmeid ringlussevõtva ühiskonna poole. Samuti tuleb püüda vältida jäätmeteket ning kasutada jäätmeid kui ressursi. Direktiivi artikkel 4 käsitleb jäätmete käitlemist kui viieastmelist tagurpidi asetseva püramiidi kujulist hierarhiat [1], [8].



Joonis 1.1 Jäätmekäitluse hierarhia [9]

Joonis 1.1 illustreerib jäätmete raamdirektiivist tulenevat prioriteetide järjestust. Eesmärk on eelistada püramiidi ülemisi tahke. Esiteks tuleks võimalusel vältida üleüldse jäätmete teket. Kui see aga võimalik pole, tuleks mõelda, kuidas saaks materjale või tooteid korduskasutada.

Jäätmete korduskasutuseks ettevalmistamist nimetatakse kontrollivaks, puhastavaks või parandavaks taaskasutamismooduseks, millega jäätmeteks muutunud komponente või tooteid valmistatakse ette selliselt, et neid on võimalik kordukasutada nende esialgsel otstarbel ilma mis tahes muu eeltöötlusteta [6].

Püramiidi järgmisel astmel on materjali ringlussevõtt, mis tähendab seda, et jäätmeteks muutunud tooteid pole võimalik esialgsel otstarbel kasutada ning need tuleb suunata ümbertöötlemisele.

Jäätmete ringlussevõttu defineerib jäätmete raamdirektiiv (2008/98/EÜ) järgmiselt: „Ringlussevõtt on jäätmete taaskasutustoiming, mille käigus jäätmematerjalid töödeldakse toodeteks, materjalideks või aineteks kasutamiseks nende esialgsel või mõnel muul eesmärgil. Toiming hõlmab orgaaniliste ainete töötlemist, kuid ei hõlma energiakasutust ja töötlemist materjalideks, mida kasutatakse kütusena või kaeveõõnte täitmiseks“ [1].

Hierarhia madalamas otsas on vähim eelistatud variandid: jäätmete põletamine ja ladestamine. Põletamise korral on võimalik jäätmeid taaskasutada energia tootmise eesmärgil.

1.1 Jäätmete liigitamine

Jäätmete liigitamisel lähtutakse nende tekkevaldkonnast ning jaotakse nad ohtlikeks ja tavajäätmeteks. Liigitamine toimub Jäätmeseaduse RT I 2004, 9, 52 (JÄÄTS) 2015. aasta määruse „Jäätmete liigitamise kord ja jäätmenimistu“ alusel [6]. Jäätmenimistu (Lisa 1), on üles ehitatud kuuekohaliste koodinumbritega ning kahe- ja neljakohaliste jäätmenimistu jaotiste ja alajaotiste koodinumbritega, mis tähistavad kolme liigitustasandit.

Jäätmed on ohtlikud, kui nad oma omaduste (mürgisus, plahvatusohtlikkus, nakkusoht jms) tõttu võivad põhjustada kahju inimese tervisele ja keskkonnale. Nende käitlemisel

tuleb tegutseda vastavalt erinõuetele ning vältida segunemist tavajäätmetega [10]. Ohtlikud jäätmed on jäätmenimistus tähistatud tärniga. Kõiki jäätmeid, mis ei kuulu ohtlike jäätmete hulka, nimetatakse tavajäätmeteks. Tavajäätmed jagunevad omakorda püsi-, olme- ja biolagunevateks jäätmeteks.

Püsijäätmeteks nimetatakse jäätmeid, milles ei toimu olulisi füüsikalisi, keemilisi ega bioloogilisi muutusi. Nad ei lahustu, põle ega reageeri muul viisil füüsikaliselt või keemiliselt. Samuti ei ole nad biolagundatavad ega mõjuta ebasoodsalt muid nendega kokkupuutesse sattuvaid aineid viisil, mis põhjustaks keskkonna saastumist või kahju inimese tervisele [9].

Olmejäätmeteks nimetatakse kodumajapidamises, kaubanduses, teeninduses või mujal tekkinud koostise ja omaduste poolest sarnaseid jäätmeid.

Biolagunevad jäätmed on anaeroobselt või aeroobselt lagunevad jäätmed, nagu näiteks aia- ja haljastusjäätmed, toidujäätmed ning paper ja papp [9].

Biojäätmeteks nimetatakse aia- ja haljastusjäätmeid ning kodumajapidamises, jaemüügikohas või toitlustusasutuses tekkinud toidu- ja köögijäätmeid [9].

1.2 Jäätmetekke vältimine

On iseenesestmõistetav, et prügi teekond saab alguse jäätmetekitaja poolt antud sisendist. Tekkinud jäätmeid on aga võimalik ennetada või hoopis vältida. Nii väheneb koormus ka ülejäänud teekonnale.

Jäätmetekke vältimiseks nimetatakse EL jäätmete raamdirektiivi (artikli 3.12) järgi aine, materjali või toote jäätmeteks muutumisele eelnevaid meetmeid, mis vähendavad [8]:

- jäätmete koguseid, kaasa arvatud toodete korduskasutamise või kasutusaja pikendamise läbi;
- tekitatud jäätmete ebasoodsat mõju inimese tervisele ja keskkonnale;
- ohtlike ainete sisaldust materjalides ja toodetes.

Keskkonnaministeeriumi „Riigi jäätmekava 2014-2020 lisa nr3“ arengudokumendis nähakse peamist rolli rahvastikul, kelle käitumisharjumustest ja teadlikkusest sõltub jäätmete koguse vähendamine. Samuti on oluline roll ka kohalikel omavalitsustel

inimeste teavitamise näol ning ettevõtlussektoril keskkonnahoidliku tootearenduse edendamise ja puhtama tootmise näol. Vähem tähtsaks ei peeta ka riigi rolli teabe levitamise, keskkonnahoidlike riigihangete kasutamise, õiguslike aluste kujundamise jms osas [8].

1.3 Jäätmehooldus

Vaatamata sellele, et kõik erinevad jäätmeliigid on olulised nii majanduslikust kui keskkondlikust seisukohast, keskendub autor antud töös peaaesjalikult kodumajapidamises tekkivatele olmejäätmetele. Kuigi koguselt tekib neid märkimisväärselt vähem kui näiteks tööstusjäätmeid, on nende hooldamine tänu rohkearvulistele jäätmetekitajatele ning suurtes piirides varieeruvale sisule keeruline ja ressursimahukas. Jäätmehoolduseks (*waste management*) nimetatakse jäätmekäitlust, järelvalvet jäätmekäitluse üle ja jäätmekäitluskohtade järelhooldust [6].

1.3.1 Jäätmete kogumine

Tagamaks nõuetekohased ja efektiivsed jäätmekorralduse edasised sammud on vaja arusaadvat ja hästi korraldatud jäätmete kogumis- ning veosüsteemi. Jäätmete ebapiisava kogumisega seotud mõjud on keskkonna-, tervise- ja majanduslikud mõjud. Olmejäätmete liigiti kogumine parandab kogutavate jäätmete kvaliteeti ning aitab suurendada jäätmete taaskasutust.

Riikides kasutatakse jäätmete sorteerimisel ja kogumisel erinevaid lahendusi, kuid peamised jäätmeliigid on sarnased. Kõige suurema osa jäätmetest moodustavad segaolmejäätmed, mille kogumine toimub nii jäätmetekitaja vahetuslähedusest (ukselt-uksele) kui ka avalike prügikastide näol.

Lisaks segunenud olmejäätmetele on korraldatud ka jäätmete liigiti sorteerimine. Eestis on kasutusel avalikud kogumiskonteinerid, mis üldjoontes koosnevad paberi ja papi, segapakendi ning klaaspakendi konteineritest. Samuti on kasutusel tagatisraha ehk pandiga koormatud pakendid. Neid kasutatakse plastist, metallist ja klaasist joogipakendite korral ning nad on märgistatud vastava Eesti Pandipakendi märgistusega [11].

Biojäätmete konteinereid avalikult ei kasutata ning nende tellimine on seatud kohustuslikuks vastavalt omavalitsuse kehtestatud eeskirjadele. Näiteks Tartu linnas, kuid ka sarnaselt mujal Eestis, peab eraldi biojäätmete kogumiskonteiner olema järgmistel tingimustel [12]:

1. elamumaa sihtotstarbega kinnistul, kus on kümme ja enam korterit;
2. mitteelumaa sihtotstarbega kinnistul, kus biojätmeid tekib üle 80 liitri nädalas.

Muudel juhtudel on ettenähtud võimalusel biojäätmete liigiti kogumine ning nõuetele vastavalt kompostimine või jätmete üle andmine jäätmeluba omavale isikule. Biolagunevad aia- ja haljastusjätmed tuleks viia jäätmejaama [12].

Lisaks on kasutusel avalikud riidekonteinerid, mille eesmärgiks on vähendada segaolmejätmete ja pakendijätmete hulgas tekstiile, riideid ja jalanõusid ning neid võimalusel korduskasutada või ümbertöödelda.

1.3.2 Jätmevedu

Et jätmeid saaks töötlemata hakata, on vaja transportida kohtkogutud jätmed edasi vastavatesse töötlemisjaamadesse: „Jätmete vedamiseks nimetatakse jätme-saadetiste toimetamist veovahendiga lähtekohast sihtpunkti, hõlmates jätmesaadetiste peale- ja mahalaadimist ning jätmeveose komplekteerimist mitmest saadetest, kuid mitte hõlmates jätmete kogumise mõiste all loetletud tegevusi“ [6].

Kõige lihtsam ja mugavam võimalus inimese seisukohast on jätmed üle anda nende tekkekohast. Teisest küljest on aga jätmete kogumine ja vedu jäätmemajanduse üks suurimaid kuluallikaid, moodustades enam kui 50% kogu kuludest [13].

Elanikelt jätmete kokkukogumist korraldab kas kohalik omavalitsus korraldatud olmejätmeveo või jätmejaamade kaudu [14]. Korraldatud jätmeveoks nimetatakse olmejätmete kogumist ja vedamist määratud piirkonnast määratud jätmekäitluskohta või -kohtadesse kohaliku omavalitsuse korraldatud konkursi korras valitud ettevõtja poolt [6]. Jätmejaamaks nimetatatakse tehniliselt varustatud jätmekäitluskohta, kuhu on paigaldatud taaskasutatavate jätmete kogumiseks ja esmaseks töötlemiseks kogumiskonteinerid, samuti ka ohtlike jätmete kogumiskonteiner [8].

Probleemtoodete ja pakendijätmete kogumise eest vastutavad tootjavastustus-organisatsioonid, kes esindavad tootjaid ja maaletoojaid [14]. Kehtib niinimetatud

tootjavastutuse põhimõte, mille järgi peab tootja tagama enda poolt turule toodud probleemtoodetest tekkivate jäätmete kogumise ja nende kordus-, taaskasutamise või kõrvaldamise [15].

Seaduses (JÄÄTS) on defineeritud probleemtoode järgmiselt: „Toode, mille jäätmed põhjustavad või võivad põhjustada tervise- või keskkonnaohtu, keskkonnahäiringuid või keskkonna ülemäärast risustamist“. Probleemtooted kuuluvad tootjavastutuse alla, mis tähendab, et toote hinda on arvestatud käitluskulud ning tarbijal on õigus toodetest tasuta vabaneda [9]. Probleemsete toodete hulka kuuluvad [8]:

- mootorsõidukid ja nende osad;
- elektri- ja elektroonikaseadmed ja nende osad;
- patareid ja akud;
- põllumajandusplast;
- rehvid.

Tallinna haldusterritooriumil (v.a Aegna saar) kui tiheasustusalaga piirkonnas on korraldatud jäätmeveoga liitumine kohustuslik ning jäätmevaldaja on kohustatud andma korraldatud jäätmeveoga hõlmatud jäätmed üle kindlaksmääratud jäätmevedajale. Tallinn on jagatud 13 jäätmeveopiirkonnaks ning alates 2007. aastast kogutakse liigiti biojätmeid, paberit ja pappi ning suurjätmeid [16].

1.3.3 Jäätmete järelvalve

Jäätmemajanduses on tähtis roll ka kõigi osapoolte üle teostataval järelvalvel, millega on võimalik mõjutada nii jäätmete korrektset käitlemist kui ka vältida ebaseadusliku kõrvaldamist.

Jäätmeandmete kontrolli ja jäätmekäitlejate tegevuse järelvalvega tegelevad riigiasutused on keskkonnaamet, keskkonnainspeksioon ja keskkonnaagentuur. Keskkonnaamet vastutab aruannetes olevate andmete keskkonnanõu tingimustele vastavuse kontrolli eest ning keskkonnaagentuur andmete töötlemise ja analüüsi eest [14].

Jäätmekäitlejate tegevuse ja järelvalve eest vastutab keskkonnainspeksioon, kelle ülesanne on kontrollida, kas ettevõtte tegevus vastab aruandes esitatatud andmetele (jäätmete liigid, kogused ja käitlustoimingud). Lisaks on vaja kontrollida tegevuste vastamist lubades kirjeldatud tingimustele [14]. Keskkonnainspeksiooni missiooniks on

keskkonnaalase õiguskuulekuse tagamine, eesmärgiga säilitada ja parandada keskkonnaseisundit. Õigusrikkumiste puhul väljastatakse trahve ning nõutakse välja keskkonnale tekitatud kahjusid [17].

Mairit Veedla käsitles enda uurimistöös „Euroopa Liidu Jäätmepoliitika ja selle mõju Rapla maakonnas“ keskkonnainspeksiooni tööd ning jäätmeseaduste mõjusid keskkonnaohtlikule käitumisele. Autor kinnitas töö lõpus eelnevalt püstitatud hüpoteesi ja tõdes, et peale jäätmeseaduste jõustumist ja järelvalve tõhustamist rapla maakonnas, vähenes jäätmealaste väärtegade hulk ligikaudu 20% [18].

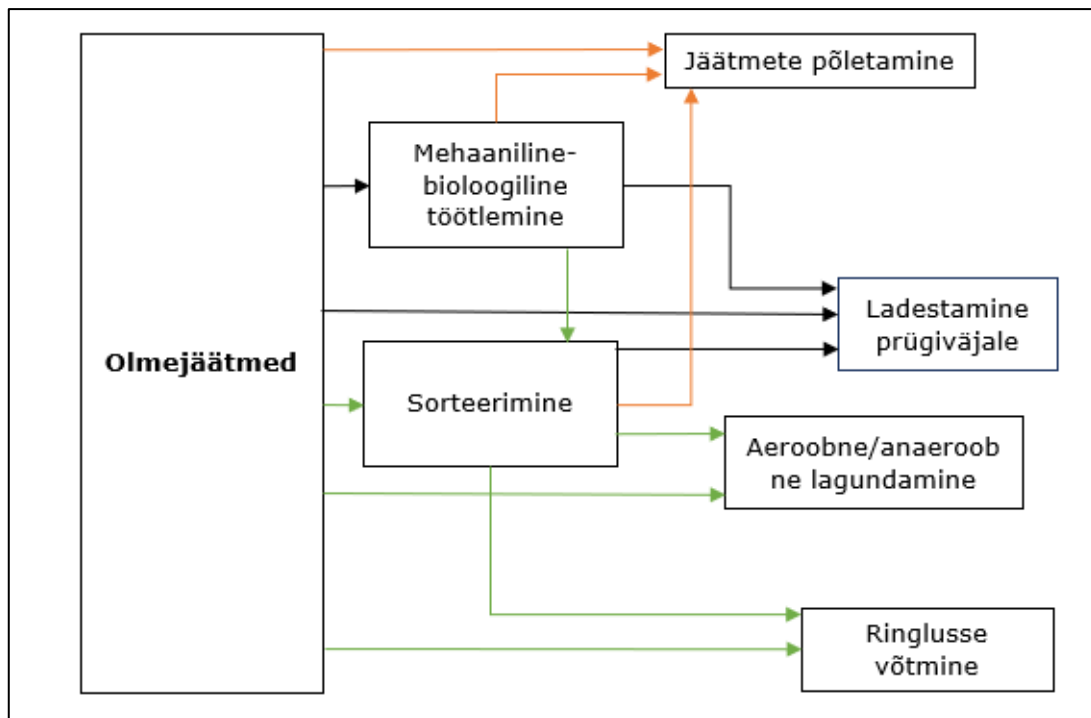
1.4 Jäätmete töötlemine

Pärast jäätmete kokku kogumist on neid võimalik töötlemas asuda. Jäätmete töötlemiseks nimetatakse JÄÄTS-i järgi nende taaskasutamise- või kõrvaldamistoimingut.

Jäätmete taaskasutamine on toiming, mille peamine tulemus on jäätmete kasutamine kasulikult otstarbel selliselt, et nad asendavad teisi materjale, mida muidu oleks sellel otstarbel kasutatud, või jäätmete ettevalmistamine nende eelnimetatud otstarbel ja viisil kasutamiseks kas tootmises või majanduses laiemalt [6]. Jäätmete taaskasutustoimingud on välja toodud Lisas 4.

Jäätmete kõrvaldamine on jäätmete ladestamine prügilasse, põletamine ilma energiakasutusega või muu samaväärne toiming, mis ei ole taaskasutamine, kaasa arvatud jäätmete ettevalmistamine kõrvaldamiseks, isegi kui toimingul on osaliselt teisene tagajärg ainete või energia taasväärtustamise näol [6]. Jäätmete kõrvaldustoimingud on välja toodud Lisas 5.

Euroopa Komisjoni dokumendis „Juhised majapidamises tekkivate olmejäätmete andmete ja nende kogumise kohta“ on välja toodud ka nende erinevad töötlemistoimingud (vt. Joonis 1.2) [19].



Joonis 1.2 Olmejäätmete töötlemisvõimalused [19]

Valik erinevate töötlemistoimingute vahel sõltub eelkõige toorme ehk jäätmete sorteeritusest. Segaolemejäätmed liiguvad enamasti põletusjaamadesse, ladestamisele või mõningal juhul ka mehaanilis-bioloogilise töötlemisele (MBT), kus eemaldatakse taaskasutatavad ja mittepõlevad materjalid ning lõpptulemusena valmib tahke prügikütus (SRF).

Vältimaks jäätmesegu ladestamist prügiväljale rakendatakse segaolemejäätme käitlemisel jäätmehierarhia seisukohast (vt. Joonis 1.1) „muud taaskasutamisi“ ehk jäätmete energiakasutust (*Energy recovery of waste*) ning tagasitäitmist (*Backfilling*).

Jäätmete energiakasutust nimetatakse taaskasutamismooduseks, kus põletuskõlblikke jäätmeid kasutatakse energia tootmiseks nende põletamisel või koos muude jäätmete või kütustega, kasutades ära tekkinud soojuse. Kaeveõonte täitmist või tagasitäidet nimetatakse näiteks ehitusjäätmete rakendamist pinnasetäiteks või mingite pinnasvormide kujundamiseks [20]. Energia kasutust ja tagasitäitmist ei arvestata jäätmete ringlussevõtu (*Recycling*) hulka [8].

Sorteeritud jäätmed on võimalik otse ringlusse suunata või saata edasi täiendavale sorteerimisele. Samuti on võimalik biojäätmete lagundamine aeroobselt või anaeroobselt ehk bioloogiline ringlussevõtt. Esimesel juhul on võimalik komposti, teisel juhul biogaasi tootmine.

Kui jäätmed on läbinud taaskasutamistoimingu ning vastavad järgnevalt loetletud kriteeriumitele saavutavad nad JÄÄTS-i järgi „Jäätmete lakkamise staatuse (*End-of-waste-status*)“ [6]:

1. asja kasutatakse tavapäraselt teatud kindlal eesmärgil;
2. asjal on turg või asja järgi on nõudlus;
3. asi vastab konkreetseks otstarbeks ettenähtud tehnilistele nõuetele, õigusnormidele ja tootestandarditele;
4. asja kasutamine ei avalda negatiivset mõju keskkonnale ega inimese tervisele.

Selleks, et anaeroobne kääritamine ehk biogaasi tootmine liigituks ringlussevõtu alla, on oluline, et kääritusjäagist peab saama toode („lakkamise staatuse“). Eestis on 2016. aastal keskkonnaministri määrusega „Nõuded biolagunevatest jäätmetest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäagi kohta“ [21] vastu võetud kriteeriumid kääritusjäagi tootestamiseks. Määruses loetletakse biolagunevad jäätmed, millest on võimalik valmistada toote staatuses kääritusjääki, seatakse tingimused biogaasijaama tootmisüksusele ning kehtestakse kvaliteedi- ja ohutusnõuded. Määrus käsitleb ka kääritusjäagi tooteks sertifitseerimist. Kui anaeroobse kääritamise tulemusel tekkinud kääritusjääk on sertifitseerimata, käsitletakse seda kui jäädet ning tehnoloogia seisukohast on tegemist „muu taaskasutus“ protsessiga (vt. Joonis 1.1). Reoveesette kääritamine ja jäägi tooteks sertifitseerimine toimub 2017 aasta määruse „Reoveesetest toote valmistamise nõuded“ [22].

2 EUROOPA LIIDU JA EESTI JÄÄTMEMAJANDUSE HETKEOLUKORD

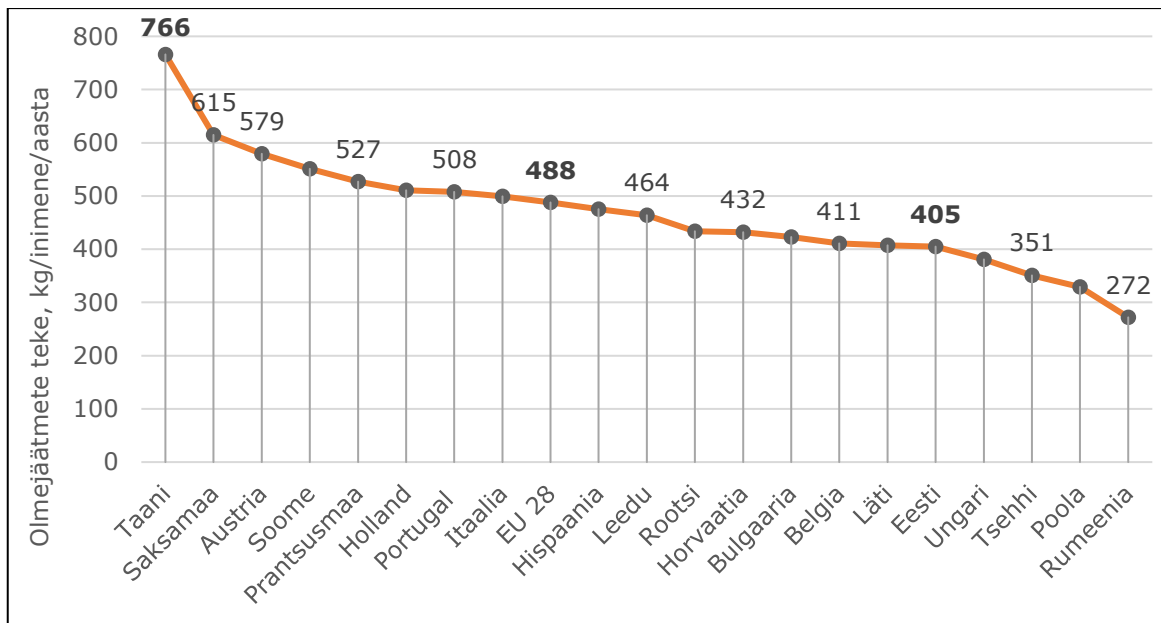
2.1 Euroopa Liit

Esimesed teated algelisest jäätmehooldusest pärinevad 19. sajandi keskpaigast Londonist, kui suure osa olmejäätmetest moodustas söe põletamisel tekkinud tuhk. Tuhk oli võimalik toota telliskive või kasutada seda mulla viljakuse parandamiseks. Linnastumise ja elanike arvu kiire kasvu tõttu kasvas märkimisväärselt ka muude olmejäätmete teke. Inimeste tervise ja hügieeni parandamise huvides loodi esimesed jäätmete põletusjaamad. Sajandi lõpuks olid suurtemates linnades juba korraldatud regulaarne jäätmevedu ning jäätmekäitlus [23].

Euroopa Liidu aluseks peetakse 1951. aastal asutatud Euroopa Söe- ja Teraseühendust ning 1957. aastal sõlmitud Rooma Lepingut. Nende raames veel, aga liidu üleseid keskkonnapoliitika arenguid ei kujundatud. Esimest korda viidati jäätmepoliitikale 1971. aastal, mil seati eesmärgiks püsijäätmete ärahoidmine ning nendest vabanemine [24].

2020 aasta märtsi kuus avaldas Euroopa Komisjon teatise „Uus ringmajanduse tegevuskava“, mis sisaldab endas tegevuskava keskkonnahoidlikuma ja konkurentsivõimelisema Euroopa loomiseks. Esitati hulk omavahel seotud algatusi, mis muudaks kestlikud tooted, ärimudelid ja teenused normiks ning millega kujundatakse ümber tarbimisharjumused jäätmetekke vältimiseks. Teatise peatükis nr 4 „Vähem jäätmeid, rohkem väärtust“ tuuakse esile järgmist: „Hoolimata ELi ja liikmesriikide jõupingutusest ei ole jäätmetekke vähenenud ning kogu ELi majandustegevusest tekib aastas jäätmeid 2,5 miljardit tonni ehk 5 tonni inimese kohta“ [25].

Eurostati värskemate andmete põhjal 2018 aasta lõpu seisuga (vt. Joonis 2.1) tekitasid Euroopa Liidu 28 (2020 aasta seisuga 27) liikmesriigi elanikud keskmiselt 488 kg olmejäätmeid aastas. Ülevaatlikuse eesmärgil on autor välja toonud 22 riigi näitajad, Lisas 2 tuuakse välja kõikide 28 riigi näitajad.



Joonis 2.1 EL olmejäätmete teke riigiti, (kg/inimene/aastas) [2]

Teistest märkimisväärselt enam tekitavad jäätmeid kõrgelt arenenud riigi nagu Taani ja Saksamaa ning vähim Rumeenia ja Poola (vt. Joonis 2.1). Kõige enam mõjutab jäätmeteteket riigi inimarenguindeks ja majanduslik seis [26]. Keskmiste näitajate puhul on oluline arvestada riigi rahvastiku arvu ja selle mõju. Eestlased toodavad olmejäätmeid Euroopa Liidu keskmisest vähem, ligikaudu 405 kg olmejäätmeid inimese kohta aastas ehk 8 kg inimese kohta nädalas [2].

2.1.1 Seadusandlus

Euroopa Liitu kuuluvatel riikidel on ühine seadusandlik raamistik ning keskkonnavalased tegevuskavad valmistab ette Euroopa Komisjon, kes pakub välja tegevus- ja seadusandlikke meetmeid tuleviku keskkonnapoliitika rakendamiseks [27]. Riiklikul tasandil sätestatakse jäätmekava ning jäätmeseadus. Need võivad teatud piirides riigiti erineda. Kohaliku omavalitsuse tasandil koostatakse jäätmehoolduseeskiri, arvestades seejuures elanike vajadusi ning piirkonna eripärasid [13].

Esimese keskkonnavalase tegevuskava andis välja Euroopa Komisjon aastal 1972. Järgnevalt loetletud eesmärgid ja põhimõtted panid aluse ühtse keskkonnapoliitika kujunemisele ning kehtivad siiani [24]:

- ettevaatuspõhimõte;
- keskkonnakahjustuste heastamine kohapeal;
- loodusvarade ettenägelik ja ratsionaalne kasutamine;
- „saastaja maksab“ põhimõte.

Esimene jäätmete raamdirektiiv rakendati 15. juulil aastal 1975 (75/442/EEC) eesmärgiga liikmesriikides jäätmekontrolli läbiviimine. Kui eelnevalt peeti jäätmeid kohalikuks probleemiks, siis pärast raamdirektiivi rakendamist tuli luua pädevad asutused jäätmekäitluse korraldamiseks ning kontrolliks [24].

Kõige hilisem ja praegu kehtiv Euroopa Liidu seitsmes keskkonnaalane tegevusprogramm võeti vastu aastal 2013, mille peamised eesmärgid olid [28]:

- EL majanduse ressursitõhusaks, konkurentsivõimeliseks, keskkonnahoidlikuks ja vähese CO₂-heitega majanduseks muutmine;
- jäätmete käsitlemise aluseks võetakse jäätmekäitluse hierarhia;
- prügilasse ladestatakse vaid ringlusse võtmiseks ja taaskasutamiseks sobimatud jäätmed;
- energia tootmine ainult ringlusse mittevõetavatest materjalidest.

Kõige olulisem jäätmeid käsitlev dokument Euroopa Liidu tasandil on Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2008/98/EÜ, mis võeti vastu 19.11.2008. Dokumentis kehtestati juba eelpool mainitud (vt Ptk.1) üldised jäätmekäitluse põhimõtted ja hierarhia. Enim kõneainet on pakkunud artikkel 11, mis sätestas jäätmete korduvkasutamise ja ringlussevõtu määra aastaks 2020 [29].

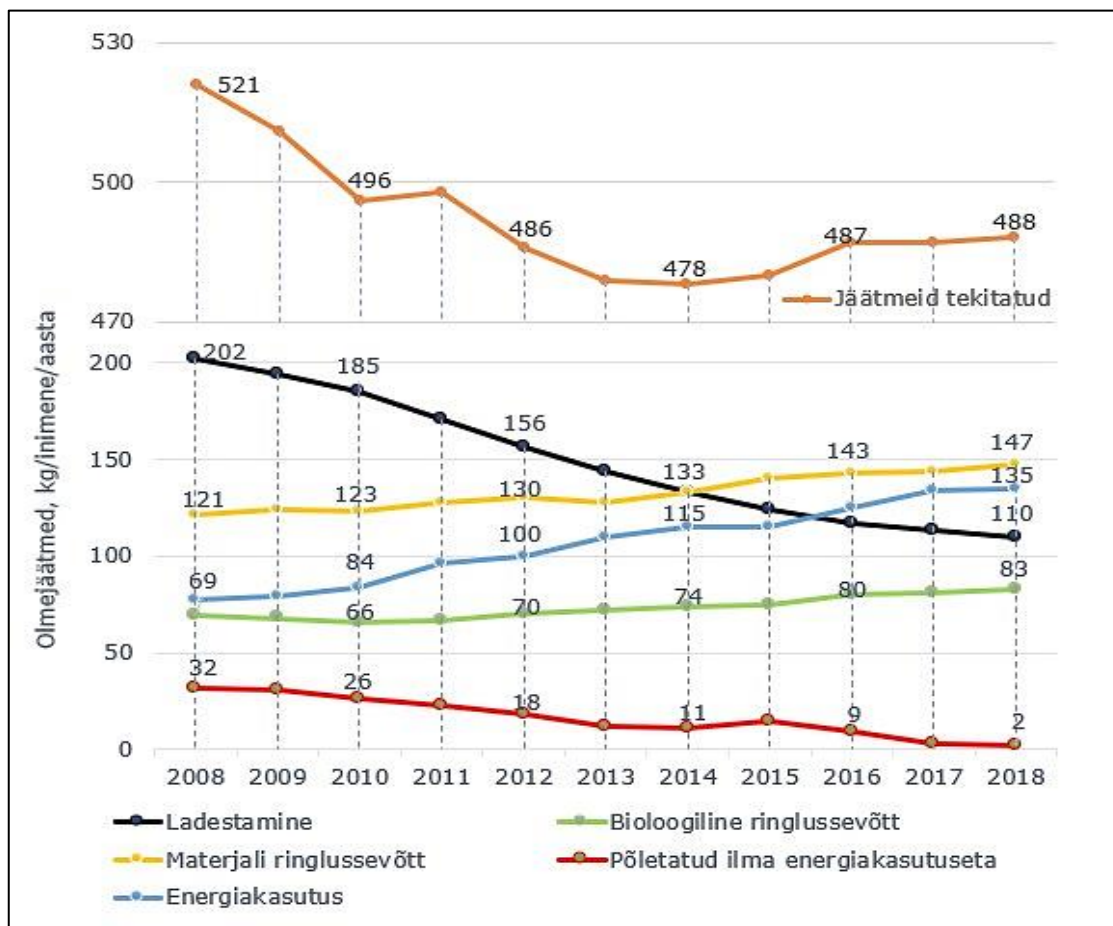
Lisaks on varasemalt ilmunud direktiivid elektri- ja elektroonikaseadmetest tekkinud jäätmete kohta (2012/19/EL), energiamõjuga toodete ökodisaini nõuete kohta (2009/125/EÜ), kasutuselt kõrvaldatud sõidukite kohta (2000/53/EÜ) jms [30].

2.1.2 Jäätmekäitus numbrites

Euroopa Liidu ülese jäätmepoliitika nõuete täitmise jälgimiseks on vaja usaldusväärseid andmeid majapidamistest ja äritegevusest pärit jäätmete tekitamise ja käitluse kohta. Alates aastast 2004 peavad liikmesriigid esitama iga kahe aasta tagant andmed jäätmete tekitamise, taaskasutamise ja kõrvaldamise kohta ning need on kättesaadavad Eurostati andmebaasist [2].

Eurostati andmetel tootsid Euroopa Liidu 28 riiki aastal 2018 kokku üle 250 miljoni tonni olmejäätmeid ehk juba mainitud 488 kg keskmiselt inimese kohta aastas. Käitlemisse jõudis nendest 481 kg.

Jäätmete käitlemisel rakendati 75% ulatuses taaskasutustoiminguid (vt. Joonis 2.2) ehk materjali ringlussevõttu 30%, jäätmete energiakasutust 28% ning bioloogilist ringlussevõttu 17%. Jäätmete kõrvaldamistoiminguid ehk ladestamist ja põletamist ilma energiakasutusega leidis aset vastavalt 23% ja 0,4% ulatuses [2].



Joonis 2.2 EL riikide jäätmete teke ja käitlustehnoloogiad [2]

Jäätmetekke näitajatel on tugev seos valitseva majandusliku olukorra ning tarbimise võimekusega [26]. Kui majanduskriisi ajal ja sellele järgnevatel aastatel (2008-2014) on näha selget jäätmetekke vähenemist (10%), siis pärast 2014ndat aastat on tarbimine taas tõusuteel.

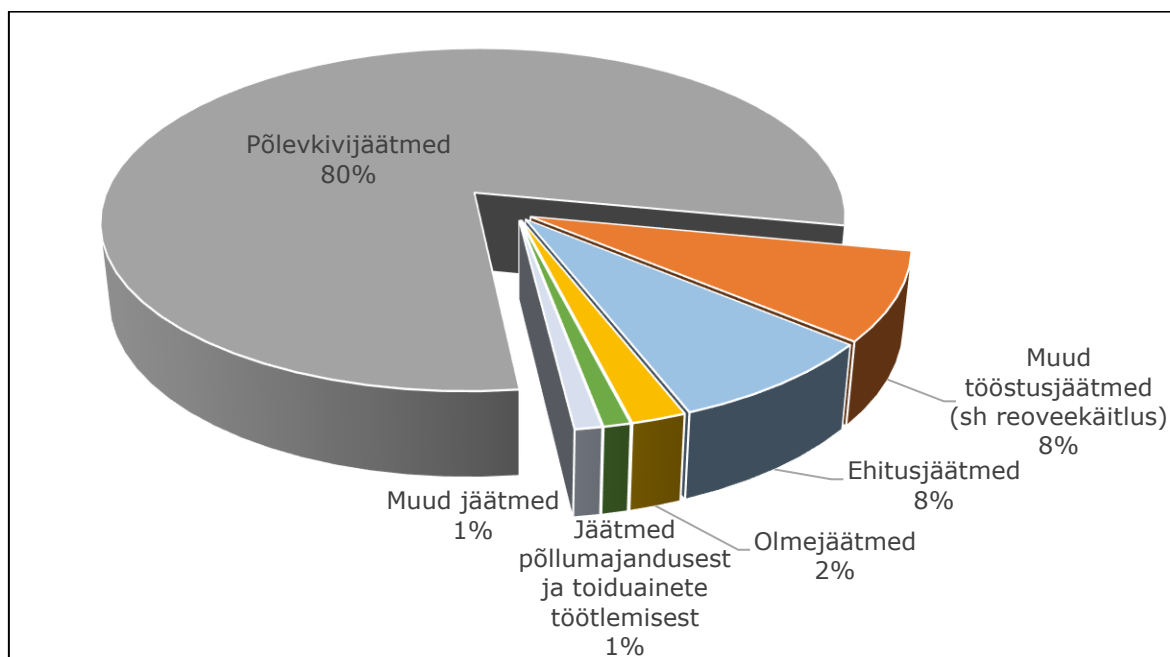
Aastaga 2008 võrreldes on samuti vähenenud ebasoositud käitlustehnoloogiate kasutamine nagu ladestamine (langus 50%) ja põletamine ilma energia kasutusega (langus 94%). Ladestamisele kuuluvate jäätmekoguste vähenemine on tingitud direktiivide ning ladestamise tasude kehtestamisest. Jäätmete põletamise tehnoloogilised arengud on võimaldanud üleminekut pelgalt põletamiselt soojuse ja elektri koostootmisele.

Euroopa Liidu keskkonna ja kliima eesmärkide nimel tegutsedes on kasvanud vaadeldaval perioodil taaskasutustoimingute osakaal. Enim, ligikaudu 49%, on kasvanud jäätmete energiakasutus. Jäätmete ringlussevõtt ehk materjali ja biojäätmete ringlusse võtmine, on kasvanud 45%-ni kogu tekitatud jäätmete käitlemisest.

2.2 Eesti

Euroopa Liidu ja Eesti keskkonnapoliitika põhieesmärkide hulka kuulub keskkonna ja inimese tervise kaitse. Selleks tuleks vältida ja vähendada jäätmete tekitamise ja käitlemise ebasoodsat mõju ning suurendada ressursside kasutamise efektiivsust [8].

Keskkonnaministeeriumi koostatud arengudokument „Riigi jäätmekava 2014-2020“ sisaldab ülevaatliku joonist (vt. Joonis 2.3) Eesti riigi jäätmetekke jaotusest kategooriate kaupa.

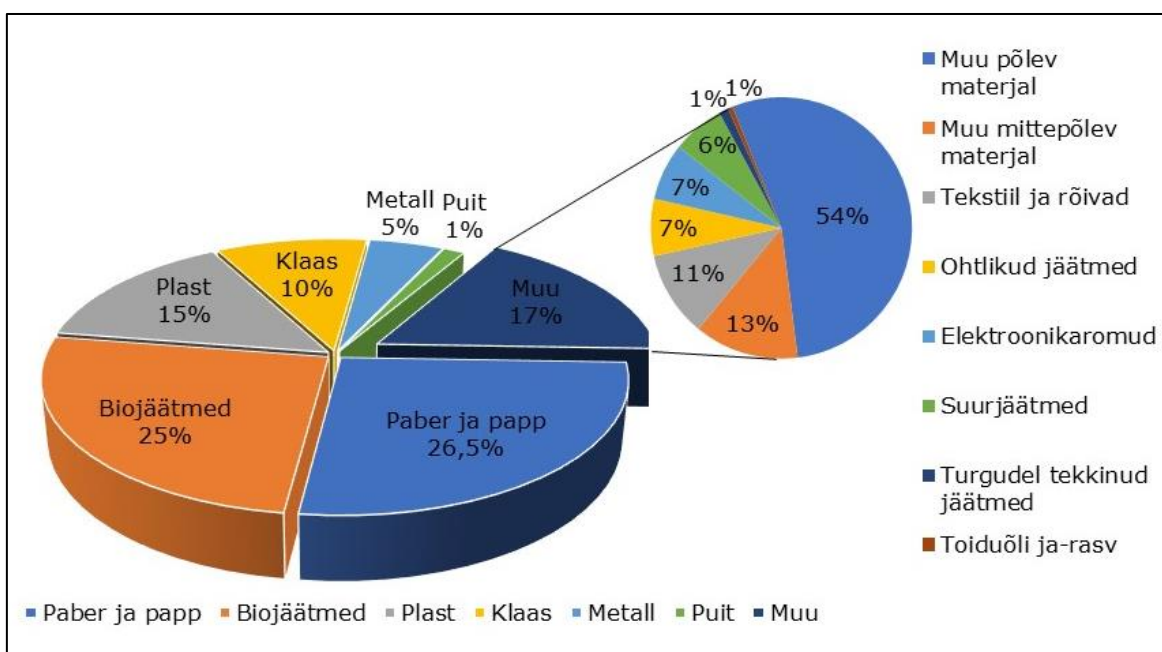


Joonis 2.3 Jäätmetekke jaotus Eestis jäätmekategooriate kaupa [8]

Kuigi Joonise 2.3 andmed tuginevad ajaperioodi 2007-2012 keskmistele näitajatele, loob see siiski proportsionaalse pildi riigi peamistest jäätmetekitajatest. Valdava osa riigi jäätmetest moodustavad põlevkivisektori jäätmed ehk kaevandamisjäätmed: põlevkivituhk ja poolkoks. Lisaks veel pigijäätmed ja fenoolne vesi [8]. Käesolevas uurimistöös käsitletavad olmejäätmed moodustavad, vaid 2% kogu riigi jäätmetest.

Vaatamata olmejäätmete tekke kasvule alates 2012ndast aastast on üldised jäätmekogused Eestis vähenemas. Aastal 2018 vähenes põlevkivitööstuses jäätmete teke võrreldes eelneva aastaga 13,4% ning kogu jäätmete hulk kahanes 6,8%. Kokku tekitati 2018 aastal jäätmeid 23,5 miljonit tonni, millest 75% moodustasid põlevkivijäätmed. Olmejäätmeid tekitati 535 tuhat tonni, mis moodustas vaid 2.3% kogu tekitatud jäätmetest [15].

Ülevaate saamiseks kohaliku omavalitsuse tasandil tekkivate olmejäätmete kohta, kasutas lõputöö autor dokumenti „Tallinna jäätmekava 2017–2021“ ning koostas Joonise 2.4.



Joonis 2.4 Tallinna olmejäätmete keskmine koostis jäätmematerjalide kaupa [16]

Diagrammil (vt. Joonis 2.4) on esitatud liigiti Tallinna linna olmejäätmete keskmine koostis aastatel 2013-2015. Peamised jäätmematerjali liigid on paber ja papp, biojäätmed, plast ja klaas. Jäätmekava hinnangul pärineb 58% tekkinud olmejäätmetest väljaspool kodumajapidamisi (teenindus, bürood, kaubandus jms) ning ülejäänud 42% linna kodumajapidamistest [16].

2.2.1 Seadusandlus

Eesti keskkonnaalasele seadusloomele andis märkimisväärse panuse aastatel 2002-2012 kehtinud kuues Euroopa Liidu keskkonnaalane tegevusprogramm. Avaldati „Eesti keskkonnastrateegia aastani 2030“ ja „Keskkonnategevuskava 2007-2013“ [9].

Eesti Vabariigi jäätmeseadus (JÄÄTS) jõustus 1. mail 2004. Seadus sätestab jäätmehoolduse korralduse nõuded jäätmete tekke ning jäätmetest tuleneva tervise- ja keskkonnoahu vältimiseks. Samuti meetmed loodusvarade kasutamise tõhususe suurendamiseks ja loodusvarade kasutamise ebasoodsa mõju piiramiseks ning vastutuse kehtestatud nõuete rikkumise eest. Aastate jooksul on seadust kohandatud ja uuendatud [6].

Lisaks jäätmeseadusele kujundab riigi jäätmealast käitumist ka jäätmekava. Euroopa Liidu jäätmete raamdirektiivist (2008/98/EÜ) tuleneb kohustus koostada riigi jäätmekava ning seda ajakohastada iga viie aasta järel. Riigi jäätmekava on Eesti jäätmehooldust suunav ja korraldav arengukava, mille peamised eesmärgid on ühtlustada jäätmehoolduse sihid ja ülesanded kohalikele omavalitsustele, ettevõtjatele, tootjatele ja elanikkonnale [18].

Hetkel kehtiva „Riigi jäätmekava 2014-2020“ koostamisel on arvestatud nii Euroopa Liidu keskkonnapoliitika eesmärke kui ka varem Eestis avaldatud strateegiaid ja juhiseid. Eesti säästva arengu riiklik dokument „Säästev Eesti 21“ seadis eesmärgiks ökoloogilise tasakaalu säilitamise läbi loodusvarade mõistliku kasutamise ja loodusliku mitmekesisuse säilitamise. Lisaks on avaldatud konkurentsivõime kava „Eesti 2020“ [18].

Eesti jäätmekäitlusvõrgustik on laiapõhjaline ning kaasatud on erinevad osapooled nii avalikust kui ka erasektorist [31]. Riiklikul tasandil on Vabariigi Valitsuse ja Keskkonnaministeeriumi ülesanne ühtse jäätmehoolduse poliitika elluviimise kordineerimine koostöös kohalike omavalitsuste, jäätmekäitlejate, nende ühenduste ja kolmandate osapoolt vahel. Oluline roll on ka erinevatel ametitel ning järelvalvel (vt. Ptk 1.3.3) [8].

Kohalikul tasandil korraldab kohalik omavalitsus oma haldusterritooriumil olmejäätmete, eelkõige segaolmejäätmete, nende sorteerimisjääkide ja liigiti kogutud jäätmete kogumise ning veo JÄÄTS [6].

Riigikontrolli selgitus omavalituse kohustustest: „Oma tegevusi suunab omavalitsus jäätmekava, jäätmehoolduseeskirja, korraldatud jäätmeveo ning järelvalve kaudu. Omavalitsused, kus elab üle 1500 inimese, peavad jäätmekäitleja leidmiseks korraldama riigihanke. Jäätmeveo korraldamise raames otsustab omavalitsus ka selle üle, millist liiki jäätmeid tuleb eraldi koguda. Jäätmealased õigusaktid kohustavad omavalitsusi korraldama vähemalt paberi, kartongi, plastide, metalli, klaasi ning biolaugunevate jäätmete liigit kogumise“ [14]. Seadusest tulenevalt on selge, et jäätmemajanduse elluviimisel ja selle edukusel on oluline roll just nimelt kohalikul tasandil.

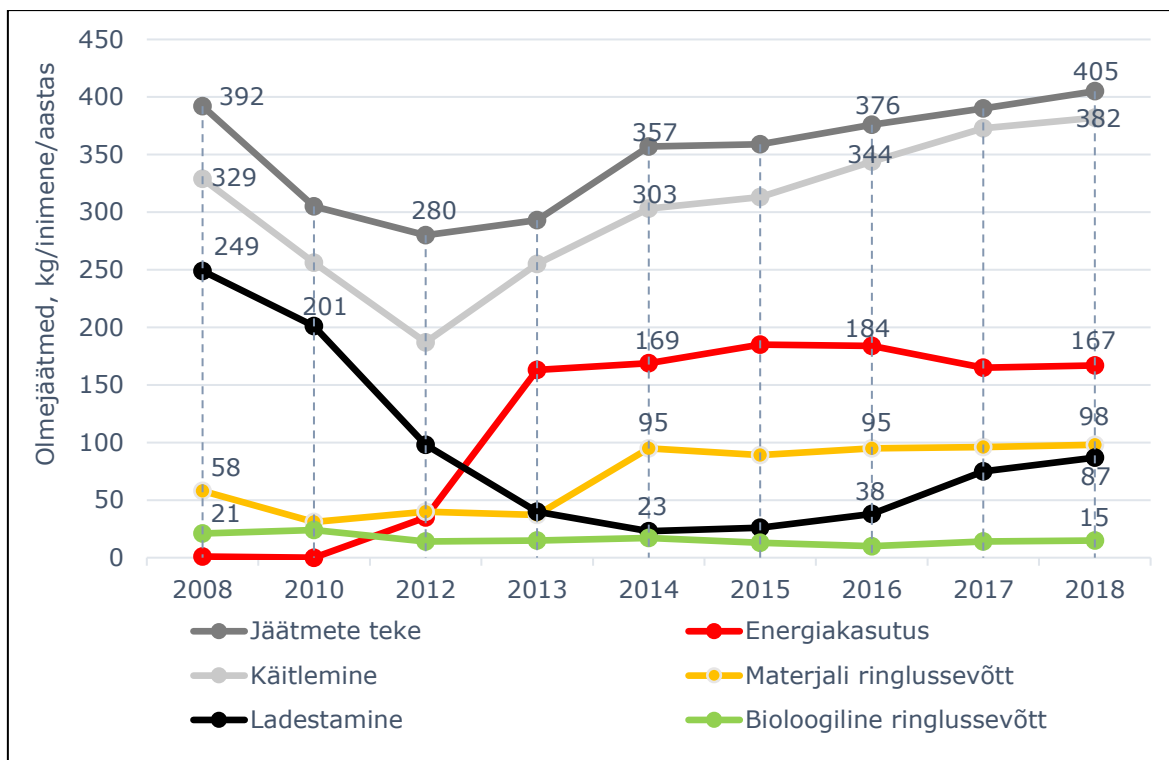
Lisaks erasektori tasandile (jäätmete tekitajad, ettevõtted/tööstused, jäätmekäitlejad) on loodud veel ka tootjavastutus- ning taaskasutusorganisatsioonid [31].

„Tootjavastutusorganisatsiooniks nimetatakse majandusliku tulu mittetaotlevaks organisatsiooniks, mille liikmeteks on üksnes tootjad või tootjate ühendused ning mille eesmärk on teatud liiki probleemtoodetest tekkinud jäätmete kogumise ja taaskasutamise korraldamine või finantseerimine“ [8].

„Taaskasutusorganisatsioon on pakendiseaduse kohaselt juriidiline isik, kelle asutajad ja liikmed on pakendiettevõtjad või nende moodustatud juriidilised isikud ning kelle ülesanne on korraldada pakendiettevõtjate pakendi ja pakendijäätmete üleriigilist kogumist ja taaskasutamist“ [8].

2.2.2 Jäätmekäitlus numbrites

Käesolevas peatükis kasutatavad andmed pärinevad Eurostati andmebaasist [2] ning on esitatud sinna raamdirektiivi (2008/98/EÜ) kohaselt Eesti riigi poolt. Aastal 2018 toodeti Eestis kokku üle 535 tuhande tonni olmejäätmeid ehk eelnevalt mainitud 405 kg keskmiselt inimese kohta aastas. Käitlemisse jõudis sellest 382 kg inimese kohta aastas.



Joonis 2.5 Eesti olmejäätmete teke ja käitlustehnoloogiad [2]

Aastal 2018 rakendati jäätmete käitlemisel 73,3% ulatuses taaskasutustoiminguid (vt. Joonis 2.2) ehk materjali ringlussevõttu 25,7%, jäätmete energiakasutust ehk põletamist energia tootmise eesmärgil 43,7% ning bioloogilist ringlussevõttu 3,9%. Jäätmete kõrvaldamistoimingut ehk ladestamist leidis aset 22,8%. Põletamist energiatootmiseta aset ei leidnud. Ligikaudu 4% tekitatud jäätmetest ei jõudnud vastavasse jäätmekäitlusesse.

Eestis toimub bioloogiline ringlussevõtt peaaesjalikult kompostimise teel, märkimisväärsed olmejäätmetest biogaasi tootmist ei toimu. Samuti tuleb arvestada, et jäätmete põletamine energia kasutamiseks ei panusta raamdirektiivi järgi olmejäätmete ringlusse suunamisel.

Tuginedes Euroopa Komisjoni raportile [32] ja eelpool kirjeldatule on selge lõputöö valmimise ajaks, et 14 Euroopa Liidu riiki kaasa arvatud Eesti ei ole võimelised täitma olmejäätmete ringlusse võtmise nõudeid. Eesti puhul oli see näitaja 2018 aasta lõpuga vajamineva 50% asemel kõigest 28% (ringlusse võetud materjali kogus kogu tekitatud jäätmetest) [2].

Analüüsis ajaperioodi 2008-2018 (vt. Joonis 2.5) on näha märkimisväärsed muutusi jäätmemajanduses. Alates 2005ndast aastast hakati töötama selle nimel, et rajada uusi

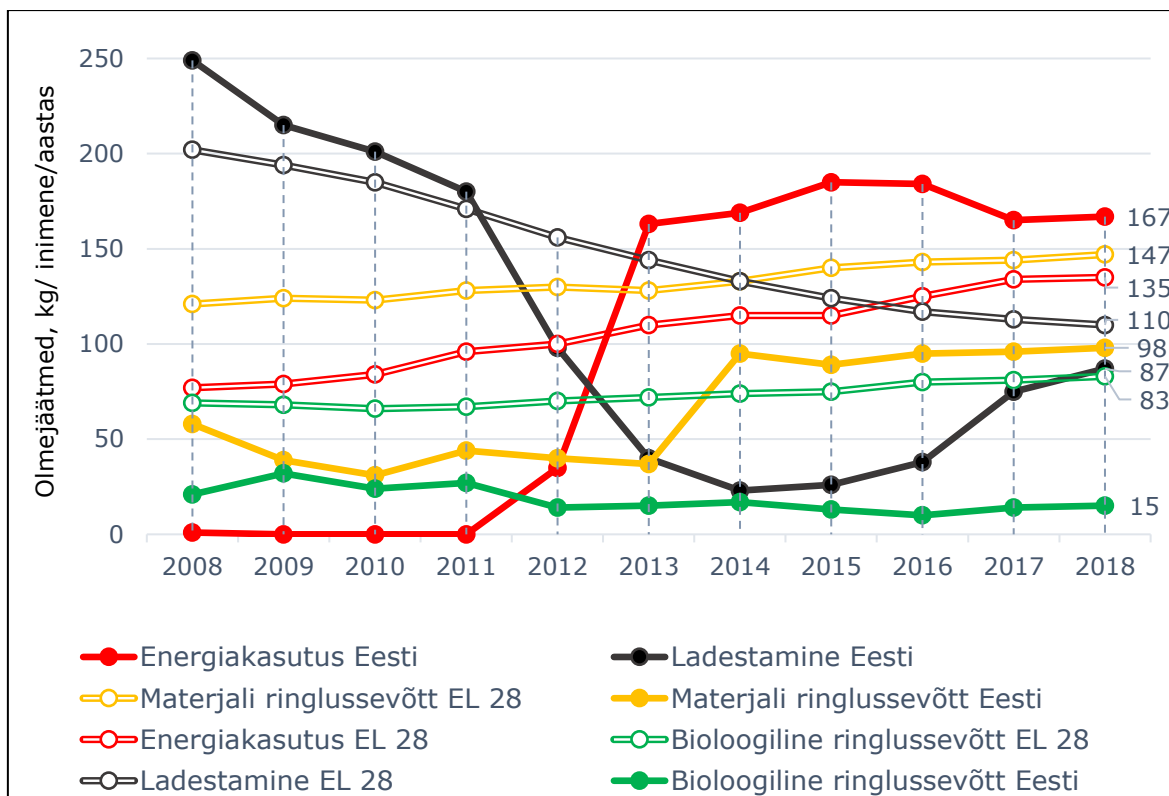
euronõuetele vastavaid prügilaid. Nende kasutuselevõtuga kasvasid ladestatavad jäätmekogused ning kõrgpunkt saabus aastal 2008. 2011. aastal tõstis riik märkimisväärselt ladestamisele minevate jäätmete saastetasu ning aastaks 2014 vähenes ladestavate olmejäätmete hulk võrreldes 2008 aastaga 90% [14]. Alates aastast 2015 on ladestamine jälle kasvu teel ning aastal 2018 ladestati peaaegu 4 korda sama palju jäätmeid kui aastal 2014. Eelkõige on tinginud seda ladestamise madalam tasu, mis on püsinud eelmiste aastate tasemel, vastupidiselt aga jäätmepõletuse värvahinnale, mis on pidevalt kasvanud.

Aastal 2013 alustas tööd Iru Elektri jaama jäätmeenergiaplokk sisendvõimsusega 220 tuhat tonni segaolmejäätmeid aastas [8]. Lisaks segaolmejäätmetele kasutatakse ka liigiti kogutud enamasti segapakendi konteineritest kogutud määratud pakendeid [14]. Jaama kasutuselevõtuga moodustas antud käitlemistehnoloogia 64% kogu olmejäätmete käitlemisest Eestis (kokku käideldi 2013. aastal 255 kg olmejäätmeid inimese kohta) [2]. Järgnevatel aastatel kasvasid põletusse suunatud jäätmete kogused, kuid kasvas ka tekitatud jäätmete hulk. Tagamaks võimekusele vastavad tootmismahud kasvatati jäätmete importi teistest riikidest nagu Soome, Suurbritannia ja Iirimaa [14]. Aastal 2018 imporditi Jäätmearuandlus infosüsteemi [33] andmetel üle 56 tuhande tonni segaolmejäätmeid, mis moodustas ligikaudu 15% kogu jäätmekäitlusest ja 34% põletusse suunatud segaolmejäätmetest.

Perioodil 2008-2018 on küll kasvanud ringlussevõtu osakaal, kuid kahjuks mitte märkimisväärselt ning viimastel aastatel on kasv pigem pidurdunud. Aastatel 2008-2014 kasvas materjali ringlusse võtmine 2 korda. Alates 2014. aastast on aga olmejäätmete teke kasvanud 12%, kuid materjali ringlusse suunamise osakaal jäänud samaks. Vähesel määral leiab aset ka bioloogiline ringlussevõtt kompostimise teel, kuid see on pigem vähenenud vaadeldaval perioodil. Aastal 2008 moodustas bioloogiline ringlussevõtt 6,4% kogu käitluse suunatud jäätmest, aastal 2018 aga kõigest 3,9%.

2.3 Kokkuvõte: Eesti ja Euroopa Liidu võrdlus

Käesolev peatükk on mõeldud eelpool kirjeldatud graafikute ning analüüside koondamiseks. Ajaperioodil 2008-2018 on toimunud märkimisväärsed muutused Euroopa Liidu riikide kaasa arvatud Eesti jäätmemajandustes. Mõjutused on seotud nii jäätmetekke kasvu, tehnoloogia arengu kui ka teatud käitlemisviiside langemisega ebasoosingusse.



Joonis 2.7 Euroopa Liidu ja Eesti olmejäätmete käitlustehnoloogiad [2]

Joonis 2.7 koondab Eesti ja Euroopa Liidu keskmised näitajad olmejäätmete käitlemises. Kuigi keskmiselt toodetakse ning sellest lähtuvalt ka käideldakse EL-is keskmiselt rohkem jäätmeid kui Eestis, on oluline analüüsida proportsionaalsust ning perioodi vältel toimunud muutusi.

Euroopa Liidus tekitati keskmiselt 2018 aastal 488 ja käideldi 481 kg ehk 95% olmejäätmeid inimese kohta aastas. Eestis oli sama number 94% ehk tekitati 405 ja käideldi 382 kg. Numbrid näitavad, et Eestis käideldavad jäätmemahud on ligikaudu 20% väiksemad kui Euroopa Liidu riikides keskmiselt.

Ladestamine kui vähim eelistatud käitlemisviis on nii Eestis kui mujal Euroopas võrreldes aastaga 2008 vähenenud ligikaudu poole võrra. Muret tekitav on aga asjaolu, et kui Euroopas keskmiselt ladestatakse iga aastaga järjest vähem olmejäätmeid, siis Eesti näitaja on alates 2014ndast aastast olnud tõusuteel. 2018 aastal ladestati nii Euroopa Liidus kui ka Eestis keskmiselt 23% käideldud olmejäätmetest.

On märkimisväärne, et Eestis tekitatakse 17% vähem, aga põletatakse 20% rohkem olmejäätmeid kui Euroopa Liidus keskmiselt. See on aga tingitud segaolmejäätmete suuremahulisest impordist, et tagada võimekusele vastavad tootmismahud. Aastal 2018

põletati jäätmeid Euroopa Liidus keskmiselt 28%, Eestis 44% kogu käideldud olmejäätmetest.

Jäätmete ringlussevõtt kasvab vähesel määral iga aastaga nii Eestis kui ka teistes Euroopa Liidu riikides. 2018. aastal võeti materjali ringlusse Euroopa Liidus keskmiselt 31%, Eestis 26% kogu käideldud olmejäätmetest.

Samuti on Eestis probleeme bioloogilise ringlussevõtuga, mis on jäänud samasse suurusejärku aastaga 2008. Teistes Euroopa Liidu riikides võeti aastal 2018 keskmiselt inimese kohta üle 5 korra biojäätmeid rohkem ringlusse kui Eestis. Näiteks Austrias 12, Leedus 9 ja Taanis 8 korda rohkem. Eestist vähem võtavad biojäätmeid ringlusse Horvaata ja Rumeenia. Kui Eestis rakendati aastal 2018 bioloogilist ringlussevõttu 3,9% ulatuses kogu käideldud olmejäätmetest, siis Euroopa Liidus keskmiselt oli vastav näitaja 17,2%. Kõrgemad näitajad olid Austrial 33%, Leedul 31% ja Taanil 17%.

3 EL JA EESTI EESMÄRGID JÄÄTMEMAJANDUSE VALDKONNAS

3.1 Aastaks 2020

Nii Euroopa Liit kui ka Eesti seavad keskkonnavaldkonna arendamise nimel eesmärke, mille täitmise nimel tehakse tööd. Käesoleva peatüki esimeses osas tutvustab autor eesmärke, mis oli seatud aastaks 2020.

Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivi 2008/98/EÜ [1] artikkel 11 „Korduskasutamine ja ringlussevõtt“ näeb ette, et liikmesriigid võtavad kasutusele meetmed toodete korduskasutamise edendamiseks ja korduskasutamiseks ettevalmistamiseks. Samuti tuleb rakendada meetmeid, et edendada kõrge kvaliteediga ringlussevõttu, võtta kasutusele jäätmete liigiti kogumise süsteemid, kui see on tehniliselt, keskkonna aspektist ja majanduslikult teostatav ning vajalik, et tagada asjaomaste ringlussevõtu sektorite jaoks vajalik kvaliteet.

Lisaks Euroopa ülesele direktiivile kujundab jäätmealast tuleviku ka riiklik jäätmekava „Riigi jäätmekava 2014-2020“ [8]. Jäätmekava sätestab strateegilised eesmärgid, mõõdikud ning meetmed.

Järgnevalt on Tabelis 3.1 väljatoodud direktiivi 2008/98/EÜ ja riigi jäätmekava 2014-2020 püstitatud eesmärgid, täitmise tase vastavalt Eurostati viimastele andmetele (osakaal jäätmetekkest) [2] ning sihttase.

Tabel 3.1. Direktiivi 2008/98/EÜ ja „Riigi jäätmekava 2014-2020“ eesmärgid ja täitmine

Eesmärk	Täitmise tase [2]	Sihttase 2020
Olmejäätmete ringlussevõtu osakaal olmejäätmete kogumassist [1].	<ul style="list-style-type: none">2011 a. 23%2018 a. 28%	50%
Pakendijäätmete ringlussevõtu osakaal pakendijäätmete kogumassist [8].	<ul style="list-style-type: none">2011 a. 58%2017 a. 53%	60%
Biolagunevate jäätmete ringlussevõtu osakaal olmejäätmete kogumassist [8].	<ul style="list-style-type: none">2011 a. 11%	13%
Biolagunevate jäätmete osakaal ladestavate olmejäätmete kogumassist [8].	<ul style="list-style-type: none">2011 a. 57%	20%

Tänaseks on teada, et 2020. aasta alguseks seatud eesmärgid Eestil täita ei õnnestunud. Kuigi 2019. aasta jäätmekäitluse andmed on alles töötlemisel ning andmebaasidesse

sisestamisel, ei ole suuri muudatusi võrreldes 2018. aastaga oodata. Mõjukaim püstitatud eesmärk oli suurendada olmejäätmete ringlussevõttu. Vaadates andmeid siis kasv sihttaseme 50% suunas on viimasel kümnel aastal minimaalne ning vahe eesmärgiga suur.

Eesmärkidele lähemal ollakse pakendijäätmete osas. Kuigi trend näitab viimastel aastatel ringlussevõtu osakaalu vähenemist on siiski kõigi osapoolte ühisel tegutsemisel eesmärgi saavutamine realistlik.

Samuti ei ole täidetud biolagunevate jäätmete käitlemiseesmäärke. Antud kontekstis peetakse silmas nii toidu- ja aiapäätmeid kui ka paberit ja pappi. Alates 2007ndast aastast hakati Tallinnas koguma liigiti biojäätmeid, hiljem lisandusid teised suuremad omavalitsused. Biojäätmete madala käitlemistaseme ning arengu pidurdamise on tinginud käitlemistehnoloogiate vähesus. Eestis on seni rakendatud, vaid aeroobset töötlemist ehk jäätmete kompostimist. Antud käitlemistehnoloogia on võrdlemisi ebaefektiivne, ajakulukas ning tekkinud toote järele on madal nõudlus [34].

Biolagunevate jäätmete osakaal ladestamisele kuuluvates jäätmetes sõltub suuresti liigiti kogumise efektiivsusest. Mida rohkem suudetakse eraldada biojäätmeid segaolmejäätmetest, seda rohkem on neid võimalik võtta ringlusse ning vähem ladestada või põletada. Kinnitamist vajavad Jäätmearuandlus Infosüsteemi (JATS) andmed näitavad, et biolagunevate jäätmete osakaal ladestamisele kuuluvates olmejäätmetes vähenes aastaks 2018 25%-ni [33].

3.2 Aastateks 2020–2025

On ilmne, et vaatama suutmatusele täita käesolevaks aastaks 2020 täita püstitatud eesmäärke, on järgmised juba terendamas. Uued eeskirjad põhinevad Euroopa Komisjoni 2015. aasta ringmajanduspaketi ettepanekutel. Eesmärgid aitavad vältida jäätmeteket, suurendada olme- ja pakendijäätmete ringlussevõtu ning muuta ringmajandus tegelikuks. Uute õigusaktidega nähake ette mõjusate majandusvahendite ja muude meetmete tõhusam kasutamine jäätmehierarhia toetamiseks. Samuti nõutakse liikmesriikidelt konkreetsete abinõude rakendamist jäätmemajanduse arendamiseks. Üleminekul saab olema tähtis osa tootjatel, kellele jäetakse vastutus jäätmeteks muutunud toodete osas. Uued nõuded laiendatud tootjavastustus süsteemides

parandavad tulemuslikkust ja juhtimist [35]. Euroopa Komisjoni eemärke arvestades on koostatud ka keskkonnaministeriumi uus jäätmepaketi eelnõu [3].

Tabel 3.2. Euroopa Komisjoni ringmajanduse tegevuskava eesmärgid aastateks 2020-2025 ja täitmine [35]

Eesmärk	Täitmise tase [2]	Sihttase
Olmejäätmete ringlussevõtu osakaal olmejäätmete üldkogusest.	2018 a. 28%	2025 a. 55%
Pakendijäätmete ringlussevõtu osakaal pakendijäätmete üldkogusest:	2017 a. 54%	2025 a. 65%
plast	27%	50%
puit	16%	25%
raudmetall	67%	70%
alumiinium	-	50%
klaas	61%	70%
paber ja kartong	77%	75%

Lisaks tabelis 3.2 väljatoodud eesmärkidele seatakse järgnevad liigiti kogumise sihid:

- ohtlikud majapidamisjäätmed tuleb koguda liigiti 2022. aastaks;
- biojäätmed tuleb koguda liigiti aastaks 2023;
- kõikide pakendite jaoks kehtestada kohustuslikud laiendatud tootjavastuse süsteemid aastaks 2024;
- tekstiilijäätmed tuleb koguda liigiti aastaks 2025.

Uute eesmärkide sihis on vaja veelgi enam pingutada. Tõhusam liigiti sorteerimine aitab täita nii olmejäätmete kui ka spetsiifilisemalt pakendijäätmete ringlussevõttu. Enim on probleeme plastpakenditega, mida tuleks sorteerida aastaks 2025 ligikaudu kaks korda rohkem kui seda tehti baasaastal ehk 2017. Madala sorteerituse on tinginud senine tarbijale mitte mugav jäätmekorraldus. Ukselt-uksele kogumise asemel rakendatakse eemal asuvaid konteinereid, kuhu tohib viia ainult määrdumata pakendeid. Vastasel juhul konteineri sisu materjalina ringlusse võtta ning see tuleb suunata kas põletamisele või ladestamisele. Enim sorteeritakse paberit ja kartongi, mille ringlussevõtu näitajad ühtivad eesmärkidega.

3.3 Aastateks 2030–2035

Jäätmemajanduse pikaajalisema planeerimise eesmärgil on juba seatud ka eesmärgid järgmisesse kümnendisse.

Tabel 3.3. Euroopa Komisjoni ringmajanduse tegevuskava eesmärgid aastateks 2030–2035 ja täitmine [35]

Eesmärk	Täitmise tase [2]	Sihttase
Olmejäätmete ringlussevõtu osakaal olmejäätmete üldkogusest.	2018 a. 28%	2030 a. 60%
		2035 a. 65%
Olmejäätmete ladestamise osakaal olmejäätmete üldkogusest.	2018 a. 21%	2035 a. 10%
Pakendijäätmete ringlussevõtu osakaal pakendijäätmete üldkogusest:	2017 a. 54%	2030 a. 70%
plast	27%	55%
puit	16%	30%
raudmetall	67%	80%
alumiinium	-	60%
klaas	61%	75%
paber ja kartong	77%	85%

Aastaks 2035 planeeritud jäätmete käitlemise näitajad on juba märkimisväärselt muutunud võrreldes aastaga 2020. Efektivsem olmejäätmete sorteerimine ning ringlussevõtt aitab edukamalt järgida ringmajanduse põhimõtteid. Olmejäätmete ladestamise osakaal on viidud miinimumi lähedale kusjuures biolagunevate ja sorteerimata olmejäätmete ladestamine on üldse keelatud [36].

4 JÄÄTMEKÄITLUSTEHNOLOGIAD

Jäätmekäitlustegevused ja nendega seotud erinevad tehnoloogiad varieeruvad esmasest jäätmete kogumisest kuni nende lõpptöötlemise või kõrvaldamiseni. Autor on teinud valiku lähtuvalt energiatehnoloogia vaatenurgast ning keskendub üksikasjalikumalt just lõppkäitlusele ehk ringlussevõtule ja energiakasutusele.

Kuigi jäätmekäitluse seisukohast täidab endiselt olulist rolli jäätmete ladestamine, on see nii keskkonna, püstitatud eesmärkide kui ka ringmajanduse seisukohast täiesti põhjendamatu [35]. Kui aastal 2018 moodustas ladestamisele kuuluvate jäätmete kogus ligikaudu 23% kogu käideldavatest jäätmetest, siis lõputöö autor on veendunud, et juba lähitulevikus vähenevad vastavad kogused märkimisväärselt. Kaudselt võiks seda mõjutada jäätmehierarhia kõrgemate tasemete eelistamine ning otseselt läbi kõrgemate maksude kehtestamise ladestamisele. Ladestatud jäätmetest on küll võimalik toota nn prügilagaasi ja seda põletada, kuid selle osakaal on Eestis võrdlemisi väike ning see on seotud mitmete tehniliste probleemidega (gaasi koostise ja tootlikkuse ebahühtlus jms).

Tähtsaimad Harjumaal tegutsevad jäätmekäitlusettevõtted [8]:

- Enefit Green AS Iru elektrijaam - jäätmete masspõletus;
- Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus AS - kompostimine, jäätmekütuse tootmine, jäätmete ladestamine;
- Ragn-Sells AS - jäätmete kogumine, kompostimine, jäätmekütuse tootmine.

4.1 Materjali ringlussevõtt

Kui jäätmete ke on vältimatu ning samuti pole neid võimalik korduskasutada, tuleks jäätmehierarhiat silmas pidades eelistada just nimelt jäätmete ringlussevõtmist. Sellisel viisil talitledes väheneb koormus keskkonnale ning hoitakse kokku ressursse, kasutades olemasolevaid toormaterjale või neist saadud energiat ning välditakse vajadust uue toormaterjali järele.

Jäätmete eeskätt just materjali ringlussevõtu puhul on oluline toorme ehk jäätmematerjali puhtus, mis aga omakorda sõltub olmejäätmete liigiti kogumise korraldusest ning selle toimimisest.

Eestis võeti materjalina 2018 aastal ringlusse 98 kg inimese kohta aastas ehk kõigest 25,7% kogu käideldud materjalidest. Euroopa Liidu riikide keskmine näitaja oli vastavalt 31% (vt. Ptk. 2). Eestis rakendatav süsteem soosib täna eelkõige jäätmetekitajat ning asetab suurema koormuse ülejäänud jäätmekäitlusteekonnale. Avalikud jäätmekonteinerid eeldavad jäätmetekitaja poolt vastutustundlikku tegevust, kuid loovad võimaluse anonüümseteks rikkumisteks. Materjali põhiselt sorteeritakse edukalt plast- ja klaaspudeleid ning pappi ja paberit. Määrdumate pakendite kogumise süsteem tekitab vastuolusid nii jäätmetekitajate seas kui ka seab edaspidisele sorteerimisele suurema koormuse.

4.1.1 Materjali ümbertöötlemine

Materjali ringlusse suunamine saab alguse liigiti kogutud jäätmetest. Sõltuvalt sorteeritusest on neid vaja täiendavalt tööstuslike meetmeid kasutades sorteerida. Vastavalt jäätmemahitudele rakendatakse riikides erinevaid tehnoloogiaid. Levinud on lahendus, kus pärast jäätmete kogumist jäätmetekitaja juurest, liiguvad jäätmed edasi primaarsorteerimisjaama. Eestis on suur osatähtsus just antud jaamal, sest näiteks segapakendijäätmeid sorteeriv üksus peab tegelema paljude erinevate materjalidega (plast-, metall- ja kartongpakendid). Kuivõrd on Eestil enim probleeme just plastijäätmete ringlussevõtuga (vt. Joonis 4.1), keskendub autor peaasjalikult just plasti ümbertöötlemisvõimalustele.

Teiste riikide praktika näitel on võimalus edukalt rakendada ka eraldi plastjäätmete kogumiskonteinereid. Sellisel juhul langeks ka väiksem koormus primaarsorteerimisjaamale. Esmase sorteerimise läbinud plastid on võimalik suunata ka sekundaarsorteerimisjaama (näiteks ainult plastjäätmed), kus toimub juba sortimine erinevateks plastipolümeerideks.

Olmejäätmetes enim levinud plastitüübid [37]:

1. PET, PETE (polüetüleen tereftalaat) – enimlevinud soodne plastik, kasutatakse näiteks joogipudelites, salatikastmete, mooside jt pakendites, ei ole korduskasutatav, taaskasutamisel võimalik toota näiteks fliisi, fiiberjuhtmeid, mööblit;
2. HDPE (kõrge tihedusega polüetüleen) – kõrge lekkivuskindlusega, kasutatakse näiteks kodukeemiatoodete pudelites, jogurtitopsides, prügikottides, korduskasutatav ainult külmade vedelike puhul, taaskasutamisel võimalik toota õlipudeleid, prügikonteinereid;

3. V, PVC (polüvinüülkloriid) – vastupidav ja ilmastikukindel plast, kasutatakse näiteks plastiktorudes, juhtmekatetes, pesuainete pudelites, korduskasutamist ei soovitata, vabastab korduvkasutamisel anumas kemikaale, taaskasutamisel võimalik toota porimatte, linoleumpõrandaid;
4. LDPE (madala tihedusega polüetüleen) – tugev ja paindlik plast, kasutatakse kokkupigistavates pudelites, korduskasutamist peetakse ohutuks, taaskasutamisel võimalik toota prügi- ja kompostikaste;
5. PP (polüpropüleen) – hea kuumataluvusega plast, kasutatakse toidu- ja säilituskarpides ning joogikõrtes, korduskasutamist peetakse ohutuks, taaskasutamisel võimalik toota harju, nagisid, kandikuid;
6. PS (polüstüreen) – väga jäiga või vahulise omadusega plast, kasutatakse ühekordsetest sööginõudes, termotopsides ja -karpides, ei tohi korduskasutada, taaskasutamisel võimalik toota isolatsioonimaterjale, joonlaudaid, munakarpe.

Sorteeritud plastidel on kõrgem turuväärtus ning nende ümbertöötlemisel on võimalus toota kindlat tüüpi ja värvi plastigraanuleid, mille omadused on sarnased fossiilisel kütusel põhinevatele primaartoomaterjalidele.

Järgnevalt on kirjeldatud plastijäätmete sekundaarsortimisjaama tööd etapiti (võib ka olla integreeritud primaarsorteerimisjaamaga) [38]:

1. sisendmaterjali sorteerimine;
2. purustamine, materjali tükisuuruse ühtlustamiseks;
3. materjali pesemine;
4. teisene purustamine, kindla tükisuuruse saavutamiseks;
5. kuivatamine ja tekkivate kõrvaljääkide kogumine;
6. vajadusel materjali täiendav sorteerimine värvi järgi;
7. granuleerimine.

Esmalt on vaja sisendmaterjal ehk erinevat tüüpi plastid jaama sisendes sorteerida, lisaks eemaldatakse ka muud võõrised. Sorteerimine leiab aset NIR (*near infrared*) tüüpi sensori ja pneumopihustite koostööl lintkonveieril. Sensor kasutab infrapuna kiirgust, mis materjalile ja sealt tagasi peegeldades annab informatsiooni polümeeri tüübi ja värvi kohta. Mööda konveierit edasi liikudes jõuab materjal pneumopihustiteni, mille abil toimub sorteerimine.

Järgnevalt liigub materjal mööda lintkonveiereid purustamisele, eesmärgiga ühtlustada materjalide tükisuurused. Protsessi käigus leiab aset käideldavate jäätmete mahu vähenemine ligikaudu 5 korda. Seejärel toimub jäätmete pesu auru ja seebikivi

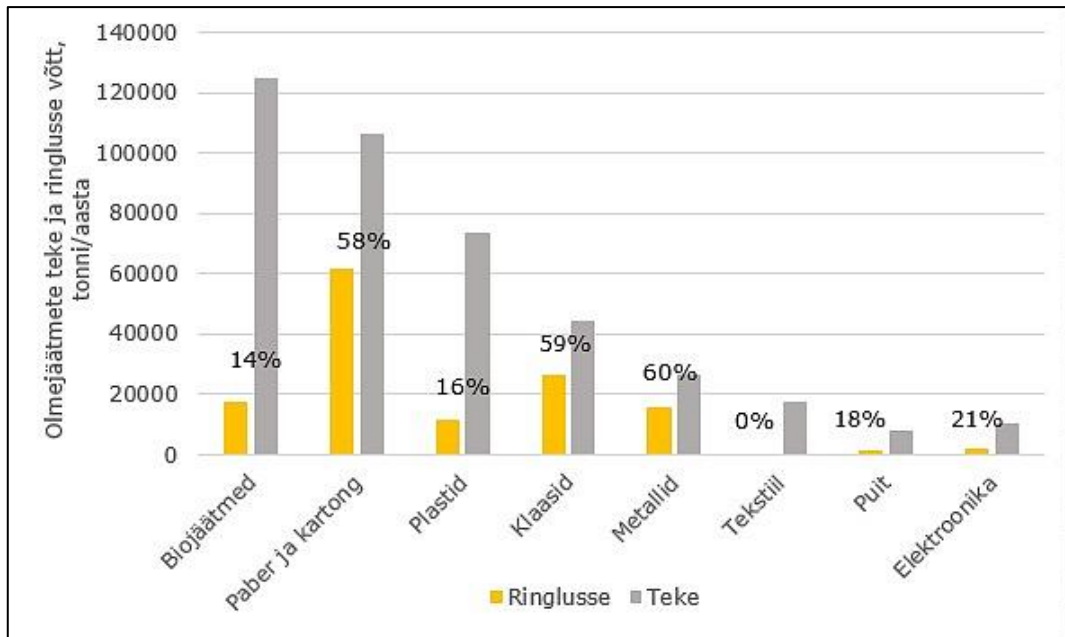
keskkonnas, eesmärgiga eemaldada liimi, kleebiste jms jäägid. Järgnevalt toimub materjali teisene purustamine, eesmärgiga saavutada ligikaudseks tükisuuruseks 20mm. Seejärel kuivatatakse materjal, eemaldatakse niiskus ning filtreeritakse tootmisel tekkiv plastitolm. Tulemuseks on ühtlase suurusega plastihelbed, mis on võimalik suunata täiendavale sorteerimisele värvi järgi. Korduvate tsüklite (NIR) tulemusel on võimalik koguda eri värvi plastipolümeeri helbeid. Samuti on võimalik plastipuru edasisel töötlemisel toota plastigraanuleid, millel on kindel kuju ja suurus [38].

Valminud plastipuru (helbed) või plastigraanuleid on võimalik suunata ettevõttesse või eksportida välisriikidesse. Mida vähem on võõriseid jäätmetoormes seda sarnasemate omadustega on ta primaartoormaterjalile ning seda kõrgem on ta turuväärtus. Eestis kasutatakse tootmisüksustes valdavalt purustatud eriplastide segu ning polümeeride järgi sortimist autorile teadaolevalt arvestatavas mahus ei toimu.

4.1.2 Ringlussevõtt Eestis

Tulenevalt püstitatud jäätmemajanduse eesmärkidest seisab Eesti väljakutse ees, kuidas tagada, et energia kasutamise ja ladestamise asemel jõuaks suurem osa jäätmetest, eriti plasti- ja biolagunevad jäätmed ringlusse. Riigikontrolli aruanne [14]: „Keskkonnaministeeriumi ja SEI (*Stockholm Environment Institute*) Tallinna Keskuse ekspertide hinnangul on olmejäätmest praegu edukamalt välja sorteeritud majanduslikult tasuvamad jäätmeliigid (eelkõige klaasi- ja metalli-, paberi- ning kartongijäätmed). Ringlussevõtu edaspidine kasv on võimalik tasuvate jäätmeliikide efektiivsemast sorteerimisest ja praegu valdavalt segaolmejäätmes olevate jäätmeliikide sortimisest, mille kogumine, käitlus ja edasine kasutatavus ei ole majanduslikult veel nii tasuv (näiteks biojäätmes ja segaplast)“.

Võrreldes 2014. aasta näitajaid 2018. aasta omadega on märgata, et muutused materjali ringlussevõtu osas puuduvad (vt. Joonis 2.5). Tasemed on jäänud samaks. Sellest lähtuvalt toetub autor peatüki edasises analüüsis Keskkonnaagentuuri (KAUR) 2015. aasta andmetele.



Joonis 4.1 Olmejäätmete teke, ringlussevõtt ja osatähtsus tekkest (%) 2015. aastal [15]

Aastal 2015 võeti materjalina ringlusse ligikaudu 26% käideldud olmejäätmetest [2]. Suurimaks probleemiks on tekstiili-, bio-, plasti-, ja puidujätmed, mille puhul ringlussevõtt jäi alla 20% (vt. Joonis 4.1). Väikestele jäätmemahutude tõttu ei ole ka majanduslikult mõistlik kõiki jäätmeid kohapeal käidelda ning huvi rahvusvahelistel käitlusettevõtetel turule sisenemiseks madal. Investeeringut mõjutab ka sekundaarse toorme hind ja nõudlus maailmaturul [14].

Kuna erinevate materjalide töötlemise võimekused on Eestis piiratud, võetakse pool liigiti kogutud jäätmetest ringlusse Eestis ning pool eksporditakse välismaale. Suure osa ekspordist moodustavad paber ja kartong. Ekspordimisele kuuluvad jäätmed arvatakse automaatselt ringlusse võetuks [14].

Üha enam lisandub ka Eestisse ettevõtteid, kes kasutavad oma toodangust liigiti sorteeritud olmejäätmeid. Suurema osa toodangust moodustavad paber ja pakendid ning uued klaaspakendid. Lisaks tegutsevad Eestis mitmed graanuleid ja kiudmaterjale tootvad ettevõtted, kes oma toodangut enamasti ekspordivad.

Eesti suurimad jäätmete ringlussevõtjad [14], [39]:

- O-I Production, toodab klaasijäätmetest purke ja pudeleid;
- Räpina Paberivabrik, valmistab paberi- ja papitooteid;
- Dägoplast, toodab plastijäätmetest kilekotte;
- Wendre, toodab plastijäätmetest madratseid, patju ja muid tekstiilitooteid.

4.2 Bioloogiline ringlussevõtt

Suure osa olmejäätmetest moodustavad biojäätmed, mida on samuti võimalik ringlusse võtta. Kõrgest niiskusesisaldusega biojätmete eraldamine segaolmejäätmetest tagab ka kõrgema kütteväärtuse põletamisele või jäätmekütuse valmistamiseks mõeldud jätmete seas. Euroopa Liidu ringlussevõtu eesmärkide täitmiseks on oluline arendada lisaks materialide ümbertöötlemise võimekusele ka biojätmete käitlemist, kuna sihtide seadmisel on ühikuna arvestatud suhtelist jätmete kaalu, mis võrreldes pakenditega on biojätmete korral märgatavalt suurem.

Biojätmete ümbertöötlemise all peetakse silmas aeroobset kääritamist ehk kompostimist ning anaeroobset kääritamist ehk biogaasi tootmist. Autor peab oluliseks analüüsida Eestis rakendatavat kompostimist ning vähem levinud, kuid efektiivsemat lahendust ehk biogaasi tootmist. Kui Eestis rakendati 2018. aastal bioloogilist ringlussevõtu 3,9% ulatuses kogu käideldud jätmetest, siis Euroopa Liidu riikide keskmine näitaja oli vastavalt 17,2%. Edukamatel riikidel moodustas bioloogiline ringlussevõtt ligikaudu kolmandiku käideldud olmejäätmetest (vt Ptk 2.3).

Biojätmete töötlemine aeroobselt või anaeroobselt eeldab, et jätmete hulgast oleks eraldatud klaas, plastik ja muud materjalid, mis sellisel töötlusel ei lagune. Vaatamata inimeste keskkonnaalase teadlikkuse kasvust, leidub endiselt liigiti kogutud biojätmetes sinna mittedobivaid võõriseid, nagu näiteks bioloogiliselt mitte lagunevad plastikotid või pakendatud toidujäätmed [40]. Eraldatud võõrised on võimalik suunata energia tootmise eesmärgil näiteks masspõletusjaama.

Jätmete bioloogiliseks käitlemiseks on vaja määrata järgmised näitajad [41]:

- niiskusesisaldus;
- orgaanilise süsiniku hulk;
- võimalik gaasitootlikkus;
- süsiniku/lämmastiku suhe (C/N suhe).

Bioloogiliselt lagunevad kõige kiiremini veeslahustuvad süsivesikud ja valgud. Kõige aeglasemalt laguneb aga ligniin, mille peamiseks lagundajateks aeroobsetes tingimustes on seened. Ligniin on looduslik fenüülpropaani tüüpi ühenditest koosnev polümeer, mis ladestub taimerakkude kestades ning mille sisaldus on kõrgem papp- ja pabertoodetes. Anaeroobses keskkonnas ligniini lagunemist ei toimu. Toidujäätmed on kiiresti lagunevad orgaanilised materjalid, millel on kõrge lämmastikusisaldus, madal ligniinisisaldus (0,4%) ning suhteliselt kõrge niiskusesisaldus (50-65%) [41]. Lisaks

toidujäätmetele, võetakse bioloogiliselt ringlusse ka loodus- ja reovee käitlemisel tekkinud setteid, haljastusjäätmeid ning loomade väljaheiteid ehk sõnnikut.

4.2.1 Aeroobne kompostimine

Aeroobne kompostimine on hapniku ja mikroorganismide juuresolekul, kindlatel tingimustel aset leidev orgaaniliste materjalide lagundamise protsess. Kompostimist reguleerib 2013. aastal vastu võetud (JÄÄTS) määrus „Biolagunevatest jäätmetest komposti tootmise nõuded“ [42].

Kompostimisprotsessi võib jaotada tinglikult kaheks: lagunemine ja valmimine. Lagunemise esimene pool toimub mesofiilses faasis (temperatuuril kuni 40 kraadi) kuni paar päeva, mille käigus bakterid lagundavad kiiresti lahustuvaid ja lagundatavaid ühendeid. Kompostmaterjali temperatuuri kasvades hakkavad domineerima termofiilsed mikroorganismid ning toimub lagunemise teine etapp. Haigusttekitavate patogeenide hävitamise eesmärgil säilitatakse kõrgeid temperatuure (70 kraadi) vähemalt üks tund. Sellises keskkonnas hävivad ka paljud mikroorganismid ning protsessi kiirus ja temperatuur hakkavad tänu energiaallikate ammendumisele langema. Valmimise käigus toimub komposti jahtumine ning küpsemine. Toimub järelejäänud orgaanika lagundamine ning stabiilsemaks muutumine. Kui jäätmete lagunemiseks kulub keskmiselt 6-10 nädalat, siis tunduvalt ajamahukam on valmimisetapp ehk küpsemine, mis võib toimuda kuni 6 kuud [43].

Kompostimisprotsessi mõjutavad peamiselt järgmised tegurid [41]: hapniku- ja niiskusesisaldus, süsiniku-lämmastiku suhe, pH tase ning temperatuur. Aeroobne kompostimine tarbib suures koguses hapniku ning protsessi normaalseks läbiviimiseks peab kontsentratsioon kompostiosakeste vahedes ja poorides olema üle 10%. Niiskus on vajalik mikroobide metabolismi ehk ainevahetuse toimimiseks. Materjalide niiskusesisaldus peaks jääma vahemiku 40-65%. Kompostitava materjali optimaalne pH tase peaks jääma vahemiku 5-9, vastasel korral aeglustub biolagunemise kiirus.

Mikroorganismid kasutavad süsinikku energia saamiseks ja kasvamiseks, lämmastiku aga proteiinide saamiseks ja paljunemiseks. Segud vahemikus 20:1 kuni 40:1 tagavad häid tulemusi, kui suhe jääb alla selle kasutatakse süsinik ära ilma lämmastiku stabiliseerimata ning võib tekkida liigne ammoniaak ja ebameeldiv lõhn. Kui suhe jääb üle 40:1, ei ole piisavalt lämmastiku ja kompostimine muutub aeglaseks. Suhet on

võimalik reguleerida segades olmejäätmeid (C/N=60), kus on süsiniku ülearu, loomsete väljaheidete või reoveesettedega, mis sisaldavad rohkelt lämmastiku [41].

Jäätmete kompostimisel rakendatakse sõltuvalt mahtudest ning keskkonnast (sise- või väliskeskkond) erinevaid tehnoloogiaid. Enim levinud on aunkompostimine ja reaktorkompostimine. Eramaja elanikel tuleks võimalusel kasutada kodukompostit.

Eesti suurim biojäätmete käitleja on Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus, kes rakendab Comp-Any GmbH firma aunkompostimise tehnoloogiaid [43].

Vaatamata teatavatele arengutele biojäätmete käitlemises, on sellegi poolest tegemist Eesti ühe suurima jäätmemajanduse probleemiga, mis vajab lahendamist. Aastatel 2008-2018 on kompostimise osakaal jäänud samaks, või pigem langenud, samal ajal märkimisväärseid alternatiive pole juurde tekkinud. Vähene nõudlus, pikk töötlemisaeg ja madal toote lõppväärtus ei anna alust tootmismahude suurendamisele ning uutele investeeringutele biojäätmete kompostimise valdkonnas.

Jana Põldnurk käsitles oma doktoritöös „Hajaasustusala jäätmehooldusmudeli majandusliku ja keskkonnamõju hindamine ning mudeli optimeerimine Eestis Harjumaa omavalituse näitel“ ka biojäätmete käitlemist. Tööst selgus, et enamuses Eesti omavalitsustes ei ole liigiti kogutud biojäätmete tsentraalne kogumine ja kompostimine keskkonnaalaselt ega ka majanduslikult mõistlik ega tasuv [34].

4.2.2 Anaeroobne kääritamine

Lisaks aeroobsele kompostimisele rakendatakse ka biojäätmete käitlemisel anaeroobset kääritamist. Kuigi viimane on enimlevinud just loomsete väljaheidete ning reoveepuhastitest pärinevate orgaaniliste jäätmete bioloogilisel töötlemisel, rakendatakse antud lahendust ka üha enam toidujäätmete korral [44]. Erinevalt teistest taastuvatel kütustel põhinevatest tehnoloogiatest, ei sõltu biogaasi tootmine valitsevatest ilmastikuoludest ning toodetud energiat on võimalik salvestada ja transportida gaasi võrgustikus [45].

Autor on veendunud, et erinevalt eelpool kirjeldatud aeroobsele käitlemisele (vt. Ptk 4.2.2) on just anaeroobne kääritamine tulevikku vaatav käitlemisviis, mille edukuse tagab madal sisendkütuse hind (jäätmed kui probleem, millest valdaja soovib vabaneda) ja lai kasutusvaldkond toodetud produktide näol [44].

Anaeroobse kääritamise käigus lagundatakse orgaaniline mass hapnikuvaeses keskkonnas bakterite poolt biogaasiks ja kääritusjäätiks ehk digestaadiks. Biogaas koosneb 50-70% metaanist (CH_4), 30-40% süsinikdioksiidist (CO_2) ja teistest komponentidest nagu O_2 , N_2 , NH_4 ja H_2S . Biogaasi kütteväärtus sõltub metaani sisaldusest ning jääb vahemikku 5-7 kWh/m³ kohta. Biogaasist on võimalik toota soojus- ja/või elektrienergiat või seda täiendavalt puhastada ning toota biometaani, mida on võimalik kasutada transpordikütusena [46].

Biometaanil (metaani sisaldus 96-99%) on maagaasiga võrdne kütteväärtus. Lisaks tekib protsessi tulemusel kääritusjäät, mida on võimalik kasutada põllumajanduses väetisena. Vähenenud on kahjurit, patogeenide ja ebameeldivate lõhnade kontsentratsioon ning tekkinud orgaanilises väetises on enamus toitaineid mineraliseeritud kujul, mis muudab nad taimedele kergemini kättesaadavaks [46].

Biogaasi tootmise võib jaotada kääritis toimuvate protsesside järgi neljaks etapiks [47]:

1. Hüdrolyüs – algmaterjal (süsivesikud, valgud, rasvad) muudetakse lihtsamateks orgaanilisteks ühenditeks (rasvhapped, suhkrud, aminohapped);
2. Atsidogeneesis – vaheproduktid lagundatakse happeid tootvate bakterite abil lenduvateks orgaanilisteks hapeteks (või-, propioon- ja äädikhappeks), vesinikuks ja süsihappegaasiks. Mõningal määral tekib ka piimhapet ja alkohole;
3. Atsetogeneesis – tekkinud produktidest saadakse biogaasi eelaine äädikhape, samuti vesinik ja süsihappegaas, liialt kõrge vesinikusisaldus kahjustab äädikhapetootvate bakterite tööd ning bakterid hakkavad moodustama elukeskkonda metaanibakteritega;
4. Metanogeneesis – atsetogeneesi produktidest hakkavad tekkima metaani osakesed.

Biojätmete anaeroobsel töötlemisel on võimalik rakendada erinevaid tüüpe kääriteid, mis põhiliselt jagunevad ühe- ja kaheastmelisteks. Kui kõik eelnevalt kirjeldatud etapid leiavad aset samas kambris on tegemist üheastmelise süsteemiga. Kuna aga eri etappides vajavad bakterid erinevaid keskkonna tingimusi on kaheastmelise süsteemi (etapid 1 ja 2 eraldi etapidest 3 ja 4) korral protsessi kergem juhtida. Tingimuste loomisel arvestatakse enim 4nda etapiga, sest metaani bakterid on tundlikud ning paljunevad kõige aeglasemalt. Enamasti toimub protsess temperatuuri vahemikus 35-42 kraadi, kõrgemad temperatuurid eeldavad suuremat energiakulu, kuid tagavad tõvestavate bakterite huku [47], [41].

Kääritusprotsessi mõjutavad mitmed parameetrid, mida tuleb pidevalt jälgida, et tagada vajalik mikrobioloogiline aktiivsus ja see läbi töötamise efektiivsus. Nii nagu aeroobse käitlemise juures on ka anaeroobse kääritamise juures olulised parameetrid pH tase ning süsiniku-lämmastiku suhe. Töötlemise käigus toimuv hapestumine viib pH tasemele alla 5 ning see võib aeglustada bakterite kasvu, mille tõttu on oluline juhtida protsessi näiteks lubjakivi või taaskasutatud filtraati. Metaani tekkimisel tõuseb ammoniaagi kontsentratsioon ja pH tase tõuseb. Stabiliseerudes jääb pH vahemiku 7,2-8,2. Süsiniku-lämmastiku suhe peaks jääma vahemiku 20-30. Väiksema suhte korral tekib ammoniumi akumulatsioon ning pH tase tõuseb üle 8,5, mis hakkab häirima metanogeenide tööd. Kõrgema suhte korral tarbivad metanogeenid liiga kiiresti lämmastiku ning gaasiteke aeglustub [47], [41].

Anaeroobse käärituse bioloogilise töötlusvõime näitaja OLR (*organic load rate*) iseloomustab protsessi toimiseks vajalikku orgaanilise aine kogust. Sisendmaterjali ehk substraadi käärimiskambri viibimise aega nimetatakse hüdrauliliseks viibeajaks HRT (*hydraulic retention time*). Nende kahe näitaja vahel on tihed seos. Mida rohkem viiakse uut orgaanilist ainet kääritisse, seda väiksem on viibeag, substraat ei jõua laguneda ning eraldub vähem gaasi. Vastupidiselt pika viibeaja korral toimub orgaanilise aine ammendumine ning samuti ei vasta tekkinud gaasi näitajad ootustele. Kui biojäätmete aeroobne töötlemine võtab aega kuni 6 kuud, siis anaeroobne töötlus kestab kuni 40 päeva [47], [41].

Kokkuvõtvalt võib tõdeda, et biojäätmete anaeroobne käitlemine on võrreldes aeroobse käitlemisega märkimisväärselt aega säästvam, tulusam ja perspektiivsem, kuid nõuab suuremaid investeeringuid, paremat varustuskindlust ning piirkonnaüleste süsteemi väljaehitamist.

4.3 Energiakasutus

Kui käesoleval ajal on riigi jäätmemajanduse suurimaks probleemiks jäätmete ringlusse suunamine, siis 2000ndate alguses tegeleti korrastamata ja mitte nõuetele vastavate prügilate sulgemisega. Samuti oli vaja täita 2010. aastaks seatud Euroopa Liidu direktiivi ladestamisele kuuluvate biolagunevate jäätmete koguses. Kuigi eesmärk jäi tol hetkel täitmata, hakati arendama jäätmete mehaanilis-bioloogilise käitlemise võimekust, eesmärgiga toota jäätmekütust ning masspõletusjaama. Riigi jäätmekava 2013. aasta seisukoht: „Harjumaale on selle aastaga seisuga alles jäänud kaks prügilat;

Masspõletuse rakendamisel muutub oluliselt Tallinna prügila ladestavate jäätmete koostis, sest väheneb märgatavalt biolagunevate jäätmete ladestamine" [48], [8].

4.3.1 Jäätmekütuse tootmine ja kasutamine

Kui liigiti kogutud jäätmeid on võimalik korduskasutada või ringlussevõtta, siis segaolmejäätmete korral ei ole see tihti võimalik ega mõistlik. Nende käitlemisel rakendatakse vastavalt piirkonna võimekusele erinevaid tehnoloogiaid (vt. Joonis 1.2). Ilma täiendava sorteerimiseta on võimalik suunata segajäätmed otse masspõletusjaama. Lisaks on variant teostada jäätmete eeltötlust (MBT), millega töstetakse nende põlemisomadusi (võimalus toota jäätmekütust), sorteeritakse ringlussevõetavad materjalid ning vähendatakse nende ohtlikkust. Arengumaades on võimalik lahendust kasutada kiire abinõuna, et vähendada jäätmete hoiustamise ning ladestamisega seotud probleeme. Vaatamata jäätmesegu varieeruvale koostisele (määratud materjalid, kõrge niiskus) on vastavate protseduuride abil võimalik eraldada taaskasutatavaid ja mittepõlevaid materjale nagu metalle, plastikuid jt. Töötlemise lõpuks valmib jäätmekütus ehk SRF, millel on ühtlane tükisuurus ja koostis, vähenenud niiskuse ja tuhasuse sisaldus ning kõrgem kütteväärtus kui tavalisel olemjäätmesegul. Vanemates allikates kasutatakse jäätmekütuse lühendina ka RDF (*refuse derived fuel*), kuid ametliku definitsiooni ja eeskirjade puudumisel, ei olnud võimalik määrata üheselt kütuse koostist ja kvaliteeti [49]. 2011. aastal võeti kasutusele SRFi defineerimiseks Euroopa ülene standard CEN/TC 343 [50].

Jäätmekütuse tootmine algab enamasti bioloogilisest töötlemisest. Eelpurustuse läbinud materjalist eemaldatakse spetsiaalse kambri aeroobsel teel niiskus. Jäätmete mass väheneb 20-30%. Protsessi kestus on ligikaudu 7-15 päeva, temperatuurivahemikus 50-55 kraadi. Toimub materjali stabiliseerimine ja hügeniseerimine. Väljutatav õhk imetakse kambri põhjast läbi materjali, nii hoitakse ruumi õhurõhk madalam väliskeskonna rõhust ning välditakse kahjulike gaaside ja ebaseadlike lõhnade leket. Imetav õhk väljub läbi biofiltri. Samuti on võimalik bioloogilist kuivatamist läbi viia saranaselt aunkompostimistehnoloogiale (vt. Ptk 4.2.2). Antud lahendust kasutab näiteks Uikala prügila Ida-Virumaal [51].

Sõltuvalt rakendatud tehnoloogiast järgneb bioloogilisele töötlemisele mehaaniline, kuid see võib toimuda ka vastupidises järjekorras. Mehaanilisel töötlemisel jäätmed täiendavalt purustatakse ning seejärel sorditatakse. Purustatud tükid liiguvad mööda konveierlinti ning läbivad erinevad sorteerimisetapid: suuruse, magnetilise ning optiliste

omaduste järgi. Kui magnetilise separeerimisega (ECS, *eddy current separator*) on võimalik eraldada raud- ja mitteraudmetalle, siis infrapuna kiirgusega (NIR) saab eraldada kloori sisaldavaid ja taaskasutatavaid plaste (vt. Ptk 4.1.1). Plastide ja paberi eemaldamine on oluline küll ringlussevõtu eesmärgist lähtuvalt, kuid teisest küljest alandab see toodetud jäätmekütuse kütteväärtust. Töödeldud materjalist on võimalik toota jäätmegraanuleid [52].

Jäätmekütuse kasutamine vähendab küll fossiilsete kütuste kasutamise osakaalu, kuid majanduslikult on seda mõistlik toota vaid siis, kui on olemas vastav nõudlus märkimisväärse tootmisüksuse näol. Jäätmekütust on võimalik kasutada nii soojuse- ja elektrienergia tootmisel keevkihtkatlas kui ka koospõletamise korral teiste kütuse lisandina näiteks tsemenditööstuses. Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus ekspordib toodetud jäätmekütuse Lätis asuvasse Broceni tsemenditehasesse [53].

Jäätmekütuse kasutamisel esinevad peamised probleemid [52]:

- tehnilised – kütuse tootmisel ja ladustamisel võimalik tulekahju oht, ummistused ja paakumine (kloori (Cl) ning vääveltrioksiidi (SO₃) koosmõjul) tsemenditööstuse pöördahjudes, enamlevinud polüvinüülkloriid (PVC) plastikutes sisalduv kloor, mis kõrgetel temperatuuridel moodustab vesinikkloriidi (HCl) ning kutsub esile korrosiooni auru ülekuumendis;
- keskkonnavalased – dioksiinide ja elavhõbeda koguste märkimisväärne kasv;
- majanduslikud – varustuskindluse tagamine, kütuse kasutajal palju alternatiive (rehvihake, vedelikud, lahustid, värvid jt) ja eelistab vähe tasuda kütuse eest.

Järgnevalt kirjeldab autor lühidalt traditsioonilist märgtehnoloogial põhinevat tsemenditootmist AS Kunda Nordic Tsemendi näitel [54]. Tootmisprotsessi tooraineteks on lubjakivi ja savi ning kütusena kasutatakse põlevkivi, naftakoksi (kivisüsi) ja alternatiivkütuste (ka jäätmekütuse) segu. Toorained (savi ja lubjakivi) purustatakse ning segatakse eraldi nn karusselides veega (tekivad lubjakivi- ja savilobri). Järgnevalt lisatakse lubjakivilobri teatud kogus savilobri (suhe 9:1) ning valmib põletamiseks sobiv ahjulobri. Seejärel toimub segu põletamine pöördahjudes, kus ülemisest otsast läheb sisse ahjulobri ning alumisest kütus. Põhikütus on eelnevalt purustatud, koospõletuse korral lisatud eraldi suruõhu dosaatorid (jäätmekütuse jaoks). Pöördahjus toimunud füüsikalise-keemiliste protsesside tulemusena valmib klinker, mis jahutatakse ning ladustatakse. Klinkri jahvatamisel ja segamisel näiteks kipsi ja/või põletatud põlevkiviga on võimalik toota erinavat tüüpi tsementi.

2009. aastal avati Kundas (AS Kunda Nordic Tsement) jäätmekütuse ja põhikütuse (põlevkivi ja kivisüsi) koospõletusliin [55]. Tänu kõrgetele temperatuuridele (ligikaudu 2000 °C) oli võimalik rakendada lisaks erinevaid vedelaid jäätmekütuseid, näiteks Viru Keemia Grupp ASi põlevkiviõlitechase tootmisjääke. 2012. aastal oli Kunda tehase poolt tsemendiklinkri tootmiseks kasutatud kütusest 26% jäätmekütus, milles suurem osa oli toodetud Eestis. Käesoleva 2020. aasta märtsi kuus teatas ettevõtte klinkritootmise lõpetamisest. Tänu rakendatavale märgtehnoloogiale ja süsihappegaasi (CO₂) kvoodi hinna kasvule on ettevõttel majanduslikult mõistlikum klinkrit edaspidi välisriikidest importima hakata [56].

4.3.2 Jäätmete masspõletamine

Segaolmejäätmete põletamine on enimlevinud „muu taaskasutus“ viis, mis võimaldab vabaneda üheaegselt nii jäätmetest kui ka toota vajaliku energiat soojuse ja elektri näol. Kui 2010ndal aastal käideldi elaniku kohta 255 kg olmejäätmeid aastas, siis ladestamisele läks nendest 201 kg ehk ligikaudu 80%. Juba käesolevate ning ka lähitulevikus ees ootavate Euroopa Liidu eesmärkide sihis oli selge, et jäätmemajanduse probleemidega tuleb alustada jäätmehierarhiat silmas pidades alt üles. Kui ülemiste tahkudega (korduskasutamine ja ringlusse võtmine) ei olnud enam aega tegeleda, tuli valida kiirete muutuste läbiviimiseks hierarhia eelviimane aste. 2018. aastal rakendati Eestis jäätmete põletamist 43,7% ulatuses kogu käideldud jäätmetest. Euroopa Liidu riikide keskmine näitaja oli vastavalt 17,2% (vt. Ptk 2.3).

Oluline muutus toimus jäätmemajanduses seoses Iru soojuselektrijaama jäätmepõletusploki tööle hakkamisega 2013. aastal. Pärast jaama valmimist langes lähiaastatel ladestamise osakaal 10%-ni käitlusele minevatest jäätmetest. Jaam suudab põletada ligikaudu 250 000 tonni segaolmejäätmeid aastas (2018. aastal tekitati kokku 535 000 olmejäätmeid). Täisvõimsusel töötades põletatakse tunnis keskmiselt 30 tonni segaolmejäätmeid, mis transporditakse jaama prügiautodega (keskmiselt 100 autot päevas). Jaam toodab aastas kuni 134 gigavatt-tundi (GWh) elektrit ja 310 GWh soojust. Elektrit müüakse Nord Pooli elektribörsil ning soojusega varustatakse Tallinna ja Maardu linnasid. Jaama soojuse tootmise võimsus on 50 megavatti (MW) ning elektritootmise võimsus 17 MW [57].

Euroopa Liidu direktiivist 2000/76/EÜ lähutvalt defineerib (JÄÄTS) jäätmepõletustehases toimuvat kui protsesse, mis hõlmavad nii jäätmete vahetut põletamist oksüdatsioonil teel kui ka muid termilisi protsesse, nagu pürolüüs, utmine, gaasistamine

või plasmaprotsessid, juhul kui termilistes protsessides tekkivad ained järgnevalt põletatakse [8].

Segaolmejäätmete ehk sorteerimata jäätmete põletamisel esineb mitmeid probleeme. Peamised on tingitud jäätmete kui kütuse koostise suurest varieeruvusest. Põletamisel esineb probleeme halva süttivuse, kahjulike heitmete võimalike emissioonide ning tuhas leiduvate raskemetallide näol. Et vältida keskkonnaohtliku tegutsemist ja tagada põlemisprotsessi täielikkus, tuleb kinni pidada ettenähtud põlemisrežiimidest: põlemisgaaside temperatuur pärast põlemisõhu viimast sisestamist tuleb hoida vähemalt 850 kraadi juures 2 sekundi vältel; kui leiab aset ohtlikke jäätmete põletamine, mis sisaldavad rohkem kui 1% halogeenitud orgaanilisi ühendeid (Cl), siis tuleb hoida temperatuuri vastava aja vältel 1100 kraadi juures. Põlemisprotsessi täielikkuse näitajaks on orgaanilise süsiniku üldsisaldus (TOC, *total organic carbon*) koldetuhas ja räbus, mis peab jääma alla 3% või kuumutamiskadu, mis peab jääma alla 5% aine kuivmassist. Keskkonnaohu vältimiseks teostatakse põlemisgaasidega seotud mõõtmisi. Pidevalt analüüsitakse saasteainete nagu HCl, süsinikoksiidi (CO), vesinikfluoriidi (HF), vääveldioksiidi (SO₂), lämmastikoksiidide (NO_x) ja TOC sisaldust põlemisgaasides. Perioodiliselt mõõdetakse raskemetallide, dioksiinide ja furaanide sisaldust. Suurem osa kahjulike heitmeid tekib mittetäielikul põlemisel ning selle vältimiseks rakendatakse meetmeid, mis kindlustavad kütuse parema segunemise õhuhapnikuga ning pikemaajalise viibimise kõrgematel temperatuuridel [41], [9].

Võrreldes tavalise tahke kütuse näiteks puiduhakke põletamisega on jäätmete põletusseadmete ühikmaksumus (eur/MW) mitmeid kordi kõrgem ning majanduslikult on tasuv rajada üksnes suuremaid jaamasid (alates 10 t/h kütuse sisendiga) [41].

Järgnevalt kirjeldab autor lühidalt masspõletamise tehnoloogiat Iru jaama näitel. Jaama esimeste etappide hulka kuulub kütuse ehk segaolmejäätmete vastu võtmine jäätmevedu korraldavalt firmalt. Esmalt läbivad autod radioaktiivsete ainete kontrolli, kaalumise ning seejärel tühjendavad nad jäätmed punkrisse. Nii punker kui ka vastuvõtu ala on pideva alarõhu all, vältimaks ebameeldiva lõhna ja tolmu levikut. Punkris segavad kaks haaratskraanat jäätmesegu, et ühtlustada koostist ning kütteväärtust. Aeg ajalt tõstetakse kraanaga kütust põletuskolde ette andesse. Masspõletamisel rakendatakse enim liikuva restiga tahkekütuse katelt, nii ka Irus. Põletusrest asetseb 26-kraadise nurga all ning liigub kütuse suhtes vastuvoolu. Liikuvate restide sammu ja kiirust saab reguleerida. Ülekuumenemise vältimiseks on restid tavaliselt vesijahutusega (Irus ei rakendata) ning koldeosa kaitstakse spetsiaalsete korrosioonikindlate materjalidega. Jaama kävitamisel, seiskamisel või põlemisprotsessi

täiendaval juhtimisel kasutatakse maagaasil töötavaid põleteid. Põlemisprotsessist vabaneva soojusega toodetakse ülekuumendatud auru, mis juhitakse auruturbiini, et turbogeneraatori abil toota elektrit. Turbiinist väljuv aur juhitakse soojusvahetitesse ning soojus kantakse üle kaugkütte võrku. Kütteperioodi välisel ajal rakendatakse jahutustorni ehk gradiiri [58].

Tulenevalt jäätmekütuse koostisest tuleb võrreldes biokütuse katlaga rakendada märkimisväärselt keerukamaid ja kallimaid suitsugaaside puhastamise seadmeid. Põletusgaasid suunatakse esmalt reaktorisse kuhu pihustatakse lubjapiima eesmärgiga sadestada happelised gaasid. Oluline on tagada vastav kontaktaeg põlemisgaaside ja reaktiivi ehk lubjapiima vahel. Järgnevalt neutraliseeritakse tekkinud dioksiinid, raskemetallid jms aktiivsõega. Peale vastavaid protsesse püütakse kangasfiltrisse lendtuhk ja suitsugaaside puhastuse jäätmed. Lisaks on võimalik rakendada suitsugaaside puhastamisel elektrostaatilist filtrit (ESP, *electrostatic precipitator*) püüdmaks lendtuhka enne ülejäänud puhastusprotseduure. Lisaks lämmastikoksiidide kontrollimise läbi primaarsete meetodite ehk põlemiskarakteristikute järgi, on võimalik neid ka vähendada kasutades gaaside puhastusel selektiivseid katalüsaatoreid (SCR, *selective catalytic reactor*) lisades karbamiidi või ammoniaaki. Koldes tekkinud metallijäätmed on võimalik ümbertöödelda ning tuhka kasutada teedehituses või konstruktsioonimaterjalides. Lendtuhka ja suitsugaaside puhastamisel tekkinud jäätmeid on vaja eelnevalt töödelda (vähendada nende ohtlikkust) ning seejärel on neid võimalik ladestada [58], [59].

5 JÄÄTMEMAJANDUSE ARENDAMISE VÕIMALUSED EESTIS

Vaatamata Eesti jäätmemajanduse edasiminekuetele viimasel paarikümnel aastal on vahed Euroopa Liidu riikide keskmiste näitajatega suured ning kõrgemalt arenenud riikidega veelgi enam. Käesolevas peatükis analüüsib autor võimalusi Eesti jäätmemajanduse arendamiseks nii korraldusliku kui ka tehnoloogilise külje pealt. Samuti on selge, et valdkonna arengud peavad käima käsikäes. Keskonnaministeriumi asekanstler Kaupo Heinmaa on selgitanud uue jäätmeelnoõ tutvustamisel: „Ühest küljest ei taha ettevõtted investeerida ümbertöötlemistehastesse, kui neil puudub vajalik tooraine ehk sorteeritud jääde. Teisest küljest ei saa enne suurendada liigiti kogutavate jäätmete hulka, kui on olemas võimalus nende töötlemiseks ja turg tekkinud toodetele“ [3].

Peatüki esimeses pooles kirjeldatakse esmalt võimalusi tõsta jäätmetekonnal osalejate teadlikkust ning jäätmetekke vältimist. Järgnevalt analüüsitakse jäätmete sorteerimise, kogumise ja veo arendamise võimalusi. Lõpuks kirjeldatakse lühidalt jäätmetele rakendatava kontrolli tõhustamise meetmeid. Peatüki teises pooles tutvustab autor võimalike tehnoloogilisi arenguid jäätmemajanduse valdkonnas.

Tabelis 5.1 on autor välja toonud peamised näitajad ja eesmärgid eelnevatest peatükkidest, mis mõjutavad nii jäätmekorralduse arendamist kui tulevikus rakendatavaid energiatehnoloogiad.

Tabel 5.1. Jäätmemajanduse eesmärgid ja täitmine, kokkuvõtlik tabel (vt. Ptk. 2, Ptk. 3)

Käitlusviis, osakaal (%) kogu tekitatud olmejäätmetest	Euroopa Liit 2018 a.	Eesti 2018 a.	Sihttase 2035 a.
Energiakasutus	27,7%	41,3%	-
Jäätmete ringlussevõtmine (material + bioloogiline)	47,1% (30,1%+17%)	28,0% (24,3%+3,7%)	65%
Jäätmete ladestamine	22,5%	21,5%	10%

5.1 Jäätmehoolduse arendamine

Jäätmehoolduse arendamine on defineeritud JÄÄTS-is järgnevalt: „Jäätmehoolduse arendamine on jäätmealase teabe levitamine, jäätmealane nõustamine ja jäätmehoolduse kavandamine või muu tegevus, mille eesmärk on vältida või vähendada jäätmeteket ning tõsta jäätmehoolduse taset“ [8].

Tuginedes riigikontrolli aruandele ja Monika Korolkovi uurimusele „Korraldatud jäätmeveo rakendamine Tallinna linna näitel“, võib öelda, et arengud jäätmemajanduses on eelkõige võimalikud tänu riigi, KOVi, jäätmekäitlejate ja -valdajate vahelisele koostööle. Mida edukamalt tegutseb iga lüli selles ahelas, seda paremini sujub ka koostöö ning seda suurema tõenäosusega suudetakse täita seatud eesmärgid [14], [13].

5.1.1 Jäätmetekke vältimine

Jäätmetekonnast lähtuvalt, on mõistlik jäätmemajandust arendama hakata just esmastest etappidest, ehk mida rohkem suudetakse jäätmeid vältida seda väiksem on ka koormus järgmistel tasanditel. Paratamatult on aga, jäätmetekke aastatel 2012-2018 kasvanud ligikaudu 1,5 korda ehk 5% iga aasta. Jäätmetekke on enim seotud majanduse käekäigu, tarbijate teadlikkuse ning ressursitõhuse tootmisega.

Riigi jäätmekava hinnangul hõlmab jäätmetekke vältimine kõiki materjalivoogusid, majandussektoreid ning toodete nn olusringi (näiteks tootmine kuni kõrvaldamine) ning see on võimalik üksnes siis, kui toote olusringi kõikidel etappidel järgitakse jätkusuutlikku lähenemist: kuidas toode kujundatakse, valmistatakse, tarbijale kättesaadavaks tehakse, kasutatakse ning kõrvaldatakse [8].

Samuti peavad jäätmetekke vältimisele suunatud meetmed hõlmama laiemat huvirühmade ringi ehk kõiki tasandeid alatest üksikindiviidist ning lõpetades riigi tasandi juhtimisega. Keskkonnaministerium saab jäätmetekke vältimist toetada läbi informatsiooni levitamise (üha enam ka sotsiaalmeedias), mitmesuguste algatuste (ühiskondlikud teadlikkuse tõstmise kampaaniad, korduskasutamisele suunatud projektid jne), keskkonnajuhtimisvahendite rakendamise, investeeringute ja uuringute toetamisega ning vajaliku õigusliku seadusloome kujundamisega [8]. Aktiivse kodanikuühiskonna näiteks võib pidada 2008. aastal alguse saanud „Teeme ära“ üleeestilist koristusaktsiooni [60]. Oluline roll jäätmemajanduse arengus on ka

üksikindiviidil, kes saab oma teadmiste ning käitumise abil olla eeskujuks lähedastele ja tuttavatele.

Riigi jäätmekava jaotab jäätmetekke vältimise tegevussuunad kolmeks [8], [18], [61]:

- teadlikkuse (sisemise motivatsiooni) tõstmine – teabekampaaniate (ka väärarusaamade ümberlükkamine), koolituste korraldamine, juhendmaterjalide koostamine, internetis infoportaalide loomine ja haldamine, teadus- ja tutvustuspäevade korraldamine, keskkonnahariduse andmine kõikides vanuserühmades (alates lastest ning lõpetades eakatega);
- toetavad meetmed (ressurssitõhususe tõstmine) – ettevõtete koolitamine ja nõustamine, korduskasutust soodustavate projektide toetamine (nt Estonian Cell ja Rohegaas, kus üks ettevõtte kasutab teise kõrvalsaadusi ehk biogaas ressursina, et toota biometaanit), samuti parima võimaliku tehnika väljaarendamisele suunatud teadus- ja arendustegevuse toetamine;
- regulatiivsed meetmed (õiguslikud ja majanduslikud vahendid) – keskkonnalubade rakendamine, keskkonnahoidlike riigihangete laialdasem kasutamine, erinevad majandusmeetmed.

Jäätmeteket on võimalik otseselt vältida läbi toodete pikemaajalise kasutamise, tootmisel kasutatavate materjalide koguste vähendamise või tootmisprotsessides ja toodetes ohtlike ainete asendamise või vältimise. Lisaks on võimalik tooteid korduskasutada ehk vältida üleüldse nende jäätmeteks muutumist. Korduskasutuseks nimetatakse mis tahes toimingut, mille käigus tooteid või tootekomponente, mis ei ole jäätmed, kasutatakse uuesti nende esialgsel otstarbel [8]. Korduskasutuse edukaks näiteks on 2004. aastal loodud MTÜ Uuskasutuskeskus [62].

5.1.2 Jäätmete tõhusam sorteerimine

Kui jäätmeteket ei ole õnnestunud vältida, siis nende edasiseks käitlemiseks on vaja jäätmed esmalt sorteerida. Mida tõhusamalt jäätmevaldaja seda läbi viib, seda suurema tõenäosusega on võimalik jäätmed ringlussevõtta ning vältida nende põletamist või ladestamist.

Eelnevalt mainitud uurimistöös (vt. Ptk. 1.3.3) tõdeb Marit Veedla: „Parim viis suurendamiseks korrektset jäätmekäitlust ja jäätmete taaskasutusele võttu Eestis, on inimesi eelkõige positiivselt prügi sorteerima motiveerides, neid otsustusprotsessidesse kaasates ning looduskeskkonnast rohkem hoolima pannes“ [18]. Kvaliteetne ja

arusaadav, kuid vajadusel ka paindlik jäätmekorraldus motiveeriks jäätmevaldajaid teenust kasutama ning tekiks vastastikune usaldus jäätmekäitlejaga [13].

Mitmed allikad on toonud sorteerimise tõhustamise võimalusena välja jäätmekogumis vahendite välimuse muutmist ning ühtlustamist. Näiteks tuleks rakendada eriliiki jäätmekonteineritel ja kogumisautodel erinevaid värve (segaolmejäätmetel must, pakendijäätmetel sinine, biojäätmetel pruun jne), et jäätmevaldajal oleks süsteem arusaadavam ja tekiks kindlustunne, et sorteerimisel on ka mõtet. Samuti tuleks rakendada põhiliste jäätmeliikide jaoks ühtlustatud sümboleid ning toodetel vastavalt tootemärgiseid. Jäätmete sorteerimiseks vajaliku ruumi puudust saab lahendada tiheasustusaladel välikonteineritega, mis oleks avatavad näiteks isikustatud kaardi vms vahendi abil. Nii oleks võimalik saada ülevaadet jäätmemahutudest ning väheneks anonüümsusest tingitud väärtegade arv [25], [3].

Autori hinnangul on üheks oluliseimaks sorteerimise mõjutajaks jäätmeveo hind. Keskkonnaministeeriumi keskkonnakorralduse osakonna juhataja Sigrid Soomlais: „Selleks, et suureneks ringlussevõtt, tuleb parandada jäätmete liigiti kogumist - segaolmejäätmeid, mida ringlusse ei saa võtta, peaks tekkima kõige vähem. Sellest lähtuvalt peaks segaolmejäätmete hind olema ka võrreldes teiste jäätmeliikidega kallim“ [63].

Tulenevalt ringlussevõtu eesmärkidest on senisest tõhusamalt on vaja sorteerida eelkõige plasti- ja biojäätmeid [14]. Kui plastjäätmete sorteerimine on hõlmatud pakendijäätmete kogumisega läbi tootjavastutusorganisatsioonide, siis biojäätmete kogumist avalike kogumiskonteinerite näol ei toimu. Samuti ei ole levinud suurtemates asulates kodune kompostimine (inimeste vähene huvi, ajapuudus, kompostri kõrge maksumus).

Biojäätmete sorteerimise tõhustamiseks on erinevaid võimalusi. 2018 aastal jagas Leedus, Alytase piirkonnas kohalik jäätmehooldusettevõtte pilootprojekti raames elanikele, ka eramajadele, tasuta biojäätmete konteinerid ning asus korraldama liigiti vedu [64]. Keskkonnaministeeriumi uue jäätmepaketi eelnõu raames nähakse võimalust täiendavalt toetada biojäätmete kogumise infrastruktuuri väljaehitamist, samuti toetusmeetmeid kodukompostrite soetamisel [3]. Autori hinnangul oleks võimalus probleemile lahendus leida senise (aeroobne kompostimine) tehnoloogia asendamisega kõrgtehnoloogilise (näiteks kooskääritamine) vastu. Sellisel juhul oleks ka käitlusettevõttel huvi välja arendada piirkondlik biojäätmete kogumissüsteem ning võiks rakendada näiteks tasuta avalike või ükselt-uksele tüüpi kogumiskonteinereid.

5.1.3 Jäätmete tõhusam kogumine ja vedu

Olmejäätmete esmase valdaja ehk tekitaja käest liiguvad nii sorteeritud kui segajäätmed edasi läbi vastava kogumissüsteemi jäätmevedu korraldavale ettevõttele. Halvemal juhul leiab aset ka ebaseaduslik jäätmetest vabanemine, näiteks ladestamine looduskeskkonda.

Tõhustamiseks jäätmete kogumist ja vedu on vaja tõhustada koostööd jäätmevaldaja ja -vedaja vahel. Kvaliteetse teenuse osutamiseks peab jäätmevedaja arvestama jäätmevaldaja vajadustega (vastavalt tekkivatele jäätmemahutudele kujundama ümber kogumisgraafikut, võimaldama eriliiki ning -suurususega konteinereid jms). Valdaja ülesandeks on teostada võimalikult kõrgel tasemel sorteerimist ning tagada ligipääs kontainerile kogumispäeval [13]. Keskkonnaministeeriumi asekancleri Kaupo Heinmaa hinnangul tasuks samuti kaaluda pakendijäätmete kohtkogumise (nõ ukselt-uksele) võimalust lisatasu eest. Kui seni on rakendatud tasuta avalike kogumiskonteinerid, siis antud lahendus oleks inimesele mugavam ning jäätmed jõuaksid tänu kvaliteetsemale sorteerimisele suurema tõenäosusega ringlusesse [3].

Samuti on vaja tõhustada tootjavastusorganisatsioonide tööd ehk kaardistada jäätmemahud ning tekkekohad. Sellisel viisil oleks võimalik suurendada avalike kogumiskonteinerite arvu ning nende tühjendamissagedust [3], [13]. Konteinerid peaksid samuti olema esteetiliselt väliselt ja valmistatud taaskasutatud materjalidest. Jäätmevedu korraldavad autod peaksid kasutama taastuvaid kütuseid (biodiisel, biometaan, elekter). Eelnevalt nimetatute motiveeriks jäätmevaldajaid teenust laialdasemalt kasutama.

Põhjamaades (Norra, Rootsi, Soome) rakendatakse üha enam jäätmete kogumisel ja veol nn tarkade kogumisautomaatide lahendust, kus maapealsed automaadid on ühendatud maaaluse võrgustikuga. Rootsi firma Envac AB on välja töötanud lahenduse viia jäätmete kogumine ja vedu osaliselt maa alla, vähendades sellega jäätmevedu teostavate autode arvu piirkonnas ning kulutusi kütusele. Täna toimib lahendus edukalt nii Bergeni linnas Norras kui Stockholmi uusarenduspiirkonnas (*Stockholm Royal Seaport*). Jäätmevaldaja sorteerib jäätmed liigiti erivärvi kottidesse ning viib need täitumisel õue lähimasse automaati. Suletud kotid sisestakse ühekaupa automaati, andur analüüsib koti värvi ja mõõdab kaalu, pärast mida liiguvad kotid maaalusesse kogumisvõrgustiku (piirkonna automaadid on ühendatud). Suruõhuga juhitakse kotid tsentraalsesse kogumisjaama. Kogumisjaamast viiakse kontaineriga kotid sorteerimisüksusesse, kus on neid kotivärvi alusel võimalik eraldada liigiti. Jäätmete tekitajal on võimalik nutiseadmest saada ülevaade oma jäätmemahutudest [65].

5.1.4 Jäätmekorralduse kontrolli tõhustamine

Lisaks jäätmetekke vältimisele, tõhusamale sorteerimisele, kogumisele ning jäätmeveole on oluline tõhustada ka jäätmetele rakendatavat järeelvalvet. Järeelvalve tõhustamise võimalustena, näevad mitmed allikad eelkõige vajadust [14], [13], [18]:

- muuta ja täiendada seniseid seadusi – omavalitsusele suuremad õigused ja võimalused (milliseid jäätmeid, kes kogub ja veab ning kuidas käitleb);
- suunata valdkonda rohkem ressursse – kvalifitseeritud tööjõudu;
- algatada omavalitsuste vahelist koostööd – eesmärgiga koondada teadmised ja raha ja käitlusettevõtted (näiteks mitme väikse omavalitsuse peale);
- rakendada täiendavat kontrolli – kõigi osapoolte, kuid eriti pakendiettevõtjate ja ja jäätmekäitlejate suhtes (kuidas, kus ja mis mahus käideldakse kogutavad jäätmed);
- tõsta trahve jäätmeseaduse rikkumise eest.

5.2 Jäätmekäitlustehnoloogiate arendamine

Nagu korduvalt juba mainitud, on Euroopa Liit ja liikmesriigid valinud arengusuunaks jäätmehierarhiat (vt. Joonis 1.1) ja ringmajandust silmas pidades eelistada tehnoloogiate valikul esimesena jäätmete ringlussevõtu ning seejärel jäätmetest energia tootmist. Sellest tulenevalt tuleks teha progressiivsemaid samme (prügilamaksu märkimisväärne tõstmine) ladestamise järk-järgulise lõpetamise suunas. Samas on selge, et hierarhia ülemiste tasemete laialdasemaks kasutamiseks ei piisa pelgalt ladestamise saastetasude tõstmisest ning rakendada tuleks ka kõrgemaid energiakasutuse tasusid [55].

Uue ringmajanduse tegevuskava järgi mõjutaks jäätmete ringlusse suunamist ka olmejäätmete ekspordi piiramine kolmandatesse riikidesse: „Viimasel kümnendil on eksporditud miljoneid tonne Euroopa jäätmeid, kusjuures sageli ei ole nõuetekohast töötlemist piisavalt kaalutud. Mitmel juhul avaldab jäätmeekspordist negatiivset mõju keskkonnale ja tervisele ning ELi ringlussevõttutööstuse seisukohast lähevad kaduma ressursid ja vähenevad majandusvõimalused“ [25]. Märges „EL-is ringlussevõetud“ annaks tunnistust teiseste materjalide töötlemise ohutusest ning kvaliteedist [25].

Jäätmemajanduse arengut ning investeringuid uut tüüpi käitlustehnoloogiatesse on võimalik suunata läbi tasude (ladestamisele, energia tootmisele) tõstmise ja piirangute kehtestamise (eksport välisriiki). Asekantsleri Kaupo Heinmaa sõnul, on Eestis vastupidiselt eelistatud alati nn tehnoloogianeutraalset tasu, mis ei oleks seotud konkreetsete käitlusviisidega. Keskkonnaministeeriumi hinnangul tasuks analüüsida uue lahendusena jäätmete ringlusse võtmata jätmise tasu, mida hakkaks tasuma jäätmete esmaomanik (jäätmeluba omav jäätmevedaja või käitlukoht) juhul kui jäätmeid ei võeta ringlusse ning näiteks ladestatakse või põletatakse [3].

5.2.1 Materjali ringlussevõtt

Peatükis 4.1.1 kirjeldas autor materjalide ning peaauglikult plastide ümbertöötlemist ehk ringlussevõttu. Käesolevas peatükis analüüsitakse võimalike arenguid. Eesti Plastitööstuse Liit avaldas juhendi ning plastide eelistamise hierarhia (Lisa 3) lähtuvalt Eesti ümbertöötlemise võimekusest 2020. aasta jaanuarikuu seisuga [66].

Hierarhia kõrgeima taseme ehk enim eelistatud plastide hulka kuuluvad täielikult või osaliselt sekundaarsest plasti graanulist valmistatud tooted ning pakendid (materjali tähisele eelneb täht „r“, nt rPET, rLDPE). Plastitööstuse Liidu hinnangul propageeriks antud toodete või pakendite soetamine jäätmetekke vähendamist ning materjalide ringlusse võtmist. Järgmisena tuleks eelistada mono ehk ühekihilisi plastmaterjale, mis looks paremad eeldused toote või pakendi ringlussevõtmiseks. Vähem eelistatud on mitmekihiliste materjalide kasutamine ning vältida tuleks biolagunevaid plaste, mis lagunevad kiiresti, võivad ohustada mikroplasti osakestena keskkonda ning mida ei ole võimalik materjalina ringlusse võtta [66].

Lisaks tarbijate teadlikkuse suurendamisele on samuti vaja arendada sorteerimis- ning käitlemisvõimekust. Investeringud sekundaarsetesse (nt ainult plastjätmed) sortimis- ja töötlemisüksustesse, võimaldaksid toota segaplasti puru asemel kindlat polümeeri liiki ja värvi plastigraanuleid (kõrgema turuväärtusega) – saaks eksportida või kasutada Eesti ettevõtetes.

5.2.2 Bioloogiline ringlussevõtt

Tuginedes riigikontrolli aruandele: „Keskkonnaministeeriumi ja SEI Tallinna Ekspertide sõnul on riigil võimatu täita olmejäätmete ringlussevõtu eesmärke, kui ei suudeta parandada eelkõige biojäätmete ringlussevõttu. Kuna biojäätmeid ei ole majanduslikult otstarbekas eksportida ega riigisiselt kaugele transportida, peab neid käitlema võimalikult tekkekoha lähedal“ [14] ning Jana Põldnurga hinnangule biojäätmete kompostamise ebamõistlikkuse kohta (vt. Ptk 4.2.1) peab autor oluliseks tuleviku silmas pidades analüüsida biojäätmete anaeroobse käitlemise võimekuse tõstmist.

Euroopa Biogaasi Assotsiatsioon (EBA) on samuti teinud Uue ringmajanduse tegevuskava raames ettepanekud Euroopa Komisjonile arendamiseks senisest enam biogaasi tootmise võimekust. EBA hinnangul tuleks anaeroobset kääritamist edaspidi arvestada jäätmehierarhia seisukohast lähtuvalt kui materjali ringlussevõttu [67]. Biogaasi tootmisel tekkinud orgaanilises kääritusjäätis on suur osa väärtuslike toitaineid nagu lämmastik, fosfor ja kaalium mineraliseeritud kujul, mida on võimalik kasutada bioväetisena. Samuti on võimalik kääritusjäätist kasutada mikrovetikate tootmisel. Digestaat võimaldab vetikatel toota biomassi, mille rakkudes sisalduvast õlist on võimalik toota näiteks biodiislit. Kääritusjäätisist saab toota ka kuivtöötlemise abil pelletteid ning graanuleid [68].

Lõputöö autori hinnangul tuleks esmajärgus analüüsida biojäätmete kooskääritamise võimalusi. Nii saaks kasutada olemasolevaid tootmisüksusi ning vähendada suuremahulisi investeeringuid. Samuti võimaldab mitme erineva substraadi kasutamine paremini kontrollida protsessi parameetreid (C/N suhet, niiskust jt), (vt. Ptk 4.2). Enim kasutatakse kooskääritamist reoveepuhastusjaamades, sobivad ka paberi- ja toiduainetööstuse heitveed, loomsed väljaheited ning haljastusjäätmed. Veepuhastusjaama setted (muda) tekivad loodus- ja reovee töötlemisel, mille põhikomponendid on settiv tahke aine, biopuhastite biomassi ülejääk ning keemilisel töötlusel tekkivad lahustumatud sademed. Jääkmuda on keemiliselt võrdlemise aktiivne ning ta omadused ja koostis sõltuvad kasutatud kemikaalidest [41]. Näiteks Paljassaare reoveepuhastusjaamas tekib ligikaudu 27-30 tuhat tonni jääkmuda aastas, mida segatakse ning töödeldakse aeroobse kompostimise teel aunades. Komposti saadakse sellest ligikaudu 23-27 tuhat tonni aastas. Jaama enda tarbeks toodetakse metaantankis biogaasi [69]. Käesoleval aastal alustati Eestis esimese jääkvadaku kääritava biogaasijaama ehitamist Estoveri piimatööstuse kompleksi juurde [70]. Lõuna-Euroopas laialdaselt levinud juustu tootmisel tekkivat jääkvadaku on võimalik ka kooskääritada, näiteks piirkonnas tekkivate biojäätmetega, kuid neid on vaja eelnevalt töödelda (eemaldada võõrised, hügieniseerida).

5.2.3 Energiakasutus

Tulevik jäätmete masspõletamise osas saab olema seotud väiksemate tootmismahude, kõrgemate keskkonnanõuete ning tasudega. Jäätmekütuse ehk SRF areng on seotud kõrgema kvaliteedi ja nõudlusega – juurde peab tekkima ettevõtteid, kes kasutaksid vastavat kütust. Vaatamata tõsiasjale, et tänasel päeval on majanduslikult mõistlikum jäätmeid masspõletada, hakatakse senisest enam arendama ka alternatiivseid energiatootmisviise.

Lisaks traditsioonilistele tehnoloogiatele on samuti võimalik jäätmeid ja nendest toodetavat kütust vääridada. Jäätmeid on võimalik muundada vedelateks (diislikütus, etanool) ning gaasilisteks (süngaas) kütusteks. Lisaks on võimalik toota termokeemiliste protsesside ehk gaasistamise ja pürolüüsi abil kemikaale.

2019. aastal tutvustasid TalTechi Virumaa Kolledži teadlased võimalust plastijäätmeid koospürolüüsida ehk termokeemiliselt lagundada. Koospürolüüsiks nimetatakse enam kui ühe materjali õhu juurdepääsuta kuumutamist, mille tulemusena tekivad õli, gaas ja tahke jääk. Lisaks plastijäätmetele kasutatakse püroluusitavas segus liiva ning põlevkivitööstuse jääkprodukte (tuhk, killustik, poolkoks). Materjalisegu võib sisaldada nii orgaanilist kui ka anorgaanilist komponenti ehk puudub vajadus plastijäätmeid eelnevalt pesta. Protsessi tulemusena saadakse gaas, mis kiirel jahutamisel kondenseeritakse vedelaks jäätmekütuseks ehk plastiõlks. Toodetud õlil on kõrge kütteväärtus ning väike väävlisisaldus [71], [72].

Jäätmekütuste gaasistamisel muundatakse tahke, süsiniku sisaldav materjal gaasilisteks produktideks (CH_4 , CO_2 , CO , H_2 , inertsed gaasid). Gaasistamine toimub ebapiisava hapniku juuresolekul, mis aga takistab väävli- ja lämmastikoksiidide ning dioksiinide ulatuslikumat tekkimist. Tulenevalt vajadusest suunata protsessi vähem õhku, on ka heitgaaside kogused ning kulutsed põlemisgaaside puhastamisele väiksemad. Suurimat probleemi valmistavad raskete orgaaniliste ühendite lendumine gaasis vaakude ja tõrva kujul, mis segavad energiatootmis- ja gaasipuhastusseadmeid. Toodetud süngaasi ehk generaatorgaasi on võimalik rakendada energia tootmiseks või puhastatuna ja vääristatuna (näiteks vesiniku lisades) transpordikütusena. Süngaasi täiendaval töötlemisel on võimalik toota vedelaid õlikütuseid ning (petro) kemikaale [41], [72].

Samuti on arendatud plasmas gaasistamise ideed, kus esmalt töödeldakse purustatud jäätmeid jäätmeid termiliselt (ligikaudu 815 kraadi) ning seejärel liigub materjal

plasmakambrisse, kus väljuvad klaasjad ning metallijäägid. Protsessi tulemusena tekib sünteetiline gaas, millest on võimalik kütuseid toota [73].

Üha enam areneb ka vesinikutehnoloogiate kasutamine. Biojäätmetest vesiniku (biovesinik) tootmise üks võimalusi on nn tume kääritamine. Anaeroobse kääritamise atsetogeneesi etapis tekivad biogaasi eelaine äädikhape, süsihappegaas ning vesinik. Viimast on võimalik kahe astmelises protsessis eraldada [74]. Protsessi mõjutavad mitmed tegurid (vt. Ptk 4.2.2).

6 JÄÄTMEKÄITLUSTEHNOLOGIATE RAKENDATAVUS EELDATAVATEL JÄÄTMEMAJANDUSE TINGIMUSTEL EESTIS

Käesolevas peatükis koondab autor eelnevalt kirjeldatud jäätmemajanduse hetkeolukorra ja püstitatud eesmärgid ning pakub välja eeldatava jäätmemajanduse olukorra tulevikuks (vt. Tabel 6.1). Võrreldakse aastat 2018 (baasaasta), millest pärinevad hiliseimad kinnitatud andmed, ning aastat 2035. Tuleviku prognoosimisel on autor arvestanud püstitatud eesmäärke ning nendest lähtuvalt analüüsinud ka teisi jäätmemajanduse näitajaid.

Tabel 6.1 Olmejäätmete käitlemine aastal 2018 ja autori prognoos aastaks 2035

	2018 a. [2]		%	2035 a.		%
	tonni	%		tonni	%	
Jäätmete teke	535 000	100		600 000	100	
Ei käidelda, muu viis	49 000	9,2		30 000	5	
Ladestamine	115 000	21,5		60 000	10*	
Energiakasutus	221 000	41,3		120 000	20	
Ringlusse kokku:	150 000	28,0	100	390 000	65*	100
1. Materjalid	130 000	24,3	86,7	253 500	42	65
2. Biojäätmed	20 000	3,7	13,3	136 500	23	35

*- Euroopa Komisjoni ringmajanduse tegevuskava eesmärgid [35]

Analüüsima jäätmete käitlemist ning erinevate tehnoloogiate rakendamist, on vaja esmalt teha eeldusi tekitatud olmejäätmete mahtude osas. Prognoosides jäätmeteket aastaks 2035 on vaja arvestada mitmeid erinevaid tegureid. Peatükis 5.1.1 kirjeldatu põhjal on peamised jäätmetekke mõjutajad: majanduse käekäik, tarbijate teadlikkus ning ressursitõhus tootmine.

Kui vaadata pelgalt statistikat, siis viimastel aastatel (2015-2018) on kasvanud märkimisväärselt nii majandus (SKP kasv üle 3% aastas) kui tekitatud olmejäätmete kogus (kasv ligikaudu 4% aastas) [75]. Majanduse edasisel pideval kasvul (SKP kasv 4% aastas) ületaks tekitatud olmejäätmete kogus 2035. aastal 875 tuhandet tonni - võrdluseks baasaasta (2018) vastav näitaja on 535 tuhat tonni. Kirjeldatud stsenaariumit ei pea aga autor tõenäoliseks ning mõistlik oleks eeldada pikema ajaperioodi puhul madalamat ning stabiilsemat majanduskasvu (SKP kasv keskmiselt

2,5% aastas) [76], [77]. Seni on tekitatud enim olmejäätmeid 2007. aastal (602 tuhat tonni) ning vähim 2012. aastal (371 tuhat tonni) [2].

Kui jäätmetekke peamist mõjutajat ehk majanduse käekäiku on võrdlemisi keeruline ette prognoosida, siis arengud nii tarbijate teadlikkuses kui ressursitõhusas tootmises on autori hinnangul aastaks 2035 juba iseenesest mõistetavad (vt. Ptk. 5.2). Samas on selge, et nii tarbimise kui tootmise tagajärjel tekib endiselt jäätmeid, mida täielikult vältida ei ole võimalik. Tuginedes eelpool kirjeldatule, peab autor mõistlikuks eeldada olmejäätmete mahu suuruseks 2035. aastal 600 tuhat tonni.

Kui eeldatav olmejäätmete maht on määratud, on võimalik vastavalt püstitatud eesmärkidele analüüsida erinevate käitlustehnoloogiate osakaalu aastal 2035. Kuivõrd on eesmärgid seatud ainult olmejäätmete ladestamise vähendamisele ning ringlussevõtu suurendamisele, on võimalik sellest lähtuvalt teha ka järeldusi teiste tehnoloogiate osas. On selge, et seatud eesmärgid on võrdlemisi kõrge latiga ning nende saavutamine nõuab märkimisväärseid arenguid kõikidel tasanditel.

Tabelis 6.1 on autor välja toonud 2018. aasta olmejäätmete näitajad ning kõrvutanud nad jäätmemajanduse eeldatava olukorraga aastal 2035. Jäätmetekke maht on valitud eelneva analüüsi põhjal. Samuti on eeldatud, et Eesti on täitnud eesmärgid vähemalt nõutud miinimummääral aastaks 2035 [37]:

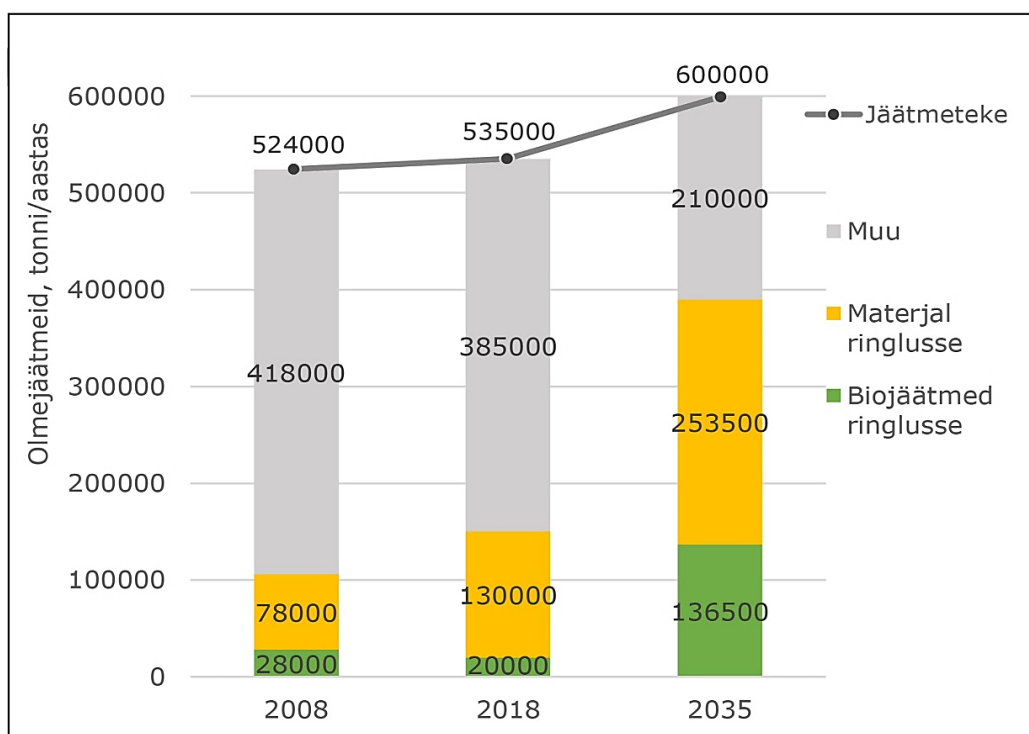
- olmejäätmete ladestamise osakaal olmejäätmete üldkogusest mitte enam kui 10%;
- olmejäätmete ringlussevõtu osakaal olmejäätmete üldkogusest vähemalt 65%.

Kehtestatud eesmärkide põhjal on võimalik teha ka järeldusi jäätmete energiakasutuse osas, mis nii jäätmehierarhiat kui ringmajandust silmas pidades on määratud tulevikus kaotama märkimisväärselt oma osatähtsust.

Kui 2018. aastal ei jõudnud käitlusse või töödeldi muudel viisidel ligikaudu 9% tekitatud olmejäätmetest, siis 2035. aastaks on autori eelduste kohaselt vastav näitaja vähenenud 5% peale. Alanemise tingivad käitlejate kõrgem motiveeritus, inimeste teadlikkuse kasv ning tõhustunud jäätmealane järelvalve.

6.1 Olmejäätmete ringlussevõtt

Kuigi viimastel aastatel (2014–2018) ei ole toimunud märkimisväärseid arenguid ringlussevõtus (vt. Joonis 2.5), tuleb aastaks 2035 Eestil kasvata vastavat näitajat üle kahe korra. Kui aastal 2018 võeti ringlusse 28% tekitatud olmejäätmetest, siis aastaks 2035 tuleb seda teha 65% ulatuses. Antud kasv on võimalik tänu jäätmete ladestamise ja energiakasutuse vähendamisele.



Joonis 6.1 Olmejäätmete teke ja ringlussevõtt erinevatel aastatel [2]

Joonisel 6.1 kujutab autor olmejäätmete näitajaid kolmel erineval aastal. Lisaks jäätmetekkele ning ringlussevõtule on välja toodud „muu“ (energiakasutus, ladestamine jt) osakaal.

Jäätmete ringlussevõtt koosneb omakorda kahest peamisest komponendist: materjalid ja biojäätmed. Sarnaselt energiakasutusele ei ole ka nende osakaalud praegu ega tulevikus direktiividega määratud, kuid prognoose on võimalik teha tulenevalt Euroopa Liidu riikide keskmistest näitajatest.

Kui aastal 2018 moodustas Eestis suurema osa ringlussevõttust materjalide käitlemine (86,7%), siis aastaks 2035 eeldab autor komponenti ühtlustumist ning materjalide osatähtsus moodustaks 65% kogu ringlussevõttust (vt. Tabel 6.1). Bioloogiline ringlussevõtt kasvaks seniselt 13,3%-lt (EL madalaimate näitajate hulgas, vt. Ptk 2.3) 35%-ni (EL keskmiste näitajate hulka).

Koguseliselt tuleb materjale senise 130 tuhande tonni asemel ringlusse võtta tulevikus ligikaudu 250 tuhat tonni. Lisaks eelpool mainitud eesmärkidele on püstitatud Euroopa Komisjoni ringmajanduse tegevuskavas [25] ka sihid pakendijäätmete ringlussevõtule kogu tekitatud pakendijäätmetest. Aastaks 2030 peab olema vastav näitaja 70%, Eestis oli antud näitaja 2017. aastal 54%. Mida rohkem sorteeritakse pakendeid, seda rohkem on võimalik ka materjale ringlusse võtta.

Autori hinnangul peavad aastaks 2035 olema ellu viidud eelnevalt kirjeldatud meetmed (vt. Ptk 5) sorteerimise ning käitlusvõimekuse arendamiseks. Segamolmejäätmete äravedu on muutunud tarbijale ehk jäätmete esmatekitajale kordades kallimaks, samal ajal kui sorteeritud jäätmetest on võimalik tasuta või madalama tasu ees vabaneda. Inimesed on motiveeritud jäätmeid sorteerima ning tulenevalt kasvavatest liigiti kogutud jäätmemahjust, on ka käitlejad motiveeritud arendama töötlemisvõimekust.

Lisaks muule on oluline välja ehitada kõrgtehnoloogilised sorteerimisjaamad konkreetsetele materjalidele. Eraldi näiteks paberi ja papi sorteerimine ning plastide sorteerimine. Sellisel juhul on võimalik kindlat tüüpi materjali, näiteks plasti sortimine polümeeride ja värvide järgi.

Nagu korduvalt juba töös mainitud, vajab enim arendamist just biojäätmete käitlemine. Et täita ringlussevõtu eesmärgi on autori analüüsist lähtuvalt vaja kasvatada biojäätmete sorteerimist ning töötlemist ligikaudu 7 korda. Kui aastal 2018 võeti ringlusse 20 tuhat tonni biojäätmeid, siis aastaks 2035 peaks vastav näitaja olema üle 136 tuhande tonni. Kuigi kogus võib tunduda ebarealistlikuna, põhineb autori valitud bioloogilise ringlussevõtu osakaal (kogu tekitatud olmejäätmetest) Euroopa Liidu riikide keskmistel näitajatatel. Tulenevalt sellest, et eelnevalt kümnel aastal (2008–2018) pole arengut toimunud (pigem on biojäätmete ringlussevõtu osakaal vähenenud, püsides EL riikide madalaimatel tasemetel [2]), on Eestil vaja teha järgneva 15 aasta jooksul suuri pingutusi.

Peatükis 5.2.2 analüüsib autor võimalike lahendusi bioloogilise ringlussevõtu suurendamiseks. Kokkuvõtvalt võib tõdeda, et olulisim on seni rakendatud aeroobse kompostimise järk järguline asendamine anaeroobse kääritamise ehk biogaasi tootmisega. Kuigi biojäätmete sorteerimine on aastaks 2035 kordades kasvanud, ei anna tekkivad jäätmemahud alust rajada üksnes biojäätmeid käitlevaid biogaasi jaamasid. Rakendada tuleks pigem kooskääritamist ning jaamad oleks mõistlik rajada Eesti suurtemate linnade juurde, kus tegutsevad tootmisüksused (paberi- ja

toiduainetööstused, reoveepuhastusjaam jt) ja kogutakse efektiivselt piirkonna toidu- ja haljastusjätmeid.

Eestis käideldakse 2035. aastal ligikaudu 373 tonni biojätmeid päevas. Kui arvestada, et endiselt jätkub vähesel määral komposti tootmine, oleks mõistlik autori hinnangul kuni kolme biogaasi jaama rajamine (võimekusega alates 100 tuhat tonni jätmeid päevas). Kooskäaritamise võimalusi võiks tänaste tööstuste peal analüüsida Põhja-Eestis näiteks Paljassaare reoveepuhastusjaamas (jäähmuda 82 tonni päevas), Ida-Eestis Estonian Celli paberitööstuses ning Lõuna-Eestis Ilmatsalus (Tartu Biogaas OÜ) ja peagi valmivates Estoveri piimatööstuse biogaasi jaamades. Toodetud biogaas on võimalik suunata täiendavale puhastamisele (toota biometaanit) või suunata soojust ja elektri koostootmisüksusesse (*CHP jaam, combined heat and power plant*).

6.2 Olmejätmete energiakasutus

Olmejätmete ringlussevõtu suurendamiseks peab lisaks jätmete ladestamise vähendamisele, vähendama ka jätmetest energia tootmist. Kui 2018. aastal rakendati energiakasutust ehk peasjalikult jätmete masspõletamist ligikaudu 41% käideldud jätmetest, siis aastaks 2035 peaks vastav näitaja autori hinnangul vähenema 20%-ni.

Samas ei ole direktiividega määratud, kui suurt osatähtsust energiakasutusest peaks omama konkreetne tehnoloogia (jäätmekütus, masspõletamine jt). Oluline on analüüsida tehnoloogiate eeliseid ning nõudlust (vt. Ptk. 4.3). Jäätmekütuse korral on võimalik ümbertöödeldavaid materjale väljasorteerida ning seeläbi panustada ringlussevõttu, kuid vastava kütuse tootmine on võrdlemisi kulukas ning selle järgi peab olema nõudlus. Jätmete masspõletamisel on aga vastupidiselt võimalik ilma eelneva töötluseta toota segaolemejätmetest soojust- ja elektrienergiat ning vähendada teiste jaamade koormusi, näiteks puiduhakkel töötavate koostootmisjaamade.

Käesoleval hetkel on Eestis jätmete masspõletusvõimekus (Iru jäätmepõletusplokk) kõrge (220 tuhat tonni olmejätmeid aastas), samuti imporditakse jätmeid teistest riikidest (59 tuhat tonni olmejätmeid aastas) [33]. Aastal 2035 suunatakse autori hinnangul aga energiakasutusse ligikaudu 120 tuhat tonni tekitatud olmejätmeid ning sellest lähtuvalt vajaks Eesti senisest kaks korda väiksemat põletusvõimekust. Küll aga on jätmete põletusseadmetel kõrge ühikmaksumus (eur/MW), võrreldes näiteks puiduhakkel töötava jaamaga ning väiksema võimekusega jaamad ei ole majanduslikult

tasuvad. Põletusvõimekuseks peaks tulevikus (vanade süsteemide ümberehitamisel või uue jaama projekteerimisel) arvestama kuni 100 tuhat tonni olmejäätmeid aastas. Samuti on autori hinnangul aastaks 2035 paranenud ka jäätmete kütteväärtus, mis põletamisele suunatakse. Edukamalt sorteeritakse kõrge niiskusega biojäätmeid segajäätmetest ning puudub vajadus importida kõrgema kvaliteediga jäätmeid.

Jäätmeid (plastid, kummid) võib suunata tulevikus ka koospürolüüsi ning toota õlisid ja gaase (vt. Ptk. 5.2.3). Antud tehnoloogia sobib jäätmete energiakasutuse arendamiseks ehk energiakandjate tootmiseks, kuid teisest küljest pärsib väärtuslike materjalide võimalikku ringlussevõtmist. Tänu põlevkivitööstuse jääkproduktide koospürolüüsile lisatakse protsessi väävlit ning tekkiv õli ei sobi uute plastmaterjalide ja -toodete tooraineks. Autori hinnangul on mõistlik erinevaid pürolüüsi tehnoloogiaid tulevikus uurida ja analüüsida, kuid tuleks silmas pidada, et jäätmete energiakasutuse mahud peavad vähenema. Koospürolüüsi laialdasem kasutuselevõtt tähendaks eelkõige jäätmete sorteerimise vajaduse vähenemist ning jäätmehierarhia madalamate tasemete eelistamist, mis ei oleks autori arvates mõistlik. Pigem tuleks arendada jäätmemajandust suunal, et ringlussevõtuks sobimatute jäätmete (näiteks plastide) kogus oleks võimalikult väike.

6.3 Olmejäätmete ladestamine

Jäätmete ladestamise osakaal on samuti vähenenud märkimisväärselt. Kui 2008ndal aastal ladestati ligikaudu 64% tekitatud olmejäätmetest, siis 2018. aastal juba kõigest 22%. Püstitatud eesmärgid näevad ette, aga ladestamise osakaalu jõudmise miinimumi lähedale aastaks 2035. Sellisel juhul jõuaks autori hinnangul ladestamisele kõigest teiste käitlustehnoloogiate rakendamisel tekkivad jäägid, nagu materjali ümbertöötlemisel tekkivad pisiosakesed või võõrised. Samuti jäätmekütuse jäägid.

Segaolmejäätmete vedu korraldava ettevõtte valikut mõjutab enim väravatasu hind, mida tuleb maksta vastavalt kas põletusjaamas või prügilas. Mõlemal juhul, kas rakendatakse konkreetset käitlusviisi tasu või tehnoloogianeutraalset tasu, peaks ladestamine lõppkokkuvõttes olema märkimisväärselt kallim. Autor on veendunud, et tulevikus ei ole võimalik ettevõttel eelistada esimese variandina nende suunamist ladestamisele (vt. Ptk. 5.2). Ladestamise lähimaks alternatiiviks käesoleval ajal on segaolmejäätmete masspõletamine, kuid ka antud käitlusviisi osakaal peab tulevikus langema.

KOKKUVÕTE

Nii Eesti kui ka teiste Euroopa Liidu riikide jäätmemajandustes on viimastel kümnenditel toimunud märkimisväärsed arengud. Enim on mõjutanud poliitikate kujunemist 2008. aastal vastu võetud jäätmete raamdirektiiv 2008/98/EÜ. Direktiivis mainiti lisaks muule esmakordselt ka käitlustehnoloogiate hierarhiat, mis seadis eesmärgiks eelistada jäätmete ringlusse võtmist ning vähendada eelkõige jäätmete ladestamist.

Seoses mitte nõuetele vastavate prügilate sulgemise, üha kasvavate ladestamistasude ning uute tehnoloogiate kasutuselevõttuga (jäätmete masspõletamine) vähenes Eestis olmejäätmete ladestamine 2014. aastaks ligikaudu 90% võrreldes 2008. aastaga. Nii Eesti kui EL riikide keskmine ladestamise osakaal moodustas aastal 2018 ligikaudu 22% tekitatud olmejäätmetest.

Suur olmejäätmete energiakasutuse võimekus (43,7% käideldud olmejäätmetest 2018. aastal Eestis) on aga pärssinud vajadust arendada teisi käitlustehnoloogiaid.

Nii materjalide kui biojäätmete ringlussevõtu osakaal on jäänud Eestis aastatel 2014-2018 samaks. Suurimad vajakajäämised on seotud biojäätmete käitlemisega, mille osakaal on 2008. aastaga võrreldes koguni langenud ning moodustas 2018. aastal kõigest 3,7% tekitatud olmejäätmetest. EL riikide keskmine näitaja oli kordades kõrgem, moodustades ligikaudu 17%.

Autor käsitles töös jäätmemajandust nii korralduslikust kui tehnoloogilisest küljest. Korralduslik pool kätkes endas jäätmealaste põhitõdede tutvustamist. Käitlustehnoloogiaid analüüsis autor peamiselt lõppkäitlusele ehk jäätmete ringlussevõtule ning energiakasutusele. Ringlussevõtu (materjalid ja biojäätmed) puhul võib seostada seniseid probleeme nii ebapiisava korralduse (ebaefektiivne sorteerimine, kogumine jt) kui vähetõhusate käitlusviiside (nt aeroobne kompostimine) rakendamisega. Energiakasutuse poole pealt analüüsis autor jäätmete masspõletamise tehnoloogiat ning jäätmekütuse ehk SRF tootmist ning kasutamist.

Vaatamata viimastel kümnenditel aset leidnud arengutele on vahed Eesti ja EL riikide keskmiste näitajate vahel suured. Lisaks jäätmekäitluse põhimõtetele ning jäätmehierarhiale sätestas raamdirektiiv artiklis 11 ka ringlussevõtumäärad aastaks 2020. Kui direktiiv nägi ette, et aastaks 2020 tuleb olmejäätmeid ringlusse võtta vähemalt 50% ulatuses tekitatud jäätmetest, siis 2018. aasta seisuga oli EL riikide keskmine näitaja 45% ning Eesti vastav näitaja kõigest 28%. Vaatamata suutmatusele

täita käesolevaks aastaks püstitatud eesmäärke, on tulevikuks seatud juba uued. Euroopa Komisjoni ringmajanduse tegevuskava näeb ette olmejäätmete ringlussevõtu järk-järgulist suurendamist. Aastaks 2035 peaks vastav näitaja olema vähemalt 65%. Olmejäätmete ladestamise osakaal kõikidest jäätmetest peaks jääma alla 10%.

Tulenevalt senistest näitajatest ning püstitatud eesmärkidest, analüüsis autor võimalusi arendada jäätmemajandust Eestis ja pakkus välja võimaliku tulevikustsenaariumi. Jäätmetekke mahu prognoosimine aastaks 2035 võimaldas analüüsida erinevate käitlustehnoloogiate osakaalusid.

Autor koostas selged juhised jäätmete ladestamise ja ringlussevõtu eesmärkide täitmiseks. Enim on vaja tõsta olmejäätmete ringlussevõtu osakaalu. Antud kasv oleks võimalik jäätmete energiakasutuse ja ladestamise vähendamisel. Sellisel juhul peaks jäätmete energiakasutus vähenema senisega võrreldes ligikaudu poole võrra ning moodustama tulevikus kuni 20% tekitatud olmejäätmetest. Ladestamisele kuuluvate jäätmekoguste osakaal peaks olema minimaalne ehk kuni 10% tekitatud olmejäätmetest. Märkimisväärselt, ligikaudu seitse korda, tuleb suurendada biojäätmete käitlemist.

Muutused on võimalikud üksnes siis, kui arendatakse käsikäes nii jäätmekorraldust kui käitlustehnoloogiaid. Suurendamiseks olmejäätmete ringlussevõttu, on vaja eelkõige tõhustada jäätmekorraldust: sorteerimist, kogumist ja vedu. Mida tõhusam on väljatöötatud süsteem, seda kõrgem on jäätmeteekonnal osalejate (tekitaja, vedaja, käitleja) motivatsioon. Lisaks muule on autori hinnagul oluline jäätmekogumisvahendite välimuse muutmine (eri liiki konteineritele ja autodele eri värvid), segaolmejäätmete veohinna märkimisväärne tõstmine, tootjavastustusorganisatsioonide töö tõhustamine ning uudsete kogumissüsteemide rakendamine (nt isikustatud nutikonteinerid). Samuti on oluline tõhustada jäätmetele rakendatavat järeelvalvet.

Nii jäätmehierarhiat kui ringmajandust silmas pidades tuleks eelistada tulevikus käitlustehnoloogiate arendamisel eelkõige jäätmete ringlussevõttu, väiksemal määral energiakasutust ning vältida tuleks ladestamist. Analüüsis näitab autor võimalusi materjalide ümbertöötlemise ning biojäätmete käitlemise suurendamiseks. Selleks, et suurendada materjalide (peamiselt plastide) ümbertöötlemist, on vaja eelkõige tõhustada nende tööstusliku sorteerimise võimekust, näiteks rajada konkreetsetele materjalidele sekundaar-sorteerimisjaamad. Plastide töötlemisel tuleks rakendada efektiivsemaid tehnoloogiaid (nt NIR), et toota segaplasti puru asemel kõrgema kvaliteediga kindlat liiki polümeeri ja värviga plastigraanuleid.

Biojäätmete käitlemisel tuleks autori hinnangul liikuda aeroobsest kompostimisest üle anaeroobsele kääritamisele ehk biogaasi tootmisele. Esmajärgus tuleks analüüsida kooskääritamise võimalusi, näiteks reoveepuhastusjaamade, paberi- ja toiduainetööstuste või loomsete väljaheidetega. Kui on saavutatud piisavas mahus võimekus olmejäätmetest biojäätmey sorteerida, oleks mõistlik rajada suuremate linnade juurde juba enamjaolt biojäätmey kääritavad üksused.

Tulevik jäätmey energiakasutuse osas saab olema seotud väiksemate tootmismahude, kõrgemate keskkonnanõuete ning -tasudega. Lisaks senistele tehnoloogiatele, nagu masspõletamine ning jäätmekütuse tootmine ja kasutamine, hakatakse arendama ka alternatiivseid tehnoloogiaid (plastjäätmey koospürolüüs, biovesiniku tootmine tumey kääritamise teel jt).

Eesmärkide täitmine on võimalik jäätmemajanduse kõigi osapoolte ühisel pingutusel. Eelpool kirjeldatud tulevikustsenaarium on autori arvamusel kõige optimaalsem viis Eesti jäätmemajanduse tõhustamiseks ning aastaks 2035 võetud kohustuste täitmiseks. Käesolev lõputöö innustab ka ettevõtjaid panustama jäätmekäitlustehnoloogiate arendamisesse. Valdkonna edasised uuringud võiksid olla seotud biojäätmey kooskääritamisega.

SUMMARY

In recent decades, significant developments have taken place in the waste management of both Estonia and other European Union countries. The Waste Framework Directive 2008/98/EC, adopted in 2008, has had the greatest impact on policy-making. Among other things, the directive mentions, for the first time, the hierarchy of waste treatment technologies which aims to prioritize recycling and, in particular, to reduce landfilling.

Due to the closure of non-compliant landfills, increasing landfill fees and the introduction of new technologies (mass incineration), municipal waste disposal in Estonia decreased by approximately 90% by 2014 compared to 2008. The average percentage of landfilling in Estonia as well as other EU countries in 2018 was ~22% of the generated municipal waste. However, high energy recovery capacity of municipal waste (43.7% of all municipal waste treated in 2018 in Estonia) has inhibited the need to develop other treatment technologies.

The proportion of recycling of both materials and bio-waste has remained the same in 2014-2018. While ~24% of generated municipal waste in Estonia was recycled in 2018, the corresponding indicator in the EU countries was 30% on average. The biggest shortcomings in Estonia are related to the management of bio-waste, the percentage of which has even decreased compared to 2008, and in 2018 accounted for only 3.7% of the generated municipal waste. The EU average was several times higher, at around 17%.

The author analyzed waste management from both the organizational and technological side. On the organizational side, main principles were described: the basics of waste classification, waste prevention options, waste collection and transportation, and waste supervision. Analyzing waste management technologies, the author focused mainly on final treatment, i.e. waste recycling and energy recovery. In both cases of recycling (materials and bio-waste), the problems encountered so far can be attributed to the inadequate organization (inefficient sorting, collection, etc.) as well as to the implementation of less efficient treatment methods (e.g. aerobic composting). In terms of energy recovery, the author analyzed the technology of mass incineration of waste and the production and use of waste fuel (SRF).

Despite the developments that have taken place in recent decades, the differences between average indicators of Estonia and the EU countries are large. In addition to the waste management principles and the waste hierarchy, Article 11 of the Framework Directive also set recycling rates by 2020. If the directive stipulated that by 2020

at least 50% of the generated waste must be recycled, then by the end of 2018, the average indicator of the EU countries was 45% and the corresponding indicator of Estonia was only 28%. Despite the failure to meet the targets set for this year, new ones have already been set for the future. The European Commission's action plan for circular economy provides for a gradual increase in the recycling of municipal waste. By 2035, the corresponding figure should be at least 65%. The proportion of municipal waste disposal in total waste should be less than 10%.

Based on the current indicators and goals set for the future, the author analyzed possibilities to develop waste management in Estonia and proposed a scenario for the future. Forecasting the numbers of waste generation by 2035 allowed to analyze the percentages of different treatment technologies.

The author composed clear instructions for meeting the targets of waste disposal and recycling. The primary action would be to increase the proportion of municipal waste recycling. This increase is possible, if energy recovery and landfilling are reduced. The energy recovery of waste should be reduced by about half and will account for up to 20% of all municipal waste generated in the future. The percentage of waste disposed should be minimal, up to 10% of the generated municipal waste. According to the author, the capacity of bio-waste management must be multiplied by seven.

Changes are only possible if waste management and treatment technologies are developed hand in hand. In order to increase the recycling of municipal waste, it is crucial to improve the sorting, collection and transportation of waste. The more efficient the developed system, the higher the motivation of participants in the waste journey (producer, carrier, manager). Among other things, the author considers it important to change the appearance of waste collection facilities (different colors for different types of containers and cars), significantly increase the price of unsorted municipal waste, increase the efficiency of producer responsibility organizations and implement innovative collection systems (e.g. personalized smart containers). It is also important to step up monitoring of waste.

In view of both the waste hierarchy and circular economy, in the future, priority should be given to the development of treatment technologies, in particular the recycling of waste, reducing of energy recovery and avoidance of landfill. The author analyzed possibilities to increase the recycling of materials and management of bio-waste. In order to increase the recycling of materials (mainly plastics), it is particularly necessary to enhance their industrial sorting capacity, for example by setting up secondary sorting

plants for specific materials. More efficient technologies should be used for sorting plastics (e.g. NIR) to produce plastic granules of higher quality with certain types of polymers and colours, instead of mixed plastic scrap.

According to the author, the management of bio-waste should move from aerobic composting to anaerobic digestion, i.e. biogas production. Primarily, co-fermentation options should be analyzed, e.g. with wastewater treatment plants, the paper and food industries or animal wastes. When there are corresponding volumes of sorted bio-waste, it is reasonable to set up mainly bio-waste fermentation units in larger cities.

The future of energy recovery from waste will be linked to lower production volumes, higher environmental requirements and fees. In addition to existing technologies, such as mass incineration and the production and use of waste fuels, alternative technologies will be developed (co-pyrolysis of plastic waste, production of biohydrogen by dark fermentation, etc.).

The objectives can be achieved through the joint efforts of all parties involved in waste management. In the author's opinion, the aforementioned future scenario is the optimal way to improve the efficiency of Estonian waste management and to meet the commitments made by 2035. This dissertation also encourages companies to contribute to the development of waste management technologies. Further research in this area could be related to the co-fermentation of bio-waste.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Euroopa Parlament ja Euroopa Liidu Nõukogu, "DIREKTIIV 2008/98/EÜ," Euroopa Liidu Teataja, 2008.
- [2] "Eurostat: MSW data - European Commission." [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/database>. [Accessed: 20-Feb-2020].
- [3] A. Parksepp, "Keskkonnaministeeriumi asekanstler: soovime teha jäätmepöörde ja alustada sisuliselt nullist," *Eesti Päevaleht*, 2020.
- [4] "World population prospects - United Nations," *Department of Economic and Social Affairs*. 2019. [Online]. Available: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>. [Accessed: 25-Feb-2020].
- [5] "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050 - The World Bank." 2018. [Online]. Available: <https://www.worldbank.org/en/news/infographic/2018/09/20/what-a-waste-20-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050>. [Accessed: 28-Feb-2020].
- [6] Riigikogu, "Jäätmeseadus RT 1 2004,9,52," Riigi Teataja, 2004.
- [7] H. Moora and SEI Tallinn, "Ringmajandus kui uus majandusmudel-mõiste, trendid, võimalused ja ajendid." 2018.
- [8] Keskkonnaministeerium, "RIIGI JÄÄTMEKAVA 2014- 2020," 2014.
- [9] "Jäätmed - Keskkonnaministeerium." [Online]. Available: <https://www.envir.ee/et/jaatmed>. [Accessed: 27-Apr-2020].
- [10] "Säästva arengu sõnaseletusi." [Online]. Available: <http://www.seit.ee/sass/?ID=1>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [11] "Eesti Pandipakend." [Online]. Available: <https://eestipandipakend.ee/>. [Accessed: 15-Mar-2020].
- [12] "Jäätmeinfo - Tartu." [Online]. Available: <https://www.tartu.ee/et/jaatmeinfo>. [Accessed: 28-Apr-2020].
- [13] M. Korolkov, "Korraldatud jäätmeveo rakendamine Tallinna linna näitel," Tallinna Tehnikaülikool, 2019.
- [14] Riigikontroll, "Riigi ja kohalike omavalitsuste tegevus olmejäätmete kogumisel ja taaskasutusse suunamisel," 2016.
- [15] "Keskkonnaagentuur." [Online]. Available: <https://www.keskkonnaagentuur.ee/>. [Accessed: 05-Mar-2020].
- [16] Tallinna Linnavolikogu, "Tallinna jäätmekava 2017-2021," 2017.
- [17] "Keskkonnainspeksioon." [Online]. Available: <https://www.kki.ee/et>.

- [Accessed: 05-Mar-2020].
- [18] M. Veedla, "Euroopa Liidu jäätme poliitika ja selle mõju Rapla maakonnas," Tallinna Tehnikaülikool Tartu Kolledž, 2019.
- [19] European Commission, "Guidance on municipal waste data collection," 2017.
- [20] "Keskkonnaamet." [Online]. Available: <https://www.keskkonnaamet.ee/et>. [Accessed: 25-Mar-2020].
- [21] Keskkonnaministeerium, "Nõuded biolagunevatest jäätmetest biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi kohta," Riigi Teataja, 2016.
- [22] Keskkonnaministeerium, "Reoveesetest toote valmistamise nõuded," Riigi Teataja, 2017.
- [23] C. Velis, D. Wilson, and C. Cheeseman, "19th century London dust-yards: A case study in closed-loop resource efficiency," 2019.
- [24] Eesti Roheline Liikumine and Euroopa Keskkonnabüroo, "Jäätmekäitlus Euroopa Liidus." pp. 1–39, 2000.
- [25] Euroopa Komisjon, "Uus ringmajanduse tegevuskava," Brüssel, 2020.
- [26] K. G. Namlis and D. Komilis, "Influence of four socioeconomic indices and the impact of economic crisis on solid waste generation in Europe," *Waste Manag.*, vol. 89, pp. 190–200, 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2019.04.012.
- [27] "Eesti Roheline Liikumine." [Online]. Available: <https://www.roheline.ee/>. [Accessed: 20-Apr-2020].
- [28] "Waste - Environment - European Commission." [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm>. [Accessed: 02-Feb-2020].
- [29] Keskkonnaministeerium, "Ehitus- ja lammutusjäätmete käitlusnõuete mõju analüüs," 2015.
- [30] Euroopa Parlament ja Euroopa Liidu Nõukogu, "OTSUS nr 1082/2013/EL," 2013.
- [31] L. Lehes, "Poliitikavõrgustike roll eesti vabariigi jäätmekäitluses," Tallinna Tehnikaülikool, 2015.
- [32] European Commission, "Commission reviews implementation of EU waste rules, proposes to help 14 Member States meet recycling targets." 2018, [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/news/commission-reviews-implementation-eu-waste-rules-proposes-actions-help-14-member-states-meet-recycling-targets-2018-sep-24_en. [Accessed: 27-Apr-2020].
- [33] "Jäätmeinfo - Jäätmearuandluse infosüsteem." [Online]. Available: <https://jats.keskkonnainfo.ee/main.php?public=1>. [Accessed: 15-Mar-2020].
- [34] J. Pöldnurk, "Integrated Economic and Environmental Impact Assessment and Optimisation of the Municipal Waste Management Model in Rural Area by Case of Harju County Municipalities in Estonia," Tallinn University of Technology, 2014.

- [35] Euroopa Komisjon, "Ringmajandus : EList saab tänu uutele eeskirjadele jäätmekäitluse ja ringlussevõtu eestvedaja maailmas," 2018.
- [36] European Commission, "Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the implementation of EU waste legislation, including the early warning report for Member States at risk of," no. 2018. 2018, [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/data/database>. [Accessed: 27-Apr-2020].
- [37] "Ragn Sells." [Online]. Available: <https://www.ragnsells.ee/>. [Accessed: 20-Mar-2020].
- [38] L. Rigamonti, M. Grosso, and M. Giugliano, "Life cycle assessment for optimising the level of separated collection in integrated MSW management systems," *Waste Manag.*, pp. 934–944, 2009, doi: 10.1016/j.wasman.2008.06.005.
- [39] Eesti Pakendiringlus, "Infoleht- mida saab kogutud pakenditest Eestis taaskasutuses valmistada?" 2019.
- [40] SA Säästva Eesti Instituut, "Tallinnas tekkivate olmejäätmete taaskasutamise tõhustamise uuring parimate praktikate näitel," 2014.
- [41] Estivo, "Biologunevate jäätmete käitlemine, 2. etapp." 2005.
- [42] Keskkonnaministeerium, "Biologunevatest jäätmetest komposti tootmise nõuded," Riigi Teataja, 2013.
- [43] T. Metsaots, "Biologunevate jäätmete kompostimine Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskuse ja Väätisa Prügila näitel," Tallinna Tehnikaülikool Tartu Kolledž, 2014.
- [44] S. Achinas, V. Achinas, and G. J. W. Euverink, "A Technological Overview of Biogas Production from Biowaste," *Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 299–307, 2017, doi: 10.1016/J.ENG.2017.03.002.
- [45] Defra, "Anaerobic digestion strategy and action plan," *Dep. Energy Clim. Chang.*, p. 56, 2011.
- [46] "Eesti Biogaasi Assotsiatsioon." [Online]. Available: <http://eestibiogaas.ee/tootmine-ja-kasutamine/>. [Accessed: 20-Mar-2020].
- [47] Tallinna Tehnikaülikool and Eesti Maaülikool, "Biogaasi tootmine ja kasutamine.Käsiraamat," Eesti Põllumeeste Keskliit, 2009.
- [48] H. Moora and SEI, "Prügilasse jäätmete vastuvõtmise kriteeriumid ja kord." 2010.
- [49] G. Cuperus, "The difference between RDF and SRF," *Resource*, 2015.
- [50] P. Vounatsos, "Characterization and classification of Refuse Derived Fuel in the Materials Recovery Facility of EPANA S.A." p. 19, 2012.

- [51] "Jäätmete käitlemine - Uikala prügila." [Online]. Available: <https://www.uikalaprugila.ee/et/p/waste-management/rdf-production>. [Accessed: 28-Mar-2020].
- [52] M. Grosso, S. Dellavedova, L. Rigamonti, and S. Scotti, "Case study of an MBT plant producing SRF for cement kiln co-combustion, coupled with a bioreactor landfill for process residues," *Waste Manag.*, vol. 47, pp. 267–275, 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2015.10.017.
- [53] U. Gnadenteich, "Tallinna Prügila müüb jäätmed lätlastele kütteks," *Postimees*, 2010.
- [54] "Kunda Nordic Tsement." [Online]. Available: <https://www.knc.ee/et/node/4129>. [Accessed: 28-Mar-2020].
- [55] K. Kikas, "Kunda Nordic Tsement avas tahke jäätmekütuse koospõletusliini," *Keskonnatehnika*, p. 21, 2009.
- [56] R. Poom, "Kunda Nordic Tsement koondab pea poole töötajatest," *Ärileht*, 2020.
- [57] "Energia tootmine - Enefit Green." [Online]. Available: <https://www.enefitgreen.ee/et/energia-tootmine>. [Accessed: 29-Mar-2020].
- [58] "Dokumendid: Elekter ja soojus jäätmetest - Eesti Energia." [Online]. Available: https://www.energia.ee/documents/10187/15087/elekter_ja_soojus_jaatmetest_a4_est.pdf. [Accessed: 03-Feb-2020].
- [59] R. Turconi, S. Butera, A. Boldrin, M. Grosso, L. Rigamonti, and T. Astrup, "Life cycle assessment of waste incineration in Denmark and Italy using two LCA models," *Waste Manag. Res.*, vol. 29, no. 10 SUPPL., pp. 78–90, 2011, doi: 10.1177/0734242X11417489.
- [60] "Teeme ära!" [Online]. Available: <http://www.teeme2008.ee/>. [Accessed: 25-Apr-2020].
- [61] "Kundas toodetakse biometaani - Estonian Cell." [Online]. Available: <https://www.estoniantcell.ee/udised/toeostusest-september-2018-kundas-toodetakse-biometaani/>. [Accessed: 15-Apr-2020].
- [62] "Uuskasutuskeskus." [Online]. Available: <https://uuskasutus.ee/>. [Accessed: 15-Apr-2020].
- [63] *Ärileht*, "Ministerium prügiveo hüppelisest hinnatõusust: saastaja maksab, tuleb rohkem sorteerida," *Ärileht*, 2020.
- [64] "Separate collection of food-waste started - European Compost Network." 2019, [Online]. Available: <https://www.compostnetwork.info/news-from-lithuania/>. [Accessed: 20-Apr-2020].
- [65] "Envac Group." [Online]. Available: <https://www.envacgroup.com/>. [Accessed: 25-Apr-2020].
- [66] "Millist plastikut valida, et edendada ringmajandust? - Eesti Plastitööstuse Liit."

2020. [Online]. Available: <https://www.plast.ee/plastjaatmete-ringluse-hierarhia/>. [Accessed: 15-Apr-2020].
- [67] European Biogas Association, "EBA statement . Roadmap on Climate Law – achieving climate neutrality by 2050," no. February. 2020.
- [68] A.-R. Ridbeck, "Biogaasi tootmisel tekkiva kääritusjäägi kasutamise võimalused," 2015.
- [69] Tallinna linn, "Taotlus Euroopa roheline pealinna tiitlile, 9.punkt: Reovee käitlemine." 2018. [Online]. Available: <https://www.tallinn.ee/est/keskkond/Euroopa-roheline-pealinn-2018>. [Accessed: 28-Apr-2020].
- [70] R. Raudvere, "Põlevkiviõli jääb minevikku- Estoveri piimatööstuse biogaasijaama ehitus juba käib," *Maaleht*, 2020.
- [71] Tallinna Tehnikaülikool, "Plastprügi saab koospürolüüsida kütteõliks," *Keskkondatehnika*, 2019.
- [72] Ü. Kask, S. Soosaar, L. Kask, and V. Vohu, "Biomajandus," in *Eesti põlevloodusvarad ja -jätmed*, 2015.
- [73] A. Niidu, "Tulevikukütused," *Tallinna Teh. Virumaa Kolledž*, 2019.
- [74] E. Ficara and V. Corbellini, "Energy conversion routes – anaerobic digestion for biogas production and dark fermentation for biohydrogen production." 2019.
- [75] Eesti Statistika, "Eesti majanduskasv oli 2018. aastal endiselt kiire." 2019, [Online]. Available: <https://www.stat.ee/pressiteade-2019-022>. [Accessed: 12-May-2020].
- [76] SEI, "Olmejäätmete käitlusalternatiivide keskkonnamõju olulusringipõhine uuring." 2012.
- [77] Eesti Pank, "Eesti Panga prognoos: täistuuridel töötanud majandus kaotab hoogu." 2019. [Online]. Available: <https://www.eestipank.ee/press/eesti-panga-prognoos-taistuuridel-tootanud-majandus-kaotab-hoogu-17122019>. [Accessed: 12-May-2020].

LISAD

Lisa 1 Jäätmenimistu määrusest „Jäätmete liigitamise kord ja jäätmenimistu“ [6]

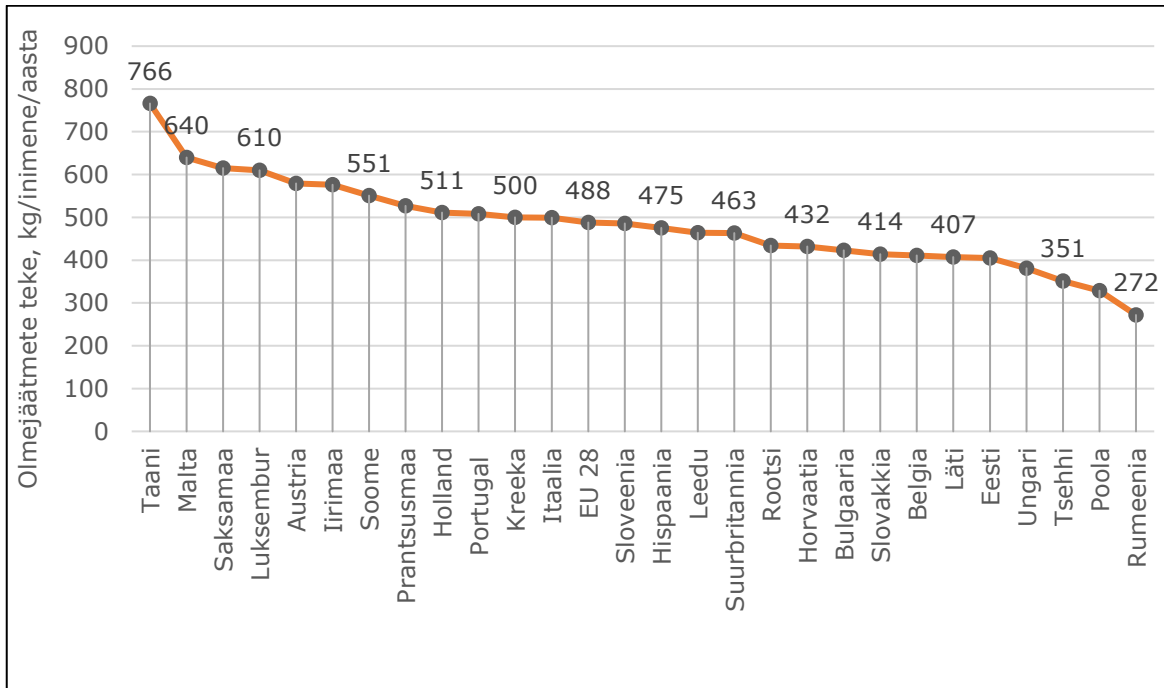
1.jagu

Kood 01	Maavarade ja maa-ainese uuringutel, kaevandamisel ning füüsilisel ja keemilisel töötlemisel tekkinud jäätmed
02	Põllumajanduses, aianduses, vesiviljeluses, metsanduses, jahinduses ja kalapüügil ning toiduainete valmistamisel ja töötlemisel tekkinud jäätmed
03	Puidu töötlemisel, plaatide ja mööbli ning tselluloosi, paberi ja kartongi tootmisel tekkinud jäätmed
04	Naha-, karusnaha- ja tekstiilitööstusjäätmed
05	Nafta ja õli rafineerimisel ning fraktsioneerimisel, maagaasi puhastamisel ja kivisöe ning põlevkivi utmisel tekkinud jäätmed
06	Anorgaanilistes keemiaprotsessides tekkinud jäätmed
07	Orgaanilistes keemiaprotsessides tekkinud jäätmed
08	Pinnakatete (värvide, lakkide ja klaasjate emailide), liimide, hermeetikute ja trükivärvide valmistamisel, kokkusegamisel, jaotamisel ja kasutamisel tekkinud jäätmed
09	Fotograafiajäätmed
10	Termilistes protsessides tekkinud jäätmed
11	Metallide ja muude materjalide pinnatöötlusel ja pindamisel ning värviliste metallide hüdro metallurgiaprotsessides tekkinud jäätmed
12	Metallide ja plastide mehaanilisel vormimisel ning füüsilisel ja mehaanilisel pinnatöötlemisel tekkinud jäätmed
13	Õli- ja vedelkütusejäätmed (välja arvatud toiduõlid ning jaotistes 05, 12 ja 19 nimetatud jäätmed)
14	Orgaaniliste lahustite, külmutusagenside ja propellentide jäätmed (välja arvatud jaotistes 07 ja 08 nimetatud jäätmed)
15	Pakendijäätmed, nimistus mujal nimetamata absorbendid, puhastuskaltsud, filtermaterjalid ja kaitseriietus 16 Nimistus mujal nimetamata jäätmed
16	Nimistus mujal nimetamata jäätmed
17	Ehitus- ja lammutuspraht (sealhulgas saastunud maa-aladelt eemaldatud pinnas)
18	Inimeste või loomade tervishoiu või sellega seotud uuringute käigus tekkinud jäätmed (välja arvatud köögi- ja sööklajajäätmed, mis ei ole tervishoiuga otseselt seotud)
19	Jäätmekäitlusettevõtete, ettevõtteväliste reoveepuhastite ning joogi- ja tööstusvee käitlemisel tekkinud jäätmed
20	Olmejäätmed (kodumajapidamisjäätmed ja samalaadsed kaubandus-, tööstus- ja ametiasutusjäätmed), sealhulgas liigiti kogutud jäätmed

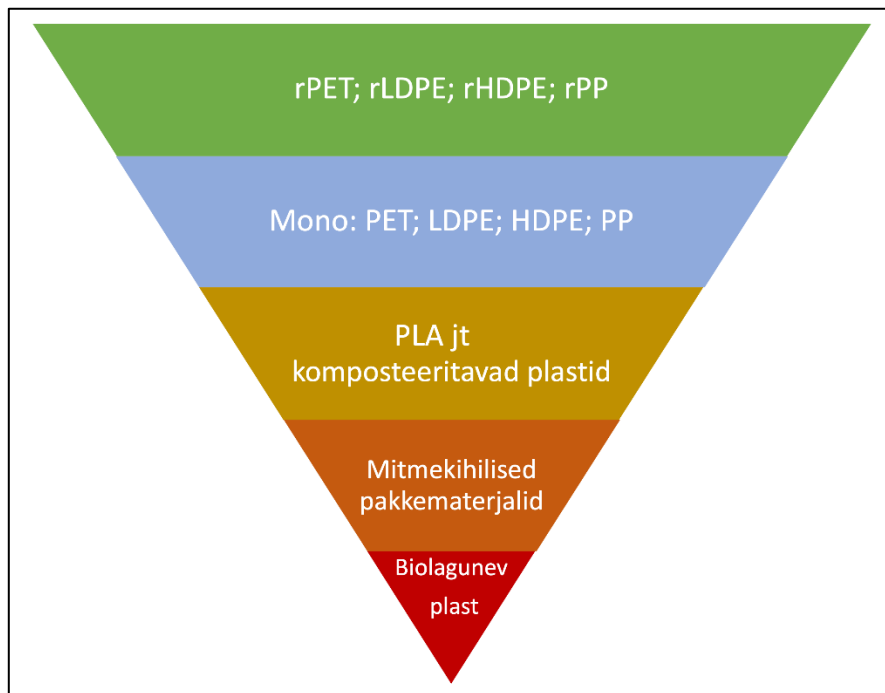
2. jagu (näide Kood 20)

Kood 20	OLMEJÄÄTMED (KODUMAJAPIDAMISJÄÄTMED JA SAMALAADSED KAUBANDUS-, TÖÖSTUS- JA AMETIASUTUSJÄÄTMED), SEALHULGAS LIIGITI KOGUTUD KOGUTUD JÄÄTMED
20 01	Olmejäätmete hulgast väljakorjatud või liigiti kogutud jäätmed (välja arvatud alajaotises 15 01 nimetatud jäätmed)
20 01 01	Paber ja kartong
20 01 02	Klaas

Lisa 2 Joonis „Jäätmete ke kõikides EL 28 riigis“ [2]



Lisa 3 Joonis „Plastide hierarhia“ [66]



Lisa 4 Jäätmete taaskasutustoimingute nimistu [6]

§ 1. Jäätmete taaskasutamistoimingute nimistu

(1) Jäätmete taaskasutamistoimingud sätestatakse rahvusvaheliselt tunnustatud R-koodinumbrite alusel.

(2) Jäätmete taaskasutamistoimingud on:

1) R1 – kasutamine peamiselt kütusena või muu energiaallikana;

2) R2 – lahustite taasväärtustamine või regenereerimine;

3) R3 – lahustitena mittekasutatavate orgaaniliste ainete ringlussevõtt või taasväärtustamine, sealhulgas:

R3_o – bioloogiline ringlussevõtt;

R3_m – mehaaniline ringlussevõtt ehk jäätmematerjali taaskasutamine selle keemilist struktuuri muutmata kas esialgsel või mõnel muul otstarbel;

R3_c – keemiline ringlussevõtt ehk jäätmematerjali lagundamine algkomponentideks ning nendest esialgsena analoogse materjali valmistamine;

R3_f – ringlussevõtt toormevaruna ehk jäätmematerjali lagundamine mis tahes keemilisteks ühenditeks, mis võetakse järgnevalt ringlusse uue toote koosseisus;

4) R4 – metallide või metallühendite ringlussevõtt või taasväärtustamine;

5) R5 – muude anorgaaniliste ainete ringlussevõtt või taasväärtustamine, sealhulgas:

R5_m – mehaaniline ringlussevõtt;

R5_c – keemiline ringlussevõtt;

R5_f – ringlussevõtt toormevaruna;

6) R6 – hapete või aluste regenereerimine;

7) R7 – reostustõrjeks kasutatud ainete taaskasutamine;

8) R8 – katalüsaatorikomponentide taaskasutamine;

9) R9 – õlide taasrafineerimine või korduskasutamine mõnel muul viisil;

10) R10 – pinnastöötlus põllumajandusliku kasutamise eesmärgil või keskkonnaseisundi parendamiseks;

11) R11 – koodinumbriga R1–R10 märgitud mis tahes toimingute tagajärjel tekkinud jäätmete kasutamine;

12) R12 – jäätmete vahetamine koodinumbriga R1–R11 märgitud mis tahes toimingute tegemiseks;

13) R13 – jäätmete kogumine nende töötlemiseks koodinumbriga R1–R12 märgitud mis tahes menetlusel, välja arvatud kogumise ajal ajutine ladustamine jäätmete tekkekohas, sealhulgas:

R13_s – segajäätmete sortimine nende töötlemiseks koodinumbriga R1–R12 märgitud mis tahes menetlusel.

Lisa 5 Jäätmete kõrvaldustoimingute nimistu [6]

§ 2. Jäätmete kõrvaldamistoimingute nimistu

- (1) Jäätmete kõrvaldamistoimingud sätestatakse rahvusvaheliselt tunnustatud D-koodinumbrite alusel.
- (2) Jäätmete kõrvaldamistoimingud on:
- 1) D1 – maapealne või maa-alune ladestamine (näiteks prügilatesse);
 - 2) D2 – pinnastöötlus (näiteks vedelate või püdelate heitmete biolagundamine pinnases);
 - 3) D3 – süvainjektsioon maapõue (näiteks vedelate heitmete pumpamine puuraukudesse, mahajäetud soolakaevandustesse või looduslikesse tühemikesse);
 - 4) D4 – vedelate või püdelate jäätmete paigutamine maapealsetesse kaevanditesse, basseinidesse, paistiikidesse jne;
 - 5) D5 – paigutamine tarindprügilatesse (näiteks jäätmete paigutamine üksteisest ning keskkonnast isoleeritud, pealt kaetud ja vooderdatud pesadesse);
 - 6) D6 – tahkete jäätmete heitmine veekogudesse, välja arvatud merre;
 - 7) D7 – heitmine merre, sealhulgas ladestamine merepõhja;
 - 8) D8 – bioloogiline töötlus, mida ei ole käsitletud mujal selles nimistus ning mille lõppsaaduseks on ühendid ja segud, mis kõrvaldatakse koodinumbriga D1–D12 märgitud mis tahes toiminguga;
 - 9) D9 – füüsikaline-keemiline töötlus, mida mujal selles nimistus ei ole käsitletud ning mille lõppsaaduseks on ühendid ja segud, mis kõrvaldatakse koodinumbriga D1–D12 märgitud mis tahes toiminguga (näiteks aurutamine, kuivatamine, kaltsineerimine);
 - 10) D10 – põletamine maismaal;
 - 11) D11 – põletamine merel;
 - 12) D12 – püsiladustamine (näiteks konteinerites jäätmete paigutamine kaevandustesse);
 - 13) D13 – jäätmesegude koostamine või jäätmete segamine enne koodinumbriga D1–D12 märgitud mis tahes toimingut;
 - 14) D14 – jäätmete ümberpakkimine enne koodinumbriga D1–D12 märgitud mis tahes toimingut;
 - 15) D15 – vaheladustamine koodinumbriga D1–D14 märgitud mis tahes toimingu ajal, välja arvatud ajutine ladustamine jäätmete kogumisel nende tekkekohas.