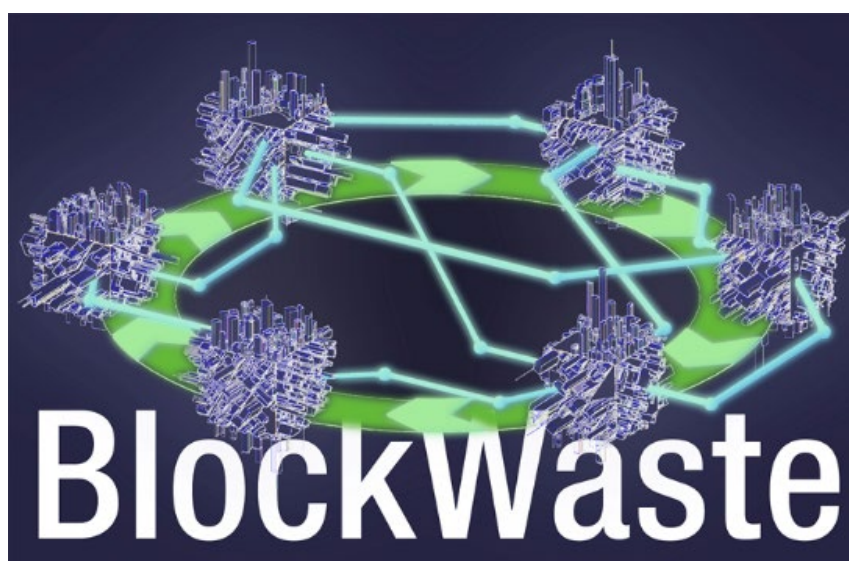


O1. A3 Ringmajanduse strateegiate käsiraamatud, mida rakendatakse olmejäätmete käitlemisel, kasutades Blockchaini tehnoloogiat

Käsiraamat 1: Jäätmekäitlus ja ringmajandus



[Disclaimer](#)

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Väljundi teabeleht:

Rahastamisprogramm	Euroopa Liidu programm Erasmus+
Rahastamine NA	EL01 Kreeka riigi stipendiumifond (IKY)
Projekti täispealkiri	Jäätmekäitluses rakendatav uudne Blockchaini tehnoloogial põhinev koolitus – BLOCKWASTE
Väli	KA2 - Koostöö innovatsiooni ja heade tavade vahetamise nimel KA203 – Kõrghariduse strateegilised partnerlused
Projekti number	2020-1-EL01-KA203-079154
Projekti kestus	24 kuud
Projekti alguskuupäev	10.01.2020
Projekti lõppkuupäev:	30-09-2022

Väljundi üksikasjad:

Väljundi pealkiri: O1: Interdistsiplinaarse Blockchain-MSW õppematerjalid

Ülesande pealkiri: O1/A3. Ringmajanduse strateegiate käsiraamatud, mida rakendatakse olmejäätmete käitlemisel, kasutades Blockchaini tehnoloogiat

Väljundi juht: NTUA

Ülesande juht: Saksioni UAS

Autor(id): Maria Menegaki, menegaki@metal.ntua.gr, Dimitris Damigos, damigos@metal.ntua.gr, Athanassios Mavrikos, mavrikos@metal.ntua.gr, Ateena riiklik tehnikaülikool, Kreeka, Viktoria Voronova, Tallinn University of Technology, viktor.voronova@taltech.ee, Estonia, Juana María Torrecilla, Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales, juanamari-toabril@ctmarmol.es, Spain

Arvustanud: Rainer Lenz, rlenz@fh-bielefeld.de, Bielefeldi UAS, Saksamaa, David Caparros Perez, Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales, david.caparros@ctmarmol.es, Spain

Dokumendikontroll

Dokumendi versioon	Versioon	Muudatus
V0.1	31/03/2022	Lõplik versioon – 29/04/2022

Sisukord

Kokkuvõte.....	v
1 Sissejuhatus.....	1
1.1 Projekti lühikirjeldus.....	1
1.2 Eesmärgid ja metodoloogiline lähenemine	1
2 Tahked olmejäätmed.....	2
2.1 Definitsioon	2
2.2 Klassifikatsioon	3
2.3 Olmejäätmete omadused	3
2.3.1 Olmejäätmete iseloomustamise meetodid.....	3
2.3.2 Olmejäätmete koostis massi järgi.....	4
2.3.3 Olmejäätmete tootmise varieeruvus	8
2.4 Olmejäätmed ja keskkond	10
2.4.1 Olmejäätmete käitlemisest tulenev keskkonnamõju	12
2.4.2 Nõrgvesi ja biogaas	14
3 Olemasolevad olmejäätmete käitlusstrateegiad	17
3.1 Sissejuhatus olmejäätmete käitlemisse	17
3.2 Jäätmekäitluse hierarhia.....	19
3.3 Ühised põhimõtted olmejäätmekäitluses.....	20
3.4 Olmejäätmete käitlemine	20
3.4.1 Prügilasse ladestamine	20
3.4.2 Põletamine ja energia taaskasutamine	21
3.4.3 Kompostimine ja biometaaniseerimine	22
3.4.4 Taaskasutus	24
4 Ringmajandus.....	25
4.1 Tootmise ja tarbimise lineaarne mudel	25
4.2 Ringmajandus: mõiste, päritolu ja põhimõtted	27
4.3 Ringsüsteemide väljakutsed ja eelised	31
4.3.1 Väljakutsed	31
4.3.2 Kasu	32
4.3.3 Transversaalsed strateegiad	33
4.3.4 Otsesed strateegiad	34
5 Ringmajandus ja olmejäätmete käitlemine	37
5.1 Olmejäätmete käitlemine ringmajanduses.....	37

5.2	Poliitika ja instrumendid olmejäätmete käitlemisel ringmajanduses	38
5.3	Digitalsed tehnoloogiad olmejäätmete käitlemisel ringmajanduses	40
6	Viited ja allikad edasiseks lugemiseks ja teabeks.....	42
6.1	Viited	42
6.2	Täiendavad allikad	45

Tabelite loend

Tabel 1: Euroopa, piirkondlikul ja riiklikul tasandil jäätmekäitluses kasutatavad poliitikavahendid	39
Tabel 2: Peamised digitaliseerimise valdkonnad MSW haldamisel	41

Jooniste loend

Joonis 1: Olmejäätmete teke EL-27, 2005–2020 (Allikas: Eurostat, 2021)	5
Joonis 2: Ülemaailmne jäätmete koostis (Allikas: Kaza et al., 2018)	6
Joonis 3: Jäätmete koostis tulutaseme järgi (Allikas: Kaza et al., 2018)	6
Joonis 4: EL-27 kodumajapidamistes tekkiv jäätmeteke massi järgi (tonnides) (Allikas: Eurostat, 2022 – oma toimetamisprotsess)	7
Joonis 5: EL-27 kodumajapidamistes tekkinud jäätmeteke kaalu (tonnides) ja kategooria järgi (Allikas: Eurostat, 2022 – enda toimetamine)	7
Joonis 6: Ülevaade tahkete jäätmete arengust tööstusrevolutsioonide ajal (Allikas: Mavropoulos ja Nielsen, 2020)	10
Joonis 7: Prognoositav jäätmeteke piirkondade kaupa (allikas : https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html)	11
Joonis 8: Ülemaailmne jäätmete käitlemine ja kõrvaldamine (Allikas: https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html)	12
Joonis 9: Dandora munitsipaalprügikoht Keenias Nairobis (Allikas: https://en.wikipedia.org/wiki/Dandora#/media/File:Dandora_2.jpg)	13
Joonis 10: Tüüpiline läbilõige kaasaegsest sanitaarprügilast (Allikas: https://www.baltimorecountymd.gov/departments/publicworks/recycling/theresource/today-s-landfill-not-your-grandpa-s-dump)	14
Joonis 11: Iirimaa prügilate nõrgvee tüüpiline koostis (Allikas: Kalyuzhnyi et al, 2003)	15
Joonis 12: Prügilagaasi koostise pikaajaline mudel. I aerobne faas, II happefaas, III ebastabiilne metaani faas, IV stabiilne metaani faas, V pikaajaline faas, VI õhu infiltratsiooni faas, VII metaani oksüdatsioonifaas, VIII süsinikdioksiidi faas, IX õhufaas (Allikas: Wagner et al, 2007)	15
Joonis 13: Integreeritud jäätmekäitus: olusringi loend (kohandatud Zbizinski et al., 2006)	18
Joonis 14: Olmejäätmete prügilasse ladestamise määrad EL liikmesriikides ja teistes Euroopa riikides (Allikas: EEA, 2021)	18
Joonis 15: Jäätmehierarhia. (Source: jäätmete raamdirektiiv, 2008)	19
Joonis 16: Tahkete olmejäätmete põletusahju tüüpiline skeem (Adapted from Worell & Vesilind, 2012)	21
Joonis 17: Anaeroobse kääritamise protsess (graafik Sara Tanigawa, EESI)	23
Joonis 18: Ringlussevõtu määrad Euroopas jäätmevoogude lõikes (Allikas: EEA, 2022)	24
Joonis 19: Tooraine tarbimine (RMC) (Allikas: European Environmental Bureau 2012)	25
Joonis 20: Linearmajanduse skeem (Allikas: BIMgreen 2019)	26

Joonis 21: Lineaarse majandusmudeli ülevaade (Allikas: Marble and Stone Technology Centre, 2018).	27
Joonis 22: Ringmajandusmudeli ülevaade (Allikas: Marmori- ja Kivitehnoloogiakeskus, 2018).	28
Joonis 23: EK käsitletud lahtisidumine (Allikas: European Environmental Bureau, 2015).	30
Joonis 24: Ringmajandusele ülemineku ülevaade (Allikas: Caparrós-Pérez, D., 2017).	33
Joonis 25: Materjalide ja energia ringmajanduse lihtsustatud mudel (Allikas: EEA, 2017).	37

Kokkuvõte

Olmejäätmete käitlemine (MWM) on läbimas suuri muutusi, mis tulenevad keskkonnaalastest, majanduslikest ja poliitilistest arengutest ja väljakutsetest.

Nende probleemide lahendamiseks on ELi institutsioonid, riiklikud seadusandjad ja jäätmekäitlusorganisatsioonid teinud märkimisväärseid jõupingutusi, et luua reguleerimise, klassifitseerimise, standardimise ja soovitude raamistikud, mis ühtlustavad ja võimaldavad keskkonna- ja majandusarengut. On välja kujunenud üksikasjalik üleeuroopaline tunnustatud jäätmete klassifikatsiooni repertuaar, mis võimaldab jäätmeid käidelda, töödelda, jälgida ja luua väärtust.

Olmejäätmevood ise on samuti läbi teinud märkimisväärse muutuse, suundumus on vähendada ühiku massi, rohkem pakendeid, rohkem paberit ja rohkem e-jäätmeid. Toidu- ja rohelised jäätmed moodustavad siiski jätkuvalt suure osa (44%) olmejäätmete kogumahust.

Olmejäätmete tekkimine elaniku kohta on ELis väga erinev, erineb 250% suurte ja väikesemahuliste riikide vahel. Kuigi olmejäätmete mahu suurenemine on ELis suur murekoht, on mujal maailmas kasv veelgi kiirem, nii et olmejäätmete üldine mõju on võtnud dramaatiliselt suured mõõtmised ning nõrgvesi ja metaan kujutavad endast suurimat ohtu puhtale veele ja õhule.

Praegune jäätmekäitlus on püüdnud sellele suundumusele vastu seista, võttes kasutusele integreeritud jäätmekäitlussüsteemid, mis toetuvad sekkumishierarhiatele nagu jäätmepüramiidid, mis tagavad keskkonnamõju vähendamise tehnoloogilise teostatavuse, majandusliku elujõulisuse ja sotsiaalse vastuvõetavuse piirides.

Püüded kiirendada suuremahuliste lahenduste otsimist jäätmemahu kasvule on õnnestanud usaldust lineaarsete jäätmekäitlusmudelite vastu ja asetanud ringmajanduse mudelid MWM-i fookusesse. Selle eeliseid nähakse selles, et nad eelistavad korduskasutamist, taaskasutamist ja ringlussevõttu kõrvaldamise, põletamise ja prügilasse ladestamise asemel, asendades lineaarsed ainete voolud ringsüklitega. Liikumine „võta-tee-käitle“ loogikast majandusarengu ja keskkonnamõju lahutamisele ressursside kasutamisest nõuab dramaatilist pööret mitte ainult jäätmekäitluses, vaid ka majanduse põhiprotsessides. See eeldab ja toob kaasa ringväljundimudelid, ümmargused innovatsioonimudelid ja ringkasutusmudelid.

See nõuab taas otsustavat poliitilist tegevust ja reguleerimist, alustades ELi tasandil, aga ka dramaatilist muutust ühiskonna mõtteviisis, muutes jäätmete kui „probleemi“ idee jäätmeteks kui „väärtuslikuks ressursiks“. Kiilsete jäätmete käitlemisest peab sel juhul sama ringtootmise ja -tarbimise oluline osa.

1 Sissejuhatus

1.1 Projekti lühikirjeldus

Projekti BlockWASTE eesmärk on käsitleda jäätmekäitluse ja plokiahela tehnoloogia koostalitlusvõimet ning edendada selle nõuetekohast käitlemist läbi koolituse, et kogutud andmeid jagataks turvalises keskkonnas, kus kõigi asjaosaliste vahel ei ole kohta ebakindlusel ja umbusaldamisel. Selleks on BlockWASTE projekti eesmärgid järgmised:

- Viia läbi uuringuid linnades tekkivate tahkete jäätmete ja nende käitlemise kohta, et neid saaks kasutada heade tavade infobaasi loomiseks, et tuua jäätmed uuesti väärtusahelasse, edendades intelligentsete ringlinnade ideed.
- Plokiahela tehnoloogia eeliste tuvastamiseks olmejäätmete käitlemise protsessis.
- Koostada õppekava, mis võimaldab koolitada valdkonna organisatsioonide ja ettevõtete õpetajaid ja spetsialiste, jäätmekäitluse, ringmajanduse ja plokiahela tehnoloogia valdkondade kattuvuses.
- Töötada välja plokiahela tehnoloogial põhinev interaktiivne tööriist, mis võimaldab praktikas rakendada olmejäätmetest saadud andmete haldamist, visualiseerides seeläbi andmete plokiahelas juurutamise viisi ja võimaldades kasutajatel hinnata erinevaid haldusvorme. .

BlockWASTE eesmärk on juurutada rahvusvaheliselt uusi õppesisu eesmärgiga koolitada oma õpilasi partnerriikides ja anda neile vajalikud põhioskused, mis võimaldavad neil selles sektoris tulevaste töötajatena professionaalselt tegutseda, lisades digitaalseid pädevusi, mida vajavad valdkonnaga tegelevad ettevõtted. digitaalse transformatsiooni protsess. Selles mõttes on projekt suunatud:

- Ettevõtted ja VKEd, IT-spetsialistid, urbanistika ja jäätmekäitluse spetsialistid.
- Ülikoolid (professorid, üliõpilased ja teadlased).
- Avalik-õiguslikud asutused.

Projekt sisaldab nelja intellektuaalset väljundit:

- O1. Interdistsiplinaarse Blockchain-MSW õppematerjalid
- O2. Euroopa ühtne MSW õppekava, mis rakendab plokiahela tehnoloogiaid ringmajanduse strateegiates
- O3. Blockchain-MSW-l põhinev e-õppe tööriist, mis keskendub ringmajandusele
- O4. BlockWASTE avatud õpperessurs (OER)

1.2 Eesmärgid ja metodoloogiline lähenemine

Selles dokumendis esitatakse tahkete olmejäätmete (MSW) peamised määratlused ja omadused, käitlemistavad, samuti jäätmekäitluse poliitikad ja vahendid.

2 Tahked olmejäätmed

2.1 Definiitsioon

EL-i prügiladirektiivis 1999/31 on tahked olmejäätmed määratletud kui „majapidamisjäätmed, aga ka muud jäätmed, mis oma olemuselt või koostiselt on sarnased kodumajapidamiste jäätmetega”. Vastavalt direktiivile 2018/851 on olmejäätmed:

a) kodumajapidamiste segajäätmed ja liigiti kogutud jäätmed, sealhulgas paber ja papp, klaas, metall, plast, biojäätmed, puit, tekstiil, pakendid, elektri- ja elektroonikaseadmete jäätmed, patareid- ja akujäätmed ning suurjäätmed, sealhulgas madratsid ja mööbel;

b) muudest allikatest pärit segajäätmed ja liigiti kogutud jäätmed, kui sellised jäätmed on olemuselt ja koostiselt sarnased kodumajapidamiste jäätmetega.

Olmejäätmed pärinevad kodumajapidamistest, kaubandusest ja kaubandusest, väikeettevõtetest, büroo- ja asutustest (koolid, haiglad, valitsushooned) ning kogutakse uksest ukseni traditsioonilise kogumise teel (segaolmejäätmed), kusjuures teatud fraktsioonid kogutakse taaskasutamiseks eraldi toimingud (uksest ukseni kogumise ja/või vabatahtlike hoiustamise kaudu). See jäätmevoog hõlmab ka samadest allikatest pärinevaid ning olemuselt ja koostiselt sarnaseid jäätmeid, mida kogub otse erasektor (peamiselt taaskasutamise eesmärgil eraldi kogumine), mitte omavalitsuste nimel ning maapiirkondadest pärinevaid jäätmeid, mida tavajäätmetega ei teenindata. teenus. Olmejäätmete hulka ei loeta tootmise, põllumajanduse, metsanduse, kalanduse, septikute ja kanalisatsioonivõrgu ning -puhastuse jäätmeid, sealhulgas reoveesetteid, romusõidukeid ega ehitus- ja lammutusjäätmeid.

Eespool nimetatud määratlust järgitakse praktiliselt kõigis partnerriikides. Saksamaal mõistetakse tahkete olmejäätmetena ringmajanduse seaduse § 5a tähenduses (KrWG2020) mis tahes sega- või eraldi jäätmeid, mis kogutakse: (i) kodumajapidamistest, eelkõige paber ja papp, klaas, metall, plast, orgaanilised ained, puit, tekstiil, pakendid, elektri- ja elektroonikaseadmed, patareid, suurjäätmed, sealhulgas madratsid ja mööbel ning ii) muud allikad, kui need jäätmed on olemuselt ja koostiselt võrreldavad eramajapidamisjäätmetega. Kreeka statistikaameti andmetel hõlmab MSW kategoorias olmejäätmeid ja sarnaseid jäätmeid, mis kogutakse munitsipaalkogumissüsteemi või kolmandate isikute kaudu. Eestis (Jäätmeseadus, §2,7) loetakse olmejäätmeteks olmejäätmeid ning kaubanduses, teenuste osutamisel või mujal tekkivaid jäätmeid, mis oma koostiselt või omadustelt on sarnased olmejäätmetega. Madalmaades on olmejäätmed määratletud kui olmejäätmed: eramajapidamistest pärinevad jäätmed, välja arvatud nende jäätmete komponendid, mis on määratletud ohtlike jäätmetena.

Lõpuks määratletakse Hispaanias olmejäätmetena kodumajapidamistes olmetegevuse tulemusena tekkivaid jäätmeid ja sarnaseid jäätmeid, mis tekivad teeninduses ja tööstuses. Siia kuuluvad ka kodumajapidamises elektri- ja elektroonikaseadmetest, rõivastest, patareidest, akudest, mööblist ja sisustusest tekkivad jäätmed, samuti kodumajapidamises tehtavate väiksemate ehitus- ja remonditööde jäätmed ja killustik. Lisaks loetakse olmejäätmeteks avalike teede, haljasalade, puhkealade ja randade puhastamisel tekkivad jäätmed, surnud koduloomad ja mahajäetud sõidukid (28. juuli jäätmete ja saastunud pinnase seadus 22/2011).

2.2 Klassifikatsioon

Olmejäätmed koosnevad Eurostati (2017) andmetel järgmistest kategooriatest:

A. Kodumajapidamiste liigiti kogutud jäätmed:

- Paber ja papp
- Tekstiilid
- Plastid
- Klaas
- Metallid
- Orgaanilised materjalid HH-st (köögijäätmed, aiapäätmed - kodukompostimist ei arvestata).
- Ohtlikud olmejäätmed (nt kasutatud lahustid, happed, leelised, fotokemikaalid, pestitsiidid, kasutatud õlid, värvid, elektroonikaromud, patareid ja akud, pesuained jne)
- Muud jäätmed (nt toiduõli ja -rasv, kummijäätmed jne)
- Suurjäätmed

B. Jäätmed:

- Kodumajapidamiste ja sarnaste asutuste segajäätmed, välja arvatud liigiti kogutud fraktsioonid.

C. Kommunaalteenuste jäätmed:

- Orgaanilised materjalid vallateenustest
- Avalike prügikastide ja tänavapuhastuste jäätmed
- Turupuhastusjäätmed
- Kalmistu jäätmed

Praktiliselt sama klassifikatsiooni järgitakse Saksamaal (ringmajanduse seadus, 2012, muudetud 2020, KrWG2020), Kreekas (riiklik jäätmekava, ametlik väljaanne 185/A/29-09-2020), Eestis (jäätmeseadus, 2004, muudetud 01.01.2021), Holland (riiklik jäätmekava 2017) ja Hispaania (seadus 22/2011).

2.3 Olmejäätmete omadused

Tahkete olmejäätmete iseloomustus on kohalikele omavalitsustele ja kanalisatsiooniteenuste osutajatele oluline vahend jäätmete ringlussevõtu ja taaskasutamise eesmärkide seadmisel ja saavutamisel. Selles suunas on olmejäätmete omaduste ja koostise täielik analüüs riiklike, piirkondlike ja kohalike strateegiate oluline element (Ciuta et al., 2015).

2.3.1 Olmejäätmete iseloomustamise meetodid

Jäätmete iseloomustamise uuringu läbiviimiseks on kaks peamist meetodit. Esimene on kohaspetsiifiline lähenemine, mille käigus võetakse jäätmevoo üksikutest komponentidest proovid, sorteeritakse ja kaalutakse. See meetodika on kasulik kohaliku jäätmevoo määramisel, eriti kui mitme hooaja jooksul võetakse palju proove.

Proovivõtu tulemused suurendavad ka teadmisi kliima- ja aastaajalistest muutustest, asustustihedusest, piirkondlikest erinevustest jne tulenevate variatsioonide kohta. Lisaks saab tahkete jäätmete komponentide, nagu toidujäägid ja õuejäägid, koguseid hinnata ainult proovide võtmise ja kaalumise uuringute abil.

Kuigi see meetod on kasulik kohaliku jäätmevoos määratlemiseks, võib piiratud arvu uuringute ekstrapoleerimine anda moonutatud või eksitava pildi, kui proovide võtmisel ilmnesid näiteks ebatüüpilised asjaolud. Nendeks asjaoludeks võivad olla ebatavaliselt niiske või kuiv aastaeg, ebatavaliste jäätmete kohaletoimetamine proovivõtuperioodil või vead proovivõtu meetodikas. Sellised vead suurenevad oluliselt, kui võetakse piiratud arv proove, mis esindavad kogukonna kogu jäätmevoogu aasta jooksul. Vigade suurendamine võib olla veelgi tõsisem, kui MSW riiklike hinnangute tegemisel tuginetaks piiratud arvule proovidele. Samuti oleks ulatuslik proovide võtmine riiklike hinnangute tegemiseks ülemäära kulukas. Valimiuringute täiendavaks puuduseks on see, et need ei anna teavet suundumuste kohta, välja arvatud juhul, kui neid tehakse järjepidevalt pika aja jooksul (EPA, 1998).

Teist meetodit nimetatakse "materjalivoogude meetodikaks". Selle meetodika idee töötati välja EPA-s 1970. aastate alguses. See meetodika põhineb jäätmevoos olevate materjalide ja toodete tootmisandmetel (massi järgi). Põlvkonnaandmete hindamiseks tehakse iga materjali ja tootekategooria tootmisandmetes spetsiifilised kohandused. Korrigeeritakse importi ja ekspordi ning MSW-st kõrvalekaldumist (nt plastist ja papist valmistatud ehitusmaterjalide puhul, mis muutuvad ehitus- ja lammutusprahiks.) Kohandeid tehakse ka toodete kasutusega. Lõpuks võetakse mitmesuguste jäätmeproovide uuringute andmete kogumisel arvesse toidujäägid, õuelõikused ja väike kogus mitmesuguseid anorgaanilisi jäätmeid.

Üks materjalivoo meetodika probleem on see, et muude MSW-s olevate esemetega (tavaliselt konteinerites) seotud tootejääke ei võeta arvesse. Nende jääkide hulka kuuluksid näiteks purki jäetud toiduained, karp või pudelisse jäetud pesuaine ja purki kuivanud värv. Nende tootejääkide hulka kuuluvad ka mõned ohtlikud majapidamises tekkinud jäätmed (nt purki jäetud pestitsiid).

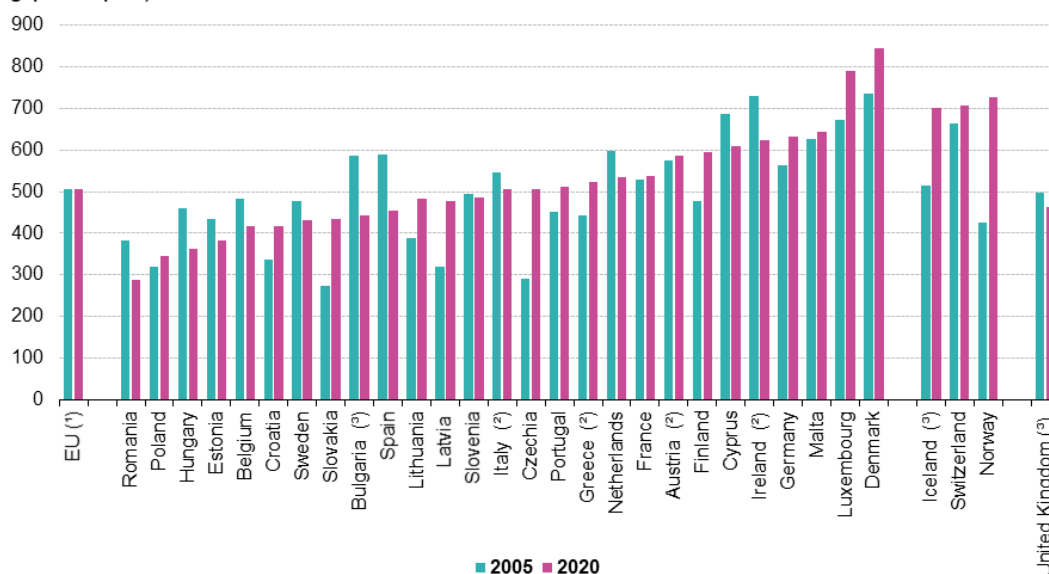
2.3.2 Olmejäätmete koostis massi järgi

2018. aastal moodustas EL-27-s kõikide majandustegevusalade ja kodumajapidamiste jäätmeid kokku 2337 miljonit tonni. EL-27-s moodustasid kodumajapidamised 8,2% kogu tekitatud jäätmetest. Kuigi olmejäätmed moodustavad vähem kui 10% kogu ELis tekkivatest jäätmetest, näivad need oma keerulise iseloomu, koostise, mitmete jäätmeallikate vahel jaotumise ja seose tõttu ühe saastavama jäätmeliigina. tarbimisharjumused.

2020. aasta olmejäätmete kogusumma varieerub märkimisväärselt, ulatudes 282 kg-st elaniku kohta Rumeenias kuni 845 kg-ni elaniku kohta Taanis, EL-27-s keskmiselt umbes 500 kg. Erinevused peegeldavad erinevusi tarbimisharjumustes ja majanduslikus jõukuses, kuid sõltuvad ka sellest, kuidas olmejäätmeid kogutakse ja käideldakse.

Municipal waste generated, 2005 and 2020

(kg per capita)



Note: Countries are ranked in increasing order by municipal waste generation in 2020.

(*) Estimated.

(²) Ireland, Italy, Greece, Austria, 2019 data.

(³) Bulgaria, Iceland, United Kingdom 2018 data.

eurostat 

Figure 1: Olmejäätmete teke EL-27, 2005–2020 (Allikas: Eurostat, 2021).

Mis puutub partnerriikidesse, siis 2019. aastal tekkis elaniku kohta kõige rohkem olmejäätmeid Saksamaal (ehk 609), järgnesid Kreeka (524 kg) ja Holland (508 kg). Olmejäätmete teke elaniku kohta Hispaanias (476 kg) oli alla EL-27 keskmise (st 502 kg). Eestis tekib, nagu eelnevalt mainitud, tunduvalt vähem jäätmeid (st 73,5% EL-i keskmisest ehk 369 kg elaniku kohta).

Jäätmete koostis on tahkete olmejäätmetes sisalduvate materjalide liigitamine. Rahvusvahelisel tasandil on suurimaks jäätmekategooriaks toidu- ja rohelised jäätmed, mis moodustavad 44 protsenti ülemaailmsetest jäätmetest (joonis 2). Kuivad taaskasutatavad (plast, paber ja papp, metall ja klaas) moodustavad veel 38 protsenti jäätmetest. Jäätmete koostis varieerub oluliselt olenevalt sisetulekutasemest. Orgaanilise aine osakaal jäätmetes väheneb tulutaseme tõustes. Tarbitavad kaubad sisaldavad kõrgema sisetulekuga riikides rohkem materjale, nagu paber ja plast, kui madalama sisetulekuga riikides (joonis 3). Jäätmete koostise andmete, nagu kummi- ja puidujäätmete üksikasjalikud arvestused, detailsus suureneb samuti tulutaseme võrra (Kaza et al., 2018).

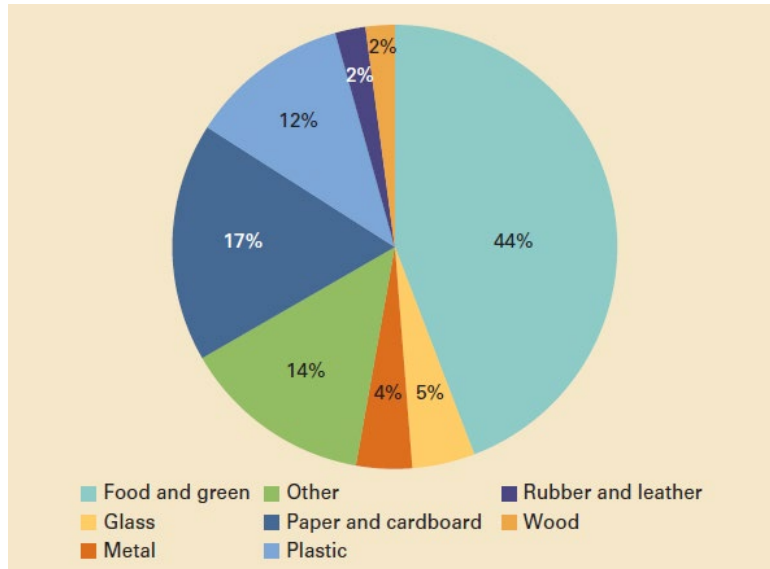


Figure 2: Ülemaailmne jäätmete koostis (Allikas: Kaza et al., 2018).

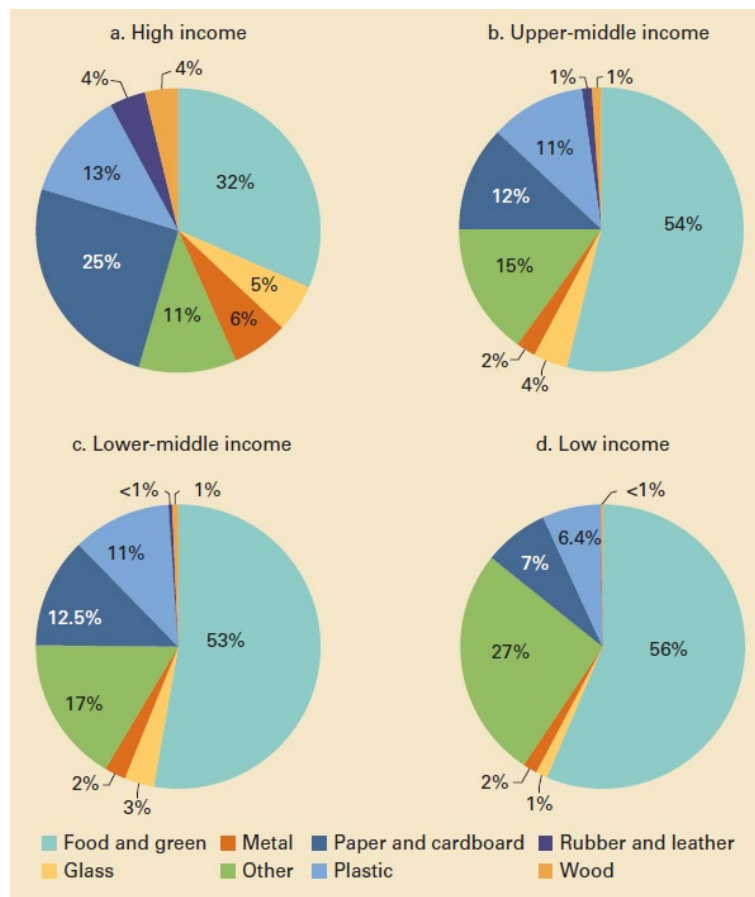


Figure 3: Jäätmete koostis sissetulekutaseme järgi (Allikas: Kaza et al., 2018).

EL-27 kodumajapidamistes tekkivate jäätmete (ohtlike ja tavajäätmete) üldkogused on toodud joonisel 4.

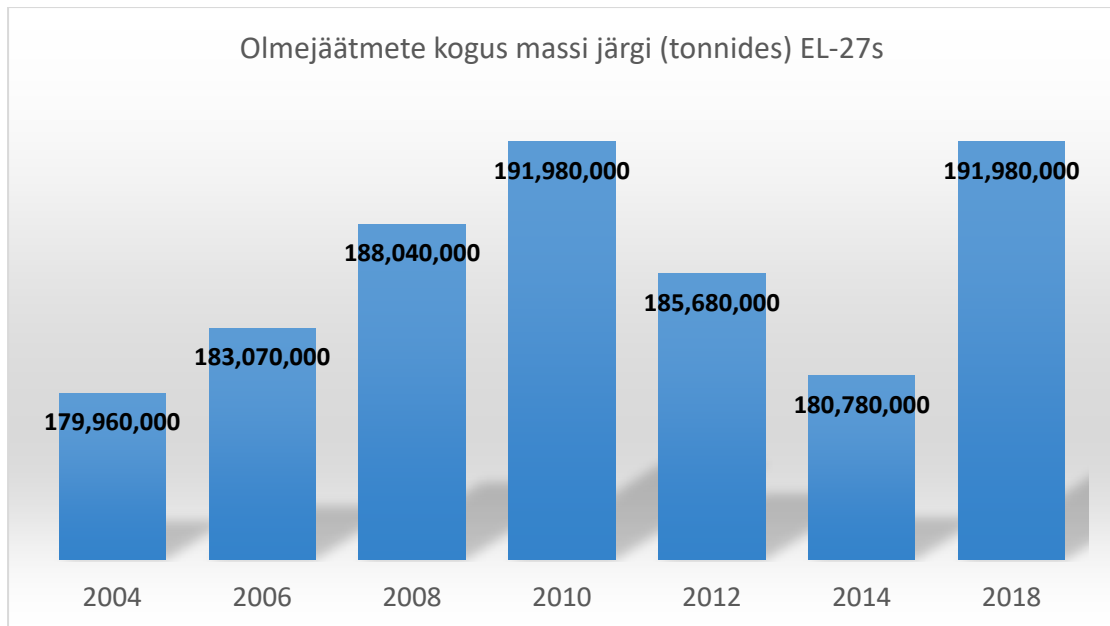


Figure 4: Jäätmete tekkimine EL-27 kodumajapidamistest massi järgi (tonnides) (Allikas: Eurostat, 2022 – enda toimetamine).

Kodumajapidamistest kogutud konkreetsete kategooriate jäätmekogused on toodud joonisel 5.

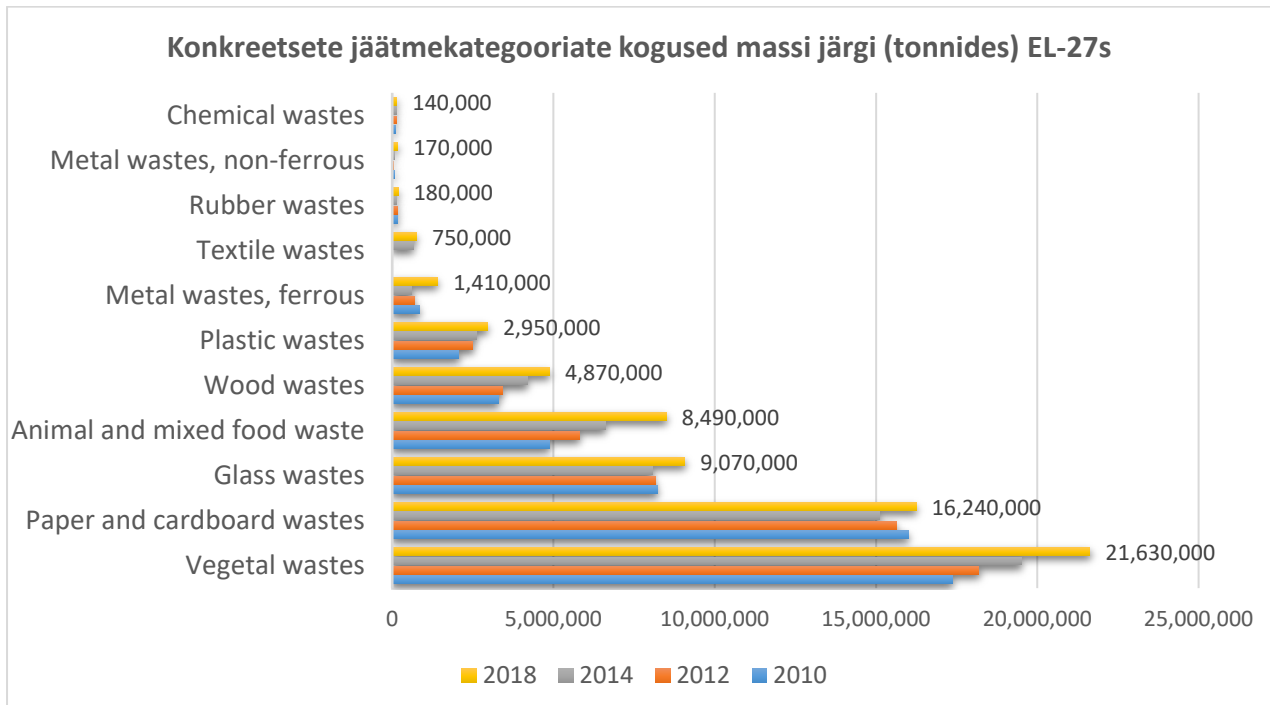


Figure 5: Jäätmete tekkimine EL-27 kodumajapidamistest massi (tonnides) ja kategooria järgi (Allikas: Eurostat, 2022 – oma toimetamine).

2.3.3 Olmejäätmete tootmise varieeruvus

2.3.3.1 *Kommerts vs elamujäätmed*

Üldiselt on inimesed kõige teadlikumad oma kodust pärit jäätmetest, olgu need siis ühepereelamud, kortermajad või muud elamud. Suures koguses jäätmeid tekib aga ka seal, kus inimesed töötavad, ostlevad, reisivad, käivad tundides või tegelevad muude tegevustega. Need viimased jäätmed liigitatakse üldiselt kaubanduslikeks jäätmeteks. Segaduse suurendamiseks liigitavad jäätmevedajad kortermajadest kogutud jäätmed sageli ärilisteks, kuigi jäätmete olemus võib olla väga sarnane ühepereelamute jäätmetega (Tchobanoglous ja Kreith, 2002).

2.3.3.2 *Kohalik/piirkondlik varieeruvus*

Tahkete olmejäätmete käitlejad on üldiselt nõus, et tahkete jäätmete kogus ja omadused on riigiti erinevad, kuigi seda ei ole lihtne ühegi usaldusväärseusega üldistada. Mõningaid kogemustel põhinevaid tähelepanekuid võib siiski teha (ibid).

Esiteks on üksmeelel, et elamujäätmed erinevad asukohati vähem kui kaubanduslikud jäätmed (Hunt, 1990). Inimesed üle kogu riigi kipuvad ostma palju samu kaupu, olenemata sellest, kas nad elavad maal või linnas või erinevas kliimas. Selle üldistuse erandid hõlmavad järgmist:

- *Õue kaunistused.* Riigi soojemates ja niiskemates osades on õue kaunistusi palju rohkem. Lisaks on märgatavaid erinevusi õue korrastamise korraldamises.
- *Toidujäätmed.* Toidujäätmete äraviskamine MSW-s varieerub sõltuvalt toidujäätmete hävitajate levimusest, mis suunavad toidujäätmed reoveepuhastussüsteemi.
- *Ajalehed.* Ajalehed, mis enamasti elukohtadest välja visatakse, on väga erineva suurusega ja aitavad seega kaasa kommunaaljäätmete tekke piirkondlikele ja linna-/maapiirkondade erinevustele.

Konkreetses paikkonnas MSW tootmist mõjutab tugevalt piirkonna äritegevus. Büroohonete kontsentratsioon tekitab kontoripabereid ja muid jäätmeid. Kaubanduskeskused, laod ja tehased tekitavad suures koguses lainepapist konteinereid ja muid jäätmeid. Koolid, haiglad, lennujaamad, rongi- ja bussijaamad, hotellid ja motellid ning spordirajatised aitavad kaasa kaubanduslikule jäätmevoogule. Seega toodavad väikelinnad ja maapiirkonnad, kus äritegevus ei ole koondunud, tavaliselt vähem tahkeid jäätmeid inimese kohta kui linnapiirkonnad.

2.3.3.3 *Hooajalised variatsioonid*

Teine tuntud nähtus olmejäätmete käitlemises on jäätmetekke hooajaline kõikumine. Õue korrastamine on üldiselt enamiku kogukondade jaoks oluline muutuja, kusjuures hooajaline hoovide ja garaazide puhastamine aitab sageli kaasa põlvkonna tippnädalatele. Hiliskevad ja sügis on paljudes kogukondades põlvkonna tippperioodid, samas kui õuelõikuste genereerimine võib külmas kliimas talvekuudel läheneda nullile. Turismipiirkonnad varieeruvad ka hooajaliselt, sõltuvalt iga piirkonna pakutavast puhkusest.

2.3.3.4 *Muutused ajas*

Tahkete olmejäätmete tekkega kaasneb erinevate materjalide ajaline kõikumine. Selle nähtuse mõistmine on eriti oluline tahkete jäätmete tekke prognooside tegemisel ja jäätmekäitluskohtade planeerimisel.

Mõned tegurid, mis suurendavad MSW tootmist, on järgmised:

- *Rahvaarvu suurenemine.* Ilmselgelt kasutab ja viskab rohkem inimesi rohkem asju ära.
- *Jõukuse taseme tõus.* Sisemajanduse koguprodukti (SKT) või isiklike tarbimiskulutustega (PCE) mõõdetuna on MSW tekke ja majandustegevuse vahel üsna tugev korrelatsioon. Eriti tundlik majandustegevuse suhtes on paberi- ja papptoodete tootmine. Põhjused on ilmsed: kui kaubatellimused vähenevad, tellitakse saatmiseks vähem kaste ja muid pakendeid. Samuti väheneb majanduslanguse ajal reklaam ajalehtedes ja ajakirjades.
- *Muutused elustiilis.* Muutused elustiilis on mõnevõrra seotud jõukusega. Näiteks kalduvad üksi elavad üksikisikud, kahe palgasaajaga pered ja üksikvanemaga pered ostma rohkem pakendatud toitu ja sööma rohkem väljas, sageli kiirtoidukohtades, kus kasutatakse ühekordseid pakendeid. Samuti võivad nad teha rohkem oste kataloogide kaudu, mis suurendab kodus vastuvõetud ja ära visatud kirjade hulka. Lisaks peab igas uues majapidamises, olgu see siis väike, olema mõned seadmed ja sisustus.
- *Info- ja ostuvõimaluste plahvatuslik kasv* elektroonilise side kaudu põhjustab muutusi ka jäätmetekkes. Näiteks ajalehtede lugejaskond väheneb, kuid inimesed, kellel on kodus arvuti, võivad infot ja e-posti teel välja trükkides rohkem kontoritüüpi paberit genereerida.
- *Uued tooted.* Uued ühekordselt kasutatavad tooted võivad suurendada tekkivate MSW kogust. Ühekordsed mähkmed on selle nähtuse näide.

Kuigi aja jooksul on tahkete jäätmete teket suurenenud, kipuvad mõned tegurid MSW teket vähendama. Mõned neist teguritest hõlmavad järgmist:

- *Toodete ümberkujundamine.* Mõned MSW tooted on aastatega tegelikult kergemaks muutunud. Sellised seadmed nagu külmikud on üks näide, mis on suuresti tingitud isolatsiooni muutustest ja kergemate plastide kasutamisest. Teine näide on kummist rehvid, mida pole mitte ainult väiksemaks muudetud, vaid need kestavad kauem. Ajalehtede väljaandmiseks kasutatavat ajalehepaberit on muudetud kaalult kergemaks ja mõnikord on lehe suurust vähendatud. Samuti on palju erinevaid pakendeid aastate jooksul kergendatud, et säästa transpordikuluseid. Plastjäätmed on viimasel ajal pälvinud palju tähelepanu, eriti ühekordselt kasutatavad plastivood, peamiselt tänu ulatuslikele uurimistulemustele, mis käsitlevad plastireostuse mõju ookeanidele ¹. EL käivitas 2018. aastal oma plastistrateegia, mille eesmärk on tagada, et kõik plastpakendid oleksid 2030. aastaks korduvkasutatavad või ringlussevõetavad. Samuti nõutakse, et 2025. aastaks võetaks ringlusse 90% kõikidest plastpudelitest. Eeldatakse, et see strateegia muudab plasttoodete tootmist. on kavandatud, kasutatud, toodetud ja taaskasutatud ELis (Mavropoulos ja Nielsen, 2020) ².
- *Materjalide asendamine.* Eriti pakendamisel on paljudes rakendustes kalduvus asendada kergemate materjalidega. Nii on teraspurgid joogipakendites asendanud alumiiniumpurgid ja klaasi asemel plastpudelid. See kajastub teras- ja klaaspakendite vähenemises või „tasapinnalises“ põlvkonnas, samas kui alumiinium ja plast on näidanud

¹Davies, S. 1894. aasta suur hobuse-sõnnikukriis | Stephen Davies <https://fee.org/articles/the-great-horse-manure-crisis-of-1894/> (vaadatud 13. veebruaril 2020)

² Mavropoulos A. ja Nielsen AW, 2020, Tööstus 4.0 ja ringmajandus: raiskava tuleviku või raiskava planeedi poole?, Wiley, ISBN: 978-1-119-69927-9

kiiret kasvu. Paljudes rakendustes on paberit asendanud ka plast. Näiteks kuigi paberpakendite tootmine on üldiselt kasvanud, on paberkottide ja -kottide tootmine vähenenud eelkõige tänu palju kergemate kilekottide suurenenud kasutamisele.

Joonis 6 kujutab jäätmete olemuse muutumist, kui maailm liigub ühelt tööstusrevolutsioonilt teisele.

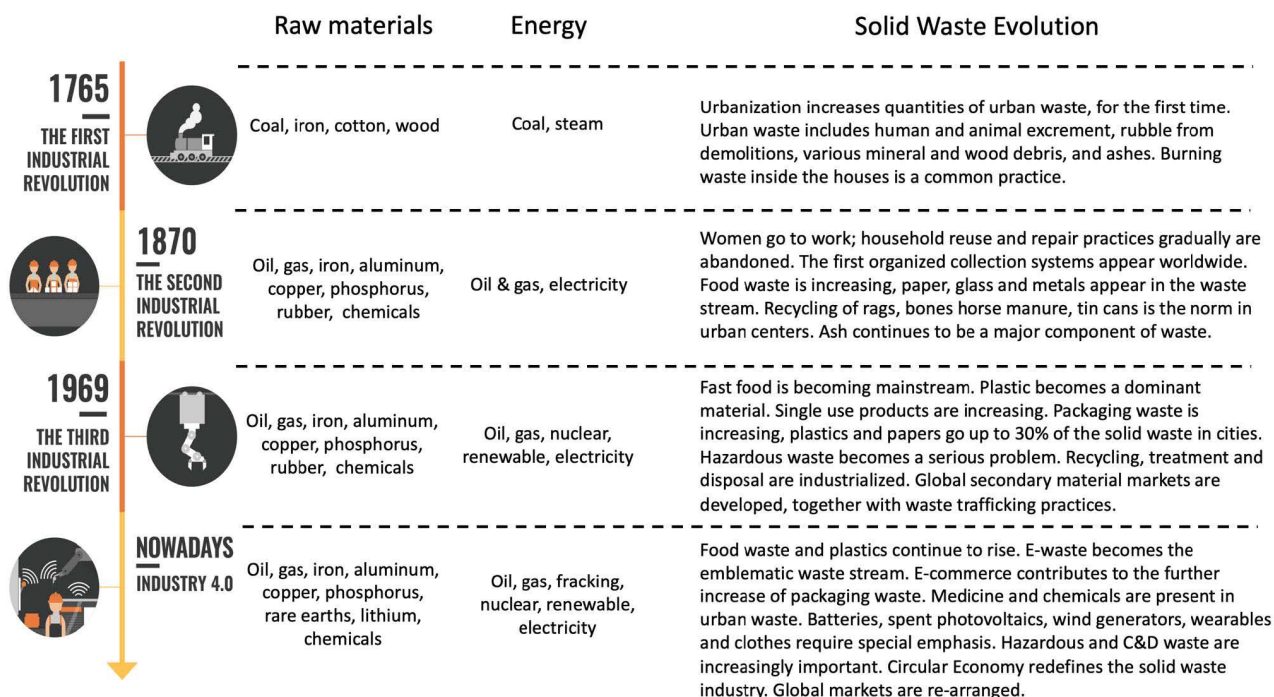


Figure 6: Pilt tahkete jäätmete arengust tööstusrevolutsioonide ajal (Allikas: Mavropoulos ja Nielsen, 2020).

2.4 Olmejäätmed ja keskkond

Tahked olmejäätmed (MSW), laiemalt tuntud kui prügi või prügi, koosnevad igapäevastest asjadest, mida inimesed kasutavad ja seejärel ära viskavad, nagu tootepakendid, niidetud muru, mööbel, riided, pudelid, toidujäägid, ajalehed, seadmed, värvid ja patareid. MSW allikad on majapidamised, koolid, haiglad ja ettevõtted ³.

Maailmapanga andmetel ⁴tekib maailmas aastas 2,01 miljardit tonni tahkeid olmejäätmeid, konservatiivsete hinnangute kohaselt ei käidelda vähemalt 33% sellest arvust keskkonnaohutul viisil. Ülemaailmselt tekib jäätmeid inimese kohta päevas keskmiselt 0,74 kilogrammi, kuid see on laias vahemikus 0,11–4,54 kilogrammi. Ehkki kõrge sissetulekuga riigid moodustavad vaid 16% maailma elanikkonnast, toodavad umbes 34% ehk 683 miljonit tonni maailma jäätmetest. Tuleviku osas prognoositakse jäätmekoguste kasvu 2050. aastaks 3,40 miljardi tonnini, mis on enam kui kaks korda suurem kui sama perioodi rahvastiku kasv (joonis 7). Üldiselt on jäätmetekke ja sissetulekute vahel positiivne korrelatsioon. Igapäevane

³<https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/web/html/>

⁴https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html

jäätmeteke elaniku kohta suureneb prognooside kohaselt 2050. aastaks kõrge sissetulekuga riikides 19%, võrreldes madala ja keskmise sissetulekuga riikidega, kus see peaks suurenema ligikaudu 40% või rohkem.

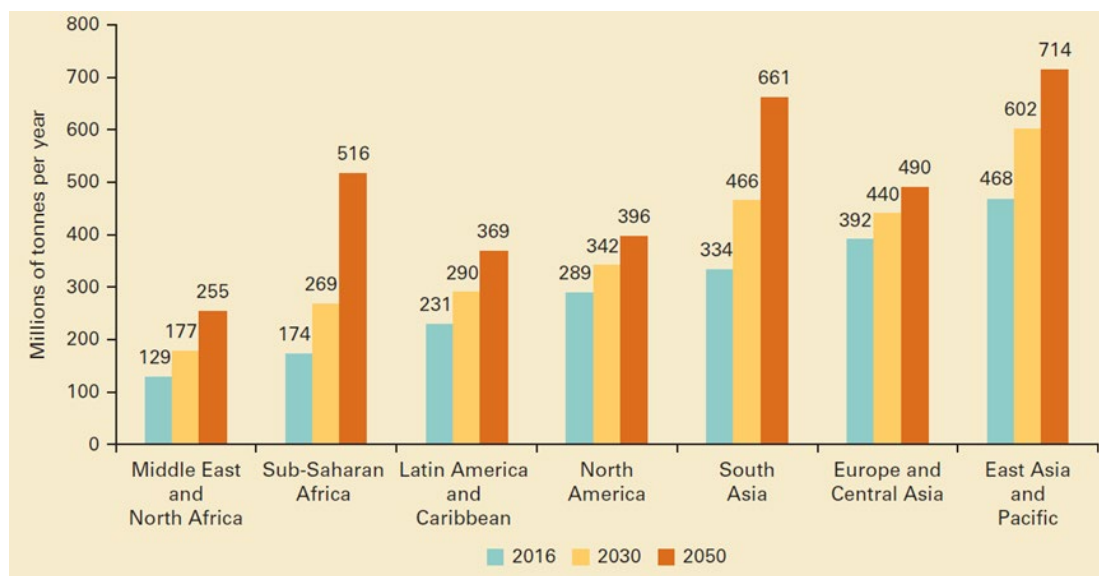


Figure 7: Prognoositav jäätmeteke piirkondade kaupa (Allikas: https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html).

Kui MSW on tekkinud, tuleb neid hallata korduskasutamise, ringlussevõtu, ladustamise, töötlemise ja/või kõrvaldamise teel. Globaalses mastaabis ladestatakse praegu enamik jäätmeid või ladestatakse need mingil kujul prügilasse. Ligikaudu 37% jäätmetest ladestatakse mingil kujul prügilasse, millest 8% ladestatakse prügilagaasi kogumissüsteemidega sanitaarprügilasse. Kontrollimata prügilad moodustavad umbes 31% jäätmetest, 19% taaskasutatakse ringlussevõtu ja kompostimise teel ning 11% põletatakse lõplikult kõrvaldamiseks (joonis 8). Piisav jäätmete kõrvaldamine või töötlemine, nagu kontrollitud prügilad või rangemalt juhitud rajatised, on peaaegu eranditult kõrge ja keskmise sissetulekuga riikides. Madalama sissetulekuga riigid toetuvad üldiselt avatud prügilasse (joonis 9): 93% jäätmetest ladestatakse madala sissetulekuga riikides ja ainult 2% kõrge sissetulekuga riikides. Põletamist kasutatakse peamiselt suure võimsusega, suure sissetulekuga ja maaga piiratud riikides ⁵.

⁵https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html

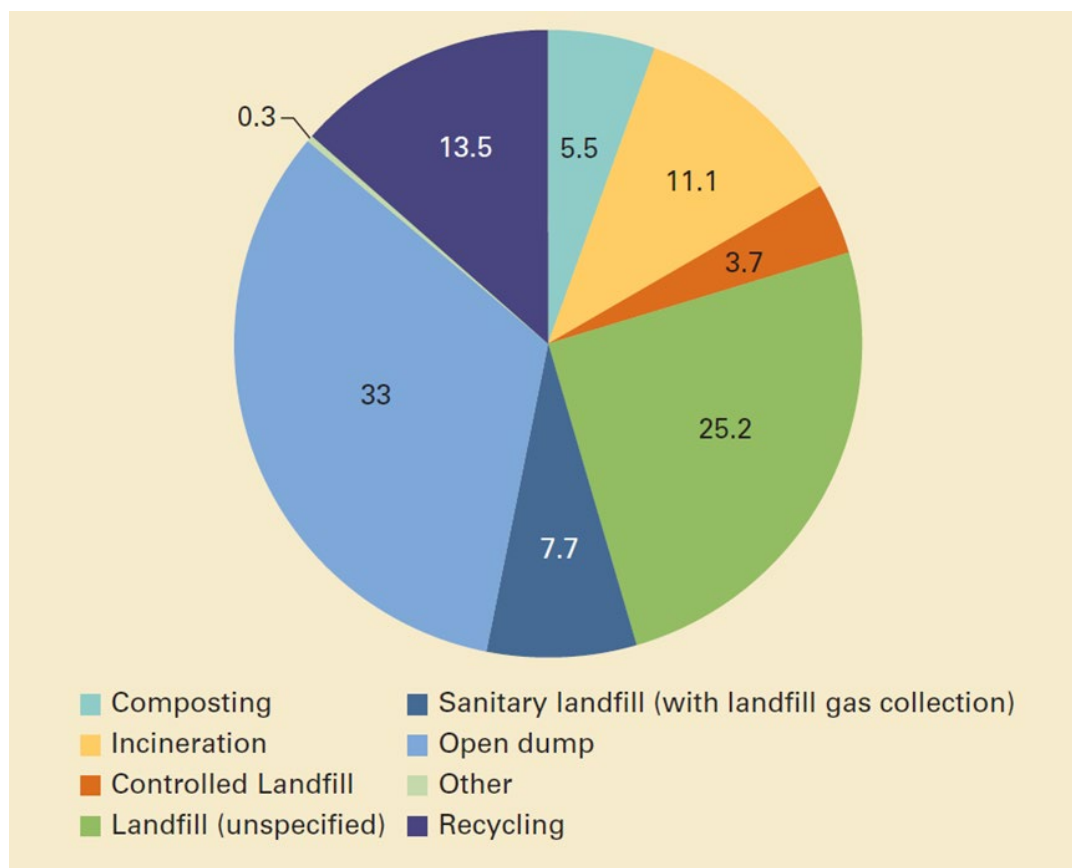


Figure 8: Ülemaailmne jäätmete käitlemine ja kõrvaldamine (Allikas: https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends_in_solid_waste_management.html).

2.4.1 Olmejäätmete käitlemisest tulenev keskkonnamõju

Tahkejäätmete käitlemine on universaalne probleem, mis mõjutab kõiki inimesi maailmas. Ebaõige kõrvaldamine võib põhjustada tervisele kahjulikke tagajärgi, näiteks vee, pinnase ja õhu saastumise tõttu. Ohtlikud jäätmed või ohtlik jäätmete käitlemine, nagu lahtine põletamine, võivad otseselt kahjustada jäätmetöötajaid või teisi jäätmepõletusega seotud inimesi ja naaberkogukondi. Haavatavatel rühmadel, näiteks lastel, on suurem risk kahjulike tervisemõjude tekkeks ⁶. Halvasti käideldud jäätmed saastavad maailma ookeane, ummistavad äravoolu ja põhjustavad üleujutusi, levivad haigusi vektorite paljunemise kaudu, suurendavad hingamisteede probleeme jäätmete põletamisel tekkivate õhus lenduvate osakeste kaudu, kahjustavad loomi, kes tarbivad jäätmeid teadmatult, ja mõjutavad majandusarengut ⁷.

Aastas tekib umbes 54 miljonit tonni e-jäätmeid, nagu telerid, arvutid ja telefonid (2019. aasta andmed), mis eeldatavasti kasvab 2030. aastaks 75 miljoni tonnini. 2019. aastal registreeriti ainult 17% e-jäätmetest nõuetekohaselt kogutud ja taaskasutatud. Kokkupuude valesti

⁶https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compendium-on-health-and-environment/who_compendium_chapter4_v2_01092021.pdf?sfvrsn=b4e99edc_5

⁷<https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>

käideldud e-jätmete ja nende komponentidega võib põhjustada mitmeid kahjulikke tervise- ja arengumõjusid, eriti väikelastel ⁶.



Figure 9: Dandora munitsipaalprügikoht Keenias Nairobis (Allikas: https://en.wikipedia.org/wiki/Dandora#/media/File:Dandora_2.jpg)

Üldjuhul sisaldavad tahked olmejäätmed erinevaid saasteaineid ja ohtlikke aineid. Omamoodi prügila on kogu maailmas peamine tahkete olmejäätmete puhastamise meetod ⁸. Jättes tähelepanuta jäätmete allikapõhise liigitamise olulisust, et vältida näiteks akude või muude ohtlike materjalide prügilasse viimist, on prügilate puhul kaks kõige pakilisemat keskkonnaprobleemi nõrgvesi ja metaangaas (joonis 10).

⁸Mavropoulos, A., (2015). Wasted Health: traagiline prügimägede juhtum, ISWA (saadaval aadressil: https://www.researchgate.net/publication/281774422_Wasted_Health_the_tragic_case_of_dumpsites)



Figure 10: Tüüpiline läbilõige kaasaegsest sanitaarprügilast (Allikas: <https://www.baltimorecountymd.gov/departments/publicworks/recycling/theresource/oday-s-landfill-not-your-grandpa-s-du mp>).

2.4.2 Nõrgvesi ja biogaas

Nõrgvesi, vedelik, mis tekib prügilate jäätmemahu läbiva sademevee kaudu, võib sisaldada suures koguses ammoniaaki (joonis 11). Kui ammoniaak jõuab ökosüsteemidesse, nitrititseeritakse see nitraadi saamiseks. See nitraat võib seejärel põhjustada lähedalasuvates veeallikates eutrofeerumist või hapnikupuudust taimede kasvu tõttu. Eutrofeerumine tekitab "surnud tsoone", kus loomad ei suuda hapnikupuuduse tõttu ellu jääda. Koos ammoniaagiga sisaldab nõrgvesi toksiline, näiteks elavhõbedat, kuna prügilates on ohtlikke materjale⁹. Prügilates orgaanilise massi lagunemisel eraldub metaangaas (joon. 12). Metaan neelab päikesesoojuse 84 korda tõhusamalt kui süsinikdioksiid, mistõttu on see üks võimsamaid kasvuhoonegaase ja kliimamuutustele tohutu panustaja. Prügilad toodavad koos metaaniga ka süsinikdioksiidi ja veeauru ning vähesel määral hapnikku, lämmastikku, vesinikku ja mittemetaanseid orgaanilisi ühendeid. Need gaasid võivad samuti aidata kaasa kliimamuutustele ja tekitada sudu, kui neid ei kontrollita⁷.

⁹<https://www.colorado.edu/ecenter/2021/04/15/hidden-damage-landfills>

Parameters	Overall values		Overall range	
	Median	Mean	Minimum	Maximum
pH value	7.1	7.2	6.4	8.0
Conductivity ($\mu\text{S/cm}$)	7,180	7,789	503	19,200
Alkalinity (as CaCO_3)	3,580	3,438	176	8,840
COD (mg/l)	954	3,078	<10	33,700
BOD ₂₀ (mg/l)	360	>834	4.5	>4,800
BOD ₅ (mg/l)	270	>798	<0.5	>4,800
TOC (mg/l)	306	717	2.8	<5,690
Fatty acids (as C) (mg/l)	5	248	<5	3,025
Kjeldahl-N (mg/l)	510	518	1	1,820
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)	453	491	<0.2	1,700
Nitrate-N (mg/l)	0.7	2.4	<0.2	32.8
Nitrite-N (mg/l)	<0.1	0.2	<0.1	1.4
Sulphate (mg/l)	70	136	<5	739
Chloride (mg/l)	1,140	1,256	27	3,410
Phosphate (mg/l)	1.1	3.0	<0.1	15.8
Sodium (mg/l)	688	904	12	3,000

* National Waste Database (1998)

Figure 11: Iirimaa prügilate nõrgvee tüüpiline koostis (Allikas: Kalyuzhnyi et al, 2003).

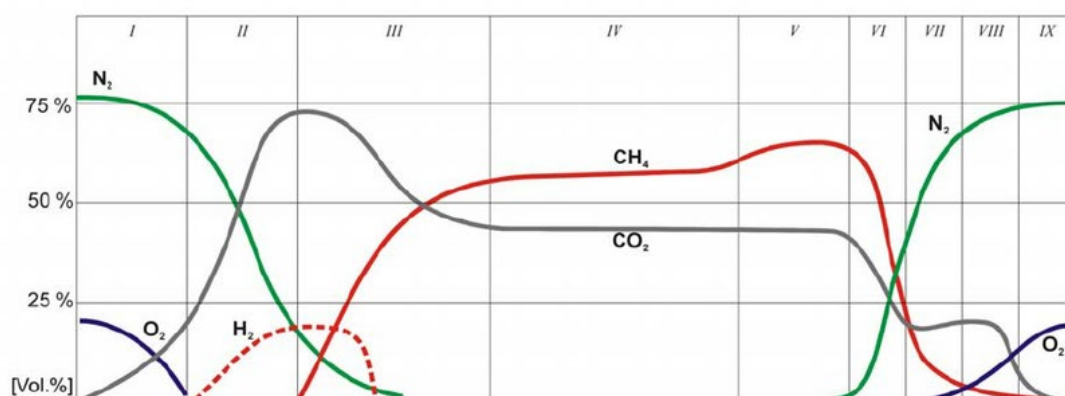


Figure 12: Prügilagaasi koostise pikaajaline mudel. I aeroobne faas, II happefaas, III ebastabiilne metaani faas, IV stabiilne metaani faas, V pikaajaline faas, VI õhu infiltratsiooni faas, VII metaani oksüdatsioonifaas, VIII süsinikdioksiidi faas, IX õhufaas (Allikas: Wagner et al, 2007).

Lisaks võib prügilaid seostada ka sotsiaalsete mõjudega. Prügilate heitkogused ohustavad prügilate läheduses elavate ja töötavate inimeste tervist. Suured prügilad vähendavad sellega piirneva maa väärtust keskmiselt 12,9%. Lõpuks toovad prügilad kaasa ohte, nagu lõhn, suits, müra, putukad ja veevarustuse saastumine ⁷.

Teine levinud strateegia MSW käsitlemiseks on põletamine. Põletamine vähendab tahkete jäätmete kogust (kuni 70%) ja prügilasse ladestamise mahtu (kuni 90%), hävitades samal ajal patogeene. Neid eeliseid kompenseerivad aga põletusahjude süsinikoksiidide, vääveloksiidide, tahkete osakeste, raskmetallide ja muude saasteainete heitkogused.

Tavaliselt tekib iga põletatud tahkete jäätmete tonni kohta 15–40 kg ohtlikke jäätmeid, mis vajavad edasist töötlemist ¹⁰. Tänapäeval kasutavad põletusahjud täiustatud õhusaaste kontrolli ja võivad hõlmata tehnoloogiaid, mis eemaldavad 99% põletamisel eralduvatest dioksiinidest ja furaanidest ¹¹. Lisaks võib energia taaskasutamisega põletamine kaasa tuua kasvuhoonegaaside heitkoguste netosäästu võrreldes tahkete jäätmete hulgi põletamisega, kuigi selle võimaluse tugevus sõltub oluliselt asendatavast energiaallikast ¹².

¹⁰<https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-018-0175-y>

¹¹<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/municipal-solid/environment.html>

¹²https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/climate_change_xsum.pdf

3 Olemasolevad olmejäätmete käitlusstrateegiad

3.1 Sissejuhatus olmejäätmete käitlemisse

Jäätmete hulk kasvab kogu maailmas rahvastikubuumi, majanduskasvu, kiire linnastumise ja inimeste elatustaseme tõusu tulemusena.

Jäätmed on ka iga Euroopa riigi probleem ja nende hulk kasvab jätkuvalt. Tahked olmejäätmed (MSW) moodustavad ligikaudu 10% kogu Euroopas tekkivast jäätmetest (Eurostat, 2022). MSW kogumine ja käitlemine on aga keeruline ülesanne jäätmete segakoostise, paljude allikate vahel jaotumise ja tarbimisharjumustest sõltuvuse tõttu.

EL-is koguti 2020. aastal üle 225 miljoni tonni tahkeid jäätmeid, keskmiselt 505 kg elaniku kohta (Eurostat, 2022). Kiilsete jäätmete kogumine on riigiti väga erinev ja jääb vahemikku 282 kg elaniku kohta Rumeenias kuni 845 kg elaniku kohta Taanis (Eurostat, 2022). Need erinevused peegeldavad erinevusi tarbimisharjumustes ja majanduslikus jõukuses, kuid sõltuvad ka riiklikust lähenemisviisist jäätmete kogumisele ja töötlemisele. Üldiselt kipub kõrgema SKT tasemega riikides jäätmete ka tõusma, kuigi neis riikides kasutatakse arenenumaid jäätmekäitlusprotsesse (STOA, 2017).

Kiilsete jäätmete halb käitlemine põhjustab tõsiseid saasteprobleeme, nagu vee, pinnase ja atmosfääri saastumine, negatiivne mõju inimeste tervisele ja selle panus kliimamuutustesse. Ajalooliselt ladestati MSW tavaliselt prügilasse või põletati. Mõlemal meetodil on tõsiseid puudusi, mis on tingitud prügilatest leostuvatest toksiinidest või põletamisel tekkivast õhusaastest. Kaasaegsed kõrvaldamistehnoloogiad on vähendanud keskkonna saastamise võimalust, kuid ELi jäätmepoliitika eesmärk on luua ringmajandus, kus materjale ja ressursse hoitakse majanduses võimalikult kaua ning kus jäätmete kõrvaldamine ja põletamine on kõige vähem eelistatavad võimalused. jäätmekäitlusest.

Tänapäeval nõuab jäätmete käitlemine kompleksset lähenemist, et maksimeerida ressursitõhusust ning edendada jäätmekäitlusprobleemidele tehniliselt sobivaid, majanduslikult elujõulisi ja sotsiaalselt vastuvõetavaid lahendusi. Seega on välja töötatud integreeritud jäätmekäitluse (IWM) kontseptsioon.

IWM koondab jäätmevood, jäätmete kogumise, transpordi, töötlemise ja kõrvaldamise kompleksseks jäätmekäitlussüsteemiks. Iga IWM süsteem on ainulaadne ja kombineerib erinevaid jäätmekäitlustehnikaid, et käidelda erinevat tüüpi jäätmeid viisil, mis on keskkonnasõbralik, finants- ja sotsiaalselt jätkusuutlik. Jäätmetekke ja -käitluse andmed mängivad IWM-is olulist rolli. Teadmised erinevatest tehnoloogiatest ja nende kahjulikest mõjudest keskkonnale ning tekkivate jäätmete koguse ja koostise hindamine koos rahvastiku kasvu prognoosidega aitavad kohalikel omavalitsustel valida sobivad jäätmekogumis- ja -käitlustehnoloogiad ning planeerida tulevikuvajadusi (Sharma ja Jain, 2020).). Sobivate IWM jäätmekäitlustehnikate valik põhineb jäätmehierarhia põhimõtetel.

IWM-süsteemide keskkonna- ja majandustegevuse hindamiseks kasutatakse selliseid tööriistu nagu elutsükli inventuur (LCI).

Ülesande paljusus ja esialgsete eelduste arv on näidatud joonisel 13. Olulusringi inventuuri käigus uuritakse erinevaid jäätmevoo teid ja nende muutumist koos kaasnevate keskkonnamõjudega.

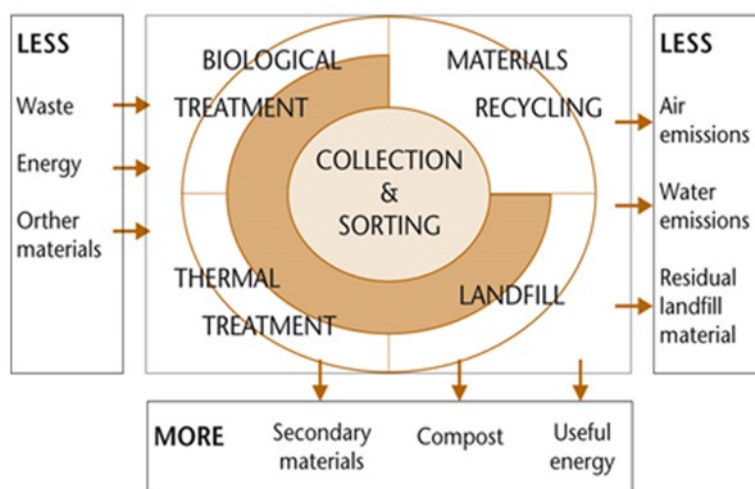


Figure 13: Integrated Waste Management: a Life Cycle Inventory (kohandatud Zbizinski et al., 2006).

ELi jäätmepoliitika põhieesmärk on tõsta jäätmekäitluse tõhusust ja vähendada prügilasse suunatavate jäätmete hulka. Kokkuvõttes on prügilasse ladestatud jäätmete hulk Euroopas vähenenud (2018. aastal oli see 7,6% vähem kui 2010. aastal), kuigi tekkivate jäätmete koguhulk jätkas kasvu. Kiilsete jäätmete ja sarnaste jäätmete osas on aastatel 2010–2018 vähendatud 51% jäätmete prügilasse suunamise suunas (EEA, 2021). Kuid kooskõlas ELi prügiladirektiiviga peavad liikmesriigid vähendama prügilasse suunatavate olmejäätmete kogust kuni 10%-ni 2035. aastaks tekkivate olmejäätmete koguhulgast. 2019. aastal oli selle eesmärgi saavutanud vaid üheksa liikmesriiki (Austrias, Belgias, Taanis, Soomes, Saksamaal, Luksemburgis, Madalmaades, Sloveenias ja Rootsis), aga ka Norras, kusjuures mitmes neist riikidest põletatakse märkimisväärsel hulgal olmejäätmeid (joonis 14).

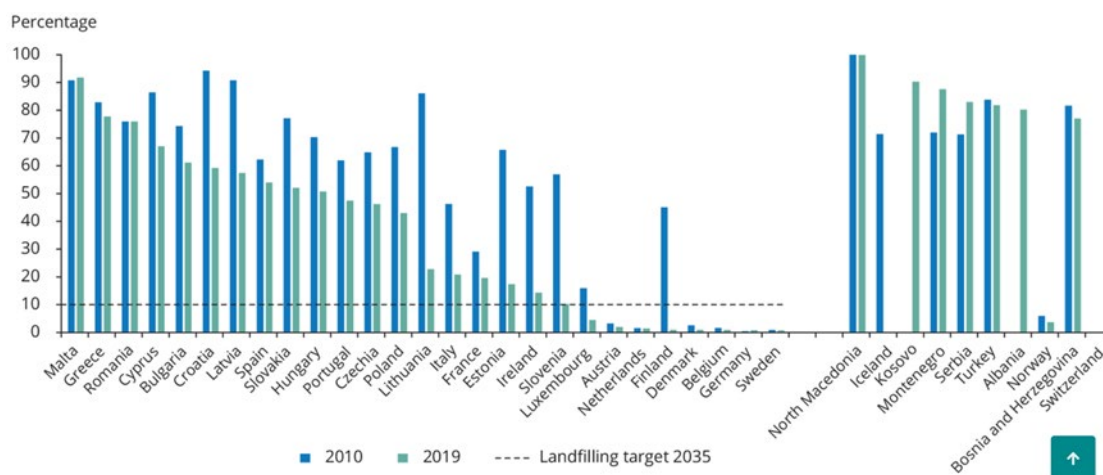


Figure 14: Olmejäätmete prügilasse ladestamise määrad EL liikmesriikides ja teistes Euroopa riikides (Allikas: EEA, 2021).

Prügilatesse ladestamise vähendamisel edukaks osutunud jäätmepoliitika hõlmab prügilamakse. ELi liikmesriikides ei ole prügilamaksu ainult Küprosel, Saksamaal, Horvaatias ja

Maltal (nagu ka Norras). Maksumäärad on liikmesriigiti väga erinevad, alates 5 €/t Leedus kuni enam kui 100 €/t Belgias (CEWEP, 2021). Prügilamaksu ja prügilasse ladestamise vahel on teatav korrelatsioon, mille puhul on selge, et prügilamaks kipub tõusma (STOA, 2017).

Teised olulised poliitikameetmed, mis aitavad kaasa jäätmehierarhia tõusule, hõlmavad biolagunevate olmejäätmete või eeltöötlemata olmejäätmete prügilasse ladestamise keelamist, olmejäätmete ringlussevõtu kohustuslikku liigiti kogumise skeeme või majanduslikku toetust jäätmete kogumise ja ringlussevõtu infrastruktuuri rajamiseks. Näiteks Saksamaal õnnestus saavutada üks kõrgemaid olmejäätmete ringlussevõtu määrasid Euroopas ilma prügilamaksuta, vaid kombineerides muid poliitilisi ja rahalisi vahendeid.

Mõned riigid kehtestavad ka jäätmete põletamisele makse. Üksikasjalikuma analüüsi jaoks on huvitatud lugejad BlockWASTE väljaandest "[O1.A1 – Võrdlev uuring tahkete olmejäätmete \(MSW\) käitlemise eeskirjade kohta igas riigis](#)".

3.2 Jäätmekäitluse hierarhia

Vieastmeline jäätmehierarhia süsteem võeti esmakordselt kasutusele EL jäätmete raamdirektiiviga (direktiiv 2008/98/EÜ) ning seda on laialdaselt kasutatud võtmena jäätmekäitlusotsuste langetamisel kohalikul, riiklikul ja rahvusvahelisel tasandil (joonis 15).

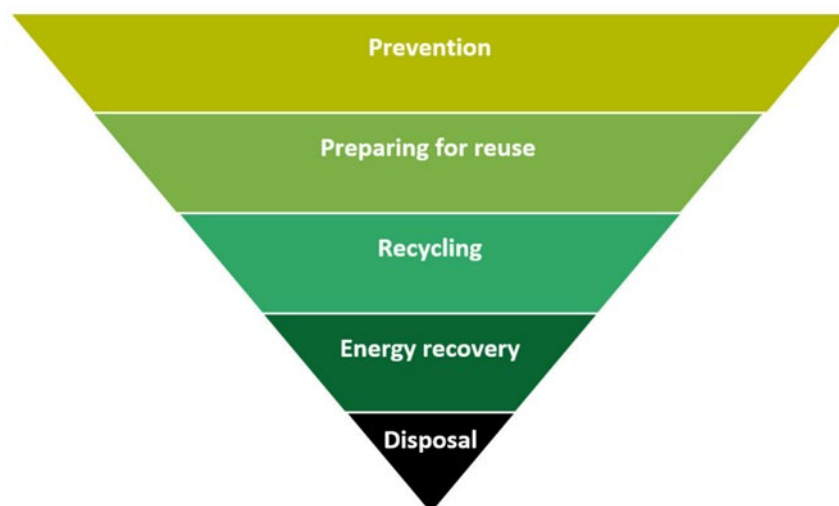


Figure 15: Jäätmehierarhia. (Allikas: jäätmete raamdirektiiv, 2008).

Jäätmehierarhia illustreerib erinevate jäätmekäitlusmeetodite keskkonnamõju ja mõjutab jäätmekäitluse jätkusuutlikkust.

Jäätmetekke vältimine on jäätmehierarhia kõige tipus. Jäätmete tekkimisel eelistatakse nende korduskasutamiseks ettevalmistamist, seejärel ringlussevõttu (sh kompostimist), seejärel muud taaskasutamist (näiteks energia taaskasutamist), kusjuures jäätmete ladestamine prügilasse on kõige viimane võimalus. Eli jäätmealastes õigusaktides on ka konkreetsed eesmärgid konkreetsete jäätmevoogude, nagu elektroonikaseadmed, autod, akud, ehitus-, lammutus-, olme- ja pakendijäätmed, ringlussevõtu suurendamiseks, samuti biolagunevate jäätmete prügilasse ladestamise vähendamiseks (Euroopa Komisjon, 2022).

3.3 Ühised põhimõtted olmejäätmekäitluses

Kaasaegne olmejäätmete käitlemine põhineb mitmel põhimõttel:

Ressursitõhusus

Ressursitõhusus tähendab kaupade tootmisest ja tarbimisest tuleneva keskkonnamõju vähendamist alates tooraine lõplikust kaevandamisest kuni viimase kasutamise ja kõrvaldamiseni. Jäätmekäitluse vaatenurgast tähendab see, et jäätmete teke pole mitte ainult keskkonnaprobleem, vaid ka majanduslik kahju. MSW põhimõte on seega muuta tootmis- ja tarbimisharjumusi, et tekitada vähem jäätmeid, kasutades samal ajal kõiki tekkinud jäätmeid ressursina. Selline lähenemine kajastub ka jäätmehierarhias – vältida jäätmete teket kui sellist, kasutada jäätmeid uue ressursina ja minimeerida prügilasse ladestavate jäätmete kogust. Ressursitõhusus jäätmekäitluses on seotud ka ringmajanduse põhimõtetega, kus kõiki protsesse optimeerides minimeeritakse ressursisissetulekud, emissioonid ja energialekked ning jäätmeteket vähendatakse absoluutse miinimumini.

Saastaja maksab ja tootja laiendatud vastutus

Saastaja maksab on lihtne põhimõte, mis tähendab, et saaste tekitajad vastutavad selle eest ja peavad maksma, et vältida kahju inimeste tervisele ja/või keskkonnale. Jäätmekäitluses viitab saastaja maksab printsiip jäätmetekitajale nõudele tasuda taaskasutuskõlbmatu materjali nõuetekohase kõrvaldamise eest. Laiendatud tootjavastutuse kava on üks praktiline meetod saastaja maksab põhimõtte rakendamiseks. Seda kasutatakse näiteks elektroonikaromude, sõidukite, akude, pakendijäätmete, põllumajandusjäätmete puhul. Pudelite kogumise puhul sisaldab see süsteem tagatisraha tagastamise skeemi.

Põhimõte „Maksa oma jäätmete eest” (PAYT): see mudel hindab tahkete jäätmete kõrvaldamist vastavalt jäätmematerjali ühiku kogusele, mitte kindla maksumäära alusel. See majanduslik stiimul on mõnes liikmesriigis hästi välja kujunenud ja sellel on märkimisväärne mõju inimeste käitumisele.

3.4 Olmejäätmete käitlemine

3.4.1 Prügilasse ladestamine

Jäätmete kõrvaldamine vastavalt jäätmehierarhiale on tänapäeval üks vähem eelistatud võimalusi. Tahkete jäätmete maale paigutamist nimetatakse puistanguks või kaadamiseks (Worell & Vesilind, 2012), mis oli kuni 1960. aastateni üks algseid meetodeid peaaegu kõigi sisemaa koosluste jaoks. 1960. aastate lõpus hakati arenenud riikides kasutama jäätmete ladestamiseks tehnilisi lahendusi, mis toob kaasa sanitaarprügila arengu. Sanitaarprügilasse kuuluvad põhjavooderdised, nõrgvee kogumissüsteemid, nõrgvee puhastamine, gaasi kogumine, gaasitöötlus, lõppkatted ning õhu- ja veeseiresüsteemid (EREF, 2022). Prügilas toimub jäätmete lagunemine keeruliste keemiliste, füüsikaliste ja bioloogiliste protsesside tõttu. Neid protsesse mõjutavad keskkonnatingimused (nagu temperatuur, pH, toksiinide olemasolu, niiskusesisaldus ja oksüdatsiooni-redutseerimisvõime). Nende protsesside tulemusena jäätmed lagunevad või muunduvad. Lagunemiskiirus sõltub ka jäätmete koostisest ning põhjustab nõrgvee ja prügilagaasi teket.

Nõrgvesi tekib vee imbumisel läbi jäätmete pärast paigutamist ja hõlmab ka enne kõrvaldamist jäätmetes säilinud niiskust (EREF, 2022). Nõrgvee kvaliteet olenevalt tahkete jäätmete koostisest, sademete määrast, kasvukoha hüdroloogiast, tihendamisest, katte kujundusest, jäätmete vanusest, proovivõtuprotseduuridest, nõrgvee vastasmõjust keskkonnaga ning prügila kujundusest ja toimimisest (Worell & Vesilind, 2012) . Pärast kogumist tuleb nõrgvesi kohapeal töödelda või suunata edasiseks puhastamiseks olmekanalisatsiooni.

Tahkete olmejäätmete (MSW) bioloogilise lagunemise käigus tekkiv prügilagaas. Matemaatiliste ja arvutimudelite abil on võimalik ennustada prügilagaasi koostist, mis põhineb peamiselt ladestavate jäätmete koostisel ja niiskusesisaldusel.

Euroopa Liit püüab minimeerida prügilasse suunatavate jäätmete kogust. Peamine 1999. aastal jõustunud seadus oli prügilate direktiiv. Prügilate direktiiv sätestab prügilatele ranged tegevusnõuded eesmärgiga kaitsta nii inimeste tervist kui keskkonda (EÜ, 2022).

3.4.2 Põletamine ja energia taaskasutamine

Enamik MSW on põlev ja seda saab põletada energia taaskasutamisega masspõletuspõletusseadmetes, et vähendada jäätmete mahtu. Sellistel põletitel on tahkete jäätmete hoidla sissetulevate jäätmete ladustamiseks ja sorteerimiseks, kraana jäätmete laadimiseks põlemisplokki, põhjarestidest koosnev põlemiskamber, torude soojustagastussüsteem, milles vesi muudetakse auruks, tuha käitlemise süsteem ja õhusaaste kontrollisüsteem, mis sisaldavad puhastusseadmeid ja kottfiltreid lendtuha ja tahkete osakeste eemaldamiseks.

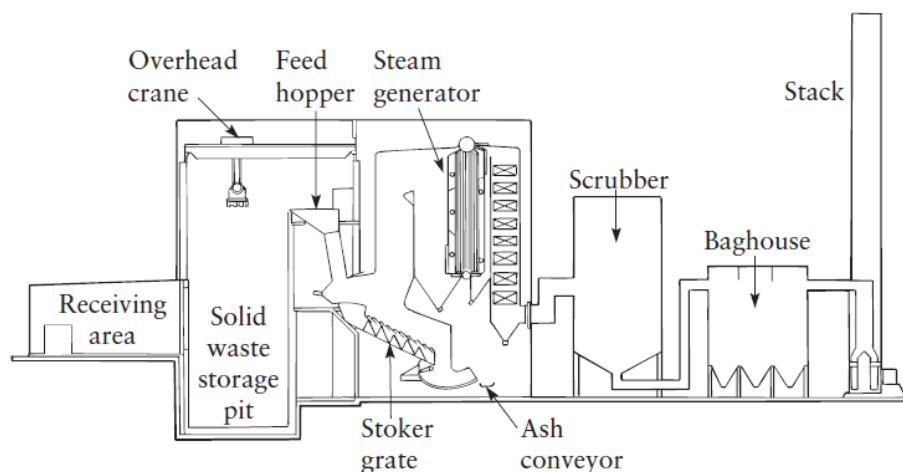


Figure 16: Tahkete olmejäätmete põletusseadme tüüpiline skeem (Adapted from Worell & Vesilind, 2012).

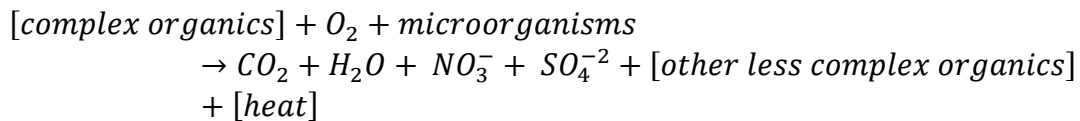
Jäätmed energiaks (WtE) või jäätmetest energia (EfW) on määratletud kui jäätmete põletamise protsess koos energia taaskasutamisega. WtE protsesside peamised tüübid on järgmised:

- jäätmete koospõletamine põletusseadmetes (nt elektrijaamades) ning tsemendi ja lubja tootmisel;
- jäätmete põletamine ja koospõletamine selleks ettenähtud rajatistes;
- biolagunevate jäätmete anaeroobne kääritamine
- jäätmetest pärinevate tahkete, vedelate või gaaskütuste tootmine ja
- muud protsessid, sealhulgas pürolüüsi või gaasistamise etapile järgnev kaudne põletamine;

Seoses Euroopa Komisjoni COM(2017)34 jäätmete energiaks muutmise rolliga ringmajanduses on jäätmehierarhia järgi taaskasutusvõimalusena positsioneeritud ainult anaeroobne kääritamine koos biogaasi tootmisega. Kõik muud tüüpi WtE protsessid on enamasti seotud taastevalikuga. Põletamine ja koospõletamine piiratud energia taaskasutamiseega on paigutatud hierarhia alumisse ossa koos jäätmete ladestamisvõimalusega. Lahtise põletamise protsess on Euroopa Liidus ebasoovitav kõrge õhusaastega seotud probleemide tõttu.

3.4.3 Kompostimine ja biometaaniseerimine

Kompostimist võib määratleda kui orgaanilise materjali lagunemisprotsessi mikroorganismide juuresolekul veeks, süsinikdioksiidiks ja mikroobseks biomassiks. Kompostimisel muudavad mikroorganismid orgaanilised materjalid väärtuslikuks tooteks, mida nimetatakse huumuseks. Põhireaktsioon on järgmine (Worell & Vesilind, 2012):



Kompostimine toimub peamiselt neljas etapis:

- Mesofiilne algfaas** - Mesofiilses algfaasis hakkavad orgaanilist ainet lagundavad bakterid intensiivselt paljunema, kompostitav mass soojeneb ja pH langeb.
- Termofiilne faas** – Termofiilse faasi ajal, mille jooksul temperatuur tõuseb 60-70 °C- ni, hukkub suurem osa jäätmetes leiduvatest patogeenidest, kahjuritest ja parasiitidest ning hävivad umbrohuseemned.
- Mesofiilne küpsemise faas** - Mesofiilse küpsemise faasis püsib temperatuur 35-55 °C ja hakkab toitainete ammendumise tõttu langema. Püsivate ühendite sisaldus aja jooksul väheneb.
- Jahutus- ja küpsemisfaas** – jahutamise ja küpsemise faasis väheneb mikrobioloogiline aktiivsus veelgi. Temperatuur ei tõuse enam üle 40 °C isegi siis, kui komposti segatakse. Vihmaussid ilmuvad komposti. Järellaagerdumisel kompost küpseb ja moodustub kõige väärtuslikum “huumus”.

Peamised kompostimissüsteemid on (Atalia et al., 2015):

- Open Windrows – hõlmab orgaaniliste jäätmematerjalide segu asetamist pikkadesse kitsastesse hunnikutesse.
- Aereeritud staatiline hunnik – orgaanilised jäätmed asetatakse hunnikutesse, mida aereeritakse, surudes korrapäraste ajavahemike järel õhku läbi perforeeritud torude.

- Anumakompostimisel – kompostimine toimub erinevates reaktorites. Need süsteemid sisaldavad tavaliselt õhutamist, segamist, temperatuuri reguleerimist ja lõhnade piiramist.
- Vermikompostimine – mikroorganismide ja vihmausside kombineeritud tegevus.
- Biomineraliseerimine – kasutatakse lahustuvate mineraalide kujul olevaid toitaineid, mis omastatakse juurestikuga viljakast hästi mineraliseeritud kompostmullast.

Biometaniseerumine

Orgaanilise aine anaeroobne lagunemine (ilma hapnikuta), mida nimetatakse ka biometaniseerimiseks. Peamised lõpp-produktid on metaan (CH₄), süsinikdioksiid (CO₂), väikeses koguses vesiniksulfiid (H₂S), ammoniaak (NH₃) ja veel mõned (Worell & Vesilind, 2012).

Anaeroobse seedimise protsessi võib kirjeldada kolmes etapis:

- Hüdrolüüs, st bakterid lagundavad kõrgmolekulaarseid orgaanilisi ühendeid madalmolekulaarseteks ühenditeks (monomeerideks).
- Acidogensis, atsetogeensed bakterid muundavad esimeses faasis lagunenu saadused lenduvateks rasvhapeteks, süsinikdioksiidiks ja vesinikuks.
- Metanogenees, bakterid muudavad orgaanilised happed ja alkoholid äädikhappeks ja molekulaarseks vesinikuks. Selle faasi lõpus tekib äädikhapest, vesinikust ja süsinikdioksiidist metaan.

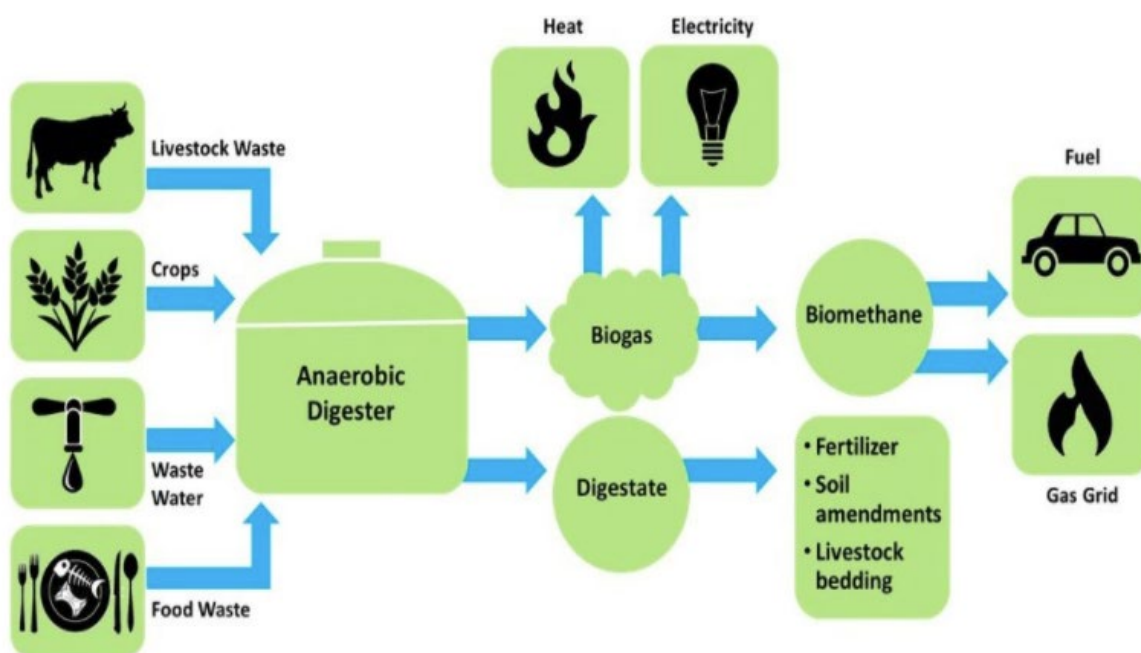


Figure 17: Anaeroobne seedimise protsess (graafik Sara Tanigawa, EESI).

Anaeroobse kääritamise protsessi peamiseks lähteaineks on toidujäätmed, loomakasvatustajad, põllukultuuride jäägid ja reoveepuhastite reoveesete.

Toodetud biogaasi saab kasutada soojuste ja elektri koostootmises (CHP) või muuta biogaasi lihtsalt elektriks, kasutades põlemismootorit, kütuseelementi või gaasiturbiini. Lisaks saab seda muuta taastuvaks maagaasiks (RNG) või biometaaniks, eemaldades süsinikdioksiidi, veeauru ja muud gaasijäägid. RNG-d saab sisestada olemasolevasse maagaasivõrku (sh torujuhtmetesse) ja kasutada vaheldumisi tavapärase maagaasiga (EESI, 2017). Nagu tavalist maagaasi, saab RNG-d kasutada sõidukikütusena pärast seda, kui see on muundatud surumaagaasiks (CNG) või veeldatud maagaasiks (LNG).

3.4.4 Taaskasutus

EL-i jäätmekäitluse põhiprintsiip vältida, taaskasutada või taaskasutada jäätmete teket, järgides ringmajanduse põhimõtet ning minimeerida esmaste ressursside kasutamisest tulenevaid negatiivseid mõjusid, asendades need sekundaarsete materjalidega (EEA, 2022).

Jäätmete raamdirektiivi 2008/98/EÜ kohaselt tähendab ringlussevõtt mis tahes taaskasutustoimingut, mille käigus jäätmematerjalid töödeldakse ümber toodeteks, materjalideks või aineteks kas algsel või muul eesmärgil. See hõlmab orgaanilise materjali ümbertöötlemist, kuid ei hõlma energia taaskasutamist ega ümbertöötamist materjalideks, mida kasutatakse kütusena või tagasitaitmiseks. Euroopas on viimase 10 aasta jooksul kasvanud erinevate jäätmevoogude ringlussevõtu tendents (joonis 18).

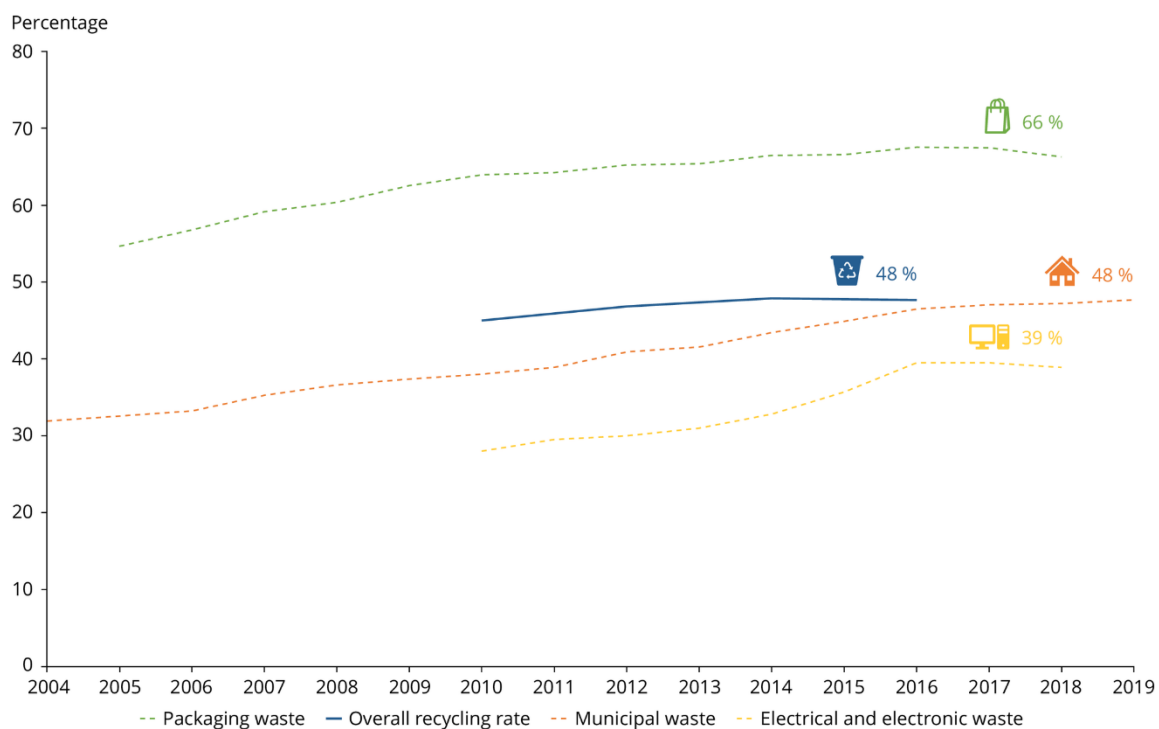


Figure 18: Ringlussevõtu määrad Euroopas jäätmevoogude lõikes (Allikas: EEA, 2022).

4 Ringmajandus

4.1 Tootmise ja tarbimise lineaarne mudel

Rahvastiku kasv sunnib muutma seni läbi viidud juhtimissüsteeme. ELi rahvaarv on alates 1970. aastatest kasvanud ligi saja miljoni inimese võrra. Sellel asjaolul on otsesed tagajärjed jäätmetekkele: rohkem rahvastikku, rohkem jäätmeid. Vaatamata riiklikele ja ELi jõupingutustele tekkivate jäätmete hulk ei vähene. Kogu majandustegevusest tekib ELis jäätmeid 2,5 miljardi tonnini aastas ja iga kodanik toodab keskmiselt pool tonni olmejäätmeid.

Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivi 2018/851 kohaselt moodustavad olmejäätmed ligikaudu 7-10% kogu Euroopa Liidus tekkivatest jäätmetest.

See jäätmevoog on aga üks kõige keerulisemalt hallatavaid ja selle käitlemise viis annab üldiselt hea ülevaate riigi üldise jäätmekäitlussüsteemi kvaliteedist.

Kogu ELi ressursitarbimine massis mõõdetuna on näidatud joonisel 19.

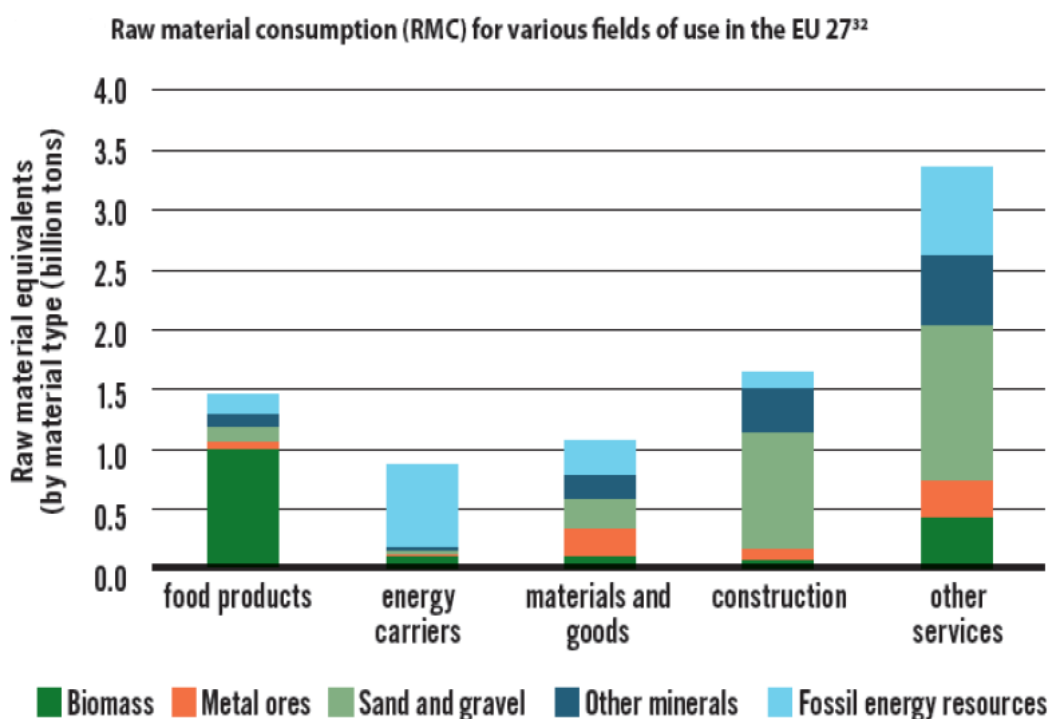


Figure 19: Tooraine tarbimine (RMC) (Allikas: European Environmental Bureau 2012).

Traditsiooniline lineaarne majandus, mis põhineb põhimõttel "võta-teha-käitlemine" ning suurte energiakoguste ja odava tooraine tarbimine, mida on lihtne tarnida, on olnud sotsiaalse ja tööstusarengu põhielement ning toonud kaasa enneolematu taseme kasv inimkonna ajaloos.

Traditsioonilist lineaarset majandusmudelit iseloomustavad peamiselt:

- Odavad ja kergesti kättesaadavad ressursid.

- Fossiilsed kütused.
- Ekstraheerimine-tootmine-kasutamine-käitlemine.
- Tooraine ülekasutamine.
- Tekkinud suur hulk jäätmeid.

LINEAR ECONOMY



Figure 20: Lineaarmajanduse skeem (Allikas: BIMgreen 2019).

Keskkonnaprobleemide osas hõlmab lineaarne mudel erinevaid mõjusid, mis mõjutavad ressursse, tarbimist ja tootmist.

Ressursiga seotud:

- Suur hulk jäätmeid.
- Traditsioonilised kasutussüsteemid.
- Tooraine ühekordne kasutamine (ainult üks kord).
- Kontrollimatu kasutamine ilma eelneva disainita.
- Suur keskkonnamõju.
- Loodusvarade ja fossiilkütuste ammendumine.

Tarbimisega seotud:

- Kontrollimatu tarbimine.
- Toodet ei kasutata uuesti.

Tootmisega seotud:

- Madal ressursside ja energia efektiivsus.
- Traditsioonilised ärimudelid.

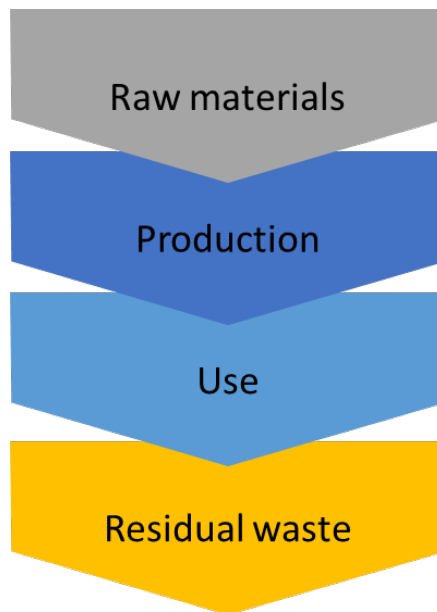


Figure 21: Lineaarse majandusmudeli ülevaade (Allikas: Marmori- ja Kivitehnoloogiakeskus, 2018).

Lineaarne „võta-tee-käitle“ majandus on saavutamas oma piire:

- Toetub suures koguses odavaid, kergesti ligipääsetavaid materjale ja energiat.
- 2025: kasvav maailma rahvaarv (1,1 miljardit) ja kasvav keskklass (3 miljardit):
 - 24% suurem toidutarbimine.
 - 47% rohkem pakendeid.
 - 41% rohkem kasutusea lõppenud materjale (jätmeid).
- Kasvavad ka ressursidega seotud väljakutsed ettevõtetele ja majandustele:
 - Surve loodusvaradele tugevneb.
 - Vähene ja halb ringlussevõtt -> Ei suuda hoida kvaliteetseid materjale.
 - Suurem hinnakõikumine-> suurem äriinvesteeringute ebakindlus.
 - Toormehinnad tõusid aastatel 2002-2010 150% (põllumajandusest pärit metallid, toiduained ja mittetoiduained).

4.2 Ringmajandus: mõiste, päritolu ja põhimõtted

Planeedimajandus on blokeeritud süsteemis, kus kõik alates tootlikust majandusest ja lepingutest kuni inimeste reguleerimise ja käitumiseni soosib tootmise, jaotamise ja tarbimise lineaarset mudelit. See blokeering on aga tugevate häirivate tendentside ilmumise surve tõttu üha nõrgem. Seda majanduslike, tehnoloogiliste ja sotsiaalsete tegurite soodsat kombinatsiooni on vaja ära kasutada, et kiirendada üleminekut ringmajandusele, taastavale ja taastavale majandusele, kus tooteid, kõrvalsaadusi ja jätmeid hoitakse tootmistsüklis nii kaua kui võimalik, nende korduvkasutamist otsides ikka ja jälle.

Ringmajanduses kujundavad tootjad tooted korduvkasutatavaks. Näiteks elektriseadmed on projekteeritud nii, et neid on lihtsam parandada. Samuti taaskasutatakse tooteid ja toorainet nii palju kui võimalik. Näiteks plastist ringlussevõtuga graanuliteks uute plasttoodete

valmistamiseks. Ringmajanduses suhtume oma ümbrusesse vastutustundlikult. Näiteks vältides prügi tekkimist tänavatel või looduskeskkonnas.

Ringmajandus toimib 3R lähenemisviisi „Vähenda, taaskasuta ja taaskasuta” järgi. Materjali väljavõtmist vähendatakse võimalusel vähema materjali kasutamisega, tooted valmistatakse taaskasutatud osadest ja materjalidest ning pärast toote kasutuselt kõrvaldamist suunatakse materjalid ja osad taaskasutusse. Ringmajanduses luuakse väärtust väärtuste säilitamisele keskendudes. Hoides materjalivoo võimalikult puhtana kogu väärtusahela vältel, säilib selle materjali väärtus. Puhtaid materjalide vooge saab teatud funktsiooni või teenuse pakkumiseks kasutada mitu korda, tehes samal ajal ainult ühe investeeingu.



Figure 22: Ringmajandusmudeli ülevaade (Allikas: Marmori- ja Kivitehnoloogiakeskus, 2018).

Ringmajanduses parandatakse jätkusuutlikkust süsteemi ökotõhususe suurendamise kaudu. See tähendab, et süsteemi negatiivse mõju minimeerimise kõrval keskendutakse süsteemi positiivse mõju maksimeerimisele radikaalsete uuenduste ja süsteemimuudatuste kaudu.

Ringmajanduses on taaskasutamine mõeldud võimalikult kõrge kvaliteediga. Jääkvoogu tuleks uuesti kasutada funktsiooni jaoks, mis on võrdne (funktsionaalne korduskasutus) või suurema väärtusega (ülekasutus) kui materjalivoo algfunktsioon.

See tagab materjali väärtuse säilimise või tõstmise. Näiteks betooni saab jahvatada teradeks, mille abil luuakse varasemaga sarnane sein või isegi tugevam konstruktiivne element.

Ringmajandus – uut kontseptsiooni iseloomustavad peamiselt:

- Tehniliste ja bioloogiliste ringkondade eristamine.
- Ringikujuline disain.
 - Moodultooded, puhtamad materjalivood, lihtsam lahti võtta.
- Üha enam linnapiirkondades elavaid inimesi muudab jagamise, parandamise ja ringlussevõtu lihtsamaks.

- Uuenduslikud ärimudelid: omandiõigusest jõudlus- ja juurdepääsupõhiste teenindussüsteemideni.
- Põhipädevused ja tehnoloogiad vastupidises tsüklis ja kaskaadides: RFID-märgised hõlpsamaks tuvastamiseks ja ringlussevõtuks; 3D printimine varuosadele.

Ringmajanduse peamised omadused on järgmised:

- Majandustulemuste parandamine, vähendades samal ajal ressursside kasutamist.
- Võitlus kliimamuutustega ja ressursside kasutamisest tulenevate keskkonnamõjude vähendamine.
- Üleminek fossiilkütustelt taastuvatest allikatest toodetud energia kasutamisele.
- Taaskasutamine ja parandamine: riknenud toodetele teise elu leidmine.
- Taaskasutusse mittesobivate jäätmete energiline kasutamine.
- Säilitage ja suurendage looduskapitali, et mitmekesisuse kaudu saavutada vastupidavus.
- Optimeerida ressursside kasutamist ja soodustada biopõhiste materjalide kasutamist.

Ringmajanduse mudeli rakendamiseks on vajalikud mõned kontseptsioonid:

- **Ökokontseptsioon** : see võtab arvesse keskkonnamõjusid kogu toote olelusringi jooksul ja integreerib need selle kontseptsioonist alates.
- **Tööstuslik ja territoriaalne ökoloogia** : tööstusliku korralduse režiimi loomine samal territooriumil, mida iseloomustab materjalide, energia ja teenuste varude ja voogude optimeeritud juhtimine.
- **Funktsionaalsuse säästlikkus** : eelisõigus omamise vastu, teenuse müük kauba vastu.
- **Teine kasutusala** : tuua majandusringi uuesti need tooted, mis ei vasta enam tarbijate esialgsetele vajadustele.
- **Taaskasutamine** : taaskasutage teatud jäätmeid või nende osi, mis võivad siiski töötada uute toodete väljatöötamisel.
- **Remont** : leidke kahjustatud toodetele teine elu.
- **Ringlussevõtt** : kasutage ära jäätmetes leiduvaid materjale.
- **Valoriseerimine** : kasutage ära energijäätmeid, mida ei saa ringlusse võtta.

Ringmajandus tuleneb üha ilmsemaks muutuvast ressursside nappusest, kasvavast nõudlusest tooraine järele ja asjaolust, et osa neist on piiratud, mis toob kaasa sõltuvuse kolmandatest riikidest.

Teine ringmajanduse tõusu põhjus on selle mõju keskkonnale. Tooraine kaevandamine ja kasutamine tähendab energiatarbimise suurenemist ja saasteainete heitkoguste suurenemist.

Ringmajandus on kasulik nii keskkonnale kui ka ühiskondadele, kuna see on viis säilitada ja optimeerida ressursside kasutamist, edendades süsteemi tõhusust.

Ringmajanduse rakendamise põhimõtted ja väidetavad tulemused on järgmised:

- Toodete, komponentide ja materjalide hoidmine alati kõrgeima kasulikkuse ja väärtuse juures.
- Lõplike materjalide varude kontrollimine ja taastuvate ressursside voogude tasakaalustamine.
- Ülemaailmse majandusarengu lahtisidumine piiratud ressursside tarbimisest.

Ringmajanduse eelised:

Ringmajandusel on palju eeliseid. Jäätmete vähendamine ja materjalide taaskasutamine toob kaasa märkimisväärse kokkuhoiu, vähendades samal ajal aastaseid kasvuhoonegaaside heitkoguseid.

Tarbijad saavad kasu ka vastupidavamatest toodetest, mis tähendab suuremat kokkuhoiu ja kõrgemat elukvaliteeti.

Ringmajanduse miinused:

Ringmajanduse saavutamise ja ressursside kasutamise vähendamise tähendab omakorda energiatarbimise piiramist ja jäätmetekke vähendamist. Paljude jaoks on seda globaalse tootlikkuse ümberorienteerimist raske saavutada.

Üheks probleemiks on see, et mõnda toodet on raske taaskasutada, sest nende kujundajad ei väärtusta jäätmekäitlust. Teisest küljest nõuab see mudel intensiivset ettevõtetevahelist koostööd, mida paljud ettevõtted ei ole nõus enda peale võtma.

Majandusarengu, ressursside tarbimise ja keskkonnamõjude lahtisidumine:

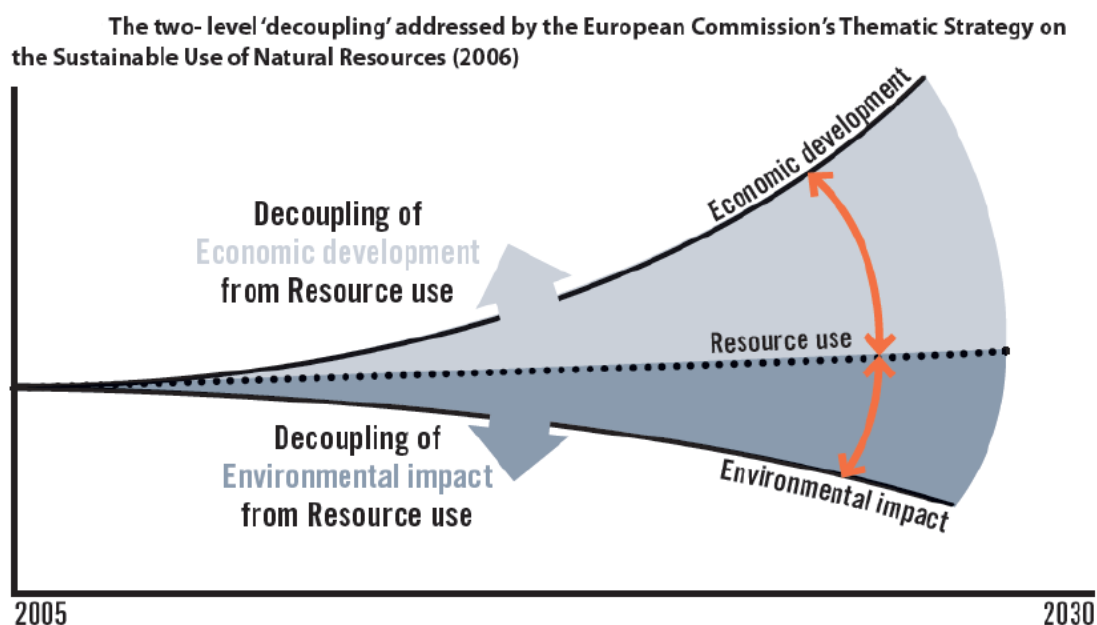


Figure 23: EK käsitletud lahtisidumist (Allikas: European Environmental Bureau, 2015).

Üks ringmajanduse põhiprintsiipe on **disain**. Disain kõikidel toodete elutsükli etappidel ja/või aspektidel.

Disain ja materjalid:

- Vältige raskemetalle nagu kaadmium, plii ja ohtlikud ained (RoHS).
- Taaskasutatud materjalide (metallid jne) kasutamine.
- Taaskasutatavus ja taaskasutatavus.

- Kaalu vähendamine (dematerialiseerimine).

Disain, vastupidavus ja remont:

- Modulaarne disain, standardkomponent, lihtne parandada ja uuendada.
- Lihtne lahti võtta tavaliste tööriistadega.
- Materjalidokument (BoM).
- Monomaterjalid ja vähe erinevaid materjale.

Disain kasutusea lõpuks:

- Vältige aineid, mis muudavad ringlussevõtu kulukaks/probleemseks.
- Toodete tagasisivõtmine + korraldage jäätmevoog, et vältida tsükli langust.
- Komponentide taaskasutamine.

4.3 Ringsüsteemide väljakutsed ja eelised

4.3.1 Väljakutsed

Praegu saab üha selgemaks, et lineaarne majandus ei ole enam meie planeedi piires vastupidav mudel. Lineaarmajanduse miinused toovad välja vajaduse alternatiivse mudeli järele, mida võib tõlgendada kui ringmajanduse võimalusi. Lineaarmajanduse peamiseks puudusteks on lahenduste puudumine kasvavale materjalipuudusele, suurenenud saasteainetele, suurenenud materjalinõudlusele ja kasvavale nõudlusele vastutustundlike toodete järele.

Lineaarses majanduses kasvab ebakindlus materjalide kättesaadavuse suhtes. See määramatus põhineb asjaolul, et planeedil on piiratud arv materjale ja nende kättesaadavus sõltub mitmest mehhanismist. Seda ebakindlust täidavad hinnakõikumiste suurenemine, kriitilistest materjalidest sõltuvate tööstusharude kasv, toodete ja protsesside omavaheline seotus ning geopoliitilised arengud.

Ökosüsteemide lagunemine

Lineaarse mudeli „võta-tee- käitle ” järgimine viib jäätmete tekkeni. Tootmisprotsesside käigus ja toodete utiliseerimisel tekivad suured materjalivood, mida ei kasutata, vaid põletatakse või jäetakse prügimäele. See toob lõpuks kaasa kasutuskõlbmatute materjalide ülemääraste mägede, mis koormavad ökosüsteeme üle. See tagab, et ökosüsteem on takistatud oluliste ökosüsteemiteenuste osutamisel (nt toidu, ehitusmaterjalide ja peavarju pakkumine ning toitainete töötlemine).

Toodete eluea lühenemine

Viimastel aastatel on toodete eluiga drastiliselt vähenenud. See on üks läänemaailma kasvava materjalitarbimise liikumapanevaid jõude. Toodete kasutusiga väheneb jätkuvalt positiivse tagasiside protsessiga: Tarbijad soovivad uusi tooteid sagedamini ja kasutavad oma "vanu" tooteid lühemat aega. Selle tulemuseks on vähenenud vajadus kvaliteetsete ja pikaajaliselt kasutatavate toodete järele, mis stimuleerib tarbijaid uusi tooteid veelgi kiiremini ostma.

4.3.2 Kasu

Ringmajandus on majandussüsteem, kus toodete ja teenustega kaubeldakse suletud ahelate või nn tsüklikena. Ringmajandust iseloomustatakse kui majandust, mis on disainilt taastav, eesmärgiga säilitada toodete, osade ja materjalide võimalikult palju väärtust. See tähendab, et eesmärgiks peaks olema süsteemi loomine, mis võimaldab toodete ja materjalide pikka kasutusiga, optimaalset taaskasutamist, renoveerimist, taastootmist ja ringlussevõttu.

Sulgemisahelad

Ringmajanduses suletakse materjaliringid looduslike ökosüsteemide eeskujul: mürgised ained elimineeritakse, jäätmeid ei teki, sest kõik jääkvood on ressursina väärtuslikud, tooted võetakse pärast kasutamist tagasi remondiks ja ümbertöötlemiseks, et tooteid sekundis taaskasutada. , kolmas või neljas kord ja jääkvood eraldatakse bioloogilises ja tehnilises tsükliks.

Süsteemne mõtlemine

Ringmajandus nõuab süsteemset mõtlemist. Kõik osalejad (ettevõtted, isikud, organismid) on osa võrgustikust, milles ühe osaleja tegevus mõjutab teisi osalejaid. Ringmajanduses arvestatakse seda otsustusprotsessides, kaasates nii otsuse lühi- kui ka pikaajalisi tagajärgi, võttes arvesse kogu väärtusahela mõju ja püüdes luua vastupidavama süsteem, mis on tõhus igal ajal. kaal.

Majanduskasvu lahtisidumine

Ringmajanduse eesmärk on lahutada majanduskasv ressursitarbimisest, keskendudes väärtuse säilitamisele. Ökosüsteemide ja looduskapitali kaitsmiseks, millele me toetume, on väärtus rohkem kui finantskapital.

Sotsiaalne kapital ja looduskapital mängivad oma rolli ka meie süsteemide stabiilsuses. Ringmajanduses kajastuvad need väärtused toodete ja teenuste kuludes. Selle tsükli kütuseks vajaminev energia peaks oma olemuselt olema taastuv.

Lineaarselt ringmajandusele ülemineku saavutamiseks pakutakse välja mitmeid strateegiaid:

Transversaalsed strateegiad

- määrused.
- R&T&D.

Otsesed strateegiad

- Jäätmekäitluse.
- Majandustegelased.
- Tarbijad.

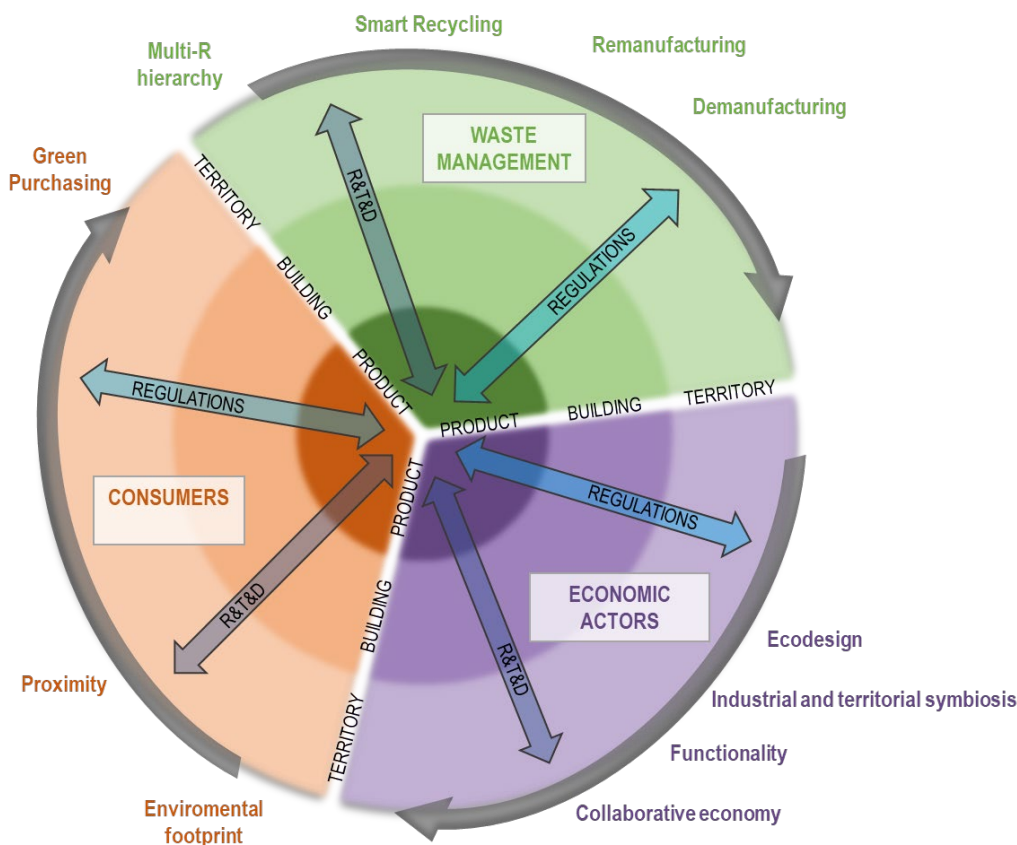


Figure 24: Ringmajandusele ülemineku ülevaade (Allikas: Caparrós-Pérez, D., 2017).

4.3.3 Transversaalsed strateegiad

2015. aastal võttis Euroopa Komisjon vastu ELi ringmajanduse tegevuskava (detsember 2015), mille eesmärk on tuua välja erinevad meetmed (kokku kuni 54), mille osas on Euroopa Komisjoni hinnangul vaja meetmeid võtta järgmise 5 aasta jooksul. aastat ringmajanduse edendamiseks. Selles suunas määras komisjon prioriteetseteks viis valdkonda (plast, toidujäätmed, olulised toorained, ehitus ja lammutamine, biomass ja biopõhised tooted), mida käsitletakse järgmiste teatistega:

- KOMISJONI TEATIS EUROOPA PARLAMENDILE, NÕUKOGULE, EUROOPA MAJANDUS- JA SOTSIAALKOMITEELE NING REGIOONIDE KOMITEELE.

Ringmajanduse suunas: Euroopa jäätmevaba programm /* COM/2014/0398 lõplik */

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52014DC0398>

- KOMISJONI TEATIS EUROOPA PARLAMENDILE, NÕUKOGULE, EUROOPA MAJANDUS- JA SOTSIAALKOMITEELE NING REGIOONIDE KOMITEELE (KOM/2015/0614 lõplik).

Silmuse sulgemine – ELi ringmajanduse tegevuskava.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614&qid=1524124780099>

- KOMISJONI ARUANNE EUROOPA PARLAMENDILE, NÕUKOGULE, EUROOPA MAJANDUS- JA SOTSIAALKOMITEELE NING REGIOONIDE KOMITEELE (KOM/2017/033 lõplik).

Ringmajanduse meetme rakendamisest

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017DC0033&qid=1524125695611>

- EUROOPA ÜHENDUSTE KOMISJON. SIDE NR. 29, 2018. RINGMAJANDUSE SEIRERAAMISTIK; KOM NO. 29.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A29%3AFIN>

- EUROOPA ÜHENDUSTE KOMISJON. SIDE NR. 98, 2020. UUS RINGMAJANDUSE TEGEVUSKAVA PUHTAMA JA KONKURENTSIVÕIMELISEMA EUROOPA JAOKS.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

Samuti edendavad arvukad Euroopa algatused konkursikutsete ja programmide kaudu ringliiklust. Euroopa Komisjon võttis 2020. aasta märtsis vastu uue ringmajanduse tegevuskava (CEAP). See on Euroopa uue jätkusuutliku kasvu tegevuskava, Euroopa rohelise kokkuleppe, üks peamisi ehitusplokke. ELi üleminek ringmajandusele vähendab survet loodusvaradele ning loob jätkusuutlikku majanduskasvu ja töökohti. See on ka ELi 2050. aasta kliimaneutraalsuse eesmärgi saavutamise ja bioloogilise mitmekesisuse vähenemise peatamise eeltingimus.

Uus tegevuskava kuulutab välja algatused kogu toodete elutsükli jooksul. See on suunatud toodete kujundamisele, edendab ringmajanduse protsesse, julgustab säästvat tarbimist ning selle eesmärk on tagada, et raiskamist välditaks ja kasutatud ressursse hoitakse ELi majanduses võimalikult kaua. Tegevuskavas võetakse kasutusele seadusandlikud ja mitteseadusandlikud meetmed, mis on suunatud valdkondadele, kus ELi tasandi meetmed annavad tõelist lisandväärtust.

4.3.4 Otsesed strateegiad

Kõigi protsessis osalevate agentide teadjate hulgas eristatakse kolme ringikujuliste ärimudelite kategooriat:

- Ringikujulised väljundmudelid.
- Ringikujulised innovatsioonimudelid.
- Ringliku kasutusega mudelid.

4.3.4.1 Jäätmekäitluse

Ringikujulised väljundmudelid

Need ärimudelid keskenduvad toote kasutusjärgse etapi väljundile ja lisandväärtusele. Nendes ärimudelites saadakse tulu kasutusjärgsete toodete muutmisest uuteks toodeteks või kasulikeks ressursideks, et lisada väärtust, vähendada kulusid või vähendada jäätmeid. Pöörde-logistika arendamine on selle mudeli jaoks hädavajalik.

Selle kategooria ärimudelite näited on järgmised:

- Taaskogutud materjalide tarnija: müüb taaskogutud materjale ja komponente, mida kasutatakse esmase või taaskasutatud materjali asemel.
- Refurbish & Maintain: renoveerib ja hooldab kasutatud tooteid, et neid müüa.
- Taaskasutusrajatis: Muudab jäätmed tooraineks. Täiendavat tulu saab luua teedrajava töö kaudu ringlussevõtutehnoloogia vallas.
- Taaskasutamise pakkuja: pakub tagasivõtusüsteeme ja kogumisteenust kasulike ressursside taastamiseks kõrvaldatud toodetest või kõrvalsaadustest;
- Toe elutsüklil: müüb kulumaterjale, varuosi ja lisaseadmeid, et toetada kauakestvate toodete elutsüklit.

4.3.4.2 *Majandustegelased*

Ringikujulised innovatsioonimudelid

Ringikujulised innovatsioonimudelid keskenduvad toote arendusfaasile. Tooted on loodud kestma kauem ning neid on lihtne hooldada, parandada, uuendada, uuendada, ümber valmistada või taaskasutada. Lisaks töötatakse välja ja hangitakse uusi materjale, nt biopõhiseid või täielikult taaskasutatavaid materjale.

Selle kategooria ärimudelite näited on järgmised:

- Tootedisain: pakub tooteid, mis on kavandatud nii, et need oleksid pikad ja kasulikud ja/või mida oleks lihtne hooldada, parandada, uuendada, renoveerida või ümber valmistada.
- Protsessi kavandamine: arendab protsesse, mis suurendavad tööstuslike ja muude toodete, kõrvalsaaduste ja jäätmevoogude taaskasutuspotentsiaali ja taaskasutatavust.
- Ringlikud tarvikud: pakub sisendmaterjale, nagu taastuenergia, biopõhised, vähem ressursimahukad või täielikult taaskasutatavad materjalid.

4.3.4.3 *Tarbija*

Ringliku kasutusega mudelid

Need ärimudelid keskenduvad kasutusfaasile, kasutades toodet optimaalselt ja säilitades lisandväärtust. Need ärimudelid võimaldavad säilitada toote omandiõigust (nt toodet teenindades, mitte müües) ja vastutada toote eest kogu selle kasuliku eluea jooksul (nt hooldusteenuste või toote eluea pikendamise lisaseadmete kaudu).

Selle kategooria ärimudelite näited on järgmised:

- Toode kui teenus: pakub toote ja teenuste kombinatsiooni kaudu toote toimivust, mitte toodet ennast. Toote omandiõigust jääb teenusepakkujale.
- Müük ja tagasiostmine: müüb toodet eeldusel, et see ostetakse tagasi pärast teatud perioodi.
- Jagamisplatvormid (juurdepääsu pakkuja): võimaldab suurendada toodete kasutusmäära, lubades või pakkudes ühiskasutuse, juurdepääsu või omandiõiguse.
- Eluea pikendamine: pikendab toodete ja komponentide kasutusiga remondi, hoolduse või uuendamise kaudu.
- Jälgimisvõimalus: teenuste osutamine teisese tooraine jälgimise, turustamise ja kauplemise hõlbustamiseks.

4.3.4.4 Lõplikud eesmärgid

Ringmajandusele üleminekul edendatakse järgmisi meetmeid:

- Edendada **taastumatute loodusvarade kasutamise vähendamist** , taaskasutada tootmistsükli jäätmetes sisalduvaid materjale teisese toormena, kui on tagatud inimeste tervis ja keskkonnakaitse.
- Edendada toodete **elutsükli analüüsimist** ja ökodisaini kriteeriumide kaasamist, vähendades kahjulike ainete sattumist nende valmistamisel, hõlbustades toodetud kaupade parandatavust, pikendades nende kasulikku eluiga ja võimaldades nende taaskasutamist selle lõppedes. .
- Julgustada **jäätmehierarhia põhimõtte tõhusat rakendamist** , edendades nende tekke vältimist, soodustades korduskasutamist, tugevdades ringlussevõttu ja edendades nende jälgitavust.
- Edendada suuniseid, mis **suurendavad innovatsiooni ja tootmisprotsesside üldist tõhusust** , võttes vastu selliseid meetmeid nagu keskkonnajuhtimissüsteemide rakendamine.
- säästva tarbimise** uuenduslikke vorme , sealhulgas säästvaid tooteid ja teenuseid, samuti digitaalsete infrastruktuuride ja teenuste kasutamist.
- Edendada **vastutustundliku tarbimise mudelit** , mis põhineb kaupade ja teenuste omadusi, nende kestust ja energiatõhusust käsitleva teabe läbipaistvusel, kasutades selliseid meetmeid nagu ökomärgise kasutamine.
- Hõlbustada ja edendada piisavate kanalite loomist, et hõlbustada **teabevahetust** ja koordineerimist ametiasutuste, teadus- ja tehnoloogiaringkondade ning majanduslike ja sotsiaalsete esindajatega, et luua üleminekut soodustav sünergia.
- Levitada **lineaarselt majanduselt ringmajandusele ülemineku tähtsust** , edendades protsesside läbipaistvust, kodanike teadlikkust ja sensibiliseerimist.
- Soodustada **ühiste, läbipaistvate ja juurdepääsetavate näitajate kasutamist** , mis võimaldavad teada ringmajanduse rakendamise astet.
- Edendada ettevõtete tegevusest tulenevate **sotsiaalsete ja keskkonnamõjude näitajate kaasamist** , et hinnata lisaks nendest ringmajandusele pühendumisest saadavat majanduslikku kasu.

5 Ringmajandus ja olmejäätmete käitlemine

5.1 Olmejäätmete käitlemine ringmajanduses

Senine tootmis- ja tarbimismudel on jäänud lineaarseks, st ressursse ammutatakse, töödeldakse, kasutatakse ja nende eluea lõpus enamasti hävitatakse need põletamise või prügilasse ladestamisel. Järelikult eemaldatakse materjalid ringlusest ja hävitatakse, isegi kui termiline kasutamine toodab vähemalt energiat (Hollins et al., 2017). Sellega seoses on tahkete olmejäätmete (MSW) käitlemine oluline osa ELi ringmajandusele ülemineku kavas.

Peamine väljakutse CE-s on kujundada arusaam, et jäätmeid ei tohiks vaadelda kui "probleemi", vaid kui "väärtuslikku ressursi". Põhiidee on hoida materjale ja tooteid nii kaua kui võimalik ja võimalikult kõrgel tootmis- ja tarbimissüsteemis, mis põhineb „... jagamisel, liisimisel, korduskasutamisel, parandamisel, uuendamisel ja ringlussevõtul (peaaegu) suletud ahelas ...”. (Bourguignon, 2016). Selle perspektiivi saavutamiseks peab MSW haldamine CE-s saama ringtootmis- ja tarbimismudeli lahutamatuks osaks, nagu on näidatud joonisel 25.

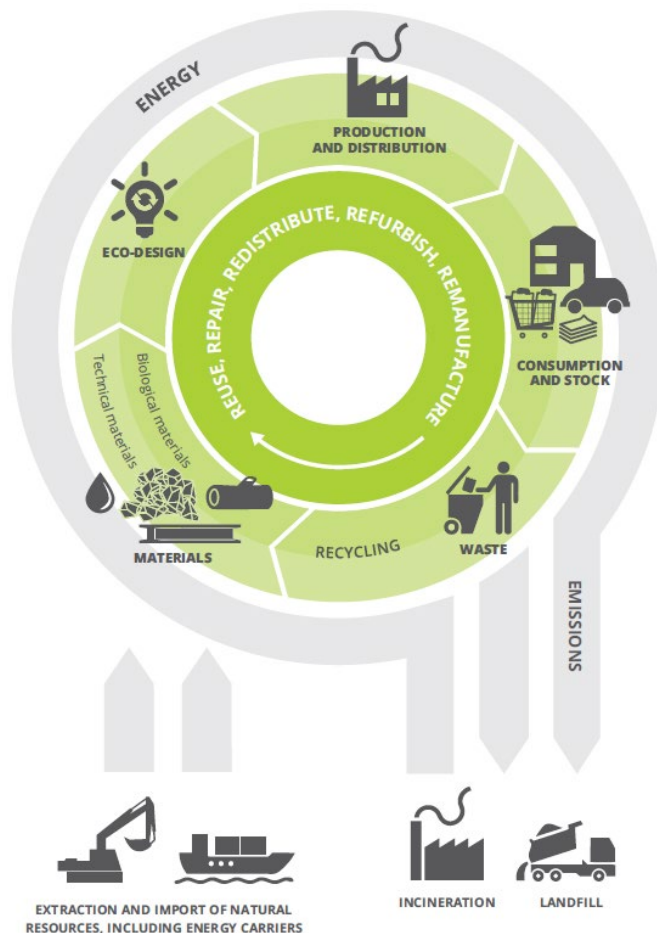


Figure 25: Materjalide ja energia ringmajanduse lihtsustatud mudel (Allikas: EEA, 2017).

Kooskõlas CE põhimõtetega on EL jäätmekäitluse aluseks jäätmete raamdirektiivi kohaselt viieastmeline "jäätmehierarhia", mis kehtestab jäätmete käitlemise ja kõrvaldamise eelisjärjekorra.

Jäätmetekke vältimine on seatud prioriteediks, kusjuures jäätmehierarhia kaudu on esmatähtis jäätmete vähendamine, millele järgneb väärtuslike ressursside eluea pikendamine korduskasutamise, parandamise, renoveerimise või ümbertöötlemise kaudu, mis on CE edendamisel kriitilise tähtsusega. Infrastruktuuri lukustusest tuleks üle saada, eriti kui nõudlus energia tootmise ja ringlussevõtu järele konkureerib taaskasutamise, parandamise ja uuendamise eelistamisega (Hollins et al., 2017). CE ei saa aga eksisteerida ilma toimivate sekundaarsete materjalide turgudeta, kuigi tänapäeval on esmatarbematerjalid paljudel juhtudel odavamad kui taaskasutatud materjalid (Silva Filho et al., 2021). Jäätmehierarhia kasutuselevõtt nihutas jäätmekäitlust suuremahuliste, väheväärtuslike materjalide töötlemiselt väikesemahuliste ja kõrge väärtusega materjalidele (Berg et al., 2020).

5.2 Poliitika ja instrumendid olmejäätmete käitlemisel ringmajanduses

2015. aastast tehtud tööle tuginedes võttis Euroopa Komisjon 11. märtsil 2020 vastu uue ringmajanduse tegevuskava, mis hõlmab kogu tsüklit alates tootmisest ja tarbimisest kuni jäätmekäitluse ja teise toorme turuni hõlmavaid meetmeid. Jäätmekäitluses on fookuses jäätmete täielik vältimine ning nende kujundamine kvaliteetseks ja hästi toimivaks teise toorme turuks. Selles suunas kehtestatakse tegevuskavas kogu ELi hõlmav ühtlustatud mudel jäätmete liigiti kogumiseks ja märgistamiseks ning esitatakse meetmed ELi jäätmete ekspordi minimeerimiseks ja ebaseaduslike saadetiste vastu võitlemiseks.

Tegevuskava sisaldab nelja seadusandlikku meetet, millega kehtestatakse uued jäätmekäitluse eesmärgid seoses korduskasutamise, ringlussevõtu ja prügilasse ladestamise, jäätmetekke vältimise ja tootja laiendatud vastutuse sätete tugevdamine ning eesmärkide määratluste, aruandluskohustuste ja arvutusmeetodite ühtlustamine.

Olulisemad ja hiljutised ¹³MSW haldamise ja CEga seotud õigusaktid on järgmised:

- COM(2020) 798/3, Ettepanek: Euroopa Parlamendi ja nõukogu määrus, mis käsitleb patareisid ja patareijäätmeid, millega tunnistatakse kehtetuks direktiiv 2006/66/EÜ ja muudetakse määrust (EL) nr 2019/1020
- KOM/2020/98 lõplik, Uus ringmajanduse tegevuskava puhtama ja konkurentsivõimelisema Euroopa nimel, komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, nõukogule, Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomiteele ning Regioonide Komiteele
- Komisjoni delegeeritud määrus (EL) 2020/2174, 19. oktoober 2020, millega muudetakse Euroopa Parlamendi ja nõukogu määruse (EÜ) nr 1013/2006 jäätmesaadetiste kohta IC, III, IIIA, IV, V, VII ja VIII lisa
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2019/904, 5. juuni 2019, teatavate plasttoodete keskkonnamõju vähendamise kohta
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2018/852, 30. mai 2018, millega muudetakse direktiivi 94/62/EÜ pakendite ja pakendijäätmete kohta
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2018/851, 30. mai 2018, millega muudetakse direktiivi 2008/98/EÜ jäätmete kohta

¹³Tuleb märkida, et ELi direktiivide, määruste, otsuste ja soovitude vahel on teatud erinevusi (https://europa.eu/european-union/law/legal-acts_en). Enamik ELi ringmajandust ja MSW käsitlevaid õigusakte koosneb direktiividest ja annab ELi liikmesriikidele palju võimalusi eesmärkide saavutamiseks ja rakendamise kiiruseks, jättes ülevõtmise riiklike seadusandjate hooleks.

- Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2018/850 , 30. mai 2018 , millega muudetakse direktiivi 1999/31/EÜ prügilate kohta
- Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2018/849, 30. mai 2018, millega muudetakse direktiive 2000/53/EÜ romusõidukite kohta, 2006/66/EÜ patareide ja akude ning patarei- ja akujäätmete kohta ning 2012/19. /EL elektri- ja elektroonikaseadmete jäätmete kohta
- COM(2017) 34 lõplik, *Jäätmete energiaks muutmise roll ringmajanduses* , Komisjoni teatis Euroopa Parlamendile, nõukogule, Euroopa Majandus- ja Sotsiaalkomiteele ning Regioonide Komiteele

Viimaste direktiivide ja nende muudatuste põhjal on kehtestatud järgmine ajakava:

- Biojäätmete liigiti kogumine 31.12.2023 ning kodumajapidamiste tekstiili- ja ohtlike jäätmete liigiti kogumine 1.1.2025
- Olmejäätmete korduskasutuseks ettevalmistamine ja ringlussevõtt vastavalt minimaalselt 55% massist aastaks 2025, 60% aastaks 2030 ja 65% aastaks 2035
- Pakendijäätmete ringlussevõtt vähemalt 65% 31. detsembriks 2025 ja 70% 31.12.2030
- Prügilasse ladestamise vähendamine maksimaalselt 10 protsendini tekkivatest olmejäätmetest aastaks 2035
- Ringlussevõtmiseks sobivate jäätmete prügilasse ladestamise keeld kehtib alates 2030. aastast
- Taaskasutusmäär materjali kohta aastaks 2025: Plastid: 50%; Puit: 25%; Mustmetallid: 70%; Alumiinium: 50%; Klaas: 70%; Paber ja papp: 75%
- Taaskasutusmäär materjali kohta aastaks 2030: plast: 55%, puit: 30%, mustmetallid: 80%, alumiinium: 60%, klaas: 75%, paber ja papp: 85%
- Kuni 3-liitriste plastpudelite eraldi kogumine, et saavutada 2029. aastaks 90% ringlussevõtt ja vahe-eesmärk 2025. aastaks 77%. Aastaks 2025 peaksid need pudelid sisaldama toorainena vähemalt 25% taaskasutatud plasti (PET-pudelite puhul) ja 30 % aastaks 2030 (kõikide pudelite puhul).

Eelnimetatud eesmärkide saavutamiseks kasutatakse Euroopa, piirkondlikul ja riiklikul tasandil erinevaid vahendeid (tabel 1).

Tabel 1: Euroopa, piirkondlikul ja riiklikul tasandil jäätmekäitluses kasutatavad poliitikavahendid

Poliitiline instrument Näited jäätmekäitlusest

Seadusandlus	Direktiivid ja määrused, mida kasutatakse:
	<ul style="list-style-type: none"> • seada eesmärgid ja aruandlusnõuded üksikutele jäätmevoogudele <ul style="list-style-type: none"> • (nt ringlussevõtu eesmärgid ja prügilate vähendamise eesmärgid) • luua laiendatud tootjavastutuse skeemid • luua majanduslikke vahendeid • soodustada paremat ökodisaini

<i>Majanduslikud stiimulid</i>	Ühtekuuluvusfondi kaudu toetatud investeeringud jäätmekogumise infrastruktuuri, teadus- ja arendustegevuse ning innovatsiooni rahastamine
<i>Turupõhised instrumendid</i>	Prügilamaks ja väravatasud, põletusmaks ja -tasud, kilekotimaksud; Pay As You Throw (PAYT) skeemid
<i>Teabenõuded</i>	Tarbijate taaskasutusinfo pakendite kohta, vabatahtlik jäätmetekkest aruandlus ja ettevõtete poolne sihtide seadmine
<i>Vabatahtlikud tööriistad</i>	Üldsuse teadlikkuse tõstmise kampaaniad, tööstuse vabatahtlikud kohustused, tootekujundus ja märgistamine (nt ELi ökomärgise kaudu), heade tavade teabe pakkumine, ettevõtete juhitud algatused

Üksikasjalikuma analüüsi jaoks on huvitatud lugejad BlockWASTE väljaandest “ [O1.A1 – Võrdlev uuring tahkete olmejäätmete \(MSW\) käitlemise eeskirjade kohta igas riigis](#) ”.

5.3 Digitaalsed tehnoloogiad olmejäätmete käitlemisel ringmajanduses

MSW haldamise sektori üleminek CE-le nõuab kahtlemata Tööstus 4.0 tehnoloogiate rakendamist, mis täiendavad või mõnel juhul asendavad praegu kasutusel olevaid tehnoloogiaid ja protsesse (Mastos et al., 2021). Tänapäeval on hästi tsiteeritud erinevad tehnoloogiad, mis on seotud peamiselt materjalivoogude taastamisega. Näiteks mehaanilise bioloogilise töötlemise (MBT) tehastes kasutatakse mehaanilisi sorteerimistehnoloogiaid, nt trummelekraane, püsimgnetilisi ja elektromagnetilisi pöörisvooluseparaatoreid, flotatsioonipaake, röntgeni- ja infrapuna- või lähinfrapuna- (NIR) andureid jne. segajäätmed, et eraldada tehnilised materjalid ja bioloogiline faas ning piirata prügilasse ladestamiseks jäetavat jääkogust. Vastavalt oma konfiguratsioonile suudavad MBT-tehased pakkuda nõutavat ringlussevõtu, taaskasutamise ja biolaguneva ümbersuunamise jõudlust. Sarnaseid sorteerimistehnoloogiaid kasutatakse kergpakendite ja plasti sorteerimistehastes. Kergpakenditehased saavad sorteerida ja klassifitseerida erinevat tüüpi pakendijäätmeid, mis on kogutud segatud ringlussevõtuvoogudena, ning plasti sorteerimistehased saavad sorteerida erinevat tüüpi ja erinevat sorti plastpolümeere (Hollins et al., 2017). Lisaks eraldamisele on olemas väljakujunenud ringlussevõtu tehnoloogiad tehniliste materjalide, näiteks klaasi, alumiiniumi, terase ja isegi plasti (peamiselt PET ja HDPE) töötlemiseks ja ringlussevõtuks. Näiteks plastide puhul kasutatakse tavaliselt mehaanilist ringlussevõttu, samas kui saasteainete eemaldamiseks ja taaskasutatud plasti muutmiseks toidukõlblikeks polümeerideks (Hollins et al., 2017) tekivad keerukamad tehnoloogiad. Lõpuks on kasutusel erinevad tehnoloogiad biojäätmetest väärtuse (üldisemas mõttes) loomiseks, nagu anaeroobne kääritamine, kompostimine ja väärtustamine (kuigi paljud jäätmete väärdamise tehnoloogiad on tekkimas ja neid ei kasutata praegu laialdaselt). Tuleb aga märkida, et olenemata kasutatavatest tehnoloogiatega nõuab CE eesmärkide kvalitatiivne ja kvantitatiivne parandamine – suuremal või vähemal määral – jäätmevoogude eraldi kogumist. Seetõttu on eraldi kogumist rõhutanud ja nõutavad vastavad õigusaktid.

Neljas ^{tööstusrevolutsioon} (Industry 4.0) peaks aitama mitmel viisil kaasa tahkete jäätmete paremale haldamisele CE kontekstis. Berg et al. (2020) tõid välja kolm peamist HSW haldamise digitaliseerimise valdkonda: side, jäätmete kogumine ja sisemised protsessid (tabel 2).

Tabel 2: Peamised digitaliseerimise valdkonnad MSW haldamisel

Suhtlemine	Jäätmete kogumine	Sisemised protsessid
Veebisaidid	Anduritega varustatud sõidukid	Arveldamine
Mobiilirakendused	Marsruudi planeerimine	Raamatupidamine
Integreerimine teistesse teenustesse	Ressursside planeerimine	Kontrollimine
Kolmanda osapoole sotsiaalmeedia rakendused	Varude jälgimine	Tellimuste protsess
	Dokumentatsioon	Dokumentatsioon

(Allikas: Berg et al., 2020)

Berg et al. (2020) väidavad, et jäätmetööstust mõjutavad peamiselt kuus digitaaltehnooloogiat:

- Robotika: see võimaldab toota kõrge puhtusastmega jäätmevooge ning hõlbustab kogumisprotsessi ja jäätmekäitlusega seotud logistikat.
- Asjade internet (IoT): see parandab logistikat anduritoega prügikastide ja konteinerite, dokumentide elektroonilise töötlemise ja jäätmeveokite võrgustamise kaudu.
- Pilvandmetöötlus: see võib aidata andurite andmete salvestamisel ja töötlemisel või tarkvaralahenduste haldamisel, kogumisel, haldamisel ja dokumenteerimisel.
- Tehisintellekt ja närvivõrgud: AI ja NN võivad pakkuda lahendusi rakenduste sortimisel pildituvastuse, autonoomsete sõidukite ja pühkimisrobotite kasutamise kaudu, jäätmekogumise optimeerimisel, klienditeeninduses, kodanike teabeteenustes jne.
- Andmeanalüütika: toetab jäätmekogumisautode utiliseerimist, automaatsorteerimistehaste andurite andmete hindamist, jäätme põletustehaste juhtimist, jäätmekoguste ja materjalivoogude registreerimist jne.
- Hajutatud pearaamatu tehnoloogia ("Blockchain"): see hõlbustab materjalivoogude jälgimist ning materjalide ja toodete andmete edastamist tarneahelas, kuna toote elutsükkel salvestatakse plokiahelasse.

Mavropoulos ja Nilsen (2020) mainivad, et digipööre on jäätmekäitlust vähemalt mingil määral juba muutnud. Näiteks viimastel aastatel pakuvad GPS-jälgijad logistilist tööd reaalajas teabega jäätmeveokite ja konteinerite kohta. Andurid mõõdavad prügikastides ja konteinerites jäätmekoguseid, luues uusi võimalusi marsruudi optimeerimiseks. Robotid, skannerid ja optilised tuvastusalgoritmid leiavad oma tee automaatselt MSW sorteerimisseadmetes. Newton (2021) juhib tähelepanu sellele, et tööstus 4.0 uuendused toovad jäätmekäitlusektoris olulisi edusamme, tuvastades jäätmeallikad ja -mustrid, hoides jäätmeinfrastruktuuri parimas seisukorras ja vähendades energiatarbimist muu hulgas asjade Interneti andurite ja andmeanalüütiliste algoritmide kaudu. Jamrozik (2019) toob näite New Yorgist, kus reaalajas jälgimise ja teavitustega asjade Interneti-põhised prügikastid suutsid suurendada prügi kogumahtu ligi 200% ja samal ajal vähendada prügikasti kogumise sagedust. 50%.

6 Viited ja allikad edasiseks lugemiseks ja teabeks

6.1 Viited

- Atalia KR, Buha DM, Bhavsar KA, Shah NK, (2015). Ülevaade tahkete olmejäätmete kompostimisest. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT). e-ISSN: 2319-2402,p- ISSN: 2319-2399.9. köide, 5. väljaanne Ver. I (mai 2015), PP 20-29. DOI: 10.9790/2402-095 12029
- Berg, H., Sebestyén, J., Bendix, Pp, Le Blevenec, K., Vrancken, K. (2020). Digitaalne jäätmekäitlus, Eioneti aruanne – ETC/WMGE 2020/4, Euroopa teemakeskus Jäätmed ja materjalid rohelises majanduses, Mol, Belgia.
- Bourguignon, D. (2016). Silmuse sulgemine: uus ringmajanduse pakett. Euroopa Parlamendi uurimisteenistus (EPRS), Briefing Euroopa Parlamendile. (https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI%282016%29573899_EN.pdf) Kasutatud 30. september 2021
- Caparrós-Pérez D. (2017). Säästlike territooriumide loomise teostatavus. Materjalide ja ehitussüsteemide ökotõhus rakendamine linnaarenduses ja rehabilitatsioonis.
- CEWEP, (2021). Ülevaade prügilamaksudest ja keeldudest EL liikmesriikides. Saadaval aadressil: <https://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2021/10/Landfill-taxes-and-bans-overview.pdf>
- Ciuta, S., Apostol, T. & Rusu, Valentin. (2015). Linna- ja maapiirkondade MSW voo iseloomustus eraldi kogumise parandamiseks. Jätksuutlikkus. 7. 916-931. 10,3390/su7010916. (https://www.researchgate.net/publication/271528610_Urban_and_Rural_MSW_Stream_Characterization_for_Separate_Collection_Improvement) Kasutatud 2021. aasta septembris.
- Davies, S. 1894. aasta suur hobuse-sõnnikukriis | Stephen Davies <https://fee.org/articles/the-great-horse-manure-crisis-of-1894/> (vaadatud 13. veebruaril 2020)
- EK, (2022). Prügilajäätmed. Saadaval aadressil: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/landfill-waste_en
- EEA, (2021). Jäätmete suunamine prügilatest Euroopas. Euroopa Keskkonnaagentuur. Saadaval aadressil: <https://www.eea.europa.eu/ims/diversion-of-waste-from-landfill>
- EEA, (2022). Jäätmete taaskasutamine Euroopas. Saadaval aadressil: <https://www.eea.europa.eu/ims/waste-recycling-in-europe>
- EESI, (2017). Teabeleht Biogaas: jäätmete energiaks muutmine. Saadaval aadressil: <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-biogasconverting-waste-to-energy>
- EREF, (2022). Tahkete olmejäätmete prügilasse ladestamise tutvustus. Saadaval aadressil: <https://erfdn.org/introduction-municipal-solid-waste-landfilling-2/>
- Ergene Şentürk, D., & Alp, E. (2016). Türgis kontrollimatute prügilate sulgemise kavandamine keskkonnamõtjude vähendamiseks, jäätmekäitlus ja teadusuuringud: Rahvusvahelise Tahkejäätmete ja Ühiskondliku Puhastuse Assotsiatsiooni ajakiri, ISWA, 34(11), 1173–1183, <https://doi.org/10.1177/0734242X16665915>.

- Euroopa Komisjon COM(2017) 34. Jäätmete energiaks muutmise roll ringmajanduses. Saadaval aadressil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0034&from=EN#footnote17>
- Euroopa Komisjon, (2022). Jäätmete vältimine ja käitlemine. Saadaval aadressil: https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm
- Euroopa Keskkonnaagentuur (2017). Kujunduselt ringkiri. Tooted ringmajanduses. EEA aruanne nr 6/2017, Kopenhaagen (<https://www.eea.europa.eu/publications/circular-by-design>) Kasutatud 29. september 2021
- Euroopa Liit, nõukogu direktiiv 1999/31/EÜ, 26. aprill 1999, prügilate kohta (<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/31/oj>)
- Euroopa Liit, Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv (EL) 2018/851, 30. mai 2018, millega muudetakse direktiivi 2008/98/EÜ jäätmete kohta (EMPs kohaldatav tekst) (<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj>)
- Eurostat (2021). Olmejäätmete statistika. (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics) Kasutatud 20. jaanuaril 2022.
- Eurostat (2022). Jäätmete tekkimine jäätmekategoriate, ohtlikkuse ja NACE Rev. 2 tegevusalade järgi (http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?lang=en&dataset=env_wasgen) Kasutatud 29. jaanuaril 2022.
- Eurostat, (2022). Olmejäätmete statistika. Saadaval aadressil: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics
- Hollins, O., Lee, P., Sims, E., Bertham, O., Symington, H., Bell, N., Pfaltzgraff, L. ja Sjögren, P. (2017). Ringmajanduse suunas – jäätmekäitlus ELis. Euroopa Parlament. (https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2017/581913/EPRS_STU%282017%29581913_EN.pdf) Kasutatud 29. septembril 2021
- Hunt, RG et al., (1990). Prügikastides ja prügilates olevate MSW ja valitud komponentide mahu hinnangud. Franklin Associates, Ltd. tahkejäätmete lahenduste nõukogu prügiprojektiga.
- Jamrozik, N. (2019). Tark jäätmekäitlus (<https://medium.com/@NadJam/smart-waste-management-17db1bd5bc6b#:>) Kasutatud 16. novembril 2021
- Kaljužnõi, Sergey & Epov, A & Sormunen, Kai & Kettunen, R & Rintala, Jukka & Privalenko, V & Nozhevnikova, Alla & Pender, S & Colleran, E. (2003). Venemaa, Soome ja Iirimaa töötavate ja suletud prügilate hetkeseisu hindamine veereostuse ja metaani emissiooni osas. Veeteadus ja -tehnoloogia: Rahvusvahelise Veereostuse Uurimise Assotsiatsiooni ajakiri. 48. 37–44 (<https://iwaponline.com/wst/article-abstract/48/4/37/10950/Evaluation-of-the-current-status-of-operating-and?redirectedFrom=fulltext>).
- Kaza S., Yao, L., Perinaz Bhada-Tata, P. ja Van Woerden, F. (2018). Milline raiskamine 2.0. Ülemaailmne ülevaade tahkete jäätmete käitlemisest aastani 2050. Maailmapanga

- grupp. (<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>) Kasutatud 15. septembril 2021.
- Klundert, A. van de, Anschutz, J. (2001) Integreeritud säästev jäätmekäitlus – kontseptsioon. Gouda, 2001, 44 lk.
- Mastos, TD, Nizamis, A., Terzi, S., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Tsagkalidis, N., Ioannidis, D., Votis, K. ja Tzovaras, D. (2021). Tutvustame valdkondliku 4.0 lahenduse rakendust tarneahela ringjuhtimiseks. Journal of Cleaner Production, 300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126886>
- Mavropoulos, A., (2015). Wasted Health: traagiline prügimägede juhtum, ISWA (https://www.researchgate.net/publication/281774422_Wasted_Health_the_tragic_case_of_dumpsites). Vaadatud 25. jaanuaril 2022.
- Mavropoulos, A. ja Nilsen, AW (2020). Tööstus 4.0 ja ringmajandus: raiskava tuleviku või raiskava planeedi poole?. International Solid Waste Association Series, Wiley, New York, lk 448.
- Newton, E. (2021). Kuidas Tööstus 4.0 jäätmetööstust optimeerib? The IOT Magazine (<https://theiotmagazine.com/how-is-industry-4-0-optimizing-the-waste-industry-bfd4d35770f4>) Kasutatud 15. detsembril 2021
- Shaoli De, Biswajit Debnath, (2016). Tahkete jäätmete kõrvaldamisega seotud terviseohtude levimus – Kolkata, India juhtumiuuring, Procedia Environmental Sciences, 35. köide, lk 201-208, ISSN 1878-0296, <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.081>.
- Sharma, KD ja Jain, S. (2020), "Tahkete jäätmete teke, koostis ja käitlemine: globaalne stsenaarium", Social Responsibility Journal, Vol. 16 nr 6, lk 917–948. <https://doi.org/10.1108/SRJ-06-2019-0210>
- Silva Filho, C. RV, Appelqvist, B. ja Woolridge, A. (2021). Jäätmemajandussektori tulevik - kümnenädi 2021-2030 trendid, võimalused ja väljakutsed. International Solid Waste Association – ISWA. (<https://www.iswa.org/wp-content/uploads/2021/10/ISWA-The-Future-of-Waste-Management-1.pdf>) Kasutatud 15. novembril 2021
- STOA, (2017). Ringmajanduse suunas – jäätmekäitlus ELis. Teaduse ja tehnoloogia valikute hindamine. EPRS/Euroopa Parlamendi uurimisteenistus. 140 lk doi: 10.2861/978568
- Tamiru, A., (2001). Kontrollimatu jäätmete kõrvaldamise mõju pinnavee kvaliteedile Addis Abebas, Etioopia, SINET: Ethiopian Journal of Science, Vol. 24 nr 1, <https://doi.org/10.4314/sinet.v24i1.18177>
- Tchobanoglous, G. ja Kreith, F. (2002). Tahkejäätmete käitlemise käsiraamat. 2. väljaanne, McGraw Hilli käsiraamatud. New York.
- USA Keskkonnakaitseagentuur (1998). Tahkete olmejäätmete iseloomustus Ameerika Ühendriikides: 1997. aasta värskendus, Tahkejäätmete munitsipaal- ja tööstusjäätmete osakond, aruanne nr EPA530-R-98-007.
- Vinti G, Bauza V, Clasen T, Medlicott K, Tudor T, Zurbrugg C, Vaccari M., (2021). Tahkete olmejäätmete käitlemine ja tervisele kahjulikud tulemused: süstemaatiline ülevaade. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(8):4331. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084331>.

Wagner, Jean-Frank & Rettenberger, G & Reinert, P. (2007). Kaasaegne prügilatehnoloogia – mehaaniliselt-bioloogiliselt eeltöödeldud jäätmete prügila käitumine, Proceedings Sardinia 2007, 11th International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Itaalia, 1.–5. oktoober 2007 (https://www.researchgate.net/publication/267996591_MODERN_LANDFILL_TECHNOLOGY_-_LANDFILL_BEHAVIOR_OF_MECHANICAL-BIOLOGICAL_PRE-TREATED_WASTE).

Warell, WA & Vesilind, PA, (2012). Tahkejäätmete tehnika teine väljaanne. Cengage Learning. ISBN-13: 978-1-4390-6215-9.

Jäätmete raamdirektiiv, (2008). Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2008/98/EÜ, 19. november 2008, jäätmete ja teatavate direktiivide kehtetuks tunnistamise kohta (EMPs kohaldatav tekst). Saadaval aadressil: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>

Zbicinski, I., Stavenuiter, J., Kozlovska, B., van de Coevering, H., (2006). Toote disain ja olelusringi hindamine. The Baltic University Press © 2006. Trükkitud Nina Tryckeri, Uppsala 2006. ISBN 91-975526-2-3

Ziraba, AK, Haregu, TN ja Mberu, B., (2016). Ülevaade ja raamistik, et mõista halva tahkete jäätmete käitlemise võimalikku mõju tervisele arengumaades. Arch Public Health 74, 55, <https://doi.org/10.1186/s13690-016-0166-4>.

6.2 Täiendavad allikad

Videod

Veebiseminar: Sissejuhatus nutikasse jäätmekäitlusse | WasteHero:

<https://www.youtube.com/channel/UCbKk5uAsVfRmkJLOg0DsdXQ>

ja tahkete jäätmete käitlemine: <https://www.youtube.com/watch?v=1UePkisQgJs>

Ringmajandus jäätmekäitluses: <https://www.youtube.com/watch?v=fpDrUwd1uq4>

Kas ringmajandus võib prügikast aegunuks muuta?:

https://www.youtube.com/watch?v=JgcWmE_2T6Q

Ringmajanduse suunas – jäätmekäitlus ELis:

https://www.youtube.com/watch?v=8pxM0_uRzbE

Jäätmekäitlus ja ringmajandus POLIMIs (1. osa):

https://www.youtube.com/watch?v=yQJOkBEJhQc&list=RDCMUcOKtBGblWkIkE-Kif-S0Fvg&start_radio=1&rv=yQJOkBEJhQc&t=36

Jäätmekäitlus 4.0 ja tehnilised suundumused – jäätmemöötmise, mida toetab tehisintellekt:

<https://www.youtube.com/watch?v=H95YRZydiig>

Taaskasutusrobotid – ettevõtted pöörduvad taaskasutatavate materjalide ja jäätmete sortimiseks robotite poole – jäätmerobotika:

<https://www.youtube.com/watch?v=QbKA9uNgzYQ>

Robootika ja tehisintellekti innovatsioonivõrgustik | RAI kasutamine jäätmekäitluse

toetamiseks: <https://www.youtube.com/watch?v=Yl62S5BU178>

Juhtumiuuring: IoT-põhine jäätmekäitlus Santanderi targa linna jaoks:

<https://www.youtube.com/watch?v=lmk9kMO4MsY>

Uudne IOT-l ja tehisintellektil põhinev nutikas jäätmekäitlussüsteem:

<https://www.youtube.com/watch?v=WVWyvcisdIA>

Prügila nõrgvee keskkonnamõjud: <https://www.youtube.com/watch?v=QYBvntdO6YM>

Kuidas prügilat töötab? <https://www.youtube.com/watch?v=n8KdoMYWnE>

Õppige prügilagaasi tootmise põhimõtteid:

<https://www.youtube.com/watch?v=p-CQqXf5N4E>

Kuidas prügilatest gaase ja vedelikke ära juhitakse: https://www.youtube.com/watch?v=QHWxQgbmo_k

Jäätmete põletamise eelised ja puudused:

<https://www.youtube.com/watch?v=6vzcbgBAewU>

Ringlussevõtu mõjud ja piirangud:

<https://www.youtube.com/watch?v=1biGAcRIM3I>

Mis jäätmed 2.0: kõik, mida peaksite tahkejäätmete käitlemisest teadma:

<https://www.youtube.com/watch?v=1CSm4GG2VrU>

Miks me ei võiks oma prügi lihtsalt põletada?:

<https://www.youtube.com/watch?v=OPVUrO-7SM>

Video jäätmehierarhiast:

<https://www.youtube.com/watch?v=LaT07IeDVR4>

Prügilate lühitutvustus:

<https://youtu.be/2Ot2C4FKzts>

Orgaaniliste ainete lagunemine prügilas:

<https://youtu.be/A2J74wxQ9-4>

Prügilala nõrgvesi:

<https://youtu.be/C-j1jGB8CiM>

Prügilagaas:

<https://youtu.be/8z7IbX5CSQo>

Jäätmed energiaks – protsessi selgitus:

<https://youtu.be/DROZUstnsnw>

Jäätmed energiaks: SYSAV-i tehases Malmös, Rootsis:

https://youtu.be/I8_i1gU3gRg

Jääkidest energiaks pürolüüsi muundamise protsess:

<https://youtu.be/7P5WF53KfdI>

Jäätmed energiaks täiustatud gaasistamise teel:

<https://youtu.be/vVvCEkKxWs0>

Dirk Lechtenbergi loeng "RDF tahketest olmejäätmetest": <https://youtu.be/MwT3lepTFag>

Orgaaniliste jäätmete töötlemine (18 videot) on saadaval:
https://youtube.com/playlist?list=PLNG_YQG6XtkXxCFHJCy2APfkxYJwsrRrj

Olmejäätmete taaskasutamine:

<https://youtu.be/bxF3-wdxUKk>

Lineaarne majandusmudel:

<https://youtu.be/eETqWSDwCh4>

Ringmajanduse selgitamine ja kuidas ühiskond saab edusamme ümber mõelda |
Animeeritud videoessee: <https://youtu.be/zCRKvDyyHml>

Ringmajandus: peale ringlussevõtu:

<https://youtu.be/eOgX xTj5kGk>

Mis on lineaarne majandusmudel?

https://youtu.be/q_6GalOImPc

Lineaarse vs ringmajanduse määratlemine:

https://youtu.be/ff_H07BrJOE

Kuidas liikuda lineaarselt majanduselt ringmajandusele:

<https://youtu.be/ECHIWnSvklo>

ELi poliitika, õigusaktid ja vahendid

Ringmajanduse tegevuskava: https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_en

Jäätmed ja ringlussevõtt: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling_en

Jäätmete raamdirektiiv: https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en

Silmuse sulgemine – ELi ringmajanduse tegevuskava COM/2015/0614 lõplik:
https://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2_015-0614-final

Ringmajanduse seireraamistik: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators/monitoring-framework>

Euroopa Komisjon. Euroopa Ühenduste Komisjon. Teatis nr 398, 2014. Ringmajanduse poole: Euroopa jäätmevaba programm; KOM nr. 398; Euroopa Komisjon: Brüssel, Belgia, 2014.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52014DC0398>

Euroopa Komisjon. Euroopa Ühenduste Komisjon. Teatis nr 614, 2015. Silmuse sulgemine – EL ringmajanduse tegevuskava; COMno. 614; Euroopa Komisjon: Brüssel, Belgia, 2015.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>

- Euroopa Komisjon. KOMISJONI ARUANNE EUROOPA PARLAMENDILE, NÕUKOGULE, EUROOPA MAJANDUS- JA SOTSIAALKOMITEELE NING REGIOONIDE KOMITEELE (COM/2017/033 lõplik) - Ringmajanduse meetme rakendamise kohta, 2017. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017DC0033&qid=1524125695611>
- Euroopa Komisjon. Euroopa Ühenduste Komisjon. teatis nr 29, 2018. Ringmajanduse seireraamistik; KOM nr. 29; Euroopa Komisjon: Brüssel, Belgia, 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2018%3A29%3AFIN>
- Euroopa Komisjon. Euroopa Ühenduste Komisjon. Teatis nr 98, 2020. Uus ringmajanduse tegevuskava puhtamaks ja konkurentsivõimelisemaks Euroopaks; KOM nr. 98; Euroopa Komisjon: Brüssel, Belgia, 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- Euroopa Komisjon. Jäätmeseadus. https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-law_en
- Toorainetarbimise majanduslike ja keskkonnamõjude modelleerimise uuring: https://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/RMC.pdf

Raamatud/Paberid/Aruanded

- Berg, H., Bendix, P., Jansen, M., Le Blévenec, K., Bottermann, P., Magnus-Melgar, M., Pohjalainen, E. ja Wahlström, M. (2021). Tööstus 4.0 potentsiaali vabastamine tootmise keskkonnamõju vähendamisel, Eioneti aruanne - - ETC/WMGE 2021/5, Euroopa teemakeskus Jäätmed ja materjalid rohelises majanduses, Mol, Belgia. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/unlocking-the-potential-of-industry-4-0-to-reduce-the-environmental-impact-of-production/@@download/file/Final%20for%20website.pdf>
- Euroopa Keskkonnaagentuur – EEA (2016). Olmejäätmete käitlemine Euroopa riikides. Euroopa Keskkonnaagentuur. <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/municipal-waste>
- Euroopa Keskkonnaagentuur (2016). Vähemast rohkem – materjaliressursside tõhusus Euroopas. 2015. aasta ülevaade poliitikast, vahenditest ja eesmärkidest 32 riigis, EEA aruanne, nr 10/2016. <https://www.eea.europa.eu/publications/more-from-less>
- Euroopa Keskkonnaagentuur – EEA (2020). Jäätmekäitluse. Euroopa Keskkonnaagentuur. <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-management/waste-management>
- Euroopa Keskkonnaagentuur – EEA (2020). Olmejäätmete taaskasutamine. Euroopa Keskkonnaagentuur. https://www.eea.europa.eu/a_irs/2018/resource-efficiency-and-low-carbon-economy/recycling-of-municipal-waste
- Euroopa Keskkonnabüroo – EEB (2018). Ringmajandusse panustava ELi tootepoliitika raamistiku poole. <https://eeb.org/publications/79/resource-efficiency/89942/briefing-on-the-eu-product-policy-framework.pdf>
- ISWA (2019). Kuidas tööstus 4.0 jäätmesektorit muudab, International Solid Waste Association. https://www.pac.gr/bcm/uploads/ind_4-0_final_compressed_web.pdf

World Business Council for Sustainable Development – WBCSD (2018). LINEARSED RISKID.
https://docs.wbcsd.org/2018/06/linear_risk_report.pdf

Muud allikad

<https://www.epa.gov/landfills/municipal-solid-waste-landfills#whatis>

<https://nepis.epa.gov/nepis/qfieldmonth=&qfieldday=&useqfield=&intqfieldop=0&extqfieldop=0&xmlquery=&fail=&d%3a%5czyfiles%5CinDex%20Data%5C76THRU80%5CTXT%5C00000004%5C00000004%5C2000Q3ZF.TXT&Paroold=&Paroold=&Paroolid=Anonoyous=Anonoyous=Anonoyous=&r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Tulemused%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1>

https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-01/documents/msw_infographic_jan2021-sm.pdf

<https://www.eea.europa.eu/soer/2015/countries-comparison/waste>

<https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>

<https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/challenges-to-the-solid-waste-sector.html>

<https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends-in-solid-waste-management.html>

<https://www.iswa.org/climate-change-and-waste-management/?v=f214a7d42e0d>

<https://www.colorado.edu/center/2021/04/15/hidden-damage-landfills>

<https://www.epa.gov/report-environment/wastes>

https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/climate_change_xsum.pdf

<https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-018-0175-y>

Maaailma Terviseorganisatsioon (2021). Tahked jäätmed. In: WHO ja teiste ÜRO tervise- ja keskkonnajuhiste kogumik, Genf. (https://cdn.who.int/media/docs/default-source/who-compendium-on-health-and-environment/who_compendium_chapter4_v2_01092021.pdf?sfvrsn=b4e99edc_5). Vaadatud 26. jaanuaril 2022.

EL-i riikides tekkinud olmejäätmed (kg/elanik) aastatel 2005 ja 2020

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/policy-context>

„Generation Awake” – Euroopa Komisjoni teadlikkuse tõstmise kampaania ressursitõhususe kohta: https://ec.europa.eu/environment/generationawake/index_en.htm

Näide hoiuste süsteemist Eestis: <https://eestipandipakend.ee/et/kuidas-deposiidisüsteem-work/>

Keskkonnauuringute ja -hariduse sihtasutus (EREF) – Sissejuhatus tahkete olmejäätmete prügilasse: <https://erefdn.org/introduction-municipal-solid-waste-landfilling-2/>

Eioneti portaal – Euroopa jäätmepeletusvõimsuse ja jäätmesaadetiste hindamine: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-wmge/products/etc-wmge-reports/assessment-of-waste-incineration-capacity-ja-jäätmesaadetised-euroopas>

Springer Link – tahketest olmejäätmetest energia taaskasutamise staatus ja võimalused Euroopas: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12649-018-0297-7>

Biojäätmed Euroopas – <https://www.compostnetwork.info/policy/biowaste-in-europe/>

Ringlussevõtu suurendamise põhjus: ringlussevõtu potentsiaali hindamine Euroopas: <https://www.eea.europa.eu/publications/the-case-for-increasing-re-cycling>

Taaskasutuspiirangud 2020: <https://trinomics.eu/project/2119-limits-of-recycling/>

Integreeritud jäätmekäitlus targa linna jaoks: <https://www.classcentral.com/course/youtube-integrated-waste-management-for-a-smart-city-47757/classroom>