

TALLINNA ÜLIKOOL
Digitehnoloogiaste instituut
IT juhtimine

Reaalajamajanduse juurutamisest Eesti jäätmeäitluses

Magistritöö

Autor: Lauri Toomsalu

Juhendaja: Peeter Normak

Kaasjuhendaja: Alar Valdmann

Tallinn 2023

Sisukord

Lühendid ja mõisted	3
Sissejuhatus	6
1. Eesti ja Euroopa jäätmekäitlussektor ja selles kasutatavad tehnoloogiad	10
1.1. Eesti jäätmete taaskasutus ja ringmajandus	10
1.2. Eesti jäätmekäitluse andmete edastus ja korraldus	13
1.3. Jäätmekäitluses kasutatavad infotehnoloogilised ja reaalamajanduse lahendused	18
1.4. Riikide ja linnade tehnoloogilised kasutuspraktikad jäätmekäitluses	26
1.5. Sensorite ja akude ohtlikkus reaalamajanduses	28
1.6. Reaalamajandus, tööstus 4.0 ja tööstus 5.0 käsitlused	29
2. Metoodika ja uuringudisain	32
3. Tulemused	36
4. Järeldused ja ettepanekud	42
Kokkuvõte	48
Summary	50
Kasutatud kirjandus ja allikad	53
Lisa 1 – Intervjuu küsimused IT- ja arendusjuhtidele, avalik sektor	59
Lisa 2 – intervjuu küsimused erasektor, jäätmekäitlejad	59
Lisa 3 – intervjuu ankeet reaalamajanduse projektijuhtidele, avalik sektor	60

Lühendid ja mõisted

RTE – *Real time economy* ehk reaalamajandus on digitaalne ökosüsteem, kus toimuvad tehingud erinevate majanduses tegutsevate osapoolte vahel kas reaalajas või reaalajalähedaselt ja automatiseeritud, standardiseeritud, struktureeritud ja masinloetava andmestiku abil (Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, 2019).

Andmeedastusstandard - reeglite kogum, mis kindlustab andmete edastamise kui ühesuunalise protsessi ühese mõistetavuse (ingl *data exchange standard*). Oluline osa on metaandmetel, mis kirjeldavad edastatavat andmehulka (Tartu Ülikool, 1996).

Taaskasutus - protsess, mille jooksul tehakse kasutatud materjalidest uued tooted, et vältida toormaterjalide kasutamist. Eesmärgid on vähendada looduse saastamist, prügimägede tekkimist ja energia kasutamist (Keskkonnaharidus, 2020).

Pakendijäätmete ringlussevõtt – Jäätmete ringlussevõtt on jäätmetes sisalduva materjali töötlemine eesmärgiga kasutada materjali kas esialgsel või muul otstarbel (Pakendiseadus, 2004).

JSON – (ingl *JavaScript Object Notation*), lihtne andmevahetusvorming, mis põhineb JavaScripti alamhulgal. Hõlbus inimlugemiseks ja -kirjutuseks (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2023).

XML – (ingl *Extensible Markup Language*), platvormist sõltumatu märgistuskeel, mis on inim- ja masinloetavate vormingute genereerimiseks, struktureeritud andmeid sisaldavatele tekstidele (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2023).

XBRL - (ingl *eXtensible Business Reporting Language*), on XML-põhine infoedastusplatvorm, mis on mõeldud äri- ja rahandusinfo edastamiseks, töötlemiseks ning analüüsimiseks. See on avatud standard, mille kasutajatelt ei nõuta litsentsitasu (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2023).

Asjade internet – (ingl *Internet of things* ehk *IoT*) Interneti pealivõrk nutiseadmete ühendamiseks (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2023).

XBRL GL - info edastamise struktureeritud XML-põhine formaat, mis sobib äri- ja rahandusinfo kiiremaks, tõhusamaks ja väiksemate kuludega edastamiseks, töötlemiseks ja analüüsimiseks (Statistikaamet, kuupäev puudub).

OpenAPI - (ingl *open application programming interface*) omandarkvara rakendusliides, mis võimaldab välise programmeerija juurdepääsu, tavaliselt avaldatakse internetis ja jagatakse tasuta (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2019)

SOAP - (ingl *simple object access protocol*) üks veebiteenuste alusstandardeid, algselt protseduuride kaugkutseks määratud protokoll platvormist sõltumatuks XML-sõnumite vahetuseks hajuskeskkonnas, eeskätt Interneti kaudu mingi rakenduskihiprotokolliga, näiteks SMTP, FTP, enamasti HTTP (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2019).

WSDL - (ingl *Web Services Description Language*) XML-vormingus kirjutatud teabefail, mida haldab W3C.org. Pakub internetis või muus võrgus "portide" või võrgu lõpp-punktide kirjeldusi, kasutatakse sageli andmevoogude ja rakenduste kaugjuurdepääsu spetsifikatsioonide avaldamiseks (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2023).

API – rakendusprogrammiliides (ingl *application programming interface*). Reeglid ja vahendid rakendusprogrammi suhtluseks: operatsioonisüsteemiga, andmebaasihalduse süsteemiga, sideprotokolliga. See on rakendusliides, mis määrab suhtlusvormingud (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2023).

Dashboard – töölaud, mida üldiselt kasutatakse mingi teabe visualiseerimiseks või täiendava teabe edastamiseks, nt statistika avaldamise ja kuvamise töölaud.

RFID – (ingl *radio frequency identification*) raadiosageduslik identifitseerimine (Andmekaitse ja infoturbe leksikon, 2023).

Tööstus 4.0 - hõlmab andmevahetusprotsessi automatiseerimist ja tootmissüsteeme, integreerides asjade interneti (ingl *internet of things* ehk IoT) pilvandmetöötlemisega. Tööstus 4.0 sisaldab endas erinevaid tehnoloogiaid. Koostööpõhine tootearendus, pilvepõhine andmetöötlus, asjade internet, ettevõtte ressursside planeerimine (ERP), teave- ja sidetehnoloogia (IKT), raadiosagedustuvastus (RFID) jne (Fatimah.A, 2020).

Tööstus 5.0 - järgmine tööstuslik areng, mille eesmärk on võimendada inimeste loovust ekspertide koostöös tõhusate, intelligentsete ja täpsete masinatega, et saavutada ressursitõhusus ja tekitada kasutajate eelistatud tootmislahendused võrreldes tööstus 4.0-ga (Maddikunta et al., 2022).

X-tee - andmevahetuse platvorm, mis võimaldab turvaliselt asutuste vahel teavet pärida ja vahetada (X-tee, 2017).

Innosprint - disaini protsessil põhinev lähenemine, kus viie päevaga jõutakse probleemi defineerimisest kasutajate peal testitud lahenduseni (Riigikantselei, 2022). Need 5 päeva jagunevad pikema perioodi peale.

B2B – (ingl *business to business*), ühelt ettevõttelt teisele ettevõttele

B2G – (ingl *business to government*), ettevõttelt riigile

KOTKAS – Eesti keskkonnaotsuste infosüsteem (Keskkonnaamet, 2023)

Jäätmeandmed – andmed, mis tekivad jäätmekäitlustegevuse tulemusena

Sissejuhatus

Magistritöö autor on valinud teemaks reaalamajanduse juurutamise Eesti jäätmeäitluses. Reaalamajandus (ingl *real-time economy* ehk RTE) on digitaalne ökosüsteem, kus tehingud eri osapoolte vahel toimuvad reaalamajas või minimaalse viitega, mis omakorda erinevate tehingute ja haldust nõutavate toimingute asendumist andmevahetusega, mis on digitaalsel, standardiseeritud ning masintöödeldaval kujul (Real Time Economy, 2019). Igast päringust, sisselogimisest, failide genereerimisest jms toimingutest saab pärida andmeid või neid andmeid omakorda liigutada ehk edasi saata. Eesti jäätmearuandluses ja selles olevate andmete edastamisel, kus andmete hulk on hoomamatult suur, on suured puudujäägid. Andmete sisestust, töötlemist ning eksporti tehakse paljuski manuaalselt (Lisa 1). Just jäätmeäitlusektoris reaalamajanduse juurutamist ning erinevaid jäätmeäitlusektori infotehnoloogilisi lahenduslikke võimalusi antud töö autor oma magistritöös ka käsitleb. Eesti riik soovib jäätmeäitluse süsteemi kaasajastada ning muuta seda reaalamajas jälgitavaks läbi digitaliseerituse. Täisjälgitav jäätmeäitlussüsteem aitaks hinnata nii inimeste jäätmeäitumist ning teisalt distsiplineeriks ka jäätmeäitlejaid (Pärli, 2021). Jäätmeäitluse digitaliseerimine on väga aktuaalseks muutunud ka Inglismaal, kus soovitakse valitsuse tasemel teha jäätmete digitaalne jälgimine kohustuslikuks (Government of UK, 2022).

Magistritöö peamiseks uurimisprobleemiks on see, et Eesti jäätmeandmete haldamise süsteem ei vasta enam riigi vajadustele ning riik soovib seda muuta. Andmete kogumine ei ole oma aeganõudva protsessi ja kvaliteedi poolest piisavalt usaldusväärne ning puudub piisav järelevalve. Andmed, mille pealt teha efektiivsemat järelevalvet ning otsuseid paremateks jäätmeäitluse valdkonna majandamiseks, on kohati kuni 1.5-2.5 aasta vanused. Andmete kasutamine sisuliste eesmärkide saavutamiseks, näiteks ringlussevõtu määra suurendamine kui ka jäätmetekke vältimine, on alarakendatud, sest andmete töötlemine on aeglane ja manuaalsed mahukat tööd nõudev nii ettevõtetele kui avalikule sektorile. Jäätmeandmed on andmed, mis tekivad jäätmeäitlustegevuse tulemusena. Siinkohal on oluline välja tuua ka jäätmearuandluse mõiste. Jäätmearuandlus hõlmab ettevõtja poolt riigile esitatavad järgnevaid dokumente ja aruandeid ning lisaks seostuvad jäätmearuandlusega kaudselt ka keskkonnakaitselood ja jäätmeäitlejana registreerimine (Jäätmearuandluse digitaliseerimise kontseptsiooni eelnõu, 2022).

Erasektori ehk jäätmekäitlejate poolelt tuleb andmed riigile esitada väga lühikese ajaperioodi jooksul (igal aastal jaanuarikuu lõpuks), mis halvab kuuks ajaks ettevõtetes paljud teised tegevused. Andmete edastamine on ajamahukas manuaalne töö, neid on keeruline õigeaegselt kontrollida ning andmed vananevad kiiresti. See viib omakorda olukorrani, kus andmete pealt ei ole võimalik õigeaegselt teha edasisi jäätmemajanduse otsuseid ning puudub operatiivne ülevaade. RTE-le üleminek aitaks jäätmekäitlussektori andmete edastust ja toimivust parandada ning tõhustada, kus ettevõtted, riik ja eraisikud saavad teavet koheselt vastu võtta ja jagada, võimaldades tõhusamat ja sujuvamat tegevust ning suurt ajakokkuvõidu manuaalse töö arvelt. Jäätmekäitluse kontekstis aitaks RTE-le üleminek vähendada jäätmeandmete töötlemisele ja edastamisele kuluvat aega, parandada jäätmete ringlussevõtu määra ja suurendada kogu jäätmekäitlussektori jätkusuutlikkust.

Tuginedes eelpool toodud probleemidele, on magistr töö eesmärk töötada välja ettepanekud reaalamajanduse juurutamisele, mis aitaks vähendada manuaalset jäätmekäitluse andmetöötluskoormust nii era- kui riigisektoris.

Uurimisküsimused

1. Milline on hetkeolukord jäätmekäitlussektoris andmete valdkonnas?
2. Milline on reaalamajandusele ülemineku rahvusvaheline kogemus jäätmekäitlussektoris?
3. Millised oleksid tehnoloogilised lahendused Eesti jäätmevaldkonna digitaliseerimisel ning millised riskid nendega kaasnevad?
4. Milline on jäätmekäitlejate suutlikkus uute lahenduste kasutusele võtul?

Reaalamajandusele üleminekut on töö autor vaadanud läbi Tööstus 4.0 (ingl *Industry 4.0*) ning Tööstus 5.0 (ingl *Industry 5.0*) käsitluste. Tööstus 4.0 on reaalamajandusega väga otseselt seotud ja selles saab käsitleda andmete reaajas edastamist, töötlemist ning nende visualiseerimist. Tööstus 4.0 ehk neljanda tööstusrevolutsiooni keskmeks on targad automatiseeritud töökohad, mis suhtlevad internetiühenduse abil juba iseseisvalt. Robotite osatähtsus tööstuses tervikuna suureneb märkimisväärselt. Töökohad, mis on robotiseeritud, muutuvad peamisteks komponentideks. Roboteid on kerge ümber programmeerida konkreetse tootmise vajaduste järgi ning mida saab lülitada kiiresti tootmisvõrgustikesse ja varustada

vajaliku informatsiooniga (ingl *Plug & Produce*). Järjest enam tekib märgatav vajadus tootmise pideva halduse, prognooside ja äriotsuste tegemise järele erinevates protsessides. Antud lahendused annavad täiendava võimaluse tootmisprotsesse ümber konfigurēerida, seadistada ning muuta (Riives, 2015). Autori sõnul saab roboteid samuti käsitleda kui arvuteid, mis suhtlevad erinevate andmebaasidega ja mida juhitakse teatud tarkvaraliste käskudega. Jäätmekäitluse digitaliseerimine on autori sõnul kombinatsioon neljandast ja viiendast tööstusrevolutsiooni käsitlusest. Reaalajamajandus loob võimaluse jäätmekäitlusandmete reaalajas liikumiseks jäätmekäitlejalt Keskkonnaametile ja Keskkonnaagentuurile, mis omakorda annab avalikule sektorile rohkem ressursi neid andmeid kasutada ja avalikkusele presenteerida. Küll aga on oluline silmas pidada seda, et viienda tööstusrevolutsiooni puhul on juurde lisatud inimlik faktor. Kogu süsteem on loodud aitamaks inimestel lihtsustada, automatiseerida, digitaliseerida ning juhtida masinaid, mis teevad valdkonda efektiivsemaks ning tekkinud andmetelt saab teha kiiremini paremaid otsuseid.

Autor lisab, et reaalajamajanduse juurutamist saab vaadata läbi mõlema tööstusrevolutsiooni käsitluse ja oluline on välja tuua ka Tööstus 5.0. See on nõ järgmine tööstuslik areng, kuhu on lisatud lisaks Tööstus 4.0 esinevatele komponentidele suurem inimroll, et paremini efektiivistada koostööd robotite ja inimese vahel. Tehnoloogiad ja rakendused peaksid aitama tööstust, et suurendada tootmist ja pakkuda tooteid parimal viisil (Maddikunta et al., 2022).

Jäätmekäitluse valdkonnas RTE juurutamine on mitmetahuline protsess. Ühest aspektist on tegemist tehnoloogilise lahendusega, aga samas on vaja muuta käitlejate ehk ettevõtete poolel ka mitmeid protsesse ning põhimõtteid, kuidas mingeid andmeid kogutakse, hoitakse, töödeldakse ja edastatakse, sõltumata sellest, kui digitaalne ettevõtte oma tegevustes on.

Antud magistr töö struktuur on üles ehitatud selliselt, et see algab sissejuhatusega, millele järgneb teoreetiline taust, milles teeb töö autor ülevaate Eesti ja Euroopa jäätmekäitlusest ja selles kasutatavatest tehnoloogiatest. Autor kirjeldab samas peatükis ka jäätmekäitlustegevusest tulenevate andmete tekkimist Eestis ning liikumist erinevate osapoolte vahel. Lisaks toob autor erinevaid näiteid mujal maailmas kasutatavatest jäätmekäitluse ning reaalajamajanduse nutikatest lahendustest. Teises peatükis kirjutab autor magistr tööks valitud uuringudisainist, milleks on juhtumiuuring ning mille andmete kogumise meetodiks on poolstruktureeritud intervjuud. Töö autor koostas valimi erasektori jäätmekäitlejatest, kelleks olid Eesti Keskkonnateenused AS, Ragn Sells AS, Ekovir OÜ ja Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus. Avalikust sektorist viis autor läbi intervjuud Keskkonnaagentuuri, Majandus- ja

kommunikatsiooniministeeriumi ning Keskkonnaministeeriumi Infotehnoloogiakeskuse esindajatega. Andmeanalüüsi meetodiks valis autor intervjuude transkribeerimise, milleks kasutas Tallinna Tehnikaülikooli veebipõhist kõnetuvastust (Alumäe ja Olev, 2022).

Intervjuu tulemused transkribeeris autor kolmandas peatükis veebipõhise kõnetuvastuse tarkvara abil tsitaatide vormis. Neljandas peatükis toob autor välja erinevad järeldused, milleni on antud magistritööga jõudnud ning teeb ettepanekud kõikidele jäätmekäitlusega seonduvatele sidusrühmadele.

1. Eesti ja Euroopa jäätmekäitlussektor ja selles kasutatavad tehnoloogiad

Euroopa Parlamendi andmetel vähenes aastatel 2005–2018 keskmine olmejäätmete hulk ELis inimese kohta. Riigiti on trendid siiski erinevad. Näiteks kui Taanis, Saksamaal, Kreekas, Maltal ja Tšehhis olmejäätmete hulk inimese kohta suurenes, siis Bulgaarias, Hispaanias, Ungaris, Rumeenias ja Hollandis see vähenes. Olmejäätmete kogus oli absoluutarvudes inimese kohta suurim Taanis, Maltal, Küprosel ja Saksamaal ning väikseim Ungaris, Tšehhis, Poolas ja Rumeenias. Üldiselt toodavad jõukamad riigid inimese kohta rohkem jäätmeid. Näiteks Küprose ja Malta suuremad numbrid on seotud paljuski turismisektoriga (Euroopa Parlament, 2021). Autori sõnul on positiivne vähenemise trend tervikuna siiski oluline fakt, kuna riigiti kasutatakse erinevaid meetmeid jäätmetekke vähendamiseks ning need on tekitanud teatud efekti. 2017. aasta statistika kohaselt võetakse ELis ringlusse või kompostitakse kõigest 46% olmejäätmetest (Euroopa Parlament, 2023). Jäätmekäitluse praktikad on liikmesriikides aga erinevad ja mitmed riigid ladestavad endiselt suure osa olmejäätmetest prügilasse. Prügilasse ei ladestata jäätmeid praktiliselt üldse Belgias, Madalmaades, Taanis, Rootsis, Saksamaal, Austrias ja Soomes. Seal on levinud jäätmete põletus või ringlus. Saksamaa ja Austria on Euroopa Liidus kõige enam jäätmeid ringlusse võtvad riigid (Euroopa Parlamendi direktiiv, 2018). Autori sõnul oleks Eestil Saksamaa ja Austria praktikatest kasulik õppida, kuidas on kõrgete ringlussevõtumääradeni jõutud ning milliseid tehnoloogilisi lahendusi kasutatakse.

1.1. Eesti jäätmete taaskasutus ja ringmajandus

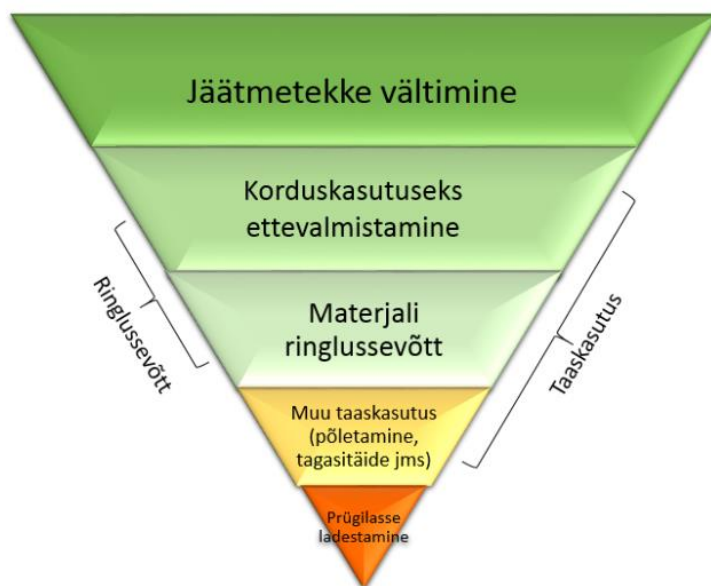
Ringlus ja taaskasutus on erinevad mõisted. Siiani on sageli räägitud taaskasutusest, kuid siinkohal on oluline välja tuua, et taaskasutuse alla käib ka jäätmete põletamine ning sellest energia tootmine. Ringlus on mõiste, millest räägitakse järjest enam ning mis tähendab teisisõnu taaskasutamist materjalina. Proportsionaalselt läheb Eesti kodudes tekkivatest jäätmetest umbes 30% materjalina ringlusesse ning 70% energiatootmisse või ladestamisele. Prügilasse jõuab aga 10% kodudes tekkivatest jäätmetest (Pesti, 2022).

Ringmajandus on üks vajalikest alternatiividest tänasele olukorrale. Me elame lineaarses "võta, tee, raiska" majanduses, kus maapinnast ammutatakse loodusvarasid, seejärel valmistatakse tooteid ning ladestatakse prügilasse, põletatakse või jäetakse loodusesse. Ringmajandus eeldab ühtlasi ka pidevat loodusvarade varustamist meie tarbitavate toodete valmistamiseks ning peaks välistama nende toodete valmistamisest, kasutamisest ja kõrvaldamisest põhjustatud saastet. Lisaks nõuab ringmajandus oma ellujäämiseks elukestvat kasvu, mis on midagi loodusmaailmas nähtamatut. Tänapäevane mudel on olnud globaalse soojenemise üheks tõukejõuks, tekitades inimkonnale eksistentsiaalse kriisi. Tegevusena paneb ringmajandus fookuse jäätmekäitlusega tegelevatele ettevõtetele ja valitsustele, kes tegelevad tootjate tekitatud jäätmete käitlemisega (Graham-Nye, 2022). Autori sõnul on räägitud ka mitmetest kahtlustest ringmajanduse kui soovitud saavutatava olukorra kohta. Nimelt Reutersi avaldatud uuriv raport seadis ringmajanduse protsessi tõhususe kahtluse alla. Lisaks on viimase 70 aasta jooksul ilmnenud selge muster, mille kohaselt suured saastajad toetavad jõupingutusi, mis näivad ühest aspektist kasulikud, kuid on tegelikult vaid segavad faktorid tegelikele muutustele. Oht seisneb selles, et ringlussevõtt kui üks suhteliselt lineaarne lähenemisviis ringmajandusele muutub vaikeväärtuseks. On oht, et ringmajandus muutub "ringlussevõtuks", ohustades väljavaateid, mida täielikult väljakujunenud ja laialt määratletud ringmajandus võiks kriisis olevale planeedile pakkuda. Organisatsioonide suurust ja valitsuste toetust arvestades on olemas risk, et ringlussevõtt ringmajanduse osaks olemise varjus kasvab (Brock et al., 2021). Autor lisab, et nimetatud vastuoloob teatava paradoksi ja tõstatab ka usaldusväärse küsimuse ringmajanduse ja ringlussevõtu osas. Ringmajandus on valdkondadeülene (Niidu, 2022). Ringmajandus on laiem mõiste ning ringlussevõtt on sellest üks osa ning autori sõnul oleks soovituslik järgida nii terviküsteemi efektiivsust ehk ringmajandust, kui ka ringlussevõttu tervikliku komplektina.

Eestis on läbiviidud ka mitmeid eksperimente, mille raames on pakenditesse pandud jälgimisseadmeid. On esinenud erinevaid kahtlusi, kas inimeste hoolikalt sorteeritud pakendijäätmed jõuavad ringlusse või mitte. Autor toob siinkohal välja ühe palju tähelepanu saanud eksperimendi, mille viisid läbi Maalehe ajakirjanikud ning millega tõestati, et jäätmete sorteerimisest väga palju kasu siiski ei ole, sest suurem osa sorteeritud jäätmetest põletatakse (Mikovitš et al., 2021). Autori sõnul saaks erinevaid protsessi ja ahela osi digitaliseerida, teha muudatusi seadusandluses ning muuta seeläbi kogu protsess RTE juurutamisega läbipaistvamaks. Siinkohal võiks olla abiks pakendite kiibistamine RFID kiipidega.

Liikuda tuleks ringluse poole ning sorteeritud jäätmetest tuleks tekitada uusi materjale. Küll aga on taaskasutusse ja eriti puhta materjali ringlusse saamine olmejäätmetest raske ülesanne. See fakt tuli välja ka Maalehe ajakirjanike poolt läbiviidud eksperimendist (Mikovitš et al., 2021). Autori hinnangul saaks ringlussevõtu määra RTE lahenduse abil paremini eesmärgistada ja seda ka täita.

Eesti riigi eesmärk on taaskasutada võimalikult palju tarbimisest üle jäävaid materjale ehk jäätmeid. Jäätmetekke vältimine on olulisim. Kui jäätmed on tekkinud, tuleks need uuesti materjalina ringlusse võtta. Küll aga on oluline jäätmeid siiski liigiti koguda, et ringlussevõtt oleks süsteemne ning organiseeritud. Jäätmete käitlemisel lähtutakse jäätmekäitluse hierarhiast ehk põhimõttest viia jäätmekäitluse mõju keskkonnale võimalikult väikseks. Tuleks eelistada hierarhias kõrgemal olevaid lahendusi. Joonisel 1 on välja toodud, et parimaks loetakse jäätmetekke vältimist, hierarhiatasemelt madalamal on taaskasutamine (Keskkonnaministeerium, 2021).



Joonis 1. Eesti jäätmetekke hierarhia (Keskkonnaministeerium, 2020)

Jäätmete taaskasutusmoodused on korduskasutuseks ettevalmistamine (parandamine, puhastamine jm), materjalina ringlussevõtt ja muu taaskasutamine nagu energia tootmine ning jäätmete põletamine. Prügilasse ladestamist loetakse viimaseks lahenduseks. Jäätmete taaskasutus on viimastel aastatel järjest enam laienenud. Tekkinud on tootjavastutus- ja

taaskasutusorganisatsioonid, kes on loonud kogumisvõrgustikud elektroonikaromude, patarei- ja akujäätmete, vanarehvide ja pakendite kogumiseks ning taaskasutusse suunamiseks. Suurenenud on ka keskkonnanõuetele vastavate romusõidukite kogumis- ja lammutuskohtade arv. Tavajäätmete prügilasse ladestamise kogused on vähenemas tänu liigiti kogumise kohustusele ja biolagunevate jäätmete ladestamispiirangutele, samuti saastetasu järk-järgulisele tõusule. Taaskasutuse kõrval muutub järjest olulisemaks jäätmetekke vältimist/vähendamist toetatavad tegevused, mis aitavad kaasa majanduskasvu ja jäätmetekke omavahelise seose katkestamisel (Keskkonnaministeerium, 2021). Autor märgib, et taaskasutuse all mõeldakse ka prügi põletamist, sest põletusest saab üldjuhul kas soojusenergia või elekter. Riigina peaksime liikuma ringluse suunal, mille lubaduse on Eesti riik Euroopa Liidule ka andnud. Aastaks 2025 peaks tõusma olmejäätmete ringlussevõtu ja korduskasutamiseks ettevalmistamise sihttase 55 protsendini, aastaks 2030 juba 60 protsendini ning aastaks 2035 tuleb olmejäätmeid ringlusesse võtta 65 protsenti (Keskkonnaministeerium, 2017).

Autori märgib, et oluline on mõista erinevaid jäätmete liike. Eesti Vabariigi jäätmeseadusest tulenevalt jagunevad jäätmed tavajäätmeteks, püsijäätmeteks, biolagunevateks jäätmeteks, toidujäätmeteks, kaevandusjäätmeteks, ehitus- ja lammutusjäätmeteks, ohtlikeks jäätmeteks ja olmejäätmeteks. Erasisikuna puutume me kõige rohkem kokku just olmejäätmetega, mis on kodumajapidamisjäätmed ning kaubanduses, teeninduses või mujal tekkinud koostise ja omaduste poolest samalaadsed jäätmed (Eesti vabariigi jäätmeseadus, 2004).

1.2. Eesti jäätmekäitluse andmete edastus ja korraldus

Maailmapanga 2021.aastal läbiviidud analüüsi järgi ei vasta Eesti jäätmeandmete haldamise süsteem riigi vajadustele. Andmete kogumine ei ole oma hõlmatus, detailsuse ja kvaliteedi poolest piisavalt usaldusväärne ning puudub piisav järelevalve ja jõustamine (Maailmapank, 2021). Puudused süsteemis võivad olla tingitud ebapiisavast õiguslikust regulatsioonist ning valdkonnas valitsevast tööjõu voolavusest ja nappusest. Lisaks on puudus ka vastavast pädevusest. Analüüs pakub jäätmeandmete haldamise süsteemi parandamiseks järkjärgulise kolmeetapilise tegevuskava. Muudatuste tegemise ajakava oleneb seatud eesmärkide suuruselt ja olemasolevatest ressurssidest. Õige toetusega on võimalik pikaajaline tegevuskava täita 5-10 aastaga.

Maailmapanga 2021. aasta uuring toob andmete osas välja 2 peamist kitsaskohta (Maailmapank, 2021):

1. **Jäätmearuandlus.** Jäätmete kaalu kajastavaid andmeid on saada eri allikatest. Need andmed on üksteise suhtes erinevad, kuid peaksid olema samaväärsed.

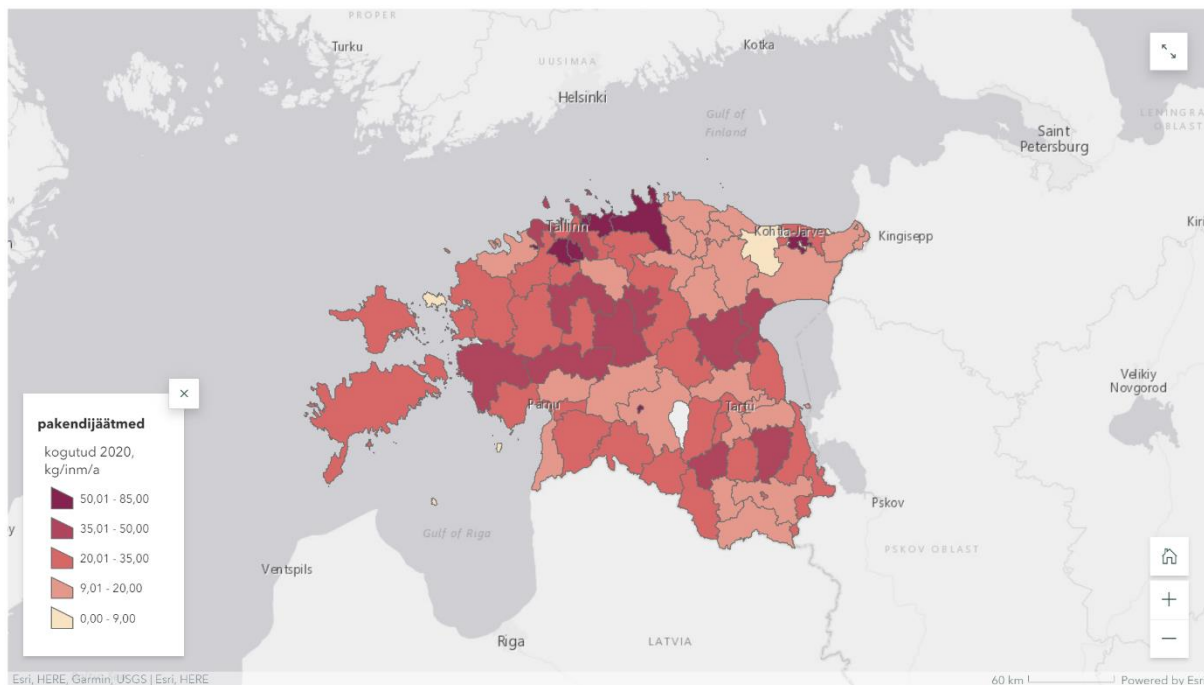
Maailmapank on välja toonud soovitusel jäätmearuandlus ja selle süsteemid läbi vaadata ning need kaasajastada. See aitaks selgitada välja asjaomased andmeallikad ning seada Eestis jäätmete jaoks sisse tulemuslikud paikapidavate ja läbipaistvate andmete kogumise ja esitamise süsteemid (Maailmapank, 2021).

2. **Andmekogumiskord.** Pakendiandmed on eri andmeallikates erinevad. See arvatakse olevat tingitud olmejäätmete ja eraldi kogutavate pakendite määratlusest, kuna osa eraldi kogutavatest pakendijäätmetest ei loeta olmejäätmete hulka kuuluvaks, mistõttu ei saa seda osa arvestada uuesti ringlusse võtu tulemuses. Soovitav on andmete määratlusi täpsustada ning kaasata need andmekogumis- ja -töötlemiskorda (Maailmapank, 2021).

Jäätmekäitlejad koguvad andmeid ettevõttesisestesse süsteemidesse ja paljudel neist on selleks kaasaegsed tehnilised võimalused (digitaalsed sõidulehed, automatiseeritud andmevoog prügiautost ettevõtte enda andmelattu ja/või programmi jne), kuid kitsaskohad tekivad siis, kui on vaja hakata andmeid oma süsteemidest välja eksportima ja sisestama riiklikusse keskkonda KOTKAS, mis on manuaalne ajamahukas töö. Seda lihtsustaks RTE-le üleminek, kus andmed liiguksid reaajas (või väikese viitega) kahe osapoole ehk erasektori ja avaliku sektori vahel, kokkulepitud vormis, formaadis ning kujul. See looks täiendavalt ka uusi ärilisi võimalusi, kus jäätmekäitlustegevusest tulenevaid andmeid läbi veebi- ja mobiilirakenduste ning erinevate teenuste presenteerida. Tarkvaraarendajad saaksid tellimusi mobiilirakenduste ning uute veebilehtede loomiseks, mis näitaksid, mida meie jäätmetega tehakse ning kuidas väheneb meie elu jalajälg jäätmete liigiti kogumisest. Kui digitaliseerida jäätmekäitlussektori teisi osi, nt mahuteid, siis looks see võimaluse uute ettevõtete ja maaletoojate tekkeks, kes neid mahutite sensoreid toodaks, haldaks ning Eestisse transpordiks. Kui muutuks pakendiseadus ning mingile kaubagrupi pakendite tootjatele tehakse kohustuslikuks nende kiibistamine, tekiks

kiipide ja nende printimisele samuti vajadus kohapealseks tootmiseks ja pakkumiseks, mis omakorda loob taas võimaluse täiendavaks äritegevuseks.

Lisatud joonisest 2 saab järeldada, et liigiti kogumine on pigem suurte linnade ja asulate pärusmaa. Mida rohkem maapiirkonda, seda heledamaks lähevad värvitoonid kaardil. Üks kitsaskoht autori sõnul on ka see, et iga omavalitsuse vastutusalas on erinev jäätmepoliitika. Tuleks luua suur terviksüsteem, et ei tekiks riik-riigis loogikat ja vastutust. Munitsipaliseerimisega tekivad uued mured ning kontrollimehhanisme oleks järjest raskem rakendada.

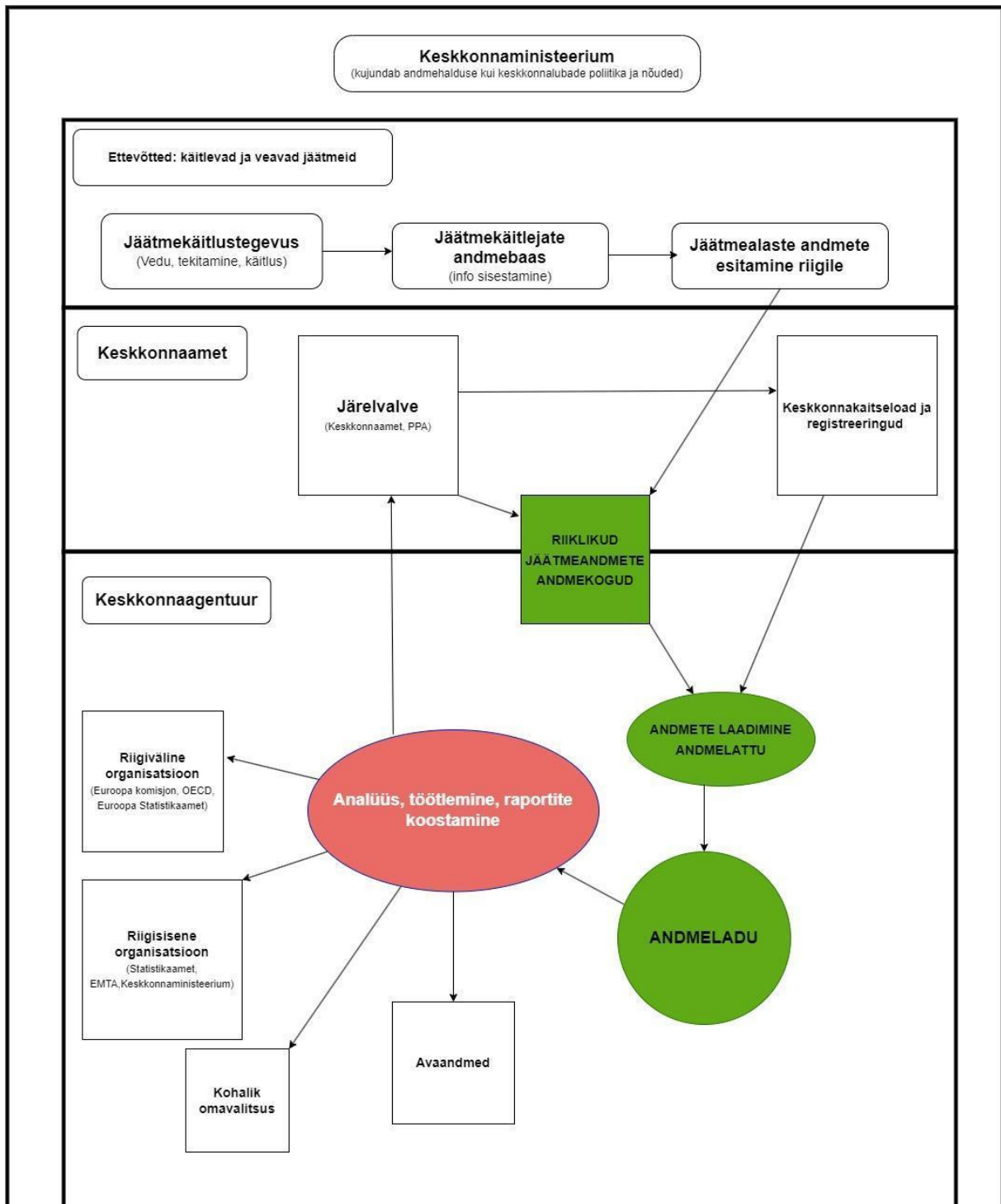


Joonis 2. Pakendite ja pakendijäätmete liigiti kogumine omavalitsustel (Keskkonnaagentuur, 2023)

Eestis toimub jäätmeandmete aruandlus välja töötatud ahelat pidi (Joonis 3). Selle ahela peamiseks kitsaskohaks on jäätmekäitlejate sõnul andmete sisestamine ja edastamine avalikule sektorile (Lisa 2).

Joonisel 3 on välja toodud kolm erinevat vastutuse ja andmete liikumise kihti.

Terviksüsteemi eest vastutaja on Keskkonnaministeerium, kes kujundab Eesti keskkonnapoliitika ning jäätmetega seotud aruandluse andmete osa ja sellest tulenevad nõuded, mida allasutused, jäätmekäitlejad ning vedajad järgima peavad. Lihtsustatult öeldes tegeleb ministeerium peamiselt poliitikaga ning seadusandluse poolega. RTE-le üleminekul ei piisa aga ainult era- ja avaliku sektori vahelisest IT-lahendusest ja digitaliseerimisest, vaid muuta on vaja ka ettevõttesiseseid protsesse ning põhimõtteid, millest kirjutab töö autor lõpuosas järelduste peatükis.



Joonis 3. Eesti jäätmearuandlusandmete voog AS-IS (interpretatsioon A.Rattur, KEMIT joonisest)

Teises kihis on ettevõtted, kes käitlevad ja veavad jäätmeid ehk siis nemad tegelevad jäätmekäitlustegevustega. Jäätmekäitlejatel tekivad andmed oma tegevustest tulenevalt kas digitaalsete lahenduste kaudu või manuaalselt. Nemad sisestavad ja saadavaid andmeid esmalt oma andmebaasidesse, et sealt neid eksportida ning omakorda riigile esitada. Esimene

kitsaskoht tekibki juba selles kihis, kus andmeid on vaja esitada avalikule sektorile. Aruande esitaja esitab Keskkonnaametile aruande keskkonnaotsuste infosüsteemis (edaspidi infosüsteem) iga kalendriaasta 31. jaanuariks (Jäätmearuande andmekoosseis ja aruande esitamise kord, 2020). See on aeganõudev manuaalne töö, kus 1 kuu pikkune ajaraamistik survestab ettevõtjaid lühikese perioodi jooksul jäätmearuannet ära esitama.

Autori sõnul on see seaduses sätestatud kohustus tõestus sellest, et tänane andmete esitamise aeg (igal aastal jaanuaris) on lühike ja ülejõu käiv ning tihti palutakse ajapikendust (Lisa 1). RTE suudaks siinkohal ajalise probleemi lahendada või vähemasti inimtööjõudu mõstlikult optimeerida. Siin tekivad aga uued riskikohad, nt ametnikel võib kontrollimiste tõttu töökoormus ülemineku esimeses etapis hoopis suurenda. Autori sõnul tuleks üle vaadata terviksüsteem, et ametnike kontrollimehhanismid saaksid samuti digitaliseeritud ja füüsiline koormus vähendatud.

Kolmandas kihis on Keskkonnaamet, kes teostab jäätmevaldkonna järelvalvet ning tegeleb keskkonnakaitselubade ja nende registreeringutega. Load, registreeringud ja järelvalveandmed kopeeritakse perioodiliselt riiklikusse andmelattu. Lisaks tekib siin kihis oluline roll jäätmearuannete kontrollil. Avaliku sektori intervjuudest selgus, et hakatakse kontrollima riskivalimit, kui ettevõtted on oma andmed esitanud. Lisaks ka teisi, kelle puhul tekivad täiendavad küsimused või aruande esitamisel välja tulnud suuremad vead, mida tuleks kontrollida. Kontrollimehhanismid käivad läbi analüütikatööriista ehk tabloolahenduste ja kui kuskil läheb midagi nõ punaseks, võrreldes eelmise aastaga, siis neid aruandeid vaadatakse detailselt üle. Iga aasta juuniku lõpuks peavad olema kõik aruanded kinnitatud (Lisa 3).

Neljandas kihis on peamiseks vastutajaks Keskkonnaagentuur. Riiklikest jäätmeandmete kogudest laaditakse andmed andmelattu. Andmed analüüsitakse, töödeldakse, ja koostatakse erinevaid raporteid erinevatele organisatsioonidele: riigivälised ja -sisesed organisatsioonid, kohalikud omavalitsused. Nemad tegelevad jäätmevaldkonna andmete analüüsiga, töötlemisega ning raportite tegemisega.

1.3.Jäätmekäitluses kasutatavad infotehnoloogilised ja reaalamajanduse lahendused

2050. aastaks ennustatakse ülemaailmseks jäätmekoguseks 3-4 miljardit tonni, mis on kaks korda suurem kui 2016. aastal. Kiire tõus on seotud kasvava linnaelanikkonna ja

tarbimiskultuuri tõusuga viimastel aastakümnetel, millest kumbki ei aeglustu veel niipea. Keskkonnale ja jäätmekogumisteenustele avaldatava pinge vähendamiseks pöörduvad kogukonnad üle maailma nutikate jäätmekäitlustehnoloogiate ja erinevate IT lahenduste poole (Kaza, Yao, Perindaz-Tata, Van Woerden, 2021). Töö autori sõnul on maailmas juba kasutusel erinevaid infotehnoloogilisi lahendusi jäätmekäitlusektoris, mille näiteid saab lugeda järgnevas peatükis. Erinevate tehnoloogiliste lahenduste kasutus loob soodsa pinnase RTE-le üleminekuks. Eeskätt seetõttu, et tekivad uued andmed, mida saab reaalsajas edastada tehnoloogia abil lähtekohast sihtkohta, et nende pealt teha paremaid otsuseid, hoida kokku kulutustelt ning juhtida jäätmekäitlust andmepõhiselt ehk tekiks andmepõhine jäätmekäitlus. Tänapäevane etteantud vorm andmete edastamisel kaoks ning tekiks RTE põhimõttel aruandlus ehk andmepõhine aruandlus. RTE puhul saame rääkida ka targast jäätmekäitlusest, mis kasutab edukaks ja efektiivseks toimimiseks andmeid, mis tekivad tänu infotehnoloogilistele lahendustele. Autor on arvamisel, et kogu jäätmekäitluse andmete ökosüsteemi kokkusidumine ja digitaliseerimine annaks valdkonna efektiivistamisele, läbipaistvusele ja optimeerimisele palju kaasa. Lisaks tekiksid andmed, mida operatiivselt ka avalikkusele presenteerida.

RTE jäätmekäitluses on seni põhjalikult uurimata, kuna tegemist on antud valdkonnas uude teemaga. RTE senised kasutuspraktikad mujal maailmas on peamiselt andurid, sensorid, kiibid ja robotika, millelt saadavad andmed liiguvad reaalsajas jäätmekäitleja enda andmebaasi ning mille najalt saab ettevõtte teha paremaid ja targemaid otsuseid nii enda kui oma klientide heaks. Erasektori jäätmekäitlejate ja riigi vahelist andmete edastust sellisel kujul kuskil kasutuses töö autorile teadaolevalt ei ole ning reaalsajamajanduse juurutamine Eesti jäätmekäitluses on antud kontekstis ainulaadne. Kui Eesti riik suudaks kaasata jäätmekäitlejad erasektorist ning viia RTE lahendus ellu, saaks meie riigis olema andmepõhine jäätmemajandus, mis oleks suunanäitajaks kogu maailmas. Kokkuvõttes saab väita, et meil oleks sellisel juhul tark jäätmekäitlus, mille juhtimine baseerub andmetel.

Tark jäätmekäitlus tähendab mis tahes süsteemi, mis kasutab tehnoloogiat, et muuta jäätmete kogumine tõhusamaks, kuluefektiivsemaks ja keskkonnasõbralikumaks. Enamik neist süsteemidest on varustatud asjade internetiga (IoT), seiretehnoloogiaga, mis kogub ja jälgib reaalsajas andmeid, et aidata optimeerida jäätmete kogumist ja soosida tulevasi uuendusi. USA Keskkonnakaitseagentuuri (EPA) andmetel on ligikaudu 75% Ameerika Ühendriikide jäätmevoost taaskasutatavad, kuid ainult umbes 30% ringlussevõetavatest materjalidest võetakse tegelikult ringlusse. Arvestades, et inimesed toodavad igal aastal veidi üle 2 miljardi tonni jäätmeid, on selle hulgas palju tarbetut prügi, mis jõuab maailma prügilatesse ja

veeteesse. Maailma prügi probleem ei kao niipea ja traditsioonilised jäätmekäitlussüsteemid ei ole varustatud kasvava elanikkonna tekitatud lisajäätmete käitlemiseks ja tegelemiseks. Selle suure löhe ületamiseks peavad riigid, organisatsioonid ja kogukonnad kasutusele võtma arukad jäätmekäitlustehnoloogiad, mis suurendavad tõhusust, vähendavad kogumiskulusid ja suunavad prügilatest minema rohkem jäätmeid (BigRentz, 2021). RTE aitaks tõhusust suurenda ning reaajas liikuvad andmed annaksid võimaluse kogumiskulusid vähendada. Töö autor toob tarkvaralahenduste poolelt näiteks ühe India ettevõtte nimega Safai Mitra, mis on Java programmeerimiskeelel baseeruv platvorm ja mis toetab mitut API (ingl *application programming interface*) integratsiooni kõigi IoT-seadmetega, nagu GPS, mobiil, CCTV, andurid, RFID, biomeetrilised masinad jne (Safai Mitra, 2020). Viimase näite puhul on tegemist ühe põhjaliku tarkvaraga, kuhu saab kokku tuua jäätmekäitlejate kogu andmestiku, alates prügiveokite kütusehalduse, klienditeeninduse, jäätmemahutite andurite teavitused, kogumis- ja veograafikud ning palju muud. Jäätmekäitlejate intervjuudest selgus ka see, et maksimaalselt head karbitoodet jäätmekäitluse majandamiseks maailmas olemas ei olegi. Lahendused, mis on olemas, vajaksid mitmeid lisaarendusi jäätmevaldkonna spetsiifika tõttu. Seetõttu on praegu Eesti suurimad jäätmekäitlejad arendanud igapäevaseks majandamiseks enda süsteemid, kuhu andmeid kogutakse. Olemasolevad karbitooted on väga head näiteks logistika ja laonduse valdkonnas, aga need ei täida jällegi jäätmekäitlejate eesmärke (Lisa 2).

Veel ühe näitena toob töö autor välja Rootsi jäätmekäitlussüsteemi. Rootsis tähendas varem jäätmete kogumine rasket tõstmist ja paljusid tööga seotud vigastusi jäätmete vedajatel ja käitlejatel, kuid paljudes kohtades on käsitsi jäätmekäitlus asendunud uue tehnoloogia ja automatiseeritud süsteemidega nagu jäätmete vaakumkogumine ja maa-alused konteinersüsteemid. Mõlemad süsteemid on Rootsis kasutusel peamiselt linnades ja vastvalminud uusarendatud piirkondades. Lisaks esteetikale ja disainile on eeliseks see, et need ei vaja tühendamise ajal rasket käsitsi teisaldamist. Vaakumjäätmete kogumine on täisautomaatne süsteem, mis vähendab transpordivajadust, eriti elamupiirkondades. Vaakumjäätmete kogumissüsteem kogub jäätmed pneumaatiliselt automatiseeritud vaakumsüsteemi. Seejärel transporditakse need maa-aluste torude kaudu prügirennidest kogumispunktidesse, kus jäätmed kokku kogutakse. Maa-alused konteinerid on kiiresti kasvav kogumissüsteem kogu riigis. Maa alla paigutatud konteinerid vähendavad ruumivajadust tänavatasandil, kus on nähtav ainult utiliseerimislauk või selleks ette nähtud renn. Maa-alune temperatuur on suhteliselt madal, mis hoiab ära halva lõhna. Samuti on olemas maa-alused konteinerid, mida saab lauplaaduriga sõidukiga tühendada. Kuna maa-alused konteinerid

mahutavad suuremaid mahtusid, saab sõitude arvu vähendada (Swedish waste management report, 2021).

Teise näitena toob töö autor välja Rootsi ettevõtte Botek Systems AB, kes arendab, toodab ja tarnib mobiilseid kaalumislahendusi koos RFID-põhiste kogumise salvestussüsteemide ja nendega seotud tarkvaralahendustega, et kavandada, teostada ja aru anda jäätmekäitlusvaldkonna kogumisteenustest. Ka ülaltoodud vaakumkogumine saab alguse liigiti kogumisest, kust need liiguvad edasi kogumispunkti. Seejärel on kogujal ja käitlejal olemas juba ka andmed liigiti, millega saab teha edasisi otsuseid ning vajadusel raporteerimiseks edasi saata. RTE võimaldaks nende samade liigiti kogumise andmeid edastada reaajas või väikese viitega, et selle baasilt teha edasisi otsuseid (Botek, 2021).

Kolmanda näitena töö autor välja Norra riigi, kus kasutatakse nutikaid jäätmemahutite sensorid, mida ostetakse valmislahendusena Taani ettevõttelt Nord Sense ja seda müüakse ka teistele riikidele. Nutikad andurid mõõdavad mahutites erinevaid andmepunkte, pakkudes teavet täitetaseme, temperatuuri ja liikumiste kohta. Need mõõtmised tehakse 15-minutilise intervalliga, pakkudes üksikasjalikke ja täpseid aruandeid mahutite ja nende sisu kohta. Tavalahendustega on raske teada, kui kiiresti mahutid täituvad ja millal tuleks jäätmed koguda. Hooajalised tõusud ja mõõnad ning üldised muutused meie elu- ja töökorralduses muudavad tõhusa jäätmete kogumise veelgi keerulisemaks. Me ei saa tulevikku ennustada, kuid andmed võivad aidata meil nendes otsustes sammu võrra ees püsida. Andmed on osutunud tõhusate ja jätkusuutlike jäätmeteenuste jaoks oluliseks. Tänapäeva pidevalt muutuva jäätmekäitumise ja -mustrite juures on peaaegu võimatu jäätmeid õigel ajal koguda ilma digitaalseks muutmata. Antud lahenduse puhul on kõik mahutites olevad andurid ühendatud veebiplatvormiga, mis võimaldab jäätmevedajal jälgida mahuteid ja nende vedusid. Platvorm sisaldab põhjalikke aruandeid ja praktilisi teadmisi kogumisteenuste ja jäätmetekke mustrite kohta, mis aitavad tõhusust parandada ja rahaliselt säästvamaks muutuda (Nord Sense, 2021).

Too autor toob näiteks veel ka Inglismaa, kes soovib valitsuse tasemel teha jäätmete digitaalse jälgimise kohustuslikuks. Ühendkuningriigis toodetakse igal aastal üle 200 miljoni tonni jäätmeid, kuid praegu puudub ühtne või kõikehõlmav viis nende jälgimiseks, kuna jäätmete transporti, käitlemist ja kirjeldamist käsitlevad õigusaktid on kasutusele võetud eraldi ja seda viimase 30 aasta jooksul. Suurt hulka andmeid kas ei koguta, või ei kõrvutata tsentraalselt. Mõned IT-süsteemid koguvad teatud jäätmete jälgimisandmete elemente. Mõned neist on paberipõhised, teised digitaalsed, mõnda juhivad eraettevõtjad, teisi valitsus ning seal, kus olemasolevate kesksete digitaalsete süsteemide kasutamine ei ole kohustuslik, on

kasutuselevõtt väga väike. Seetõttu on väga raske kindlaks teha, mis meie jäätmetega juhtub, ja omada kõikehõlmavat arusaama sellest, kas need on ringlusse võetud, taaskasutatud või kõrvaldatud. Nende killustatud süsteemide ühendamine ja paber kandjal arvestuse asendamine muudab seaduslike jäätmekäitlusettevõtete aruandlusnõuete täitmise palju lihtsamaks ja vähem aeganõudvaks, samas muudab petturitest ettevõtjatel palju raskemaks konkureerida tööstuses ja panna toime jäätmekuritegusid, sh ladestamist, jäätmete tahtlikku valet klassifitseerimist ning ebaseaduslikku jäätmete ekspordi ja ebaseaduslike jäätme hoidlate käitamist (Government of UK, 2022).

Töö autor peab oluliseks välja tuua ka *Bigrentz* jäätmekäitluse veebilehe kirja pandud ja kaardistatud 6 erinevat uuenduslikku tehnoloogiat, mis muudavad tulevikus ja on osades riikides juba muutnud jäätmekäitluse valdkonda nõ targaks jäätmete käitlemiseks. Esimene samm tõhusate ja jätkusuutlike jäätmekäitlussüsteemide loomise suunas on teada saada, miks meie praegused lahendused ei tööta. Järgmised tehnoloogiad ühendavad asjade interneti andmeanalüütika kaasaegsete lahendustega, et aidata tuvastada väljakutseid ja täiustada neid. Lisaks on võimalik jäätmekäitlejatel väärtuslikke andmeid RTE-le üle minnes õigeaegselt saata riigile, et ka nõ jooksev igapäevane äritegevus oleks läbipaistev, õigeaegne ning et andmete pealt saaaks teha ka vaheotsuseid paremaks jäätmevaldakonna majandamiseks.

1.3.1. Nutikad prügikastid

Inimesed ei soovi oma jäätmeid alati õigetes prügikastidesse sorteerida. Et aidata vähendada ebaõiget ringlussevõtu sorteerimist, kavandas Poola ettevõtte Bin-e nutika prügikasti, mis kasutab tehisintellektil põhinevat objektituvastust, et sorteerida taaskasutatavad materjalid automaatselt eraldi kambritesse. Pärast sorteerimist surub masin jäätmed kokku ja jälgib, kui täis on iga prügikast. Joonisel 4 on välja toodud joonis, kuidas selline lahendus visuaalselt välja näeb.



Joonis 4. Nutikas rügikast (Bigrentz, 2021)

Nutikad prügikastid eemaldavad esialgselt sorteerimisprotsessist inimlikud vead, muutes materjali töötlemise kiiremaks ja taaskasutusrajatiste jaoks lihtsamaks. See võib vähendada jäätmekäitluskulusid kuni 80% ja parandada drastiliselt töötajate efektiivsust (Bigrentz, 2021). Sellisest lahendusest oleks abi ka Eesti jäätmekäitlusel ringlussevõtu suurendamiseks ning liigiti kogumise järelvalveks.

1.3.2. Jäätmetaseme andurid

Kodud ja ettevõtted üle kogu riigi loodavad oma prügi äraviskamisel tavapärastele jäätmekogumisteenustele. Iganädalased teenused on olnud kasutusel aastakümneid, kuid need ei ole alati kõige tõhusam valik.

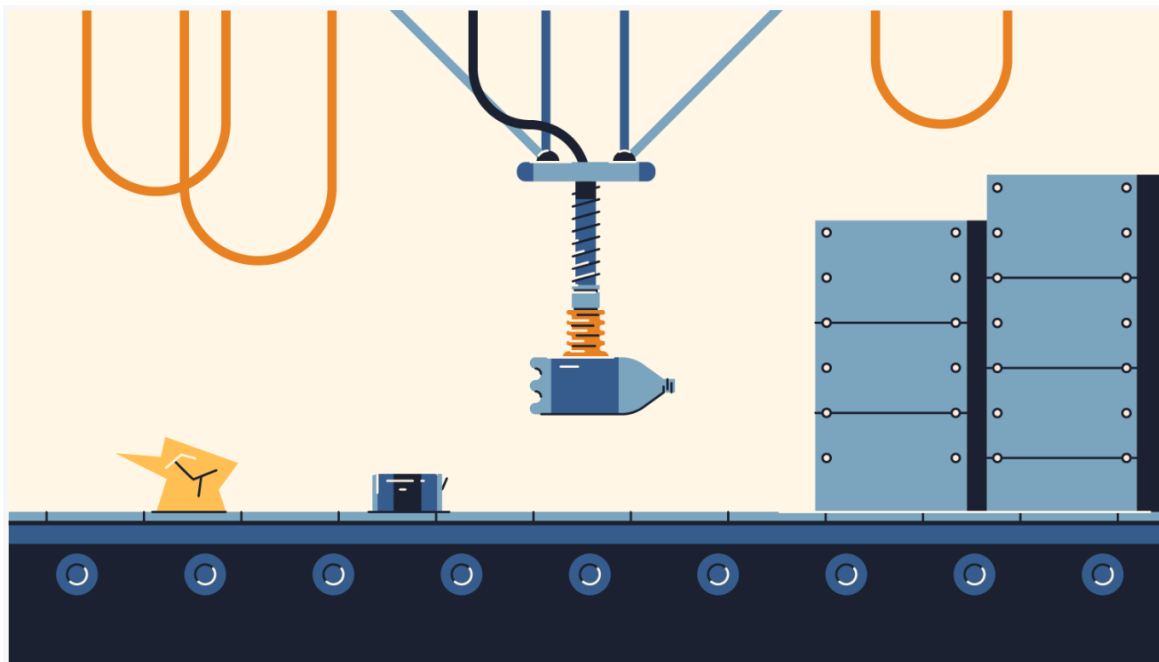
Et aidata minimeerida tarbetuid sõite prügilatesse ja sealt tagasi, saavad ettevõtted ja kogukonnad paigaldada jäätmetaseme andurid mis tahes suurusega prügikastidesse või mahutitesse. Need seadmed koguvad ja salvestavad andmeid täietasemete kohta, võimaldades kogumisteenuste pakkujatel ennustada, kui sageli tuleb prügikaste tühendada. See aitab vältida ka avalike konteinerite ületäitumist ja ümbritseva ala saastamist.

Siinkohal toob töö autor välja ka ühe täiendava riski. Kui pahatahtlik tarbija viskab mingisse selleks mitte ette nähtud mahutisse suurema jäätme, nt teleri karbi, siis annab andur märku

mahuti täitumisest ning vedaja sõidab selle peale välja, kuid see on suuresti tühi sõit, sest karbi eemaldamisel mahutist on mahuti siiski tühi (Bigrentz, 2021). Liigiti sorteerimine ja heaperemehelik käitumine jäätmega on üheks baasaluseks tänase olukorra muutmiseks.

1.3.3. Tehisintellektil töötavad taaskasutusrobotid

Taaskasutuskeskused mängivad otsustavat rolli igal aastal prügilatesse ja veekogudesse sattuva prügi hulga vähendamisel. COVID-19 pandeemia ajal vähenenud tööjõu tõttu on paljud keskused aga raskusi nõudlusega sammu pidama. Joonisel 5 on välja toodud lahendus, kuidas nimetatud lahendus sorteerimisjaamas välja võiks näha. Õnneks võivad tehisintellekti (ingl *Artificial Intelligence*) jõul töötavate robotid aidata ringlussevõttu suurendada.



Joonis 5. Taaskasutusrobotid (Bigrentz, 2021)

Taaskasutuskeskused mängivad otsustavat rolli igal aastal prügilatesse ja veekogudesse sattuva prügi hulga vähendamisel. COVID-19 pandeemia ajal vähenenud tööjõu tõttu on paljud keskused aga raskusi nõudlusega sammu pidama. Õnneks võivad tehisintellekti (ingl *Artificial Intelligence*) jõul töötavate robotite ringlussevõtt aidata mõningast lõtvust üles korjata.

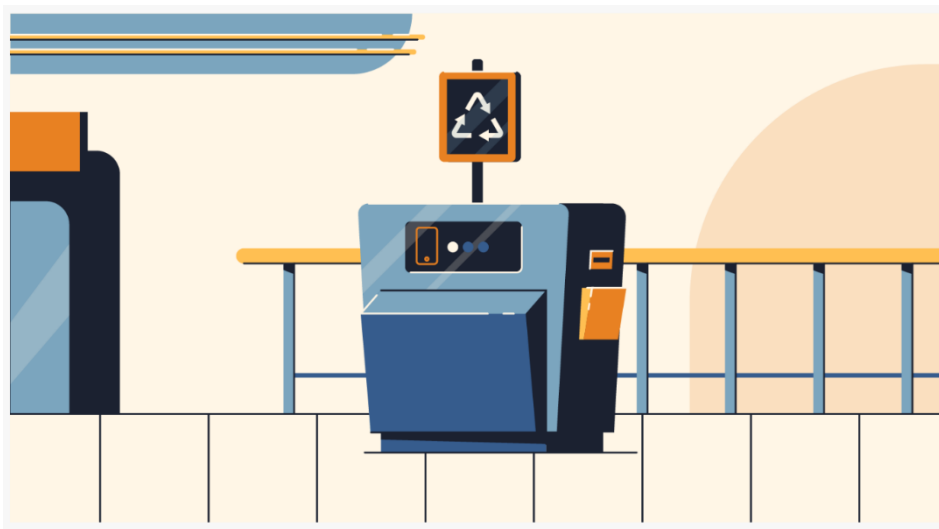
Need robotid on loodud taaskasutatavate materjalide täpseks tuvastamiseks ja sorteerimiseks, suurendades tõhusust ja vähendades vajadust inimtööliste järele. See mitte ainult ei säästa ringlussevõtukeskuste raha aja jooksul, vaid aitab ka mujale suunata materjale, mis muidu

prügilasse satuksid (Bigrentz, 2021). Autor lisab et just seda tüüpi lahendused on üheks osaks ka Tööstus 4.0 ja Tööstus 5.0 käsitluses.

1.3.4. Prügiauto kaalumismehhanismid

Nagu jäätmetaseme andurid, võivad prügiautodesse paigaldatud kaalumismehhanismid aidata ennustada täitetasemeid ja vähendada kogumisreise. Nad teevad seda, mõõtes ja salvestades jäätmemahtude kaalu ning seejärel kasutades andmeid täitetaseme ennustamiseks aja jooksul. Linnad saavad seda tehnoloogiat kasutada, et täpsemalt ennustada, kui sageli nad peavad oma veokeid välja saatma või kuidas vähendada iga-aastaseid kogumiskulusid. Näiteks Rootsi ettevõtte Boteki seadmed loevad prügiautosse laaditud jäätmeid oma seadme abil, milleks on multiluger. Multilugeriga saab lugeda igat tüüpi silte sama lugejaga, olenemata sildi tüübist, sagedusest ja kodeerimisest. Botek Multireader B4200 on välja töötatud igat tüüpi RFID-siltide lugemiseks, mida tavaliselt jäätmekäitluses kasutatakse (Botek, 2021).

1.3.5. E-jäätmete kioskid



Joonis 7. Jäätmete kiosk (Bigrentz, 2021)

Joonisel 7 on välja toodud, kuidas elektroonikajäätmete kogumismahuti välja näeb. Ebaõigesti kõrvaldatud elektroonikajäätmed võivad olla kahjulikud nii inimestele kui ka keskkonnale. Õnneks on paljud ettevõtted ja organisatsioonid käivitanud e-jäätmete ringlussevõtu programmid, mis võtavad vastu vanu elektroonikaseadmeid ja isegi hüvitavad nende eest.

Nutikas taaskasutusettevõtte ecoATM viis selle idee sammu edasi, luues e-jäätmete taaskasutus kioskide sarja, mis võimaldab elektroonikat kohapeal sularaha vastu vahetada. Kuigi nad ei paku alati sularaha katkiste või hävinud seadmete eest, aktsepteerivad nad igas seisukorras telefone, tahvelarvuteid ja MP3-mängijaid ning tagavad nende nõuetekohase ringlussevõtu (Bigrentz, 2021).

1.3.6. Taaskasutusrakendused

Saastunud jäätmete sorteerimine on taaskasutuskeskuste jaoks üks suuremaid väljakutseid. Püüdes piirata ümbertöötlematute materjalide sattumist nendesse keskustesse, on organisatsioonid välja andnud rakendused, nagu RecycleNation ja iRecycle, mis muudavad ringlussevõtu üksikisikute jaoks lihtsamaks. Need rakendused pakuvad kasutajatele teavet ringlussevõtu määrade ja keskuste asukohtade kohta ning nende põhjalik materjalide loend aitab kasutajatel otsustada, milliseid esemeid saab ringlusse võtta (Bigrentz, 2021).

Töö autor toob välja ka tänapäevased tarku jäätmekäitluslahendusi kasutavad linnad, kes rakendavad nutikaid jäätmelahendusi ning mis on samuti üks oluline osa reaalamajandusest, kuid siiski sorteerimiskoha või ettevõttepõhine ning andmeid edasi reaalamajas ei saadeta. Mitmed linnad üle maailma rakendavad nutikaid jäätmekäitluslahendusi, mis aitavad säästa raha ja vähendada keskkonnamõju (Bigrentz, 2021). Järgmised väljatoodud nutikad linnad pakuvad juhtivaid näiteid nende tehnoloogiate kasutamisest ning ringlusse võtu edukast toimimisest, mille poole peab püüdlema ka kogu Euroopa, sh Eesti.

1.4. Riikide ja linnade tehnoloogilised kasutuspraktikad jäätmekäitluses

San Francisco, California

Taaskasutusmasina operaator

San Francisco suunab igal aastal umbes 80% oma jäätmetest prügilatesse ja sellel on üks USA kõrgemaid ringlussevõtu määrasid. Linn saavutas selle osaliselt tänu partnerlusele jäätmekogumisettevõttega Recology. Recology investeeris 20 miljonit dollarit oma rajatiste uuendamisse ja paigaldas sorteerimisrobotite pargi, et kiiresti ja täpselt sorteerida taaskasutatavaid esemeid.

Need robotid täidavad mitmeid ülesandeid, sealhulgas saasteainete sorteerimine, traditsiooniliste sorteerijate poolt kasutamata jäänud taaskasutatavate materjalide taaskasutamine ja musta plasti sorteerimine, mida optilised sorteerijad ei suuda segaplastist pallideks tuvastada. See mitte ainult ei taga, et rohkem San Francisco materjale võetakse nõuetekohaselt ümber, vaid suurendab ka plastpallide kvaliteeti ja müüdavust (Bigrentz, 2021). Töö autor lisab siia omalt poolt, et robotika kasutamist jäätmekäitluses ilmestab veel ka Tööstus 4.0 ja Tööstus 5.0 käsitlus, mis California osariigis edukalt omavahel kombineeritud on.

Songdo, Lõuna-Korea

Lõuna-Korea Songdo oli üks esimesi linnu, kus võeti kasutusele veoautodeta jäätmekäitlussüsteem. See saavutati, paigaldades prügikastid, mis on ühendatud maa-aluste pneumaatiliste jäätmetorudega, mis transpordivad prügi jäätmekäitluskohta, kus jäätmed sorteeritakse automaatselt ja ringlusse võetakse, maetakse või põletatakse energia saamiseks.

Songdo süsteem oli esimene, mis kõrvaldas vajaduse kogumisautode järele, ühendades kõik linna hooned maa-aluse torusüsteemiga. See mitte ainult ei vähendanud süsinikdioksiidi heitkoguseid, vaid säästis ka linna raha. 2014. aastaks oli süsteemi tööks vaja vaid seitset töötajat (Bigrentz, 2021).

Amsterdam, Holland

Amsterdam on üks maailma keskkonnateadlikumaid linnu. Osana oma eesmärgist vähendada 2050. aastaks CO₂ heitkoguseid 95% võrra seadis Hollandi pealinn oma avalikku jäätmekogumissüsteemi nutika tehnoloogiaga kaasa. 2014. aastal lisas linn mõnele kogumisautole kaalumismehhanismid ja paigaldas avalikesse prügikastidesse täitetaseme andurid. Seejärel kasutas ta andmeid tõhusamate ja kuluefektiivsemate jäätmete kogumise ajakavade koostamiseks (Bigrentz, 2021). Autori hinnangul oleks kaalumehhanismidest abi RTE juurutamisel ka Eesti jäätmekäitlussektoris.

2020. aastal avalikustasid MIT-i ja AMS-i instituudi teadlased potentsiaalse lahenduse Amsterdami ajalooliste kanalite äärsete prügihunnikute puhastamiseks. Nende kontseptsioon *Waste Streams* hõlmaks ujuvate prügikonteinerite paigaldamist kanalitesse, mida saab koguda ja tagastada autonoomsete paatide abil. Kui projekt on edukas, kaotab süsteem vajaduse

ajaloolistes piirkondades prügikasti kogumise järele ja pakub energiasäästlikumat alternatiivi (Bigrentz, 2021).

Jaapan

Jaapan plaanib aastaks 2025 kiibistada suurema osa toidukaupade pakenditest. 2017. aastal käivitas Majandus-, Kaubandus- ja Tööstusministeerium (METI) projekti raadiosagedustuvastuse (RFID) tehnoloogiaga jaekaubanduse automatiseerimise edendamiseks. RFID kasutab elektromagnetvälju objektidele kinnitatud siltide automaatseks tuvastamiseks ja jälgimiseks. RFID on võõtkoodist parem, kuna see ei nõua, et silt oleks skanneri vaateväljas. METI sõlmis viie suurema esmatarbekaupluse ehk Seven-Eleven Japani, FamilyMarti, Lawsoni, Ministopi ja New Daysiga kokkuleppe võtta 2025. aastaks kasutusele elektroonilised sildid kõikidele nende kauplustes müüdavatele toodetele, mis on hinnanguliselt 100 miljardit toodet aastas. Varem oli probleeme mikrolaineahjus kasutatavate esemetega. RFID-märgise metallosad võivad mikrolaineahjus küpsetades sädemeid tekitada. Märgised kantakse tavaliselt välispakendile, mida tarbijal soovitatakse enne toiduvalmistamist eemaldada (nt papist ümbris), kuid mitte kõik ei järgi neid juhiseid. Seega on endiselt oht panna toode ekslikult mikrolaineahju. 2019. aasta jaanuaris tõi Avery Dennison aga pärast 10-aastast uurimistööd turule mikrolaineahjus kasutatava RFID WaveSafe märgise, mis peab vastu kuni viis minutit 950-vatises mikrolaineahjus. Jaapani turul on ka teisi silte, mis on vähem hinnatud, kuid 5 minutit on väga suur läbimurre. Avery Dennisoni kommunikatsiooniesindaja Iain Alexander sõnul oli see aeg, mida suuremad supermarketid otsisid, sest see hõlmab ajavahemikku, mille jooksul enamik mikrolaineahjus kasutatavaid tooteid tuleb küpsetada. Seetõttu oleks pakendite kiibistamine üks oluline ringmajanduse osi ka mujal maailmas (Katayama, 2019).

1.5.Sensorite ja akude ohtlikkus reaalamajanduses

Töö autori poolt ülaltoodust tuli välja fakt, et tänased RTE lahendused jäätmekäitluses ja targas jäätmete majandamises on seotud peamiselt kiipide, sensorite ja robotikaga. Siin on tegu Tööstus 4.0 ja 5.0 käsitluste kombinatsiooniga. Sensoritel on tarvis edukaks toimimiseks ja andmete edastamiseks energiat ja see tähendab paraku aku toitel töötamist. Sensorite endaga seostub nagu ka iga teise IT lahendusega, käideldavuse risk ehk sensorite ja andurite omanik

peab veenduma, et see toimiks probleemideta ega ei esineks väärinfot või valel ajal andmete saatmist. Toite olemasolu või selle puudumine ei ole seetõttu ainus risk.

Akude puhul esinevad üleüldised riskid, mis esinevad ka teistes valdkondades. Akudel on suur keskkonnajalajalg, see võib lisaks ka süttida või harvemal juhul ka plahvatada. Üldjuhul juhtub aku toimivusega midagi siis, kui sellel on sisemine probleem või füüsiline vigastus ja akusse pääseb ligi õhk ja käivitab keemilise reaktsiooni (Roonemaa, 2017). Töö autori sõnul on näiteks jäätmemahutite andurid ja akud üsna kergesti kahjustatavad, kuna mahuteid tõstetakse alatasa ühest kohast teise, lisaks käib mahutite juures palju inimesi, kelle tegevuse tulemusena võib andureid ja akusid mehaaniliselt vigastada. Kõigile akudele kehtivad üldiselt ühed ja samad ohutusreeglid. Viga saanud akut ei tohi mitte kunagi enam edasi kasutada, vaid sellest tuleb ohutult vabaneda, kuna tegemist on ohtliku jäätmega. Ohtlikud jäätmed on jäätmed, mis oma kahjuliku toime tõttu võivad olla ohtlikud tervisele, varale või keskkonnale. Ohtlikud jäätmed tuleb koguda liigiti ja muudest jäätmetest eraldi (Tallinn, 2019).

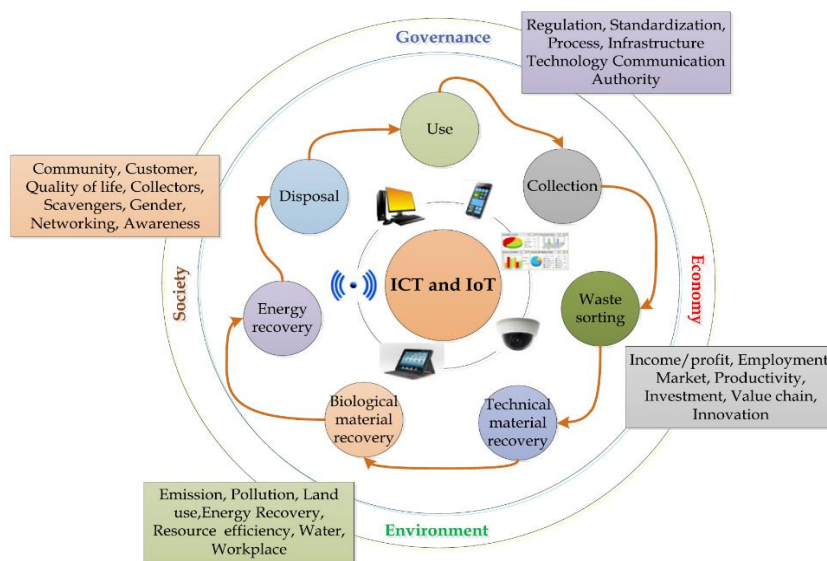
Töö autori sõnul saab RTE-sse kaasata uusi andmeid jäätmevedajatelt ja -käitlejatelt, kui selles lepatakse kokku ja kui selleks on vajadus. Küll aga on oluline pidada meeles erinevaid ohutegureid riistvaraliste lahenduste puhul, kus kasutatakse näiteks akusid.

1.6.Reaalajamajanduse seosed Tööstus 4.0 ja Tööstus 5.0 käsitlustega

Reaalajamajandusest räägiti juba rohkem kui 20 aastat tagasi ja üks esimestest definitsioonidest avaldati ajakirjas *The Economist* juba 2002. aastal (Siegele, 2002). Siegele rõhutas "reaalaja" mõistega info- ja kommunikatsioonitehnoloogiate pakutavaid võimalusi kõikvõimalike äriprotsesside viiteaegade vähendamiseks. Ta ilmestab oma mõttekäiku General Electricu toonase IT-juhi Gary Reineri usutlemisega ning artikkel kirjeldab, kuidas Reineri igapäevaseks töövahendiks on kolmevärviline juhtlaud, mis kuvab valgusfoori kombel ettevõtte asjade seisu reaalajas. On selge, et millenniumi alguses oli sedasorti andmetöötlemise võimekus vaid vähestel innovaativematel tehnoloogiaettevõtetel, kuid arvutitehnoloogia arenedes ja taskukohasemaks muutudes on sellised lahendused kättesaadavad juba laialdasemalt, kui ettevõtja tegevusala reaalajas asjade seisu ülevaadet eeldab (Roos, 2020). Autori sõnul on mõnevõrra üllatav, et RTE kasulikkust ja selle mõju on hakatud käsitlema oluliselt hiljem. Jäätmekäitluses, kus andmed liiguksid jäätmekäitlejatelt avalikule sektorile, autorile

teadaolevalt kuskil kasutusel ei ole. See teeb tänased Eesti riigi plaanid jäätmekäitlust digitaliseerida, innovaatiliseks ja jätkusuutlikuks.

Joonisel 8 on töö autor välja toonud põhiraamistiku mudeli, mis ilmestab tarka, andmepõhist ja jätkusuutlikku jäätmekäitlust. Nagu jooniselt selgub, on targa ja andmepõhise jäätmekäitluse keskmeks tehnoloogia, mis võimaldaks RTE-d juurutada ja seda erinevatesse protsessidesse sisse viia. Need on asjade internet (ingl *IoT*) ning infotehnoloogia ja kommunikatsiooniteenused (IKT). Tehnoloogilist keskosu ümbritsevad lähiväljaside (ingl *Near field communication* ehk NFC), arvutid, nutitelefoniid, andmeait ja platvormid ning nutikad kaamerad. Tuues juurde kolmanda kihi ümber tehnoloogia, saame rääkida kasutusest, kogumisest, jäätmete sorteerimisest, materjali taaskasutusest, biojäätmete taaskasutusest, energia taaskasutusest ja jäätmete kõrvaldamisest. Neljandas kihis on kogu jäätmekäitluse vastutavad põhiosad: valitsus, majandus, keskkond ja ühiskond. Joonisel 3 tõi töö autor välja Eesti jäätmekäitluse andmeedastuses osalevad põhirollid ja vastutusosalad ning joonisel 8 on samuti avaliku sektori roll peamiselt jäätmekäitluse regulatsioonid, poliitika, standardiseerimine, protsessid ja tehnoloogia arendamine. Majanduslik osa koondab enda alla tulud-kulud, tööhõive, turu ja investeerimise, väärtusahela ja innovatsiooni. Keskkonna alla liigitub emissioonid, reostus, maakasutus, energia taaskasutus, ressursi jätkusuutlikkus, vesi ja töökeskkond. Ühiskonna alla jääb kommuun tervikuna, elukvaliteet, võrgustik ja teadlikkus. Kõik eelnimetatud sobituvad töö autori puhul terviksüsteemina ka RTE konteksti, sest kõik need samad komponendid kannavad kindlat ja olulist rolli kogu ahelas.



Joonis 8. Säätva ja targa jäätmekäitlussüsteemi põhiraamistik (Fatimah et al., 2019).

Indoneesias viidi läbi uuring, mis põhines Tööstus 5.0 käsitlusel ning mis uuris säästva ringmajanduse jäätmekäitlussüsteemi säästva arengu kontekstis (Fatimah et al., 2019). Uuringu läbiviijad lõid raamistiku, mis jagab targa ja jätkusuutliku jäätmekäitluse 5-ks tasemeks, mida saab lugeda sisuliselt küpsusmodeliks.

Tase 1 - Traditsiooniline: Traditsiooniline jäätmekäitlussüsteem hõlmab piiratud rajatise ja tehnoloogiat minimaalse masinate ja automatiseerimisega. Seda juhitakse enamasti käsitsi ning standardset protsessi ja protseduuri pole olemas. Eeskirju kohaldatakse valitsuse nõuete täitmiseks väga lihtsal tasemel ning kogukond ja kodanikud osalevad vähe. Lisaks puudub kommunaalmetite vaheline suhtlus. IKT-investeeringud piirduvad SMS-teadete kasutamisega jäätmeandmete kinnitamine; puudu on oskustöolistest, määruste täitmine ja osakondadevahelised suhtluskanalid. Kõrgemale tasemele jõudmise peamised lähenemisviisid hõlmavad sidusrühmade tuvastamist ja kaasamist, tehnoloogiarakendustele keskenduvaid juhtimistäiustusi ning kodanike ja kogukonna baasi loomist.

Tase 2 - Üldine: Jäätmekäitluse eesmärk on järgida jäätmeid käsitlevaid eeskirju, keskendudes peamiselt kogumisprotsessi kättesaadavusele; jäätmekäitlus on seatud töötama poolautomaatselt. Jäätmete käitlemiseks on osakondadevaheline suhtlus; sidusrühmade vahel on aga endiselt puudulik koordineerimine. Põhisuhtluseks kasutatakse IKT-rakendusi ja jäätmekäitlusprotsessi juhivad eeskirjad. Tööl on minimaalne arv oskustöölisi. Peamised direktiivid parema jäätmekäitlussüsteemi saavutamiseks põhinevad kogukonna käitumise ja kultuuride muutmisel, põhiliste automaatsete masinate ja tehnoloogia rakendamisel, miinimumnõuete järgimine, põhiliste suhtluskanalite parandamine ja keskkonnateadlikkuse suurendamine. Lõpuks on vaja parandada teadlikkust poliitikatest ja eeskirjadest ning lisada asjakohast teavet jäätmekäitlussüsteemi, protsesside ja protseduuride kohta.

Tase 3 - Korraldatud: Jäätmekäitlusel on tõhus, sujuv ja tõhus jäätme protsess, kus on keskmise kvalifikatsiooniga töötajad, täielik vastavus eeskirjadele, väljakujunenud suhtluskanalid osakondade vahel, teatud kogukonna osalus ja mõned osalejate/juhtimise tasemed, mis näitavad töötajate keskkonnateadlikkust. Organiseeritud süsteemi täiustamise peamised lähenemisviisid peaksid keskenduma kogukonna käitumise, jäätmetöötajate teadmiste ja oskuste parandamisele nii formaalse kui ka mitteametliku hariduse kaudu, töötajate tootlikkuse edendamisele automatiseerimise ja täiustatud seire kaudu, IKT-investeeringutele, veebisaidile jäätmekäitluse

levitamiseks ja edendamiseks ning jagada asjakohast teavet, nagu vastuvõtuteenused ja uued eeskirjad.

Tase 4 - Integreeritud: see jäätmekäitlussüsteem on kaasaegne ja vastavuses inimeste käitumisega. See süsteem on terviklikult ja intensiivselt integreeritud jäätmete vähendamiseks. Selles süsteemis kasutatakse standardseid oskustöölisi, see toimib väljaspool eeskirjade järgimist, tagab kõrgetasemelise suhtluse ja läbipaistvuse ning kaasab kõik juhtimistasandid keskkonnateadlikkust väärtustavasse kultuuri. Peamised lähenemisviisid siin põhinevad koostööl või lepingute sõlmimisel ringlussevõtutööstusega, juhtimisstruktuuri muutmisel, andmete integreerimisel ning kogukonna kaasamise ja osalemise suurendamisel.

Tase 5 - Nutikas: nutikas jäätmekäitlussüsteem on ühendatud vastava süsteemi kaudu. Otsuste tegemisel arvestatakse jäätmekäitluse väärtusi, tõhususe saavutamiseks kasutatakse automaatset tehnoloogiat ja süsteeme, jäätmeandmed ja -teave integreeritakse asjade Interneti-süsteeme kasutavatesse suurtesse andmekeskustesse, töötajad on kõrgelt kvalifitseeritud, kogukond on loomulikult kaasatud, kindlustus või muud algatused on olemas. tervise-, hügieeni- ja ohutusvaldkondade puhul põhineb süsteemi vastavusstiil iseregulatsioonil, kogu teave on reaalajas saadaval ja kogu personal on pühendunud keskkonnateadlikkuse kultuurile (Fatimah et al., 2019).

2. Metoodika ja uuringudisain

Antud magistritöö uuringudisainiks on juhtumiuuring. Juhtumiuuringu (ingl *case study*) puhul on peamiseks analüüsiühikuks üksikjuhtum. Sellisel puhul püütakse koguda hulgaliselt relevantseid fakte konkreetse juhtumi, situatsiooni või nähtuse kohta ja kõrvutatakse neid varasemate sarnaste juhtumitega. Juhtumiuuringu meetod on olnud populaarseks meetodiks meditsiinis ja ärimaailmas (Virkus, 2020). Juhtumiuuringu meetodi uurijad Yin (1981) ja Stake (1998) kinnitavad, et juhtumiuuringutele lisavad põhjalikkust ja täpsust mitmete allikate kasutamine (nt kirjalikud materjalid, suulised aruanded, uurimisobjekti vaatlused jne), ajalise konteksti lisamine, mitmekülgsus ja protsessile orienteeritud lähenemine. Sissejuhatuses kirjeldatud probleemistik näitab selgelt, milliseid puudusi esineb täna jäätmekäitluse valdkonnas. RTE muudaks jäätmekäitluse aruandluse kiiremaks, läbipaistvamaks nii tarbijale kui ka riigile. Eesti jäätmekäitlusvaldkonna andmeedastuse puuduseid kinnitab selgelt ka

Maailmapanga 2021 aasta uuringu „Eesti tahkete jäätme käitlemise süsteemiga seotud poliitikasoovitused ja tegevuskava“ raport (Maailmapank, 2021).

Eeltoodud uuringudisani kirjelduse ja põhjenduse täienduseks toob autor välja veel juhtumiuuringu kasuteguri, mis on kirjeldatud Gregsoni (2015) poolt. Tema sõnul on antud uurimismeetod reaalse äritegevuse olukordade uurimiseks, sageli rõhutades ettevõtete väljakutseid, millega tuleb silmitsi seista. Antud magistr töö uurimisprobleemi üks osa on jäätmete aruandlusega ja andmetega seotud suur koormus ja manuaalne töö, millega jäätmekäitlejad ja -vedajad igapäevaselt tegelevad. Juhtumiuuringud hõlmavad mitmesuguseid ettevõtteid, organisatsioone ja olukordi, mistõttu on see väga mitmekülgne uurimismeetod ja sobib ärivaldkonda. Juhtumiuuringud võimaldavad teadlastel tihtilugu koguda teadmisi erinevates juhtimisvaldkondades, lisaks võib kasutada erinevaid uurimisvahendeid, võimaldades uurijal tuvastada üksikasjalikud interaktiivsed protsessid, mis võivad olla uuringu mõistmiseks kriitilise tähtsusega. Eriti siis, kui need sõltuvad ühest uurimisvahendist, näiteks suuremahulisest küsitlusest, intervjuust või küsimustikust. Juhtumiuuringu eriline tugevus ettevõtluses on teabe kogumine, selle analüüs, järeldused, soovitused ja võimalik rakendamine korruga. Teine tugevus on holistilisuse tuvastamine ja hindamine ning organisatsiooni omadused selle loomulikus keskkonnas. Juhtumiuuringul peab olema kontseptuaalne raamistik, mis põhineb põhjuuringul ehk küsimustel, mis juhivad andmete kogumise protsessi. Ärijuhtumiuuringu kriitiline nõue on andmetele juurdepääsu saamine (Gregson, 2015). Töö autoril õnnestus tänu kaasjuhendaja abile saada soovitused mitmete spetsialistide uuringu valimisse kaasamiseks, kelleni jõudmine oleks olnud ilma abita oluliselt aeganõudvam.

Antud magistr töö kasutatakse kvalitatiivseid poolstruktureeritud intervjuusid. Juhtumiuuringu üheks iseloomustavaks teguriks on etapilisus. See võimaldab erinevaid etappe paralleelselt läbi viia ning korrigeerida (Õunapuu, 2014). Autor jagas oma magistr töö uuringu samuti erinevateks etappideks.

Kvalitatiivse intervjuu läbiviimisel on esimeseks sammuks intervjuueeritavate valik. Töö autor kaardistas samuti enne töö kirjutama hakkamist intervjuueeritavate valimi, koostöös antud töö kaasjuhendajaga. Kvalitatiivses uuringus kasutatakse eesmärgile vastavat valimit (ingl *purposive sampling*). Sellisel juhul võetakse valimisse uurija poolt populatsioonist valitud isikud, kes vastavad uurimuses seatud kriteeriumitele. Juhul, kui tehakse valim nendest subjektidest, keda on kõige mugavam valida või kõige hõlpsam leida, räägitakse mugavusvalimist või mugavuse kriteeriumist (Virkus, 2016). Antud magistr töö puhul ei olnud

tegemist mugavusvalimiga. Eesmärk oli katta üldisemalt valdkonda nii erasektori kui avaliku sektori poolelt.

Töö autor kaardistas ära intervjuu teemad, intervjuu kava, koostas küsimused ning saatis need etteulatuvalt intervjuueeritavatele. Avaliku sektori intervjuu valimisse kuulusid Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi ja Keskkonnaagentuuri esindajad. Lisaks KEMIT-i (Keskkonnaministeeriumi Infotehnoloogiakeskus) esindajad. Keskkonnaministeeriumi arendustegevusi koordineerib KEMIT – Keskkonnaministeeriumi Infotehnoloogiakeskus. KEMIT on Keskkonnaministeeriumi poolt hallatav riigiasutus, mille tegevusvaldkond on ministeeriumi ja selle valitsemisala asutustele infosüsteemide ja andmeside arendamine ning haldamine. Oma ülesannete täitmisel esindab KEMIT riiki (Lemberg, 2019). Enne Keskkonnaagentuuri, Majandus- ja kommunikatsiooniministeeriumi ning KEMIT-i intervjuusid viidi läbi intervjuud Eesti suurimate jäätmekäitlusettevõtete esindajatega.

Jäätmekäitlusettevõtete valimisse oli kaasatud Eesti Keskkonnateenused, Ragn Sells, Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskus ja Ekovir. Ekovirilt siiski nõusolekut intervjuus osalemiseks ei tulnud. Lisaks saatis töö autor mitu päringut e-kirja teel Tallinna Jäätmete Taaskasutuskeskuse üldisele e-posti aadressile koos magistritöö teema ja sisu tutvustusega, kuid vastust neilt saada ei õnnestunud.

Erasektori esindajate intervjuud viidi läbi enne avaliku sektori intervjuusid, kuna intervjuudest saadud infoga saab avaliku sektori esindajatega läbi viia juba sisukamad intervjuud, võttes aluseks erasektori käest saadud info. Lisaks sai koostatud intervjuu ankeete jooksvalt kohendada vastavalt eelnevatele intervjuudele. Eelnimetatud ettevõtetega õnnestus töö autoril läbi viia 1 h pikkused avatud küsimustega intervjuud.

Intervjuudega selgitati välja jäätmekäitlussektori tehnoloogiline võimekus reaalses andmete edastamisel, RTE-le üleminekuga seonduvad riskid ning riigi poolelt võimekus andmeid reaalses vastu võtta, töödelda ning interaktiivseteks töölaudadeks (ingl *dashboard*) disainida, et selle najal teha paremaid otsuseid jäätmevaldkonna majandamiseks ja et sektori andmestik oleks kõigile läbipaistvam.

Intervjuu läbiviimiseks koostas töö autor intervjuu kava. Intervjuu kava oli koostatud nii, et selle abil oleks võimalik saada vastused uurimistöö uurimisküsimustele. Intervjuu kava oli planeeritud temaatiliste plokkide kaupa, st et igale uurimisküsimusele aitaks vastuseid leida konkreetne küsimuste plokk.

- Sissejuhatus, profiil ja taust
- Andmete töötlemine
- Üldine võimekus

Seda tüüpi intervjuu kava kasutas töö autor erasektori jäätmekäitlejate intervjuudes, mille ankeet koos küsimustega on leitav töö lisades (Lisa 2).

Avaliku sektori intervjuud toimusid pärast erasektori esindajate intervjuusid ning see küsimustik on leitav töö lisast (Lisa 1, Lisa 3). Nende puhul eraldi teemaplokke töö autor ei koostanud, kuna puudus konkreetsem vajadus.

Poolstruktureeritud intervjuusid nimetatakse ka teemaintervjuudeks. Poolstruktureeritud intervjuu puhul:

- intervjuu alateemad on teada, ent küsimused pole eelnevalt täpselt sõnastatud ega järjestatud;
- küsimused võivad olla eelnevalt formuleeritud, kuid uurija otsustab, mida on otstarbekas küsida ja millal (Robson, 2002).

Kvalitatiivse uurimismeetodi valiku kasuks räägib see, et intervjuueeritavad saavad intervjuus vastata avatud küsimustele olukordi ja seisukohti kirjeldades. Lisaks saab intervjuu küsimusi jooksvalt kohendada ja muuta, vastavalt eelmistest intervjuudest saadud infole. Töö autor järgis sama tegevusplaani ning alustas intervjuude tegemisi erasektori jäätmekäitlejate esindajatest. Nendest intervjuudest tekkis ka vajadus muuta avaliku sektori intervjuu küsimusi. Enne kvalitatiivse intervjuu tegemist saatis töö autor ette avatud vastustega ankeetküsimustiku, et uurida intervjuu ajal erinevaid põhjusi ja seoseid ankeedi ja päris elu situatsioonide vahel.

Autor uuris ühtlasi tehisintellektilt ChatGPT võimalike riskide kohta reaalamajanduse juurutamisel. Lause, mis tehisintellekti vestlusasknasse kirjutati oli: „Reaalamajanduse riskid jäätmekäitluses“ (ingl *Real-time economy risks in waste management*). Tulemuseks oli lühikirjeldus, millest autor 3 lauset ka tulemuste peatükis kasutas.

Andmete analüüsi meetodina kasutas töö autor transkribeerimist. Transkribeerimisel kasutas töö autor TTÜ Küberneetika Instituudi foneetika- ja kõnetehnoloogia laboris väljatöötatud tehnoloogiat ja mudeleid (Alumäe ja Olev, 2022). Uurimistöö jaguneb tavapäraselt

tutvumisetapiks, planeerimisetapiks ja teostusetapiks (Hirsijärvi & Huttunen, 2005, lk 166). Töö autor lisab, et ka käesoleva magistr töö uuring jaotub samadeks etappideks.

3. Tulemused

Eesti jäätmekäitlejate turg on peamiselt jagunenud kahe suurema jäätmekäitleja vahel, kelleks on Eesti Keskkonnateenused AS ja Ragn Sells AS. Autor püstitas töö eesmärkide saavutamises 4 uurimisküsimust, millele leidis vastused läbiviidud intervjuude abil.

3.1. Milline on hetkeolukord jäätmekäitlussektoris andmete valdkonnas?

Autor toob välja erasektoriga tehtud intervjuudes mainitud hetkeolukorra probleemid. Lisaks on probleem ka selles, et jäätmekäitlejad sisestavad andmeid riigi andmebaasi KOTKAS manuaalse tööna. Selleks, et need andmed oleksid valmis edastamiseks, on neid vaja vastavaks muuta. RTE puhul oleks lahendus operatiivne ja aitaks vähendada manuaalset tööd. Sellele juhtisid tähelepanu ka jäätmekäitlejate esindajad.

Keskkonnaministeriumi jäätmearuandluse digitaliseerimise kontseptsiooni eelnõu kirjeldab ka omapoolset vaadet hetkeolukorrale. Jäätmeandmete haldamise süsteem ei vasta enam riigi vajadustele. Andmete kogumine ei ole oma hõlmatus, detailsuse, kiiruse ja kvaliteedi poolest piisavalt usaldusväärne ning puudub piisav järelevalve ja jõustamine. Andmed nii juhtimisotsusteks kui järelevalvetoiminguteks on rohkem kui 1,5 a (kohati kuni 2,5 a) vanused. Andmete kasutamine sisuliste eesmärkide (nt jäätmetekke vähendamine, jäätmete liigiti kogumine ja ringlussevõtt) saavutamiseks on alarakendatud, sest andmete töötlemine on aeglane ja liialt käsitööd nõudev nii ettevõtetele kui riigile (Jäätmearuandluse digitaliseerimise kontseptsiooni eelnõu, 2022).

„Peamine mure on tegelikult see, et andmeid ei ole täna kuhugi automatiseeritud kujul saata. Lisaks on suureks probleemiks ehitusjätmed ja nendega seonduv ja mõistagi illegaalne jäätmekäitlus. Andmete halduse peamine mure on käsitöö ühest andmebaasist teise, mis peaks olema automaatne. Ja jäätmevaldkonna nõudmisi reguleeritakse liiga palju üle. Lisaks suur koormus 30 päevaga panna kokku eelmise aasta aruanne, see on väga suur töömaht“

„Peamine mure on digitaliseeritus, õigemini selle puudumine või siis liialt vähene maht. Jäätmeäitluse digitaliseerimine lisaks efektiivsust andmete edastamisel, muudaks selle läbipaistvamaks ja annaks võimalust uutel äridel sündida. Lisaks on suureks probleemiks andmete mahud, mis tohutult kasvavad ja seda aruandlust ei ole enam võimalik käsitsi teha.“

„Andmete kvaliteeti tuleb aga kogu aeg üle kontrollida, sest inimtööjõud teeb palju vigu.“

Nendest intervjuude vastustest saab välja lugeda suure ühise nimetaja. Jäätmeäitlejad toovad välja fakti, et kui oleks andmeid kuskile automatiseeritud kujul saata, teeksid nad seda esimesel võimalusel. Küll aga teeb inimfaktor üsna palju vigu ja töö autori hinnangul tuleks need protsessi ahelad võimalusel üle vaadata, kus inimtekkelist andmestikku saaks digitaliseerida ja automatiseerida, et vigu oleks võimalikult vähe. Kui Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium tuleb välja toetusmeetmetega RTE-le üleminekul, võiks riik kaaluda ka muude protsessiahela osade digitaliseerimise toetust, et süsteem oleks terviklik ja jätkusuutlikum. Algne kulu on ilmselt suurem, kuid pikas perspektiivis oleks täielik digitaliseeritus vajalikum ja ülevaatlikum nii eraisikule, ettevõtetele ning ka avalikule sektorile.

3.2. Milline on reaalamajanduse rahvusvaheline kogemus jäätmeäitlusektoris?

Rahvusvahelist RTE kogemust jäätmeäitluses oli töö autoril praktiliselt võimatu leida. Vähe on andmeid ja kogemusi ning peamised RTE lahendused on seotud erinevate anduritega jäätmete mahutitel, tehisintellektil töötavad robotid, autode kaalumehhanismid, vaakumiga töötavad mahutid jms, millest tekkivad andmed saadetakse peamiselt enda ettevõttesisestesse andmebaasidesse. Lühidalt: infot kasutatakse oma äritegevuse tarbeks, kuid avalikule sektorile andmeid reaalamajas sellisel moel, nagu seda Eestis plaanitakse tulevikus teha, teadaolevalt ei edastata. Töö autori sõnul oleks otstarbekas antud teema tõstatada ka teistes riikides, teha erand ning avalikule sektorile ettepanekuid, kuidas RTE-le üleminekul võiks parandada, optimeerida ning viia andmete manuaalne edastus ning nende töötlemine automatiseeritud digitaalsele kujule. Avalik sektor saaks andmed kiiremini kätte, saaks teha operatiivseid otsuseid ning prognoose ja lisaks paremini jäätmesektorit majandada. RTE-ga vabaneks suur inimressurs, kuna andmete töötlemisele ja edastamisele kuluvat aega saaks kasutada mõistlikumalt.

Autor toob välja erasektori esindajate intervjuudest mõned näited rahvusvahelisest RTE kogemusest.

“Norras kasutatakse haiglate siseruumides prügikaste, milledes on andurid ning need annavad märku täitumisest. Tekkinud andmeid kasutatakse nõ mustrite joonistamisel ja kliendi tundmaõppimisel. Lõuna-Korea pealinnas Seoulis kasutatakse kortermajade juures jäätmete mahuteid, mis on koos kaaludega. Korteriomanik viskab prügikoti konteinerisse, viipab RFID kaarti nagu ühistranspordis, andur loeb ja kaalub jäätmekoti ning kuu lõpus maksab omanik ainult oma prügi mahu eest ehk neil on osades piirkondades juba kasutusel mahu- ja andmepõhine jäätmekäitlustegevus. Lisaks on sellise lahenduse puhul hea teostada järelevalvet, kui keegi viskab biojäätmete kotti või paberikonteinerisse keelatud jäätmeid. Tuvastamine on palju lihtsam, sest kaart on seotud isikuga ja isik omakorda lepinguga.”

Paljud antud töös välja toodud lahendused on teistes riikides üksikult tehtuna olemas, küll aga peamiselt ettevõttesiseselt kasutamiseks ja targemaks planeerimiseks. Eesti võiks aga tervikuna selle suure muutuse teha, kuna väiksemas riigis on seda lihtsam ellu viia.

Autor lisab omalt poolt juurde, et nagu ka TalTechi poolt läbiviidud RTE rakendusvõimaluste uuringu aruandest välja tuli, siis peamised kasutuskohad andmete liikumisel B2G suunal on siiski seotud äriaruandluste ja e-arvete valdkonnaga (Krimmer et al., 2019).

3.3. Millised oleksid tehnoloogilised lahendused Eesti jäätmevaldkonna digitaliseerimisel ning millised riskid nendega kaasnevad?

Erinevat tehnoloogiat kasutatakse jäätmekäitluses üle maailma ja seda üsna laialdaselt ja edukalt. Töö autor kirjutas nendest pikemalt ka töö esimeses peatükis, kus olid näiteid erinevate tehnoloogiate kasutamisest teistes riikides. Lisaks esimeses peatükis välja toodule uuris töö autor nii jäätmekäitlejatelt kui ka avaliku sektori esindajatelt, milliseid tehnoloogilisi lahendusi nemad jäätmekäitluses näeksid, millest on täna peamine puudus ning omapoolse vaate annavad ka avaliku sektori esindajad RTE juurutamisel, tarkvaraarendue vaatenurgast.

„Algoritmindus ja masinõppe tehnoloogiat kasutame klienditeeninduse digitaliseerimisel peamiselt. Algoritm võiks analüüsida nt uut piirkonda, mis teenuseid saab pakkuda ja mis on

seal kasutusel ümberkaudsetel klientidel. Ettevõtte enda ajalooliste andmete pealt tekitatakse uue kliendi teenuste vaade.“

„Tööjõud vs robotika sorteerimises. Inimesi enam sellele tööle ei leia. Siin on vaja riiklike toetusi. Uus pakendiliin aitab katta 30% inimeste töökäsi. Pakendeid tuvastatakse kuju ja materjali tüübi järgi. Transpordi osa saaks ehk poolautonoomseks selle kümnendi lõpuks. Tänaval liiguks mingis mahus auto iseseisvalt jms.“

Autor uuris, millised tehnoloogilised võimalused ning mis on nende peamised riskid, mida tuleks RTE juurutamisel arvestada.

„Riiklikul tasemel pole kirjas, milliseid tehnoloogiaid kasutada ja selles osas oleme vabad. Arendusi saame teha ainult üle X-tee. X-tee on andmevahetuse platvorm, mis võimaldab turvaliselt asutuste vahel teavet pärida ja vahetada. Minu hinnangul on see liiga siduv ja piirav nõue. Peaksime olema platvormist sõltumatu, skaleeruv, avatud lähtekoodiga, vabavaraline ja laialt kasutatav. Teenuseosutaja blokeerimist tuleks vältida, sest see on täiendav kitsendus.“

XBLGR - GD on aruandluse reaalamajandusest tuntud majandustehingu aruandlus, seda poleks jäätmekäitluses otstarbekas kasutada. Andmed liiguksid reaalamajanduse lahenduste puhul XML – SOAP tehnoloogia abil.“

„Tehnoloogiliste valikute puhul lähtume vajadustest. Neid valikuid me ette ei tee ja sedasi väldimegi tehnoloogilisi lõkse. Ei ole vaja ühildada tehnoloogiaid, vaid tugineda samadele standarditele. Kasulik on ka veenduda, et eesmärgi saavutamiseks valiti õige standard. Tihti on standardid nii laiad, et selle raames on võimalik imeasju teha, nt soov kasutada XBRL formaati nii majandusaasta aruannete (täna nii on) kui tulevikus kütuse-, pakendi- ja jäätmearuandluse esitamiseks. Kui see otsus tugineb analüüsile, on hästi. Kui mitte, siis mitte niiväga.“

Töö autor saab nendest vastusest järeldada seda, et tehnoloogilistes valikutes ollakse RTE projekti puhul üsna vabad. Küll aga oleks mõistlik reaalamajanduse puhul kasutada XML – SOAP tehnoloogiat. Veebirakenduste ja API-de jaoks on oluline, et nad saaksid internetiühenduse kaudu suhelda. Parim teadaolev viis rakenduste vahel suhelda on HTTP protokoll kaudu, sest HTTP-d toetavad kõik veebilehitsejad ja serverid. SOAP loodigi selle

suhtluse toimimiseks. SOAP pakub võimalust suhelda erinevatel operatsioonisüsteemidel, erinevate tehnoloogiate ja programmeerimiskeeltega töötavate rakenduste vahel (W3 schools, 2023). Seetõttu võiks see olla üks valikutest RTE üleminekul.

Lisaks eeltoodule toob töö autor välja mõned võimalikud riskikohad, mis on seotud peamiselt andmetega ja privaatsuseeskirjadega. Tehisintellekti poolt loodud tekst viitas andmete privaatsusele ja turvalisusele, ettenägematutele tagajärgedele ning tehnoloogilisele vananemisele (OpenAI, 2023).

Andmete privaatsus ja turvalisus: reaalarajas jäätmekäitlussüsteemid põhinevad andmete kogumisel ja jagamisel, mis võib põhjustada privaatsus- ja turvariske nagu seda võivad põhjustada ka kõik teised IT lahendused, kui andmed pole korralikult kaitstud. Murettekitav võib olla andmetega seotud rikkumiste oht ja volitamata juurdepääs tundlikele andmetele. GDPR kontekstis on sellega oluline arvestada (OpenAI, 2023).

Ettenägematud tagajärjed: reaalarajas jäätmekäitlussüsteemid toetuvad jäätmekäitlusprotsesside optimeerimiseks algoritmidele ja andmeanalüütikale. Siiski on oht, et need süsteemid võivad põhjustada ettenägematuid tagajärgi, nagu üleoptimeerimine või soovimatud negatiivsed mõjud keskkonnale (OpenAI, 2023).

Tehnoloogiline vananemine: RTE jäätmekäitlussüsteemides tugineb digitehnoloogiatele, mis ajas vananevad. Tehnoloogiliste muutuste kiire tempo võib muuta digitaalsete jäätmekäitlussüsteemide hooldamise ja uuendamise aja jooksul kulukaks (OpenAI, 2023). Samas on sama risk seotud ükskõik millise teise infotehnoloogilise lahendusega. Sellega on oluline arvestada kõikidel osapooltel.

Vastupidavus muutustele: RTE rakendamine võib kokku puutuda erinevate sidusrühmade vastuseisudega, näiteks jäätmekäitlustöötajatega või üldsusega tervikult. Sidusrühmad võivad olla kasu suhtes skeptilised või mures selle mõju pärast töökohtadele või privaatsusele. Töö autor viitab siinkohal ka intervjuu tulemustele, kust selgus fakt, et ka väikeettevõtted antud sektoris ei pruugi olla huvitatud RTE lahenduste üleval hoidmisest ja hooldamisest.

Tehnoloogilised tõrked: reaalarajas jäätmekäitlussüsteemid toetuvad digitaal tehnoloogiatele, kus võivad esineda tehnilisi tõrkeid. Tehnoloogiliste tõrgete tagajärjeks võib jääda näiteks jäätmete kogumine tegemata või saabuval andmebaasi ebatäpsed jäätmekäitlusandmed, mis võivad omakorda kahjustada jäätmekäitlusprotsesside tõhusust.

Üldiselt tuleb jäätmekäitluses reaalarajas säästmisega seotud riske hoolikalt juhtida ja jälgida, et tagada nende süsteemide eeliste maksimeerimine, minimeerides samal ajal negatiivseid mõjusid.

Avaliku sektori intervjuudest selgus ka väide, mis viitab väikeettevõtete valmisoleku kasinusele. See on ühtlasi ka täiendav risk, et sektoris tegutsevad ettevõtted ei soovi RTE-le üleminekuga kaasa tulla ning see võib pidurdada kogu protsessi.

3.4. Milline on jäätmekäitlejate suutlikkus uute lahenduste kasutusele võtul?

Antud magistritöö neljandaks uurimisküsimuseks oli, et milline on jäätmekäitlejate suutlikkus uute lahenduste kasutusele võtul.

„KOTKAS-est (keskkonnaotsuste infosüsteem) tegelikult aruandluse mõttes enam nii palju ei olene, sinna on tehtud see exceli impordi võimalus.“

„Me oleme enda süsteeme juba piisavalt kaua majasiseselt arendanud ja meil on tehniliselt hea võimekus andmeid eksportida, töödelda ja vajadusel kuhugi saata.“

„IT süsteemide poole pealt on meil kohene valmisolek andmete saatmiseks. Andmete kvaliteeti tuleb aga kogu aeg üle kontrollida, sest inimtööjõud teeb palju vigu. IT tehniliselt väga lihtne. Andmete sisestus tuleb aga topelt üle kontrollida.“

Nendest vastustest saab välja lugeda seda, et jäätmekäitlejad ei näe ettevõttesiseselt oma andmete olukorras probleemi, kõik on loogiliselt jaotatud ja kogutud tänapäevaste lahendustega. Tuuakse välja aga andmete koguse rohkuse ning korrektsuse kontrolli, mis lisab tegelikkuses töötunde juurde. Töö autori sõnul tuleks tulevikus lahendada ka andmete kontroll tehnoloogia abil, kus andmete sisestamist ennast oleks minimaalselt. Siis suure tõenäosusega ei tekiks ka nii palju vigu. Küll aga seisneb probleem suure andmete töötlemise mahus, mida peab tegema konkreetselt riigile esitatava aruande jaoks, et need andmed oleksid edastamiseks sobilikud. Riik küsib küll sektori andmeid, kuid enne kui eelmise aasta lõplikult kinnitatud saab, on andmed vananenud, sest neid esitatakse liiga suure ajalise viitega.

Töö autor uuris ühtlasi ka avaliku sektori esindajate käest, milline võiks olla nende arvates üldine jäätmekäitlejate suutlikkus uute lahenduste puhul.

„Väikeettevõtjad ei näegi seda kasu RTE-s, sest nende jaoks on see kulu ja seal on vaja pikalt põhjendada, võib-olla seal lõpuks ei saadagi aru, miks on see üldse vajalik. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium tegelikult tuleb varsti välja uute toetuspakettidega just nimelt jäätmekäitlejatele, et seda rahastust oleks võimalik kasutada. See, et ettevõtted loovad omale süsteemid ja üldine võimekus on üks pool. Järgmisel aastal nad tulevad sellega, et aga kes hakkab seda igakuist püsikulu katma.“

Töö autor lisab siia omalt poolt, et see väikeettevõtete kasin huvi RTE-le üleminekul on üks riskidest, sest neil ei pruugi olla lõpuni põhjendatud huvi. Küll aga tuli intervjuudest välja ka fakt, et töötatakse välja teatud toetusmeetmed ja on tõenäoline, et kogu sektoris tegutsevad ettevõtted siiski enamjaolt kaasatakse, et astuda ühiselt suur samm edasi.

Avaliku sektori üks esindajatest pakub ühtlasi välja ka lahenduse, kuidas RTE-le üleminek valutum oleks.

„Kui riik võtaks selle kulu enda peale ja kui nende (väikeettevõtted) jaoks oleks see tasuta siis poleks ilmselt probleemi. Kui me tahame saada andmeid kõikidelt kätte, siis peaks olema see lahendus selline, et võib-olla tekitada kallim kulu suurtematele ettevõttele ja nemad katavad mingis osas väikeettevõtete kulu. Saja euro asemel saaks kümne euro peale. Subsideerida just läbi suurettevõtete, sõltuvalt mahust paneme selle tasu sinna taha. See nagu võiks olla üks potentsiaalne lahendus, et neid tuleb taha, sest et valmisolek kui selline on olnud väikeettevõtetal ka pigem olemas, aga seal takerdub üleminek eelarveliste vahendite taha.“

4. Järeldused ja ettepanekud

Magistritöö eesmärk oli töötada välja ettepanekud reaalamajandusele juurutamisel, mis aitaks vähendada manuaalset jäätmekäitluse andmetöötluskoormust nii era- kui riigisektoris. Lisaks uurida välja erasektori võimekus uute tehniliste lahenduste realiseerimiseks. Selle tarbeks viis töö autor läbi kvalitatiivse uuringu, milleks olid poolstruktureeritud intervjuud, mille eesmärgiks oli leida vastused viiele uurimisküsimusele:

Ettepanekuna toob töö autor välja erinevatele osapooltele soovituslikud lahendused või viisid, mida võiks reaalajamajanduse juurutamisel arvesse võtta.

Majandus- ja kommunikatsiooniministriumile, Keskkonnaministriumile, Keskkonnaagentuurile

Esimese ettepanekuna tuleks kogu sektori kaasamiseks teha läbipaistev ja reaalselt käegakatsutav toetussüsteem, mida riik jäätmekäitlussektorile pakkuda saaks. See võiks katta nii API-de esmased arendustööd, kuid lisaks tuleks mõelda ka teiste digitaliseerimist vajavate osade toetusele, nt andmepõhine mahutite tühjendamine, mis eeldaks uute mahutite soetust ja investeringut ning süsteemide muudatusi ka ettevõtete siseselt. Ettevõtted üksinda kõiki kulusid kanda ei saaks, eriti väiksemad jäätmekäitlusettevõtted.

Suurte kulude üheaegse tekke vältimiseks oleks mõistlik teha RTE-le üleminekut etapiti:

- RTE-le ülemineku esimene faas võiks katta jäätmearuandluse reaalajas edastamist. Tuleks vabaneda iga-aastasest jaanuarikuisest käsitsi andmete töötlemisest ja edastamisest. See annaks juba tuntava efekti manuaalse töö vähenemisest ja seda vabanevat ajaressurssi saaks kasutada optimaalsemalt. See eeldab nii riigipoolset kui jäätmekäitlejate poolset API võimekuse loomist ja arendustööd.
- Teise osana RTE projektist tuleks jäätmekäitlusettevõtetega ühiselt üle vaadata teised jäätmekäitlusahela osad, mida tuleks samuti digitaliseerida ja kaasajastada. Nt sensoritega mahutid ning nende täitumisest tekkivate andmete reaalajas liikumine ettevõttele. See aitaks paremini kogu jäätmete vedu planeerida vajaduspõhiselt.
- Kolmanda osana tuleks piirata jäätmekäitlejate õigust jäätmearuannet tagant järgi muutmisel. Avaliku sektori esindaja intervjuust selgus, et aruandeid muudetakse tagant järele ja kui seda saab teha ka tulevikus RTE-le üleminekujärgselt, ei ole reaalajas andmete liikumisel suuremat iva.
- Neljanda osana, et RTE-le üleminek omaks tuntavat efekti, tuleks see teha kohustuslikuks kõikidele jäätmekäitlusega tegelevatele ettevõtetele. Vastasel juhul on tulemus poolik ning täielikku efekti ei saavutata. Siinkohal tuleks eeskõtt välja mõelda motivaator, mis paneks kõiki ettevõtteid lahendusega kaasa tulema.

Ühe ettepanekuna võiks kaaluda seda, et edastatud jäätmearuande andmete maht oleks lihtsustatud vormis, mida saaks muuta ja kujundada avaliku sektori esindajad, nt Keskkonnaministeeriumi algatusel. Autor leiab, et siin saaks riik mingit vormilist osa paremaks optimeerida.

Teise ettepanekuna märgib autor, et ka avaliku sektori organisatsioonid peaksid olema aktiivsed kogu sektoris tegutsevate jäätmekäitlusettevõtete suunal, sh märkama ja suhtlema ka väikeettevõtete suunal. See looks positiivse fooni, et riik on huvitatud nendega koostööst ning on valmis pakkuma erinevaid toetamiseks mõeldud lahendusi, et sektoris suurt muudatust läbi viia ning kogu jäätmekäitlus Eestis uuele tasemele viia. Riigipoolne aktiivsus ettevõtete suunal on oluline, kuna see mõjub erasektorile ka motiveerivana, kui suhtluse keskmeks on ühine ja kaasaegne lahendus, millest võidavad kõik osapooled. Väikettevõtete kasin huvi RTE-le üleminekul on ilmselt tingitud ka vähesesest kommunikatsioonist avaliku sektori poolt, mis selgitaks põhjalikult ettevõtete jaoks kasu ja väärtust.

Kolmandaks ettepanekuks märgib autor seadusandluse muudatused. Autor tõi esimeses peatükis välja Jaapani näite, kus aastaks 2025 plaanitakse suures mahus toidukaupade pakendite kiibistamist. Kaasaegne RFID kiipide tehnoloogia võimaldab neid pakenditele printida, mis teeb pakendite kiibistamise lihtsamaks kui varem. Selleks, et ka Eesti pakendijäätmed saaksid reaalamajandusse integreeritud, oleks vajalik muuta Eesti pakendiseadust ning lisada paragrahv 3 juurde uus punkt, mis defineeriks uue kiibistatud pakendite mõiste ning muudaks kiibistamise kohustuslikuks, alustades näiteks teatud tüüpi pakenditest, et üleminek oleks sujuvam. Kiibistatud pakend annab võimaluse neid kiirelt jäätmejaamas sorteerida, oleks koheselt teada pakendite materjal ning selle omanik. Pakendite kogumisel, vedamisel ja töötlemisel tekiks täiesti uus dimensioon, mis looks selgust ja ülevaatlikkust pakenditega toimuvast. See annaks ühtlasi ülevaate ka eraisikule, kuhu tema maja juurest pakendid viidi ning kui palju neist uuesti ringlusesse jõudis.

Neljanda ettepanekuna näeb töö autor võimalust mitmepäevase ideedevoistluse (ingl *hackathon*) loomisel, kuhu oleks kutsutud kõikide jäätmekäitlusettevõtete esindajad. Selle formaadi eesmärk oleks tuua kokku arendajad ning jäätmekäitlusettevõtted. Jäätmekäitlejad peaksid olema eeltööna ära kaardistanud ning esitanud suurimad probleemsed kohad, kus digitaliseeritus on olematu ning milliseid jäätmekäitlus ahela osi saaks ja peaks esmajoones digitaliseerima. Mitmepäevase ürituse tulemusena peaks valmima nii erasektori kui avaliku sektori jaoks valmis prototüübid või mingid olulised osad nendest. Tulemuseks võib olla ka mingi testversioon planeeritavast lahendusest. Selline formaat töötaks iduettevõtete seas

tuntuks saanud kiirendi formaadina, kus finantseerimine ning tehniline panus aitaks soovitud lahendusteni kiiremini jõuda.

Viienda ettepanekuna tuleks läbi mõelda RTE projekti hankeülesande püstitus ja loogika. Kui hanke kriteeriumiks selle võitmiseks on soodsaim hind, siis selle taga ei pruugi peituda vajalikul tasemel kvaliteeti. Tuleks leida optimaalne partner hanke kaudu, kes suudab pakkuda korralikku ja kvaliteetset teenust, mitte keskenduda turu soodsaima tegija leidmisele. Autori varasemale kogemusele tuginedes veebiportaalide tootejuhina on tõestanud fakti, et soodsa hinna taga ei ole alati parimat kvaliteeti ja hiljem võib projekt muutuda hoopis kallimaks, sest tehtud tööd on vaja tellijal uuesti üle teha.

Autor on arvamusel, et riiklikul tasemel tuleks üle vaadata, kas tänaseid jäätmekoode, mida on üle 800, on siiski sellises mahus tarvis. Igale jäätmele vastab teatud tüüpi numbriline kood. Töö autorile ei ole teada, kui palju neist koodidest realselt vajalikud on, kuid intervjuudest selgus, et neid koode on liialt palju.

Viienda ettepanekuna märgib autor, et tuleks kaardistada erinevates töörühmades need jäätmearuandluse tööprotsessi osad, mis on RTE-le üleminekul kõige mõjutatavamad. Intervjuudest selgus, et kui RTE-le üleminek toimuks koheselt, tuleks ametnikele esimeses perioodis kontrollmehhanismi rakendamise tõttu tööd hoopis juurde. Autori sõnul tuleks kaardistada need kohad, kus on risk töökoormuse suurenemisel ning selles konkreetses protsessis teha muudatused, et andmete reaajas teke vähendaks töökoormust, mitte vastupidi.

Lisaks võiks riik kaaluda volituste suurendamist ametkondadele, nt tegevuslubade ajutine peatamine, kui jäätmearuandlus on esitatud korduvalt ning tahtlikult ebakorrektselt. Seni tegevuslube peatada ei saa, kuna jäätmete valdkond ei kuulu elutähtsate valdkondade alla nagu nt erakorraline meditsiiniabi.

Jäätmekäitlusettevõtetele

Esimese ettepanekuna lisab töö autor üleskutse eelkõige väikestele jäätmekäitlejatele. Nimelt oleks oluline osaleda reaalamajanduse erinevates töögruppides ja vestlustes, mida hetkel Majandus- ja kommunikatsiooniministeerium ning Keskkonnaministeerium peavad. Enamasti on kaasatud suuremad ettevõtted, kuid suurem riskikoht on just väikeettevõtete seas, kelle huvi võib jääda reaalamajanduse ja uute lahenduste kasutuselevõtul kasinaks. Seetõttu tuleks näidata omapoolset initsiatiivi ja avatust uute lahenduste suunal. See tekitaks ka avalikule

sektorile positiivse survestuse, et valdkonna esindajad on ühiselt huvitatud reaalamajandusele üleminekust ning üheskoos on võimalik välja töötada ka adekvaatsed toetusmeetmed.

Teise ettepanekuna märgib autor, et jäätmekäitlejad peaksid omama ülevaadet oma tegevusalade lõikes, milliseid jäätmekäitlusahela osi saaks veel digitaliseerida. Meetodina, kuidas probleemseid, kuid ka hästi arenenud osi kaardistada, pakub töö autor välja viia läbi ettevõttesiseselt töötuba, kus kaardistatakse ära oma ettevõtte piires manuaalsed tööd nõudvad osad. Sellest tekiks probleemistiku kaardistus. Seejärel tuleks need omakorda jaotada kaheks: koheselt lahendatavad osad ning sekundaarselt lahendust vajavad osad. Koheselt lahendatavad (digitaliseerimist) vajavad osad võiksid saada omakorda eraldi kaardistuse, kus töötoas saaks erinevate kollektiivide gruppides igale lahendamist vajavale osale kiireid lahendusi (ingl *quick wins*). Selle kaardistuste ja kiirete lahenduste defineerimisega tekib lühiajaline tööplan, mis aitaks ettevõtet edasi oma valdkonna digitaliseerimisel. Probleemsemad jäätmekäitluse ahela osad jäävad kaardistatud dokumendi või mingis muus vormis tulemina alles, mida saab kasutada riigilt toetuse küsimiseks.

Töö autor soovib välja töötada lühi- ja pikaajaline ettevõtte arengukava RTE-d silmas pidades ning olla diskussioonis vajalike riigiasutustega nende elluviimisel. Kuna RTE temaatika on aktiivselt diskussiooniks Keskkonnaministeeriumis, Keskkonnaagentuuris, Keskkonnaametis ning paljudes jäätmekäitlusettevõtetes, siis tuleks antud teemal olla proaktiivne, kuid oluline on omada selget nägemust ning tuua välja uute lahenduste ning investeringute ja toetuste vajalikkus ning kasulikkus ka riigile.

Eesti elanikele

Kõik tehnoloogilised lahendused eeldavad alati ka inimfaktori olemasolu. RTE-le üleminek üksinda ei muuda jäätmekäitlusest tulenevaid andmeid kvaliteetsemaks. Ahel algab ikkagi jäätmete tekkest ning tekke vältimisest. Seejärel on oluline roll jäätmete liigiti kogumisel. Siinkohal ei ole inimeste huvi olnud ühene, kuna jäätmete liigiti kogumise kasulikkus nõuab veel selgitustööd. Jäätmete kogumise reeglid erinevad kohalike omavalitsuste lõikes ja Eestis on palju piirkondi, kus jäätmeid senimaani veel liigiti üldse ei koguta. Sellele viitas ka jäätmekäitlusettevõtte esindaja läbiviidud intervjuus. Jäätmete liigiti kogumine tuleks üle riigi ühtlustada ning võtta kasutusele vastavad meetmed, kui neid nõudmisi ei täideta.

Need piirkonnad, rajoonid ja kodud, kuhu on loodud jäätmete liigiti sorteerimise võimalus, peaksid sellesse suhtuma täie tõsidusega. See tagab jäätmeandmete kvaliteedi ning jäätmete ringlusse minemise tõenäosuse.

Järeldused, mida reaalamajandusele üleminek Eesti jäätmeäitlussektorile kaasa võiks tuua:

- Tänapäevase erasektori valmisolek uute lahendustega kaasa tulek on lihtsam suurte jäätmeäitlejate jaoks. Väiksemate ettevõtete huvi võib jääda kasinaks.
- Reaalamajandusele üleminek on realistlik, kui kogu sektor tuleb kaasa. Kaasamist antud projekti ning sellele üleminekut võiks teha etapiti ja võimalikult valutult. Kuigi oleks oluline üleminekut mitte liiga pikaks jagada, seda nii eelarveliste kaalutluste kui ka sektori arengu vaatenurgast vaadatuna.
- Tehnoloogia valikul reaalamajandusele üleminekul ollakse suhteliselt vabad. Arendajad tunnetavad riske pigem selles, et töö tellimus ei ole piisavalt täpne ja kaasatus erasektorist jääb üürikeseks. Kasutajaid sellel lahendusele oleks väga palju ning kõiki kasutajagruppe tuleb kaasata.
- Reaalamajandusele üleminek võimaldaks täpsemat ja tõenduspõhisemat prognoosimist.
- Oleks võimalik teha jooksvalt kiiremaid ja vajalikke otsuseid ning see oleks tõhusam
- Väheneks halduskoormus ja tekiks suurem usaldus ja läbipaistvus, sh eraisikutele, kes saaksid ajakohast ülevaadet oma jäätmete kohta.
- Saaks võimalikuks uute teenuste ja äride teke ning nende rahvusvaheliseks muutumine.

Kokkuvõte

Antud magistritöö eesmärk oli töötada välja ettepanekud reaalajamajandusele üleminekul, mis aitaks vähendada manuaalset jäätmekäitluse andmetöötluskoormust nii era- kui riigisektoris.

Tulemuste saamiseks seadis autor 4 uurimisküsimust:

1. Milline on hetkeolukord jäätmekäitlussektoris andmete valdkonnas?
2. Milline on reaalajamajandusele ülemineku rahvusvaheline kogemus jäätmekäitlussektoris?
3. Millised oleksid tehnoloogilised lahendused Eesti jäätmevaldkonna digitaliseerimisel ning millised riskid nendega kaasnevad?
4. Milline on jäätmekäitlejate suutlikkus uute lahenduste kasutusele võtul?

Läbiviidud kvalitatiivsest uuringust selgusid milline on hetkeolukord jäätmekäitlussektori andmete valdkonnas, milline on reaalajamajanduse rahvusvaheline kogemus ja praktikad, millised oleksid tehnoloogilised lahendused Eesti jäätmevaldkonna digitaliseerimisel ning millised riskid nendega kaasnevad. Viimaks, millised võiksid olla tehnoloogilised lahendused Eesti jäätmevaldkonna digitaliseerimisel.

Autori sõnul on oluline välja tuua, et seni teadaolevalt ei ole jäätmekäitlussektoris reaalajamajandusega seonduvaid teadustöid tehtud ega uuritud. Lisaks puudub maailmas hea praktika või kogemus RTE lahenduse kasutamisel andmete edastamisel erasektorist riigile jäätmekäitluse valdkonnas. Seetõttu oleks Eesti jäätmekäitlussektoris reaalajamajanduse juurutamine ainulaadne, kuna selle tulemusel liiguksid andmed jäätmekäitlejatelt riigile reaalajas või minimaalse viitega.

Tehnoloogilisi valikuid on mitmeid ning reaalajamajanduse projekti puhul ei ole piiravaks teguriks tehnoloogia ega ka selle valik. KEMIT-i esindajate sõnul on turg sobivaid tehnoloogiaid täis ning sobiv valik tehakse kiiresti. Suurimaks riskiks hinnatakse hoopis ebapiisavat eeltööd projekti tellimisel ning inimfaktorit, sest seotud osapooli ja kasutajaid RTE-le üleminekul on Eesti kontekstis palju ja neid kõiki tuleks kaasata.

Projekt on äärmiselt mahukas, mis puudutab suurt hulka kasutajaid (jäätmekäitlejaid ja avalikku sektorit) ning ülesande püstitust seades on vaja väga selgelt defineerida projekti eesmärk, etapilisus, investeringute sihtotstarbelisus, soovitud tulem ning vajalikud osapooled.

Kui see osa protsessist ja projekti tellimusest on korrektselt täidetud, ei näe arendajad RTE-le ülemineku projektis erilisi riske ja tulevase tehnoloogilise lõkse.

Küll aga tuli avaliku sektori intervjuudest välja üks oluline risk, millega arvestada. Nimelt väikeettevõtete jaoks üle X-tee andmeedastuslahenduse üleval pidamine ning haldus. Kui reaalamajandusele üleminekul luuakse tehnilised lahendused, siis ettevõtjad peavad ise tagama, et see tehniline lahendus (API) ka nendepoolselt korrektselt toimiks ega katkeks. See nõuab tehnilist sekkumist ja järelevalvet IT inimeste poolt, et asjad toimiks. Kui seda tuge ei ole, siis üleüldine lahendus samuti ei toimi ning üleminek reaalamajandusele ei saavuta soovitud tulemust, väärtust ja mõtet ning andmete edastamise probleemide lahendused jäävad kasinaks.

Töö autori sõnul saaks tänu reaalamajandusele ellu kutsuda uusi ärimudeleid, mis tooks sektorisse innovatsiooni ja uut tulu. Andmete kiire edastus ja läbipaistvus annaks võimaluse eratarbijale oma jäätmevedu reaajas jälgida, mille eelduseks on digikeskkond nii arvutis kui mobiiltelefonides. Lisaks tekiksid erinevad uued teenused, mis võimaldaksid jäätmete jälgimist eraisikutele ja ettevõtetele veebi- ja mobiilirakenduste näol. Rakenduste ja uute keskkondade arenduseks saaksid tööd ka mitmed tarkvaraarendusettevõtted. Jäätmekäitlejad saaksid erinevate mahutite ning sensorite tellimisel kasutada nõu uusi maaletoojaid, et vajalikke seadmeid osta.

Eesti Vabariigi valitsuse koalitsioonilepe aastateks 2023-2027 sisaldab ka lubadust jäätmekäitluse valdkonnas. Nimelt lubatakse digitaliseerida jäätmemajandus, et tagada kontroll jäätmevoogude üle. Jõustatakse „saastaja maksab“ printsiipi. Loodakse inimestest lähtuvad jäätmete sorteerimislahendused. Tõhustatakse pakendijäätmete tootjavastutuse süsteemi toimimist ning seatakse müügipakendi ringlussevõtule eraldi sihtmäär. Autori sõnul on oluline, et jäätmevaldkonna digitaliseerimine on jõudnud ka valitsuse koalitsioonileppesse ning et sellele pööratakse tähelepanu ka kõige kõrgemal riiklikul tasandil (Vabariigi Valitsus, 2023).

Summary

Headline of this master's thesis is „On The Implementation of Real-Time Economy in Estonian Waste Management“. The goal was to develop proposals for the implementation of real-time economy, which would help reduce the manual data processing burden of waste management in both the private and public sectors.

To obtain the results, the author set 4 research questions:

1. What is the current situation in the field of data in the waste management sector?
2. What is the international experience of the transition to the real-time economy in the waste management sector?
3. What would be the technological solutions for the digitalization of the Estonian waste management sector and the associated risks?
4. What is the capacity of waste handlers in adopting new solutions?

The conducted qualitative research revealed the current situation in the data area of the waste management sector, the international experience and practices of real-time economy, the technological solutions in the digitalization of the Estonian waste sector and the associated risks. At last, the technological solutions in the digitalization of the Estonian waste management sector.

According to the author, it is important to point out that, as far as is known, no scientific works related to real-time economy in the waste management sector have been carried out or studied. In addition, there is no good practice or experience in the world in using the RTE solution for transferring data from the private sector to the public sector in the field of waste management. Therefore, the implementation of real-time management in the Estonian waste management sector would be unique, as it would result in data moving from waste managers to the government in real time or with minimal reference.

There are many technological options, and in the case of a real-time economy project, neither the technology nor its choice is not the limiting factor. According to KEMIT (The Information Technology Centre of the Ministry of the Environment) representatives interviews, the market is full of suitable technologies and the appropriate choice is made quickly. Instead, the biggest risk is considered to be insufficient preliminary work when ordering the project and the human

factor, because there are many related parties and users in the transition to RTE in the Estonian context and they should all be involved.

The project is extremely large-scale, which concerns a large number of users (waste handlers and the public sector), and when setting the task, it is necessary to define very clearly the purpose of the project, the phasing, the purposefulness of the investments, the desired result and the necessary parties. If this part of the process and the project order is correctly completed, the developers do not see any special risks and future technological pitfalls in the RTE transition project.

However, one important risk to consider, came out from the public sector interviews. Namely, maintenance and administration of the data transmission solution over X-tee layer for small companies. If technical solutions are created during the transition to the real-time economy, the entrepreneurs themselves must ensure that this technical solution (API) works correctly and does not break on their side. This requires technical intervention and oversight by IT people to make things work. If this support is not there, the overall solution will not work either and the transition to the real-time economy will not achieve the desired result, value and meaning, and the solutions to data transmission problems will remain meager.

According to the author, thanks to the real-time economy, new businesses could emerge, which would bring innovation and new income to the sector. Fast transmission and transparency of data would give private consumers the opportunity to monitor their waste transport in real time, which requires a digital environment on both computers and smart devices. In addition, various new services would be created that would enable waste tracking for private individuals and companies in the form of web and mobile applications. Several software development companies would also get work for the development of applications and new environments. When ordering different containers and sensors, waste handlers could use so-called new importers to buy the necessary equipment.

The coalition agreement of the government of the Republic of Estonia for the years 2023-2027 also contains a promise in the field of waste management. Namely, it is allowed to digitize waste management in order to ensure control over waste flows. The "polluter pays" principle is enforced. Waste sorting solutions based on people are created. The functioning of the producer responsibility system for packaging waste will be enhanced and a separate target rate will be set for the recycling of sales packaging. According to the author, it is important that the

digitalization of the waste sector has also reached the level of the government's coalition agreement and that attention is also paid to it at the highest national level (Vabariigi Valitsus, 2023).

Kasutatud kirjandus ja allikad

Alumäe, T; Tilk, O; (2022). *Estonian Speech Recognition and Transcription Editing Service*. <http://bark.phon.ioc.ee/webtrans/>

Andmekaitse ja infoturbe leksikon, <https://akit.cyber.ee/>

Eesti Keskkonnaministeerium. (2023, 26.jaanuar). *Riigi jäätmekava 2022–2028 keskkonnamõju strateegilise hindamise programmi avalik väljapanek ja avalik arutelu*. - <https://envir.ee/jaatmekavaksh>

Eesti keskkonnaministeerium. (2021, 7.aprill). *Jäätmed*. <https://envir.ee/ringmajandus/jaatmed>

Eesti Keskkonnaministeerium. (2019). *Ringmajandus*. <https://ringmajandus.envir.ee/et/ringmajandus>

Eesti keskkonnaministeerium. (2021, 7.aprill). *Eesti jäätmetekke hierarhia*. <https://envir.ee/ringmajandus/jaatmed>

Eesti Keskkonnaministeerium. (2023). *Lähteülesanne andmepõhise jäätmearuandluse teenuse katsetamiseks (eelnõu)*.

Euroopa Parlament. (2018). *Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv*. (2018/851, 20.mai). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851&from=EN>

Euroopa Parlament. (2023) *Jäätmekäitlus ELis: faktid ja arvud*, <https://www.europarl.europa.eu/news/et/headlines/society/20180328STO00751/jaatmekaitlus-elis-faktid-ja-arvud>

Fatimah. Y, Govindan. K, Murniningsih. R, Setiawan. A. (2019). Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. *Universitas Muhammadiyah Magelang, Engineering Faculty, Magelang, Indonesia*

Fatimah.Y, Govindan.K, Murniningsih.R, Setiawan. (2020). Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals. *Universitas Muhammadiyah Magelang, Engineering Faculty, Magelang, Indonesia*, 7-8.

Government of UK. (2022). *Mandatory digital waste tracking*. <https://www.gov.uk/government/publications/digital-waste-tracking-service/mandatory-digital-waste-tracking>

Hirsjärvi, S., Huttunen, J. (2005). *Sissejuhatus kasvatusteadustesse*. (lk 166)

Bigrentz. (2019). *Innovative Smart Waste Management Technologies*. <https://www.bigrentz.com/blog/smart-waste-management>

Botek. (2020). Vehicle mounted RFID tags. <https://www.botek.se/en/products/rfid/vehicle-mounted-rfid/>

Brock, J., Volcovici, V., Geddie, J., (2022, 29.juuli). The recycling myth. *Reuters Investigate* <https://www.reuters.com/investigates/special-report/environment-plastic-oil-recycling/>

Graham-Nye, J.(2022, 17.mai). The circular economy: how it can lead us on a path to real change. *World Economic Forum*. <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/the-circular-economy-how-it-can-be-a-path-to-real-change/>

Gregson, G. (2015). *Justifying the Case Study in Business Research*. [https://www.academia.edu/17066744/Justifying the Case Study in Business Research](https://www.academia.edu/17066744/Justifying_the_Case_Study_in_Business_Research)

Jäätmeseadus. (2004). RT I, 01.05.2004. <https://www.riigiteataja.ee/akt/12894710?leiaKehtiv>

Jäätmearuande andmekoosseis ja aruande esitamise kord. (2020). 23.01.2020. <https://www.riigiteataja.ee/akt/128012020010>

Katayama.A, 2019, Japan Aims To Automate All Convenience Stores By 2025 With A New RFID Technology, <https://www.forbes.com/sites/akikokatayama/2019/02/26/japan-aims-to-automate-all-convenience-stores-by-2025-with-a-new-rfid-technology/?sh=52ff0aee745b>

Keskkonnaagentuur. (2023, 23.märts). Jäätmete ringlussevõtu võimekuse analüüs, <https://storymaps.arcgis.com/collections/524ba61e26a74a39b63cc255c03ae5f9?item=5>

Keskkonnaharidus. (2015). *Keskkonnaklipp: taaskasutus, uuskasutus ja isetegemise oskused*. <https://keskkonnaharidus.ee/et/oppematerjalid/keskkonnaklipp-taaskasutus-uuskasutus-ja-isetegemise-oskused>

Keskkonnaministeeriumi põhimäärus. (2009). RT I, 10.12.2009, <https://www.riigiteataja.ee/akt/13243657?leiaKehtiv>

Keskkonnaministeeriumi Infotehnoloogiakeskus. (2020). *Keskkonnaministeeriumi valitsemisala IT-teenuste korralduse raamistik*. Teabenõue 11.11.2022.

Krabi, K., Laherand, M.-L. (2010). *Üliõpilastööde juhend*. Tallinna Ülikool. <https://www.tlu.ee/hti/opingud/dokumendid-ja-juhendid>

Krimmer, R, Kadak, T, Alishani, A, Toots, M, Soe, R-M, Schmidt, C. (2019) *Reaalajamajanduse alused ja rakendusvõimalused*. https://realtimeeconomy.ee/sites/default/files/2021-12/taltech_rte_lopparuanne_ee.pdf

Lemberg, V. (2019). *Agiilse lähenemise rakendusvõimaluste uurimine Keskkonnaministeeriumi haldusala tarkvaraprotsessis*. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/ccce7c44-5ba7-49ef-883e-05b375ca3058> [Magistritöö, Tallinna Tehnikaülikool]

Maailmapank. (2021). Maailmapanga Eesti jäätmevaldkonna tervikanalüüs. *Eesti tahkete jäätme käitlemise süsteemiga seotud poliitikasoovitused ja tegevuskava*. <https://envir.ee/ringmajandus/jaatmed/jaatmevaldkonna-tervikanaluuus>

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. (2022). *E-veoselehe toetus andmevahetusteenuse arendamiseks*. <https://www.mkm.ee/uudised/tanasest-saab-taotleda-toetust-e-veoselehe-andmevahetusteenuse-arendamiseks>

Maddikunta.P, Quoc-Viet Pham, Prabadevi.B, Rukhsana.R, Madhusanka.L, (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *School of Information Technology and Engineering, Vellore Institute of Technology*

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. (2019). *Mis on reaalamajandus?*. <https://realtimeeconomy.ee/>

Mikovitš, B., Raamets, H., Alvela, A., (2021). EKSPERIMENT PALJASTAB | Valed ja vassimine! Meie hoolega sorteeritud pakendid lähevad tont teab kuhu. *Maaleht*. <https://maaleht.delfi.ee/artikkel/92605847/eksperiment-paljastab-valed-ja-vassimine-meie-hoolega-sorteeritud-pakendid-lahevad-tont-teab-kuhu>

OpenAI. (2023). ChatGPT (Mar 14 version) [Large language model]. <https://chat.openai.com/chat>

Niidu, A. (2022). *Ringmajanduse tuumiklabor: koos tegutsedes on mõju suurem*. Tallinna Tehnikaülikool. <https://taltech.ee/uudised/ringmajanduse-tuumiklabor-koos-tegutsedes-moju-suurem>

Nord Sense. (2021). *How Data Is Improving Norwegian Waste Management*. <https://nordsense.com/how-data-is-improving-norwegian-waste-management/>

Noormaa, M. (2010). *IT üksuste konsolideerimine rahandusministeeriumi valitsemiala näitel*. http://www.cs.tlu.ee/instituut/opilaste_tood/magistri_tood/2010_kevad/margus_noormaa_mag_istritoo.pdf. [Magistritöö, Tallinna Ülikool]

Pakendiseadus (2004). Riigi Teataja. RT I 2004, 41, 278.

<https://www.riigiteataja.ee/akt/12825146>

Pärli, M. (2021, 10. mai). *Riigi plaan: prügi liikumine muutub reaalsajas jälgitavaks.*

<https://www.err.ee/1608205198/riigi-plaan-prugi-liikumine-muutub-reaalsajas-jalgitavaks>

Riigi Infosüsteemi amet. (2004). *Infosüsteemide arendamise kord.*

https://www.ria.ee/public/publikatsioonid/IS_projektidearendamise_kord.doc

Rahandusministeeriumi Infotehnoloogiakeskuse põhimäärus, võrgumaterjal, Available:

<http://www.rmit.ee/sites/default/files/lisa-rmit-p-him-rus.pdf>

Registrite ja Infosüsteemide Keskuse põhimäärus. (2007). RT I, 18.04.2007.

<https://www.riigiteataja.ee/akt/13345199>

Riigikontroll. (2017). *Audit - Avalike e-teenuste kasutatavus.*

<http://www.riigikontroll.ee/DesktopModules/DigiDetail/FileDownloader.aspx?FileId=13797&AuditId=2411>.

Riives, J. (2015). Tööstus 4.0 ja selle mõjud Eesti tööstusele.

<https://rito.riigikogu.ee/wordpress/wp-content/uploads/2016/02/J%C3%BCri-Riives-T%C3%B6%C3%B6stus-4-0-ja-selle-m%C3%B5jud-Eesti-t%C3%B6%C3%B6stusele-ja-haridusele.pdf>

Riigi Infosüsteemide Amet. (2015). *X-tee - Eesti riigi turvalise andmevahetuse kiirtee.* <https://x-tee.ee/home>

Robson, C. (2002). *Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner-Researchers* (2nd ed.). Oxford: Blackwell Publishers Ltd

Roonemaa, H. (2021, 4.oktoober). *Miks akud põlema lähevad ja mida siis teha?.*

<https://digi.geenius.ee/blogi/turvaline-tehnika/miks-akud-polema-lahevad-ja-mida-siis-teha/>

Roos, C. (2020). *Riigikogu toimetised*. https://rito.riigikogu.ee/wordpress/wp-content/uploads/2020/06/41_RiTo.pdf

Safai Mitra. (2023). *Waste Collection Management Software*. <https://www.safaimitra.com/>

Siegele, L. (2002, 2.veebbruar). Real-time economy. How about now? *The Economist*. <https://www.economist.com/special-report/2002/02/02/how-about-now>

Siseministerium. (2015). *Siseministeriumi infotehnoloogia- ja arenduskeskuse põhimäärus*,“ 09 06 2015. [Võrgumaterjal].https://www.smit.ee/pdf/SMIT_pohimaarus.pdf.

Statistikaamet. (2020). *Aruandlus 3.0*. <https://www.stat.ee/et/aruandlus-30>

Swedish waste management, 2021. Avfall Sverige press document, <https://www.avfallsverige.se/press/>

Tartu Ülikool. (1996). Geograafia osakond. Terminite loetelu. <https://www.geo.ut.ee/gis2000/terminid.html>

Toomsalu, L. (2022, 3.jaanuar). *Mida tähendab taaskasutus ja mida tähendab ringlus? Neil on oluline vahet teha*. <https://roheportaal.delfi.ee/artikkel/95550133/kuula-saadet-mida-tahendab-taaskasutus-ja-mida-tahendab-ringlus-neil-on-oluline-vahet-teha>

Vabariigi Valitsus. (2023). *Koalitsioonilepe 2023-2027*. <https://valitsus.ee/valitsuse-eesmargid-ja-tegevused/valitsemise-alused/koalitsioonilepe>

Virkus, S. (2016). *Intervjuu kavandamine ja läbiviimine*. https://www.tlu.ee/~sirvir/Intervjuu_vaatlus_ja_sisuanals/intervjuu_kavandamine_ja_lbiviimi_ne.html

Õunapuu, L. (2014). Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes

Lisa 1 – Intervjuu küsimused IT- ja arendusjuhtidele, avalik sektor

1. Milline on Sinu taust ja tööülesanded KEMIT-is?
2. Milline on Sinu senine kogemus reaalajamajanduse valdkonnas?
3. Kuidas on reguleeritud arendusprojektide tellimisprotsess keskkonnaministeeriumis/KEMIT-is?
4. Millised tehnoloogilised valikud ja võimalused on reaalajamajandusele üleminekul ning nende valikute peamised riskid (tehnoloogilised lõksud)?
5. Millised oleksid reaalajamajanduse projekti tellimise etapid ja arendusprotsessi sammud?
6. Millist arendus- ja juhtimismetoodikat on seni tarkvaraarendusprojektides kasutatud?
7. Milliseid kitsaskohti on esinenud senistes arendusprotsessides?
8. Millised tegurid neid kitsaskohti tekitavad/on tekitanud?
9. Kes on Keskkonnaministeeriumi arendusprotsessides osalevad osapooled?
10. Millistel juhtudel tuleks arendada jäätmekäitluse reaalajamajanduse projekt majas sees või osta väljast?
11. Millistel juhtudel ei ole reaalajamajandusele üleminek mõistlik ega vajalik?

Lisa 2 – Intervjuu küsimused erasektor, jäätmekäitlejad

Sissejuhatus. Profiil, taust

1. Sissejuhatuses rääkige palun endast, oma rollist ettevõtetest ja milline on igapäevatöö ja vastutus?
2. Millised on siin ettevõttes olulisimad jäätmekäitluse teemad ja küsimused, millega igapäevaselt kokku puutute?

Hoiakud

1. Milliseid tegevusi saaks teie ettevõtte teha selleks, et Eesti jäätmekäitlus oleks läbipaistev, operatiivne, mugav ja innovaatiline kogu Euroopas?

2. Millised on hetkel Eesti jäätmekäitluse kitsaskohad teie hinnangul?

Andmete töötlemine

1. Mida annaks juurde oluliselt suurem jäätmeandmete läbipaistvus ja avalikustamine? Milliseid uusi ärimudeleid võiks avaandmete põhjal tekkida?

2. Kuidas käib teie ettevõttes jäätmekäitluse andmete kogumine, hoidmine, haldamine?

3. Millisteks osadeks teie ettevõtte jäätmekäitluse andmestik jaguneb? (vedu, piirkonnad, kogumispunktid, jäätmete liigid jne)

4. Millisel kujul andmeid hoiate ja kas need andmed on töödeldavad ja eksporditavad?

5. Millise regulaarsusega esitate jäätmekäitluse andmeid kohalikele omavalitsustele ja riigile?

6. Kuidas toimub tehniliselt aruandlus?

7. Millist tarkvara kasutate ettevõttesiseseks andmete hoidmiseks ja töötlemiseks ning kas see võimaldab reaallaja aruandlust?

Üldine võimekus

1. Kui palju aitab tänane IT ja AI teie äris kiiremini ja efektiivsemalt tegutseda?

2. Millistest tehnoloogilistest lahendustest on teie ettevõttes täna puudus?

3. Kuidas hindate oma ettevõtte tehnilist võimekust jäätmekäitluse andmete edastamisel ja töötlemisel nõ reaalajamajanduse põhimõttel?

4. Kuidas jaguneb teie ettevõtte puhul jäätmete käitlus osakaaludena: ringlus, taaskasutus

Lisa 3 – Intervjuu ankeet reaallaja majanduse projektijuhtidele ja spetsialistidele, avalik sektor

1. Milline on Sinu taust ja senine kogemus reaallajamajanduse valdkonnas?

2. Millistest komponentidest Eesti jäätmekäitluse reaallajamajandus koosneb? Nt: e-arve, e-veoseleht, töödeldavad andmed jms? Milline võiks olla täielik ökosüsteemi kirjeldus?

3. Kuidas hindad Eesti jäätmekäitluse reaallajamajandusele üleminekut seni? Millises faasis me üldse oleme?

4. Millised on olnud senised probleemid reaallajamajandusele üleminekul?

5. Millised on olnud nende probleemide tekke põhjusteks?

6. Kuidas on olukord teistes Euroopa riikides? Oleme me suunanäitajad või õpime ise teistelt?
7. Milliseks võib kujuneda riigipoolsete kulutuste tegemine reaalajamajandusele üleminekul? Suudame me seda ohjata?
8. Millised on reaalajamajanduse projekti tellimise etapid ja protsessi sammud?
9. Millises mahu jäätmekäitluse nõ paberimajandust erasektoris täna on, millega avalik sektor kokku puuutuma peab? Millised on need probleemsed kohad?
10. Milline on Eesti reaalajamajandusele ülemineku ajakava? Millistest etappidest see koosneb?
11. Kui oluline on meie lähiriikide valmisolek Eesti reaalajamajandusele üleminekul? Millist rolli naabrid täidavad ja kui palju nad meid mõjutavad?
12. Milliseid seadusest tulenevaid muudatusi on vaja reaalajamajandusele üleminekuks teha?
13. Milline on täna ettevõtjate meelestatus reaalajamajandusele üleminekul?
14. Mis juhtub siis, kui mõnele jäätmekäitlusettevõttele on reaalajamajandusele ülemineku põhjendamatuks kallis?
15. Milline on erasektori toetamise plaan reaalajamajandusele üleminekul? Millistele tingimustele ettevõtted peavad vastama, kui nad tuge soovivad?
16. Millal saavad Eesti inimesed adekvaatse ülevaate oma jäätmete käitlusest? Ehk millal võiks tekkida esimene nõ läbipaistev asjaajamine?