

**TAL  
TECH**

**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**

INSENERITEADUSKOND

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

**OHTLIKE VEDELJÄÄTMETE  
KÄITLUSALTERNATIIVIDE ANALÜÜS EESTIS**

**ANALYSIS OF TREATMENT ALTERNATIVES FOR  
HAZARDOUS LIQUID WASTES IN ESTONIA**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kristel Sepp

Üliõpilaskood 191912KAKM

Juhendaja: Marina Kritševskaja PhD

Tallinn 2021

## AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"24" mai 2021

Autor: .....

/ digitaalselt allkirjastatud /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"24" mai 2021

Juhendaja: .....

/ digitaalselt allkirjastatud /

Kaitsmisele lubatud

"24" mai 2021 .

Kaitsmiskomisjoni esimees .....

/ digitaalselt allkirjastatud /

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks<sup>1</sup>**

Mina Kristel Sepp (sünnikuupäev: 21.12.1990 )

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Ohtlike vedeljäätmete käitlusalternatiivide analüüs Eestis,

mille juhendaja on Marina Kritševskaja,

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

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

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

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

---

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

\_\_\_\_\_ (digitaalselt allkirjastatud)

\_\_\_\_\_ (kuupäev)

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Kristel Sepp 191912KAKM

Õppekava, peeriala: KAKM02/18 – Keemia- ja keskkonnakaitse tehnoloogia

Juhendaja(d): Marina Kritševskaja PhD (amet, nimi, telefon)

## Lõputöö teema:

Ohtlike vedeljäätmete käitlusalternatiivide analüüs Eestis

Analysis of treatment alternatives for hazardous liquid wastes in Estonia

## Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida kirjanduse põhjal, millised on tehnoloogilised käitlusalternatiivid ohtlike vedeljäätmete põletusele.
2. Leida otsustusanalüüsi meetodil, millised oleksid parimad lahendused ohtlike vedeljäätmete ringlussevõtuks Eestis ning millised oleksid nende rakendamisel piiravad kriteeriumid.

## Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Teemakohase kirjanduse läbi töötamine ja statistika kogumine	01.03.2021
2.	Tulemuste interpreteerimine	01.04.2021
3.	Magistritöö kirjutamine ja vormistamine	20.05.2021

**Töö keel:** eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....2021 a

**Üliõpilane:** Kristel Sepp ..... ".....".....2021 a  
/digitaalselt allkirjastatud/

**Juhendaja:** Marina Kritševskaja ..... ".....".....2021 a  
/ digitaalselt allkirjastatud /

## SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	9
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	11
1.1 Ohtlikud jäätmed ja nende liigitamine .....	11
1.2 Ohtlikud vedeljäätmed ja nende kogused .....	13
1.3 Ohtlike vedeljäätmete käitluslahendused .....	22
1.3.1 Füüsikalis-keemilised töötlusmeetodid .....	22
1.3.2 Bioloogilised töötlusmeetodid .....	29
1.3.3 Tahkestamine ja stabiliseerimine .....	30
1.4 Ohtlike vedeljäätmete käitluse juhtumiuuringud .....	31
1.4.1 Vanaõli regenereerimine .....	31
1.4.2 Ohtlike vedeljäätmete koaguleerimine .....	32
1.4.3 Ohtlike vedeljäätmete töötlemine membraanprotsessidega .....	33
1.4.4 Ohtlike vedeljäätmete neutraliseerimine ja stabiliseerimine .....	34
2. METOODIKA .....	36
2.1. Multikriteeriumiline otsustusanalüüs .....	36
2.2. Alternatiivide leidmine .....	38
2.3. Ekspertide kaasamine .....	39
2.4. Intervjuude läbiviimine .....	40
3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	42
3.1. Kirjandusallikatest leitud alternatiivid .....	42
3.2. Ekspert hinnangu tulemused .....	44
3.2.1. Õlijäätmete käitlusalternatiivid .....	45
3.2.2. Värvijäätmete käitlusalternatiivid .....	45
3.2.3. Muude kemikaalijäätmete käitlusalternatiivid .....	46
3.2.4. Lahustijäätmete käitlusalternatiivid .....	46
3.3. Piiravad kriteeriumid .....	47
3.4. Ekspertide hinnangud alternatiividele SAW meetodil .....	48
KOKKUVÕTE .....	51
SUMMARY .....	52
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	53
LISAD .....	56

## EESSÕNA

Käesoleva magistritöö ajendiks oli jäätmekäitlusvaldkonnas tekkinud turuolukord, kus ohtlike vedeljäätmete üks peamisi käitluslahendusi ehk nendest jäätmekütuse segamine ning selle termiline töötlemine kadus. Jäätmekütuse peamine käitluskoht Eestis oli kuni 2020nda aastani AS Kunda Nordic Tsemendi klinkritootmiseks kasutatav põletusahi, mis suleti kõrge CO<sub>2</sub> hinna tõttu. Jäätmeseaduse muutmise eelnõu kohaselt soovitakse keelata erinevate omadustega vanaõli liikide segamine, kui see takistab vanaõli regenereerimist või muid ringlussevõtu toiminguid. Sarnases suunas liigutakse ka teiste jäätmeliikidega – üha enam püütakse leida jäätmekäitluses ringlussevõtu lahendusi jäätmete ladestamine, kõrvaldamise ja termilise töötlemise kõrval.

Magistritöö ülesehitus toetub multikriteeriumilise otustusanalüüsi (MCDA) peamistele sammudele – probleemi püstitamisele, vajaduste kirjeldamisele, eesmärgi seadmisele, alternatiivide valikule, kriteeriumite selgitamisele ning parima otsustusanalüüsi meetodi valikule. Autor leidis algselt kirjandusallikate põhjal võimalikud ohtlike vedeljäätmete käitluslahendused ning käsitles töös parimaid variante enda teadmiste ja kogemuste põhjal. Seejärel viidi läbi intervjuud ekspertidega, mille tulemusel sai analüüsida täpsemaid käitluslahendusi lähtudes nii Eesti statistikast kui ekspertide töökogemusest. Leiti, et lähtuvalt materjaligruppidest jagunesid rakendatavad käitluslahendused neljaks: õli-, värv-, muud kemikaali- ja lahustijäätmed ning igale grupile leiti sobivaim käitluslahendus. Tulemused on esitatatud tabelina, mis peaks aitama jäätmekäitlusettevõtetel edaspidi otsustada, milline käitluslahendus valida.

Autor soovib tänada kõiki eksperte (Allan Niidu, Matti Viisimaa, Alar Saluste, Siim Pajus ja Mari-Liis Ummik), kes töö valmimisse suure panuse andsid ning samuti ka lõputöö juhendajat Marina Kritševskajat väga hea juhendamise eest.

Ohtlikud vedeljäätmed, ringlussevõtt, jäätmekäitlus, multikriteeriumiline otsustusanalüüs

## Lühendite ja mõistete loetelu

**BHT7** - biokeemiline hapnikutarve (ingl BOD – *Biochemical Oxygen Demand*), mis on milligrammides väljendatud hapnikuhulk, mis mikroobidel kulub ühes liitris vees oleva orgaanilise aine lagundamiseks seitsme päeva jooksul.

**HP kood** - (ingl *Hazardous Property*) näitab jäätmete ohtlikke omadusi. HP-koode on kokku 15 ning iga kood väljendab kindlat omadust. Näiteks HP1 on plahvatusohtlik, HP2 oksüdeeriv, HP7 kantserogeenne jne.

**KHT** – keemiline hapnikutarve (ingl COD – *Chemical Oxygen Demand*) – keskkonnakeemias mõõdetav näitaja, mis väljendab kui palju O<sub>2</sub> (mg) kulub ühe liitri veeproovi orgaanilise ja anorgaanilise aine oksüdeerimiseks oksüdeerijat kasutades ehk hapnikukogus, mis on vajalik orgaanilise aine täielikuks keemiliseks oksüdeerimiseks. Reaktsiooni käigus tekkinud saadused on enamasti CO<sub>2</sub>, vesi, ammoniaak ja muud lihtsad anorgaanilised ühendid. KHT väärtuste põhjal on võimalik hinnata kogu orgaanilise aine hulka vees.

**MCDA** - (ingl *Multi-Criteria Decision Analysis*) on operatsiooniuringute aladistsipliin, mis hindab mitmeid vastuolulisi kriteeriume (nii igapäevaelus kui ka ettevõtetes). Võimaluste hindamisel on tüüpilised vastuolulised kriteeriumid majanduslik tasuvus või kvaliteet. MCDA koosneb probleemi defineerimisest, vajaduste kirjeldamisest, eesmärgi püstitamisest, alternatiivide valikust, kriteeriumite selgitamisest ning parima otsustusanalüüsi meetodi valikust.

**POS** - püsivad orgaanilised saasteained (ingl POP - *Persistent Organic Pollutants*) on orgaanilised ühendid, mis oma püsivuse tõttu võivad kanduda õhu, vee või toidu kaudu kaugele saasteallikast ning akumulieruda taimedes ja loomsetes kudedes. Need võivad tarbitava toidu kaudu kanduda edasi ka inimesele. Inimorganismi akumulierudes, on need ained mürgised.

**REACH** – (ingl *European Regulation and is an acronym for the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*) on Euroopa Liidu määrus, mille eesmärk on parandada inimtervise ja keskkonna kaitset võimalike kemikaaliriskide eest ning suurendada Euroopa keemiatööstuse konkurentsivõimet. Lisaks edendab see alternatiivseid meetodeid loomkatsetele.

**SAW** (*Simple Additive Weighting*) analüüs - lihtsalt summeeriv kaalumise meetod otsustusanalüüsis.

## Taaskasutustoimingud

R1 – jäätmete kasutamine peamiselt kütusena või energiaallikana muul viisil;

R2 – lahustite taasväärtustamine või regenereerimine;

R3 – lahustitena mittekasutatavate orgaaniliste ainete ringlussevõtt või taasväärtustamine,

R5 – muude anorgaaniliste ainete ringlussevõtt või taasväärtustamine

R9 – vanaõli taasrafineerimine või korduskasutamiseks ettevalmistamine mõnel muul viisil;

R12p – jäätmete taaskasutamisele eelnev füüsikaline-keemiline töötlemine (kuivatamine, aurutamine, konditsioneerimine jms);

R12o – jäätmete taaskasutamisele eelnev bioloogiline töötlus;

R12x – taaskasutamisele eelnev jäätmesegude koostamine või jäätmete segamine;

R12y – jäätmete taaskasutamisele eelnev ümberpakkimine;

R12s – jäätmete taaskasutamisele eelnev sortimine või teatud komponentide eraldamine, millega võib kaasneda mehhaaniline töötlemine (purustamine, tükeldamine, demonteerimine, kokkupressimine, granuleerimine jms), juhul kui selle tulemusel tekivad uued jäätmeliigid ning jäätmete olemus või koostis muutub.



## SISSEJUHATUS

Jäätmekäitlus on valdkond, mis on igas ühiskonnas vältimatu teema, sõltumata selle arengutasemest. Ühiskonna toimimises mängib suurt rolli majandustase, mis omakorda on seoses tootmisega, tööstusega ning tarbimisega. See tähendab, et ressursse kasutades tekivad paratamatult jäätmed ning üha olulisem on mõista, et jäätmekäitluse peamine suund peab olema jäätmete ringlussevõtt nende ladestamise ja energiakasutuse R1 ehk termilise töötlemise asemel.

Jäätmekütuse tootmine ning kasutamine elektri- ja soojusenergia tootmiseks on paljudes Euroopa riikides laialdaselt levinud. Hinnanguliselt on Euroopa Liidus üle 50 jäätmekütust tootva tehase. Ohtlikest vedeljäätmetest toodetud jäätmekütuse peamine väljund Eestis oli kuni 2020nda aasta märtsini AS Kunda Nordic Tsemendi klinkritootmiseks kasutatav põletusahi, mis tänaseks on suletud. Klinkritootmiseks kasutatav energia saadi jäätmekütuse põletamisest ning oli ühtlasi peamine sellises mahus jäätmekütuse käitluslahendus Eestis. Sulgemisotsuse taga oli kõrge CO<sub>2</sub> hind ning vananenud tehnoloogia, mis avaldas ettevõttele tugevat majanduslikku mõju. Käesoleva magistritöö teema ajendiks saigi tõsiasi, et Eestis puudub seetõttu hetkel ringmajandust toetavad tehnoloogiad ohtlike vedeljäätmete käitluseks.

Vedelate ohtlike jäätmete hinnangulise statistika järgi tekib kõige rohkem õlijäätmeid. Jäätmeseaduse muutmise eelnõu kohaselt soovitakse keelata erinevate omadustega vanaõli liikide segamine, kui see takistab vanaõli regenereerimist või muid ringlussevõtu toiminguid. Ühtlasi tulebki vanaõli puhul edaspidi eelistada regenereerimist või ringlussevõttu (Keskkonnakomisjon, 2020). Ka seadusandlus liigub selles suunas, et ka ohtlike jäätmeid tuleks üha enam ringlusse võtta nende põletamise asemel. Eestis õli rafineerimistehas puudub, kuid Eesti Energia ja VKG planeerivad põlevkiviõli rafineerimistehase rajamist juba mõnda aega (Kuus, 2020).

Magistritöö uurimusküsimused:

1. Millised on tehnoloogilised käitlusalternatiivid ohtlike vedeljäätmete termilisele töötlemisele?
2. Millised on parimad võimalikud lahendused ohtlike vedeljäätmete ringlussevõtuks Eestis?
3. Millised on võimalikud piiravad kriteeriumid rakendatava alternatiivi puhul?

Uurimusküsimustele vastamiseks kasutatakse otsustusanalüüsi protsessi ning selleks annab töö autor esmalt kirjandusliku ülevaate nii ohtlike vedeljäätmete kui ka nende käitluslahenduste kohta. Seejärel on võimalik otsustusanalüüsi meetoditele tuginevalt selgitada välja, järjestada ning leida parim võimalik käitlusalternatiiv. Parima lahenduse leidmiseks viib töö autor läbi viis põhjalikku ekspertintervjuud ning hiljem töögrupina alternatiivide hindamise.

Käesoleva töö tulemuseks on võimalikud ohtlike vedeljäätmete tehnoloogilised käitlusalternatiivid termilisele töötlemisele Eestis, mis on kirjanduse ja ekspertarvamuse põhjal parimad. Saadud tulemuste põhjal on välja toodud rakendatavad alternatiivlahendused, mis peaks edaspidi jäätmekäitlusettevõtetel lihtsustama otsuste tegemist ohtlike vedeljäätmete käitluslahenduse valimisel.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

Alljärgnev peatükk annab ülevaate ohtlikest jäätmetest ning üldiselt nende liigitamise protsessist jäätmeseaduse mõistes. Rohkem keskendutakse töö eesmärgist lähtuvalt just ohtlikele vedeljäätmetele, nende mahule Eestis ning võimalikele käitluslahendustele.

## 1.1 Ohtlikud jäätmed ja nende liigitamine

Enne jäätmete liigitama asumist tuleb kontrollida, kas jäätmete raamdirektiiv on kohaldatav. Ohtlikkuse edasise hindamise eeltingimuseks on see, kas aineid või materjale loetakse jäätmeteks jäätmete raamdirektiivi tähenduses (Euroopa Komisjon, 2018). Euroopas liigitatakse jäätmed ohtlikeks ja tavajäätmeteks jäätmeseaduse § 2 lõikest 5 tuleneva jäätmenimistu alusel (RT, 2015, 70). Jäätmenimistu on jäätmekoodide loetelu, mis koosneb 20 jaotisest, mis on tähistatud kahekohaliste koodinumbriga. Nende all on omakorda neljakohaliste koodinumbriga alajaotised, mis koosnevad kodeeritud kuue- ja kaheksakohalistest jäätmeliikidest. Jäätmete liigitamisel tuleb esmalt tuvastada tekkevaldkond, mida kirjeldavad kahekohalised jaotisekoodid 01-12 või 17-20 (Tabel 1) (RT 2015,14). Esmalt vaadatakse, kas jäätmed kuuluvad lõikes A välja toodud valdkonda, seejärelt alles vaadatakse lõikes B välja toodud jaotisi 13 – 16. Edasi saab juba täpsemalt määrata jäätmeliiki ning jäätmete ohtlikkust.

Jäätmete ohtlikkuse määramisel lähtutakse neljast põhilisest sammust:

- a) selgitatakse välja jäätmete keemiline koostis ja teave jäätmeid tekitavate tootmisprotsesside ning sisend- ja vaheainete kohta
- b) selgitatakse välja, kas ainetel on mõni ohtlik omadus või kas need sisaldavad püsivaid orgaanilisi saasteaineid (POS)
- c) määratakse jäätmete ohtlikud omadused (ingl Hazardous Property – HP-kood), teabe saamiseks kasutatakse ohutuskaarte, toote märgistust või toote spetsifikatsioone
- d) määratakse vastav jäätmekood

Tabel 1. Jäätmete liigitamise põhimõte. (Euroopa Komisjon, 2015).

Jaotis	Kirjeldus	Järjekord
01	Maavarade ja maa-ainese jäätmed	A
02	Põllumajanduses, aianduses, vesiviljeluses, metsanduses, jahinduses ja kalapüügil ning toiduainete jäätmed	
03	Puidu töötlemisel, paberi ja kartongi tootmisel tekkinud jäätmed	
04	Naha-, karusnaha- ja tekstiilitööstusjäätmed	
05	Nafta, õli, maagaasi, kivisöe ning põlevkivi jäätmed	
06	Anorgaanilistes keemiaprotsessides tekkinud jäätmed	
07	Orgaanilistes keemiaprotsessides tekkinud jäätmed	
08	Pinnakatete, liimide, hermeetikute ja trükivärvide jäätmed	
09	Fotograafiajäätmed	
10	Termilistes protsessides tekkinud jäätmed	
11	Metallide ja muude materjalide jäätmed	
12	Metallide ja plastide mehaanilisel vormimisel ning füüsilisel ja mehaanilisel pinnatöötlemisel tekkinud jäätmed	
13	Õli- ja vedelkütusejäätmed	B
14	Orgaaniliste lahustite, külmutusagenside ja propellentide jäätmed	
15	Pakendijäätmed	
16	Nimistus mujal nimetamata jäätmed	C
17	Ehitus- ja lammutuspraht	A
18	Inimeste või loomade tervishoiu või sellega seotud uuringute käigus tekkinud jäätmed	
19	Jäätmekäitlusettevõtete, ettevõtteväliste reoveepuhastite ning joogi- ja tööstusvee käitlemisel tekkinud jäätmed	
20	Olmejäätmed, sealhulgas liigiti kogutud jäätmed	

Jäätmed liigitatakse ohtlikeks, kui neil avaldub kas või üks ohtlik omadus või kui need sisaldavad püsivaid orgaanilisi saasteaineid. Jäätmenimistus on kõik ohtlikud jäätmekoodid märgitud tärniga. Näiteks pinnakatete tööstuses tekkinud värvi- ja lakijäätmed, mis sisaldavad orgaanilisi lahusteid või muid ohtlikke aineid, märgitakse jäätmekoodiga 08 01 11\* (kõik ohtlikud jäätmeliigid märgitakse nimistus tärniga).

Ohtlike jäätmete rakenduvad ranged nõuded nende kogumise, segamise, pakendamise ning transpordi osas. Lisaks tohib ohtlikke jäätmeid käidelda vaid selleks ettenähtud jäätmekäitluskohtades, milleks on antud Keskkonnaameti poolt eriluba (Euroopa Komisjon, 2018).

## 1.2 Ohtlikud vedeljäätmed ja nende kogused

Ohtlike vedeljäätmete alla kuuluvad kõik ohtlikud jäätmed, mille agregaatolek on vedel. Tavaliselt on nendeks lahustid, lakid, liimid, kemikaalid, värvid, vanaõli, ohtlikke aineid sisaldavad vesipõhised jäätmed ja muu selline. Jäätmenimistu järgi ütleb tihti ka jäätmekoodi selgitus ära, kas tegemist on vedelate, settelaadsete või tahkete jäätmetega. Näiteks jäätmekoodi 07 01 01\* - „vesipõhised pesuvedelikud ja emalahused“ puhul on selge, et tegemist on vedelate ohtlike jäätmetega. Samas ei nõua tänane jäätmearuandluse süsteem materjalide agregaatoleku määramist, kuid see on oluline käitlustehnoloogia valimisel. Seetõttu on tihti keeruline leida täpsed statistikat just materjalide oleku järgi. Näiteks kõige enamlevinud jäätmekood värvijääkidele on 08 01 11\* - „orgaanilisi lahusteid või muid ohtlikke aineid sisaldavad värvi- ja lakijäätmed“, mis ei määra tegelikult ära, kas värv on kuivanud või mitte.

Teine probleem vedeljäätmete statistika osas on küsimus, kas tootmisprotsessis tekkinud materjal kuulub jäätmete või ohtlikke aineid sisaldava reovee alla. Ohtlikud ained vesikeskkonnas on elemendid või ühendid, mis oma mürgisuse, püsivuse või bioakumulatsiooni tõttu võivad olla ohtlikud inimese tervisele ning kahjustada teisi elusorganisme või ökosüsteeme (Tenno *et al.*, 2020). Seetõttu on oluline, et selliste ainete sattumine reovette ja sealt edasi heitvette oleks minimeeritud. Tööstusettevõtte peaksid väga täpselt teadma, millise tegevuse käigus ohtlikud ained jäägina tekivad ning kuidas need reovette suunamise asemel jäätmetena käideldud saaks.

Vastavalt veeseadusele (VeeS) tuleb reovesi puhastada tekkekohas, juhtida reoveepuhastisse, koguda või suunata purgimissõlme. Heitvesi, mis suunatakse suublasse, peab olema kooskõlas keskkonnaministri 2019. a määrusega nr 61 või keskkonnaloaga määratud saasteainete piirväärtusele või heitkogusele. Heitvee saasteainete lubatud piirväärtused sõltuvad täpsemalt tööstusettevõtte tegevusvaldkonnast, kuid ei tohi sisaldada prioriteetseid ohtlikke aineid, kui selleks ei ole Keskkonnaamet väljastanud eriluba. Veeluba on vajalik ettevõtetele, kes juhivad

suublasse saasteaineid, kus on saastatuse risk või oht veekogu seisundile. Loale märgitakse prioriteetsed ained, muud saasteained ja vesikonnaspetsiifilised saasteained, millele määratakse piirväärtused arvestades aine ohtlikkust, kontsentratsiooni heitvees, suubla seisundit, ettevõtte tegevusvaldkonda ja tegevuse mõju suublale (Tenno *et al.*, 2020).

Tööstusheiteseaduse (THS) kohaselt peavad keskkonnaprobleemide omavatel ettevõtetel olema heited loaga määratud. Sealjuures peab ka tööstusreovee suunamisel ühiskanaliseerimise see toimuma väljastatud loa alusel. Näiteks on keskkonnaprobleemide loa kohustus energeetika- ja keemiatööstuse ettevõtetel, jäätmeäärmise, metallide tootjatel ja töötajatel, tekstiilitööstuse ettevõtetel ja muudel sarnastel tööstustel (Tenno *et al.*, 2020). Eestis hetkel puudub riiklik register ja hea ülevaade tööstuses kasutatavate kemikaalide ning vesikeskkonnale ohtlike ainete ringluse kohta. Eestis läbi viidud veekeskkonnale ohtlike ainete allikate uuringud (Eesti Keskkonnauuringute Keskus, 2018) näitavad, et reoveepuhastite heitveest ja setetest on enim leitud raskemetalle, tinaorgaanilisi ühendeid, ftalaate, alküülfoenole ja nende etoksülaate. Vesikeskkonnale ohtlikest ainetest on reoveest leitud näiteks di-2-etüülheksüülfalaati (DEHP), fluoriidi ja tolueeni. Reoveesette proovidest on leitud fenole, tinaorgaanilisi ühendeid, raskemetalle (Ba, Hg, Cr, Ni, Pb, Zn ja Cu), ftalaate (di-2-etüülheksüülfalaati), klooritud parafiine ning polübroomituid bifenoole, näiteks PBDE-209 (Eesti Keskkonnauuringute Keskus, 2018).

Hinnangulise statistika saamiseks ohtlike vedeljäätmete kohta, eristas autor oma kogemuse ning jäätmenimistus olevate kirjete järgi jäätmeliigid, mis viitavad jäätmete vedelale olekule. Lisas 1 on täpsemalt välja toodud, milliste konkreetsete jäätmekoodidega arvestati ning kuidas jäätmeliigid grupeeriti vastavalt õli-, lahusti-, värvi- ja muudeks kemikaalijäätmeteks (Lisa 1). Autor jättis välja jäätmekoodi 05 06 96\* - fenoolveed, kuna tegemist on põlevkiviõli tootmisel tekkivate väga spetsiifiliste vedeljäätmetega, millele on ka juba konkreetne käitluslahendus välja töötatud. Käesoleva lõputöö kontekstis fenoolvee käitlust puudutavad andmed ei lisa statistika mõttes väärtust. Ohtlike vedeljäätmete kogused nii laoseisu, impordi, ekspordi kui ka käitlustoimingute osas on välja toodud allolevas tabelis (Tabel 2).

Tabel 2. Ohtlike vedeljäätmete statistika (ühikud tonnides) aastatel 2016 - 2019 Eestis (Jats, 2021).

Aasta	2016	2017	2018	2019
Laoseis alguses	12662,62	12973,65	14705,79	16899,66
Koguteke, tonni	127546,46	114754,29	114390,31	123920,72
Import	2282,99	3062,14	7415,44	2238,38
Taaskasutus-Ringlus (R2, R3, R5, R9, R12o)	37519,81	50354,45	56720,65	64606,33
Taaskasutus - Energia (R1, R12s, R12p, R12x, R12y)	25945,16	67335,27	64769,59	63886,56
Muu (kõrvaldamine, ladestamine, määratlemata)	42640,05	1577,38	2185,26	2712,24
Eksport	185,52	0,00	0,00	0,00
Laoseis lõpus	12961,96	14707,77	16987,04	15479,37
Reaalsed tonnid	127061,60	113020,17	112109,06	125341,01
Ringlussevõtu %	30	45	51	52
Energia %	20	60	58	51
Muu %	34	1	2	2

Seaduse mõistes tähendab ringlussevõtt jäätme staatuse lakkamist ehk seda, et jäätmetest on tekkinud kindlate omadustega tunnustatud toode (JäätS § 21). Selged ringlussevõtukoodid on käitlustoimingute nimistu kohaselt R2, R3, R4, R5 ning harvemini kasutatavad R6, R7, R8 kui neist tekib uuesti esialgsega samaväärne või uus selgete omadustega toode. Vanaõli puhul on ringlussevõtu koodiks R9. Jäätmete lakkamise tõestamist nende ringlussevõtukoodide puhul arvestab ka Keskkonnaamet, kuigi nende piiride määramine võib olla tihti ebamäärane. Keskkonnaamet on andnud ringlussevõtuga jäätmelubasid ka koodiga R3m ettevõtetele (nt Green Marine), kes tegelikult kogutud vanaõli töötlevad mehhaaniliselt, eraldades lihtsalt vee ja tahked

setted tsentrifuugimisega. Jäätmete keemilist koostist see ei muuta. Saadust nimetatakse kütuselisandiks ning see müüakse kas otse laevakütusele lisamiseks (energiakasutus) või edasiseks rafineerimiseks. Eksperdi Matti Viisimaa arvamuse järgi see päris ringlussevõtt (R9) ei ole, kuna pole tekkinud mingit selget EL kemikaaliseaduste kohast registreeritud toodet. R12-ga tähistatud käitluskoodide või alamkoodide juures pole tegemist taaskasutamisega (sh ringlussevõtu või energiakasutusega), vaid taaskasutuseks ettevalmistavate toimingutega. Nende käitlustoimingute puhul jäävad jäätmed ikka jäätmeteks ja nende üleandmisel edasisele käitlejale peab olema sel keskkonnaluba. Jäätmete lakkamise (päris ringlussevõtu puhul), tekivad vabasse kasutusse minevad tooted, mille puhul kasutaja mingit keskkonnaluba enam ei vaja (Viisimaa, 2021). Autor liigitab siiski R12o käesolevas töös ringlussevõtu alla, kuna praktikas kohtab tihti, et selle taaskasutustoimingu järel tekivad jäätmed, mida omakorda pigem suunatakse ringlusse.

Taaskasutustoimingute protsentuaalse eristuse saamiseks arvestati nii laoseisu aasta alguses, koguteket aasta vältel, importi ning eksporti ja laoseisu jääki aasta lõpus (valem 1). Reaalselt aasta jooksul käideldud tonnid arvutati välja alloleva valemi järgi:

$$[(\text{Laoseis alguses} + \text{koguteke} + \text{import}) - (\text{Eksport} + \text{Laoseis lõpus})], \quad (1)$$

Taaskasutustoimingud jagunevad ringlussevõtuks ja energia tootmiseks ehk termiliseks töötlemiseks. Autor jagas käitlustoimingute (R-koodide) järgi käideldud tonnid „ringlussevõtuks“ ja „energiaks“ toetudes oma kogemusele ning toimingukoodide kirjeldusele (RT 2011,4). Autor liigitab käesolevas töös vee, mis jäätmekäitlustoimingu käigus eraldatakse ringlusse suunamise ringlussevõtu alla, mis seaduse mõistes otseselt küll ei ole ringlussevõtt, kuid käitlusmeetme mõistes on tegemist ringlusse suunamisega. Lähtuvalt sellest sai arvutada (valem 2) aastate lõikes reaalselt käideldud tonnide põhjal ringlussevõtu, energia ja muude käitlustoimingute (ladestamine, kõrvaldamine, määramata) protsentuaalse jaotuse. Sama loogika alusel on arvatud ka edaspidises töös eraldi õli-, värvi, muud kemikaali ja lahustijäätmete kogused ning protsentuaalne jaotus töötlustoimingute järgi.

$$\frac{\text{Ringlusse võetud tonnid} \cdot 100 \%}{\text{Reaalselt käideldud tonnid}}, \quad (2)$$

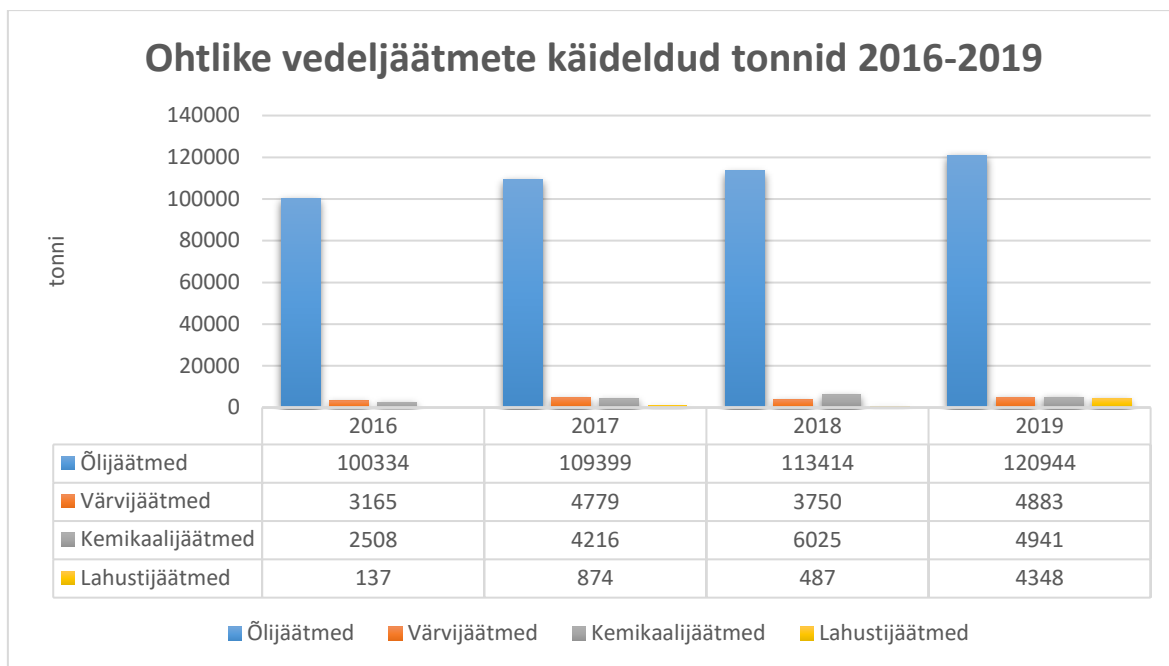


Vaadates ohtlike jäätmete kogu statistikat ülalolevast tabelist, ei anna käitlustoimingute protsentuaalne jaotus kokku summana 100%, kuna jäätmekäitlusüksused ka sorteerivad aasta jooksul ühest jäätmeliigist välja teisi jäätmeliike. Näiteks ehitusjäätmete seest võib välja sorteerida värvijäätmeid. Jäätmearuandluses ei kuulu sellised kogused ei aasta alguses oleva laoseisu, tekke ega impordi alla. Vaadates aga jäätmete käitlustoiminguid grupiti, on protsentuaalne jaotus selgemini piiritletud (Tabel 3).

Tabel 3. Ohtlike vedeljäätmete käitlustoimingute protsentuaalne jaotus grupiti aastatel 2016–2019 Eestis (Jats, 2021).

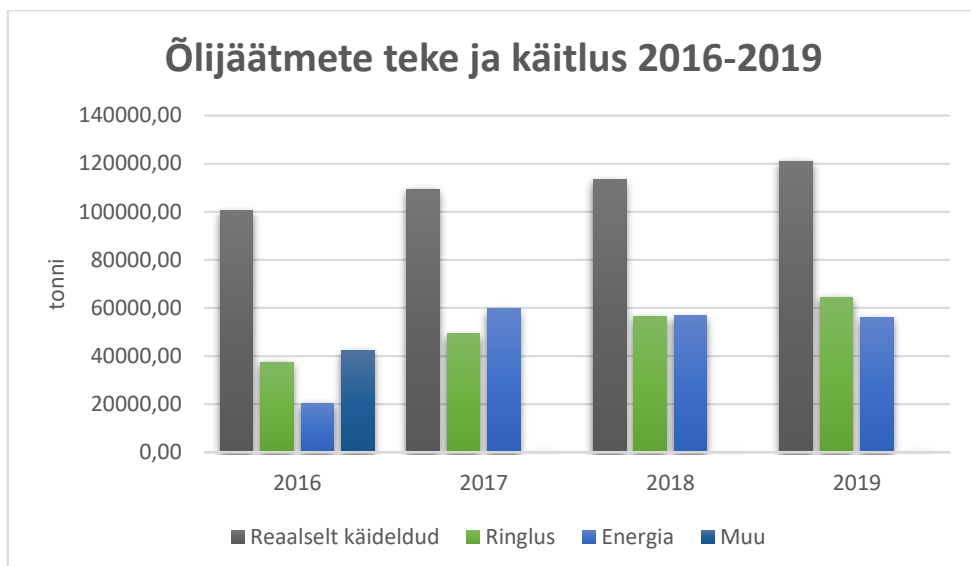
Õlijäätmed					Värv				
	2016	2017	2018	2019		2016	2017	2018	2019
Ringlussevõtu %	37	45	50	53	Ringlussevõtu %	3	5	6	4
Energia %	20	55	50	46	Energia %	94	91	86	72
Muu %	42	0	0	0	Muu %	2	4	8	23
Kemikaal					Lahusti				
	2016	2017	2018	2019		2016	2017	2018	2019
Ringlussevõtu %	0	0	0	0	Ringlussevõtu %	0	93	2	1
Energia %	97	77	72	77	Energia %	100	7	98	99
Muu %	2	23	28	23	Muu %	0	0	0	0

Materjalide statistika on liigiti välja toodud, kuna üldstatistika (Tabel 2) põhjal võiks järeldada, et ringlussevõtu protsent on justkui kasvanud aastatel 2016-2019 juba 51%-ni, kuid siinkohal tuleb arvestada, et suurema osa vedeljäätmetest moodustavad õlijäätmed (Joonis 1). Vanaõli ringlusevõtt ongi juba läbi aastate olnud soodne seadusest tulenevate nõuete tõttu, kus jäätmekäitlusettevõtted peavad eelistama vanaõli regenereerimist või muud ringlussevõttu teiste lahenduste kõrval (RT 2015,14).



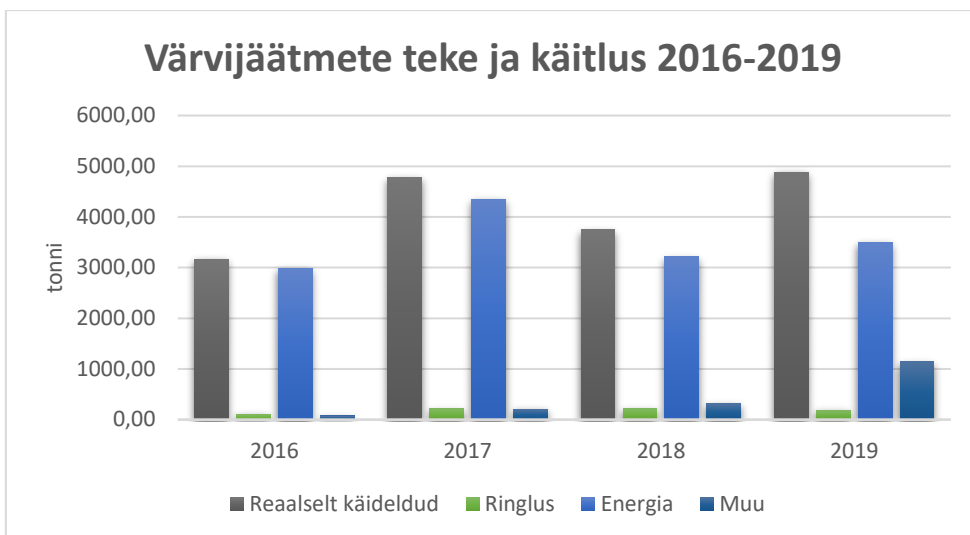
Joonis 1. Ohtlike vedeljäätmete käideldud tonnid aastatel 2016-2019 materjaliti (Jats, 2021).

Vaadates õlijäätmete realselt käideldud tonne, on näha, et aastatel 2016-2019 liigutakse üha enam ringlussevõtu suunal (Joonis 2). Aastal 2019 suudeti 120943-st tonnist ringlusse suunata 644414 tonni, mis teeb ringlussevõtu protsendiks 53%. Enamlevinud ringlussevõtutoiming oli R3m ehk mehaaniline ringlussevõtt, mis tähendab jäätmematerjali taaskasutamist selle keemilist struktuuri muutmata kas esialgsel või mõnel muul otstarbel.



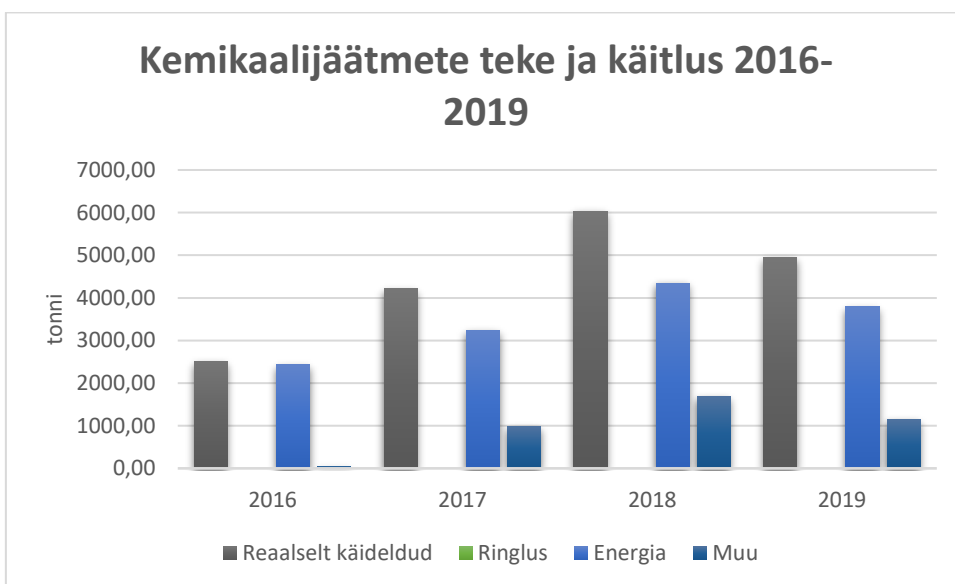
Joonis 2. Õlijäätmete teke ja käitlus aastatel 2016-2019 (Jats, 2021).

Värvijäätmed on teine suur materjaligrupp vedelate ohtlike jäätmete osas. Keskmiselt tekib ohtlikke värvijäätmeid aastas 3000 tonni ringi (Joonis 3). Siinkohal on oluline märkida, et lähtuvalt jäätmenimistu kirjetest on keerulisem vahet teha, kas tegemist on vedelate või tahkete jäätmetega, mistõttu on välja toodud statistika induktiivne. Olenemata sellest on näha, et värvijäätmete ringlussevõtt on Eestis väga minimaalne, kattes vaid 3-6% kõikidest käitlustoimingutest. Värvijäätmete ringlust saaks suurendada just värvivee ja liinide pesul tekkivate vesipõhiste jäätmete osas, kus eraldatud tahke osa moodustub väiksema osa kui vesi. Puhastatud vesi on võimalik tagasi ringlusesse lasta kas läbi kanalisatsiooni või puhastamise teenuse kohalikus vee ettevõttes.



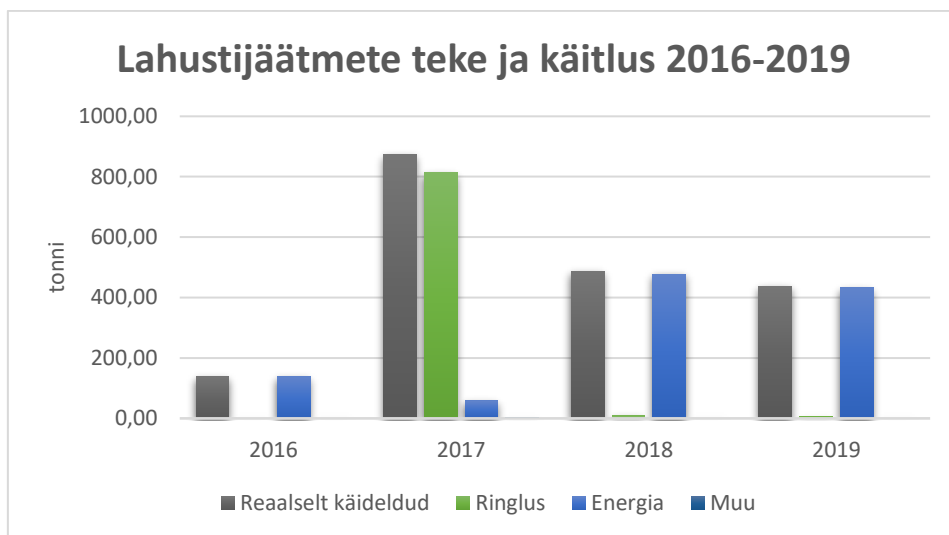
Joonis 3. Värvijäätmete teke ja käitlus aastatel 2016-2019 (Jats, 2021).

Kemikaalijäätmete ringlussevõttu protsent on 0% (Joonis 4). Kindlasti on see materjaligrupp kõige suuremat ohtu, majanduslikku kahju ja keerukust kujutav, kuid vajab kindlasti arengut järgnevatel aastatel.



Joonis 4. Kemikaalijäätmete teke ja käitlus aastatel 2016-2019 (Jats, 2021).

Tehnoloogiliselt on lahustite regenererimine levinud käitluslahendus, kuid vaadates Eesti statistikat, on näha, et lahustite ringlussevõtt on viimastel aastatel pidurdunud (Joonis 5). Siinkohal ei saa olla probleem autori poolt tõlgendatud R-toimingukoodidest, kuna aastatel 2016-2019 on peamiseks käitluse toimingukoodiks- lahustitele märgitud R12x, mis tähendab jäätmesegude koostamist energia saamise eesmärgil.



Joonis 5. Lahustijäätmete teke ja käitlus aastatel 2016-2019 (Jats, 2021).

Kuigi Eestis on lahustite regenererimine kui jäätmekäitluslahendus olemas, on statistika põhjal näha, et eelistatakse siiski jäätmete põletust nende ringlussevõtu asemel (Joonis 5). Tihti määravad käitlustoimingu otsustamisel majanduslikud faktorid, mis tähendab, et energia tootmine võib olla odavam kui puhta lahusti genereerimine.

Lahustijäätmete tekke puhul peab märkima, et kuna lahusti on tööstusettevõttele väärtuslik materjal, mida kasutatakse suurtes kogustes, siis tihti suures osas ei saadetagi lahusteid pärast esimest kasutamist jäätmetena käitlusesse, vaid lahusti puhastatakse juba koha peal ning kasutatakse uuesti. Sellised andmed jäätmearuande statistikas ei jookse.

## 1.3 Ohtlike vedeljäätmete käitluslahendused

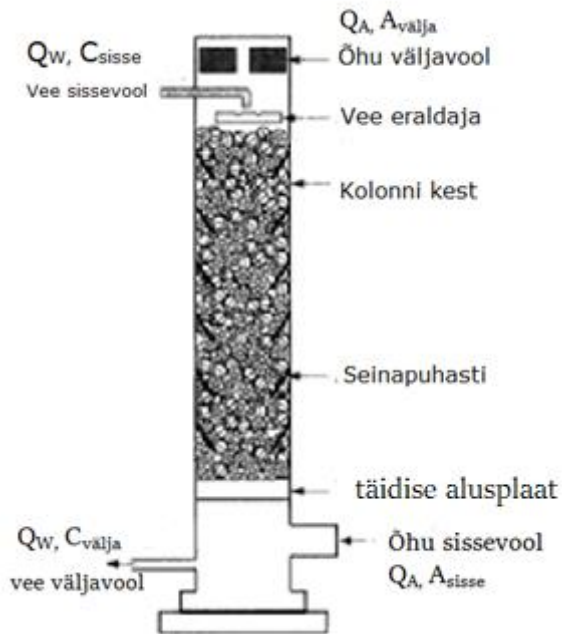
Ohtlike vedeljäätmeid saab töödelda keemiliste, termiliste, bioloogiliste ja füüsikaliste meetoditega. Füüsikalised töötlusmeetodid hõlmavad protsesse, mis eraldavad jäätmevoost teatud komponendid või muudavad jäätmete füüsilist vormi ilma koostisosade keemilist struktuuri muutmata. Keemilised meetodid hõlmavad ionvahetust, sadestamist, oksüdeerimist ja redutseerimist ning neutraliseerimist. Bioloogiline käitlus hõlmab endas enamasti aktiivmudaprotsessi. Nende käitlusmeetoditega on võimalik jäätmeid taaskasutada või ringlusse võtta, vähendada ohtlike ainete osakaalu jäätmevoos või tekitada kõrvaldamiseks sobilik jääksaadus (Rajaram *et al.*, 2016). Täpsem käitlustehnoloogia valitakse tekkinud jäätmete keemilise profiili järgi, silmas pidades nende koostist. Alljärgnevad alapeatükid käsitlevad kirjandusest leitud käitluslahendusi, mis autori arvates sobiksid Eestis ohtlike vedeljäätmete käitlemiseks.

### 1.3.1 Füüsikalise-keemilised töötlusmeetodid

Füüsikalisi ja keemilisi töötlusmeetodeid jäätmekäitluses vaadeldakse tihti kirjandusallikates koos, kuna käitlusprotsesside tehnoloogiad hõlmavad enda alla erinevaid etappe ja sageli ei piisa ainult ühest töötlusmeetodist. Keemilise ja füüsikalise töötlusmeetodi peamine vahe on see, et keemilistes protsessides toimuvad keemilised protsessid, kuid füüsikaliste meetodite puhul jäätmete keemiline struktuur ei muutu. Füüsikalisi töötlusprotsesse kasutatakse sageli jäätmevoost millegi separeerimiseks, et hilisemas protsessis erinevaid komponente edasi töödelda või termiliselt hävitada. Ohtlike vedeljäätmete puhul tihti lihtsalt separeerimisest ei piisa, kuna saasteained võivad olla hüdrofiilsed ning lahustiga segunenud.

- a) **Õhuga läbipuhumine** (*air-stripping*) – protsess, kus jäätmed on otseses kontaktis gaasiga, et lenduvad orgaanilised ained (VOC) saaksid eralduda veest ning eemalduda gaasi abil (Joonis 6). Lenduvatel ühenditel on suhteliselt kõrge aururõhk ja tihti on ka madal vees lahustuvus, mida iseloomustab Henry seaduse koefitsient ehk õhus oleva kontsentratsiooni suhe selle kontsentratsiooniga vees. Kõrge Henry seaduse koefitsiendiga saasteaineid nagu benseen, toluen, etüülbenseen ja ksüleen

saab veest hästi eraldada. Henry seadustegur tõuseb koos temperatuuriga ning seetõttu on kõrgematel temperatuuridel protsess efektiivsem (Lagrega *et al.*, 2010).



Joonis 6. Desorber (Lagrega *et al.*, 2010).

Protsess koosneb vee ja õhu vastuvoolust läbi täidismaterjali, mis koosnevad tavaliselt plastvormidest, mis aitavad lenduvad ained vedelikust õhuvoolu liikuda. Kolonn koosneb silindrikujulisest trumlist, mis on varustatud gaasi sisselaskeavaga ja ruumi jaotusalast põhjas (Joonis 6). Klassikalises süsteemis pumbatakse vesi kolonni ülemisse otsa ja lastakse voolata üle inertse pakendi, samal ajal kui õhk pumbatakse kolonni põhjast vastuvoolu. Saasteained eemaldatakse veest õhuvoolu teel (valem 3) (Lagrega *et al.*, 2010).

$$Q_W [C_{\text{sisse}} - C_{\text{välja}}] = Q_A [A_{\text{välja}} - A_{\text{sisse}}], \quad (3)$$

kus  $Q_W$  on vee mahtkulu ( $\text{m}^3/\text{sek}$ )

$C$  on aine kontsentratsioon vees ( $\text{kmol}/\text{m}^3$ )

$Q_A$  on õhu mahtkulu ( $\text{m}^3/\text{sek}$ )

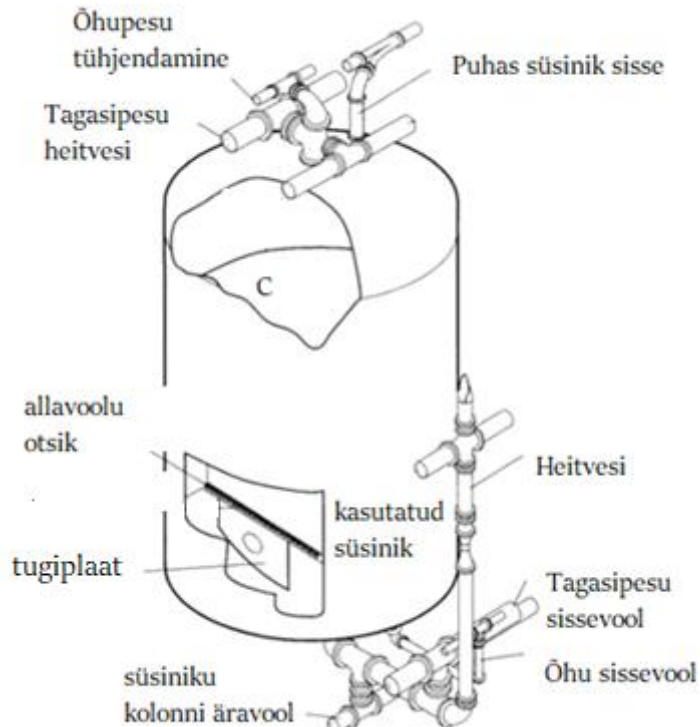
$A$  on aine kontsentratsioon õhus ( $\text{kmol}/\text{m}^3$ )

Vedelas faasis oleva tasakaalu saasteaine kontsentratsiooni CL ja gaasilise faasi CG saasteaine sisalduse suhe on seos, mida tuntakse Henry seadusena (4):

$$H = \frac{CG}{CL} , \quad (4)$$

kus H on Henry konstant

b) **Aktiivsöe adsorptsioon** (*carbon adsorption*) - aktiivsüsi on üks enam kasutatavaid materjale, et eemaldada veest toksilisi orgaanilisi saasteaineid. Aktiivsütt kasutatakse puhastusprotsessides enamasti granuleeritud kujul. Tüüpilises aktiivsöe adsorberis (Joonis 7) hoiab süsinikku paigal tugiplaat. Saastunud vesi satub kolonni ülemisse otsa, puutub kokku süsinikuga ja väljub altpoolt veetorustiku kaudu. Adsorptsioonikolonnid on tavaliselt pideva vooluga kolonnid, mis on paigutatud järjestikku nii, et süsteemi viimane kolonn on tegelikult poleerimisüksus (Lagrega *et al.*, 2010).

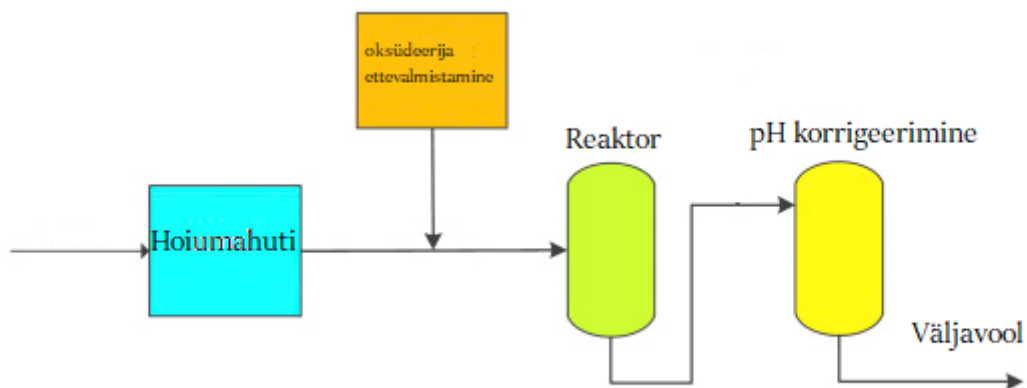


Joonis 7. Aktiivsöe adsorptsioonikolonn (Lagrega *et al.*, 2010).



Aktiivsöe adsorptsioon on hästi arenenud tehnoloogia, mis on võimeline tõhusalt eemaldama laias valikus lahustuvaid orgaanilisi ühendeid ning tootma kvaliteetset heitvett.

- c) **Keemiline oksüdatsioon** toimub hüdroksüülradikaalide abil, mis reageerivad kiiresti ja mitteselektiivselt peaaegu kõigi orgaaniliste ühenditega. Oksüdatsioonireaktiividena kasutatakse vesinikperoksiidi, klooridioksiidi ja osooni, et vähendada keemilist hapnikutarvet, biolagunematute orgaaniliste ühendite sisaldust (Jafarinejad, 2017). Keemilise oksüdatsiooni protsess (Joonis 8) on laialdaselt kasutuses veetöötluses.



Joonis 8. Keemilise oksüdatsiooni protsess (Jafarinejad, 2017).

- d) **Koagulatsioon** on maailmas üks enamlevinumaid veepuhastuse viise. Koagulantidena kasutatakse näiteks alumiiniumsulfaati, raudsulfaati, raudkloriidi või polümeere, mida lisatakse saastunud vette. Koagulandi positiivne laeng neutraliseerib vees lahustunud ja suspendeeritud osakeste negatiivse laengu. Selle reaktsiooni tekkimisel seovad osakesed omavahel või hüübivad (seda protsessi nimetatakse mõnikord ka flokulatsiooniks) (Lagrega *et al.*, 2010). Suuremad osakesed ehk flokid on rasked ja settivad kiiresti.

- e) **Membranprotsesside** alla kuuluvad osmoos, pöördosmoos, mikro-, ultra- ja nanofiltreerimine.

Pöördosmoosi membraan, mis takistab madala molekulmassiga aine läbipääsu, asetatakse aine-lahusti lahuse ja puhta lahusti vahele. Lahusti difundeerub

lahusesse osmoosi teel. Pöördosmoosi korral rakendatakse lisarõhku, mis põhjustab lahustivoolu vastupidise pöörde, nagu seda tehakse merevee magestamisel. Seda protsessi kasutatakse ka madala molekulmassiga lahustunud ainete, näiteks soolade, suhkrute ja lihtsate hapete eraldamiseks lahustist (tavaliselt veest) (Geankoplis, 2004).

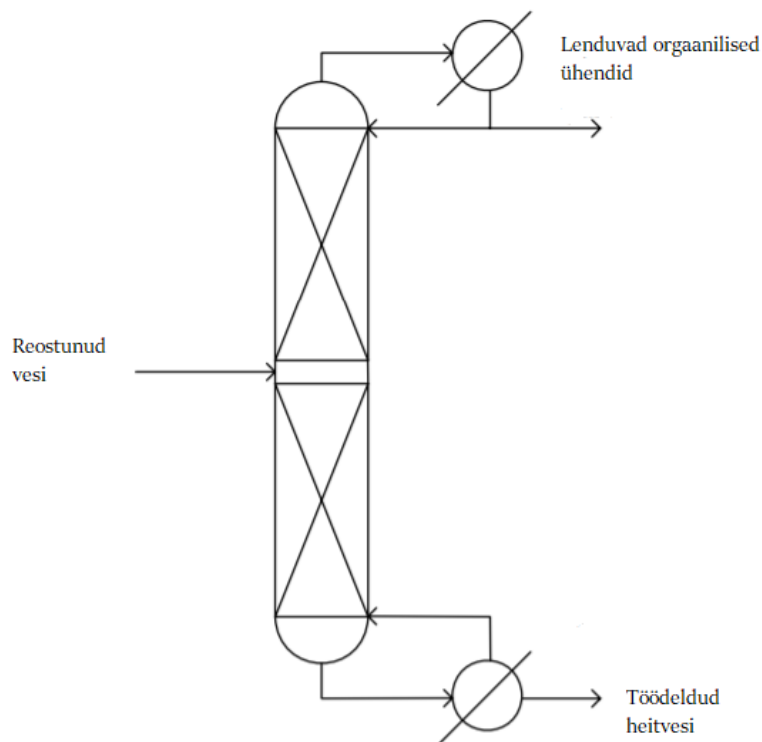
Ultrafiltreerimise membraanprotsessis kasutatakse rõhku molekulide eraldamiseks poolläbilaskva polümeerse membraani abil. Membraan eristab molekuli suurust, kuju või keemilist struktuuri ja eraldab suhteliselt suure molekulmassiga lahustunud aineid nagu valgud, polümeerid, kolloidsed materjalid, mineraalid ja nii edasi (Geankoplis, 2004).

Mikrofiltreerimisel kasutatakse membraanist läbi juhivat voolu, et eraldada mikroosakesed vedelikest. Osakesed on tavaliselt suuremad kui ultrafiltreerimisel. Näideteks on bakterite, värvi, pigmendi, pärmirakkude ja muu sellise lahutamine lahustest (Geankoplis, 2004).

- f) **Destillatsioon** on eraldamisprotsessi meetod vedeliku lahuse erinevate komponentide eraldamiseks, mis sõltub nende komponentide jaotusest aurufaasi ja vedelfaasi vahel. Kõik komponendid esinevad mõlemas faasis. Aurufaas tekib vedelast faasist aurutades keemistemperatuuril. Komponentide destilleerimise teel eraldamise põhioõue on see, et auru koostis erineb vedeliku koostisest vedeliku keemistemperatuuril tasakaalus (Joonis 9). Destilleerimine on seotud lahustega, kus kõik komponendid on märgatavalt lenduvad, näiteks ammoniaagi-vee või etanooli-vee lahused, kus mõlemad komponendid on aurufaasis. Seevastu soola ja vee lahuse aurustamisel aurustatakse näiteks vett, sool aga mitte (Geankoplis, 2004).

Destilleerimine on mõjus vahend lenduvate saasteainete (LOÜ) eemaldamiseks, mis võivad märkimisväärselt aidata kaasa reovee keemilisele hapnikutarbele. Samuti saab adsorbeeruvaid orgaaniliselt seotud halogeene eemaldada destilleerimisega. Tööstuslikud juhtumiuuringud näitavad, et destilleerimine pakub realistlikku alternatiivi ja saab kasutada ka taastatud lahusteid (Macnow et al., 2019).

Lahusteid regenereeritakse samuti destilleerimisseadmetega. Kui lahusti on jõudnud jäätmetena käitlusesse, on lisaks termilisele töötlusele veel võimalus lahustit regenereerida ning uuesti kasutada. Lahusteid ja orgaanilisi happeid saab töödelda selliselt, et neid on võimalik taaskasutada sekundaarse toorainena. On neli peamist klassi lahustisegusid, mis muudavad lahusti kasutuskõlbmatuks ja raskesti ümbertöödeldavaks: segunemine õhuga (aurustumine), vee, teiste lahustite või segu lahustunud ainega (Pinasseau et al., 2018). Eestis tegeleb lahustite regenereerimisega AS Epler & Lorenz.

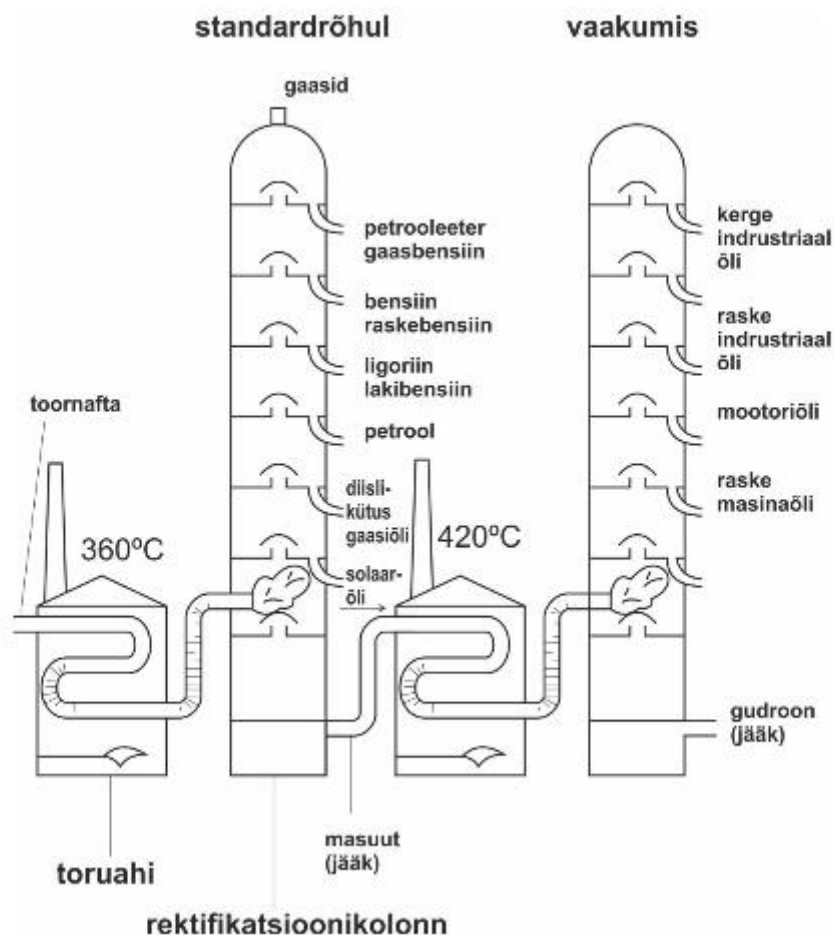


Joonis 9. Destillatsiooni protsessi skeem (Koczka *et al.*, 2009).

Destillatsiooni saab läbi viia kas veeauruga, vaakumis või normaalrõhul. Ained, mille keemistemperatuur ei ole väga kõrge ning lagunemisaste teatud temperatuuril on madal, destilleeritakse normaalrõhul. Need ained, mis tavalise destillatsiooni käigus laguneksid, tuleb destilleerida vaakumis või veeauruga. Vaakumdestillatsiooni puhul sõltub vedeliku keemistemperatuur rõhust (Macnow *et al.*, 2019). Rõhk valitakse selliselt, et destillatsioon saaks toimuda optimaalses temperatuurivahemikus. Veeaurdestillatsiooni teel saadud destillaadi koostis ei sõltu ainete sisaldusest lähtesegus. Sel puhul on oluline komponentide aururõhkude ja molekulmasside suhe. Näiteks jääb aurude temperatuur alati alla 100°C, kui ühe komponendina on kasutatud segus vett. Veeaurdestillatsioon on asendamatu vabanemiseks näiteks vaigustest lisanditest, kuna see meetod eraldab vees halvasti lahustuvad kõrge keemistemperatuuriga ained (Macnow *et al.*, 2019).

- g) **Vanaõli regeneereimine** (Joonis 10) on mis tahes ringlussevõtu toiming, mille tulemusena võib vanaõli rafineerimisel toota uue õli valmistamiseks sobivat baasõli, eelkõige eraldades vanaõlist seal sisalduvad saasteained, oksüdatsiooniproduktid ja

lisandid (Macnow *et al.*, 2019). Kasutatud tööstus- ja mootorsõidukite õli töödeldakse ümber rafineerimistehastes. Protsess algab vanaõli dehüdreerimisega, kus puhastatakse ja kuivatatakse õli tavaliselt kuuma õhuga. Puhas ja kuiv õli on määrdõlide puhul ülioluline just hüdrauliliste ja pöörlevate seadmete puhul. Seejärel eraldatakse õlist lahustunud gaasid ja oksüdeerumise kõrvalsaadused. Gaaside eraldamise protsess on ka põhjus, miks õli regenereerimine on oluliselt efektiivsem kui õli puhastamine filtrite, tsentrifuugi, settimise või muu füüsilise töötlusmeetodiga (Rajaram *et al.*, 2016).



Joonis 10. Õliproduktide töötlemise skeem (Mollenhauer *et al.*, 2010).

Protsessis eraldatakse alguses destilleerimiskolonnis nafta kergemad komponendid normaالرõhul ning seejärel raskemad naftafraktsioonid vaakumis. Järelejäänud masuut pumbatakse vaakumdestillatsioonikolonn, kus õlifraktsioonid aurustuvad ja eralduvad (Joonis 10). Protsessi viimases osas eraldatakse veel täiendavalt saasteained nagu

kloorühendid, väävlisisaldusega ja hapnikuga rikastatud orgaanilised ühendid ning polüaromaatsed süsivesinikud (Rajaram *et al.*, 2016).

### **1.3.2 Bioloogilised töötlusmeetodid**

Bioloogiliste töötlusmeetodite all peetakse silmas protsesse, kus kasutatakse mikroorganisme orgaaniliste jäätmete lagundamiseks veeks, süsinikdioksiidiks ja anorgaanilisteks aineteks või lihtsamateks orgaanilisteks aineteks. Bioloogilise töötlussüsteemi eesmärk on jälgida mikroorganismide keskkonda, et nende kasv, aktiivsus ja kokkupuude jäätmetega paraneksid (Lagrega *et al.*, 2010).

Ohtlike jäätmete bioloogiline töötlemine hõlmab naturaalseid või insenertehnilisi bioloogilisi süsteeme, mida viiakse läbi elusorganismide abil. Erinevate käitluse eesmärkide saavutamiseks on oluline teada jäätmete tekke mehhanisme, keskkonnatingimusi ja puhastustehnoloogiate tõhusust. Mikroorganismide võime lagundada püsivaid orgaanilisi saasteaineid on väga piiratud. Samuti ei suuda mikroorganismid muuta ega hävitada anorgaanilisi aineid, mistõttu on mõistlik enne bioloogilist töötlusprotsessi jäätmeid käidelda keemiliselt või füüsikaliselt (Lagrega *et al.*, 2010).

Ohtlike vedeljäätmete töötluseks võib kasutada ka aktiivmuda protsessi või biofiltrit. Aktiivmuda puhul on soovitatav kasutada perioodilist reaktorit (SBR – sequencing batch reactor), kus nii reaktsioon kui ka settimine toimuvad samas reaktoris. Perioodiliste reaktorite eeliseks on see, et enne suublasse suunamist on võimalik heitveele seatud piirnorme kontrollida (Lagrega *et al.*, 2010).

### 1.3.3 Tahkestamine ja stabiliseerimine

Tahkestamise (*solidification*) puhul on tegu protsessiga, kus ohtlike jäätmete segamisel kristalse või polümeerse materjaliga muutub jäätmete koostis, kuid mitte füüsikaline või keemiline olek. Anorgaanilistest sideainetest kasutatakse tsementi, tsemendiahjude tolmu, lendtuhka ning kõrgahjuräbu. Orgaanilised saasteained seotakse bituumeniga (asfaldiga) või polüetüleeniga. Jäätmete tahkestamise puhul on puuduseks jäätmete massi mitmekordistumine (Lagrega *et al.*, 2010).

Stabiliseerimismeetodid (*stabilization*) on protsess, mis muudab jäätmetes sisalduvate ohtlike koostisainete omadusi ja seeläbi ohtlikud jäätmed tavajäätmeteks. Näiteks piiratakse jäätmete saasteainete lahustuvust või muudetakse jäätmete toksilisust (Lagrega *et al.*, 2010).

## 1.4 Ohtlike vedeljäätmete käitluse juhtumiuuringud

### 1.4.1 Vanaõli regenereerimine

Euroopa Liidu jäätmedirektiivis on määratletud, et õlide rafineerimine on prioriteetsem kui põletamine ja energiana taaskasutamine (Pinasseau *et al.*, 2018). Soomes tegutsev vanaõli regenereerimisega tegelev ettevõtte STR Tecoil on võimeline aastas käitlema 70 000 tonni vanaõli. Rafineerimise eesmärgiks on eemaldada vanaõlist kõik saasteained ja taastada õli algsel kujul. Selle käigus eemaldatakse vesi, tahkemed ja kergemad õlid, lahustunud metallid ja väärtust kaotanud lisandid. Rafineerimise protsess koosneb vanaõli eeltötlusest, gaasõli eemaldamisest, vaakumdestillatsioonist, fraksioneerimisest õhukese polümeerkile aurutamise abil ja viimistlemisest. Õli taastamine destillatsiooni teel on palju tõhusam kui teised keemilised või füüsikalised meetodid ning tehnoloogiad. Toodangu saagis on palju suurem ja protsess tervikuna odavam (Tecoil, 2019). Nafta destilleeritakse 360°C juures, kus aurustuvad erinevad fraktsioonid, milleks on näiteks bensiin, petrooleum, gaasõli ja teised fraktsioonid. Aur juhitakse edasi destillatsioonikoloni.

Naftast eraldatud kütusekomponentidest jääb järele veel masuut, mida töödeldakse 420°C juures. Masuut veeldatakse vaakumis, kus on võimalik taas eraldada erinevad fraktsioonid nagu raske masinaõli ja erinevad mootoriõlid. Pärast seda protsessi jääb järele veel gudroon, millest saab eraldada silindri-, jõuülekanne- ja lennukiõli. Viimane lõpp-produkt on bituumen ehk pigi (Kukk, 2015).

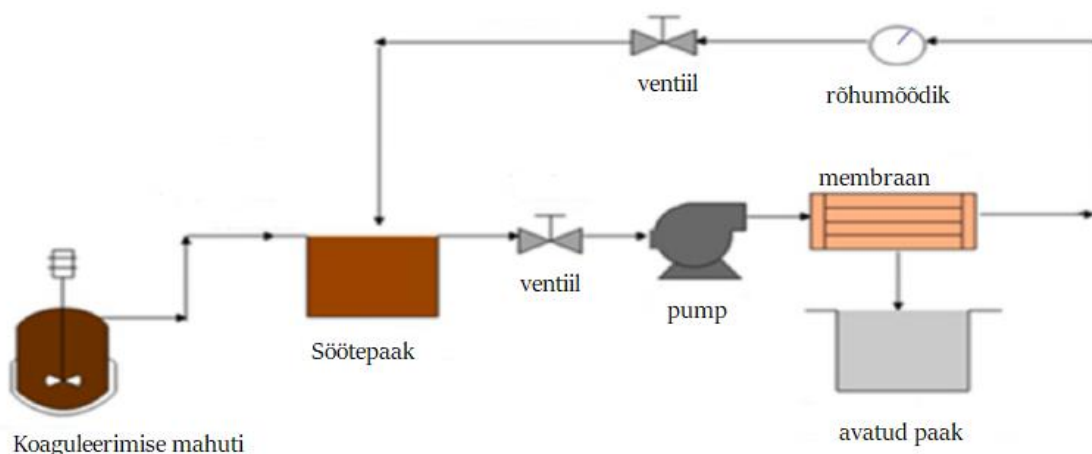
Vanaõli on proovitud Hiinas ringlusse võtta ka vaakumdestilleerimise (VD) ja mikrolaineahju abil toimuva pürolüüsi teel (MAP). Sellise tehnoloogia abil suudeti 94% õli muuta väärtuslikuks tooteks. Võrreldes traditsiooniliste meetoditega näitab see integreeritud protsess aspektide olulist paranemist keskkonnamõjude ja tehnoloogia-majanduslike näitajate alusel. Tulemused näitavad, et selline integreeritud protsess on efektiivne vanaõli ringlussevõtul (Li *et al.*, 2019).

Eestis on arutatud põlevkiviõli rafineerimistehase loomist Sillamäele juba mõned aastad. Planeeritava tehase eeldav maksumus on ligi 600 miljonit eurot ja varaseim valmimisaeg aastal 2024. Hinnanguliselt suudaks selline tehas töödelda aastas üks miljon tonni põlevkiviõli (Kuus, 2019). Kahjuks ei ole hetkel veel täpsemad tehnoloogiad avalikkusele teada ning seega ei ole ka teada, kas tehases oleks võimalik peale põlevkiviõli ka muid vanaõlijäätmeid ringlusesse võtta.

## 1.4.2 Ohtlike vedeljäätmete koaguleerimine

Ohtlike vedeljäätmete koaguleerimine on laialt levinud töötlusviis. Eestis kasutatakse koagulante näiteks värvitööstuses, kus kemikaalide abil saadakse värvise veest enne kanalisatsiooni suunamist kätte. Enne vee ringlusse suunamist tuleb analüüsida, kas heljum, BHT, KHT, naftasaadused, üldfosfor, lämmastik jms vee kvaliteeti mõjutavad näitajad oleksid lubatud piirväärtuste juures (Pinasseau *et al.*, 2018).

Indias on uuritud tööstusliku reovee puhastamist elektrokoagulatsiooni protsessiga. Uuritav reovesi oli pärit rafineerimistehasest naftakeemia kompleksist, mis koosnes peamiselt aromaatsetest hapetest, mis sarnanevad tereftaalhappe, äädikhappe ja bensoehappega, olles inimestele ja ka veeorganismidele toksiline ning tuleb kindlasti enne keskkonda suunamist veest eraldada. Elektrokeemiline töötus aitab koaguleerimise protsessis oluliselt KHT-d vähendada. Kõige efektiivsem KHT eemaldamine toimub SS-elektroodide pH 8,2 juures. Kõrgema pH väärtuse korral moodustuvad negatiivselt laetud helbed, mis häirib tereftalaadi eemaldamist elektrostaatilisest toimest. Katsed tõestavad, et elektrokeemiline töötus on potentsiaalne ja suhteliselt odav tööriist naftakeemia reovee puhastamisel (Garg *et al.*, 2014). Koaguleerimist on kombineeritud ka ultrafiltratsiooni, nanofiltratsiooni (Joonis 11) ja gammakiiritusega prügila nõrgvee puhastamisel (Nazia *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2020; Ren *et al.*, 2019).



Joonis 11. Membraanprotsessiga kombineeritud koaguleerimisprotsessi skeem (Nazia *et al.*, 2021).



Erinevate tehnoloogiate kombineerimine näitab, et ainult ühest tötlusmeetodist ei piisa. Katsed on näidanud, et näiteks ainult gammakiirgusega on KHT eemaldamise protsent 45% (Joonis 12), kuid koos rauasoola koagulatsiooniga tõuseb see kuni 55%-ni (Liu *et al.*, 2020).



Joonis 12. Koaguleeritud prügila nõrgvesi pärast 30 minutulist settimist erinevate koagulandi dooside juures (Ren *et al.*, 2019).

### 1.4.3 Ohtlike vedeljäätmete töötlemine membraanprotsessidega

Austraalias Queenslandis ühes suurimas veepuhastusjaamas Bundabdas käideldakse vett pöördosmoosi seadmetega, millega eemaldatakse saasteained enne, kui vesi suunatakse Brisbane-i jõkke. Nii jäätmekäitluses kui ka reoveepuhastuses on pöördosmoosi tehnoloogiat koos teiste protsessidega, näiteks aktiivsöe protsessiga, uuritud nii Austraalias kui ka USA-s (Ozbey-Unal *et al.*, 2020), et eemaldada vesipõhistest jäätmetest lahustunud orgaanilised saasteained. Uuringud on näidanud, et mikrofiltrereerimine koos aktiivsöega on kulutõhus süsteem KHT ja mikrosasteainete eemaldamisel võrreldes pöördosmoosi ja nanofiltrereerimise kombinatsiooniga (Shanmuganathan *et al.*, 2016). Pöördosmoosi kasutamisel on oluline, et reostunud vesi töödeldakse õigesti doseeritud kemikaalidega ning vee pH oleks reguleeritud vastavalt edaspidisele töörežiimile, et vältida membraani ummistumist (Ozbey-Unal *et al.*, 2020).

Eestis kasutatakse prügila nõrgvee puhastamiseks pöördosmoosi seadet Vaivara ohtlike jäätmete käitluskeskuses. Nõrgvee puhastamiseks nõuetele vastavaks, kasutatakse kolmeastmelist pöördosmoosiseadet (PO-seadmed). Seda seadet kasutatakse ka aurusti destillaadi töötlemiseks. BMF HAASE PO-seadmed on loodud spetsiaalselt prügilate nõrgvee käitlemiseks. Esmalt läbib reovesi liivafiltri, kus eraldatakse näiteks metalloksiidühendid ja tahked osakesed. Seejärel eraldatakse veelgi väiksemad osakesed kassetfiltriga. Membraanide ummistumise vältimiseks on lisatud kassetfiltrite ette nn katlakivi inhibiitor. See tagab vees sisalduvate ainete lahustununa püsimise ka kõrgetel kontsentratsioonidel. Väävelhappe lisamine säilitab kergelt happelise keskkonna, mis aitab mitmel viisil kaasa membraanide tööle, mõjutades ummistumisriski ja eraldusvõimet (Uri, 2017).

Tekstiilitööstuse reovee uuringust selgus, et pöördosmoosi protsess on vajalik vee puhastamisel just seetõttu, et tekkivad jäätmed on tugevalt saasteaineid täis ning pöördosmoosiga on võimalik veest eraldada lahustunud saasteaineid (Sahinkaya *et al.*, 2019). Membraanprotsesse on kasutatud ka vanaõli regenererimisel. Selleks kasutatakse polüpropüleenmembraani ning ultrafiltreerimist. Uuringute järgi on võimalik membraanprotsessidega eemaldada pea 99% tuhasisaldust, kuni 82% veesisaldust, kuni 66% süsinikujääki, kuni 73% happesust ning keskmiselt kuni 50% kaltsiumi ja tsinki (Widodo *et al.*, 2020). Õlijäätmete alla kuuluva pilsivee töötlust on samuti uuritud enamasti kas pöördosmoosi või destilleerimise teel (Emadian *et al.*, 2015).

#### **1.4.4 Ohtlike vedeljäätmete neutraliseerimine ja stabiliseerimine**

Vaivara ohtlike jäätmete käitluskeskuses on stabiliseerimisseadmete eesmärgiks veekäitluses tekkinud jäätmed stabiliseerida ja töödelda need selliseks materjaliks, mis ei tekita enam täiendavalt nõrgvett. Analoogselt betooni valmistamisega segatakse kokku tsementi, liiva ja vett, mille tulemusel saab stabiliseeritud tsemendiplokkid. Stabiliseeritud materjali tootmise lähteainete osakaalud on destillatsiooniseadme kontsentraadi vedelik 22%, tsement 18% ja liiv 60%. Stabiliseeritud plokkide edasise kasutamise võimalusteks võivad olla taaskasutamine, vaheladustamine või kõrvaldamine (Uri, 2017).

Saasteainete eemaldamise ja neutraliseerimise osas on jäätmekäitluses maailmas laialt levinud stabiliseerimise tiigid. Neutraliseerimise eesmärk on reguleerida jäätmete pH väärtus neutraalsele pH tasemele (umbes 7) kemikaalide lisamise teel, et muuta jäätmed bioloogiliselt töödeldavaks (Pinasseau *et al.*, 2018). Jäätmete stabiliseerimise

tiike kasutatakse reovee käitlemisel nende lihtsuse, madalate kulude ja lihtsa opereerimise tõttu. Lõuna-Aafrikas on läbi viidud uuring haiglate reovee saasteainete taseme vähendamise osas, kus selgus, et stabiliseerimise tiigid ei ole nendes piirkondades tõhusad ning süsteem ei näidanud üldist suundumust saasteainete (heljum, orgaanilised ühendid, KHT) vähenemise osas (Edokpayi *et al.*, 2021). Samuti on uuritud Brasiilia kirdeosas Rio Grande do Nortes Monte Carlo simulatsiooni abil kümne stabiliseerimistiigi töö efektiivsust ja tehnoloogia olemuslikke riske. Simuleeritud parameetritena vaadeldi orgaanilisi saasteaineid, BHT ja KHT, millest viimane näitas KHT piirväärtuste ületamise protsenti (Alves *et al.*, 2020).

## 2. METOODIKA

### 2.1. Multikriteeriumiline otsustusanalüüs

Multikriteeriumiline otsustusanalüüs (MCDA) koosneb probleemi defineerimisest, vajaduste kirjeldamisest, eesmärgi püstitamisest, alternatiivide valikust, kriteeriumite selgitamisest ning parima otsustusanalüüsi meetodi valikust. Käesolevas töös kasutab autor kriteeriumite kaalu summeerimise meetodit (SAW), mis on üks vanimatest, laialt tuntud ja praktiliselt kasutatud meetoditest otsustusanalüüsi protsessis (Burinskiene *et al.*, 2017). Antud meetodi mõte seisneb mitmete kriteeriumite vahel valides, hindamises ja summeerides. Suurem number tähendab parimat alternatiivi ning alternatiive järjestatakse kahanevate numbrite järgi.

MCDA meetodit kasutatakse kas parima võimaliku alternatiivi kindlaks tegemisel, parimate alternatiivide valimisel või erinevate alternatiivide reastamisel. Otsustusprotsess viiakse läbi sidusrühmade, otsustajate või ekspertide poolt, kes kasutavad eesmärkide saavutamiseks erinevaid sobivaid lähenemisi. Tavaliselt koostatakse selleks loetelu ja valitakse mõõdikud (kriteeriumid), mis aitavad välja selgitada, millisel määral on eesmärk saavutatud (Bhagtani, 2008). Kriteeriumitele antakse saja protsendi ulatuses väärtused – mida tähtsam kriteerium, seda suurem protsentuaalne väärtus. Alternatiive hinnatakse 5-palli süsteemis, kus kõrgem hinne tähendab kõrget või tugevat mõju ning väiksem number ebaolulist mõju või madalat hinnangut.

SAW meetod nõuab tunnuste normaliseerimist, et võimaldada võrreldavat skaalat või punktide süsteemi kõikidele hinnangutele. Normaliseerimisprotsess muudab kõiki hinnanguid lineaarselt ning meetodi tulemuseks on iga alternatiivi üldine eelistuse väärtus. Mida suurem on väärtus, seda rohkem on vastav alternatiiv eelistatud. Meetodi rakendatavus halveneb, kui hinnatavate alternatiivide ning alternatiivide kriteeriumite hulk on suur või kui alternatiivid on sarnased (Burinskiene *et al.*, 2017).

SAW meetodi juures kasutatakse alternatiividele hinnangu andmist valemi abil:

$$A_i = \sum w_j (w_j x_{ij})_{normal} \quad (5)$$

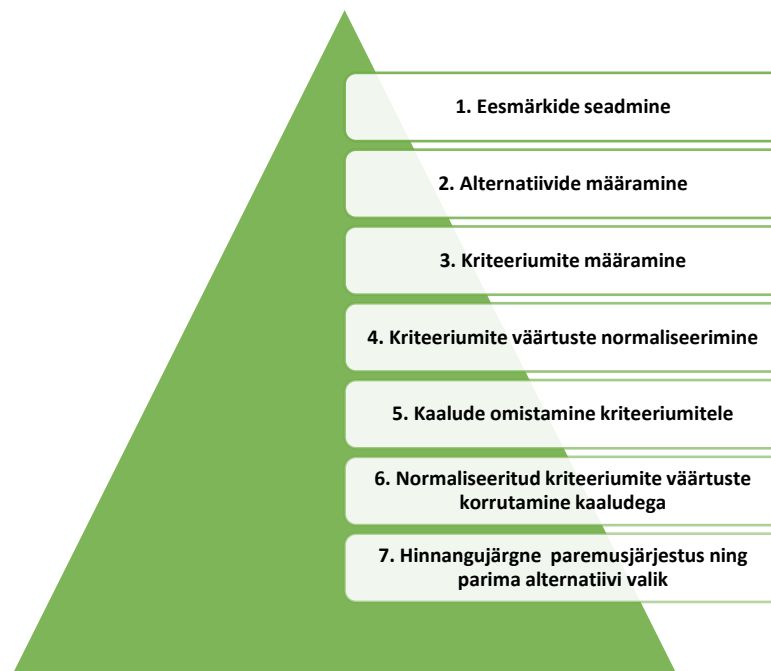
kus  $A_i$  – alternatiivi koguväärtus kriteeriumite alusel

$W_j$  – vastava kriteeriumi normeeritud kaal, kusjuures kõigi kriteeriumite kaalude summa on võrdne ühega

$X_{ij}$  – on j-nda alternatiivi i-ndale omadusele i-nda kriteeriumi põhjal määratud hinne ehk välja arvatud suhtarv. Valemis tähistab alaindeks  $i$  alternatiivi ja alaindeks  $j$  kriteeriumi (Burinskiene *et al.*, 2017).

Valemi kasutamise tulemusena saadakse kõiki kriteeriumeid arvestades alternatiividele numbrilised väärtused, mis üksteisest eristuvad. Kattuvaid tulemusi esineb harva ning seetõttu on SAW meetodi abil lihtne välja selgitada alternatiivide paremusjärjestus (Burinskiene *et al.*, 2017).

SAW meetodi rakendamise etapid jagunevad seitsmeks tähtsamaks sammuks (Joonis 13).



Joonis 13. SAW meetodi rakendamise etapid (Aidla *et al.*, 2012).

Eeltööna määratakse analüüsi eesmärk ning leitakse alternatiivid ehk reaalselt rakendatavad lahendused, mida saab omavahel võrrelda. Seejärel määratakse kriteeriumid, mis aitavad alternatiive hinnata ning tehakse kindlaks kriteeriumite väärtused, näiteks hindedkaalal 1-5, kus 1 on halvim ning 5 parim hinne. Kõikide kriteeriumite hinded normaliseeritakse, et saavutada võrreldavad mõõtskaalad ning mitmemõõtmelisusest olenematud ühikud. Selleks jagatakse hinnangud läbi kas maksimaalse või minimaalse hinnanguga, vastavalt sellele, kas kriteeriumi puhul on oluline madalaim (Non Beneficial, valem 6) või kõrgeim (Beneficial, valem 7) hinne.

$$\frac{Min(x_{ij})}{x_{ij}} , \quad (6)$$

$$\frac{x_{ij}}{Max(x_{ij})} , \quad (7)$$

kus  $X_{ij}$  – on j-nda alternatiivi i-ndale omadusele i-nda kriteeriumi põhjal määratud hinne ehk välja arvatud suhtarv. Valemis tähistab alaindeks i alternatiivi ja alaindeks j kriteeriumi.

Sõltuvalt kriteeriumite olulisusest, antakse kriteeriumitele 100% ulatuses kaalud. Lõpphinnangu saamiseks korrutatakse kaalud kriteeriumite väärtustega läbi ning ühe alternatiivi kriteeriumite väärtused seejärel summeeritakse. Paremusjärjestuses on suuremate hindepunktidega alternatiiv otsustusmeetodi järgi parim.

## 2.2. Alternatiivide leidmine

Töös kasutatakse kvalitatiivset uurimismeetodit, kus analüüsiti esialgselt kirjandusallikate põhjal leitud andmeid, seejärel viidi läbi ekspertintervjuud, et töötata välja parimad võimalikud alternatiivid. Alternatiivanalüüsis on reeglina välja toodud ka 0-alternatiiv ehk hetkeolukord. Antud töös on selleks jäätmete põletamine energia saamise eesmärgil. Töös leiti kõigepealt sobivad alternatiivid kirjandusallikatest ning seejärel viidi läbi ekspertintervjuud, mille põhjal koostati loetelu võimalikest rakendatavatest alternatiividest ning hinnati neid.

Autor keskendus alternatiivide väljatöötamisel just ohtlikele vedeljäätmetele ning valis teoreetilised lahendused välja tuginedes enda kogemusele ja teadmistele. Otsustusanalüüsi esimesed sammud ehk probleemi püstitamine, vajaduste kirjeldamine, eesmärkide püstitamine ning alternatiivlahendused on käsitletud töö esimestes peatükkides, mistõttu käsitletakse jätkuvates peatükkides alternatiivide analüüsi, kriteeriume ning piiravate asjaolude väljaselgitamist rakendatavate alternatiivide väljasõelumiseks.

## 2.3. Ekspertide kaasamine

Kirjandusallikate põhjal leitud alternatiive analüüsiti ning täiendati koostöös jäätmekäitluse valdkonna ekspertidega. Intervjueeritavad hindasid kirjandusallikatest leitud alternatiive, andsid omapoolsed soovitusid nende rakendamisel ning hindasid, milline alternatiividest oleks sobivaim rakendada.

Kaasatud eksperdid:

- Allan Niidu, PhD TalTech
- Alar Saluste, R-S OSA Service, Ragn-Sells AS
- Mari-Liis Ummik, Keskkonnaministeerium, Keskkonnatehnoloogia osakonna nõunik
- Matti Viisimaa, PhD, Keskkonnaagentuur, nõunik
- Siim Pajus, Abilised OÜ

Ülal mainitud eksperdid on jäätmekäitluses või sarnases valdkonnas tegutsevad avaliku- ja erasektori esindajad. Kokku intervjueeriti viite eksperti, kes andsid kohtumisel keskmiselt 60-minutilise intervjuu, mis ka töö autori poolt salvestati. Autor soovis kaasata eksperte ka välisriikidest, kuid kahjuks sobivad eksperdid intervjuud ei soovinud anda.

Tallinna Tehnikaülikooli esindajaks oli professor Allan Niidu, kes põhilise valdkonnana on tegelenud orgaanilise keemiaga ja sellega seotud materjalide keemiaga. Allan on töötanud ka Viru Keemia Grupis uute tehnoloogiate väljatöötamisel ning maaletoomisel. Samuti on ta kokku puutunud vee- ja gaaside puhastusega, olnud labori juhataja ning uurinud ja töötanud kütuste töötlemise valdkonnas.

Alar Saluste töötab hetkel R-S OSA Service OÜ all peamiselt põlevkivituhkade väärindamisega ning Ragn-Sells AS-is. Käesoleva uurimistöö raames on Alar kindlasti kõige lähemalt jäätmete ringlussevõtu praktilise ja tehnoloogiliste lahenduste poolega kursis.

Keskkonnaministeeriumi poolt on kaasatud Mari-Liis Ummik, kes töötab hetkel keskkonnatehnoloogia osakonna nõunikuna ning on ekspert just jäätmekäitluse seadusandluse ja tehnoloogiaste osas.

Matti Viisimaa on töötanud Tallinna Tehnikaülikoolis keemia- ja keskkonnatehnoloogia (tööstusökoloogia) erialal vanemteadurina. Aastatel 1992-2001 on olnud Matti Keskkonnaministeeriumis jäätmetalituse juhataja ning keskkonna- ja jäätmeosakondade nõunik. Lisaks on ta töötanud pikaajaliselt eksperdina Euroopa Keskkonnaagentuuris ning praeguses Eesti Keskkonnaagentuuris.

Abilised OÜ esindaja Siim Pajus on otseselt seotud veepuhastuse keemilis-füüsikaliste käitlustehnoloogiatega, omades praktilist kogemust ning teadmisi antud valdkonnas.

## **2.4. Intervjuude läbiviimine**

Intervjuud on läbi viidud perioodil 2020. aasta augustist kuni 2021. aasta märtsini. Ekspertid andsid oma hinnangu autori poolt kirjandusest välja otsitud alternatiividele, arutlesid teemaga seotud probleemistikku ning pakkusid võimalikke lahendusi ka juurde.

Intervjuud viidi läbi suuliselt ning lindistati diktofoniga, milleks andsid kõik eksperdid ka loa. Lindistuste kasutamine on lubatud vaid käesoleva magistritöö analüüsiks ning ei kuulu avalikustamiseks kolmandatele osapooltele. Intervjuu alguses andis töö autor teema püstitusest ülevaate, tutvustas eesmärgi ning kirjandusest leitud alternatiive. Intervjuu ülesehitus tugines allolevatele põhiküsimustele, kuid kulges vabas vormis ning lähtuvalt ekspertide poolt välja toodud mõttekäikude järjestuses.



#### Küsimused:

1. Mis on Teie arvates parim alternatiiv ohtlike vedeljäätmete põletusele välja pakutud alternatiivide seast? Miks?
2. Mis võib olla takistuseks, et seda alternatiivi rakendada?
3. Milline on Teie meelest parim käitlusviis ohtlikele vedeljäätmetele – kas on veel alternatiive, mida autor pole välja toonud?
4. Milline alternatiiv on Eestis kõige mõistlikum Teie meelest rakendada?

Intervjuu eesmärk oli leida piiravad aspektid, leida alternatiivide tugevused ning nõrkused ja kuulata, mis on ekspertide arvates parimad ning halvimald lahendused. Ekspertarvamuste põhjal leiti piiravad kriteeriumid, mis on takistuseks ühe või teise alternatiivi rakendamiseks. Vastavalt piiravatele kriteeriumitele sai välja selgitada alternatiivide järjestuse. Alternatiivide sorteerimiseks kasutati SAW meetodid.

### **3. TULEMUSED JA ARUTELU**

Käesolevas peatükis annab töö autor ülevaate tulemustest. Peamiselt käsitletakse eksperthinnangute tulemusi kirjanduses välja toodud alternatiividele, mille tulemusel grupeeritakse tehnoloogilised lahendused nelja suuremase gruppi. Alapeatükkides käsitletaksegi reaalselt rakendatavaid alternatiive.

#### **3.1. Kirjandusallikatest leitud alternatiivid**

Kirjandusallikaid läbi töötades tekkis autoril üsna kiirelt arusaam, et kirjanduses välja toodud lahendused on väga üldised ning valmislahendusi tehnoloogiate näol õpikutest ei leia. Autor uuris ka käitlustehnoloogiate juhtumisuuringuid teadusartiklite põhjal, et tuua näiteid reaalselt rakendatud või uuritud alternatiivide kohta (Tabel 4). Autor vaatles jäätmete materjalide põhjal nelja suuremat ohtlike vedeljäätmete gruppi – õlijäätmed, värvijäätmed, muud kemikaalid ja lahustid. Igale grupile leidis autor kirjandusallikatest alternatiivsed käitluslahendused termilisele töötlusele.

Tehnoloogia valiku puhul arvestatakse mitmeid erinevaid faktoreid, näiteks jäätmete mahtu, koostist ning ka majanduslikku tasuvust või efektiivsust. Tihti on tehnoloogiad küll kättesaadav ning tõhusad, kuid majanduslikult ebamõistlikud. Seetõttu tuleb tihti tehnoloogiaid kombineerida ja kaasajastada.

Tabel 4. Kirjandusest leitud ja rakendatud alternatiivid.

<b>Kirjandusest leitud alternatiiv</b>	<b>Juhtumiuuring, muu praktika</b>
Õhuga läbipuhumine	Parima võimaliku tehnoloogia aruande järgi LOÜ-de eemaldamiseks kasutatakse praktikas (Pinasseau <i>et al.</i> , 2018).
Aktiivsöe adsorptsioon	Aktiivsöe adsorptsiooni üksikuna ei kasutata, kombineeritakse teiste protsessidega, näiteks membraanprotsessidega (Lagrega <i>et al.</i> , 2010; Shanmuganathan <i>et al.</i> , 2016)
Keemiline oksüdatsioon	Parima võimaliku tehnoloogia aruande järgi kasutatakse enamasti veepuhustusjaamades (Jafarinejad, 2017).
Koagulatsioon	Elektrokoagulatsioon, koagulatsioon + nanofiltreerimine (Nazia <i>et al.</i> , 2021; Liu <i>et al.</i> , 2020; Ren <i>et al.</i> , 2019).
Membraanprotsessid	Pöördosmoos + aktiivsüsi, pöördosmoos pilsivee ja vanaõli käitlusel (Ozbey-Unal <i>et al.</i> , 2020).
Destillatsioon	Lahustite regenereerimine AS Epler ja Lorenzis (Epler&Lorenz, 2020)
Vanaõli rafineerimine	Vanaõli rafineerimine (Tecoil, 2021)

Üleval olevas tabelis välja toodud käitluslahendused on leitud erialasest kirjandusest, mida autor oskas seostada jäätmekäitlusega antud töö kontekstis. Käesolev töö ei kata kogu erialakirjandust, vaid toob välja allikates korduma kippuvad käitlusmeetodid. Seetõttu tuli kirjandusest leitud alternatiive kohandada nii, et need oleksid realselt rakendatavad ka Eesti kontekstis.

## 3.2. Ekspert hinnangu tulemused

Ekspert hinnangute tulemusel sai analüüsida täpsemaid käitluslahendusi lähtudes nii Eesti statistikast kui ekspertide töökogemusest. Leiti, et lähtuvalt materjaligruppidest jagunesid rakendatavad käitluslahendused neljaks: õli-, värvi-, muud kemikaali- ja lahustijäätmete käitlustehnoloogiad. Autor uuris intervjuude käigus ekspertide arvamusi kirjandusest leitud alternatiivide osas ning millised võivad olla alternatiivide rakendamisel raskused või muud piiravad aspektid ehk kriteeriumid. Saadud info põhjal sai autor reastada reaalselt rakendatavad alternatiivid (Tabel 5) ning hinnata neid. Allolevalt toob autor välja lähtuvalt jäätmete materjali gruppidest töös selgunud käitlusalternatiivid.

Tabel 5. Kohaldatud alternatiivide võrdlus.

<b>Õlijäätmed</b>
Regeneerimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga
<b>Värvijäätmed</b>
Koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga
Koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>
Koagulatsioon + filtratsioon
Keemiline oksüdatsioon
Stabiliseerimistiik
<b>Lahustijäätmed</b>
Destilleerimine

### **3.2.1. Õlijäätmete käitlusalternatiivid**

Õlijäätmete regenererimine rafineerimistehases omab suur eelist just kõrge ringlussevõtu protsendi tõttu. Hinnanguliselt on võimalik sellise töötlusmeetodiga puhastada kuni 95% vanaõli jäätmetest. Sarnaselt regenererimisele on ka pöördosmoosi teel töötlemine hea just kõrge ringlussevõtu protsendi tõttu. Peamised negatiivsed aspektid selle käitlustehnoloogia juures on tehnoloogiate kallidus ehk uue tehase loomine. Alternatiivina kaalusid eksperdid koostööd Euroopas olevate partneritega, mis tagab küll parima käitluslahenduse, kuid siinkohal tuleb arvestada ka transpordikuludega. Lisaks peab meeles pidama, et jäätmete ekspordi puhul tuleb taotleda Keskkonnametist eraldi luba, mis nõuab oma aja (kuni kuus kuud) ning on ka tasuline. Samuti on oluline teada täpselt käitluspartneri kvaliteedinõudeid ning töötada välja ühtne kvaliteedi kontrollimise protsess.

### **3.2.2. Värvijäätmete käitlusalternatiivid**

Antud töö kontekstis vaadeldakse eelkõige vesipõhiseid värve. Puhast värvi vedeljäätmetena tekib vähe, siis on tegemist kas praakpartiiga või mõne muu riknenud kaubaga, mis kasutusse ei kõlba. Enamasti jõuavad jäätmekäitlusesse värvijäägid juba kuivanud kujul.

Koagulatsioon kombineeritud ultrafiltratsiooniga, nanofiltratsiooniga või gammakiirgusega on tehniliselt suhteliselt lihtne ja mõõdukate kuludega tehnoloogia. Enne käitlustoiminguid on vajalik teada, milliseid aineid värvivesi täpsemalt sisaldab ning millisest tööstusest jäätmed tulevad. Näiteks puidutööstuses võivad olla probleemiks erinevad fungitsiidid, mis sisalduvad pinnakaitse vahendites ja mida on koaguleerimise teel tihti raske eraldada. Tehnoloogia plussideks on väike energiakulu ning suhteliselt suur ringlussevõtu protsent. Siinkohal tuleb märkida, et antud töö kontekstis vaadeldakse värviveest eraldatud vett, mis on kanalisatsioonikõlbulik samuti ringlusesse suunamisena. Edasised uuringud sobiks teha veest eraldatud värvimullale selles sisalduvate ainete väärindamise osas (näiteks Titaan(IV)oksiid  $\text{TiO}_2$ ).

### **3.2.3. Muude kemikaalijäätmete käitlusalternatiivid**

Muude kemikaalijäätmete puhul peetakse silmas jällegi vesipõhiseid jäätmeid, mis on tekkinud pesemise või tootmise käigus ja ei ole väga kontsentreeritud kemikaalid, kuna tegemist on kallil toorainega ning reeglina kasutatakse kõik võimalik juba tootmises ära. Hinnanguliselt võiks selliste jäätmete veesisaldus olla kuni 90%. Kangete kemikaalide käitlemise üheks võimaluseks on neutraliseerimine, kuid antud töö kontekstis käsitletakse pigem vesipõhiseid kemikaalijäätmeid, näiteks erinevad liinipesuveed, mis kanalisatsiooni suunamiseks ei sobi.

Ekspertide arvamusel on selliste jäätmete töötlemisel keerulised kohad ohtlike ainete sisaldus ning nende töötlemiseks valitavad koagulandid. Töötlemise hinda tõstab peamiselt jäätmete analüüs, kus alati ei ole selge, milliseid ohtlikke aineid proovis testida. Seetõttu on ka oluline teada jäätmete tekkeprotsessi – milliseid kemikaale kasutati, kas võib olla segunenud mõne muu ainega ning kuidas on jäätmed kogutud. Vesipõhiste jäätmete käitlemiseks sobib koaguleerimine, keemiline oksüdatsioon ning erinevad membraanprotsessid, mida on ka juba käsitletud töö teooria osas.

### **3.2.4. Lahustijäätmete käitlusalternatiivid**

Lahustijäätmete puhul on praktikas kaks peamist käitluslahendust – esiteks destilleerimine, teiseks põletamine. Seetõttu hindasidki eksperdid lahustite destilleerimist ainult vastu 0-alternatiivile. Eestis on lahustite destilleerimine laialdaselt levinud ning mõned ettevõtted teevad seda juba tootmise osana.

Jäätmekäitlusesse saadetakse enamasti sellised lahustid, mida enam ei sobi destilleerida, see tähendab, et on toimunud segunemine õhu, vee, teiste lahustite või mõne lahustunud ainega. Lahustite destilleerimise eeliseks on suur ringlussevõtu protsent ning materjali saab mitu korda taaskasutada. Pärast puhastamist on võimalik lahustit taaskasutada mööbli-, trüki- ja keemiatööstuses seadmete puhastamiseks.

### 3.3. Piiravad kriteeriumid

Piiravad kriteeriumid valis töö autor intervjuudest saadud info põhjal. Kokkuvõtvalt töid ekspertid intervjuude käigus välja kõige enam majanduslikke, rakendamise keerukusega seotud, keskkonna, tehnoloogia kättesaadavuse ning ringlussevõtuga seotud aspekte.

Majanduslike aspektide all mõeldi transpordiga seotud kulusid, tehnoloogia energia tarbimist, hinda ja muid sarnaseid piiravaid kriteeriume, mida saab enamasti rahas arvutada. Kahjuks ei olnud võimalik piiratud informatsiooni tõttu reaalseid maksumusi välja arvutada ning seetõttu palus töö autor ekspertidel anda ka majanduslikele kriteeriumitele hinnanguline väärtus 5-palli süsteemis.

Rakendamise keerukuse osas arutleti kanalisatsiooni vajalikkust käitluskohas, koagulantide kättesaadavust ning kasutamise keerukust. Samuti ka tehnoloogia keerukust ning Eesti kontekstis olevat uute tehnoloogiate kasutuse kogemust.

Keskkonnamõjude peamised piiravad kriteeriumid on energiavajadusega arvestamine – kas tehnoloogia kasutamine õigustab ennast ära, kui energia tarbimine suureneb ning ohtlike ainete edasine käitlus.

Üheks tähtsaks piiravaks kriteeriumiks toodi välja ka tehnoloogia kättesaadavust. Jäätmekäitluslahendused on riiklikul tasandil väga reguleeritud ning tehnoloogiate valikul peab arvestama nii kohalikke jäätmete koguseid kui ka parimat võimalikku tehnoloogiat. Näiteks uue põletusahju loomine Eesti territooriumile ei pruugi ennast õigustada, kuna puuduvad vastavad jäätmete mahud ning tekib küsimus, kuhu rakendada saadud energia.

Töö autor palus ekspertidel ühe kriteeriumina arvestada ka ringlussevõttu, mis on jäätmekäitlushierarhia mõttes oluline kriteerium. Jäätmete ringlussevõtt on reguleeritud ka EU õigusaktidega, mis kohustavad teadud protsendi ulatuses jäätmeid ringlusse võtta. Olmejäätmete puhul on see tase näiteks 2030. aastaks 60% ning aastaks 2035 tuleb olmejäätmeid ringlusesse võtta juba 65%. Ohtlikele jäätmetele eraldi sellist protsentuaalset määra pandud ei ole, kuid ohtlikud jäätmed kuuluvad ka olmejäätmete alla (nn kodumajapidamisest tulenevad ohtlikud jäätmed, alajaotus 20).

### 3.4. Ekspertide hinnangud alternatiividele SAW meetodil

SAW meetodi järgi alternatiivide hindamise järgmisteks etappideks tuli töö autoril koostada Microsoft Exceliga välja töötatud alternatiivide ja kriteeriumite maatriks tabel, mida hindasid 5-palli süsteemis kõik intervjuu andnud eksperdid (Lisa 2). Ekspertid andsid igale kriteeriumile protsentuaalse väärtuse vastavalt sellele, millist peeti kõige olulisemaks (Lisa 2). Protsentuaalne jaotus kokku pidi olema 100%. Seejärel viis läbi autor SAW arvutusmeetodi põhiselt läbi kõigepealt kriteeriumite väärtuste normaliseerimise vastavalt valemitele 6 ja 7, mille tulemuseks saadi normaliseeritud kriteeriumid, mis korrutati läbi kriteeriumi kaaludega ning koostati paremusjärjestus. Alljärgnevalt (Tabel 6) toob autor välja kaalutud ja normaliseeritud kriteeriumite tulemused ekspertide poolt.

Tabel 6. Ekspertide summeeritud hinnang alternatiividele SAW meetodil.

Õlijäätmed	Alar Saluste (Ai)	Matti Viisimaa (Ai)	Mari-Liis Ummik (Ai)	Allan Niidu (Ai)	Siim Pajus (Ai)	Koond (Ai)	Järjestus
0-alternatiiv	0,18	0	0,53	0,75	0	1,46	3
Regeneerimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	0,98	1	0,95	0,87	0	3,8	1
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	0,06	0,85	0,76	0,61	0	2,28	2
<b>Värvijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,16	0	0,43	0,75	0,44	1,78	3
Koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	0,89	0,96	0,88	0,85	0,95	4,53	1
Koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	0,84	1	0,5	0,67	0,98	3,99	2
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>							
0-alternatiiv	0,04	0	0,43	0,75	0,43	1,65	4
Koagulatsioon + filtratsioon	0,89	0,85	0,88	0,69	0,93	4,24	1
Keemiline oksüdatsioon	0,53	0,83	0,58	0,68	0,87	3,49	2
Stabiliseerimistiik	0,36	0,78	0,3	0,94	0,78	3,16	3
<b>Lahustijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,2	0	0,67	0,85	0,45	2,17	2
Destilleerimine	0,9	1	1	0,8	0,93	4,63	1



Õlijäätmete alternatiive ei soovinud hinnata Siim Pajus, kuna ei pidanud ennast selles teemas piisavalt pädevaks. Kõikide ekspertide hinnangud ning normaliseeritud tabelid on välja toodud Lisa 2.

Vanaõli käitluse puhul eelistasid eksperdid kõige enam regenereerimist, seejärel pöördosmoosi. Vanaõli termilist töötlemist pooldati kõige vähem, mille ebamõistlikkus kõlas ka mitmel korral intervjuude käigus.

Vesipõhiste värvijäätmete parimaks käitlusalternatiiviks osutus koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga. Seejärel eelistati koagulatsiooni kombineeritud gammakiirgusega. Värvijäätmete 0-alternatiiv on ekspertide hinnangul kõige ebamõistlikum.

Muude kemikaalijäätmete puhul on eksperdid arvamusel, et koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga on parim võimalik alternatiiv termilisele töötlemisele. Seejärel sobiksid koaguleerimine kombineeritud keemilise oksüdatsiooniga ning stabiliseerimistiigid ning kõige ebamõistlikum alternatiiv on 0-alternatiiv.

Lahustijäätmete käitlusel eelistati selgelt lahustite destilleerimist nende põletamisele energia saamise eesmärgil. Eksperdid võrdlesidki destilleerimist vastu 0-alternatiivile.

Ekspertarvamuste ning alternatiivanalüüsi põhjal eelistatakse ringlussevõttu termilisele töötlemisele iga materjali liigi puhul ning termiline töötlemine ei õigusta ennast tihti ära. Seda tõestavad ka ekspertide seatud kriteeriumite kaalud (Lisa 2), kus oli näha, et kõige enam peeti oluliseks ringlusse võttu ja kekskonnamõjusid. Ainult üks ekspert pidas majanduslikku mõju teistest kriteeriumitest olulisemaks. Kriteeriumite eelistuste osas kindlasti mõjutavad eksperte ka Euroopa Liidu regulatsioonid keskkonnamõjude (erinevad piirväärtused saasteallikatele) ja ringlussevõtu protsendi osas (kohustuslikud protsentuaalsed eesmärgid). Majanduslikku mõju on võimalik jäätmete käitlushindadega vähendada.

Autor leiab, et sarnaseid analüüse tuleks teha iga jäätmegrupi kohta eraldi, et oleks võimalik kaasata rohkem alternatiive ning võtta arvesse veel spetsiifilisemaid kriteeriumeid. Näiteks tuleks põhjalikumalt uurida värvimulla edasist väärimist või muude kemikaalijäätmete puhul veest eraldatud sademe käitluslahendusi.

Lahustijäätmete puhul saab samuti põhjalikumalt uurida maailmas olevaid praktikaid ning jäätmetest toote tegemise temaatikat, mis on samuti keeruline ning vähelevinud. Lahustite puhul on oluline punkt see, et nii kaua kui on tegemist jäätmetega, ei kohaldu ainetele ja toodetele õigusaktid, mis tähendab, et REACH-määruse alusel jäätmeid ei

registreerita. Ennem peab lakkama jäätmeõiguse kohaldume ja see sõltub jäätmeliigist ning jäätmeteks oleku lakkamise tingimuste olemasolust või kohaldatavusest, mida hindab Keskkonnaamet jäätmeäandmise menetluse käigus. Lahustite regenereerimine R2 toimingukoodi alusel tähendab ringlussevõttu, mille tulemusel tekib toode – uus lahusti või valmistatakse selle koodiga ette sisend jäätmekütuste valmistamiseks. Juhul, kui tegemist on tootega, kohalduvad kõik toodetega seotud nõuded. Ainetele kohaldub REACH-määrus. Regenereerimisprotsessi tulemusel saadud puhas lahusti kas tuleb registreerida REACH-määruse nõuete kohaselt või saab kasutada mõnda REACH-määrusega võimaldatud erandit (näiteks taaskasutusse võetud ainete registreerimisvabastust, kui sama aine on juba eelnevalt registreeritud) (REACH-määruse artikkel 2.(7)(d)).

Antud töö raames ei olnud võimalik ka arvutada konkreetsete tehnoloogiate tasuvusanalüüsi, kuna vajab põhjalikumat teavet hindade osas ning autor leiab, et see võiks olla tulevikus järgmiseks uurimustööks. Käesoleva töö tulemuseks ei saa seetõttu olla ka konkreetse detailse tehnoloogia soovitus ohtlike vedeljäätmete käitlemisel, vaid on ühe ekspertidest koosneva töögrupi hinnang. Kindla tehnoloogia valimisel tuleb arvestada põhjalikuma uurimusega, tuleb teha tasuvusanalüüs ning riskianalüüs. Üldiselt saab öelda, et nii kirjandusallikate kui ka ekspertarvamuste põhjal on üldine suund üha enam jäätmete muude käitlusviiside asemel pigem ringlussevõtt.

## KOKKUVÕTE

Jäätmete ringlussevõtt on üha tähtsam teema ka ohtlike jäätmete valdkonnas. Seoses pidevalt muutuvate jäätmete töötlemise võimalustega, tuleb üha enam leida paremaid ja uuemaid lahendusi. Käesoleva töö raames uuriti otsustusanalüüsi meetodiga, millised oleksid Eesti kontekstis parimad võimalikud alternatiivid ohtlike vedeljäätmete käitluseks. Töö käigus kaasati ka eksperdid, kes andsid selekteeritud alternatiividele oma hinnangu, mida autor sai SAW meetodi järgi analüüsida.

Analüüsides jäätmevaldkonda, tekkis esimene väljakutse autoril koheselt statistika kogumise osas. Käesoleva töö kontekstis oli keeruline mõista R-toiminguid, mis sisuliselt peaksid märkima üsna täpselt, kas tegemist on ringlussevõtuga või mitte, kuid praktikas see tihti nii ei ole. Kahjuks on aruannetest võimatu välja lugeda, mida mingi toimingu järel saadi.

Teiseks suureks murekohaks on jäätmekoodide ja materjalide sidusus. Jäätmekood ei märgi tihti ära, millise materjaliga või olekuga on tegemist. Seetõttu oli ka töö autoril keeruline jäätmekoodide lõikes materjale liigitada ning tuli teha omapoolne tõlgendus käesoleva töö kontekstis ning praktilistest teadmistest.

Kirjandusallikate ning ekspertide intervjuude käigus selgus, et ohtlike vedeljäätmete käitlemisel tuleks lähtuda eelkõige jäätmete keemilisest profiilist. Oluline on teada jäätmete tekkevaldkonda ning täpsemalt, milliseid aineid jäätmed sisaldavad. See on oluline õige jäätmekäitlusmeetodi valimisel. Samuti tuleb arvestada majanduslike, keskkonna alaste ning rakenduslike aspektidega. Otsustusanalüüsi meetodi SAW – analüüsi tulemusel selgus, et õlijäätmete käitlusel eelistatakse rafineerimistehast. Värv- ja muude kemikaalijäätmete töötlemisel leiti, et parim alternatiiv on koaguleerimine kombineeritud filtratsiooniga. Lahustijäätmete puhul võrreldi destilleerimist termilise töötlemisega ning eelistati esimest just tänu kõrge ringlussevõtu protsendi tõttu, kusjuures sama lahustit saab mitu korda puhastada.

Alternatiivide järjestus ekspertide poolt näitab selgelt, et termiline töötlemine on ekspertide arvates kõige kehvem valik ohtlike vedeljäätmete käitluseks. Kõige olulisemad kriteeriumid tehnoloogia valikul on keskkonnamõju ning ringlussevõtu protsent. See näitab, et Eesti jäätmekäitlusettevõtted peaksid rohkem uusi tehnoloogiaid kasutusse võtma ning jäätmeid ringlusse suunama nende termilise töötlemise asemel.

## SUMMARY

Waste recycling is an increasingly important issue in the field of hazardous waste. With ever-changing waste treatment options, better and newer solutions are increasingly needed. In the framework of this work, the best possible alternatives for the management of hazardous liquid waste in the Estonian context were investigated using the Multiple-criteria decision-making (MCDM) method. In the course of the work, experts were also involved, who gave their assessment of the selected alternatives, which the author could analyze according to the SAW method.

Analyzing the field of waste management, the first challenge was to collect statistics. In the context of the present work, it was difficult to understand R-operations, which in essence should indicate quite precisely whether it is recycling or not, but in practice this is often not the case. Unfortunately, it is impossible to read from the reports what was obtained after an operation.

Another major concern is the coherence of waste codes and materials. The waste code often does not indicate the material or condition. Therefore, it was also difficult for the author of the work to classify materials by waste codes and had to make his own interpretation in the context of the present work and from practical knowledge.

In the course of reviewing the literature and from the interviews with the expert, it became clear that the chemical profile of waste should be used primarily in the management of hazardous liquid waste. It is important to know the source of waste generation and, more precisely, which substances the waste contains. This is important in choosing the right waste management method. Economic, environmental and operational aspects must also be taken into account. The SAW analysis of the decision-making method showed that a refinery is preferred for the treatment of waste oils. When treating paint and other chemical wastes, coagulation with combined filtration was supposed to be the best alternative. In the case of solvent wastes, distillation was compared to thermal treatment, and the former was preferred precisely because of the high recycling rate.

The ranking of alternatives by experts clearly shows that thermal treatment is considered by experts to be the least preferred option for the treatment of hazardous liquid waste. The most important criteria for choosing a technology are environmental impact and percentage of recycling. This shows that Estonian waste management companies should use new technologies and recycle waste instead of heat treatment.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- Aidla, K., Juhhov, D., Pokasaar, M., Toim, M., Turovski, M. 2012. ARS probleemistiku ÜRO komisjoni otsustusanalüütiline projekt.
- Alves, M., Lima, G., Araujo, A., Silva, F., Pereira, E. 2020. Monte Carlo simulation in the evaluation of failure probability in waste stabilization ponds. *Journal of Water Process Engineering* 38 (2020) 101658.
- Bhagtani, N. 2008. A Better tool for environmental decision making: Comparing MCDA with CBA. [WWW] <https://www.uea.ac.uk/documents/541248/10785337/Bhagtani+Neha.pdf/69f6e470-31b8-42d0-99db-6f309bf4d5a0> (12.03.2021).
- Burinskiene, M., Jakimavicius, M. 2017. A Multiple Criteria Evaluation of a New Streets Development Projects in Vilnius City. „Environmental Engineering”
- Edokpayi, J., Odiyo, J., Popoola, O., Msagati, T. 2021. Evaluation of contaminants removal by waste stabilization ponds: A case study of Siloam WSPs in Vhembe District, South Africa. *Heliyon* 7 (2021) e06207.
- Emadian, S. M., Hosseini, M., Rahimnejad, M., Shahavi, M. H., Khoshandam, B. 2015. Treatment of a low-strength bilge water of Caspian Sea ships by HUASB technique. *Ecological Engineering* Volume 82, September 2015, Pages 272-275.
- Garg, K., Prasad, B., Srivastava, V. 2014. Comparative study of industrial and laboratory prepared purified terephthalic acid (PTA) waste water with electro-coagulation process. *Separation and Purification Technology* 128 (2014) 80–88.
- Geankoplis, C. *Transport Processes and Separation Process Principles*. New Jersey. 2004.
- Jafarinejad, S. *Petroleum Waste Treatment and Pollution Control*. Butterworth-Heinemann. 2017.
- Jats. Jäätmearuanded. [WWW] <https://jats.keskkonnainfo.ee/main.php?public=1> (12.07.2020)
- Jäätmeseadus. *Riigi Teataja* I, 9, 52. 2004.
- Jäätmeseaduse ja pakendiseaduse muutmise seadus. 190 SE I. Keskkonnakomisjon. 2020.
- Jäätmete liigitamise kord ja jäätmenimistu. *Riigi Teataja* I, 14. 2015.
- Jäätmete taaskasutamise- ja kõrvaldamistoimingute nimistu. *Riigi Teataja*. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/114122011004?leiaKehtiv> (19.05.2021).

- Kadapa, V. 2020. Performance Measurement in Retail Industry by Using A MultiCriteria DecisionMaking Methods [WWW] <https://www.youtube.com/watch?v=8ICvMMeGCik> (12.07.2020).
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K., & Trinkunas, V. 2007. A multiple criteria decision support on-line system for construction. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*.
- Koczka, K., Mizswy, P. 2009. New area for distillation: Wastewater treatment. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering* DOI: 10.3311/pp.ch.2010-1.06.
- Komisjoni määrus (Komisjoni määrus (EL) nr 1357/2014)
- Komisjoni teatis jäätmete liigitamise tehnilise juhendi kohta (2018/C 124/01)
- Kriipsalu, M., Maastik, A., Truu, J. Jäätmekäitlus ja pinnase tervendamine. Tallinn. 2016.
- Kukk, N. 2015. Vanaõli käitlusviisid Eestis (AS-i Epler & Lorenz näitel) ja teistes riikides. Tartu.
- Kuus, I. Põlevkiviõli rafineerimistehas tuleb Sillamäele või Auverre [WWW] <https://www.err.ee/965972/polevkivioli-rafineerimistehas-tuleb-sillamaele-voi-auverre> (12.07.2020).
- Lagrega, M., Buckingham, P., Evans, J. Hazardous Waste Management. Second edition. McGraw-Hill International Editions. Civil Engineer Series. Singapore. 2010.
- Letcher, T., Vallero, D. Waste: A handbook for Management. Second Edition. Academic Press. United Kingdom. United States. 2019.
- Li, X., Zhai, J., Li, H., Gao, X. 2019. An integration recycling process for cascade utilization of waste engine oil by distillation and microwave-assisted pyrolysis. *Fuel Processing Technology* 199 (2020) 106245.
- Liu, Y., Wang, J. 2020. Treatment of fresh leachate from a municipal solid waste incineration plant by combined radiation with coagulation process. *Radiation Physics and Chemistry* 166 (2020) 108501.
- Macnow, M., Flagge, E. Organic Chemistry Review. New York. 2019.
- Mollenhauer, K., Tschöke, H. (2010) Handbook of Diesel Engines. Berlin. Springer.
- Nazia, S., Sahu, N., Jegatheesan, V., Bhargava, S., Sridhar, S. 2021. Integration of ultrafiltration membrane process with chemical coagulation for proficient treatment of old industrial landfill leachate. *Chemical Engineering Journal* 412 (2021) 128598.
- Ozbey-Unal, B., Omwene, P., Yagcioglu, M., Balcik-Canbolat, C., Karagunduz, A., Keskinler, B., Dizge, N. 2020. Treatment of organized industrial zone wastewater by microfiltration/ reverse osmosis membrane process for water recovery: From lab to pilot scale. *Journal of Water Process Engineering* 38 (2020) 101646.

- OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Veekeskkonnale ohtlike ainete allikate inventuur, lõpparuanne. Keskkonnaministeerium. Tallinn. 2018.
- Pinasseau, A., Zerger, B., Roth, J., Canova, M., Roudier, S. 2018. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment. European Commission.
- Rajaram, V., Siddiqui, F., Agrawal, S. Khan, M. Solid and Liquid Waste Management: Waste to Wealth. PHI Learning Private Limited. Delhi. 2016.
- REACH määrus. Jäätmete ja taaskasutusse võetud ainete juhend. [WWW] [https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/waste\\_recovered\\_et.pdf/fce35cb3-a885-46db-b827-8e89791cb51c](https://echa.europa.eu/documents/10162/23036412/waste_recovered_et.pdf/fce35cb3-a885-46db-b827-8e89791cb51c) (20.05.2021).
- Ren, X., Xu, X., Xiao, Y., Chen, W., Song, K. 2019. Effective removal by coagulation of contaminants in concentrated leachate from municipal solid waste incineration power plants. *Science of the Total Environment* 685 (2019) 392–400.
- Sahinkaya, E., Tuncman, S., Koc, I., Guner, A., Cifici, A., Aygun, A., Sengul, S. 2019. Performance of a pilot-scale reverse osmosis process for water recovery from biologically-treated textile wastewater. *Journal of Environmental Management* 249 (2019) 109382.
- Shanmuganathan, S., Johir, M., Listowski, A., Vigneswaran, S., Kandasmy, J. 2016. Sustainable Processes for Treatment of Waste Water Reverse Osmosis Concentrate to achieve Zero Waste Discharge: A Detailed Study in Water Reclamation Plant. *Procedia Environmental Sciences* 35 ( 2016 ) 930 – 937.
- Tenno, T., Rist, D., Kivirüütli, A. OÜ aqua consult baltic. Tööstusreovee käitlemise juhend. Tartu. 2020.
- Uri, U. Vaivara ohtlike jäätmete käitluskeskuse keskkonnakompleksloa keskkonnakompleksloa nr L.KKL.IV- nr L.KKL.IV-29520 muutmise taotlus 29520 muutmise taotlus. KESKKONNAMÕJU HINDAMISE PROGRAMM PROGRAMM. Tartu. 2017. [WWW] [http://www.vaivara.ee/img/image/failid/keskkond---j%C3%A4%C3%A4tmete-kogumine,-kogumiskohad/Vaivara\\_OJKK\\_keskkonnakompleksloa\\_muutmise\\_taotluse\\_KMH\\_programm.pdf](http://www.vaivara.ee/img/image/failid/keskkond---j%C3%A4%C3%A4tmete-kogumine,-kogumiskohad/Vaivara_OJKK_keskkonnakompleksloa_muutmise_taotluse_KMH_programm.pdf) (12.02.2021).
- Veeseadus. Riigi Teataja. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/110122020036?leiaKehtiv> (19.05.2021).
- Widodo, S., Khoiruddin, K., Ariono, D., Subagjo, S., Wenten, G. 2020. Re-refining of waste engine oil using ultrafiltration membraane. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 8 (2020) 103789.

# LISAD

## Lisa 1 – Ohtlike vedeljäätmete statistika jäätmeliigiti

Legend	
Õlijäätmed	
Kemikaal	
Värv	
Lahustid	
Energia	R1, R12s, R12p, R12x, R12y
Ringlus	R2, R3, R5, R9, R12o
Muu	Kõrvaldam ine, Ladestami ne, Määramat a



Aasta	Jäätmekood	Alg	Koguteke	Import	R1	R2	R3	R5	R9	R12s	R12p	R12o	R12x	R12y	Kõrvaldatu	Ladestati	Määrati	Lõpp	
2016	05 01 12*	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54
2016	12 01 06*	1,22	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
2016	12 01 07*	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	12 01 09*	61,48	30,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,77	0,00	0,00	0,00	44,00	29,51	
2016	13 01 10*	2,22	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,92
2016	13 01 11*	9,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,59
2016	13 01 13*	3,74	70,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,64	0,00	42,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	20,44
2016	13 02 04*	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
2016	13 02 05*	139,18	263,26	0,00	0,00	24,56	0,00	0,00	0,00	0,00	52,89	0,00	136,79	0,00	0,30	0,00	1,60	40,77	
2016	13 02 06*	475,08	687,72	0,00	295,41	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	314,51	0,00	51,00	0,00	0,00	0,00	1,34	499,94	
2016	13 02 08*	959,42	1859,89	0,00	51,24	0,00	0,00	0,00	0,12	344,03	686,43	0,00	195,68	312,09	0,00	0,00	2,51	1227,21	
2016	13 03 01*	0,20	6,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,95	0,00	0,00	0,20	
2016	13 03 06*	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	
2016	13 03 07*	92,90	47,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,98	0,00	37,61	0,00	0,00	0,00	0,00	50,10	
2016	13 03 10*	305,01	59,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,40	0,00	182,09	0,00	0,00	0,00	0,00	70,92	
2016	13 04 01*	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2016	13 04 02*	305,46	25413,83	312,00	0,00	8278,65	0,00	0,00	0,00	36,20	395,68	0,00	38,89	0,00	16490,38	0,00	6,50	789,00	
2016	13 05 01*	35,90	17,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	33,91	0,00	0,00	0,00	0,00	18,47	
2016	13 05 02*	108,08	94,00	0,00	0,00	64,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,51	1,00	13,02	0,00	0,00	106,55	
2016	13 05 06*	3,13	245,10	456,00	0,00	479,66	0,00	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	195,80	0,00	0,00	27,47	
2016	13 05 07*	371,69	1158,65	362,82	0,00	478,41	0,00	0,00	0,00	6,54	0,00	101,85	189,42	8,02	529,37	0,00	39,76	539,81	
2016	13 05 08*	35,61	99,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,90	0,00	0,00	0,00	0,00	64,71	
2016	13 07 01*	1,61	21,93	0,00	0,00	19,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	
2016	13 07 02*	1,90	1,45	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,40	2,00	
2016	13 07 03*	54,21	168,23	914,91	0,00	938,13	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	71,01	0,00	125,44	0,00	0,00	2,25	
2016	13 08 02*	123,62	138,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,20	0,00	106,76	1,22	0,00	95,42	0,00	0,00	30,90	
2016	13 08 99*	43,73	3082,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,32	0,00	5,58	0,00	3071,62	0,00	0,00	4,72	
2016	16 07 08*	4609,27	64133,80	0,00	1402,13	26437,66	0,00	0,00	0,00	0,00	14366,62	482,00	590,37	147,01	21901,57	0,00	0,10	3415,62	
2016	20 01 26*	26,40	38,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,61	0,00	0,00	0,00	0,00	25,92	
2017	05 01 12*	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	
2017	12 01 06*	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	
2017	12 01 07*	0,00	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2017	12 01 09*	29,51	19,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,07	0,00	0,00	0,00	0,00	19,49	
2017	13 01 05*	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2017	13 01 10*	5,92	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34	
2017	13 01 11*	9,59	32,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,50	
2017	13 01 13*	20,44	128,53	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	147,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	
2017	13 02 04*	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	
2017	13 02 05*	40,60	207,24	0,00	34,62	0,00	1,87	0,00	0,00	0,00	36,38	0,00	79,00	0,00	0,00	0,00	7,07	88,90	
2017	13 02 06*	496,92	611,06	0,00	405,01	0,00	0,00	0,00	4,40	0,00	180,25	0,00	34,30	0,00	0,00	0,00	1,84	482,18	
2017	13 02 08*	1227,06	1795,39	0,00	370,56	0,00	0,90	0,00	0,00	165,71	206,97	0,00	388,02	330,12	0,00	0,00	2,13	1558,03	
2017	13 03 01*	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	
2017	13 03 06*	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	
2017	13 03 07*	50,10	44,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,00	0,00	50,92	
2017	13 03 08*	0,00	26,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,70	
2017	13 03 10*	70,92	65,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,33	0,00	20,40	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	102,84	
2017	13 04 01*	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2017	13 04 02*	789,00	15989,84	0,00	0,00	10459,48	0,00	0,00	0,00	2,56	5560,93	0,00	7,20	0,00	0,00	0,00	2,00	746,67	
2017	13 05 01*	18,47	6,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,71	19,02	
2017	13 05 02*	106,55	231,13	0,00	0,00	58,00	0,00	0,00	0,00	0,00	102,82	8,30	27,73	4,00	0,00	0,00	5,20	131,64	
2017	13 05 06*	42,67	778,43	386,00	0,00	535,22	0,00	0,00	0,00	0,80	157,74	0,00	0,20	55,00	0,00	0,00	0,00	458,13	
2017	13 05 07*	539,81	693,56	168,00	0,00	196,80	0,00	0,00	0,00	0,00	606,07	90,15	168,97	55,00	0,00	0,00	30,00	254,38	
2017	13 05 08*	64,71	84,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2017	13 07 01*	1,79	35,08	0,00	0,00	30,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,19	
2017	13 07 02*	2,00	8,86	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	9,04	
2017	13 07 03*	2,25	226,73	2311,66	85,62	2375,26	0,00	0,00	0,00	0,00	44,00	0,00	32,84	1,50	0,00	0,00	0,00	1,42	
2017	13 08 02*	30,90	416,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	234,96	125,58	15,98	12,00	0,00	0,00	0,00	58,58	
2017	13 08 99*	4,72	2936,79	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2817,79	70,26	26,59	4,85	0,00	0,00	0,00	11,02	
2017	16 07 08*	3415,62	84683,92	0,00	405,20	35256,11	0,00	0,00	0,00	64,79	46175,88	84,51	288,19	4,87	0,00	0,00	332,07	5487,41	
2017	20 01 26*	25,92	40,86	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	3,89	0,00	0,51	51,40	0,16	0,00	0,00	0,00	10,38	
2018	12 01 06*	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	
2018	12 01 07*	0,00	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018	12 01 08*	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018	12 01 09*	19,49	37,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,02	0,00	0,00	0,00	0,00	24,90	
2018	13 01 10*	1,34	5,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	
2018	13 01 11*	19,50																	

2018 16 07 08*	5487,41	85433,28	101,30	232,08	0,00	38888,24	294,13	0,00	35,46	44310,48	179,87	328,45	8,48	0,00	0,00	179,24	6565,56
2018 20 01 26*	10,38	42,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,06	0,00	0,00	34,44	0,00	0,00	0,00	0,00	17,43
2019 12 01 06*	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
2019 12 01 07*	0,00	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 12 01 09*	24,90	18,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,65	0,00	0,00	0,00	0,00	18,18
2019 13 01 10*	4,80	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 13 01 11*	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
2019 13 01 12*	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
2019 13 01 13*	74,89	73,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,87	0,00	0,00	0,00	92,63	0,00	0,00	0,00	0,00	49,35
2019 13 02 05*	54,32	99,01	0,00	5,40	0,00	0,06	0,00	0,00	2,60	0,04	0,00	69,05	0,00	0,00	0,00	0,00	76,19
2019 13 02 06*	603,65	672,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,25	1,03	410,64	0,00	424,73	0,00	0,00	0,00	1,07	426,06
2019 13 02 07*	0,00	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,57
2019 13 02 08*	1883,05	2190,05	126,66	139,14	0,00	0,00	0,00	82,32	253,07	316,16	0,00	1276,38	339,57	0,00	0,00	168,39	1624,73
2019 13 03 01*	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,12
2019 13 03 06*	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
2019 13 03 07*	9,68	29,63	0,00	33,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00	4,28
2019 13 03 08*	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,80
2019 13 03 10*	98,15	50,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	74,10	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	72,83
2019 13 04 02*	1670,54	12316,40	440,30	0,00	0,00	10596,75	0,00	0,00	0,00	2119,80	0,00	30,12	0,60	0,00	0,00	24,55	1655,42
2019 13 04 03*	0,00	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 13 05 01*	16,28	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	6,20	0,00	0,00	0,00	1,28
2019 13 05 02*	54,15	229,28	0,00	0,00	0,00	25,85	85,64	1,83	0,00	79,22	0,00	20,20	67,41	0,00	0,00	0,00	3,28
2019 13 05 03*	0,00	7,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 13 05 06*	834,73	856,52	1163,82	0,00	0,00	500,00	397,72	0,00	0,00	129,70	1,52	355,54	18,90	0,00	0,00	180,00	1271,69
2019 13 05 07*	232,88	1931,32	6,70	0,00	0,00	195,40	42,25	0,00	0,00	1282,80	153,92	247,97	6,16	0,00	0,00	0,00	242,41
2019 13 05 08*	100,42	98,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	199,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
2019 13 07 01*	1,35	11,70	0,00	0,00	0,00	8,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43
2019 13 07 02*	1,03	1,87	0,00	0,00	0,00	1,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	1,42
2019 13 07 03*	21,70	541,53	18,28	0,00	0,00	526,30	0,00	0,00	0,00	6,30	0,00	33,03	0,00	0,00	0,00	0,00	15,87
2019 13 08 02*	56,96	239,12	0,00	0,00	0,00	2,53	0,00	0,00	0,00	0,00	174,93	80,39	0,27	0,00	0,00	0,00	37,95
2019 13 08 99*	0,06	3595,58	0,00	0,00	0,00	13,50	0,00	0,00	0,00	3565,93	13,54	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 16 07 08*	6528,08	94883,76	87,71	362,26	0,00	50773,71	384,38	0,00	71,62	42884,25	409,24	966,12	0,99	0,00	0,00	54,71	5592,27
2019 20 01 26*	17,28	52,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,89	0,00	0,00	55,64	0,00	0,00	0,00	0,02	6,36
2016 02 01 08*	11,02	20,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,43	0,00	0,00	0,00	0,00	11,02
2016 03 02 04*	4,70	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,90
2016 03 02 05*	0,07	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
2016 06 01 01*	0,16	1721,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1721,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
2016 06 01 02*	0,70	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,72
2016 06 01 06*	1,17	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,76
2016 07 01 01*	37,21	11,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,31
2016 07 01 03*	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016 07 01 04*	55,36	270,81	0,00	53,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	187,04	0,00	0,00	0,00	33,10	52,84
2016 07 02 01*	0,00	28,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,21	0,00	0,00	0,00	0,00	7,08
2016 07 02 03*	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00
2016 07 02 04*	0,95	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99
2016 07 03 08*	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
2016 07 04 01*	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016 07 06 01*	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016 07 07 03*	50,07	0,00	42,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	42,45	0,00	0,00	0,00	0,00	50,47
2016 07 07 04*	20,87	19,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	20,44	0,00	0,00	0,00	0,00	19,61
2016 08 01 11*	1607,33	1727,49	84,53	485,86	2,00	0,00	0,00	0,00	503,48	0,00	0,00	783,98	3,03	0,00	73,98	0,00	1567,03
2016 08 01 19*	57,08	92,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,50	0,00	0,00	54,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84,92
2016 08 03 12*	91,74	255,37	0,00	0,00	103,50	0,00	0,00	8,12	0,00	104,43	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	130,79
2016 08 04 09*	11,55	73,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60	0,00	0,00	64,67	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	15,63
2016 08 04 11*	198,01	355,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	207,20	0,00	0,00	0,00	0,00	346,58
2016 08 04 13*	19,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,09
2016 08 04 15*	0,00	38,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016 09 01 01*	1,21	20,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21
2016 09 01 02*	23,45	10,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,66
2016 09 01 03*	4,35	76,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,61	0,00	0,00	0,00	0,00	10,85
2016 09 01 04*	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81
2016 09 01 05*	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47
2016 09 01 06*	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016 11 01 05*	634,03	310,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	904,54
2016 11 01 06*	817,12	-0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	816,79
2016 11 01 07*	47,25	22,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,45
2016 11 01 11*	110,34	96,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,94	0,00	0,00	0,00	0,00	199,61
2016 11 01 16*	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54
2016 14 06 02*	9,99	8,67	0,00	0,00</													

2017 06 01 01*	0,16	2374,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2374,28	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,03	0,48
2017 06 01 02*	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,02
2017 06 01 06*	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	1,40
2017 07 01 01*	48,31	9,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	0,00	1,14	20,70	0,00	0,00	0,00	0,00	29,61
2017 07 01 03*	0,00	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 07 01 04*	52,84	251,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,25	0,00	0,00	257,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	41,68
2017 07 02 01*	7,08	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 07 02 03*	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 07 02 04*	2,28	6,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	6,94
2017 07 03 04*	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
2017 07 03 08*	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 07 05 01*	0,00	5,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 07 06 03*	0,00	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 07 07 03*	50,47	44,82	49,61	44,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,61
2017 07 07 04*	19,61	33,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,77
2017 08 01 11*	1566,73	1963,36	42,54	132,10	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2048,06	158,03	0,00	142,19	0,50	1089,64		
2017 08 01 19*	84,92	104,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,20
2017 08 03 12*	130,70	345,49	0,00	0,00	214,60	0,00	0,00	0,00	76,82	0,00	93,36	14,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,76
2017 08 04 09*	15,63	123,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	60,52	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,83
2017 08 04 11*	346,58	299,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	63,84	0,00	0,00	334,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	248,12
2017 08 04 13*	19,09	62,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,34	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,09	0,00
2017 08 04 15*	0,00	41,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,96	0,00	0,00	3,04	0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	0,00
2017 09 01 01*	1,21	66,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,29	0,00	0,00	0,00	1,21	25,73		
2017 09 01 02*	33,66	9,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,92	0,00	0,00	0,00	27,46	9,41		
2017 09 01 03*	10,85	56,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,67	0,00	29,39	0,00	0,00	0,00	4,62	27,65		
2017 09 01 04*	0,81	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	0,81		
2017 09 01 05*	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 09 01 06*	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2017 11 01 05*	904,54	353,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	284,42	0,00	83,27	889,87		
2017 11 01 06*	816,79	233,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	418,77	0,00	12,43	619,23		
2017 11 01 07*	69,45	18,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	9,41	77,89		
2017 11 01 11*	199,61	45,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	83,62	0,00	0,00	155,54		
2017 11 01 16*	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54
2017 14 06 02*	13,23	6,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	
2017 14 06 03*	94,65	888,87	0,00	0,00	812,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,08	
2017 14 06 04*	0,39	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
2017 16 01 14*	77,36	74,01	0,00	0,00	0,00	0,73	0,08	0,00	0,00	0,00	80,59	0,00	0,00	0,00	2,37	67,62		
2017 16 05 06*	22,00	39,81	9,95	36,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,52	0,00	1,03	0,00	3,43	24,19		
2017 16 05 07*	1,38	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	1,38	0,02		
2017 16 05 08*	21,45	10,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,87	0,00	0,06	0,00	7,10	4,25		
2017 18 01 06*	19,40	37,38	7,09	22,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1,11	0,00	1,85	0,00	0,00	0,00	12,37	26,36		
2017 20 01 13*	90,82	17,23	87,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,37	0,32	0,00	0,00	1,99	186,66		
2017 20 01 14*	20,24	6,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	20,48		
2017 20 01 15*	7,76	0,64	0,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,21	2,07		

2017 20 01 17*	33,10	0,97	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	33,30		
2017 20 01 19*	20,59	15,28	0,00	14,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	5,81	15,32			
2017 20 01 27*	1034,63	1112,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	159,59	0,00	0,00	903,29	60,00	0,00	31,95	992,63			
2017 20 01 29*	116,26	58,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,08	0,00	0,00	0,00	0,32	158,12			
2018 02 01 08*	18,97	208,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	63,28	0,00	0,00	5,00	158,57				
2018 03 02 04*	5,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	4,19			
2018 03 02 05*	0,15	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
2018 06 01 01*	0,48	3327,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3327,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51		
2018 06 01 02*	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02		
2018 06 01 06*	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40		
2018 07 01 01*	29,61	10,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,87	0,00	0,00	0,00	0,00	12,93			
2018 07 01 03*	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018 07 01 04*	41,68	315,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,89	0,50	0,00	0,00	0,00	203,20			
2018 07 02 01*	0,00	18,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,20	0,00	0,00	0,00	0,00	6,91			
2018 07 02 04*	6,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,44	0,50			
2018 07 03 04*	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09			
2018 07 04 04*	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018 07 06 01*	0,00	14,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018 07 06 03*	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018 07 07 01*	0,00	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018 07 07 03*	49,61	0,00	200,72	164,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	85,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2018 07 07 04*	19,77	133,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	76,84	0,00	0,00	0,00	0,07	76,10			
2018 08 01 11*	1089,44	2085,28	19,78	100,60	3,09	0,00	0,00	44,16	94,53	1080,42	0,00	0,00	298,23	7,58	1565,90				
2018 08 01 19*</																			



2018 16 05 07*	0,02	23,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,35	0,00	0,02	0,00	0,00	18,20
2018 16 05 08*	4,25	5,76	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,50	0,00	1,76	0,00	0,00	2,40
2018 18 01 06*	26,36	33,44	2,23	20,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	8,02	19,26	0,00	0,00	0,00	14,21
2018 20 01 13*	186,66	6,52	141,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	309,30	14,66	0,00	0,00	0,00	0,00	9,98
2018 20 01 14*	20,48	6,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	11,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,13
2018 20 01 15*	2,07	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,68
2018 20 01 17*	33,30	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,23	13,70	0,00	0,00	0,00	0,00	19,51
2018 20 01 19*	15,32	11,75	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	0,00	6,99	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	18,44
2018 20 01 27*	992,67	1024,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	269,26	0,00	0,98	1071,79	0,00	0,00	0,00	0,00	10,05	665,15
2018 20 01 29*	158,12	55,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	0,00	24,85	82,59	0,00	0,00	22,00	69,58	
2019 02 01 08*	158,22	29,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	3,24	119,99	7,27	0,00	0,00	0,00	55,86	
2019 03 02 04*	4,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,19
2019 03 02 05*	0,00	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
2019 06 01 01*	0,51	2771,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2771,65	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
2019 06 01 02*	0,02	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 06 01 06*	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 07 01 01*	12,93	11,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,86	7,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
2019 07 01 03*	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
2019 07 01 04*	203,20	405,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	341,65	12,16	0,00	0,00	0,00	0,00	255,04
2019 07 02 01*	6,91	11,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,71
2019 07 02 04*	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
2019 07 03 04*	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 07 04 01*	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
2019 07 04 04*	0,00	4,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,29
2019 07 05 01*	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 07 06 01*	0,00	18,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 07 06 03*	0,00	0,44	40,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,83
2019 07 07 03*	0,00	0,00	73,34	73,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2019 07 07 04*	76,10	45,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	83,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,18
2019 08 01 11*	1564,43	2602,80	89,40	65,78	2,76	0,00	0,00	0,00	32,74	0,00	50,70	1344,92	313,44	0,00	1075,36	38,03	1332,90	
2019 08 01 19*	59,97	103,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	97,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	66,31
2019 08 03 12*	95,31	256,22	0,00	0,00	129,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	120,66	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	99,32
2019 08 04 09*	27,22	167,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	104,10	13,59	0,00	0,00	23,27	53,64	
2019 08 04 11*	266,09	115,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,81	0,00	0,00	6,04	0,00	0,00	0,00	0,00	365,72	
2019 08 04 13*	177,52	294,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,78	17,58	0,00	0,00	0,00	410,06	
2019 08 04 15*	45,66	228,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,65	0,00	0,00	0,00	0,00	230,30	
2019 09 01 01*	62,62	68,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00	17,00	0,00	0,00	103,30	
2019 09 01 02*	19,00	9,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,77	0,00	0,00	0,00	0,00	5,18	
2019 09 01 03*	2,37	74,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,79	0,00	0,00	22,70	50,28	
2019 09 01 04*	0,82	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,40	
2019 09 01 06*	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	
2019 11 01 05*	242,67	212,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	453,17	0,00	0,00	1,54	
2019 11 01 06*	374,21	289,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	551,21	0,00	0,00	112,14	
2019 11 01 07*	92,95	12,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	87,62	0,00	0,00	17,59	
2019 11 01 11*	0,00	5,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,35	
2019 11 01 16*	1,08	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	1,08	0,00	0,00	
2019 14 06 02*	1,47	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,99	0,27	0,00	0,00	0,00	0,43	
2019 14 06 03*	154,05	166,20	0,00	0,00	5,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	228,28	11,66	0,00	0,00	0,00	75,00	
2019 14 06 04*	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
2019 16 01 14*	56,52	176,93	0,00	0,00	0,00	0,70	0,07	0,00	0,88	0,00	0,00	47,85	10,99	0,00	0,00	0,00	172,96	
2019 16 05 06*	73,34	106,88	4,62	40,65	0,00	0,00	0,00	0,00	16,37	0,00	0,00	16,85	0,22	1,51	0,00	1,14	108,09	
2019 16 05 07*	18,21	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,02	0,00	0,00	14,00	0,00	1,92	0,00	0,00	3,06	
2019 16 05 08*	2,40	9,19	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	4,61	0,00	2,05	0,00	0,00	4,20	
2019 18 01 06*	14,21	38,51	5,94	54,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	2,41	0,00	0,00	0,25	0,30	
2019 20 01 13*	9,98	7,12	180,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,41	0,00	0,00	183,76	0,00	0,00	0,00	0,00	9,73	
2019 20 01 14*	12,13	7,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	9,47	0,00	1,59	0,00	0,23	7,92	
2019 20 01 15*	2,68	2,36	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,71	
2019 20 01 17*	19,51	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	19,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	
2019 20 01 19*	18,44	20,76	0,00	11,72	0,00	0,00	0,00	0,00	1,29	0,00	0,00	5,75	0,00	0,14	0,00	0,00	20,30	
2019 20 01 27*	662,02	1311,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	641,47	0,00	0,00	702,31	0,00	0,00	0,04	2,13	627,39	
2019 20 01 29*	69,58	34,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,86	0,00	0,00	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	74,80	

## Lisa 2. Ekspertide hinnang alternatiividele SAW meetodil

Alar Saluste, hinnang	Majanduslik	Rakendamise keerukus	Keskonnamõju	Tehnoloogia kättesaadavus	Ringlussevõtu protsent
<b>Õlijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	1	5	1	0
Regeneerimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	2	1	3	1	5
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	5	5	5	5	0
max/min value	1	1	3	1	5
<b>Värvijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	1	5	1	0
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	4	5	1	3	5
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	5	5	5	5	5
max/min value	1	1	1	1	5
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>					
0-alternatiiv	5	5	5	5	0
Koagulatsioon + filtratsioon	2	3	2	2	5
Keemiline oksüdatsioon	4	4	4	4	3
Stabiliseerimistiik	1	1	1	1	1
max/min value	1	1	1	1	5
<b>Lahustijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	1	1	1	0
Destilleerimine	5	2	1	3	5
max/min value	1	1	1	1	5

Alar Saluste, kaalutud	Majanduslik	Rakendamise keerukus	Keskonnamõju	Tehnoloogia kättesaadavus	Ringlussevõtu protsent	Skoor (Ai)	Järjestus
Kriteeriumi olulisus (W)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,80		
<b>Õlijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,05	0,05	0,03	0,05	0,00	0,18	2
Regeneerimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	0,03	0,05	0,05	0,05	0,80	0,98	1
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,06	3
<b>Värvijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,05	0,05	0,01	0,05	0,00	0,16	3
Koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	0,01	0,01	0,05	0,02	0,80	0,89	1
Koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	0,01	0,01	0,01	0,01	0,80	0,84	2
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>							
0-alternatiiv	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	4
Koagulatsioon + filtratsioon	0,03	0,02	0,03	0,03	0,80	0,89	1
Keemiline oksüdatsioon	0,01	0,01	0,01	0,01	0,48	0,53	2
Stabiliseerimistiik	0,05	0,05	0,05	0,05	0,16	0,36	3
<b>Lahustijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,20	2
Destilleerimine	0,01	0,03	0,05	0,02	0,80	0,90	1

<b>Mati Viisimaa, hinnang</b>	<b>Majanduslik</b>	<b>Rakendamise keerukus</b>	<b>Keskonnamõju</b>	<b>Tehnoloogia kättesaadavus</b>	<b>Ringlussevõtu protsent</b>
<b>Õlijäätmed</b>					
0-alternatiiv	0	0	0	0	0
Regeneerimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	3	4	3	3	5
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	4	5	3	4	4
max/min value	3	4	3	3	5
<b>Värvijäätmed</b>					
0-alternatiiv	0	0	0	0	0
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	2	4	2	4	3
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	2	3	2	4	3
max/min value	2	3	2	4	3
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>					
0-alternatiiv	0	0	0	0	0
Koagulatsioon + filtratsioon	3	3	3	2	2
Keemiline oksüdatsioon	3	3	3	3	2
Stabiliseerimistiik	1	3	4	1	1
max/min value	1	3	3	1	2
<b>Lahustijäätmed</b>					
0-alternatiiv	0	0	0	0	0
Destilleerimine	3	3	3	4	5
max/min value	3	3	3	4	5

<b>Matti Viisimaa, kaalutud</b>	<b>Majanduslik</b>	<b>Rakendamise keerukus</b>	<b>Keskkonnamõju</b>	<b>Tehnoloogia kättesaadavus</b>	<b>Ringlussevõtu protsent</b>	<b>Skoor (Ai)</b>	<b>Järjestus</b>
Kriteeriumi olulisus (W)	0,15	0,15	0,30	0,10	0,30		
<b>Õlijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
Regeneereimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	0,15	0,15	0,30	0,10	0,30	1,00	1
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	0,11	0,12	0,30	0,08	0,24	0,85	2
<b>Värvijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	0,15	0,11	0,30	0,10	0,30	0,96	2
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	0,15	0,15	0,30	0,10	0,30	1,00	1
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>							
0-alternatiiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4
Koagulatsioon + filtratsioon	0,05	0,15	0,30	0,05	0,30	0,85	1
Keemiline oksüdatsioon	0,05	0,15	0,30	0,03	0,30	0,83	2
Stabiliseerimistiik	0,15	0,15	0,23	0,10	0,15	0,78	3
<b>Lahustijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2
Destilleerimine	0,15	0,15	0,30	0,10	0,30	1,00	1

Mari-Liis Ummik, hinnang	Majanduslik	Rakendamise keerukus	Keskonnamõju	Tehnoloogia kättesaadavus	Ringlussevõtu protsent
<b>Õlijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	1	3	2	0
Regeneereimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	2	1	1	2	5
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	4	3	1	4	5
max/min value	1	1	1	2	5
<b>Värvijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	1	3	2	0
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	2	3	1	1	2
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	4	4	2	4	2
max/min value	1	1	1	1	2
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>					
0-alternatiiv	1	1	3	2	0
Koagulatsioon + filtratsioon	2	3	1	1	1
Keemiline oksüdatsioon	2	3	2	2	1
Stabiliseerimistiik	3	3	3	2	0
max/min value	1	1	1	1	1
<b>Lahustijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	1	3	2	0
Destilleerimine	1	1	2	2	5
max/min value	1	1	2	2	5



<b>Mari-Liis Ummik, kaalutud</b>	<b>Majanduslik</b>	<b>Rakendamise keerukus</b>	<b>Keskonnamõju</b>	<b>Tehnoloogia kättesaadavus</b>	<b>Ringlussevõtu protsent</b>	<b>Skoor (Ai)</b>	<b>Järjestus</b>
Kriteeriumi olulisus (W)	0,10	0,10	0,40	0,20	0,20		
<b>Õlijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,10	0,10	0,13	0,20	0,00	0,53	3
Regeneereimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	0,05	0,10	0,40	0,20	0,20	0,95	1
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	0,03	0,03	0,40	0,10	0,20	0,76	2
<b>Värvijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,10	0,10	0,13	0,10	0,00	0,43	3
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	0,05	0,03	0,40	0,20	0,20	0,88	1
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	0,03	0,03	0,20	0,05	0,20	0,50	2
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>							
0-alternatiiv	0,10	0,10	0,13	0,10	0,00	0,43	3
Koagulatsioon + filtratsioon	0,05	0,03	0,40	0,20	0,20	0,88	1
Keemiline oksüdatsioon	0,05	0,03	0,20	0,10	0,20	0,58	2
Stabiliseerimistiik	0,03	0,03	0,13	0,10	0,00	0,30	4
<b>Lahustijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,10	0,10	0,27	0,20	0,00	0,67	2
Destilleerimine	0,10	0,10	0,40	0,20	0,20	1,00	1

<b>Siim Pajus, hinnang</b>	<b>Majanduslik</b>	<b>Rakendamise keerukus</b>	<b>Keskonnamõju</b>	<b>Tehnoloogia kättesaadavus</b>	<b>Ringlussevõtu protsent</b>
<b>Värvijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	4	3	4	0
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	2	2	2	2	5
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	1	2	2	4	5
max/min value	1	2	2	2	5
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>					
0-alternatiiv	1	4	3	4	0
Koagulatsioon + filtratsioon	2	2	2	2	4
Keemiline oksüdatsioon	3	3	2	3	4
Stabiliseerimistiik	1	2	3	1	3
max/min value	1	2	2	1	4
<b>Lahustijäätmed</b>					
0-alternatiiv	1	4	3	4	0
Destilleerimine	3	3	2	1	5
max/min value	1	3	2	1	5

<b>Siim Pajus, kaalutud</b>	<b>Majanduslik</b>	<b>Rakendamise keerukus</b>	<b>Keskonnamõju</b>	<b>Tehnoloogia kättesaadavus</b>	<b>Ringlussevõtu protsent</b>	<b>Skoor (Ai)</b>	<b>Järjestus</b>
Kriteeriumi olulisus (W)	0,10	0,10	0,40	0,05	0,35		
<b>Värvijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,10	0,05	0,27	0,03	0,00	0,44	3
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	0,05	0,10	0,40	0,05	0,35	0,95	2
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	0,10	0,10	0,40	0,03	0,35	0,98	1
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>							
0-alternatiiv	0,10	0,05	0,27	0,01	0,00	0,43	4
Koagulatsioon + filtratsioon	0,05	0,10	0,40	0,03	0,35	0,93	1
Keemiline oksüdatsioon	0,03	0,07	0,40	0,02	0,35	0,87	2
Stabiliseerimistiik	0,10	0,10	0,27	0,05	0,26	0,78	3
<b>Lahustijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,10	0,08	0,27	0,01	0,00	0,45	2
Destilleerimine	0,03	0,10	0,40	0,05	0,35	0,93	1

Allan Niidu, hinnang	Majanduslik	Rakendamise keerukus	Keskonnamõju	Tehnoloogia kättesaadavus	Ringlussevõtu protsent
<b>Õlijäätmed</b>					
0-alternatiiv	5	1	2	1	0
Regeneerimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	5	3	1	1	4
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	5	4	3	3	3
max/min value	5	1	1	1	4
<b>Värvijäätmed</b>					
0-alternatiiv	5	1	2	1	0
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	5	2	1	2	4
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	5	3	3	3	4
max/min value	5	1	1	1	4
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>					
0-alternatiiv	5	1	2	1	0
Koagulatsioon + filtratsioon	5	3	2	2	4
Keemiline oksüdatsioon	5	3	3	2	5
Stabiliseerimistiik	5	1	1	1	3
max/min value	5	1	1	1	5
<b>Lahustijäätmed</b>					
0-alternatiiv	5	1	2	1	0
Destilleerimine	5	3	3	1	3
max/min value	5	1	2	1	3

Allan Niidu, kaalutud	Majanduslik	Rakendamise keerukus	Keskonnamõju	Tehnoloogia kättesaadavus	Ringlussevõtu protsent	Skoor (Ai)	Järjestus
Kriteeriumi olulisus (W)	0,35	0,20	0,20	0,10	0,15		
<b>Õlijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,35	0,20	0,10	0,10	0,00	0,75	2
Regeneerimine rafineerimistehases (partner võib olla Euroopast)	0,35	0,07	0,20	0,10	0,15	0,87	1
Vanaõli töötlemine pöördosmoosiga	0,35	0,05	0,07	0,03	0,11	0,61	3
<b>Värvijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,35	0,20	0,10	0,10	0,00	0,75	2
koagulatsioon kombineeritud filtratsiooniga	0,35	0,10	0,20	0,05	0,15	0,85	1
koagulatsioon kombineeritud gammakiirgusega	0,35	0,07	0,07	0,03	0,15	0,67	3
<b>Kemikaalijäätmed (vesipõhised jäätmed, näiteks pesuvesi)</b>							
0-alternatiiv	0,35	0,20	0,10	0,10	0,00	0,75	2
Koagulatsioon + filtratsioon	0,35	0,07	0,10	0,05	0,12	0,69	3
Keemiline oksüdatsioon	0,35	0,07	0,07	0,05	0,15	0,68	4
Stabiliseerimistiik	0,35	0,20	0,20	0,10	0,09	0,94	1
<b>Lahustijäätmed</b>							
0-alternatiiv	0,35	0,20	0,20	0,10	0,00	0,85	1
Destilleerimine	0,35	0,07	0,13	0,10	0,15	0,80	2

