

Reoveesette töötlemise
strateegia väljatöötamine, sh
ohutu taaskasutamise
tagamine järelevalve
tõhustamise, keemiliste- ja
bioloogiliste
indikaatornäitajate
rakendamise ning kvaliteedi-
süsteemide juurutamise abil.
III ETAPP

Tarmo Pauklin
Juhatuses liige

Vallo Kõrgmaa
Keskkonnakeemia spetsialist



Sisukord

SISUKORD	1
KASUTATAVAD LÜHENDID	5
MÕISTED	6
1. SISSEJUHATUS	11
2. SEADUSANDLIK TAUST	14
2.1. KEHTIV SEADUSANDLUS EESTIS JA EUROOPAS.....	14
2.2. MUUDATUSETTEPANEKUD	17
2.2.1. Keskkonnaministri määrus 30.12.2002 nr 78 “Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded”	18
2.2.2. Veekaitsenõuded väetise-, sõnniku- ja anaeroobse kääritamise jäägi hoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla, anaeroobse kääritamise jäägi ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded. Kehtestatud Vabariigi Valitsuse 28. 08. 2001. a määrusega nr 288.	34
2.2.3. Veeseadus	35
3. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE KOGUMINE JA KÄITLEMINE EESTIS.	38
3.1. VARASEMAD UURINGUD	38
3.2. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE LIIGILINE KOOSSEIS, KOGUSED JA PIIRKONDLIK JAOTUS.....	43
3.2.1. Olmejäätmete biolagunev osa	43
3.2.2. Haljastus- ning aiandusjäätmed	45
3.2.3. Kaubandusjäätmed	45
3.2.4. Eesti toiduainete tööstuste biolagunevad jäätmed.....	46
3.2.5. Põllumajandus ja sõnnik	47
3.2.6. Loomsed jäätmed	48
3.3. REOVEESETTED	50
3.3.1. Reoveesette kogused.....	50
3.3.2. Reoveesetete omadused	51
3.3.3. Ohutus	52
3.3.4. Raskmetallid	53
3.3.5. Patogeensed mikroorganismid	54
3.3.7. Keemiline ohutus.....	57
4. PRÜGILATESSE LADESTATAVATE BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE HULGA VÄHENEMINE	59
4.1. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE LADESTAMISE VÄHENEMISEGA KAASNEVAD PROTSESSID LADESTUSALAL. NÖRGVEE KOOSTIS	59
4.2. NÖRGVEE OMADUSTE VÕIMALIKUD MUUTUSED TULENEVALT ORGAANILISE AINE LADESTAMISE VÄHENDAMISEST AASTATEL 2010, 2013 JA 2020.....	63
4.3. SOOVITUSED PRÜGI JA OLMEJÄÄTMETE SORTEERIMISEKS.	65
5. MAAILMAS KASUTATAVAD TEHNOLOOGIAD NING SUUNDUMUSED LIIGITIKOGUTUD BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE EELTÖÖTLUSEKS JA KÄITLEMISEKS ERALDI VÕI KOOS REOVEESETTEGA	66

5.1. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE VAJALIK AINESISALDUS ERALDI- JA KOOSKÄÄRITAMISEKS REOVEESETTEGA	67
5.2. REOVEESETTE KÄITLEMISTEHNOLOOGIAD	68
5.3. ÜLEVAADE LOOMSETE JÄÄTMETE RAKENDUSVÕIMALUSTEST BIOGAASI TOOTMISPROTSESSI TOORAINENA	71
5.4. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE ETTEVALMISTAMISE VIISID METAANKÄÄRITAMISEKS	74
5.5. TAPAMAJADE TAHKETE JA VEDELATE JÄÄTMEVOOGUDE OMADUSED JA KÄITLUSTEHNOLOOGIAD.....	75
6. EESTIS KASUTATAVATE BIOGAASIJAAMADE KIRJELDUS.....	78
6.1. AS TALLINNA VESI BIOGAASIJAAM.....	79
6.2. AS NARVA VESI BIOGAASIJAAM	81
6.3. AS KURESSAARE VEEVÄRK BIOGAASIJAAM	81
6.4. OÜ SAARE ECONOMICS JÖÖRI BIOGAASIJAAM.....	82
7. MEETODID	83
7.1. PROOVIVÕTT	83
7.2. BIOFRAKTSIOONI AINESISALDUSE MÄÄRAMISE LABORATOORSED MEETODID JA VÕIMALUSED.....	83
7.3. MANOMEETRILINE MEETOD (OXITOP®) ERALDUNUD BIOGAASI KVANTITATIIVSEKS MÕÕTMISEKS.....	87
8. TULEMUSED	90
8.1. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE PROOVIDE KIRJELDUSED	90
8.2. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE ANALÜÜSITULEMUSED	93
8.2.1. <i>Toitained</i>	93
8.2.2. <i>Raskmetallid</i>	97
8.2.3. <i>Inhibiitorid</i>	101
8.2.4. <i>Digestaadi analüüsid</i>	106
8.2.4. <i>Biolagunevate jäätmete biogaasipotentsiaal</i>	108
8.3. EESTI KONTEKSTI SOBIVAD TAPAMAJA JÄÄTMETE JA REOVEE ANAEROOBSED KÄITLUSTEHNOLOOGIAD.....	111
8.4. REOVEESETTE JA BIOJÄÄTMETE KOOSKÄÄRITAMISE ENERGEETILINE POTENTSIAAL NING PROBLEEMID KURESSAARE NÄITEL.....	113
8.4.1. <i>Reoveesette ja biojäätmete ressurss</i>	114
8.4.2. <i>Materjalid ja meetodid</i>	114
8.4.3. <i>Läbivoolukatsete teostamine</i>	115
8.4.4. <i>Läbivoolukatsete tulemused</i>	116
8.4.5. <i>Energia tootmise potentsiaal kohalike biojäätmete utiliseerimisel anaeroobses käärítés</i>	117
8.4.6. <i>Lämmastiku ärastamise probleemid anaeroobse kääritamise tehnoloogia lisamisel</i>	118
8.4.7. <i>reoveepuhastusjaama üldskeemi</i>	118
8.4.7. <i>Kokkuvõte</i>	119
9. MAJANDUSLIK JA LOGISTILINE ANALÜÜS – REOVEESETTE JA BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE KOOSKÄITLEMINE.....	120
9.1. OLEMASOLEVA OLUKORRA KIRJELDUS	120
9.2. EESMÄRK JA LÄHTEÜLESANNE	121
9.3. REOVEESETTE KÄITLEMINE REGIONAALSETES JAAMADES	122

9.3.1. Logistiline tasuvus	122
9.3.2. Reoveesette käitlemise regioonid.....	124
9.3.3. Biogaasijaama rajamiseks vajamineva investeeringu suurus.....	127
9.3.4. Biojätmete käitlemine biogaasijaamades.....	133
10. KESKKONNAKAITSELINE HINNANG	136
10.1. SEADUSANDLUS.....	136
10.2. KESKKONNAMÕJUD	137
10.2.1. Ehitamisaegne keskkonnamõju.....	138
10.2.2. Eksploatatsiooniaegne keskkonnamõju.....	139
10.2.3. Mõju piirkonna välisõhu kvaliteedile.....	140
10.2.4. Ebameeldivad lõhnad.....	140
10.3. MÕJU VAADELDAVA PIIRKONNA ELANIKKONNA TERVISELE, HEAOLULE JA VARALE.....	144
10.3.1. Müra.....	145
10.3.2. Jäätmed	146
10.3.3. Visuaalne mõju	146
10.3.4. Keskkonnaõnnetuste riskid.....	146
10.3.5. Häiresüsteem	147
10.3.6. Töötajate koolitus.....	147
10.3.7. Tootmisjaamas plahvatusohu vältimine.....	147
10.3.8. Meetmed plahvatusohu vältimiseks.....	148
10.3.9. Mõju taimestikule.....	148
10.3.10. Mõju loomastikule.....	148
10.3.11. Mõju pinna- ja põhjaveele.....	149
10.3.12. Mõju pinnasele ja maastikule	151
10.3.13. Mõju tehiskeskkonnale	151
10.3.14. Mõju loodusobjektidele Natura 2000 võrgustiku alale.....	152
10.4. MÕJU KOOSTOIME VINNI BIOGAASIJAMA NÄITEL.....	153
10.5. NEGATIIVSE KESKKONNAMÕJU VÄLTIMISEKS JA LEEVENDAMISEKS KAVANDATUD MEETMEID	153
10.6. POSITIIVNE KESKKONNAMÕJU.....	157
11. KVALITEEDITAGAMISE SÜSTEEM.....	158
11.1. KOOLITUS-KVALITEET-KONTROLL.....	158
11.2. BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE TAASKASUTAMISEALANE ÜLDINE TEADLIKKUSE TÕSTMINE.....	160
11.3. KVALITEEDI PARENDAMINE ORGANISATSIOONI/ETTEVÖTTE KVALITEEDI JUHTIMISE SÜSTEEMI ABIL.....	161
11.4. HACCP-I PÕHIMÕTTED JA RAKENDAMISE ETAPID.....	162
11.5. VALIDEERIMINE.....	164
11.6. SOOVITUSLIK HACCP SÜSTEEM REOVEESETTE TÖÖTLEMISE- JA KOOSKÄITLEMIS ETTEVÖTETELE.....	164
11.6.1. Üldine	165
11.6.2. Käitluseks sobivad sisendid (KP1).....	166
11.6.3. Eeltöötlus (KP2).....	172
11.6.4. Hügieniseerimine (KP3).....	173
11.6.5. Kompostimine (KP4a).....	174
11.6.6. Anaeroobne kääritamine (KP4b).....	174
11.6.7. Lõpptoote kontroll (KP5)	174

11.7. ÜLDKOHUSTUSED KOOSKÄITLEMISE KORRAL	174
11.8. REGISTREERIMINE JA TUNNUSTAMINE	175
11.9. KÄITLEMISEKS SOBIMATU MATERJALI KÕRVALDAMINE ÜLDISELT	176
11.10. ORGAANILISTE VÄETISTE JA MULLAPARANDUSAINETE TURULELASKMINE JA KASUTAMINE.....	176
11.11. KONTROLL	176
11.11.1. Ettevõttesisene kontroll ja enesekontrolliplaan.....	176
11.11.2. Soovituslik süsteem ametlikeks kontrolltominguteks.....	177
11.12. LADUSTAMINE.....	177
11.13. ANALÜÜSID.....	177
11.14. ESMATASANDI KÄITLUS	177
11.15. HEA BIOLAGUNEVATE JÄÄTMETE KÄITLEMISE TAVA	179
12. KOKKUVÕTE	180
KASUTATUD KIRJANDUS	181

Kasutatavad lühendid

BHT	- biokeemiline (bioloogiline) hapnikutarve, mgO ₂ /l
BHT ₇	- 7-päevane biokeemiline (bioloogiline) hapnikutarve, mgO ₂ /l
HA	- hõljuvaine (biomassi) kontsentratsioon, mg/l
HA _{reovees}	- hõljuvaine (biomassi) kontsentratsioon reovees, mg/l
KA	- kuivainesisaldus, %
KHT	- keemiline hapnikutarve, mgO ₂ /l
KL	- kriitiline piirang
KP	- kriitiline kontrollpunkt
LA	- lenduvaine, orgaaniline kuivaine (tähistatakse ka oKA), %
LCFA	- pika ahelaga rasvhapped
N Kj	- üldlämmastik (N) Kjeldahl, mgN/l
N	- lämmastiku kontsentratsioon, mgN/l või mg/kgKA
OLR	- orgaaniline koormus, kg KHT/m ³ ööp
P	- fosfori kontsentratsioon, mgP/l või mg/kgKA
pH	- negatiivne logaritm [H ⁺] kontsentratsioonist
WAS	- liigmuda, jääkaktiivmuda

Mõisted

- **Anaeroobne bioreaktor** – kinniste anumate süsteem, kus biolagunevad materjalid lagundatakse anaeroobsetes tingimustes;
- **Anaeroobne kääritamine** – biolagunevate materjalide kontrollitud langundamine hapnikuvabas keskkonnas, kus temperatuur on sobilik mesofiilsetele või termofiilsetele fakultatiivsetele anaeroobsetele bakteritele ning sisenditest toodetakse biogaasi ja käärimisjääki (digestaati);
- **Anaeroobne lagunemine** - orgaanilise aine lagunemine hapnikuta keskkonnas;
- **Biogaas** – gaas, mis tekib orgaanilise aine anaeroobsel käärimisel, koosneb peamiselt metaanist ja süsinikdioksiidist;
- **Biojätmed** - järgmised biolagunevad jätmed: 1) aia- ja haljastujätmed; 2) kodumajapidamises, jaemüügikohas ja tootlustusasutuses tekkinud toidu- ja köögijätmed; 3) toiduainetööstuses tekkinud jätmed, mis on oma koostise ja olemuse poolest samalaadsed eelpoolnimetatutega;
- **Biolagunevad jätmed** - anaeroobselt või aeroobselt lagunevad jätmed, nagu toidujätmed, paber ja papp;
- **Digestaat (ka käärimisjäak, käärimisjäak)** - biogaasi tootmisprotsessi jääk
- **HACCAP plaan** – vastavalt HACCAPi printsiipidele ettevalmistatud dokument, milles sätestatakse ohtude kontrollimeetmed tootmise, ladustamise varustamise ning käärimisjäagi ohutu kasutamise jaoks;
- **Hüdrauliline viibeaeg (HRT)** – keskmine aeg, mille kestel materjal läbib kääriti, arvutatakse HRT (ööpäeva) = kääriti ruumala (m^3) / sissevoolu vooluhulk ($m^3/ööp$);
- **Hügieniseerimine** – a) bioloogilised protsessid, millega hävitatakse või vähendatakse patogeensete organismide taset soovitud madalatele, aksepteeritud tasemetele, b) protsessid, millega välise soojuse abil hävitatakse või vähendatakse patogeensete organismide taset soovitud madalatele, aksepteeritud tasemetele.
- **Jääkaktiivmuda** - aktiivmudaprotsessist kõrvaldatud aktiivmuda
- **Jäätmekäitlus** - jäätmete kogumine, vedamine, taaskasutamine ja kõrvaldamine, sealhulgas vahendaja või edasimüüja tegevus;

- **Jäätmete liigiti kogumine** - tegevus, mille käigus jäätmed eraldatakse liigi ja olemuse alusel nende edasise käitlemise lihtsustamiseks, sealhulgas taaskasutamise soodustamiseks
- **Kontrollmeede** – igasugune tegevus, mille tulemusena on võimalik ennetada või elimineerida käärimisjäägi ohutuse riski või vähendada seda aksepteeritavale tasemele;
- **Korrigeeriv tegevus** – igasugune tegevus, mille tulemusena parandatakse kriitilises kontrollpunktis (KP) järelevalve käigus tuvastatud kõrvalekaldeid soovitud väärtustest;
- **Kriitiline kontrollpunkt (KP)** – viimane punkt, kus on võimalik ennetada või elimineerida protsessi ohutuse riski või vähendada seda aksepteeritavale tasemele;
- **Kriitiline piirang (KL)** – kriteerium, mis eristab sobilikku mittesobilikust;
- **Kvaliteedijuhtimissüsteem** – organisatsiooni juhtimissüsteem, millega soovitakse saavutada kliendi või üldisemalt huvipoolle rahulolu organisatsiooni poolt pakutava väärtusega;
- **Kvaliteedikontroll** – kvaliteedijuhtimise osa, mis on fokuseeritud kvaliteedinõuete tagamisele;
- **Kõrvalsaadus** - on saadud sellise tootmisprotsessi tulemusena, mille esmane eesmärk ei olnud selle asja tootmine, võib pidada kõrvalsaaduseks, mitte aga jäätmeteks, juhul kui on täidetud järgmised tingimused: 1) asja edasine kasutamine on kindel; 2) asja saab kasutada vahetult ilma täiendava töötlemiseta, välja arvatud selline töötlemine, mis on asjaomasele tööstusele üldiselt omane; 3) asi on tekkinud tootmisprotsessi lahutamatu osana; 4) asi vastab selle konkreetsel kasutamisel toote-, keskkonna- ja tervisekaitse nõuetele ning asja kasutamine ei avalda negatiivset mõju keskkonnale ega inimese tervisele;
- **Küps, küpsus** – separeeritud tahke käärimisjäägi seisund, kus biolagunemine on minimaalne ning mis ei ole hea põllumajandusliku tava kohasel kasutamisel taimedele ohtlik;
- **Küpsemine** – soovitatav separeeritud tahke käärimisjäägi aeroobsetes tingimustes töötlemise või hoiustamise periood;

- **Lenduvad ained (LA)** – sama, mis orgaanilise aine sisaldus. Analüüsitava proovi kuumutamisel 550°C juures lenduv kuivaine osa.
- **Leotamine** – biolagunevate sisendmaterjalide konsistentsi muutmine sõelumise, purustamise, hakkimise vm meetodi abil kergemini voolavaks ning pumbatavaks seguks;
- **Loomsed kõrvalsaadused** - loomade terved kehad või nende osad, loomsed saadused või muud loomset päritolu saadused, mis ei ole ette nähtud inimtoiduks, sh munarakud, embrüod ja sperma;
- **Loomsetest kõrvalsaadustest saadud tooted** – tooted, mis on saadud loomsete kõrvalsaaduste ühe või mitme töötlemise või töötlustapi tulemusena;
- **Mesofiilsed organismid** – organismid, mille optimaalne kasvutemperatuur on vahemikus 30-45°C:
- **Ohuanalüüs** – protsess, mille käigus kogutakse ning hinnatakse ohtude ning neid põhjustada võivate tingimuste kohta infot ning nende mõju ulatust;
- **Ohuanalüüs ja kriitiline kontrollpunkt (HACCP)** - süsteem, mida kasutatakse ohutu käärimisjäägi tootmise seisukohalt tähtsate ohtude identifitseerimiseks, hindamiseks ning kontrollimiseks;
- **Opereerimisprotseduurid** – dokumenteeritud ning teostatud tegevused kääritatud materjalide tootmiseks;
- **Orgaaniline koormus (OLR)** – orgaanilise materjali hulk ajaühikus (kg KHT /ööp või kg VS / ööp) kääriti ruumala (m^3) kohta, OLR (kg KHT/ m^3 ööp või kgVS/ m^3 ööp)
- **Orgaanilised väetised ja mullaparandusained** – taimede toitumistingimuste ning mulla füüsikaliste ja keemiliste omaduste ja bioloogilise aktiivsuse säilitamiseks või parandamiseks koos või eraldi kasutatavad loomse päritoluga materjalid; need võivad sisaldada sõnnikut, mineraliseerumata guaanot, seedetrakti sisu, komposti ja lagundumissaadusi;
- **Partii** käärimisjäägi ühik, mis on toodetud anaeroobse käärimisprotsessi tulemusena kasutades ühesuguseid kriitilisi kontrollpunkte (KP) või kriitilisi piiranguid (KL), või selliste ühikute kogum, kui neid ladustatakse koos, ning mida saab identifitseerida vastavalt taaskasutamise või realiseerimise eesmärkidele lähtudes proovivõtust või kvaliteedikontrollist. Anaeroobne

kääritusprotsess on pidev protsess ja tootjad peaksid partii suurused ise defineerima vastavalt oma süsteemi ülesehitusele ja optimeerimisele. Partii peab olema identifitseeritav (nummerdatud) kvaliteedi jälgimise eesmärgil;

- **Pastöriseerimine** (vt ka hügieniseerimine) – protsessi osa, milles anaeroobse kääritamise läbivate patogeensete bakterite, viiruste jt kahjulike organismide arvukust vähendatakse märkimisväärselt (või kõrvaldatakse sootuks) materjali kriitilise temperatuurini kuumutamise teel teatud aja vältel. Pastöriseerimine võib olla osa anaeroobsest kääritamissüsteemist, kuid ka eraldiseisev üksus (PAS 110);
- **Potentsiaalselt toksilised elemendid (PTE)** – keemilised elemendid, mis võivad olla toksilised inimesele, floorale või faunale (nt. Cu, Cr, Ni jne);
- **Põllumajandusmaa** - haritav maa ja looduslik rohumaa;
- **Rejektvesi** - käärimisjäägi separeerimise tulemusel saadav vedel faas, mis suunatakse tagasi reoveepuhastile
- **Reoveesete** - reoveest füüsikaliste, bioloogiliste või keemiliste meetoditega eraldatud suspensioon;
- **Rõhu all steriliseerimine** – loomsete kõrvalsaaduste töötlemine pärast seda, kui peenestamise tulemusena ei ole osakesed suuremad kui 50 millimeetrit, vähemalt 20 minuti jooksul katkematult sisetemperatuuril üle 133 °C ja vähemalt 3baarise absoluutrõhu all;
- **Sisendmaterjal** – biolagunev materjal, mis söödetakse anaeroobsesse kääritisse;
- **Separeerimine** – eraldamine, lahutamine
- **Stabiliseerimine** – protsess, milles orgaanilised ained muunduvad kas anorgaaniliseks või väga aeglaselt lagunevaks;
- **Substraat** - orgaaniline materjal (reoveesete, läga jne), mida bakterid on võimelised metaboolsetes protsessides tarbima; pind või keskkond, millel või milles organism elab ning millest ta võib toituda;
- **Sõnnik** – kõik põllumajandusloomade (v.a tehistingimustes peetavad kalad) väljaheited ja/või uriin, koos allapanuga või ilma;
- **Tahke faas** – käärimisjäägi separeerimise tulemusel saadav tahke faas
- **Termofiilsed organismid** - organismid, mille optimaalne kasvutemperatuur on vahemikus 45-80°C;

- **Tootja** – äriettevõte, organisatsioon, FIE vms, kes on vastutav anaeroobse kääritamise protsessi eest;
- **Tsentrifugimis- või separeerimisete** – materjal, mis tekib kõrvalsaadusena pärast separeerimist;
- **Valideerimine** – tõendite kogumine ja hindamine, kas HACCP plaan on efektiivne;
- **Vee reostamine** - vee kasutamise piiramist põhjustav vee omaduste halvendamine;
- **Vooludiagramm** – süstemaatiline tootmisprotsessi osade ning toimimise järjestikkuste sammude skeem;
- **Vädu** - tsentrifugimise saadav käärimisjäägi vedel fraktsioon, mis juhitakse tagasi kääritusprotsessi või kasutatakse kõlvikute väetamiseks

1. Sissejuhatus

Euroopa Liit on võtnud suuna vähendada biolagunevaid jäätmeid ladestatava prügi hulgas vastavalt prügiladirektiivile 2008/98/EÜ. Üheks mahukamaks biolagunevate jäätmete grupiks on reovee puhastamisel tekkivad setted, mis jäätmeseaduse järgi on samuti biolagunevad jäätmed.

Reoveesette ja biolagunevate jäätmete käitlemiseks ja väärtustamiseks on tehnoloogiliselt üks efektiivsemaid mooduseid anaeroobne kääritamine biogaasi saamiseks ning sellest soojus- ja elektrienergia tootmine. Biogaasi saagise suurendamiseks ning Eestis tekkiva biolaguneva tooraine efektiivsemaks kasutamiseks on otstarbekas kooskõndelda reoveesetteid ja liigiti kogutud biolagunevaid jäätmeid tagamaks biogaasijaamade optimaalse ja pideva toimimise. Varasemad uuringud on näidanud, et erinevate biolagunevate jäätmete kooskääritamisel reoveesetetega on saadava biogaasi saagised suuremad. Biogaasijaamade arendusi on Eestis juba ca 15 ja nende üheks tooraineallikaks on arvestatud ka reoveesete. Biogaasijaamad on planeeritud ehitada regiooniti toormeallikate ja digestaadi laotusmaade juurde ja neist osadele on juba koostatud regionaalsed logistilised skeemid ja majandusliku tasuvuse analüüsid. Neis biogaasijaamade arendustes on olulist tähelepanu pööratud ka digestaadi (käärimisjäägi) käitlemisele ja kasutamisele. Kujunenud olukorras ei ole otstarbekas koostada eraldi reoveesette regionaalse käitluse logistilisi ja majandusanalüüse, vaid need tuleks koostada koos kõigi energeetilist potentsiaali omavate biolagunevate jäätmete biogaasijaamade logistiliste ja majandusanalüüsidega.

Töö eesmärgiks on leida sobivaim reoveesette käitlemise moodus Eesti jaoks. Tööd kavandades vaadeldi reoveesette käitlust kui eraldi seisvat süsteemi. Euroopa Liit on võtnud suuna vähendada biolagunevaid jäätmeid ladestatava prügi hulgas vastavalt prügiladirektiivile 2008/98/EÜ. Üheks mahukamaks biolagunevate jäätmete grupiks on reovee puhastamisel tekkivad setted, mis jäätmeseaduse järgi on samuti biolagunevad jäätmed. Töö üheks eesmärgiks on kontrollida valitud indikaatornäitajate abil hetkel juba Eestis töösolevate setete kompostimise protsesside ohutust keskkonnale (inimeste, loomade ja taimede tervisele) ning sette omadusi, et hinnata taaskasutamise otstarbekust.

Töö I ja II etapis hinnati Eestis tekkiva reoveesette hulka, kasutades andmeid Keskkonnateabekeskusest, reoveepuhastitelt ning ka arvutuslikult (andmete puudumisel) ning kvaliteeti toitainesisalduse, raskmetallide ning hügieeniparameetrite seisukohalt. Projekti II etapi käigus võeti reoveesetete proove neljakümne seitsmelt reoveepuhastilt. Seitsemes suuremas reoveepuhastis jälgiti igakuiselt ka vee puhastuse efektiivsust, võeti proove reo- ja heitveest, aktiivmudast ning reoveesetetest, jälgiti komposteerimise protsessi aasta lõikes. Uuringu käigus ilmnas, et keskmine üldlämmastiku sisaldus reoveesettes oli $49,4 \pm 17,7$ g/kgKA, üldfosforil $10,6 \pm 6,6$ g/kgKA. Raskmetallide piirnormide ületamist täheldati ainult ühes reoveepuhastusjaamas. Ilmnas, et komposteerimine ei taga reoveesette hügieenilist ohutust. Töödeldud sette proovidest leiti *Salmonella spp* 38%st proovidest, *Escherichia coli* piirnormide ületamist fikseeriti 70,2%st juhtudest ning *Clostridium perfringens* ei leitud vaid kahest proovist. Helmintide munade määramisel esines kahtlus *Ascarise* perekonda kuuluvate nematoodide munade leidmisest kolmel korral ning lemmikloomadele parasiitsete nematoodide *Toxacara* perekonda kuuluvate nematoodide munadele ühel juhul.

Käesoleva uurimistöo III etapi eesmärgiks on reoveesette ja teiste biolagunevate jäätmete väärtustamine, millega kaasneb prügilatesse ladestatavate biolagunevate jäätmete hulga vähenemine. Uuritakse Eestis tekkivate biolagunevate jäätmete väärtustamisvõimalusi anaeroobsel kääritamisel saadava energia (biogaasi) ja mullaparandusaine (digestaadi) näol jäätmelõpu kriteeriumitest lähtuvalt. Biolagunevate jäätmete kahjulik mõju ilmneb prügilasse ladestamisel. Jäätmete anaeroobsel lagunemisel tekib metaani, süsinikdioksiidist 21 korda mõjusamat kasvuhoonegaasi. Mõningad Euroopa Liidu direktiivid annavad aga võimaluse biolagunevaid jäätmehäid eraldi käidelda, tootes seeläbi taastuvat energiat biogaasi näol ning taasväärtustades jäätmehäid kas pinnase või väetisena.

Töögrupi liikmed:

Aare Kuusik	Tallinna Tehnikaülikool, Keskkonnatehnika Instituut
Anne Menert	Tallinna Tehnikaülikool, Keemiainstituut
Enn Loigu	Tallinna Tehnikaülikool, Keskkonnatehnika Instituut
Epp Volkov	Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Katri Vooro	Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Mailis Laht	Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Olev Sokk	Tallinna Tehnikaülikool, Keskkonnatehnika Instituut

Peep Pitk	Tallinna Tehnikaülikool, Keemiainstituut
Raivo Vilu	Tallinna Tehnikaülikool, Keemiainstituut
Tiit Kakum	Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Valdu Suurkask	Tallinna Tehnikaülikool, Keskkonnatehnika Instituut
Vallo Kõrgmaa	Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ
Viktoria Blonskaja	Tallinna Tehnikaülikool, Keskkonnatehnika Instituut

Töö “Reoveesette töötlemise strateegia väljatöötamine, sh ohutu taaskasutamise tagamine järelevalve tõhustamise, keemiliste- ja bioloogiliste indikaatornäitajate rakendamise ning kvaliteedisüsteemi juurutamise abil, III ETAPP” aruanne on koostatud vastavalt Eesti Vabariigi Keskkonnaministeeriumi ning Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ vahel sõlmitud lepingule nr 09-08-3/166 Lisa 1 12.10.2010.a.

2. Seadusandlik taust

2.1. Kehtiv seadusandlus Eestis ja Euroopas

Euroopa Nõukogu jäätmete raamdirektiivi 2008/98/EÜ määratluse kohaselt hõlmavad biojäätmel aia- ja haljastusjäätmel, samuti kodumajapidamistest, restoranidest, toidlustus- ja jaemüügiettevõtetest pärinevaid toidu- ja köögijäätmel ning samalaadseid toiduainetetööstuse jäätmel. Biojäätmel ei hõlma metsatööstus- ja põllumajandusjäätmel ning neid ei tohiks segi ajada laiema mõistega „biolagunevad jäätmel”, mis hõlmab ka muid biolagunevaid materjale, nagu puit, paber, papp ja reoveesetted. Jäätmehierarhiat käsitlevas artiklis 4 on sätestatud, et parim valik on jäätmetekke vältimine, millele järgnevad korduvkasutus, ringlussevõtt ja energia taaskasutamine. Jäätmel kõrvaldamine (prügilasse ladestamine, põletamine energia vahese taaskasutusega) on määratletud kui keskkonna seisukohast halvim valik.

Euroopa Komisjoni töögrupp töötab käesoleval ajal (2012. aastal) välja ka **jäätmel lakkamise kriteeriumel** (*End of waste criteria¹, EoW*). *EoW* eesmärgiks on seada teatud jäätmelvoogudele kvaliteedikriteeriumid, millede täitmisel oleks võimalik lugeda neid jäätmel edaspidi (uueks) tooteks kas a) väetise või pinnast parandava ainena või nende koostisosana; b) ehitusmaterjali või selle koostisosana või c) pinnasena.

Biolagunevate jäätmel lagunemine prügilates põhjustab kasvuhoonegaaside ning potentsiaalselt mürgise nõrgvee teket, mis teatud olukorras võib vabaneda ja saastada ümbruskonda. Sellest lähtuvalt nõuab **Euroopa Nõukogu prügiladirektiiv 1999/31/EÜ²** EL liikmesriikidel prügilatesse ladestatavate biolagunevate olmejäätmel hulga vähendamist vastavalt järgmisele ajakavale:

- 16. juuliks 2006. a. peab selliste prügilatesse ladestatavate jäätmel hulk vähenema 75 massiprotsendini biolagunevate jäätmel üldkogusest, mis tekkis 1995. aastal või viimasel sellele eelnenud aastal, mille kohta on olemas standardiseeritud Eurostati (Euroopa Komisjoni Statistikaasutus) andmed;
- 16. juuliks 2009. a. peab vähenemine ulatuma 50 massiprotsendini sellest biolagunevate olmejäätmel üldkogusest, mis tekkis 1995. aastal;

¹ <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/documents/Endofwastecriteriafinal.pdf>

² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:04:31999L0031:ET:PDF>

- 16. juuliks 2016. a. peab vähenemine ulatuma 35 massiprotsendini sellest biolagunevate olmejäätmete üldkogusest, mis tekkis 1995. aastal.

See strateegia peab sisaldama meetmeid, mille abil saavutada lõikes 2 nimetatud sihtkoguseid eelkõige ringlussevõtu, kompostimise, biogaasi tootmise või materjalide/energia taastootmise abil.

Vastavalt Eesti Vabariigi „**Jäätmeseadusele**“, § 134, prügilasse ladestatavate olmejäätmete hulgas ei tohi biolagunevaid jäätmeid olla:

- 1) üle 45 massiprotsendi alates 16. juulist 2010. a;
- 2) üle 30 massiprotsendi alates 16. juulist 2013. a;
- 3) üle 20 massiprotsendi alates 16. juulist 2020. a.

Euroopa Nõukogu direktiiv 86/278/EÜ koostati eesmärgiga julgustada reoveesette kasutamist põllumajanduses ning reguleerida selle kasutamist viisil, mis ennetaks sette kahjulikke mõjusid pinnasele, taimedele, loomadele ning inimesele. Reoveesette kasutamine ei tohi halvendada pinnase või põllumajanduslike saaduste kvaliteeti. Reoveesetted sisaldavad ühteaegu nii orgaanilisi toitaineid, kuid ka saasteaineid nagu raskmetallid, lagunematud orgaanilised ühendid ning patogeeneid. Direktiiv seab piirkontsentratsioonid raskmetallidele (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr) nii reoveesettes kui ka pinnases.

25 aasta möödudes on 86/278/EÜ aegunud ning EL liikmesriigid on astunud samme karmistamiseks esialgseid raskmetallide piirkontsentratsiooni ning lisamaks juurde ka varem direktiivis reguleerimata saasteaineid. **Working Document on Sludge and Biowaste**³ on järjekorras neljas töödokument Euroopa Nõukogu direktiivi 1986/278 muutmiseks, milles seotakse esmakordselt reoveesetete ning biolagunevate jäätmete käitlemine ühtseks dokumendiks.

Working Document on Sludge and Biowaste pakub välja biolagunevate jäätmete (BLJ) ja reoveesete jaoks täiendavad piirangud:

- **Töötlemata reoveesette kasutamise keelamine**
- Raskmetallidele karmimad piirnormid nii reoveesettes kui ka biojäätmetes:

³ **Märkus:** Kõnealune dokument baseerub erinevatel Euroopa Komisjoni poolt tellitud uurimistöodel. Neist ühes (Millieu/WRC/RPA³, 2010) on Eesti kohta käivates andmetes suured augud sees ning viited KKM määrusele nr 78 sisaldavat valet teavet - tabel 6 (lk 16) – raskmetallide piirväärtused mg/sette KA kg kohta erinevad KKM määruuses nr 78 kehtestatud normide osas Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ja Zn puhul.

Tabel 1: Raskmetallide piirnormid reoveesettes ja biolagunevates jäätmetes

Raskmetall (mg/kgKA)	86/278/EMÜ	KKM 30.12.2002.a. määrus nr 78	Working document on sludge and biowaste – stabiliseeritud biolagunevad jäätmed	Working document on sludge and biowaste - reoveesetted
Cd	20-40	20,0	3	10,0
Cu	1 000 - 1 750	1 000,0	500	1 000,0
Ni	300 - 400	300,0	100	300,0
Pb	750 - 1 200	750,0	200	500,0
Zn	2 500 - 4 000	2 500,0	800	2 500,0
Hg	16 - 25	16,0	3	10,0
Cr	-	1 000,0	300	1 000,0

- Reoveesetele ja stabiliseeritud biojäätmetele piirnormid poliüaromaatsete süsivesinike osas:
 - PAH (summaarne) – 6 mg/kg;
 - Benzo(a)püreen – 2 mg/kg
- Reoveesete peab olema piisavalt **stabiliseeritud** (haisu küsimus) – võimalikud indikaatorid:
 - Hapnikutarbe (OUR - oxygen uptake rate) puudumine
 - Orgaanilise aine vähenemine 38%
 - Spetsiifilise hapnikutarbimise tase (SOUR - specific oxygen uptake rate) vähem kui 1,5 mg/h/gKA
- Reoveesete peab olema **hügieniseeritud**. Võimalikud indikaatorid töödeldud settes:
 - *Salmonella spp* ei leidu 25-50 grammis
 - *Escherichia coli* alla 500 000 PMÜ/g
- Reoveesete kasutamise keelamine veega küllastunud, üleujutatud, külmunud ning lumega kaetud pinnastel
- Ajalised piirangud sette kasutamise ning maa põllumajandusliku kasutamise vahel

2.2. Muudatusettepanekud

Reoveesette kasutamist Eestis reguleerib Keskkonnaministri määrus nr 78 (30.12.2002.a) “Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded”. Määrus baseerub Euroopa Nõukogu direktiivil 86/278/EÜ, mida aga käesoleval ajal soovitakse muuta. *Working Document on Sludge and Biowaste* on järjekorras juba neljas tödodokument, milles seotakse esmakordselt reoveesetete ning biolagunevate jäätmete käitlemine ühtseks dokumendiks.

Jäätmeseaduse § 2¹ võimaldab omistada taaskasutamistoimingu läbinud jäätmetele “toote” staatuse (st. enam ei ole tegemist jäätmetega Jäätmeseaduse § 2 tähenduses). Käesoleval ajal on Euroopas väljatöötamisel ka jäätme lakkamise kriteeriumid (*End of waste criteria*⁴, *EoW*), mille eesmärgiks on seada teatud jäätmevoogudele kvaliteedikriteeriumid, millede täitmisel oleks võimalik lugeda neid jäätmeid edaspidi (uueks) tooteks kas a) väetise või pinnast parandava ainenä või nende koostisosana; b) ehitusmaterjali või selle koostisosana või c) pinnasena.

Seadusandluse muudatusettepanekute koostamisel on lähtuti algselt põhimõttest, et biolagunevate jäätmete (sh. reoveesette, biojäätmete ning loomsete kõrvalsaaduste, k.a. sõnnik ja läga) käitlemist ning utiliseerimist tuleb käsitleda integreeritult ning ühtse lähenemisega (vt LISA 7). Keskkonnaministeeriumis on aga käesoleval ajal (märts 2012) väljatöötamisel määrus biojäätmete käitlemisnõuete kohta ning asjatu dubleerimise vältimiseks on käesolevas peatükis välja toodud muudatusettepanekud keskkonnaministri määruse nr 78 (30.12.2002.) muutmiseks. Arvestatud on ka olemasolevates kvaliteedikäsiraamatutes (ECN-QAS⁵ ja PAS110⁶) kehtestatud nõudeid.

⁴ <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/documents/Endofwastecriteriafinal.pdf>

⁵ Quality Manual. (2010) European Compost Network. [WWW] http://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/2011/05/ECN-QAS-Manual_version-2010.pdf

⁶ Specification for whole digestate, separated liquor and separated fibre derived from the anaerobic digestion of source-segregated biodegradable materials. (2010) Publicly Available Specification. [WWW] http://www.wrap.org.uk/downloads/PAS110_vis_10.f52287ab.8536.pdf

2.2.1. Keskkonnaministri määrus 30.12.2002 nr 78 “Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded”

1. peatükk ÜLDSÄTTED

§ 1. Määruse reguleerimisala

Määrus reguleerib reoveesette kasutamist põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel, et vältida selle kahjulikku mõju pinna- ja põhjaveele, mullale, taimedele, loomade ja inimeste tervisele.

Ettepanek: Määrus reguleerib reoveesette kasutamist põllumajanduses, haljastuses, metsastamisel ja rekultiveerimisel, et vältida reoveesette kasutamisel tekkida võivat **sellega** kahjulikku mõju pinna- ja põhjaveele, mullale, taimedele, loomade ja inimeste tervisele.

Selgitus: Metsa istutamisel ei kujuta töödeldud reoveesetted ohtu keskkonnale, mida on korduvalt pikaajaliste katsetega tõestatud. Küll aga ei oleks see vastuvõetav kasvava metsa väetamiseks.

§ 2. Reoveesete

Reoveesete (edaspidi *sete*) on reoveest füüsikaliste, bioloogiliste või keemiliste meetoditega eraldatud suspensioon, mis jaguneb orgaanilise aine töötlemistõhususe alusel töödeldud ja töötlemata setteks.

Ettepanek: Reoveesete (edaspidi *sete*) on reoveest füüsikaliste, bioloogiliste või keemiliste meetoditega eraldatud suspensioon.

(1) **Ettepanek:** Käesoleva määruse reguleerimisalasse ei kuulu **setted** jäätmekoodinumbri 02 03 05, 02 04 03, 02 05 02, 02 06 03 ning 02 07 05, kui need vastavad kriteeriumitele, mis on sätestatud 2006/799/EÜ ja 2007/64/EÜ ning on tekkeallika järgi eraldatavad, s.t neid ei ole segatud reovete või setetega, mis ei kuulu eritootmisprotsessi juurde:

Jäätmekood	Kirjeldus
02 03 05	reovee kohtpuhastussetted, mis on tekkinud puu-, köögi- ja teravilja, toiduõli, kakao, kohvi, tee ja tubaka töötlemisel ning valmistamisel, konservitootmisel, pärimi ja pärimikonsentraadi tootmisel ning melassi valmistamisel ja kääritamisel
02 04 03	suhkrutootmisel tekkinud reovee kohtpuhastussetted
02 05 02	piimatööstuses tekkinud reovee kohtpuhastussetted
02 06 03	pagari- ja kondiitritööstuses tekkinud reovee kohtpuhastussetted

02 07 05	alkohoolsete ja alkoholivabade jookide (v.a kohv, tee ja kakao) tootmisel tekkinud reovee kohtpuhastussetted
----------	--

Selgitus: Vastavalt EL Komisjoni otsustele 2006/799/EÜ ja 2007/64/EÜ on võimalik neile setetele anda ökomärgis kas kasvusubstraadi või mullaparandusainete nime all vastavalt otsustes kehtestatud tingimustele.

(2) Ettepanek: Reoveesette käitlemisel koos teiste biolagunevate jäätmetega (aia-, köögijäätmed jt) kohaldatakse neile jäätmetele käesolevas määruses kehtestatud tingimusi.

Selgitus: Reoveesette kooskäitlemisel teiste biolagunevate jäätmetega on sõltuvalt protsessi iseloomust suurendada käitlemise efektiivsust (kompostimisel tagab aiajäätmete lisamine protsessi käivitumise, anaeroobsel käärimisel suurema biogaasi saagise jne). Kasutatavad biojäätmed ei kuulu enam biojäätmete käitelmistingimuste määruse alla, sest reoveesette puhul ei ole tagatud selle keemiline ohutus saasteainete (PAH, PCB-d jt) seisukohast. Kooskäitlemise puhul tuleb juhinduda kasutatavatele sisenditele (sete, biojäätmed jne) kehtestatud rangematest piirangutest.

§ 3. Töödeldud sete

(1) Sete on töödeldud selle määruse tähenduses, kui selles sisalduv orgaaniline aine on pinna- ja põhjaveele, mullale, taimedele, loomade ja inimese tervisele ohutuks muudetud vähemalt ühe loetletud toimingu abil:

- 1) aerobne või anaerobne stabiliseerimine, sealhulgas kompostimine;
- 2) keemiline või termiline töötlemine;
- 3) settes sisalduva orgaanilise aine mineraliseerimine punktides 1–2 loetlemata viisidel.

Ettepanek: § 3. Töödeldud sete

(1) Sete on töödeldud selle määruse tähenduses, kui selles sisalduv orgaaniline aine on pinna- ja põhjaveele, mullale, taimedele, loomade ja inimese tervisele ohutuks muudetud **stabiliseerimise ning hügieniseerimise teel** vähemalt ühe loetletud toimingu abil:

- 1) aerobne või anaerobne stabiliseerimine, ~~sealhulgas kompostimine~~;
- 2) keemiline või termiline töötlemine;
- 3) settes sisalduva orgaanilise aine mineraliseerimine punktides 1–2 loetlemata viisidel.

Ettepanek: Stabiliseerimine on selle määruse tähenduses bioloogilised ning keemilised protsessid, mille tulemusena biolagunevad materjalid saavutavad lagunemisastme, kus uuesti soodsatesse tingimustesse sattudes need edasi ei lagune.

Võimalikud indikaatorid:

1. Hapnikutarbe (OUR - oxygen uptake rate) puudumine
2. Orgaanilise aine vähenemine 38%
3. Spetsiifilise hapnikutarbimise tase (SOUR - specific oxygen uptake rate) vähem kui 1,5 mg/h/gKA
4. Lenduvate rasvhapete kontsentratsioon vähem kui 0,43 gKHT/kgLA
5. Biogaasi jääkpotentsiaal vähem kui 0,25 l/kgLA
6. Indikaator tuleb valida punktide 1-5 hulgast vastavalt stabiliseerimisprotsessi iseloomule (nt. orgaanilise aine vähenemist on raske hinnata komposti puhul, kui komposteerimise ajal lisatakse protsessi käivitamiseks tugimaterjale, kuid neid hiljem välja ei sõeluta). Indikaatoreid tuleb mõõta kehtivate akrediteeritud standardmeetoditega. (rahvusvahelisi standardeid ei ole mõtet panna määrusesse, aga üldine põhimõte/mõõteprintsip võiks kirjas olla).

Ettepanek: Hügieniseerimine on selle määruse tähenduses a) bioloogilised protsessid, millega hävitatakse või vähendatakse haigust tekitavate organismide tase soovitud madalatele, aksepteeritud tasemele, b) protsessid, millega välise soojuse abil hävitatakse või vähendatakse haigust tekitavate (patogeensete) organismide tase hügieeniliselt ohutule tasemele.

Selgitus: Stabiliseeritud setted on mullastikule ja taimedele ohutumad. Langeb ära ka nn “haisu küsimus”. Hügieniseerimine tagab väiksema patogeeni levimise riski inimesele, loomadele, taimestikule.

Kommentaar: Hügieniseerimine käesoleva määruse tähenduses ei tähenda ainult kuumtöötlust (70°C, 1h), vaid iga protsessi, millega tagatakse töödeldud sette hügieeniline ohutus.

(2) Sette kompostimine selle määruse tähenduses on sette aeroobne lagundamine mikro- ja makroorganismide abil, milleks lisatakse settele puukoort, saepuru, põhku, turvast või mõnda muud tugimaterjali ja segatakse settega. Kompostimisel peab kompostitava materjali temperatuur olema vähemalt kuus päeva üle 60 °C.

(2) Ettepanek: Sette kompostimine selle määruse tähenduses on sette aeroobne lagundamine mikro- ja makroorganismide abil, milleks lisatakse settele puukoort,

saepuru, põhku, turvast või mõnda teist tugimaterjali ja segatakse settega. ~~Kompostimisel peab kompostitava materjali temperatuur olema vähemalt kuus päeva üle 60°C.~~

1) Avatud süsteemis kompostimisel peab kompostitava materjali temperatuur olema iga segamise vahel vähemalt neli tundi üle 55°C. Aunasid peab läbi segama minimaalselt kolm korda ning tuleb saavutada materjali täielik stabiliseerimine.

2) Kinnises süsteemis kompostimisel peab kompostitava materjali temperatuur olema vähemalt neli tundi üle 55°C ning tuleb saavutada materjali täielik stabiliseerimine.

Selgitus: Reoveesette käitlejate väitel on Eesti kliimatilistes tingimustes praktiliselt võimatu saavutada temperatuuri 60°C vähemalt kuueks päevaks. Hügieenilise ohutuse tagamiseks on aga vajalik, et kompostimisel tõuseks temperatuur üle 55°C.

Lisaks: Euroopa Kompostivõrgustik ning *Working Document on Sludge and Biowaste* pakuvad välja kompostimisprotsessi miinimumnõuded, mis tagavad komposti stabiliseerimise. Samas – vastavalt Euroopa Kompostivõrgustiku *QAS Manual*ile on soovitatavad temperatuuriprofiilid avatud süsteemis kompostimisel: a) > 55°C vähemalt 10 päeva ja b) >65°C vähemalt 3 päeva; kinnises süsteemis kompostimisel aga >60°C vähemalt 3 päeva. Soovitatakse ka veesisaldust 40-50% ning pH vahemikku 6...8.

Selgitus: Kui temperatuur on sisse toodud, siis võiks olla ära näidatud optimaalne niiskusesisaldus (45-65%) või määratud niiskusesisalduse ülempiir (näiteks 75%). See nõue vähendaks ka tugimaterjalide kokkuhoidmist kompostimisel ja aitaks parandada komposti kvaliteeti.

(3) Ettepanek: Sette anaeroobne stabiliseerimine on selle määruse tähenduses sette kontrollitud langundamine hapnikuvabas keskkonnas, kus temperatuur on mesofiilses või termofiilses temperatuurivahemikus ning sisenditest toodetakse biogaasi ja käärimisjääki. Anaeroobse stabiliseerimise käärimisjääk tuleb vajadusel suunata järelvalmimisse. Järelvalmimise all mõistetakse bioloogilisi, keemilisi ja füüsikalisi protsesse, mis tagavad käärimisjäägi lõpliku stabiilsuse ning hügieenilise ohutuse.

(4) Ettepanek: Anaeroobse stabiliseerimise käärimisjääki võib peale tahendamist ladustada selleks ettenähtud kanalisatsiooni ja kõvakattega platsidele. Käärimisjäägi tahendamiseks ja kompostimiseks kasutatavatelt platsidelt tuleb reostunud sademevesi kokku koguda ja puhastada reoveepuhastis.

§ 4. Töötlemata sete

Sete on töötlemata selle määruse tähenduses, kui settes on vaid vähendatud veesisaldust või settele on lisatud tugimaterjale, kuid setet ja tugimaterjali ei ole regulaarselt segatud ning tugimaterjali ja sette segu temperatuur ei ole tõusnud üle 60 °C ja säilinud sel temperatuuril vähemalt kuus päeva.

Ettepanek: Töötlemata sete

Sete on töötlemata selle määruse tähenduses, kui settes on vaid vähendatud veesisaldust, **kuid neid ei ole töödeldud §-s 3 kirjeldatud moel.**

§ 5. Sette kasutamine

Sette kasutamine selle määruse tähenduses on sette maapinnale laotamine või pinnasesse viimine.

(1) Ettepanek: Töötlemata setet ei tohi kasutada.

Selgitus: Kui setted ei ole stabiliseeritud ega hügieniseeritud, või on need protsessid mittetäielikult läbi viidud, ei saa tagada sette ohutust keskkonnale.

§ 6. Sette kasutamine põllumajanduses

Sette põllumajanduses kasutamine on selle määruse tähenduses töödeldud sette kasutamine maal, mida kasutatakse põllumajandussaaduste tootmisel.

§ 7. Sette kasutamine haljastuses

Sette haljastuses kasutamine on selle määruse tähenduses sette kasutamine kõrg- või madalhaljastuse rajamiseks või selle parandamiseks haljasaladel ja haljasvööndites.

Ettepanek: Sette haljastuses kasutamine on selle määruse tähenduses **töödeldud** sette kasutamine kõrg- või madalhaljastuse rajamiseks või selle parandamiseks haljasaladel ja haljasvööndites.

§ 8. Sette kasutamine rekultiveerimisel

Sette rekultiveerimisel kasutamine selle määruse tähenduses on sette kasutamine maavara kaevandamisega rikunud maa-ala või mõnel teisel viisil rikunud maa-ala korrastamiseks või taaskasutamiseks ettevalmistamisel või prügilate katmiseks.

Ettepanek: Sette rekultiveerimisel kasutamine selle määruse tähenduses on **töödeldud** sette kasutamine maavara kaevandamisega rikunud maa-ala või mõnel teisel viisil rikunud maa-ala korrastamiseks või taaskasutamiseks ettevalmistamisel või prügilate katmiseks.

Ettepanek: § X Sette käitlejale esitatavad nõuded

Käitlejad kehtestavad, rakendavad ja hoiavad toimivana töötlemisprotsessi kvaliteedi tagamiseks ning kontrolliks alalise kirjaliku menetluse või menetlused, mis põhineb või põhinevad HACCP põhimõtetel (ohuanalüüsi ja kriitiliste kontrollpunktide süsteem). Kriitiliste punktide kindlaks määramise aluseks on ettevõtte tootmsskeemil (käitlemisskeemil) põhinev protsessi joonis, millel märgitakse ära kriitilised punktid, kus võib lõpp-produkti ohutus ja kvaliteet ebaõige käitlemise puhul ohtu sattuda ning määratakse tegevused, kuidas neid parameetreid ohjata.

Kommentaari: siin määruses tuuakse ära ainult põhimõtted ja täpsemad nõuded kehtestatakse eraldi kõigile biolagunevatele jäätmetele ühiselt.)

1) Ettevõtted eelkõige:

a) teevad kindlaks ohud sette kvaliteedi tagamisele, mida tuleb vältida ning mis tuleb kõrvaldada või vähendada vastuvõetavale tasemele;

b) teevad kindlaks kriitilised kontrollpunktid etapis või etappides, kus kontroll on töötlemisprotsessi nurjumise vältimiseks, ohu kõrvaldamiseks või vastuvõetava tasemeni vähendamiseks hädavajalik;

c) kehtestavad töötlemisprotsessi kriitilistes kontrollpunktides kriitilised piirid, mis tähistavad kindlaks tehtud ohtude vältimise, kõrvaldamise ja vähendamise puhul vastuvõetava ja keelatu piiri;

d) kehtestavad ja rakendavad kriitilistes kontrollpunktides tõhusa järelevalvekorra;

e) näevad ette korrigeerivad meetmed juhaks, kui seire näitab, et kriitiline kontrollpunkt ei ole enam kontrolli all.;

f) kehtestavad menetluse, mis võimaldaks kontrollida punktides a-e osutatud meetmete tulemuslikkust. Kontrollimenetlust teostatakse regulaarselt;

g) koostavad ettevõtte profiili ja suurusega vastavuses olevaid dokumente ja arhiive, mis näitaksid punktides a-f osutatud meetmete kohaldamise tulemuslikkust.

Kogumine, transport ja jälgitavus

1) Ettevõtted koguvad, ja transpordivad reoveesetet ning biolagunevaid jäätmeid tingimustel, millega hoitakse ära inimeste ja loomade terviseriskid.

2) Ettevõtted tagavad, et reoveesette ja/või biolagunevaid jäätmeid ja nendest saadud toodete transportil on saadetisega kaasas saateleht.

§ 9. Jäätmeola omamise kohustus

(1) Vastavalt jäätmeseaduse § 2 lõikele 1 käsitletakse reoveesetet jäätmena.

(2) Setet põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel kasutamiseks andval isikul peab olema jäätmeluba.

(3) Jäätmeloa omamise nõue ei laiene isikutele, kes annavad kasutajale ühe aasta jooksul ~~kuni 2 tonni töötlemata setet või~~ kuni 20 tonni töödeldud setet arvestatuna kuivainena.

Ettepanek: Jäätmeloa omamise nõue ei laiene isikutele, kes annavad jäätmeluba omavale isikule ühe aasta jooksul kuni 20 tonni töötlemata setet või kes annavad kasutajale kuni 20 tonni töödeldud setet arvestatuna kuivainena.

(4) Sette kasutamiseks põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel kooskõlas selle määrusega kehtestatud tingimustega ei ole kasutajal jäätmeloa omamine kohustuslik.

Kommentaari: Jälgitavuse tagamiseks vajalik registreerimine ja tunnustamine võiks toimuda seotult olemasolevate keskkonnalubade (jäätmeluba) alusel ja olla ka seal kajastatud. Osaliselt see praegune punkt seda ka katab. Tunnustamise all mõeldakse siin ettevõttele settekäitluseks loa andmist – kas on juba selline süsteem või tuleks ka sellele mõelda määruse väljatöötamise käigus?

Märkus: Suureks probleemiks on sette aastaste koguste ning selle liikumise jälgimine. Andmed, mida KKA-le esitatakse on sette koguste osas äärmiselt puudulikud olnud.

Lähtudes Millieu/WRC/RPA (2010) 1 ie = 20 kgKA ja eeldusest, et rooveepuhasti annab aasta jooksul ära kogu oma tekkiva rooveesette, saame et jäätmeloa omamise nõue ei laiene isikutele, kes annavad kasutajale ühe aasta jooksul kuni 2 tonni töötlemata setet (= rooveepuhasti kuni 100 ie) või kuni 20 tonni töödeldud setet (= rooveepuhasti kuni 1000 ie, juhul kui kompostitud, st. lisanud tugiainet – rooveepuhasti kuni 300 ie) arvestatuna kuivainena.

2. peatükk SETTE KASUTAMINE

§ 10. Sette kasutamine põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel

(1) Põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel on keelatud kasutada setet:

1) milles vähemalt ühe raskmetalli sisaldus ületab selle paragrahvi lõikes 2 esitatud piirväärtuse;

2) mis eraldatakse rooveest, kus ohtlike ainete sisaldus ületab kalendriaasta jooksul keskkonnaministri 16. oktoobri 2003. a määruse nr 75 “Nõuete kehtestamine

ühiskanalisatsiooni juhitavate ohtlike ainete kohta” (RTL 2003, 110, 1736) nõudeid, v.a selle paragrahvi lõikes 2 loetletud raskmetallide osas.

Märkus: Johtudes vee-ettevõtete vee-erikasutuslubadest ei ole vee-ettevõtetal kohustust seirata reoveest KKM (16.10.2003.a.) määruses nr 75 loetletud aineid. Erandiks võiks lugeda raskmetalle, mida seiratakse, kuid käesoleva paragrahvi lõige 2 elimineerib omakorda määrusest nr 75 tulenevad nõuded raskmetallidele.

Ettepanek: Töötlemisele võib suunata setet, mis on kontrollitud ohtlike ainete osas ja ei liigitu ohtlikuks jäätmeks Jäätmeseaduse tähenduses vastavalt määrusele Jäätmete ohtlike jäätmete hulka liigitamise kord (Vastu võetud 06.04.2004 nr 103 RT I 2004, 23, 156 jõustumine 01.05.2004). Sete, mis liigitub ohtlikuks jäätmeks tuleb käidelda vastavalt ohtlikele jäätmetele kehtestatud nõuetele (põletada).

Selgitus: Ohtlikud ained, mille osas kahtluse korral tuleb setet kontrollida on raskmetallid, PFOS, polübroomitud difenüüleetrid, PAH-id. Need on ained, mis jõuavad puhastitesse tavakasutusest ja hajaallikatest. Puhastipõhiselt võib nimekiri varieeruda, kuna tööstusallikaid sisaldavatest puhastitest võib tulla väga eritüübilisi prioriteetseid ohtlike aineid, mida keskkonda juhtida ei tohi (nimistu 1 ja 2 ained, Stockholmi konventisooni ained jne). Sette taaskasutamine võib olla kontrolli puudumisel oluliseks püsivate orgaaniliste ainete keskkonda jõudmise allikaks. Õige käitlemise korral, aga annab võimaluse oluliselt vähendada ringluses olevate ohtlike ainete hulka.

3) **Ettepanek:** kus on *Escherichia coli* üle 5000 pesa moodustava ühiku (PMÜ/g) grammi (mürgkaal) kohta ja leidub *Salmonella spp* 25 grammis (mürgkaal). Käärimisjäägid või kompost, mis ei vasta käesolevas jaos sätestatud hügieenilise ohutuse nõuetele, saadetakse järelvalmimisele, ja *Salmonella spp* esinemise korral see käideldakse või kõrvaldatakse pädeva asutuse kehtestatud juhiste kohaselt. Vabariigi Valitsuse määrus Nakkushaiguste ja nakkushaiguskahtluse esinemise ning haigestumise ohutegurite kohta teabe edastamise kord ja edastatavate andmete koosseis koos andmesubjekti identifitseerivate isikuandmetega Vastu võetud 23.07.2009 nr 134 RT I 2009, 41, 279

Selgitus: Stabiliseeritud setted on mullastikule ja taimedele ohutumad. Langeb ära ka nn “haisu küsimus”. Hügieniseerimine tagab väiksema patogeeni levimise riski inimesele, loomadele, taimestikule.

Lisaks: Töödeldud sette kasutamist tuleks piirata lasteaedade, mänguväljakute ning avalike parkide haljastamisel, kuid tuleks soodustada kasutamist teedehitusel, kanalisatsioonitrasside rajamisel jm sarnastel haljastusobjektidel.

Märkus: *WD on Sludge and Biowaste* pakub *Escherichia coli* piinormiks 500 000 pesa moodustava ühiku (PMÜ/g) grammi (märgkaal) kohta. Võrreldes seda piinormi töö II etapis seitsmest suuremast reoveepuhastusjaamast võetud töötlemata sette proovidega (80 proovi), selgus, et töötlemata sette *Escherichia coli* mediaansisaldus oli 238 556 MPN/g.

(2) Põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutatava sette raskmetallide sisalduse piirväärtus on:

Ettepanek: Vastavalt eelpool nimetatud biolagunevate jäätmete klassifitseerimisele sõltuvalt *EoW* kriteeriumitest ning *WD on Sludge and Biowaste* pakume välja põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutatava sette raskmetallide sisalduse piirväärtused:

Raskmetall (mg/kgKA)	86/278/EMÜ	KKM 30.12.2002.a. määrus nr 78	Working document on sludge and biowaste – reoveesetted
Cd	20-40	20,0	10,0
Cu	1 000 - 1 750	1 000,0	1 000,0
Ni	300 - 400	300,0	300,0
Pb	750 -1 200	750,0	500,0
Zn	2 500 - 4 000	2 500,0	2 500,0
Hg	16 - 25	16,0	10,0
Cr	-	1 000,0	1 000,0

Võrdluseks: Käesoleva projekti II etapi ajal seirati reoveesetet kokku 47-s reoveepuhastis. Tulemustest johtub, et kui üks reoveepuhasti välja arvata (Cr ja Zn osas), siis reoveesetele kehtestatavad rangemad piinormid sisulist muutust reoveesete töötlejate jaoks kaasa ei too.

Lisaks: Kehtestada piinormid settes olevatele polüaromaatsetele süsivesinikele:

- 1) PAH summaarne – 6 mg/kg,
- 2) sh eraldi normid benzo(a)püreenile – 2 mg/kg

Kommentaari: Käesoleva projekti käigus analüüsitud reoveesetetest ei vastanud PAH (summaarne) piinormile kolme reoveepuhasti reoveesete tulemused.

(3) Sette kasutamine põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel on keelatud maa-aladel:

- 1) kus ühe või mitme raskmetalli sisaldus mullas ületab järgmisi piirväärtusi:

Raskmetall	Piirväärtus
------------	-------------

	mg/mulla KA kg kohta
Kaadmium	3,0
Vask	50,0
Nikkel	50,0
Plii	100,0
Tsink	300,0
Elavhõbe	1,5
Kroom	100,0

Märkus: Vee-ettevõtete ja põllumeestelt on tulnud märkuseid, et tabelis toodud vase piirväärtus on vale (on proportsioonist väljas võrreldes teiste raskmetallide sisaldustega – piirab oluliselt sette kasutamist) ja seda tuleks suurendada.

Ettepanek: Panna raskmetallide piirväärtused mullas sõltuma mulla pH-st.

Seletus: Muld on kompleksne maatriks, kus raskmetallide kättesaadavus sõltub paljudest faktoritest (absorptsioon, adsorptsioon, bioleostumine – *i.k. bioleaching* jne)

Raskmetall	Piirväärtus, mg/mulla KA kg kohta		
	$5 \leq \text{pH}(\text{CaCl}_2) < 6$	$6 \leq \text{pH}(\text{CaCl}_2) < 7$	$\text{pH}(\text{CaCl}_2) \geq 7$
Cd	0.5	1	1.5
Cr (total)	50	75	100
Cu	40	50	100
Hg	0.2	0.5	1
Ni	30	50	70
Pb	50	70	100
Zn	100	150	200

2) kus mulla $\text{pH} \leq 5$;

3) mis on liigniisked või üleujutatavad;

4) mis on külmunud või lumega kaetud.

(4) Maa-aladel, kus mulla $\text{pH} > 5$ ja ≤ 6 , võib põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutada ainult lubjaga stabiliseeritud setet.

Kommentaari: Tänapäeval ei teata ühtegi kohta, kus setet lubjaga stabiliseeritakse – see on majanduslikult vastuvõetamatu.

(5) Põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel sette kasutamisel mulda viidav kümne aasta keskmine raskmetallikogus hektari kohta ei tohi ületada järgmisi piirväärtusi:

Raskmetall	Piirväärtus
	mg/mulla KA kg kohta
Kaadmium	0,15
Vask	12,0

Nikkel	3,0
Plii	15,0
Tsink	30,0
Elavhõbe	0,1
Kroom	4,5

Ettepanek: Põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel sette kasutamisel 3 aasta jooksul mulda viidav keskmine raskmetallide kogus hektari kohta aastas:

Raskmetall	Piirväärtus
	<u>Kg/ha/a</u>
Kaadmium	0,015
Vask	3,0
Nikkel	0,75
Plii	1,0
Tsink	7,5
Elavhõbe	0,01
Kroom (kogu)	3,0
Kroom (VI)	0,015

Selgitus: Ühikute määramisel on algtekstis eksitud ja need tuleb asendada uuega, ettepanekutabelis esitatuga.

§ 11. Töötlemata sette kasutamise nõuded

~~(1) Töötlemata setet tohib kasutada ainult haljastuses ja rekultiveerimisel.~~
~~(2) Maa peale laotatud töötlemata sete tuleb sisse künda või katta mullaga kahe ööpäeva jooksul pärast laotamise algust, v.a prügilate katmisel.~~
 (1) **Ettepanek:** Töötlemata setet ei tohi kasutada.
Selgitus: Kui setted ei ole stabiliseeritud ega hügieniseeritud, või on need protsessid mittetäielikult läbi viidud, ei ole võimalik tagada sette ohutust keskkonnale.

§ 12. Sette kasutamise täiendavad nõuded põllumajanduses

(1) Maal, kus kasvatatakse köögivilja- või marjakultuure ning ravim- või maitsetaimi, on sette kasutamine keelatud.

(2) Maal, kuhu on laotatud setet, ei tohi:

- 1) aasta jooksul pärast laotamist kasvatada köögiviljakultuure ning ravim- või maitsetaimi toiduks või söödaks;
- 2) kahe kuu jooksul pärast laotamist karjatada loomi või varuda loomasööta.

Kommentaari: Need punktid on vastuolus! Kas on seal mõeldud söödapeeti jm köögivilja alla liigituvat sööta (juurviljad?), sest järgmine punkt lubab 3 kuu möödumisel juba loomasööta varuda.

Ettepanek: 1) aasta jooksul pärast laotamist ei või kasvatada köögiviljakultuure inimtoiduks ning maitse- või ravimtaimi.

Ettepanek: 2) Aasta jooksul peale laotamist ei või kasvatada söödakultuure.

3) juhul, kui rohu osa on ka ohtlik, nagu võib järeldada maitsetaimede piirangust tuleks karjatamise ja söödavarumise keeld ka 1 aasta peale pikendada. Kui sööda osas kehtib see ainult juure osale, siis peaks see ka selgelt välja tulema. Hetkel on sõnastus seal vastukäiv. Kuigi töödeldud sette puhul peaksid ohud olema minimaalsed, ei ole seda aspekti töös uuritud ning ekspertarvamuse peaksid andma põllumajanduse spetsialistid.

~~(4) Kasutada ei tohi setet, kus on fekaalseid coli-laadseid baktereid 100 milliliitris üle 1000 pesa moodustava ühiku (PMÜ) ja helmintide mune 1 liitris üle 1 (munade aritmeetiline keskmine liitri kohta).~~

3. peatükk

SETTE KASUTAMISE ÜLE ARVESTUSE PIDAMINE, ANDMETE EDASTAMINE JA SÄILITAMINE

§ 13. Sette kasutaja kohustused sette kasutamise üle arvestuse pidamisel, andmete edastamisel ja säilitamisel

Ettepanek: sette kasutuse osas peavad arvestust pidama ainult põllumajanduskasutajad.

Kommentaar: Seda peaksid põllumajanduskasutajad tegema vastavalt kehtivale väetiste jm kasutamise korrale. Andmed peaksid olema fikseeritud põlluraamatus.

(1) Sette kasutaja on kohustatud:

1) ~~pidama sette kasutamise kohta päevikut või~~ kandma andmed põlluraamatusse

Selgitus: Põlluraamatu vorm ja põlluraamatu pidamise kord Vastu võetud 09.04.2003 nr 36)

Märkus: Mulla analüüside üle arvepidamine on põlluraamatus fikseeritud, mistõttu topeltarvestuse pidamine ei ole mõistlik;

2) esitada sette kasutamiseks andjale kirjalikult oma nime, elu- või tegevuskoha aadressi, isikukoodi või äriregistri koodi ja ~~andmed sette kasutamise kohta;~~

Kommentaar: See ei ole kasutusele andja jaoks oluline info.

~~3) säilitama sette kasutamise kohta peetud päevikut kümme aastat.~~

Kommentaari: Põlluraamatut peab säilitama ka 10 aastat ning sel juhul ei ole seda eraldi siia määrusesse vaja panna.

(2) ~~Päevikusse või~~ põlluraamatusse peab sette kasutaja hiljemalt kolme päeva jooksul arvates sette kasutamisest kandma järgmised andmed:

- 1) sette kasutamise aeg;
- 2) sette kasutamise koht;
- 3) põllumajanduses, ~~haljastusel või rekultiveerimisel~~ kasutatud sette kogus maa-ala hektari kohta;

4) sette analüüsiandmed seal hulgas kasutusele andjalt saadud kvaliteedikinnitus (vajalik on kehtestada dokumendivorm) ja fosfori ja lämmastiku sisaldus kg kohta, et saaks arvestada koguseid, mida põllule kanda (sarnaselt väetisega).

Kommentaari: Veeseadus paragrahv 26¹ kehtestab nõuded:

Sõnnikuga on lubatud anda haritava maa ühe hektari kohta keskmiselt kuni 170 kilogrammi lämmastikku ja 25 kilogrammi fosforit aastas, kaasa arvatud karjatamisel loomade poolt maale jäetavas sõnnikus sisalduv lämmastik ja fosfor. Samad kogused võiks siis jääda ka reoveesettele, sest need on kehtestatud lähtudes taimekasvuks optimaalsetest kogustest ning arvestades keskkonnanõudeid.

5) mulla analüüsiandmed sette kasutamise kohas.

Kommentaari: Analüüsiandmed peavad olema nii enne kui ka pärast sette laotamist.

§ 14. Sette kasutamiseks andja kohustused sette kasutamise üle arvestuse pidamisel, andmete edastamisel ja säilitamisel

Kommentaari: need kaks punkti võiksid ka vastupidises järjekorras olla. Enne antakse kasutusse ja siis jägitakse kasutust.

Ettepanek: Sette kasutamise jälgitavuse tagamine:

1. Ettevõtted tagavad, et neil on kasutusel süsteemid ja menetlused, mille alusel on võimalik kindlaks teha: teised ettevõtted, kellele setet on tarnitud ning ettevõtjad, kellelt nemad on tarninud. See teave tehakse pädevale asutusele taotluse korral kättesaadavaks.

2. Rakendusmeetmetena määratakse kindlaks teave, mis tuleb pädevatele asutustele kindlaks teha ja ajavahemikud, mille jooksul seda tuleb säilitada.

(1) Isikud, kellel käesoleva määruse § 9 kohaselt peab olema jäätmeluba, on kohustatud:

- 1) pidama päevikut sette töötlemise ja kasutamiseks andmise kohta;
- 2) esitama jäätmeola andjale iga aasta 1. veebruariks käesoleva paragrahvi lõikes 2 toodud andmed paberkandjal ja elektrooniliselt;
- 3) andma sette kasutamiseks andmisel kasutajale dokumendi, kuhu on märgitud sette töötlusviis ning käesoleva määruse § 15 lõikes 3 nõutud analüüsiandmed;
- 4) säilitama käesoleva lõike punktis 1 nimetatud päevikut kümme aastat.

(2) Päevikusse kantakse järgmised andmed:

- 1) töödeldud ja kasutamiseks antud sette kogused;
- 2) settetöötlusviis;
- 3) sette analüüsitulemused;

Ettepanek: Analüüsitulemused ei tohiks olla vanemad kui 18 kuud ning analüüsid tuleb teha sõltumatus akrediteeritud laboris.

4) ~~sette kasutamiseviis ja koht (territoriaalkood Eesti Vabariigi haldusüksuste klassifikaatori järgi);~~

Kommentaar: Seda jälgib põllumajanduskasutaja. Sette käitlejale on see liigne lisakohustus ja töödeldud sete peaks olema juba piisavalt ohtutu, et edasist kasutamist ei ole vaja jälgida.

5) kasutajate nimed, registrikoodid ja aadressid.

Ettepanek: (3) Sette töötaja annab sette kasutusele andmisel kasutajale kaasa analüüsitulemused, et sete vastab kehtestatud ohutusnõuetele ning informatsiooni toitainete sisalduse kohta. Väikepakendites turustamise korral kantakse vastav info ka pakendile.

4. peatükk

SETTE- JA MULLAPROOVIDE VÕTMINE JA ANALÜÜSIMINE

§ 15. Setteproovide võtmine ja analüüsimine

(1) Sette kasutamiseks andja on kohustatud enne sette põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel kasutamiseks andmist tagama kasutamiseks antava sette proovide võtmise ja analüüsimise.

(2) Setteproovide võtmisel tuleb lisaks käesolevas määruses sätestatud nõuetele järgida keskkonnaministri 6. mai 2002. a määrusega nr 30 «Proovivõtumeetodid» (RTL 2002, 56, 833) kehtestatud nõudeid.

Ettepanek: Sette (ja biolagunevate jäätmete) proovide võtmisel tuleb arvestada standardites ISO 5667-13 “Vee kvaliteet – Proovivõtt – Osa 13: Setteproovide

võtmise juhend reovee- ja veetöötlemise teostamisel” kehtestatud nõudeid (sisuliselt on see ka KKM määruses nr 30 sätestatud) ning EVS-EN 12579 “Mullaparandajad ja kasvukeskond. Proovivõtt” sätestatud nõudeid.

Märkus: Vastavalt ISO/IEC 17025 on proovivõtt on analüüsi lahutamatu osa, mistõttu peab töö jälgitavuse tagamiseks proovivõtt olema teostatud a) meetodiga, mis kuulub katselabori akrediteerimisulatusse või b) pädeva mõõtja poolt meetodiga, mis kuulub tema pädevusulatusse. KKM määrusesse nr 30 (06.05.2002) tuleks sisse tuua pinnasest, jäätmetest ja mullaparandusainetest proovivõtt.

(3) Setteproovide analüüsimisel enne sette põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel kasutamiseks andmist tuleb määrata sette pH, raskmetallide (kaadmium, vask, nikkel, plii, tsink, elavhõbe ja kroom), kuivaine-, orgaanilise aine, lämmastiku- ja fosforisisaldus.

Ettepanek: Sette proovide analüüsimisel enne nende põllumajanduses, haljastuses või rekultiveerimisel kasutamiseks andmist tuleb lisaks eelpoolnimetatutele määrata ka stabiilsus (erinevad meetodid, täpsustamisel), võõrised, bioloogilised näitajad (umbrohuseemned, idanemine) jm. Vajalikud lisanduvad analüüsid määratakse kvaliteedijuhendiga ja/või pädeva asutuse poolt.

Kommentaari: Kui settele ei lisata muid biolagunevaid jäätmeid, ei ole võõraste analüüsimine vajalik. Bioloogilised näitajad (taimne reaktsioon, idanevus) on kvaliteeti näitavad analüüsid, kuid nende jaoks ei ole hetkel olemas standardmeetodeid.

§ 16. Setteproovide võtmise sagedus

(1) Settest võetavate keskmistatud proovide arv on sõltuvalt reoveepuhasti jõudlusest ja reoveepuhasti ekspluatatsioonis olemise ajast järgmine:

Reoveepuhasti jõudlus, ie

Reoveepuhasti jõudlus,
ie

Proovide arv aastas

	esimesel aastal	järgmistel aastatel pärast kasutusele võtmist
	pärast kasutusele võtmist	
>100 000	≥12	≥4
10 000 – 100 000	≥6	≥3
2000 – 10 000	≥4	≥2
2000	≥2	1

(2) Kui sellise reoveepuhasti, mille jõudlus on alla 100 000 ie, sette sisaldus ei ületa kalendriaasta jooksul § 10 lõikes 2 esitatud piirväärtusi, võib raskmetallide sisalduse analüüsi teha kolme aasta tagant, v.a juhul, kui ühiskanalisatsiooniga ühineb uus ettevõtte, ~~mille reovesi võib raskmetalle sisaldada.~~

[RTL 2004, 64, 1056 - jõust. 24.05.2004]

Ettepanek: 1) partiipõhiselt kontrollitakse töötlemisele suunatava sette vastavust töölemiseks sobiva sette nõuetele käesoleva määruse § 3. Töödeldud sete (ei klassifitseeru ohtlikuks jäätmeiks).

2) Töödeldud settest võetakse proove partii põhiselt – igast kasutusse antud partiist keemilise- ja hügieenilise ohutuse kontrolliks. (Miinimum kvaliteedi nõuete osas.)

3) Analüüsitulemused säilitatakse ja tehakse vajadusel kättesaadavaks järelevalve asutusele.

(3) Sette kasutusele andja annab partiiga kaasa info analüüsitulemustest seal hulgas toitainete sisaldused. (See oli see mõte, et põllumajandus ettevõtted saaksid seda väetistega võrdselt kasutada.)

Kommentaari: Partii tuleks defineerida kas ajaliselt (näiteks 3 kuu jooksul tekkinud setted), või koguseliselt (näiteks 20t)

§ 17. Mullaproovide võtmine ja analüüsimine sette põllumajanduses kasutamiseks

(1) Sette põllumajanduses kasutaja peab tagama sette kasutamiskohas mullaproovide võtmise ning pH ja raskmetallisalduse määramise vegetatsiooniperioodi lõpus enne sette kasutamist ning kasutamise järel iga viie aasta tagant.

(2) Proovivõtukohta valikul arvestatakse haritava maa suurust, maaviljeluse eesmärki, mullastikku omadusi, mulla lõimist ja niiskust.

(3) Mullaproov võetakse keskmistatud proovina, mis koosneb 10–20 ühesuurusest 25 cm sügavuselt võetud üksikproovist. Kui mullakiht on õhem, võib üksikproovid võtta madalamalt, kuid mitte vähem kui 10 cm sügavuselt.

(4) Üksikproov võetakse 3–5 hektari samal eesmärgil viljeldava maa kohta võimalikult ühesuguse lõimise (liiv, saviliiv, liivsavi, savi, turvas) ja niiskusastmega mullast.

(5) Mullaproovi võtmisel liigutakse Z, S või U-kujuliselt.

(6) Üksikproovid kogutakse plastmassanumasse, segatakse hoolikalt ja võetakse 0,4–0,5 kg raskune keskmistatud proov.

2.2.2. Veekaitseenõuded väetise-, sõnniku- ja anaeroobse kääritamise jäägi hoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla, anaeroobse kääritamise jäägi ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded. Kehtestatud Vabariigi Valitsuse 28. 08. 2001. a määrusega nr 288.

§ 4. Sõnnik, sõnniku liigid ja virts

(1) Määruses käsitatakse sõnnikuna «Veeseaduse» § 26¹ lõike 1 alusel kehtestatud, põllumajandusministri 21. augusti 2003. a määruse nr 85 «Sõnniku koostise nõuded» (RTL 2003, 95, 1428) tähenduses tahesõnnikut, poolvedelat sõnnikut ja vedelat sõnnikut.

(2) Virtsana käsitatakse loomade vedelaid väljaheiteid koos sõnnikust väljanõrgunud vedelikega.

(3) Sügavallapanusõnnikuna käsitatakse loomapidamishoones küllaldase allapanuga tekkinud tahesõnnikut, millest ei eraldu virtsa.

(4) Anaeroobse kääritamise käärimisjäägina (digestaadina) käsitatakse biolagunevate materjalide anaeroobsel kääritamisel tekkivat jääki - orgaanilise aine anaeroobsel lagundamisel järelejäävat jääkmaterjali, mis võib olla algsel käärimise jäägi kujul, või ka eraldatud vedelaks ja kiulisi materjale sisaldavaks tahkeks osaks.

§ 5. Veekaitseenõuded sõnniku-, virtsa- ja digestaadihoidlatele

(1) Käärimisjäagi- ja sõnnikuhoidla ja sõnnikurennid peavad olema ehitatud nii, et sademed ja pinna- ning põhjavesi ei valguks hoidlasse.

(2) Vädu ning vedelsõnniku- ja virtsahoidla peab ammoniaagi lendumise vähendamiseks olema kaetud.

(3) Käärimisjäagi- ja sõnnikuhoidla ja sõnnikurennid peavad olema lekkekindlad. Ehitamisel peab kasutama materjale, mis tagavad lekkekindluse hoidla eksploatatsiooniaja vältel.

(4) Käärimisjäagi- ja sõnnikuhoidla valdaja peab võtma kasutusele abinõud tagamaks, et kõrvalised isikud või loomad ei pääseks hoidlasse.

§ 6. Sõnniku ja tahendatud käärimisjäagi hoidmine põllul

(1) Sõnniku- ja tahendatud käärimisjäägi aunana käsitatakse «Veeseaduse» tähenduses käesolevas määruses kehtestatud nõuete kohaselt hoitavat sõnnikut ja käärimisjääki.

(2) Sõnniku- ja tahendatud käärimisjäägi aun peab olema kaetud vettpidava materjaliga või vähemalt 20 cm paksuse turba-, põhu-, mulla-, saepuru- või puitlaastukihiga.

(3) Sõnniku- ja tahendatud käärimisjäägi auna ei tohi kahel teineteisele järgneval aastal paigutada samasse kohta.

3. peatükk SÕNNIKU JA KÄÄRIMISJÄÄGI KASUTAMISE NÕUDED

§ 11. Sõnniku ja käärimisjäägi vedu

Sõnniku ja käärimisjäägi veol peab vedaja ära hoidma sõnniku ja käärimisjäägi keskkonda sattumise.

§ 12. Sõnniku ja käärimisjäägiga väetamine

(1) Sõnnikut ja käärimisjääki ei tohi laotada lumele ja külmunud maale.

(2) Üle 300 loomühiku loomi pidav isik (edaspidi *loomapidaja*), kes kasutab loomapidamishoones vedelsõnniku või anaeroobse kääritamise tehnoloogiat, või isik, kes lepingu alusel laotab 300-le loomühikule vastava koguse loomade vedelsõnnikut või käärimisjääki, koostab enne vedelsõnniku või käärimisjäägi laotamist vedelsõnniku või käärimisjäägi laotamisplaani, milles näidatakse laotatav vedelsõnniku või käärimisjäägi kogus, laotusala pindala, laotamisviisid, laotusala põhjavee kaitstus, laotusalal asuvad pinnaveekogud ja veehaarded.

(3) Vedelsõnniku või käärimisjäägi laotamisplaani kinnitab enne vedelsõnniku või käärimisjäägi laotamist Keskkonnaamet. Vedelsõnniku või käärimisjäägi laotamisplaani kinnitatakse kolme aasta kohta. Vedelsõnniku või käärimisjäägi koguse suurenemise puhul taotleb loomapidaja laotamisplaani muudatuse tegemist või esitab kinnitamiseks uue plaani. Loomapidaja peab laotamisplaani säilitama üks aasta pärast vedelsõnniku või käärimisjäägi laotamisaega.

2.2.3. Veeseadus

§ 26. Valgala kaitse veereostuse eest

(3) Reostusallika ohtliku seisundi tekke vältimiseks ja vee reostumise ennetamiseks kehtestab Vabariigi Valitsus oma määrustega veekaitseõuded potentsiaalselt ohtlike reostusallikate kohta nende liikide kaupa. Veekaitseõuded käesoleva seaduse tähenduses on potentsiaalselt ohtlike reostusallikate ehitus-,

planeerimis- ja eksploatatsiooninõuded, mis aitavad vältida reostusallika ohtlikku seisundit ja vähendada tekkiva reostuse mõju.

(4) Potentsiaalselt ohtliku reostusallika liigid on:

4) sõnnikuhoidlad.

6) anaeroobse kääritamise jaamad koos käärimisjäähoidlatega.

(5) Kui käesoleva paragrahvi lõikes 4 nimetatata reostusallikast tekib oht inimese tervisele, on keskkonnaministril õigus nimetada reostusallikas potentsiaalselt ohtlikuks ja kehtestada sellele veekaitsenõuded.

§ 26¹. Valgala kaitse põllumajandustootmisest pärineva reostuse eest

(1) Põhja- ja pinnavee kaitseks põllumajandustootmisest pärineva reostuse (edaspidi *põllumajandusreostus*) ennetamiseks ja piiramiseks kehtestab Vabariigi Valitsus sõnniku, silomahla, anaeroobse kääritamise jäägi (digestaadi) ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded.

(1¹) Väetis käesoleva seaduse tähenduses on selline aine või valmistis, mille kasutamise eesmärk on kasvatatavate taimede varustamine toitainetega. Käesoleva seaduse tähenduses loetakse väetiseks ka sõnnik, virts, silomahl, kompost, anaeroobse kääritamise jääk ning muud väetamiseks kasutatavad orgaanilised taimse või loomse päritoluga ained, mis otse või töödeldult mulda viiakse.

(2) Põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel reoveesette ja anaeroobse kääritamise jäägi kasutamise nõuded kehtestab keskkonnaminister oma määrusega. Reoveesete käesoleva seaduse tähenduses on reoveest füüsikaliste, bioloogiliste või keemiliste meetoditega eraldatud suspensioon.

(4) Sõnniku ja anaeroobse kääritamise jäägiga on lubatud anda haritava maa ühe hektari kohta keskmiselt kuni 170 kilogrammi lämmastikku ja 25 kilogrammi fosforit aastas, kaasa arvatud karjatamisel loomade poolt maale jäetavas sõnnikus sisalduv lämmastik ja fosfor.

(4³) Kasvavate kultuurideta põllul tuleb sõnnik ja anaeroobse kääritamise jääk pärast laotamist mulda viia 48 tunni jooksul.

(6) Põllumajandusmaa ühe hektari kohta tohib pidada aasta keskmisena kuni kahele loomühikule vastaval hulgal loomi. Rohkem kui kahele loomühikule vastaval hulgal loomi ühe hektari kohta tohib pidada nõuetekohase mahutavusega sõnniku- ja anaeroobse kääritamise jäägi hoidlate või sõnniku- ja virtsahoidla ning sõnniku ja anaeroobse kääritamise jäägi laotamislepingu või ostu-müügilepingu olemasolu korral.

§ 26². Sõnniku ja virtsa hoidmise nõuded

(1) Kõikidel loomapidamishoonetel, kus peetakse üle 10 loomühiku loomi, peab olema lähtuvalt sõnnikuliigist sõnnikuhoidla või sõnniku- ja virtsahoidla. **Anaeroobse kääritamise jaamadel peab olema digestaadi hoidla.**

(2) Põllumajandusloomade pidamisel peab sõnnikuhoidla või sõnniku- ja virtsahoidla mahutama vähemalt nende kaheksa kuu sõnniku ja virtsa. **Käärimisjäägi hoidla peab mahutama vähemalt kaheksa kuu digestaadi.**

(3) Kui sügavallapanuga laut ei mahuta kaheksa kuu sõnnikukogust, peab laudal olema ülejääva koguse mahutav sõnnikuhoidla. Sõnnikuga **või käärimisjäägiga** kokkupuutuvad konstruktsioonid peavad vastama sõnnikuhoildlatele esitatavatele nõuetele.

(3¹) Kui loomapidaja suunab sõnniku **või käärimisjäägiga** lepingu alusel hoidmisele või töötlemisele teise isiku hoildlasse või töötlemiskohta, peab loomapidamishoone **või anaeroobse kääritamise jaama** kasutamisel olema tagatud lekkekindla hoidla olemasolu, mis mahutab vähemalt ühe kuu sõnniku **või käärimisjäägi** koguse.

(5) Haritavaal maal on aunas lubatud hoida vaid tahesõnnikut **või tahendatud käärimisjääki** ning mahus, mis ei ületa ühe vegetatsiooniperioodi kasutuskogust. Sõnniku- **või käärimisjäägi** aun on käesoleva seaduse § 26¹ lõike 1 alusel kehtestatud nõuete kohaselt põllul hoitav sõnnikukogum.

§ 26³. Valgala kaitse põllumajandusreostuse eest nitraaditundlikul alal

(3) Nitraaditundlikul alal on sõnniku, **käärimisjäägiga** ja mineraalväetistega kokku lubatud anda haritava maa ühe hektari kohta keskmisena kuni 170 kg lämmastikku aastas. Mineraallämmastiku kogused, mis on suuremad kui 100 kg hektarile, tuleb anda jaotatult.

(6) Allikate ja karstilehtrite ümbruses on kuni 50 meetri ulatuses veepiirist või karstilehtri servast keelatud väetamine, taimekaitsevahendite kasutamine ja sõnniku **või tahendatud käärimisjäägi** hoidmine sõnnikuaunas, kui kaitse-eeskiri teisiti ei sätesta, ja muud kaitse-eeskirjas sätestatud vee kvaliteeti ohustavad toimingud. Kaitse-eeskirjaga võib 50-meetrise piirangutega ala ulatust vähendada.

3. Biolagunevate jäätmete kogumine ja käitlemine Eestis.

Biolagunevate jäätmete kahjulik mõju ilmneb prügilasse ladestamisel. Jäätmete anaeroobsel lagunemisel tekib metaani, süsinikdioksiidist 21 korda mõjusamat kasvuhoonegaasi. Sellise keskkonnoahu vältimiseks nähakse prügilaid käsitlevas direktiivis 1999/31/EÜ ette, et kaks kolmandikku biolagunevatest olmejäätmetest tuleb suunata mujale kui prügilatesse, ja nõutakse, et liikmesriigid kehtestaksid ja vaataksid regulaarselt üle riiklikud strateegiad, mis on seotud prügimägedest kõrvalejuhitud jäätmete käitlemisega. Selle kohustuse täielik täitmine aitab oluliselt vähendada biolagunevate jäätmete keskkonnamõju, eelkõige kasvuhoonegaaside heidet.

Prügilasse ladestamata biolagunevate jäätmete käitlemiseks pole olemas ühest lahendust, mis oleks parim ka keskkonnale. Olemasolevate jäätmekäitlusvariantide üldmõju keskkonnale sõltub paljudest kohalikest teguritest, muuhulgas kogumissüsteemidest, jäätmete koostisest ja kvaliteedist, kliimatingimustest, mõjust kliimamuutustele, komposti võimest vähendada mulla degradeerumist ja muudest mõjuteguritest.

3.1. Varasemad uuringud

Biolagunevate jäätmete koguste, koostise ning erinevate taaskasutamisevõimaluste kohta on Eestis läbi viidud mitmeid erinevaid uuringuid. Järgnevalt on toodud lühiülevaated varasematest biolagunevaid jäätmeid käsitlevatest projektidest.

“Biolagunevate jäätmete käitlemise tegevuskava aastani 2013” (ESTIVO, 2006, KKM projekt nr 617546) on vaadelnud biolagunevate jäätmete käitlemiseks vajalikke tegevusi ning meetmeid linna- ja maaelanikele (eramud ja kortermajad), reoveepuhastusettevõtetele ning teistele ettevõtetele (kellel tekib suurem kogus kompostitavaid biolagunevaid jäätmeid) ning kirjeldatud erinevad võimalused biolagunevate jäätmete kogumis- ja veosüsteemi arendamiseks. Käsitatud on erinevaid biolagunevate jäätmete käitlemistehnoloogiaid, käitluskohti ning hinnangulisi maksumusi erinevatele võimalustele. Samuti on toodud ülevaade jäätmete biotöötlusprotsesside saadustest, nende kasutamisest ning kvaliteedist. Kompostimise arendamiseks on tähtis kompostile kvaliteedinõuete seadmine, mis on

eelduseks laiema turu tekkele. Komposti jaotamisel konkreetsetesse kvaliteediklassidesse tuleb Eestis järgida Euroopa Liidu poolt kehtestatavaid norme, mis on väljatöötamisel. Lihtsustatud kujul saab komposti jagada kvaliteediklassidesse vastavalt kompostitavate jäätmete (algmaterjal) koostise, puhtuse (reostatus kilede jt bioloogiliselt mittelagunevate jäätmetega) ja töötlusprotsessi läbiviimise järgi.

Tallinna Keskkonnaameti tellimisel tehtud uuringus “**Tallinna kodumajapidamistes tekkivate olmejäätmete koostis ja kogused**” (uuringu teostaja Entec AS) selgus, et uuritud perioodil 2003.-2004.a. oli Tallinna kodumajapidamiste olmejäätmetes biojäätmeid 42,8% ehk 87 kg elaniku kohta aastas.

Köögijäätmeid, milleks põhiliselt olid toidujäätmed, oli Tallinna kodumajapidamiste olmejäätmetes keskmiselt 30,44% ehk 58.8 kg elaniku kohta aastas. Enim tekkis toidujäätmeid talvel, 38,6% ehk 71,6 kg/el/aastas ning kõige vähem suvel 28,8% ehk 49.1 kg/el/aastas. Sügisene näitaja oli 27,9% ehk 58.3 kg/el/aastas ja kevadine 28,8% ehk 56.1 kg/el/aastas.

Sügisel ja kevadel olid **aiajäätmetena** olmejäätmetes eelkõige lehed ja oksad, suvel põhiliselt muru. Aiajäätmeid oli olmejäätmetes keskmiselt 8,06% ehk 19,65 kg elaniku kohta aastas. Kõige rohkem tekkis aiajäätmeid sügisel: 18,1% olmejäätmetest ehk ca 41 kg/el/aastas, mis on ligi 2 korda rohkem kui kevadel või suvel. Kevadel oli keskmiselt 6,9% ehk 18,8 kg aiajäätmeid elaniku kohta, suvel 6,4 ehk 17,6 kg aiajäätmeid elaniku kohta. Talvel oli aiajäätmete sisaldus 0,82% ehk 1,3 kg/el/aastas.

Muud biolagunevad jäätmed olmejäätmetes olid lillmuld, liiv ja lemmikloomade hooldeliiv või puru. Muid biolagunevaid jäätmeid oli olmejäätmetes keskmiselt 2,6% ehk 5,3 kg/el/aastas.

Pehme paber loeti uuringus biolagunevaks jäätmeks, kuna see oli reeglina määrdunud ja vettinud kokkupuutumisest köögijäätmetega. Pehmet paberit oli olmejäätmetes keskmiselt 1,7% ehk 3,5 kg/el/aastas.

MES 2007.a. uuringu “**Eestis olemasoleva, praeguse või juba kavandatud tootmise-tarbimise juures tekkiva biomassi ressursi hindamine**” kohaselt on loomade arvukus on suurtootmise ajaga võrreldes vähenenud ligikaudu 3 korda. Seetõttu on kahanenud ka sõnnikukogused. Võttes arvesse loomade arvu ja vanuse 2006.a.ja loomühiku kohta toodetava sõnniku koguse, arvatati sõnnikukogused laudaperioodi kohta. Veisesõnniku kogused on ligikaudu kaks korda suuremad kui

seasõnniku kogused. Kuid täiesti vastupidine olukord on Viljandi maakonnas, kus seasõnnikut toodetakse kaks korda rohkem veisesõnnikust. Põllukultuuride kasvupinna kohta kasutatakse sõnnikut keskmiselt 3,9 t/ha, mis on oluliselt vähem optimaalsest normist. Sõnnikust on võimalik biogaasi toota suurfarmides, mujal on see ikkagi orgaaniliseks väetiseks.

Keskonnaministeriumi tellimusel 2007-2008.a. läbi viidud segaolmejäätmete sortimisuuringus “**Eestis tekkinud olmejäätmete (sh eraldi pakendjäätmete ja biolagunevate jäätmete) koostise ja koguste analüüs**” (teostaja Säästva Eesti Instituut, leping nr 18-20/583) vaadeldi nelja prügila (Tallinna, Väätša, Paikre ja Uikala) teeninduspiirkondades tekkivate segaolmejäätmete koostist ning koguseid.

Selle töö tulemusena vaadeldi köögi-, aia- ja muid biolagunevad jäätmed. Keskmine biojäätmete sisaldus proovides jäi 30-40% vahele. Prügilasse ladestatud segaolmejäätmed sisaldasid kõige enam biojäätmeid (Eesti keskmine 36,6%), plastijäätmeid (18,6%) ning paberi- ja papijäätmeid (17,5%). Biojäätmetest moodustasid valdava osa köögijäätmed (üle 80%). Biojäätmete hulka kuuluvate aiapäätmete sisaldus kõikus suuresti vastavalt aastaegadele.

Köögijäätmeid (peamiselt toidujäätmed) oli rohkem Ida-Virumaa uuringupiirkonna proovides (35,53%). Kõige vähem köögijäätmeid sisaldasid Tallinna Kesklinna proovid (25,25%). Köögijäätmed moodustasid valdava osa prügilasse ladestatavatest biojäätmetest. Köögijäätmete osakaal oli mõnevõrra madalam Tallinna Kesklinna ja Nõmme linnaosade proovides.

Aiapäätmete sisaldus uuringupiirkondade proovides sõltus väga palju aastaegadest. Aiapäätmete sisaldus oli suurim sügisel. Talvisel uurimisperiodil aiapäätmed proovides praktilised puudusid. Piirkondade võrdluses oli keskmiselt kõige rohkem aiapäätmeid Tallinna Kesklinna ja Nõmme proovides (6,49 ja 6,40%). Tallinna Kesklinna segaolmejäätmed sisaldasid aiapäätmeid (valdavalt puulehed) sügisperiodil lausa kottide kaupa. See oli ka põhjuseks, miks neis uuringupiirkondades oli köögijäätmete osakaal väikesem võrreldes teiste piirkondadega.

Muude biojäätmete (nt lillemuld) osakaal uuritud jäätmetes oli ligikaudu 1-2%.

Biolagunevate jäätmetena vaadeldi uuringus biojäätmeid, paberi- ja papijäätmeid, puidujäätmeid (v.a kemikaalidega töödeldud puit) ning looduslikust kiust tekstiili- ja rõivapäätmeid. Biolagunevad jäätmed moodustasid kõige suurema osa prügilasse

ladestatud segaolmejäätmetest, jäädes 52,13 ja 60,20% vahele. Uuringu tulemuste põhjal arvutatud Eesti keskmine biolagunevate jäätmete sisaldus prügilasse ladestatavates segaolmejäätmetes oli 56%. Biolagunevate jäätmete liigiline koostis erinevates uuringupiirkondades peegeldab eelkõige piirkondlikku iseärasust, millest olulisemaks on valdav elamutüüp ja üldine tarbimise tase. Peale piirkondliku iseärasuse, sõltub biolagunevate jäätmete liigiline koostis ja ka protsent prügilasse ladestatavates segaolmejäätmetes sellest, kui hästi on korraldatud piirkonnas paberi- ja papijäätmete (k.a pakendijäätmete) ning biojäätmete liigiti kogumine. Uuringusse kaasatud piirkondadest oli elanikel uuringuperioodil võimalik biojäätmeid liigiti koguda ja ära anda ainult Tallinnas ja Paides. Samas tuleb arvestada, et biojäätmete liigiti kogumine nendes piirkondades oli alles algusjärgus ja kogutud biojäätmekogus suhteliselt väike.

Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituudi uuring **“Biomassi tehnoloogiauuritud ja tehnoloogiate rakendamine Eestis”** (2008, Lep7028) teeb põhjaliku ülevaate erinevast biomassist (k.a. biolagunevad jäätmed) energia ning materjali tootmise võimalustest. Uuringus leiti, et sõnnikust, reovee mudast, biolagunevatest jäätmetest ja suuremate prügilate baasil kokku oleks Eestis võimalik hinnanguliselt saada 336 GWh elektrit ja 354 GWh soojust aastas.

Ettevõtluse Arendamise Sihtasutuse finantseeritud teadus-rakendusprojekti **“Anaeroobne biojäätmete käitlemine”** (2006, Tartu Ülikool) uuriti biokeemilise metaanipotentsiaali testide tulemustest lähtuvalt biojäätmete lagundatavust pilootseadmetes. Projekti raames on biokeemilise metaanipotentsiaali testides uuritud Eestis levinumate biojäätmete (reoveesete, sealäga) lagundatavust. Väiksema kogusena tekib suure orgaanilise aine sisaldusega jäätmeid tapamajades ja toiduainetööstustes, mille lagundatavust on samuti BMP testides hinnatud. Olulise osa aruandest ja projekti seisukohalt moodustavad ka BMP testide tulemused, kus uuriti kõrge orgaanilise aine sisaldusega jäätmete (tapamaja ja toiduainetööstuse jäätmed) stimuleerivat mõju väiksema ja raskemini lagundatavat orgaanilist ainet sisaldavale reoveesetele ja sealäga. Nii BMP testide tulemused kui ka pilootseadmes läbiviidud sarnased uuringud kinnitavad, et kergesti laguneva orgaanilise jäätme, milles orgaanilised ained on mikroorganismidele hästi kättesaadavas vormis, lisamine reoveesetele aktiveerib mikroorganismide elutegevust, mille tulemusena

lagundatakse intensiivsemalt ka raskemini kättesaadavat orgaanilist ainet reoveesette ja läga koostisest. Kergesti laguneva orgaanilise aine lisamine reoveesetetele suhtes, milles seda tekib ka reaalses situatsioonis, 1,5-5% sette hulgast, suurendab biogaasi teket 2-2,5 korda. Saadud tulemused näitavad kaasfermentatsiooni käigus olevat gaasitekke intensiivsuse suurenemist. Kuna Eestis on liigmuda ja sealäga kogused võrreldes teiste jäätmetega oluliselt suuremad, võib kaasfermentatsiooni täpsete opereerimistingimuste ja esilekerkivate probleemide määratlemisel pooltööstuslikus pilootseadmes osutada reaalseks ja majanduslikult tasuvaks nende biojäätmete kaaskäitlemine. Anaeroobses protsessis tekkiva stabiliseeritud reoveesette kvaliteedi hindamiseks analüüsiti sette toitainetesisaldust, patogeenide olemasolu ja stabiliseeritust. Uuringu tulemustest järeldati, et anaeroobne stabiliseerimine parandab märgatavalt sette kvaliteeti.

Uuringu käigus teostati ka majandusanalüüsid ühe Eesti reoveepuhasti, juustutööstuse ning tapamajajäätmete investeringu kasumlikkuse kohta.

SA Keskkonnainvesteeringute Keskus rahastatud projekt **“Prügilatesse ladestatavate orgaaniliste jäätmete käitlemine”** (2008, Tartu Ülikool) annab ülevaate prügilatesse ladestatavate orgaaniliste jäätmete tekkest ja kogustest Eestis ning esitab keskkonnasäästliku tehnoloogilise kontseptsiooni biolagunevate jäätmete ning reoveesette anaeroobseks kooskäitlemiseks. Arvestades biojäätmete tekke uuringu tulemusel saadud lähteandmeid teostati anaeroobse tehnoloogia iseloomustamiseks kahel tasandil pilootkatsed. Selleks, et analüüsida suure hulga biojäätmete biolagundatavust, teostati kõikide uuritavate biojäätmete metaanitekke potentsiaali katsed. Teostatud katsete tulemusel saab anda hinnangu biojäätmete üldisele biogaasi tekke potentsiaalile.

Uuringu tulemusel töötati välja tehnoloogiline kontseptsioon, mis võimaldab stabiliseerimise eesmärgil anaeroobselt käidelda reoveesetet, majapidamistes tekkivaid olmejäätmeid ning teisi biojätmeid võimalikult keskkonnasäästlikul viisil. Uuringu tulemusel leiti anaeroobse tehnoloogia kasutamise piirtingimused erinevate jäätmete kooskäitlemisel. Pilootkatsete tulemusel leiti, et anaeroobne biojäätmete kooskäitus on tehnoloogiliselt teostatav ning võrreldes biojäätmete käitlemisel kasutatavate alternatiivsete aeroobsel stabiliseerimisprotsessil põhinevate tehnoloogiatega, nagu kompostimine, on see energiasäästlik ning keskkonnasõbralik alternatiiv.

Uuringus teostati ka biojäätmete anaeroobse käitlemise tasuvushinnang, milles võrreldi otseselt inimtegevusest põhjustatud biojäätmete, reoveesette ning biolagunevate köögijäätmete anaeroobse kooskäitlemise tasuvust. Eeldusel, et asulas biojäätmete kooskäitlusest jäetakse välja võimalikud tööstuslikud biojäätmed osutus tasuvusuuringu põhjal anaeroobne tehnoloogia kasumlikuks 20 000 ie suurusega asulate puhul. Arvestades veel võimalike lisanduvate tööstuslike biojäätmega on mõistlik käsitleda anaeroobset kaaskäitlemist ka väiksemates maakonnakeskustes.

3.2. Biolagunevate jäätmete liigiline koosseis, kogused ja piirkondlik jaotus

Biolagunevaid jäätmekoguseid tekib inimtegevuse tagajärjel mitmetest erinevatest sektoritest. Käesolevas töös vaadeldakse järgnevat biolagunevaid jäätmekoguseid:

- Olmejäätmete biolagunev osa,
- Biolagunevad haljastus-, aiandus-, põllumajandus- ja kaubandusjäätmekogused,
- Tööstusettevõtete biolagunevad jäätmekogused,
- Reoveesetid,
- Loomsed jäätmekogused

Peatüki andmed biolagunevate jäätmekoguste kohta on suures osas saadud Keskkonnateabe Keskusest. Andmete aluseks on ettevõtete aastased jäätmekogused. Jäätmekoguste kohustus on jäätmeluba, keskkonnakompleksluba või registreerimistõendit (tegevuskohajärgses Keskkonnaametis registreeritakse isikud, kes on jäätmeseaduse § 75 lõike 5 alusel vabastatud jäätmeloa omamise kohustusest, kuid siiski tegelevad jäätmekäitlusega majandus- või kutsetegevuses) omavatel isikutel. Jäätmeseaduse reguleerimisalast jäävad välja (jäätmeseaduse §1 lõige 2) reovesi ja koos reoveega käitlemisele kuuluvad või keskkonda heidetavad jäätmekogused (septikusetid), mullaviljakuse parandamiseks või mujal põllumajanduses taaskasutatud sõnnik ning muud mullaviljakuse suurendamiseks taaskasutatud põllu- või metsamajanduses tekkivad loodusomased biolagunevad jäätmekogused.

3.2.1. Olmejäätmete biolagunev osa

Olmejäätmekogused on kodumajapidamises tekkinud jäätmekogused ning kaubanduses, teeninduses või mujal tekkinud oma koostiselt ja omadustelt samalaadsed jäätmekogused. Prügilattes ladestatavate olmejäätmekoguste koostis sõltub aastaajast ning kogumispiirkonna asustustihedusest – maapiirkondades taaskasutatakse osa biolagunevaid jäätmekoguseid põletamise ning komposteerimise teel.

Aastatel 2002 kuni 2009 tekkis Eestis keskmiselt 18,1 miljonit tonni jäätmeid aastas, millest biolagunevad jäätmed moodustasid 9,6%(2008-2009) kuni 20,5% (2006). Tabelist 2 on näha ka korrelatsiooni elanike majandusliku olukorra ning jäätmetekke vahel. Ülemaailmne majanduskriis algas 2007.a. suvel USAs (2010/0000(INI)) ning jõudis Eestisse 2008.a. lõpus, 2009.a. alguses⁷. Võrreldes majanduskriisi-eelse 2007.aastaga, kui jäätmetekke oli pidevad tõusujoones, on kriis kaasa toonud jäätmetekke 26%-lise vähenemise 2009.a. võrreldes maksimumiga 2007.a. Biolagunevate jäätmete osas on see langus olnud veelgi järsem saavutades taas 2002.a. taseme. Biolagunevate jäätmete tekke vähenemine võrreldes maksimumiga 2006.a. on olnud 63,4%.

Statistikaameti andmetel tekkis Eestis 2009.a. ühe elaniku kohta 346 kg olmejäätmeid. Seda on ligi veerandi võrra vähem kui majanduskriisile eelnenud aastatel, mil 2005.a. ja 2007.a. olid vastavad arvud 436 ning 449 kg olmejäätmeid inimese kohta. Kuigi prügilatesse ladestatakse jäätmeid vähem, kui neid tekib, on jäätmete taaskasutusmäär siiski väike, saavutades maksimumi 2006.aastal (37%), kuid järgnevatel aastatel langedes 28%-ni (2009.a.)⁸.

Tabel 2Jäätmete, olmejäätmete ja biolagunevate jäätmete kogused aastate jooksul⁹

NN	Aasta	Jäätmetekke (mln. t./a.)	Biolagunevate jäätmete teke (mln.t./a)	Olmejäätmete (tuh.t./ aastas)	Biolagundatavate jäätmete teke 20 02 01 (tonni/aastas)
1	2002	14,4	1,5	524,2	6195,140
2	2003	18,4	2,3	536,8	6696,1
3	2004	17,5	2,6	573,7	9164,7
4	2005	18,5	2,7	556	9288,8
5	2006	20	4,1	593,3	10912,7
6	2007	21,2	2,4	644,9	6611,3
7	2008	19,3	1,9	502,5	11893,0
8	2009	15,6	1,5	441,3	30982,0
	Min.	14,4	1,5	441,3	6611,3
	Max.	21,2	4,1	644,9	30982,0
	Keskmine	18,1	2,5	540,6	12221,23

⁷ XI RIIGIKOGU STENOGRAMM VIII ISTUNGJÄRK

⁸ Statistikaameti andmebaasid <http://www.stat.ee/>

⁹ Keskkonnateabe Keskus

(<http://www.keskkonnainfo.ee/index.php?lan=EE&sid=278&tid=264&l2=780&l1=2#olme>)

3.2.2. Haljastus- ning aiandusjätmed

Haljastus- ning aiandusjätmete hulka kuuluvad taimede varred, kõrred, saepuru, puulehed (sügislehed), puidutükid ja puukoor on kuivad, kõrge süsinikusisaldusega, suhteliselt jäigad materjalid (kõrge ligniinisaldusega) mistõttu need lagunevad aeglaselt.

Aiapraht on niiske, suure materjalitihedusega, vähese ligniini sisaldusega materjal, mis laguneb kiiresti.

Tabel 3 2002-2009 aasta aia- ja haljastusjätmete kogused Eesti maakondades (Allikas: Keskkonnateabe Keskus).

Jrk	Maakond	20 02 Aia- ja haljastusjätmed (sealhulgas kalmistujätmed) tonni/aastas							
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1.	Harjumaa	599,9	36,18	65,08	756,86	525,204	418,32	575,679	17938,365
2.	Hiiumaa								
3.	Ida-Virumaa	2,30	7,30	257,22	12,20	51,69	5,50	13,17	5,50
4.	Jõgevamaa								
5.	Järvamaa	34,70	46,62	55,00	45,00	62,50	47,50	44,72	125,00
6.	Läänemaa	531	564	575	565	646	650	616	
7.	Lääne-Virumaa					108,36	1 267,10		
8.	Põlvamaa	120,00	90,00	110,00	70	335	80	236	195,5
9.	Pärnumaa	48,00	64,00			9,02	6,78	12,92	6,66
10.	Raplamaa						6,28		
11.	Saaremaa	613,65	313,61	2,40			6,02	500,20	500,54
12.	Tartumaa	287	301,65	174,61	720,27	2648,74	348,05	3029,23	2961,79
13.	Valgamaa				10,00				360,26
14.	Viljandimaa		243	9	1	601,18	32	87	
15.	Võrumaa	0,66		0,2			0,22		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Kokku:	2237,21	1666,36	1248,51	2180,33	4987,694	2867,77	5114,919	22093,62
	Keskmine	248,58	185,15	138,72	272,54	554,19	238,98	568,32	2761,70
	Maksimum	613,65	564	575	756,86	2648,74	1267,1	3029,23	17938,37
	Miinumum	0,66	7,3	0,2	1	9,02	0,22	12,92	5,5

3.2.3. Kaubandusjätmed

Kaubandusjätmed on ettevõtetes tootmisprotsessi tulemusena tekkinud jäägid, realiseerimistähtaja ületanud kaubad, praakkaubad jne. Täpsema ülevaate kaubanduses tekkinud biolagunevate jätmete kogustest annab käesoleva töö LISA 2. Tabel 4 annab ülevaate 2004-2009.a. Eesti kaubanduses tekkinud biolagunevate jätmete kogustest.

Tabel 4 Eesti kaubanduses tekkinud biolagunevate jäätmete andmed (tonni/aastas). Allikas: Keskkonnateabe Keskus

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Kokku	5786,7	6008,7	6176,5	8219,7	10557	13295
Keskmine	413,334	429,190	386,032	513,730	703,833	830,920
Miinumum	0,34	44,791	19	9	40,25	0,23
Maksimum	1404	1379,1	1179,8	2117,9	3159,3	6072,7

3.2.4. Eesti toiduainete tööstuste biolagunevad jäätmed.

Eesti toiduainetetööstuse suurettevõtete biolagunevate jäätmete tekivad reeglina tootmisprotsessi tulemusena. Sellised jäätmed on näiteks kartulikoored, aganad, reaalseerimistähtaja ületanud tooted jne. Eesti toiduainete tööstuse biolagunevate jäätmete summaarsed kogused on toodud tabelis 5. Ettevõtete ning maakondade kaupa on andmed esitatud Lisas 3.

Tabel 5 Eesti toiduainete tööstuse suurettevõtete 2004-2009 aasta kõik biolagunevad jäätmed kokku (Allikas: Keskkonnateabe Keskus).

Biolagunevad jäätmed tonni/aastas						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Kokku	110 846,14	139 199,32	173 607,30	133 580,27	184 753,20	179 430,23
Keskmine	1 817,15	2 359,31	2 993,23	2 087,19	2 602,16	2 300,39
Miinumum	1,00	1,49	0,14	0,50	0,56	0,11
Maksimum	39 927,20	57 841,89	68 501,46	66 243,66	76 369,30	88 607,42

Tabelis 5 esitatud andmed on pärit Keskkonnateabe Keskusest (KTK), kes on need omakorda saanud jäätmearuannetest. Küsiti 121. erineva ettevõtte andmeid, kuid esitada saavad neid andmeid vaid vähesed. See tuleneb sellest, et paljud küsitletud ettevõtted ei kajastu KTK jäätmearuandluse andmetes. Kui ettevõtte aastane jäätmekogus, tavajäätmete osas, on alla 10 tonni aastas, siis jäätmevedaja ei kajasta neid jäätmearuandes nimeliselt, vaid näidatakse "määramata väike-ettevõtetena", märkides ära ka väike-ettevõtte omavalitsuse. Paljud väikesed toiduainetetootjad ei pea omama jäätmeluba ja seetõttu nad ise jäätmearuannet ei esita ja nendelt kajastuvad vaid need jäätmed, mis veetakse ära jäätmekäitleja poolt. Seetõttu jäävad paljudel väiketootjatel spetsiifilised toodangujäätmed esitamata

(bioloogilised jäätmed, mille käitlus toimub ettevõttesiseselt või antakse kasutamiseks väiketalunikele, eraisikutele).

3.2.5. Põllumajandus ja sõnnik

Sõnnik on väärtuslik loomakasvatuse kõrvalsaadus, mida on vaja laudas koguda, eemaldada, hoiustada ja põllule laotada. Selleks, et sõnnikut võimalikult hästi ära kasutada, peab teadma kui palju toitaineid sõnnik sisaldab ning loomade poolt toodetud virtsa ja sõnniku koguseid. Sõnnikus leiduvate taimetoitainete hulk sõltub looma liigist, sööda ja allapanu keemilisest koostisest jms. Selleks, et sõnnikus säiliks võimalikult palju toitaineid, on soovitatav sõnniku kogumine, hoidmine ning laotamine lahendada komplekselt¹⁰.

Veeseaduse kohaselt on väetis selline aine või valmistis, mille kasutamise eesmärk on kasvatatavate taimede varustamine toitainetega. Väetiseks loetakse ka sõnnik ja silomahl. Sõnniku koostise nõuded on kehtestatud põllumajandusministri 21. augusti 2003. a määrusega nr. 85¹¹.

Põllumajandusministri määrus nr 85 kehtestab nõuded sõnniku tootmise meetodi ning koostise kohta: “Kompostitud või muul viisil stabiliseeritud loomade väljaheidet, millele võib olla lisatud allapanu. Ei või sisaldada haigusi tekitavaid mikroorganisme”. Käesolevas määruses on aga jäänud defineerimata, millised on haigustekitavad organismid ja kas neile on seatud ka mingeid piirnorme (arvestades, et ka looduslikus mullas võib haigustekitavaid mikroorganisme esineda). Sõnniku stabiliseerimise nõuded sõltuvalt tehnoloogia valikust on kehtestatud EL Komisjoni määruses 142/2011, kus on ka välja toodud piirnormid patogeenidele:

- Salmonella puudub 25 grammis ning
- Kolibaktereid või enetokokke 5000 1 grammis.

Kuna nimetatud lävendväärtusi ei ole sisse toodud ka Heasse Põllumajandustavasse, mis omakorda tekitab olukorra, kus Eesti põllumehed ei pruugi olla teadlikud sõnniku kasutamise ning töötlemise erinevate nõuetega, tuleks viia põllumajandusministri määrusesse nr 85 sisse viide 142/2011/EÜ-le.

Ülevaade Eestis toodetud põllumajanduskultuuridest, rohtsest biomassist ning sõnnikust, mida võiks kasutada biogaasijaama toormena on esitatud käesoleva töö Lisas 5. Tuleb aga rõhutada, et Lisa 5 Tabelis 8 arvatud rohtsest biomassist saadav

¹⁰ http://www.maves.ee/Pandivere/Keskkonda_saastev_sonniku_hoidmine_ja_kaitlemine.pdf

¹¹ RTL 2003, 95, 1428

biogaasipotentsiaal on puhtalt teoreetiline ning sõltub vajadusest toiduainete järgi. Sõnniku arvutamisel on aluseks võetud PRIA andmed üle 300 pealiste loomakasvatuste kohta. Kõigi loomade puhul on tegemist koguarvudega farmi kohta. Veiste puhul pole täpselt teada, kui palju on konkreetsetes farmis lüpsilehmi, imetavaid, mullikaid jne. Lammaste ja sigade puhul analoogne probleem. Et erinevas vanuses loomad toodavad erineval määral sõnnikut, on sõnniku hulkade arvutamisel kasutatud Statistikaameti andmeid loomade arvu kohta. Sõnniku koguste arvutamiseks kasutati AS Mavese koostatud "Keskkonda säästev sõnniku hoidmine ja käitlemine"¹² Tabelis 2 toodud orienteeruvaid sõnniku koguseid looma kohta.

3.2.6. Loomsed jäätmed

Loomseid kõrvalsaadusi tekkis 2009. aastal Eestis ligikaudu 30 950 t. 22 750 tonni tekkis neid lihatööstustes ning täiendavalt 8200 tonni muid kõrvalsaadusi töödeldi Loomsete Jäätmete Käitlemise AS-is.

1. kategooria loomsete kõrvalsaaduste töötlemine Eestis toimub Loomsete Jäätmete Käitlemise AS-is, kust tahked kõrvalsaadused pärast purustamist, rõhu all steriliseerimist ja lihakondimassist vee ja rasva eraldamist, suunatakse saadud tooted (lihakondijahu ja rasv) põletamisele. Lisaks tapamajadest saadavatele segajäätmetele töödeldakse ka farmides lõpnud loomad, lihakehad ja jäätmed karusloomakasvatustest jm. võimalikke riske kandvad materjalid. Keskel läbi töödeldakse aastas 10 000 t loomseid kõrvalsaadusi. Tapamajadest tuuakse Loomsete Jäätmete Käitlemise AS-i iga-aastaselt ligikaudu 1800 1. kategooria kõrvalsaadusi ja ülejäänud mass koosneb surnud loomadest, muudest riske kandvatest materjalidest ning 2. ja 3. kategooria jäätmetest.

Tabel 6 Eesti lihatööstustes veiste, sigade, lammaste/kitsede ja lindude töötlemisel tekkivad kõrvalsaadused kategooriate kaupa, 2009. a andmete põhjal

	VEIS	SIGA	LAMMAS	KANA	
Töödeldakse lihatööstustes, tuh.tk. aastas	40	355	2	10000	Kokku loomsed kõrvalsaadused
3. kategooria kõrvalsaadused kokku, tonni aastas	7055	5906	22	4350	17334
2. kategooria kõrvalsaadused kokku, tonni aastas	2049	1184	9	400	3642

¹² http://www.maves.ee/Pandivere/Keskkonda_saastev_sonniku_hoidmine_ja_kaitlemine.pdf

1. kategooria kõrvalsaadused kokku tonni aastas	1765	0	3	0	1769
LOOMSED KÕRVALSAADUSED KOKKU, tonni aastas	10869	7090	34	4750	22744

3.3. Reoveesetted

Reoveepuhastusjaamades tekib rohkesti setet, mille käitlemine on kulukas ning selle nõuetekohane töötlemine on reoveepuhastusprotsessi problemaatilisim osa. Üldkuludest langeb settekäitluse arvele 30-60%. Setet on palju, ta on väga veerikas, sisaldab rohkesti kergestilagunevat orgaanilist ainet, haiseb ning on mikrobioloogiliselt tugevasti saastunud, sisaldades hulganisti patogeenseid baktereid ning helmintide mune (Maastik, 1984; Bitton, 2005, KKM leping nr 2-15-16/691). Sette hulk oleneb reovee päritolust: olmereoveest tuleb seda mehhaanilisel puhastamisel 0,5-2,0 liitrit ja bioloogilisel puhastusel jääkaktiivmudana (WAS) 0,5-5,2 liitrit elaniku kohta ööpäevas, kokku kuni 3 % reovee hulgast (Maastik, 1984).

Reoveesetted on väga veerikkad ja annavad halvasti vett välja. Eelsetitite toormuda kuivaine sisaldus on pärast kahtunnist settimist 2,5 %, seismisel sete tiheneb ja kuivainesisaldus suureneb 5-8 %-ni. Jääkaktiivmuda on veelgi vedelam ja sisaldab pärast tihenemist ainult 2-3 % kuivainet (Maastik, 1984).

Settekäitluse eesmärgiks on sette stabiliseerimine ning patogeensete mikroorganismide hävitamine. Esimesel etapil reoveesete tihendatakse, millele järgneb kas anaeroobne või aeroobne käärimine (stabiliseerimine), mehhaaniline või looduslik tahendamine ja termiline kuivatamine (ka põletamine).

Selleks, et reoveesette kasutamine ei tooks kaasa keskkonnaseisundi halvenemist või haiguspuhanguid on vajalik sette eelnev töötlemine ja lõpp-produkti kontrollimine nii keemilise kui ka hügieenilise ohutuse seisukohalt. Sete koosneb valdavalt orgaanilisest ainest, milleks on enamasti mikroorganismid ja nende laguproduktid. Reoveesettes sisalduvatest anorgaanilistest ainetest tuleb peatähelepanu pöörata raskmetallide sisaldusele.

3.3.1. Reoveesette kogused

Üle 300 ie reoveepuhastites tekkis 2009.a. setteid 29 338 tKA. Üle 300 ie suuruseid reoveepuhasteid on Eestis 145¹³, nendes puhastati 2009.a. 108 734 059 m³ vett, ehk 97,6% kogu reoveest. Üle 300 ie reoveepuhastite reoveesette kogused on välja toodud töö Lisas 6

¹³ Inimekvivalendid arvatatud vooluhulga järgi (1 ie = 47,45 m³/a), sest enamike puhastite puhul ei olnud Keskkonnateabe Keskusele esitatud andmeid reovee kohta.

3.3.2. Reoveesetete omadused

Reoveesetted sisaldavad küllaldaselt põllumajanduslikult väärtuslikke toitaineid nagu fosfor, lämmastik jne. Samas on aga tegemist potentsiaalselt ohtliku materjaliga. Biolagunevate jäätmete töötlemisel on materjal varieeruv. Protsessi efektiivsuse hindamiseks tuleb lähtuda igast konkreetsest juhusest.

Taaskasutamiseks sobivate näitajatega sette tagab korralikult toimiv puhastussüsteem ja töötlemisele suunatava sette kvaliteet on otseses seoses heitveepuhastuse protsessiga. Väikestes puhastusseadmetes on probleemiks liiga väikesed vooluhulgad, mille tulemusel aktiivmuda vananeb, mis annab võimaluse aktiivmuda kooslust inhibeerivate organismide arvu suurenemise üle kriitilise piiri. Mis omakorda viib puhastusseadmed tööst välja. Halveneb aktiivmuda sadenemisvõime (filamentsete organismide vohamisest tulenevalt) ja tekkivad settekogused muutuvad. Kui on planeeritud ka sette järeltöötlus, siis võib tekkida tooraine puudus. Samas tuleb maksta kõrgemaid keskkonnatasusid, sest väljuv heitvesi ei vasta kehtestatud nõuetele. Samuti on väiksemate puhastite puhul vähene lahjendusefekt, mis tähendab, et iga kodumajapidamises kasutatav kange desinfektant võib oluliselt mõjutada puhasti tööd. Nõrga puhastusvõimega puhastite setted sisaldavad aga rohkem ohtlike ained, sest puhastusprotsessi käigus suur hulk biodegradeeritavaid reoaineid siiski lagundatakse. Ja sellega väheneb ka reoveesette ohtlikus.

Reoveesete **on välja arvatud** biolagunevate jäätmete nimekirjast, milledele töötlemise ning kvaliteedijuhtimise tulemusena on võimalik anda „toote“ staatust. Lähtudes *End of Waste* on väljaarvamise peamisteks põhjusteks:

- Reoveesette hügieeniline ohutus ei ole tagatud;
- Reoveesette stabiilsus ei ole tagatud;
- Reoveesete on kõrgelt saastunud raskmetallidega (näiteks Taani reoveesetest vastaks ainult 10% *EoW* poolt välja pakutud raskmetallide piirnormidele);
- Reoveesette turg on vähearenenud.

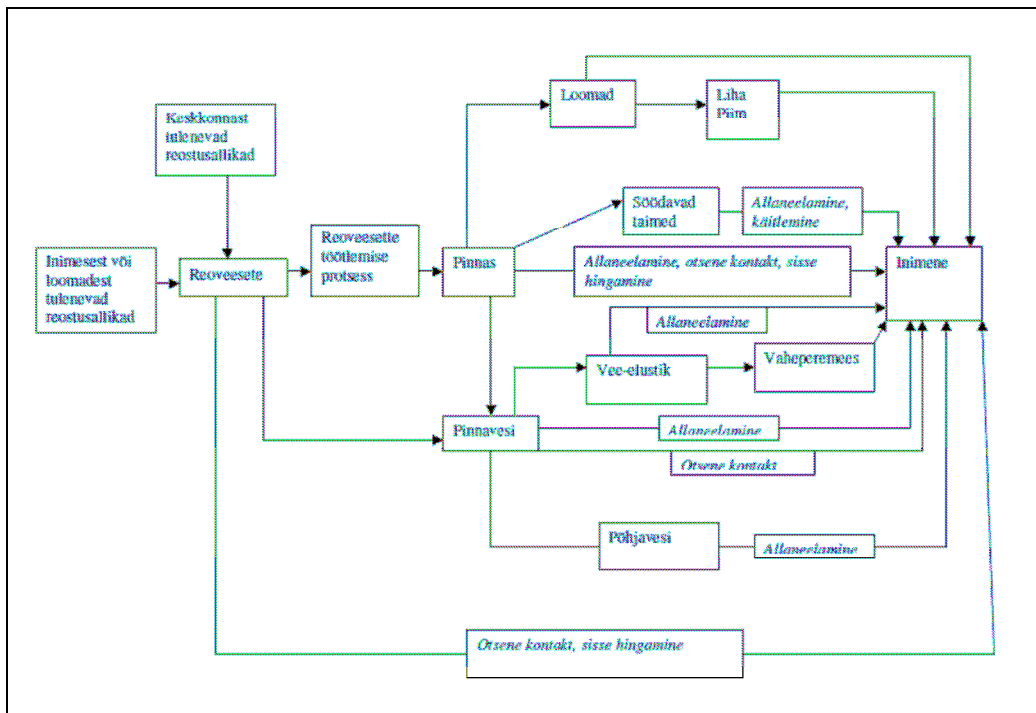
Oluline on jälgida ka põhitoitainete suhteid reoveesettes ja valida tugimaterjalid töötlemisel nii, et see ei halvendaks kulgevate bioloogiliste protsesside kulgu. Komposteerimiseks optimaalne C:N suhe on 20-40. Kui suhe on suurem, siis on tegu lämmastiku puudujäägiga ja komposteerumine toimub väga aeglaselt. Kui suhe on väiksem, lendub lämmastik ammoniaagina, mis omakorda põhjustab haisu teket. Kirjanduse andmetel on taimedel optimaalne C:N suhe 25-30. Jälgida tuleb ka fosfori

ning teiste makrotoitainete kättesaadavust. Limiteerivaks võib saada ka mikrotoitainete puudumine. Bioloogiliste protsesside kulgemisel on oluline tasakaal ja seda tuleb ka nende protsesside planeerimisel arvestada.

Käesoleva töö II etapi tulemuste baasil oli keskmine üldlämmastiku sisaldus töötlemata reoveesetes $59,3 \pm 12,4$ g/kgKA, üldfosforil $18,6 \pm 7,1$ g/kgKA ning reoveesete kompostis vastavalt lämmastikku - $23,7 \pm 9,1$ g/kgKA, fosforit - $8,7 \pm 3,9$ g/kgKA.

3.3.3. Ohutus

Reoveesetted võivad kujutada endas potentsiaalset ohtu inimesele ja keskkonnale. Joonisel 1 on kujutatud potentsiaalseid riske inimesele ja keskkonnale.



Joonis 1 Potentsiaalsed reostuse ning patogeeni levimise rajad reoveesetest inimesele (Cheremisinoff, 1994 põhjal)

Reoveesetete käitlemine võib endas hõlmata olulisi keskkonnamõjusid. Reoveesete käitlemise võimalusi vaadeldes tuleks tähelepanu pöörata ka järgnevale keskkonnafaktoritele (Cheremisinoff, 1994):

- **Mõju õhule** – kübemed, hais, töötlemisest tulenev õhusaaste, lõpp-produkti transportimisest tulenev õhusaaste jne
- **Mõju veele** – pinnavee äravool, nõrgvee mõju põhjaveele; ainete, vibratsiooni, soojust või müra otsene või kaudne väljutamine käitise saasteallikast vette

- **Mõjud pinnasele** – pinnase saastumine üleliigsete toitainete ja raskmetallidega, tsoneerimisest tulenevad pinnase kasutamise piirangud
- **Regulatoorsed nõuded** – igasugune reoveesetete töötlemise protsess nõuab lubatud protseduure ning iga kasutatav tehnoloogia peab vastama inimese tervist kaitsvatele seadustele ning piirangutele.

Reoveesettes leiduvad saasteained võib jagada tinglikult kolmeks: anorgaanilised saasteained (raskmetallid, mikroelemendid jne), orgaanilised saasteained (PCB-d, dioksiinid, PAH-id jne) ning patogeenid (viirused, bakterid, parasiidid jne).

3.3.4. Raskmetallid

Eestis on raskmetallide sisaldus reoveesetetes reguleeritud Keskkonnaministri määrusega nr. 78 “Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded¹⁴”. Hetkel on kehtiv Euroopas Nõukogu Direktiiv nr 278 12. juunist 1986.a. “Keskkonna ja eelkõige pinnase kaitsmise kohta reoveesetete kasutamisel põllumajanduses,” millele on tehtud mitmeid muudatusettepanekuid. Neist kõige viimased on *Working document on sludge 3rd draft* (27.04.2000.a.) ning *Working document on sludge and biowaste* (21.09.2010.a.). Tabelis 7 on võrreldud reoveesetete hetkel kehtivaid norme ning ettepanekuid uutele normidele. Punase värvusega on märgitud ettepanekud, mis võrreldes Eestis kehtiva seadusandlusega karmistuvad. Lisaks on *Working document on sludge and biowaste* kehtestanud normid ka reoveesettes olevatele polüaromaatsetele süsivesinikele (PAH summaarne – 6 mg/kg, sh eraldi on kehtestatud normid benzo(a)pireenile – 2 mg/kg).

Tabel 7 Raskmetallide piirnormid reoveesettes (mg/kgKA sette kohta).

Raskmetall, mg/kgKA	86/278/EMÜ	KKM 30.dets.2002.a. määrus nr 78	EoW (v.a. reoveesetted)	Working document on sludge and biowaste – reoveesetted
Cd	20-40	20,0	1,5	10,0
Cu	1 000 - 1 750	1 000,0	100,0	1 000,0
Ni	300 - 400	300,0	50,0	300,0
Pb	750 - 1 200	750,0	120,0	500,0
Zn	2 500 - 4 000	2 500,0	400,0	2 500,0
Hg	16 - 25	16,0	1,0	10,0
Cr	-	1 000,0	100,0	1 000,0

Projekti II etapi ajal seirati reoveesetet kokku 47-s reoveepuhastis. Tulemused on toodud tabelites 8 ja 9, millest johtub, et kui üks reoveepuhasti välja arvata (Cr ja Zn

¹⁴ Elektrooniline Riigiteataja, <https://www.riigiteataja.ee/akt/761407>

osas ühel reoveepuhastil), siis reoveesetete kehtestatavad rangemad piirnormid sisulist muutust reoveesete töötajate jaoks kaasa ei too.

Tabel 8: Töötlemata reoveesete raskmetallide sisaldused seitsmes suuremas RVP-s (proovid võetud aasta jooksul igakuiselt)

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Mediaan	1,25	20,1	117	0,5	9,57	13,8	384
Max	2,36	3495*	303	1,48	53,9	63,5	3933*
Min	<1	4,9	26,4	0,09	4,85	3,98	181

*Tulemused pärinevad ühest reoveepuhastist.

Tabel 9: Reoveesete raskmetallide sisaldused 40-s Eesti reoveepuhastis

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Mediaan	1,53	16,3	92,9	0,31	12,4	13,8	469
Max	7,78	656	453	1,53	36,2	80	2480
Min	<1	2,45	9,74	0,02	1,28	2,25	3,83

3.3.5. Patogeensed mikroorganismid

Reoveesettes võib leida järgmiseid **patogeenseid mikroorganisme** nagu *Salmonella* liigid, *Campylobacter*, *E. coli O157:H7* ja *Listeria monocytogenes*.

Settes leidub ka erinevaid viiruseid, mis põhjustavad inimeste, loomade ja taimede haigestumist. Ei ole mõeldav, et rutiinselt kontrollitakse kõiki võimalikke haigustekitajaid. Läbiviidud uuringute põhjal on valitud indikaatororganismid, mis on settes arvukalt esindatud ja mille vastupidavus erinevatele töötlemistele on sarnane paljude patogeenidega. Enamlevinud indikaatoritena on kasutusel *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Enterococcid* ja *Clostridium perfringens*. Indikaator valitakse nii, et ta ei oleks töötlemisprotsessi surmavate aspektide suhtes vähem ega rohkem vastupidav (näiteks temperatuuri, niiskuse või pH suhtes), vaid käituks sarnaselt patogeenidega, mille uurimiseks seda kasutatakse.

Salmonella liikide peamiseks edasikandumise allikaks looduses on linnud ja loomad. Täielikult ei saa kõrvale jätta ka võimalust, et nakatumine võib toimuda sette kasutamisest põhjustatud pinnavee saastumise kaudu. Uuringud on näidanud, et olenevalt kliimatilistest oludest võib *Salmonella* püsida pinnases isegi aasta peale sette laotamist. Peamiseks levikuks on kandumine loomalt loomale või nakatunud toidu söömisest. Suur on oht, et ühe looma nakatudes nakatub terve kari. Töötlemise käigus on võimalik *Salmonella* arvukus vähendada 90-99% ulatuses.

Termotolerantsed *Campylobacter*'i liigid nagu *Campylobacter jejuni* ja *Campylobacter coli* on registreeritud sagedaste gastroenteriidi põhjustajatena

inimestel. Sümptomid on sarnased gripile: iiveldus, palavik, vaevused kõhus ning kõhulahtisus. *Campylobacter* ei paljune toidus, kuid haigestumiseks piisab juba mõnest üksikust organismist. Haigus levib kodulindude, piisavalt töötlemata joogivee ja saastunud pinnase kaudu ka otsesel kontaktil. Uuringud on näidanud, et aeroobsel töötlemisel *Campylobacter* liigid inaktiveeruvad, kuid on vastupidavamad anaeroobsele töötlemisele. Katsed on näidanud, et pastoreerimine, lubjaga töötlemine ja kompostimine vähendab *Campylobakterite* hulka rohkem kui 5 log võrreldes algse kontsentratsiooniga.

Escherichia coli O157:H7 juba väikesed hulgad võivad inimesel põhjustada kuseteede ja jämesoole veritsevaid põletikke, mis võivad viia neerukahjustusteni. Veiste nakatumisele viitab tihti asümptomaatiliste nakatumiste kasv. Inimeste levinuma nakatumise allikana on registreeritud liha ja lihasaadused ning toorpiim. Samuti on registreeritud korralikult pesemata juurvilja poolt põhjustatud haiguspuhanguid.

E.coli ning helmintide munade jaoks on kehtestatud **KKM määruses nr 78** piirangud kasutamiseks põllumajanduses: §12, (4) Kasutada ei tohi setet, kus on fekaalseid coli-laadseid baktereid 100 milliliitris üle 1000 pesa moodustava ühiku (PMÜ) ja helmintide mune 1 liitris üle 1 (munade aritmeetiline keskmine liitri kohta). **Biological treatment of biowaste 2nd draft**'is pakutakse välja, et komposti/digestaadi tuleb hügieniseerida, kui *Clostridium perfringens* leidub 1 grammis kompostis või digestaadis ning *Salmonella* spp leidub 50 grammis kompostis/digestaadis.

Euroopa Komisjoni määrus 142/2011 sätestab, et protsessi jälgimiseks biogaasi või komposteerimissettevõttes lagundumissaadustest või kompostist töötlemise ajal või kohe pärast seda võetud representatiivseid proovid peavad vastama järgmistele tingimustele:

- *E. coli* - alla 5000 bakteri 1 grammis või Enterokokk - alla 5000 bakteri 1 grammis;
- *Salmonella* spp – puudub 25 grammis.

Käesoleva töö II etapis analüüsiti reoveesette hügieenilist ohutust 50-s erinevas reoveepuhastis.

Helmintide munade määramisel esines kahtlus *Ascarise* perekonda kuuluvate nematoodide munade leidmisest kolmel korral ning lemmikloomadele parasiitsete nematoodide *Toxacara* perekonda kuuluvate nematoodide munadele ühel juhul.

Escherichia coli piirnormide ületamist fikseeriti 70,2% juhtudest (võrreldes 142/2011/EÜ-ga).

Salmonella spp leiti 38% proovidest.

Clostridium perfringens leiti 95,7 % proovidest (ei leitud vaid kahest proovist).

3.3.6. Helmintide munadest reoveesetetes¹⁵

Helmint ehk parasiituss on väga lai mõiste, kuna nende hulka arvatakse kõik loomadel ja taimedel nugivad ussilaadsed loomad (imiussid, paelussid, nematoodid, kidakärssussid), seega oleks reoveesette ohutuse hindamisel õigem kasutada väljendit loomadele ja inimesele ohtlikud helmindid. Seda enam, et WHO poolt soovituslik ja ohutuks peetav helmintide munade arv (1 muna 1 liitri reovee kohta) on välja arvestatud inimest ohustavate parasiitide uuringutest¹⁶.

Inimest ja koduloomi ohustavateks helmintideks, kelle munad võivad reovee kaudu edasi kanduda ning nakatada uusi peremehi/vaheperemehi võiks Eestis pidada solkmelisi (*Ascarida*), naaskelsaba (*Enterobius vermicularis*), piugusse (*Trichuris*) ja paelusse perekonnast *Taenia*. Parasiitide munad säilivad väliskeskkonnas nakkusvõime pikema aja vältel suure niiskuse ja madalate temperatuuride juures, kuid kõrgemad temperatuurid ($t > 30^{\circ}\text{C}$), UV ja kuivus on paljude helmindiliikide munadele surmav (nt. naaskelsaba munad surevad sellistel tingimustel 1-2 päevaga; samuti hävivad nende munad vees paari päeva jooksul). Keskkonnatingimustele, eelkõige külmale ja niiskusele, on paksu kesta tõttu kõige vastupidavamad solkmete, piugusside ja paelusside munad.

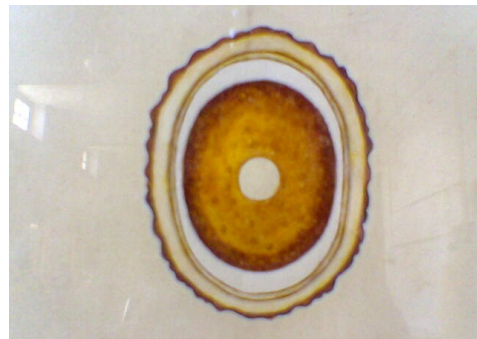


Foto 1: *Ascaris lumbricoides*’i muna (illustratiivne).

Anaeroobsetes tingimustes on parasiitide arengujärgkude surmamiseks kõige olulisemad temperatuur ja aeg. Nii on näiteks *Taenia* liikide puhul näidatud, et temperatuuril üle 38°C säilitavad vähesed munad nakkusvõime üle 7 päeva ning inimesesolkme (*Ascaris lumbricoides*) munad surevad 40°C juures kaheteistkümnepäevaga (30°C juures kulub munade surmamiseks 25 päeva). Seega, Eesti oludes võiks pidada inimestele ja koduloomadele ohtlike helmintide surmamiseks piisavaks

¹⁵ Ekperthinnang: Epp Moks, Tartu Ülikool, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Zooloogia osakond

¹⁶ http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg2/en/index.html

metaankääritusprotsessi, kus temperatuur on 37°C ja protsess kestab vähemalt 30 päeva.

3.3.7. Keemiline ohutus

Setted võivad sisaldada keskkonnaohtlike kemikaale nagu raskmetalle, erinevad orgaanilisi ühendeid (AOX, PAH, PCB) ning dioksiine. Alahinnata ei saa nende ainete sattumisel loodusesse riski keskkonnale ning inimeste, loomade ja taimede tervisele. Raskmetallid, kui looduses akumuleeruvad ained, on hetkel ainsateks näitajateks, mida regulaarselt reoveesetest määratakse.

Ohtlike ainete, mis reovee puhastussüsteemide kaudu satuvad settesse, hulk ja iseloom on viimastel aastakümnetel muutunud. Kui varem oli tegemist pigem tööstuslike punktallikatega, siis nüüd on lisandunud ka tavakasutusest tulevad ained. Püsivate orgaaniliste ühendite laialdane kasutamine toodetes on tekitanud nende ainete hajutatud esinemise keskkonnas ning nende ainete kontsentreerumise reoveekogumisesüsteemides. Ühest küljest on tegemist positiivse nähtusega, sest sealt on neid võimalik sobivate meetmetega eemaldada. Teisest küljest on tegemist ainetega, mis nõuavad uut tüüpi puhastussüsteeme ja seega ka uusi lähenemisi ja uuringuid.

Eestis olid sellised saasteained varem väga vähe uuritud, kuid viimased uuringud Euroopas, milles ka Eesti osaleb (COHIBA¹⁷, BaltActHaz¹⁸), näitavad selgelt nende ainete esinemist meie heitvees ja settes. See omakorda viitab, et paljud puhastussüsteemid ei suuda nende püsivate omaduste tõttu neid efektiivselt eemaldada. Paljudel juhtudel sadenevad ohtlikud ained kiiresti settesse, aga ei lagune. Reoveesette taaskasutamisel tuleb seetõttu samuti pöörata suuremat tähelepanu keemilisele ohutusele. Puuduliku puhastuse kaudu jõuavad ohtlikud ained nii heitvee kui ka settega uuesti keskkonda, ohustades nii paljusid ökosüsteeme.

Selliste ainete hulka kuuluvad näiteks polübroomituddifenüüleetrid (pentaBDE, octaBDE, decaBDE), heksabrotsüklododekaan (HBCD), kloroalkaanid (MCCP, SCCP), perfluoro ühendid (PFOS, PFOA, PFC), dioksiinid, tinaorgaanika, nonüül- ja oktüülfenoolid jne.

¹⁷ <http://www.cohiba-project.net/>

¹⁸ <http://www.baltacthaz.bef.ee/index.php?id=29&lang=2>

Näitena võib tuua perfluoreeritud ja polüfluoreeritud kemikaalid (PFC), mille kohta on tehtud hiljutine täpsem uuring Saksamaal¹⁹. Enamus PFC-sid ei lagune reoveepuhastussüsteemides. PFC-d satuvad reoveesetesse metalli, paberi ja tekstiilitööstuste reoveega. Samuti on allikaks ka kodumajapidamised, sest PFC-sid on leitud paljudest laiatarbekaupadest. Reoveepuhastites osa nendest ainetest jääb settesse, aga ülejäänud juhitakse heitveega veekogudesse. Perfluorühenidtega reostunud reovesette kasutamine täitematerjali või väetisena võib põhjustada keskkonna (mulla, põhja- ja pinnavee ning ka põllumajandus saaduste) saastumist. Pinnase puhastamine PFC-dest on keerukas ja kallis, seega on vajalikud ennetavad abinõud, et sellised ühendid ei jõuaks keskkonda. Reoveesetetele on juba kehtestatud regionaalseid piirnorme (<100 µg PFC/kg kuivkaalu kohta Saksamaa liidumaade norm - Baden Württemberg ja North-Rhine Westphalia), mida plaanitakse üle võtta tervele Saksamaale. Nii PFC-de kui ka paljude teiste orgaaniliste ühendite puhul on tegemist väga laialdaste gruppidega (PFOS- puhul näiteks kuni 100 CAS numbrit). Üldiste normide kehtestamist on seni pidurdanud vaidlused, et millised ühendeid ühe või teise grupi all täpselt käsitleda ja määrata. Samuti ka sobivate üldiste määramismeetodite puudumine.

Tulevikku silmas pidades on ohtlike ainete sisalduse vähendamine reoveesettes väga olulise tähtsusega nende ainete loodusesse sattumise vähendamisel. Võimalusel tuleb vähendada nende ainete sattumist reovette juba punktallikate kindlakstegemise ning sobivate eelpuhastite paigaldamise abil. Samas arvestades ohtlike ainete haja-allikate mõju tõusu tuleb ka olemasolevaid reoveepuhasteid vastavalt täiendada, et nende puhastusefektiivsus keemilise ohutuse osas suureneks. Parimate võimalike lahenduste otsimine käib ja ka COHIBA raames töötatakse osadele neist ainetest välja kuluefektiivsed vähendamise meetmed.

Projektide COHIBA ja BaltActHaz raames analüüsiti püsivaid orgaanilisi ühendeid reoveepuhastite veetustatud reoveesetetest. Leitud maksimaalsed POSide tulemused on järgnevad: BDE-sid (kõige rohkem BDE-209 – 1183 µg/kgKA), tinaorgaanikat (monobutüültina – 420 µg/kgKA), kloroalkaane (SCCP-d – 10,50 µg/kgKA) ning ftalaate (DEPH – 58 mg/kgKA).

¹⁹ Umwelt Bundes Amt 2009 „Do without per- and poly-florinated chemicals and prevent their discharge into the environment“ www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3818.pdf

4. Prügilatesse ladestatavate biolagunevate jäätmete hulga vähenemine.

4.1. Biolagunevate jäätmete ladestamise vähenemisega kaasnevad protsessid ladestusalal. Nõrgvee koostis.

Prügila nõrgvesi tekib vihmavee tungimisel läbi prügila jäätmekihtide. Prügila kehast läbi valguva vee reoainesisaldus on tugevasti mõjutatud ladestatud jäätmete koosseisust ning prügilakehas toimuvatest protsessidest. Iga konkreetse prügila korral on tegemist teatud määral erineva ainesisaldusega nõrgveega, sest sõltuvalt prügila majandusgeograafilisest asendist on ladestatavate jäätmete ja prügi koosseis erinevates Eesti piirkondades erinev. Prügilate nõrgvesi on suure reostuspotentsiaaliga ja see võib oskamatul kogumisel ja käitlemisel rikkuda nii põhja- kui ka pinnavee.²⁰ Füüsikaliste, keemiliste ja mikrobioloogiliste protsesside tulemusena transporditakse saasteained jäätmetest nõrgvette. Tavaprügilas on kokku segatud ehitusjätmed, segaolme- ja tööstusjätmed, puuduvad märkimisväärses kogustes kemikaalijätmed ja prügila nõrgvett võib iseloomustada, kui nelja tüüpi saasteainete vesilahuseid (lahustunud orgaaniline aine, anorgaanilised makrokomponendid, raskmetallid ja ksenobiootilised orgaanilised ühendid) (Tang, 2004).

On kindlaks tehtud, et prügilates läbib prügi lade, nagu seda on juba eespool kirjeldatud, vähemalt neli lagunemise faasi: 1) algse aeroobse faasi, 2) anaeroobse happelise faasi, 3) algse metaankäärimise faasi ja 4) stabiliseeriva metaankäärimise faasi. Hiljuti on lisandunud veel aeroobne või huumuseline lagunemisfaas. On täitsa tavaline, et erinevates prügila osades on erinev lagunemise faas (Zouboulis jt, 2004). Lagunemisfaasid, milles jäätmete sees hakkab tekkima aeroobne keskkond, põhinevad ainult teoorial ja on küllaltki spekulatiivsed, kuna ei ole dokumenteeritud piisavalt tõendusmaterjale. See on tingitud asjaolust, et enamus prügilaid, kus teostatakse seiret on vähem, kui 30 aastat vanad ja on siiani stabiilse metaankäärimise faasis¹⁹.

Varajase aeroobses faasis jäätmete kokkusurumisel eraldub niiskus ja sellele lisandub sademete imbumisel läbi maetud prügi tekkiv nõrgvesi. Kui hapniku allikad on otsas, muutub jäätmekeskkond anaeroobseks, mis soodustab

²⁰ Prügilavee uuringud ja erinevate puhastustehnoloogiate analüüs: Eesti oludesse sobiva puhastustehnoloogia väljatöötamine. (2010) TTÜ

fermentatsiooni teket. Kõrgeimad BHT ja KHT kontsentratsioonid nõrgvees võivad olla mõõdetud selles faasis. BHT ja KHT suhe happelises faasis on umbes 0,4 või 0,7. Kui pH on happeline, siis happelise faasi nõrgvesi on keemiliselt agressiivne ja võib tõsta mitmete komponentide lahustuvust. Algse metaankäärimise faas algab siis, kui kindel hulk metaani on toodetud. KHT ja BHT kontsentratsioonid hakkavad alanema ja pH tõuseb kui happed on ära tarvitatud. BHT ja KHT suhe võib samuti tõusta, kui karboksüülhapped on ära tarvitatud (Peet, 2004).

Stabiilses metaankäärimise faasis BHT ja KHT suhe võib langeda alla 0,1, sest karboksüülhapped tarvitatakse ära sama kiiresti kui nad tekivad. Oluline faktor on prügi niiskussisaldus. Prügi lagundamist saab kiirendada prügila mõjumisfaasis. Kõige laialdasemalt levinud tehnika on nõrgvee ringlus, kus nõrgvesi tsirkuleeritakse läbi prügi. Retsirkulatsiooni tulemusel prügi niiskussisaldus tõuseb, mis on tavaliselt 15 – 20%, 40 – 50 %-ni. Lisaks sellele paraneb nõrgvee retsirkulatsiooni kasutamisel ka toitainete, substraadi ja bakterite levimine (Peet, 2004).

Tahkete olmejäätmete prügila nõrgvee koostis. Saasteained olmejäätmete prügila nõrgvees võib jagada nelja gruppi:

1. Lahustunud orgaaniline aine, mõõdetuna KHT-s või TOC-s; lenduvad rasvhapped; (mis akumulerevad jäätmete stabilisatsiooni happelise faasi kestel); raskelt lagunevad komponendid nagu fulvo ja humiini sarnased koostisosad.
2. Anorgaanilised makrokomponendid: Ca, Mg, Na, K, NH₄, Fe, Mn, Cl, SO₄ ja HCO₃.
3. Raskmetallid: Cr, Cu, Pb, Ni ja Zn.
4. Ksenobiootilised orgaanilised komponendid, mis tulenevad kodumajapidamisest või tööstuslikest kemikaalidest. Need sisaldavad teiste seas hulgaliselt aromaatsid vesinikkarbonaate, fenoole, kloreeritud aromaatsid ühendeid, pestitsiide jt.

Veel võib leida prügilast boori, sulfiide, arseeni, seleeni, baariumi, liitiumi, elavhõbedat ja koobaltit. Tavaliselt esinevad need aga väga madalates kontsentratsioonides ja on teisejärgulise tähtsusega. Nõrgvee koostist võib iseloomustada ka erinevate toksiliste testide tulemustega, mis sisaldavad otsest

informatsiooni saasteainete kohta, mis võivad olla ohtlikud teatud organismidele (Peet, 2004).

Tabel 10 näitab erinevatest allikatest kogutud andmeid uuemate, veel mitte stabiliseerunud prügilate nõrgvee koostise kohta. Vanemates prügilates on kõik mõõdetud väärtused tunduvalt madalamad. Stabiilses metaankäärimise faasis pH tõuseb ja BHT/KHT suhe peegeldab orgaanilise süsiniku kiiret alanemist. Kõrgenenud pH mõjutab paljusid parameetreid, nagu on illustreeritud tabelis 11, kus on andmed happelise faasi nõrgveest ja metaankäärimise faasi nõrgveest. Samuti mõjutavad nõrgvee koostist erinevad aastaajad. Sademeterohkel aastaajal on saasteainete komponentide kontsentratsioonid madalamad.

Tabel 10 Prügila nõrgvee koostis.

Parameeter	Väärtuste vahemik (mg/l)
pH	4,5-9
heljum	2000-60000
orgaaniline süsinik	30-29000
BHT ₅	20-57000
KHT	140-152000
BHT/KHT suhe	0,02-0,8
orgaaniline lämmastik	14-2500
üldine fosfor	0,1-23
kloriidid	150-4500
sulfaadid	8-7750
vesinikbikarbonaadid	610-7320
naatrium	70-7700
kaalium	50-3700
ammoonium	50-2200
kaltsium	10-7200
magneesium	30-50000
raud	3-5500
mangaan	0,03-1400
silikaadid	4-70
arsen	0,01-1
kaadmium	0,0001-0,4
kroom	0,02-1,5
koobalt	0,005-1,5
vask	0,005-10
plii	0,001-5
elavhõbe	0,00005-0,16
nikkel	0,015-13
tsink	0,03-1000

Lahustunud orgaaniline aine (Peet, 2004).

Metaankäärimise faasis on BHT/KHT suhe nõrgvetes enamustel juhtudel alla 0,1. KHT väärtustele avaldab mõju ka anorgaanilise aine sisaldus, mis tõstab selle

väärtust. Fe(II), Mn(II) ja sulfiid tekitavad 1/3 nõrgvee KHT-st. Kloriid võib samuti tekitada KHT-d. Lisaks sellele võib kehvasti võetud veeproov, mida ei ole hoitud kindlalt anaeroobses keskkonnas ja sinna on juurde pääsenud hapnik põhjustada selle, et Fe (II) muutub Fe (III)-ks ja sadestub nõrgveest välja. Lahustunud orgaaniline aine võib mõjutada nõrgvee koostist teiste koostiskomponentidega kokku puutudes.

Tavaliselt tähendab madal BHT/KHT suhe madala kontsentratsiooniga lenduvate rasvhapete olemasolu ja suurte koguste humiin ja fulvo moodi koostisosade olemasolu nõrgvees. Metaankäärimise faasis polnud lenduvaid happeid, amiine ega alkohole ja 32 % lahustunud orgaanilisest ainest (2100 mg/l) sisaldas kõrgmolekulaarseid komponente. Metaankäärimise faasi nõrgvees oli rohkem kui 60 % lahustunud orgaanilise aine sisaldusest humiini sarnane materjal. Uurides anaeroobset ja aeroobset nõrgvett leiti, et ainult 6 – 30 % lahustunud orgaanilise aine sisaldusest võib kirjeldada nagu fulvohappeid.

Tabel 11 Prügila nõrgvee koostis võrrelduna happelises ja metaankäärimise faasis (mg/l).

Parameeter	Happeline faas		Metaankäärimise faas		Keskmine
	keskmine	vahemik	keskmine	vahemik	
pH	6,1	4,7-7,5	8	7,5-9	
BHT ₅	13000	4000-40000	180	20-550	
KHT	22000	6000-60000	3000	500-4500	
BHT/KHT suhe	0,58		0,06		
sulfaadid	500	70-1750	80	10-420	
kaltsium	1200	10-2500	60	20-600	
magneesium	470	50-1150	180	40-350	
raud	780	20-2100	15	3-280	
mangaan	25	0,3-65	0,7	0,03-45	
ammoonium					740
kloriidid					2120
kaalium					1085
naatrium					1340
üldine fosfor					6
kaadmium					0,005
kroom					0,28
koobalt					0,05
vask					0,065
plii					0,09
nikkel					0,17
tsink	5	0,1-120	0,6	0,03-4	

Kokkuvõtteks võib öelda, et põhjapanevaid uurimistöid, mis iseloomustaksid prügilates tekkiva prügiladestusala nõrgvee keemilise koostise ja vooluhulga muutusi lähtuvalt ladestusala rajamisest, täitumisest ja sulgemisest ei ole seni tehtud, kuna

tegemist oleks väga pikaajalise ja kalli uurimistööga. Kõik andmed, mida oli võimalik leida on toodud käesolevas peatükis.

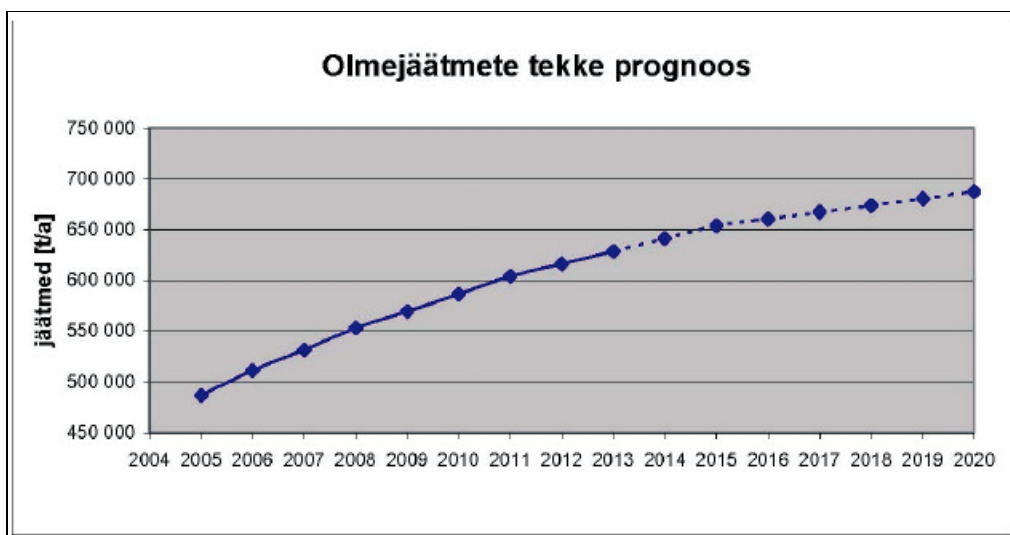
4.2. Nõrgvee omaduste võimalikud muutused tulenevalt orgaanilise aine ladestamise vähendamisest aastatel 2010, 2013 ja 2020.

Orgaanilise aine ladestamise vähendamise kava aastateks 2010, 2013 ja 2020 on toodud Eesti Vabariigi Jäätmeseaduses. 2005. a tekkis kokku 18,5 mln tonni jäätmeid, millest valdav osa ladestati (11,4 mln tonni). Aastatel 2008–2013 tekib hinnanguliselt ca 20 mln tonni jäätmeid aastas. Prognooside kohaselt tekib 2013. aastal segaolmejäätmeid 630 tuhat tonni.

Olmejäätmete tekkeprognoos.

Lähtudes Euroopa Liidu liikmesriikide olmejäätmete tekkekoguste hinnangust, võiks eeldada, et olmejäätmete kogus suureneb keskmiselt 3 % aastas kuni aastani 2013. Eeldada võib, et olmejäätmete koguse kasv on suurem lähiaastatel, ning edaspidi väheneb vastavalt majanduskasvu stabiliseerumisega. Eesti tekkivate olmejäätmete prognoos aastani 2013²¹ on toodud joonisel 2.

Seega võib olmejäätmete kogus suurened 2013. aastaks ca 140 000 tonni võrra ehk teke oleks ca 630 000 tonni. Nimetatud kasv on maksimaalne, arvestades maksimaalse majanduskasvuga. Mitte nii suure majanduskasvu korral tekib ka vähem jäätmeid. Viimasel 2-3 aastal on täheldatud olmeprügi koguste vähenemist.



Joonis 2: Olmejäätmete tekkeprognoos aastani 2013.

²¹ Riigi jäätmekava 2008 – 2013.

Biolagunevate jäätmete osatähtsus olmejäätmetes on 65%, ehk 2005. a tekkis neid jäätmeid ca 320 000 tonni. 2005. a ladestati koos olmejäätmetega prügilasse ca 260 000 tonni biolagunevaid jäätmeid. Vastavalt jäätmeseadusele peab biolagunevate jäätmete osatähtsus vähenema prügilatesse ladestatavate olmejäätmete hulgas: alates 16. juulist 2010. a. ei tohi see olla üle 45 massiprotsendi ja alates 16. juulist 2013. a. üle 30 massiprotsendi. Kaugemas perspektiivis – 2020. a. peab see näitaja olema 20 %. Võttes arvesse üldist eesmärki jäätmete taaskasutamise suurendamiseks, siis 2013. a. võib prügilatesse ladestada ca 70 000 tonni biolagunevaid jäätmeid (Riigi jäätmekava 2008 – 2013).

Kui 2013. a. tekib maksimaalselt 630 000 tonni olmejäätmeid (koos pakendijäätmetega), siis tekkivate biolagunevate jäätmete kogus on orienteeruvalt 380 000 tonni (Riigi jäätmekava 2008 – 2013).

Nõrgvesi on reeglina tugevalt reostunud orgaaniliste ja anorgaaniliste ühenditega. Nõrgvees sisalduvate ainete/ühendite bioloogiline lagundatavus, sõltub nõrgvee toksilisusest ning BHT/KHT suhte väärtusest, mis on ajas muutuv suurus. Kui see jääb vahemikku 0,4 - 0,6, on nõrgvesi kergelt bioloogiliselt lagundatav. Uuematel prügilatel on nimetatud suhe ligikaudu 0,5 või suurem. Vanemate prügilate korral on nõrgvees BHT/KHT suhe väiksem, jäädes vahemikku 0,05 - 0,2. Selle põhjuseks on humiin- ja (fulvo-) hapete sisaldus ja need ei ole bioloogiliselt kergelt lagundatavad. Ka biolagundatavate jäätmete ladestamise vähendamisega kaasneb BHT/KHT suhte vähenemine ja reovesi muutub raskemini bioloogiliselt puhastatavaks. Tagada tuleb suhe $BHT : N : P = 100 : 5 : 1$ ning oluline faktor on reovee vooluhulga ühtlustamine. Mida vähem ladestatakse biolagunevaid jäätmeid, seda enam läheb see suhe paigast ära ja seda enam tuleb doseerida erinevaid kemikaale suhte saavutamiseks, et oleks võimalik nõrgveet bioloogiliste meetoditega puhastada. Tekkivat olukorda saab leevendada nõrgvee hulga vähendamisega, rakendades nõrgvee retsirkulatiooni. Levinud on ka prügila- ja asulareovee bioloogiline koospuhastamine, millel on mitmeid eeliseid: ühtlustub vooluhulga dünaamika, BHT ja biogeenide suhe, BHT ja KHT suhe ning lisanduvad majanduslikud eelised (Prügilavee uuringud..., 2010).

Nagu eespool toodust selgub, on väga raske lähitulevikus täita Jäätmeseadusega võetud kohustust märkimisväärselt vähendada biolagunevate jäätmete ladestamist. Kui see aga õnnestub, siis on selge, et sellega kaasneb ka nõrgvee reoaine sisalduse

muutumine. Väheneb TOC, KHT ja BHT sisaldus nõrgvees. Oluliselt ei muutu raskmetallide sisaldus nõrgvees, millede sisaldus on ka praegu väike ja alla kanalisatsiooni juhitavale reoveele seatud piirkontsentratsioone. Mingil määral väheneb ka nõrgvee toksilisus, sest väheneb lämmastiku allikate ladestamine prügilasse. Ülejäänud ainete ja ühendite osas on raske prognoose teha, sest uurimistöid sellel teemal ei ole tehtud või on nende tulemuste avaldamine tagasihoidlik (Prügilavee uuringud..., 2010).

4.3. Soovitused prügi ja olmejäätmete sorteerimiseks.

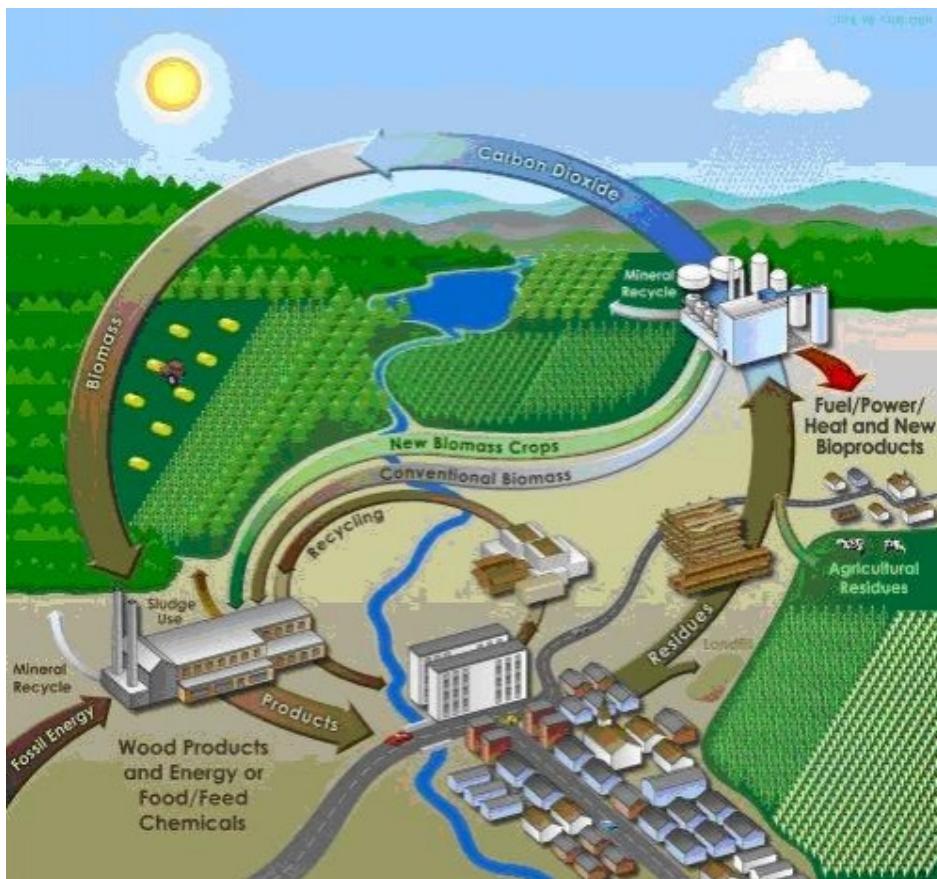
Prügi sorteerimise tehnoloogiline tase sõltub prügi kogustest. Mida suuremad on prügi kogused, seda mehhaniseeritumaid ja keerukamaid tehnoloogiaid saab kasutada. Kuna Eesti elanikkond on väikesearvuline ja jäätmetega tegelejaid on palju, siis Eestis prügisorteerimise tase jääb nähtavasti algeliseks ja suuresti käsitööl põhinevaks tegevuseks. Sellises olukorras ei saa viia prügi sorteerimist lõpuni. Eraldi kogutakse ja prügist eraldatakse peaaesjalikult väärtuslikud korduvkasutuseks minevad materjalid ja esemed (plast- ja klaas joogitaara, keskmise- ja suuregabariidiline metall jne) ja kergesti eraldatavad suuregabariidilised jäätmed (autokummid, kodumasinad, puit jne). Järelejäävate jäätmete töötlemiseks oleks vaja spetsiaalseid tehnoloogilisi seadmeid: purusteid, sõelagregaate, tsükloneid, keerisvoolu- ja magnetseparaatoreid jm. (Prügilavee uuringud..., 2010).

Praeguses olukorras biolagunduvaid jäätmeid prügist eraldada ei õnnestu, sest see eeldab, et prügist on eelnevalt kõrvaldatud kõik korduvkasutuse komponendid ja neutraalne ballastaine näiteks ehituskivide tükid jt. Seda osa jäätmetest, milles on mõningane osa liiva ja üldse prahti saab komposteerida. Komposteerida saab eelsorteeritud biolagunevaid olmejäätmeid ning näiteks heki- ja murupügamise jäätmeid, agrotööstuse jäätmed jne (Prügilavee uuringud..., 2010).

Orgaanilise ainese osakaalu vähenedes jõuavad bioloogilise degradatsiooni protsessid prügila kehas kiiremini lõpule ehk prügila vananeb kiiremini ning hakkab varem produtseerima nõrgvett, mis on iseloomulik vanale prügilale. Sellises vees on KHT/BHT suhe kõrge ning see on raskesti käideldav intensiivsete bioloogiliste meetoditega (Tang, 2004). Loomulikult on sellise prügilakeha biogaasi potentsiaalvaru väiksem. Keskkonnakaitseliselt on see positiivne aspekt, kuid alternatiivenergia ressursi tootmise seisukohast negatiivne.

5. Maailmas kasutatavad tehnoloogiad ning suundumused liigitikogutud biolagunevate jäätmete eeltötluseks ja käitlemiseks eraldi või koos reoveesetega

Idealis tuleks biolagunevad jäätmed väärtustada maksimaalselt – jääde muutub tooraineks, millest on võimalik toota nii energiat kui ka taaskasutada kõik selles olevad taimetoitained saastamata sealjuures õhku, pinnast ega vett. Samas on sellise süsteemi käivitamine aega, suuri investeeringuid ning ühiskonna dialoogi nõudev ettevõtmine.



Joonis 3: Biolagunevate jäätmete taaskasutuse tsükkel²²

Euroopas on hakanud viimastel aastakümnetel levima arusaam, et biolagunev jääde on väärtuslik tooraine ning tehnoloogiaid selle stabiliseerimiseks ning taaskasutuseks on astunud mitmeid samme. Alustada võib seda nimekirja biolagunevate jäätmete liigitikogumisest elanikkonna käest, ettevõtetest jne. Tehnoloogiaid biolagunevate jäätmete väärtustamiseks on erinevaid

²² <http://www.sratc.lt/index.php?id=711>

(komposteerimine, pürolüüs, anaeroobne kääritamine jne) ning sageli on määravaks tehnoloogia valiku kriteeriumiks olemasolevate investeerimisvõimaluste suurus, jäätmete omadused ning elanikkonna valmisolek koostöök. Nii võib positiivse näitena välja tuua näiteks Stockholmi Rootsis, kus kogutakse kokku kõik biolagunevad jäätmed, toodetakse neist energiat (pürolüüsi teel) või biogaasi (anaeroobse kääritamise tulemusena), mis hiljem leiab kasutust transpordisektoris. Anaeroobse kääritamise lõpp-produkti digestaati kasutatakse põldude väetamisel.

5.1. Biolagunevate jäätmete vajalik ainesisaldus eraldi- ja kooskääritamiseks reoveesetega

Biogaasi tootmiseks kasutatava substraadi koostis on ülimalt tähtis. Biogaasi tekkepotentsiaali hinnangud peaksid baseeruma süsivesinike, rasvade, valkude ja ligniini sisaldustel. Süsivesinike, valkude, rasvade, tselluloosi, hemitselluloosi ja ligniini sisaldused määravad bakterikonsortsiumid, lagundamisrajad ning lagundamise määra. Näiteks on madal ligniinisaldus vajalik efektiivseks anaeroobseks kääriniseks, sest ligniinisalduse kasvades väheneb substraatide lagundamine. Teades substraatide koostist (rasvade, valkude jne sisaldus) on võimalik küllaltki täpselt ennustada biogaasi tekkepotentsiaali (Voss, 2006). Erinevate substraatide biogaasi tekkepotentsiaali kohta on esitatud andmed tabelis 16:

Tabel 12 Süsivesinike, rasvade ja valkude biogaasi tekkepotentsiaalid (Weinland, 2001)

Substraat	Biogaasi potentsiaal, l/kgVS	CH ₄ sisaldus, %
Süsivesinikud	700- 800	50-55
Valgud	600- 700	70-75
Rasvad	1,000- 1,250	68-73
Biojätmed	350-500	55-68
Energiataimed	500-700	50-62

Teine tähtis tegur, mis mõjutab anaeroobset kääritamist, on C:N:P suhe. Jäätmete üldine toitainete suhe omab suurt tähtsust mikrobioloogilises biodegradeerimise protsessis. Jäätmete C:N suhe võib varieeruda suuresti vahemikus 6 (loomsed lägad) kuni rohkem kui 500 (orgaanilised tahked jäätmed). Soovituslik optimaalne C:N:P suhe biolagundamiseks on analoogselt aktiivmudaprotsessile 100:5:1 (Steffen, 1998). Kõrge C:N suhe viitab kiirele lämmastiku tarbimisele metanogeenide poolt ning selle tagajärjel on biogaasi tootmine madal. Samas võib aga madal C:N suhe põhjustada ammoniumi akumulatsiooni ning pH tõusu üle 8,5, mis omakorda on

metanogeensetele bakteritele toksiline. Anaeroobse kääritusprotsessi sisendite optimaalne C:N suhe on saavutatav segades omavahel madala ning kõrge C:N suhtega substraate (Monnet, 2003).

5.2. Reoveesette käitlemistehnoloogiad

Reoveesette käitlusprotsesside valiku aluseks on kaks olulist tingimust (KKM leping nr 2-15-16/691):

1. Majanduslik – saadava produkti realiseerimishind ei tohiks olla oluliselt kõrgem käitlemiskulutustest ja peaks jääma konkurentsivõimeliseks.

2. Käideldud sette edasine kasutusviis. Silmas tuleb pidada järgnevaid asjaolusid:

- Lõppärastus ja sette utiliseerimise võimalused;
- Lõppärastuspaiga piirangud: hügieenilised, esteetilised jmt nõuded; sette kuivaine sisalduse piirmäär;
- Reoveepuhasti suurusele vastav settekäitlustehnoloogia;
- Settekäitluse võimalik mõju reoveepuhastusele
- Sette omadused (füüsikalised, keemilised, patoloogilised);

Järgnevalt on esitatud mõned reoveesette käitlemise võimalused:

Pastöriseerimine.

Pastöriseerimine viiakse läbi 70 – 80°C juures 30 minuti jooksul. See on efektiivne viis muuta kahjutuks patogeeneid, kuid üldjuhul ei loeta seda iseseisvaks sette stabiliseerimisprotsessiks. Praegu kasutatakse pastöriseerimist Kohtla-Järvel enne aunkompostimist ning Kuressaares peale anaeroobset kääritamist..

Kompostimine.

Kompostimine on aeroobne protsess, kus kompostitavaks materjaliks on reoveesete, millele lisatakse bioloogiliselt lagunevaid tugiaineid. Kompostimise käigus eralduvat gaasi on võimalik taaskasutada näiteks protsessi temperatuuri hoidmiseks või töstmiseks. Kompostimine on Eestis hetkel kõige levinum reoveesette jt liigiti kogutud biolagunevate jäätmete käitlemistehnoloogia.

Kompostimisel mõjutavad keskkonda peamiselt vaid mõned kasvuhoonegaaside heited ja lendavad orgaanilised ühendid. Süsiniku sidumine mõjutab kliimamuutust üksnes piiratud määral ja üldiselt vaid ajutiselt. Komposti kasutuse peamine põllumajanduslik oht on aga pinnasereostus halva kvaliteediga komposti tõttu. Segajäätmete kogumisel saastuvad biojätmed hõlpsasti, seetõttu võib nende kasutamise tagajärjel mulda ja taimedesse koguneda ohtlikke aineid. Komposti

levinuvad saasteained on raskmetallid ja praht (nt klaasikillud), kuid saastata võivad ka püsivad orgaanilised ained (nt polükloreeritud dibenso-p-dioksiinid/furaanid, polüklooritud bifenüül või polütsükliised aromaatsed süsivesinikud) (KOM (2008) 811).

Anaeroobne kääritamine.

Reoveesette stabiliseerimiseks kasutatakse tavaliselt üheetapilist täissegunenud anaeroobset mesofiilset reaktorit (näiteks AS Tallinna Vesi, AS Kuressaare Veevärk ja AS Narva Vesi reaktorid).

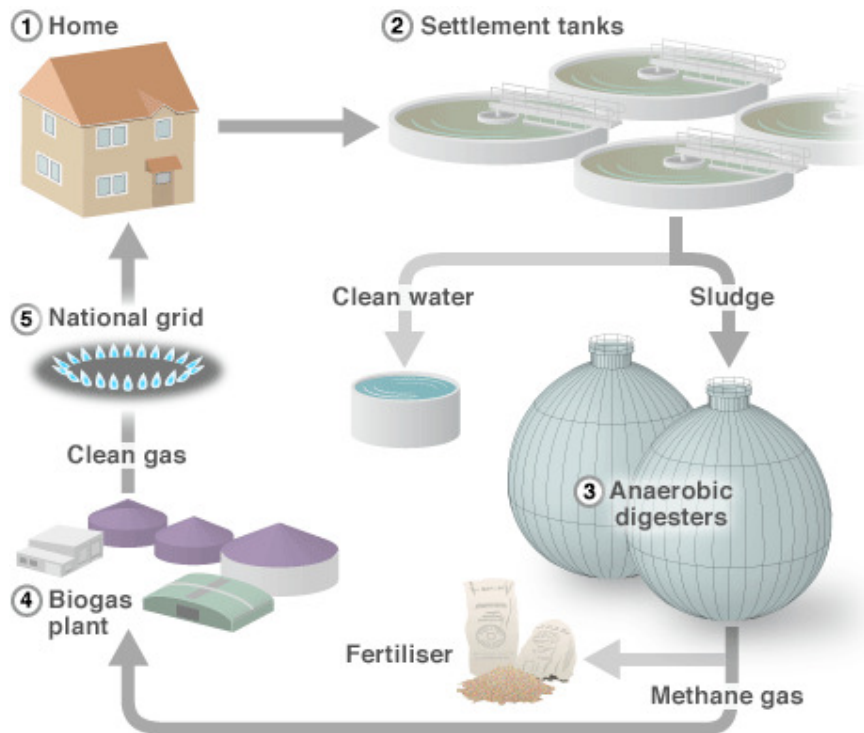
Väiksemate settekoguste puhul on anaeroobset kääritamist võimalik läbi viia ka selleks kohandatud settimisega. Anaeroobne kääritamine viiakse läbi 37 – 40°C juures (mesofiilne kääritusprotsess) või 50-55°C juures (termofiilne kääritusprotsess), viibeaeg on 20 - 30 ööpäeva. Soovituslik viibeaeg 35°C juures on 20 ööpäeva, mis tagab, et käärimisprotsess on praktiliselt lõppenud ning haigustekitajad on hävinud. On olemas ka selliseid tehnoloogiaid, mis võimaldavad viia protsessi läbi keskmisel või kõrge temperatuuril (termofiilne kääritusprotsess). Kuivkääritamise korral on tulemuseks 40 - 50 % kuivainesisaldusega produkt. Käärimisprotsessi käigus eralduv biogaas kasutatakse enamasti ära metaantanki temperatuuri hoidmiseks või reovee puhastusjaama tarbeks elektri tootmisel (KKM leping nr 2-15-16/691).

Reoveepuhastusjaamade põhiliseks eesmärgiks on reovee puhastamine ja heitvee parameetrite vastavuse tagamine määruses „Heitvee veekogusse või pinnasesse juhtimise kord²³” kehtestatud piirnormidega. Kuid proteiinirikaste lisasubstraatidega kooskääritamisel võib reoveepuhastusjaamal tekkida probleeme lämmastiku ärastusprotsessiga ja heitvee parameetrite piirnormidele vastavusega. Reoveepuhastuskeemides biogaasi tootmisprotsessi väljavool üldjuhul separeeritakse, mille järel tahke fraktsioon suunatakse komposteerimisele ja settevesi suunatakse tagasi reoveepuhastisse. Proteiinirikaste toorainete kasutamisel lisasubstraadina on settevee ammoniumlämmastiku kontsentratsioon suhteliselt kõrge ja tavapärased lämmastiku ärastuse tehnoloogiad (nitrifikatsioon-denitrifikatsioon) ei ole sobilikud tekkiva reostuskoormuse piisavaks vähendamiseks. Üks põhjustest on kergesti lagundatava süsinikuallika puudus, millele ühe alternatiivina on välja pakutud steriliseerimisprotsessi auru kondensaati, kuid see lahendus vajab praktilist tõestamist (Kirchmayr jt, 2002). **Seetõttu on reoveesette**

²³ RT I 2006, 10, 67

kooskääritamise protsessi planeerimisel vaja tähelepanu pöörata ka lämmastikuärastuse tehnoloogia muutmisele.

Alternatiivse lämmastikuärastuse tehnoloogiana võib nimetada anaeroobset ammoonium oksüdatsiooni protsessi ehk ANAMMOXi. Samas tuleb rõhutada, et reoveepuhastusjaama lämmastikuärastuse ANAMMOX protsessi lõpp-produktiks on N₂ gaas ja seeläbi kaob võimalus biojätmetega lisatud lämmastiku koguse kasutamiseks taimetoitainetena.



Joonis 4 Reoveesette anaeroobse kääritamise skeem²⁴

Anaeroobne kääritamine toimub kinnistes reaktorites ja seepärast on õhkupaisatud heitkogus oluliselt väiksem ning see on kergemini kontrollitav kui kompostimisel. Bioloogiliselt töödeldud biojätmete iga tonni kohta saab toota 100–200 m³ biogaasi. Kuna anaeroobne kääritamine võimaldab jäätmete energiakasutust ja selle käigus tekkivate jääkidega (eriti eraldi kogutud biojätmete töötlusel) on võimalik mulda parandada, võib see sageli osutada keskkonnale ja majandusele kõige kasulikumaks töötlusmeetodiks (KOM(2008)811)

Aeroobne stabiliseerimine.

²⁴ <http://green.blorge.com/2010/10/oxfordshire-is-now-using-biogas-from-human-waste/>

Põhineb sette pikaajalisel õhustamisel sette stabiliseerimiskambris, mille tulemusena orgaanilised ained oksüdeeruvad. Protsessi on võimalik läbi viia ka madalal temperatuuril 15°C, kuid siis on stabiliseerumise kestvus ca 15 ööpäeva. Teine võimalus on tõsta temperatuur 50 – 65° C-ni, kus viibeajaks on 5 - 6 ööpäeva. Arvestada tuleb asjaolu, et liiga kõrgel temperatuuril (70o C) võivad hävida sette väärtuslikud komponendid. Aeroobsel stabiliseerimisel saadakse 60 - 70 % kuivainesisaldusega produkt. Protsess on lihtne kuid suurimaks puuduseks on energiakulu, mis on võrreldes anaeroobse kääritamisega 5 - 10 korda kallim (KKM leping nr 2-15-16/691).

Pürolüüs.

Pürolüüs viiakse läbi kõrgel temperatuuril (300 – 900°C) hapniku juuresolekuta. Protsessi produktideks on kuumad gaasid ja tahke jääk, millel on olemas teatud kütteväärtus. Mõlema jäägi puhul on võimalik teatav edasine väärtustamine ja kasutamine, mistõttu loetakse pürolüüsi ka eelkäitlusmeetodiks.

Pürolüüsi läbiviimisel järgi jäävat tahket osa võib lugeda ka madalakvaliteediliseks kivisüsiks, mida on väga lihtne ladestada. Väikeste mahtude korral (10 000 – 50 000 t/a) on jäägi edasist käitlemist võimalik korraldada mujal. Edasise käitlemise ajal eemaldatakse jäägist kloori ja metalliühendid ning saadust võib kasutada võimaliku lisakütusena tsemenditehases. Suurte mahtude korral (25 000 – 500 000 t/a) võib kasutada integreeritud meetodit, kus sete esmalt pürolüüsitakse ning seejärel tahked jäägid gaasistatakse (KKM leping nr 2-15-16/691). Vähenevate fosforivarude valguses on hakatud ka uurima erinevaid tehnoloogiaid, kuidas tahketest jäätmetest oleks võimalik fosforit kätte saada, kuid läbimurdelisi vastusi selles valdkonnas veel ei ole.

5.3. Ülevaade loomsete jäätmete rakendusvõimalustest biogaasi tootmisprotsessi toorainena

Eestis on hetkel kolm ettevõtet, kellel on õigus käidelda erinevate kategooriate loomseid kõrvalsaadusi. Loomsete Jäätmete Käitlemise AS käitleb kõikide kategooriate kõrvalsaadusi vastavalt 1. kategooria materjali käitlemise nõuetele ja lõpp-produkti kasutamisele kehtivad seetõttu kõige rangemad nõuded. AS Rakvere Lihakombinaat ja Atria Eesti AS käitlevad ainult 2. ja 3. kategooria jäätmeid ning nende jäätmekäitlustsükli tekkivat lõpp-produkti saab utiliseerida väiksemate piirangutega. Praeguses olukorras, oleks biogaasijaamades võimalik toorainena

kasutada AS Rakvere Lihakombinaadis ja Atria Eesti AS-is steriliseeritud materjali, sest teiste käitlejate puhul on kõik materjalivood segatud 1. kategooria kõrvalsaadustega ja nendele lõpp-produktidele kehtivad kõige rangemad nõuded, mis välistavad biogaasijaamades kasutamise võimaluse. 1. kategooria loomsete kõrvalsaaduste eraldi kogumiseks tapamajades on vajalik vaid ühe lisakonteineri olemasolu, kuid praegusel hetkel seda tehakse vaid AS Rakvere Lihakombinaadis ja Atria Eesti ASis, sest teistel tapamajadel ja lihatööstustel ei ole erinevate kategooriate kõrvalsaaduste eraldi utiliseerimise võimalust.

Eelpool nimetatud kolmes ettevõttes kasutatakse jäätmete käitlemiseks sarnaseid tehnoloogiaid, mille ühiseks jooneks on loomsete jäätmete steriliseerimine tingimustel 133°C, 3 atm. ja 20 minutit. Kõikide ettevõtete ühiseks probleemiks on lõpp-produktide utiliseerimine. Lõpp-produktideks on lihakondijahu (LKJ), tehniline rasv (TR), dekanteerimismuda (DM), reovesi ja flotatsioonimuda. Nimetatud jäätmed omavad suurt reostuskoormust või lagundamata orgaanilise aine osakaalu ja seetõttu on sobivad toorained biogaasi tootmisprotsessiks. Biogaasi tootmistehnoloogiat kasutades ei ole vajadust steriliseeritud loomsete jäätmete massi fraktsioneerida vaid saab homogeense massi, mis vajab eelnevat jahutamist 35-37°C, otse anaeroobsesse kääritusse juhtida (biogaasi tootmiseks võib steriliseeritud loomsete jäätmete massi kasutada ainult juhul, kui 1. kategooria jäätmed on jäätmevoost eraldatud). Vastavalt Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivi nr 1069/2009 artiklile 15 on biogaasijaamadele ja komposteerimisega tegelevatele ettevõtetele, kes kasutatavad oma tegevustes loomseid jäätmeid, tehtud eraldi ettekirjutused seoses lubadega, mida on vaja ametkondadelt taodelda ja protsessi kriitiliste punktide jälgimisega (Kirchmayr jt, 2003). Täpsemad käitlemise nõuded on toodud kõnealuse direktiivi rakendusmääruses nr 142/2011.

Hetkel ei ole Eestis täpset ülevaadet sellest, et kui palju energiat on loomsetest jäätmetest võimalik läbi anaeroobse kääritamise efektiivselt elektriks ja soojuseks muundada. Kuigi praegu käideldakse suur osa loomsetest jäätmetest 1. kategooria nõuete kohaselt, siis ei ole ka korraliku ülevaadet, et kui suurt majanduslikku efekti omaks eririskiga materjali eraldamine ülejäänud jäätmevoost, mis võimaldaks suuremat osa loomsete jäätmete kogumassist (2. ja 3. kategooria jäätmed) utiliseerida biogaasijaamades. Tulenevalt kehtivast regulatsioonist on teatud osa 3. kategooria jäätmeid võimalik utiliseerida ilma eeltöötluseta ning kindlad 2. ja 3. kategooria jäätmed võib käidelda 70 °C ja 1 tunni nõude kohaselt. Eraldi käitlemine aitaks

vähendada energia kulu, kuid samas tuleb arvestada ka eraldi kogumisel suurenevat transpordikulu ja teisi esilekerkivaid faktoreid. Tabel 13-s on välja toodud erineva kategooria loomsete jäätmete eeltöötlemise vajadused ja kasutusvõimalused biogaasi tootmisprotsessi toorainena.

Tabel 13 Loomsete jäätmete kategooriad ja kasutusvõimalused biogaasi tootmisprotsessi toorainena [2]

Kategooria	Materjal mida võib kasutada biogaasijaamas
Esimene Kategooria	Eririskiga jäätmed, mis omavad ohtu inimeste ja loomade tervisele ja keskkonnale ei ole lubatud kasutada biogaasi tootmisprotsessi toorainena
Teine kategooria – ilma eeltöötluseta	Sõnnik, seedetrakti sisu, piim ja ternespiim
Teine kategooria- peale steriliseerimist	Surnud loomad ja tapetud loomad, kes ei ole mõeldud inimtarbeks (kõik fraktsioonid, mida ei ole nimetatud 1. ja 3. kategooria nimekirjas)
Kolmas kategooria- peale pastöriseerimist	Tapamajajäätmed loomadelt, kes on mõeldud inimtarbeks ja liha sisaldavad jäätmed toiduainete tööstusest.
Kolmas kategooria- heakskiidetud vastavalt kohalikule regulatsioonile	Toitlustusjäätmed (välja arvatud piiriülesed toitlustusjäätmed)

Põllumajanduslikel toorainetel baseeruvate biogaasijaamade jaoks on loomsed jäätmed atraktiivseks tooraineks sellisel juhul, kui 2. ja 3. kategooria loomsed jäätmed on eelnevalt eeltöödeldud ja ei ole eraldi vaja eeltööstustehnoloogiate rajamist biogaasijaama juurde. Erinevalt reoveepuhastusjaamadest on kõrge lämmastikusisaldus käärimisjägis põllumajanduslike biogaasijaamade jaoks kasulik, sest see suurendab käärimisjäagi toitaime sisaldust ja vähendab põllumajandusettevõtete tehisväetiste vajadust. Tehisväetiste suureneva hinna ja prognoositava fosfori puuduse tõttu, võib põllumajanduslikes biogaasijaamades eeltöödeldud loomsete jäätmete kasutamine lisasubstraadina muutuda järjest atraktiivsemaks.

Tapamaja jäätmete ja reovee kasutusvõimalusi biogaasi tootmisprotsessi toorainena on uuritud mono-substraadina ja ka kooskääritamise substraadina, kuid mono-substraadina on väga raske tagada protsessi stabiilsust. Peamiseks probleemiks on tapamajade tsükliline töö ja jäätmete keemiliste parameetrite suur kõikumine ning kui

arvestada seda, et biogaasi tootmisprotsessi üks tähtsamaid töötingimusi on toorainete keemiliste parameetrite ja sisendi koguste stabiilsus, siis on probleemi põhiallikas tuvastatud. Teine probleemide põhjus on tapamaja jäätmete kõrge proteiini ja rasva sisaldus ning madal süsivesikute sisaldus, mistõttu on selle tooraine süsinik-lämmastik (C/N) suhe oluliselt väiksem protsessi jaoks optimaalsetest tingimustest. Seetõttu on hakatud oluliselt suuremat rõhku asetama tapamaja jäätmete kooskääritamisele erinevate baas-toorainetega või toorainete segudega. Seeläbi optimeeritakse biogaasijaama sisendi C/N suhet ning oluliselt väheneb ammoniumi ja pika ahelaga rasvhapete (LCFA) inhibitsiooni võimalus. Tulenevalt baas-substraatide (reoveesette, veiseläga, sealäga jne.) suhteliselt madalast biogaasi tootlikkusest massiühiku kohta, on tapamaja jäätmed ideaalseks lisatooraineks, sest nende biogaasi tootlikkus massiühiku kohta on 20-100 korda kõrgem reoveesetest ja lüadest. Rootsisis teostatud uurimistöö tulemustel on välja arvatud, et ühe lihatööstuses utiliseeritud lehma jäätmetest on biogaasi tootmisprotsessis võimalik toota 361 kWh energiat ja vastav näitaja sea puhul on 39 kWh energiat

Kuigi üldpilt tapamajajäätmete kasutamisel biogaasi tootmisprotsessi toorainena on positiivne, siis on ka mõned võimalikud probleemide allikad. Peamiseks probleemiks on ebapädev protsessijuhtimine ja sellest tingitud biogaasi tootlikkuse langus ning reostuskoormuse ärastuse vähenemine, mis omakorda põhjustab halva haisu emissiooni käärimisjäägi kasutamisel põlluväetisena. Teiseks võimalikuks haisu probleemi allikaks on ebakorrekne tapamajajäätmete hoiustamine ja vastuvõtupunkri konstruktsioon biogaasijaama juures (Kirchmayr jt, 2002). Nende probleemide vältimiseks on vaja läbimõeldud tapamajajäätmete transpordi ja hoiustamise tsükli, vastuvõtupunkri ventileerimist ja jääkgaaside töötlemist, et eemaldada haisu põhjustavad ühendid.

Suureks probleemiks on ka tapamajajäätmed heterogeensus ja keemiliste omaduste suur kõikumine ja seetõttu on vajalik täiendavate uuringute teostamine, et olla kindel erinevate jäätmefraktsioonide biogaasi tootlikkustes, keemilistes omadustes ja välja selgitada optimaalseim protsessiskeem kooskääritamiseks.

5.4. Biolagunevate jäätmete ettevalmistamise viisid metaankääritamiseks

Biolagunevate jäätmete efektiivseks käitlemiseks anaeroobse kääritamisprotsessiga on vajalik eeltöötlustehnoloogiate rakendamine enne põhiprotsessi. Eeltöötlus

meetoditena on katsetatud mitmeid erinevaid tehnoloogiaid nagu ultraheli kavitatsioon, kõrgetemperatuur hüdrolüütiline eeltöötlus, ensümaatilise eeltöötlus ja seebistamine (Wilson, C., Novak, J.T., 2009; Battimelli jt, 2010; Valladao jt, 2007; Gannoun jt 2009).

Kuigi erinevate eeltötlustehnoloogiate nimekiri on pikk, siis kõigil neil on ühine eesmärk: komplekssete orgaaniliste ühendite (süsivesikute, rasvade ja proteiinide) lagundamine anaeroobsetele mikroorganismidele kergemini omastatavateks ühenditeks, biogaasi saagikuse tõstmise ja protsessi vajaliku viibeaja vähendamine (sõltub domineerivast metaani tootmise rajast). Kõigi eelpool nimetatud tehnoloogiatega on saavutatud oluliselt optimaalsemaid ja efektiivsemaid tulemusi anaeroobse kääritamise protsessi jaoks, kui eeltöötlemata tooraine kasutamise korral, kuid siiani on küsitav nende rakendamise majanduslik otstarbekus suure energiatarbimise tõttu. Eeltöötlemata toorainete korral, millel on kõrge proteiini ja rasvade sisaldus on suurem võimalus tahkete osakeste akumulatsiooniks reaktoris, rasvade adsorptsiooniks biomassil, rasvade flotatsiooni ning väljauhtumisega, KHT ärastusefektiivsuse langusega ja torude ummistusega, kui temperatuur langeb alla 30 °C (Wilson, C., Novak, J.T., 2009; Battimelli jt, 2010; Valladao jt, 2007; Gannoun jt 2009).

Kõige reaalsemat rakenduslikku väljundit eeltötlustehnoloogiatest omavad järjestikusel kasutamisel mehaaniline purustamine ja ensümaatilise hüdrolüüsi. Mida väiksemad on osakeste suurus, seda suurem on kokkupuutepind mikroorganismide ja tooraine vahel. Optimaalne osakeste suurus tahkete biolagunevate jäätmete korral jääb vahemikku 10-15 mm. Hüdrolüüsi optimaalseks tööks on vajalik selle etapi eraldamine anaeroobsest kääritist, et tekitada sobivaimad keskkonnatingimused just hüdrolüütiliste bakterite elutegevuseks.

Millised keskkonnatingimused on parimad konkreetsete bakterite ja toorainete korral, on võimalik välja selgitada laboratoorsete uuringute käigus. Kõige suuremat mõju omavateks parameetriteks on pH, temperatuur, protsessi viibeag ja orgaaniline koormus.

5.5. Tapamajade tahkete ja vedelate jäätmevoogude omadused ja käitlustehnoloogiad

Loomsete jäätmete käitlemise puhul tuleb eraldi vaadelda kahte erinevat jäätmevoogu, mis mõlemad sobivad biogaasi tootmisprotsessis kasutamiseks, kuid vajavad täiesti erinevaid tehnoloogilisi lahendusi. Üheks jäätmevooks on eeltöödeldud või töötlemata tahked jäätmed ja teine jäätmevoog on tapamajadest väljuv reovesi millest on eraldatud kõik tahked osad, mis on suuremad kui >5 mm. Esimesena mainitud jäätmevoo erinevate fraktsioonidega on tehtud mitmeid uuringuid ja Euroopas on ka tööstuslikul tasandil kogemusi tahkete tapamajajäätmete utiliseerimisel biogaasijaamas (Kirchmayr jt, 2002; Hejnfelt, A. ja Angelidaki, I., 2009; Luste, S. ja Luostarinen, S., 2010; Salminen, E.A. ja Rintala, J.A., 2002; Otero, M. ja Mor, A., 2008).

Tapamaja reovee anaeroobne kääritamine *high-rate* reaktorites on muutumas järjest aktuaalsemaks teemaks, kuid tulenevalt lipiidide ja proteiinide kõrge kontsentratsioonist reovees ei ole tavapärased *high-rate* tehnoloogiad (UASB- *upflow anaerobic sludge blanket*, EGSB- *expanded granular sludge bed* & ASBR- *anaerobic sequencing batch reactor*) jätkusuutlikud. Seetõttu on järjest enam rõhku pööratud nimetatud tehnoloogiate modifitseerimisele ja eeltöötlusprotsesside uurimisele, et muuta neid tapamaja reovee töötlemisele paremini kohanduvaks.

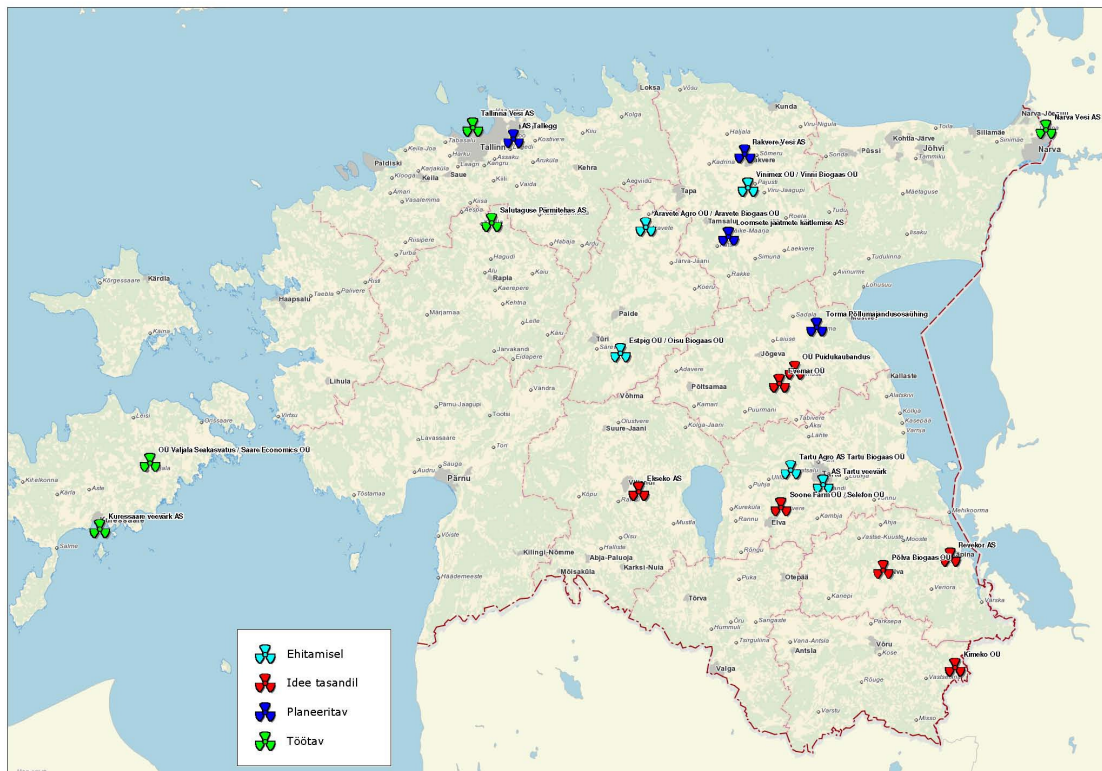
Vedelate tööstusjäätmete käitlemiseks on juba mitu aastakümnet kasutatud *high-rate* anaeroobse kääritamise tehnoloogiad, kuid peamiselt on erinevad tehnoloogilised lahendused (UASB- *upflow anaerobic sludge blanket*, EGSB- *expanded granular sludge bed* & ASBR- *anaerobic sequencing batch reactor*) rakendatavad kergesti lagundatavatest ühenditest (lenduvad rasvhapped ja süsivesikud) koosnevate reovete jaoks. *High-rate* tehnoloogiate puhul on reovee viibeag reaktoris vaid 1-2 päeva ja nii lühikese ajaga ei ole mikroorganismid võimelised lahustamata orgaanikat biogaasiks muundama. *High-rate* tehnoloogiate efektiivseks tööks on vaja reoveest eraldada võimalikult suur hulk lahustamata orgaanikat või lisada eraldiseisva osana eeltöötlus reaktor, kus lahustamata orgaanika lagundatakse. Kui tapamaja reovesi sisaldab peamiselt lahustunud orgaanikat, siis sobivad *high-rate* reaktorid suurepäraselt reovee töötlemiseks ja erinevate kirjandusallikate alusel on KHT ärastusefektiivsus vahemikus 70-95% (Cammarota, M. ja Xavier, A., 2002; Picavet, M. ja Alves, M., 2010; Masse, D. ja Masse, L., 2001; Torkian jt, 2003; Miranda jt, 2005).

Tahkeid tapamajajäätmeid on peamiselt kasutatud kooskääritamise protsessides lisasubstraadina, sest nii vähendatakse oluliselt kõrge ammooniumlämmastiku ja pika

ahelaga rasvhapete kontsentratsiooni tekkimise võimalust ning stabiilse protsessi tagamine on oluliselt lihtsam. On ka selliseid biogaasijaamu, mis kasutavad ainsa substraadina tapamajajäätmeid ja reovett, kuid need on pigem erandid ning sellise protsessi jaoks on vajalik pikaajaline ja järkjärguline koormuse tõstmine, et mikroorganismid oleksid võimelised kõrge ammoonium kontsentratsiooniga kohanema. Protsessi viibeaeg on pikk, ligikaudu 100 päeva, mis oluliselt suurendab reaktorite vajalikku mahtu ja ühtlasi ka investeringut (Kirchmayr jt, 2010). Tavapäraselt kasutatakse kooskääritamise jaoks ühe- või kaheastmelist CSTR (*continuous stirred tank reactor*) reaktorit, mille optimaalne viibeaeg jääb vahemikku 20-60 päeva, sõltuvalt kasutatavatest substraatidest ja keskkonnatingimustega adapteerunud mikroorganismidest. Tapamajajäätmete kasutamisel on vältimatu kõrge ammooniumlämmastiku kontsentratsiooni tekkimine ja sellest tulenevalt ka pH tõus (pH 8 ja suurem) üle optimaalse piirkonna. Kõrge pH puhul on täheldatud süntroofsete atsetaati oksüdeerivate (SAO) mikroorganismide esiletõus ja stabiilse protsessi tagamiseks on vajalik viibeaeg 45-55 päeva, sest SAO kultuuri poolestusaeg on vähemalt 28 päeva (Ek jt, 2010).

6. Eestis kasutatavate biogaasijaamade kirjeldus

Erinevatest ülevaadetest selgub, et olukord Eesti biogaasi tootmises ei ole eriti lootustandev. Suurim arengutakistus biogaasistatava ressursi kasutuselevõttule ja biogaasisektori edenemisele Eestis on see, et praeguses majandus- ja turusituatsioonis ei ole biogaasi tootmine majanduslikult tasuv ning enamasti Kesk- või Lõuna-Euroopas väljatöötatud tehnoloogia ei tööta korralikult Eesti kliimas.



Joonis 5: Biogaasiarendused Eestis

Erinevatel andmetel võib Eestis toodetava biogaasi koguhulk olla kuni 280 miljonit m³, millest oleks võimalik toota kuni 688 tuhat MWh elektrienergiat (Kask, 2009). Teoreetiliselt oleks võimalik toota 545 miljonit Nm³ biogaasi aastas ning hinnanguline majanduslikult mõistlik aastane biogaasi hulk võiks olla ca 300 miljonit Nm³, elektrilise nimivõimsusega $N_{el} = 84 \text{ MW}$. Olenevalt gaasimootori elektrilisest võimsusest (0,5-1,0 MWe_{el}) mahuks Eestisse teoreetiliselt 100-200 biogaasijaama, kuid reaalsed jaamade võimsused ja asukohad sõltuvad arendajatest ja tooraine saadavusest ning reaalseks koguseks on pakutud 50-75 biogaasijaama (Oja, 2011). Biogaasi tootmine saab toimuda kindlale substraadile orienteeritult, mis tagab protsesside parema stabiilsuse ja homogeensema toodangu. Korduvalt on rõhutatud, et

tuleks hoida lahus reoveesette ja muu substraadi käitlemine biogaasiks (Kask, 2010). Seda eelkõige sellepärast, et reoveesette käärimisjäak ei sobi väetiseks ja vajab eraldi käitlust pärast kääritamist (näiteks kütusena).

6.1. AS Tallinna Vesi biogaasijaam

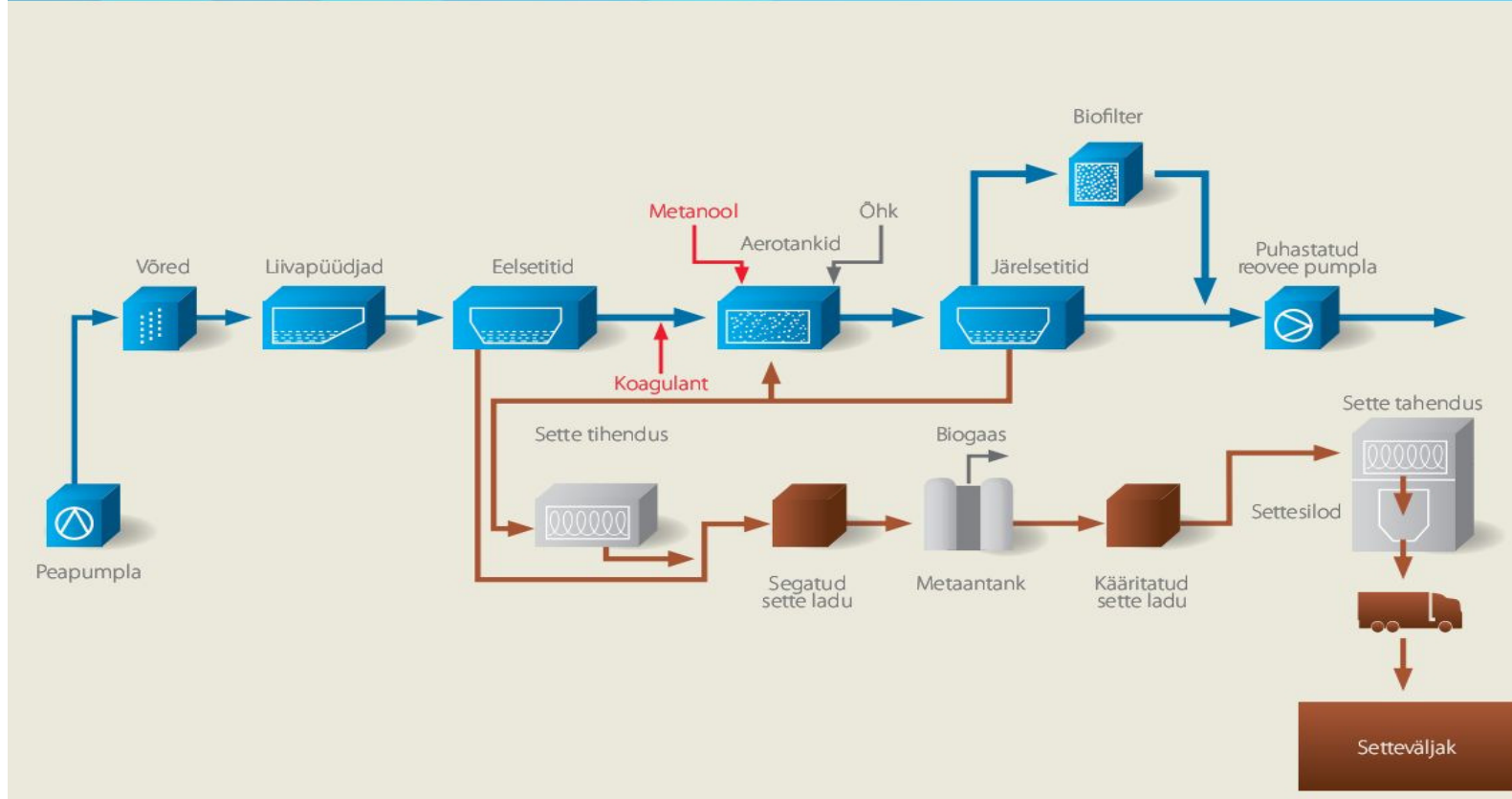
AS Tallinna Vesi kasutab reoveepuhastuse protsessis välja võetud muda stabiliseerimiseks anaeroobset mesofiilset kääritamist metaantankides, mille tulemusena eraldub biogaas. Settekäitluse ülesandeks on toorsette ja jääkaktiivmuda stabiliseerimine, tahendamine; tahendatud settest settesegu valmistamine ja realiseerimine; tekkiva biogaasi kogumine gaasihoidlasse ehk gaasikella ning jääkgaasi põletamine.

Metaantankide 2 tk a 10000 m³ käivitamisega alustati 1998 a jaanuaris. Käivitusprotsess oli reoveepuhastusjaama töötajatele uudne, kuid tänu YIT-Yhtymä ja Helsingi Vesi spetsialistide poolt edastatud kogemustele õnnestus käivitamine suurepäraselt ja planeeritud graafiku kohaselt. Tehnilisest küljest oli ette antud ka teatud piirangud - metaantanki täitmine puhastatud heitveega pidi toimuma aeglaselt (min 8 päeva) ja ka järgnev temperatuuri tõstmine 8-lt kraadilt 37-ni 18 päeva. Pärast 37°C saavutamist alustati muda sissepumpamist 10 % normaalsest kogusest päevas. Et asi "hapuks" ei läheks, lisati sissepumbatavale mudale naatriumbikarbonaati (söögisooda) ca 40 kg päevas. Laboratoorium käivitas koheselt igapäevased analüüside võtmised, et jälgida protsessi käiku. Kõige tähtsam näitaja on lenduvate hapete ja üldleelisuse suhe, mis peab olema alla 0,2.

Biogaas, mis hakkas eralduma võrdlemisi kiiresti, oli metaanisisaldusega alla 50 %. See gaasi lasti läbi 10 cm veesambaga luku atmosfääri.

Kui metaani sisaldus tõusis 50 %-ni, tõsteti veeluku tase 35 cm-ni ja tekkinud gaas koguti gaasikella. Gaasikella täitumisel lülitusid tööle jääkgaasi põletid. Kui gaasikellast väljuva gaasi metaanisisaldus tõusis üle 60 %, alustati biogaasi kasutamist katlamajas ja gaasimootoril.

Normaalsel režiimil pumbatakse metaantankidesse ca 1000 m³ 3,5 % kuivainesisaldusega muda ööpäevas (protsess on pidev). Sellise koguse muda puhul on muda viibimine metaantankis 20 ööpäeva.



Joonis 6 AS Tallinna Vesi reoveepuhastusjaama tehnoloogiaskeem.

Biogaasi saagis on keskmiselt 340 m³ tunnis (8160 m³/d) metaani sisaldusega ca 67 %. Kogu tekkinud biogaas kulub AS Tallinna Veel tootmishoonete kütmiseks ja metaantanki pumbatava muda soojendamiseks 37 °C-ni ning ca 700 kW võimsusega gaasimootorile, mis käitab aerotankidesse õhku andva turbiini.

Väga harva on tulnud ette juhuseid, kus biogaasi ei jätku ja katlamaja on sunnitud üle minema maagaasile. Gaasimootor töötab biogaasil edasi. Gaasimootori pikemaajaliste remontide korral jääb biogaasi üle ja siis käivituvad jääkgaasipõletid.

Koostis: väävelvesinik - 0,1 %; lämmastik - 2,5-3,5 %; vesinik - 0,2-0,4 %; veeaur; CO₂ - 36±2% ja metaan 64±2%.

6.2. AS Narva Vesi biogaasijaam

AS Narva Vesi reoveepuhastusjaama järelsetitites eraldatakse aktiivmuda veest ja suunatakse puhastatud vesi kraavi kaudu Narva jõkke. Osa järelsetitites eraldatud mudast tagastatakse biopuhastuse algusetappi (anaeroobsesse kambrisse), liigmuda suunatakse mudatihendajasse. Tõhusama tihendamise saavutamiseks lisatakse liigmudale polümeersset ainet.

Tihendatud muda stabiliseeritakse metaantankis. AS Narva Vesi anaeroobne reaktor on üheastmeline ning mesofiilne. Projektijärgne töötemperatuur on 35-39 °C, reaktoris hoitakse igapäevaselt temperatuuri 37-38 °C. Reaktori maht on 1400m³, päevas lisatakse keskmiselt 10m³ setet, hüdrauliline viibeaeg on 140 päeva.

Käärimisel tekkiv gaasiline metaan põletatakse küünapõletis. Edaspidi on kavas teha investeeringud metaani kasutamiseks katlamajas. Kääritatud mudale lisatakse flokulanti ja suunatakse tsentrifuugi. Fuugitud muda kogutakse mudaväljaku eraldi osasse vältides segunemist tehnoloogilise vee liinist tuleva mudaga. Järelkomposteerimist ei toimu. Kogutud muda äraveoks on sõlmitud leping firmaga, mille nime puhastusseadme juhataja ei teadnud.

6.3. AS Kuressaare Veevärk biogaasijaam

Kuressaare reoveepuhasti juurde ehitatav anaeroobne kääriti peaks kõigi eelduste kohaselt käiku saama selle aasta kevadel. Tooraineks plaanitakse kasutada nii Kuressaare reoveepuhasti enda jääkaktiivmuda kui ka teiste Saaremaa väikepuhastite setteid. Lisaks on sisenditena arvestatud piima- ja lihatööstuse erinevaid jäätmeid ning teisi Saaremaal tekkivaid liigiti kogutud biojätmeid. (vt ka 8.4. Reoveesette ja

biojäätmete kooskäritamise energeetiline potentsiaal ning probleemid Kuressaare näitel).

6.4. OÜ Saare Economics Jööri biogaasijaam

Jööri biogaasijaam on töötanud alates 2005. aasta sügisest ning tooraineks on 8 ümbruskonna seafarmi läga. Läga kogutakse kokku 20 km raadiuses. Tehnoloogiline skeem koosneb vastuvõtumahutist, eelsegistist 300 m³ (mehaaniline segamine) ja põhikääritist 3000 m³ (segamine gaasi tsirkulatsiooniga). Igapäevane läga kogus, mis sisestatakse biogaasijaama on 120 m³. Sellest tulenevalt on hüdrauliline viibeaeg 25 päeva ja temperatuur reaktoris hoitakse 41 C°. Käirimisjäak suunatakse peale protsessi tsentrifuugi, kus eraldatakse tahke ja vedel fraktsioon. Tahke jäägi kuivaine sisaldus on keskmiselt 12-15% ning kasutatakse täitepinnaena. Vedelfraktsiooni kasutatakse põldudel väetisena. Gaasimootor on võimsusega 350 kW ja töötab keskmiselt 85-95% kasutusefektiivsusega. Anaeroobse käiritamise protsessi alustamiseks toodi 500 m³ inokulumi AS Tallinna Vesi mesofiilsetest reaktoritest, millele lisati 1000 m³ eelsoojendatud vett. Reaktori toitmist alustati mahuga 5 m³ päevas ning järkjärgult tõsteti see 120 m³ päevas, et tagada piisav adapteerumise aeg ning vältida protsessi seiskumist.

Sulfiidi kontsentratsioon puhastamata biogaasis on ligikaudu 3000 ppm. Väevli ärastamiseks kasutatakse FeCl₃. Kõrge sulfiidi sisaldus biogaasis on olnud suurimaks probleemiks biogaasijaama töös. Tulenevalt erinevat seafarmide lägade erinevast koostisest (kuivaine sisaldus vahemikus 2-9%) on ka biogaasi tootlikkus olnud kuude lõikes kõikuv.

7. Meetodid

7.1. Proovivõtt

Proovivõtmise protseduuridest sõltuvad analüüside tulemused. Proovide võtmise, säilitamise ja ettevalmistamise protseduurid peavad tagama proovide koostise muutumatused proovivõtmise analüüsimiseni. Proov peab olema lähtematerjali suhtes esinduslik, s.t. see peab kirjeldama antud objekti tegelikku seisundit antud ajahetkel, vastasel korral ei ole võimalik saada analüüsitulemusi lähtematerjaliga seostada.

Proovivõtuvahendid ja proovivõtunõud peavad olema proovi suhtes inertset materjalist.

Proovivõtul tuleb järgida konkreetseid proovivõtustandardeid. Juhul, kui ei ole võimalik järgida standardeid täielikult või kui vastavad standardid puuduvad tuleb proovivõtuprotseduurid dokumenteerida.

Kõik käesoleva projekti käigus võetud reoveesette proovid on võetud vastavalt KKM määrusele nr 30 "Proovivõtumeetodid"²⁵ ja EVS-EN ISO 5667-13:2007²⁶.

Jäätmeproovide puhul oli valdavalt vajalik proovi eeltöötlus (peenestamine ja/või homogeniseerimine). Selleks otstarbeks võeti jäätmetest kompostitproov, ruumalaga 10 liitrit ning peenestati lihahundi KT LM-82/P abil (osakese suurus alla 2 mm), seejärel homogeniseeriti segamise teel ning võeti laboratoorse analüüside jaoks vajalik kogus (1 liiter) proovi.

7.2. Biofraktsiooni ainesisalduse määramise laboratoorsed meetodid ja võimalused

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ kasutusel olevad meetodid biolagunevate jäätmete, digestaadi ning biogaasi koostise analüüsimiseks on toodud tabelis 18. EKUKis kasutusel olevad meetodid ammooniumi jaoks ei sobi valdavalt tahketele proovidele. Põhiliseks segavaks teguriks on biolagunevates jäätmetes sisalduvad rasvad. Probleem rasvadega segab ka pH määramist, sest suurema sisalduse korral ei ole võimalik valmistada vesilahuseid ning elektroodi töö on häiritud.

²⁵ RTL 2002, 56, 833 (<https://www.riigiteataja.ee/akt/95070>)

²⁶ EVS-EN ISO 5667-13:2007 "Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 13: Setteproovide võtmise juhend reovee ja vee töötlemise teostamisel"

Tabel 14 Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ kasutusel olevad meetodikad

Näitaja	Katsemeetod	Meetodi lühikirjeldus
Kuivaine sisaldus	SFS 3008	Gravimeetria, proovi kuivatamine kuivatuskapis 105 °C juures.
Orgaanilise kuivaine sisaldus	SFS 3008	Gravimeetria, proovi kuivatamine 105 °C juures ja põletamine 550 °C juures.
Orgaaniline süsinik (TOC)	EVS-EN 13137	IR-spektromeetria, proovi põletamine 1000 °C juures, eralduv CO ₂ detekteeritakse IR – detektoriga.
Väävel	EVS-EN ISO 11885	ICP AES, eelnevalt proovi mineraliseeritakse mikrolaineahjus HNO ₃ – ga.
C-N suhe	*	Arvutuslik
pH	ISO 10390	Elektrokeemia. Segavaks faktoriks on rasv, mis häirib elektroodi tööd.
Ni, Cu, Cr, Pb, Zn, Cd	STJnr.M/U91	ICP OES, eelnevalt proovi mineraliseeritakse mikrolaineahjus HNO ₃ – ga.
Na, K	STJnr.M/U85	AAS leek, eelnevalt proovi mineraliseeritakse mikrolaineahjus HNO ₃ – ga.
Ca, Mg	STJnr.M/U83	AAS leek, eelnevalt proovi mineraliseeritakse mikrolaineahjus HNO ₃ – ga.
Iso-võihape	STJnr.T214	Kapillaarelektroforees
PCB	STJ nr.U63	GC ECD
Kloororgaanilised pestitsiidid	STJ nr U63	GC ECD
Escherichia coli	CEN/TR 15214-2	Escherichia coli kõige tõenäolisema arvumeetodil setetes, kompostides, pinnastes
Salmonella spp	CEN/TR 15215-3	Salmonella spp avastamine vees, pinnases, settes, bioloogilistes jäätmetes ja pinnase täiendmaterjalides. Selektiivsete eelrikastuse meetod.
Enterococcus faecalis	CEN/TC 308	Enterokokkide määramine miniatuurne kõige tõenäolisema arvu meetod
Clostridium perfringens	CEN/TC STD v 3.2	Filtratsiooni meetod selektiivsel söötmel
Helmintide munad	*	Kombineeritud flotatsioonimeetod
Metaan (CH ₄)	STJnr.Õ119	Infrapunase kiirguse spetromeetria- ja elektrokeemilise mõõteraku meetod
Väävelvesinik (H ₂ S)	STJnr.Õ119 STJnr.Õ111	Infrapunase kiirguse spetromeetria- ja elektrokeemilise mõõteraku meetod Mõõdetakse kullakihile absorbeerumise meetodil. Mõõdetakse kullatud pinna elektrilist takistust, mis muutub proportsionaalselt kullapinnal absorbeerunud väävelvesiniku hulgaga.
NO _x , CO ₂ , SO ₂ , O ₂	STJnr.Õ114* Akrediteerimata	Elektrokeemilise mõõteraku meetod
Ammoniaak (NH ₃)	STJnr.Õ114	Fotomeetriline mõõteprintsip
Üldlämmastik	ISO 11261	Modifitseeritud Kjeldahli meetod
Üldfosfor	STJnrV26B	Spektrofotomeetriline määramine
NH ₄	SFS 3032	Modifitseeritud Kjeldahli meetod. Spektrofotomeetriliselt ei saa määrata, kuna segavaks faktoriks on rasv.

Omaette ja uueks probleemiks on Eesti laborite võimekus võtta kiiresti üle Euroopa Kompostivõrgustiku poolt välja töötatud komposti kvaliteedikäsiraamatus ning ka peatselt valmiva keskkonnaministri biojätmete käitlemistingimusi reguleerivas määruses nõutavaid analüüse. SA Eesti Akrediteerimiskeskuse (<http://www.eak.ee/>) andmetel ei ole Tabelis 19 välja toodud standardid käesoleval hetkel kasutusel üheski akrediteeritud laboris.

Seega võib eeldada, et uute meetodite kasutuselevõtul on vajalik kehtestada 2-3 aastane üleminekuperiood, mis tagaks nõutavate analüüsimeetodite kasutamisevõimaluse tekke Eestis.

Tabel 15: ECN-QASi järgi komposti kvaliteeti iseloomustavate analüüside standardmeetodid ning olemasolevate meetodite võrdlus EKUKi baasil.

	Parameeter	Mõõtmise standard	Märkused
Hügieen	<i>Salmonella spp</i>	EN ISO 6579	Hetkel EKUKis kasutusel EVS – ISO 6340 ja CEN/TR 15215 – 3. Mõlemad indikatiivsed meetodid – leidub/ei leidu.
Soovimatud koostisosad ja sisaldus	Võõrised	http://www.ecn.nl/docs/society/horizontal/STD791_impurities_bleachwashing_v2.pdf	http://www.ecn.nl/docs/society/horizontal/STD791_impurities_bleachwashing_v2.pdf Tõenäoliselt võimalik määrata koos maksimaalse osakeste suurusega.
	Umbrohuseemned	HORIZONTAL WI CSS 99048, ISO http://www.ecn.nl/docs/society/horizontal/STD781_weeds.pdf	Tõenäoliselt üks problemaatilisemalt sisseseatavaid analüüse. Eeldab kas kasvuhuone või spetsiaalse taimekasvatuse ruumi olemasolu. Võimalikud meetodid: HORIZONTAL WI CSS 99048, ISO
	Plii (Pb)	EVS EN 13650	Hetkel EKUKis kasutusel olev meetod baseerub standardil EVS-EN ISO 11885, mille suurim erinevus EVS EN 13650-st on see, et eeltöötles kasutatakse kuningvee asemel lämmastikhapet.
	Kaadmium (Cd)	EVS EN 13650	
	Kroom (Cr)	EVS EN 13650	
	Vask (Cu)	EVS EN 13650	
	Nikkel (Ni)	EVS EN 13650	
	Elavhõbe (Hg)	ISO 16772	STJnr.M/U84-2 - Elavhõbeda sisalduse määramine AAS - külmaaurumeetodiga.
Pinnase omaduste parendamine	Tsink (Zn)	EVS EN 13650	
	Orgaaniline aine	EVS EN 13039	Hetkel EKUKis kasutusel meetod SFS 3008,
	Lupjamise väärtus (CaO)	-	CEN pakub standardmeetodina välja BGK 2006. Parema alternatiivina oleks tõenäoliselt EVS-EN 12945:2008.
Väetavad omadused	Lämmastik (N) kokku	EVS EN 13654-1 või EVS EN 13654-2	ISO 11261

	Ammooniumi (NH ₄ -N) sisaldus	-	Sobilik meetod on EN 13652. Hetkel Põllumajandusuringute Keskus kasutab määramiseks orgaanilistest väetistest meetodeid: Foss Tecator AN 5226, Foss Tecator AN 5232, AKL TJ-15V. EKUKis on osutunud problemaatiliseks määramisel biolagunevatest jäätmetest.
	Fosfor (P) kokku	EVS EN 13650	EKUKis kasutusel pinnasest määramiseks - EVS-EN 1189 ja STJnr.V26B, veest - ISO 15681-2, EVS-EN ISO 6878
	Kaalium (K) kokku	EVS EN 13650	EVS-EN ISO 11885
	Magneesium (Mg) kokku	EVS EN 13650	EVS-EN ISO 11885
Materjali omadused	Maksimaalne osiste suurus	-	Sõelumine.
	Üldine tihedus	EVS EN 13040	
	Kuivainesisaldus	EVS EN 13040	SFS 3008
	Soolsus/ Elektri juhtivus	EVS EN 13038	EKUKis hetkel kasutusel ainult määramiseks veest - EVS-EN 27888
	pH väärtus	EVS EN 13037	ISO 10390
Bioloogilised näitajad	Aeroobne bioloogiline aktiivsus	Standardmeetod puudub	Tõenäoliselt kõige lihtsamini juurutatav meetod: http://www.wrap.org.uk/downloads/DevLabTestCompostStabilityAnnexA.fd35df33.645.pdf
	Taime reaktsioon	Standardmeetod puudub	http://www.ecn.nl/docs/society/horizontal/STD781_weeds.pdf

Peatüki 2.2.1. põhjal koostati ka rooveesette analüüsikomplektide näidishinnakiri (Tabel 16). Siit johtub, et rooveesette analüüsikomplekti maksumus on vahemikus 580...655 eurot (sõltuvalt stabiilsuse indikaatorist). Kvaliteeti iseloomustavate parameetrite lisamisel küündib analüüsikomplekti maksumus maksimaalselt 745 euron, mis annab maksimaalseks käivitava rooveepuhasti analüüsikululks (proove võetkase 12x aastas) 8 931,60 EUR ning juba kasutusel oleva rooveepuhasti sette analüüsise maksimaalseks kuluks 2 977 EUR.

Tabel 16: Rooveesette analüüsise indikatiivne hinnakiri (EKUK 2012.a hindade baasil)

Analüüs	Ühik	Kogus	Hind, EUR	Summa, EUR
Hügieeni parameetrid				
<i>Salmonella spp.</i> kvalitatiivne analüüs settes	analüüs	1,00	70,30	70,30
<i>E. coli</i> settes, pinnases, kompostis (MPN)	analüüs	1,00	70,00	70,00
KOKKU 1				140,30

Potentsiaalselt toksilised elemendid				
Raskmetallide sisaldus (Pb, Cd, Cr, Zn, Cu, Ni)	kompl.	1,00	56,00	56,00
Elavhõbeda (Hg) määramine külmauru meetodil ühest proovist	analüüs	1,00	27,00	27,00
Proovi eeltötlus raskmetallide määramiseks	analüüs	1,00	20,00	20,00
PAH summaarne (sh. benso(a)püreen)	analüüs	1,00	246,00	246,00
KOKKU 2				349,00
Üldnäitajad				
Orgaaniline aine	analüüs	1,00	12,00	12,00
Kuivaine 105 oC	analüüs	1,00	7,00	7,00
Üldlämmastik pinnases	analüüs	1,00	24,00	24,00
Üldfosfor pinnases	analüüs	1,00	20,00	20,00
pH pinnase vesilahuses	analüüs	1,00	4,00	4,00
KOKKU 3				67,00
KOKKU 1...3				504,00
Stabiilsuse parameetrid				
Hapnikutarbe (OUR - oxygen uptake rate)*	analüüs	1,00	32,00	32,00
Orgaanilise aine vähenemine (2x orgaaniline aine)	analüüs	2,00	12,00	24,00
Spetsiifilise hapnikutarbimise tase (SOUR - specific oxygen uptake rate) *	analüüs	1,00	32,00	32,00
Lenduvate rasvhapete kontsentratsioon (TTÜ)*	analüüs	1,00	25,00	25,00
Biogaasi jääkpotentsiaal (TTÜ)*	analüüs	1,00	97,00	97,00
KOKKU 4				210,00
Kvaliteet				
Maksimaalne osiste suurus ja võõrised (sõelumine)*	analüüs	1,00	41,00	41,00
Umbrohuseemned + Taime reaktsioon*	analüüs	1,00	50,00	50,00
KOKKU 5				91,00

*hinnad indikatiivsed.

7.3. Manomeetriline meetod (Oxitop®) eraldunud biogaasi kvantitatiivseks mõõtmiseks

Anaeroobsel käiritamisel eraldunud biogaasi kvantitatiivseks mõõtmiseks kasutatakse Oxitop® Control AN 6 manomeetrilist katseseadet.

Katseseade koosneb ühe-liitrise mahuga reaktorist (joonis 6a) ning andmehõiveseadmest (joonis 6b). Reaktoril on kolm kaela, keskmine kael on kaetud rõhuanduriga varustatud peaga ning külgmised hermeetiliste korkidega, mida saab kasutada proovide võtmiseks nii vedel- kui ka gaasifaasist (Koor, 2008; Menert jt, 2005; Mets, 2006). See võimaldab lisaks biogaasi tekke kvantitatiivsele mõõtmisele mõõta ka lenduvate rasvhapete sisaldust, keemilist hapnikutarvet, pH-d, biogaasi koostist ja teisi protsessi kulgu hindavaid parameetreid (Süßmuth jt, 1999).

Et gaasi rõhk oleks temperatuurist, siis on oluline viia katsed läbi termostaadis. Reaktsioonikeskkonna ühtlase segunemise tagamiseks varustatakse reaktorid segaja

pulkadega ja asetatakse magnetsegaja alusele. Anaeroobsel lagundamisel eralduv biogaas tõstab rõhku korgiga suletud gaasikindlas kalibreeritud Oxitop® klaasanumas (joonis 6a). Rõhuanduriga varustatud pea salvestab kahe nädala jooksul automaatselt kuni 360 katsepunkti iga 56 minuti järel, mis hiljem kogutakse andmehõiveseadmesse ehk nn kaugjuhtimispulti. Andmehõiveseade võimaldab üheaegselt jälgida gaasi rõhumuutusi i 99-s erinevas Oxitop® reaktoris, kuid tavaliselt piirab nii suurt katsete arvu vajalike segaja plaatide ning termostaatide olemasolu. Rõhku mõõdetakse hektopaskalites ($1 \text{ hPa} = 102,1 \text{ Pa} = 1 \text{ mbar}$). Rõhuanduri ülemine registreerimispiirkond on 350 hPa, seega rõhu tõusmisel üle 350 hPa tuleb liigne gaas reaktorist välja lasta (Koor, 2008; Mets, 2006) Oxitop® katseseade võimaldab katseid läbi viia temperatuurivahemikus $+5 - +50^{\circ}\text{C}$.²⁷

Antud meetodi nii heaks kui ka halvaks küljeks on see, et kõik reaktsiooniproductid, sh inhibeerivad ained (nt H_2) jäävad samasse reaktsiooninõusse (Süßmuth jt, 1999).



Joonis 7a Terviklik Oxitop® katseseade koos termostaadiga (foto A .Sergejev); b- OxiTop® andmehõiveseade (Foto: M. Koor)

Kui katse on käivitatud, siis alustab Oxitop® katseseadme rõhuanduriga varustatud pea automaatset rõhumuutuste salvestamist reaktoris iga 56 minuti tagant. Iga päev

²⁷ BOD measurements. Respiration. Wissenschaftlich – Technische Werkstätten GmbH & Co. KG [WWW] (<http://www.wtw.com/downloads.php>)

jälgitakse reaktorites olevat gaasirõhku andmehõiveseadme abil ning 360 katsepunkti möödudes kogutakse kõikide reaktorite rõhumuutuste andmed kaugjuhtimispuldi abil arvutisse, mille tulemusena saadakse andmete toorikfail.

Järgnevalt töödeldakse antud andmete toorikut programmi Microsoft Excel abil, kusjuures arvutatakse järgmised parameetrid: katseaeg päevades, biogaasi produktsiooni kiirus hektopaskalit päevas (hPa/p), summaarne rõhk reaktoris katse vältel (hPa), biogaasi summaarne produktsioon millimoolides (mmol), biogaasi produktsiooni kiirus millimooli päevas (mmol/p).

Biolagundamise katsete pikkuseks on tavaliselt 42-50 päeva, st kuni biogaasi tootmine reaktorites oli jõuab platooni. Katsete lõppedes ehitatakse graafikud, võrdlemaks erinevate proovide puhul summaarset rõhku reaktoris ning biogaasi produktsiooni kiirust katse vältel (mmol/p).

8. Tulemused

8.1. Biolagunevate jäätmete proovide kirjeldused

Tabelis 17 on toodud koondandmed erinevate biolagunevate jäätmete proovivõtumeetoditest ning eeltötluse vajalikkusest.

Tabel 17 Erinevate biolagunevate jäätmete proovide proovivõtumeetodid ning eeltötlused

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Proovivõtumeetod	Eeltötlus proovivõtmisel	Märkused
Rakvere Lihakombinaat AS	Steriliseeritud tapamajajäätmete mass	STJ nr P7	-	Proov võetud tapamajast, tötlusprotsessi käigus juba homogeniseeritud ja peenestatud, hilisem eeltötlus ei olnud vajalik
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotatsioonimuda	EVS EN-ISO 5667-13	-	
Rakvere Lihakombinaat AS	Tehnoloogiline rasv	STJ nr P7	-	
Rakvere Lihakombinaat AS	Lihakondijahu	STJ nr P7	-	
Rakvere Lihakombinaat AS	Dekanteerimisjääde	STJ nr P7	-	
Vettel OÜ	Rasvapüünis	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud rasvapüüdurist, esineb kihistumist (vesi-rasv)
Vettel OÜ	Jääkmuda ja kalarasva segu tihendusväljakult	EVS EN-ISO 5667-13	-	Jääkaktiivmuda ning kalarasva segu. Proov võetud tihendusväljakult
Est-Agar AS	Agaritootmise jäätmed	STJ nr P7	-	Proov võetud pressi alt
Kuressaare Veevärk AS	Tihendatud sete	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud pressi alt
Saare Fishexport OÜ	Rasvapüüduri jäätmed	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud rasvapüüdurist, esineb kihistumist (vesi-rasv)
Saare Fishexport OÜ	Krevetipuhastusjäätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov koosnes põhiliselt kreveti osistest
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	STJ nr P7	-	Proov võetud tootmisprotsessist

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Proovivõtumeetod	Eeltöötlus proovivõtmisel	Märkused
Saaremaa Piimatööstus AS	Juustupraak	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Praakjuust. Rikutud pakendiga (kiled eemaldati) või hallitanud
Kuressaare Veevärk AS	Rasvapüünis	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud rasvapüüdurist, esineb kihistumist (vesi-rasv)
Kuressaare Veevärk AS	Veetustatud sete pressi alt	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud pressi alt
Kuressaare Veevärk AS	Jääkaktiivmuda	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud protsessist
Kuressaare ametikool	Biolagunevad sööklajätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov sisaldas paberit, plastikut - eemaldati enne peenestamist ning homogeniseerimist
Saare Fishexport OÜ	Kalajätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov koosnes külmutatud kalajätmetest ning värtsitatud kalajätmetest (1:1)
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	STJ nr P7	-	Proov võetud tootmisprotsessist
Kuressaare Veevärk AS	Jääkaktiivmuda	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud protsessist
Saaremaa Lihatööstus OÜ	Veise 3.kategooria jätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Jätmed tootmisprotsessist
Saaremaa Lihatööstus OÜ	Sigade 3.kategooria jätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	
Saaremaa Lihatööstus OÜ	Sea soolte sisu	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	
Fazer Food Services	TTÜ söökla BLJ	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov sisaldas paberit, plastikut - eemaldati enne peenestamist ning homogeniseerimist
Fazer Food Services	Tootmise biojätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Proovivõtumeetod	Eeltöötlus proovivõtmisel	Märkused
Saaremaa Lihatööstus OÜ	väljavool	EVS EN-ISO 5667-10	-	Proov võetud lihatööstuse väljavoolukaevust
Tallinna Prügila AS	Biolagunevad jäätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov sisaldas paberit, klaasikilde, plastikut - eemaldati enne peenestamist ning homogeniseerimist
Järva-Jaani Teenus OÜ	Flotaatori muda	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud rasvapüüdurist, esineb kihistumist (vesi-rasv)
Torma Põllumajandusühing	Lüpsilauda läga	STJ nr P7	Homogeniseerimine	Proov sisaldas lauda allapanu
Torma Põllumajandusühing	Noorloomade lauda läga	STJ nr P7	Homogeniseerimine	
Torma Põllumajandusühing	Kinniloomad ja poegimine - läga	STJ nr P7	Homogeniseerimine	
Werol Tehased AS	Aganad	STJ nr P7	-	Proov suure kuivainesisaldusega, süttimisohtlik
Balsnack International Holding AS	marjade külmutamise jäätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov sisaldas enamikus marjade puhastamise jäätmeid (lehed, rootsud)
Balsnack International Holding AS	õlipüüduuri jääk	EVS EN-ISO 5667-13	-	Proov võetud rasvapüüdurist, esineb kihistumist (vesi-rasv)
Tallegg AS	reoveesete tapamajast	EVS EN-ISO 5667-13	-	-
Tallegg AS	munakanade sõnnik	STJ nr P7	Homogeniseerimine	-
Tallegg AS	haudejäätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov sisaldas munakoori, rebu, tibusid
Tallegg AS	broilerilindla sõnnik	STJ nr P7	Homogeniseerimine	-
Põltsamaa Felix AS	Biolagunevad jäätmed	STJ nr P7	Peenestamine ja homogeniseerimine	Proov sisaldas põhiliselt kartuli- ja sibulakoori, majoneesi

8.2. Biolagunevate jäätmete analüüsitulemused

Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ-s määratud erinevate biolagunevate jäätmete analüüsitulemused on toodud alljärgnevates tabelites.

8.2.1. Toitained

Tabel 18 sisaldab erinevate biolagunevate jäätmete toitainete analüüsitulemusi. Stabiilseks anaeroobse kääritamise toimimiseks on oluline C:N suhe algmaterjalis. Protsessi normaalseks toimumiseks on vajalik C:N suhe 10-30.

Jäätmete C:N suhe võib varieeruda suuresti vahemikus 6 (loomsed lägad) kuni rohkem kui 500 (orgaanilised tahked jäätmed). Soovituslik optimaalne C:N:P suhe biolagundamiseks on analoogselt aktiivmudaprotsessile 100:5:1 (Steffen, 1998). Anaeroobse kääritusprotsessi sisendite optimaalne C:N suhe on saavutatav segades omavahel madala ning kõrge C:N suhtega substraate (Monnet, 2003).

Tabel 18 Toitained

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Kuivaine, %	Orgaaniline aine, %	C:N	pH	N-üld, mg/kg	Proteiinid pinnases (arvutuslik), mg/kg	P-üld, mg/kg	TOC, mg/kg
Balsnack International Holding AS	marjade külmutamise jäätmed	31,1	92,3	ei saa määrata	4,6	1,1*	-	1075	400 000
Balsnack International Holding AS	õlipüüduri jääk	91,2	99,96	ei saa määrata	ei saa määrata	< 0,1*	-	28	510 000
Tallegg AS	reoveesete tapamajast	17,1	88,9	10,2	6	5,65*	-	8708	560 000
Tallegg AS	munakanade sõnnik	28,1	71,8	6,3	6,3	4,9*	-	25125	364 000
Tallegg AS	haudejäätmed	49,2	32,3	4	6,8	4,49*	-	3838	472 000
Tallegg AS	broilerilindla sõnnik	46,9	79,2	9,9	6,5	3,81*	-	20835	431 000
Rakvere Vesi AS	Sete tihendatud	2,2	80	6	6,4	72800	45,5	27413	429 000
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	23	89	15	6,5	33500	20,9	6038	500 000
Rakvere Lihakombinaat AS	Reovesi enne kemikaale	0,61	81	ei saa määrata	ei saa määrata	39700	24,8	8309	1900*

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Kuivainaine, %	Orgaaniline aine, %	C:N	pH	N-üld, mg/kg	Proteiinid pinnases (arvutuslik), mg/kg	P-üld, mg/kg	TOC, mg/kg
Rakvere Lihakombinaat AS	Reovesi + kemikaalid	0,49	65	9	ei saa määrata	39000	24,4	12573	364 000
Rakvere Lihakombinaat AS	Verekollektor	15	95	4	6,2	148500	92,8	1562	612 000
OG Elektra AS	Flotaatori muda	13	77	8	6,3	49200	30,8	2750	405 000
Tallinna Vesi AS	Toorsete eelselgitist	3,33	71,91	12	6,7	41800	26,1	13663	506 000
Tallinna Vesi AS	WAS	0,83	69,73	6	6,91	65500	40,9	12025	377 000
Tallinna Vesi AS	Kääriti sisend (toorsete+WAS)	2,27	58,27	4	7,74	42700	26,7	15938	180 000
Tallinna Vesi AS	Digestaat	2,75	56,46	8	7,59	40300	25,2	14299	310 000
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	5,8	89,6	10	6	58000	36,3	8395	577 000
Est-Agar AS	Agaritootmise jäätmed	11	86	ei saa määrata	6,94	63500	39,7	1650	ei saa määrata
Kuressaare Veevärk AS	Tihendatud sete	3,2	59	9	6,99	47000	29,4	6925	430 000
Saare Fishexport OÜ	Rasvapüüduuri jäätmed	50	96	46	ei saa määrata	8210	5,1	639	377 000
Saare Fishexport OÜ	Krevetipuhastusjäätmed	26	55	6	8,73	62000	38,8	26623	374 000
Saare Fishexport OÜ	Kalajäätmed	24	90	5	ei saa määrata	81000	50,6	14283	400 000
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	5,8	91	16	6,2	21000	13,1	6431	338 000
Saaremaa Piimatööstus AS	Juustupraak	62	94	4	ei saa määrata	74600	46,6	7783	305 000
Kuressaare Veevärk AS	Rasvapüünis	33	98	126	ei saa määrata	2310	1,4	117	292 000
Kuressaare ametikool	Biologunevad sööklajajäätmed	20	94	15	4,68	25600	16,0	2894	379 000
Kuressaare Veevärk AS	Veetustatud sete	16	76	7	5,91	73400	45,9	16403	493 000
Kuressaare Veevärk AS	Jääkaktiivmuda	4,4	74	ei saa määrata	6,22	70300	43,9	20406	38000**

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Kuivaine, %	Orgaaniline aine, %	C:N	pH	N-üld, mg/kg	Proteiinid pinnases (arvutuslik), mg/kg	P-üld, mg/kg	TOC, mg/kg
Rakvere Lihakombinaat AS	Tapamaja steriliseerimisliini väljund	98,8	84,4	9	ei saa määrata	47600	29,75	22188	408 000
Rakvere Vesi AS	WAS	3,1	78,4	ei saa määrata	5,9	60000	37,5	10250	16000**
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	7,3	88,2	12	6,1	51200	32	8315	595 000
Salvest AS	Biologunevad jäätmed	8,6	94	25	6	14800	9,25	1456	375 000
Salvest AS	Kapsalehed(hooajaliin)	8	93	38	5,3	17100	10,6875	3056	647 000
Salvest AS	Flotaatori muda	17	79	14	5,2	43400	27,125	2180	604 000
Uikala Prügila AS	Reoveesette ja BLJ kompostivaal	28,7	72,2	38	6,96	15600	9,75	1743	590 000
Rakvere Vesi AS	Eelsetiti sete	3,6	74,3	15	6,79	34500	21,5625	4356	520 000
Rakvere Vesi AS	WAS	4,1	70,9	8	6,49	54900	34,3125	8809	440 000
Kalev Chocolate Factory AS	Tootmisjäädgid	97,4	98,1	23	ei saa määrata	18300	11,4375	2931	430 000
Tere AS	Praakkaubad	16,2	95,8	15	e saa määrata	29200	18,25	5390	450 000
Saku Õlletehase AS	Pärm	14,6	91,3	7	ei saa määrata	89700	56,0625	13740	620 000
Saku Õlletehase AS	Tootmispraak/jääk	7	98,4	ei saa määrata	3,87	6600**	ei saa määrata	2386	480 000
Saku Õlletehase AS	õlleraba	20,9	97,5	ei saa määrata	5,83	38200	23,875	5043	1176**
Saaremaa Lihatoöstus OÜ	väljavool	0,3	81	5	8,49	117000	73,125	22	540 000
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	6,5	93	28	6,18	17200	10,75	5644	490 000
Saaremaa Lihatoöstus OÜ	Veise 3.kategooria jäätmed	46	99	7	ei saa määrata	64100	40,0625	4606	470 000
Saaremaa Lihatoöstus OÜ	Sigade 3.kategooria jäätmed	50	99	14	e saa määrata	42900	26,8125	1878	620 000

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Kuivainaine, %	Orgaaniline aine, %	C:N	pH	N-üld, mg/kg	Proteeiinid pinnases (arvutuslik), mg/kg	P-üld, mg/kg	TOC, mg/kg
Saaremaa Lihatööstus OÜ	Sea soolte sisu	15	87	20	5,31	32500	20,3125	11760	650 000
Kuressaare Veevärk AS	WAS	3,4	85	6	6,29	81600	51	20465	460 000
Fazer Food	TTÜ söökla	19	94	18	4,87	19700	12,3	2466	360 000
Fazer Food	Tootmise biojäätmel	24	95	16	ei saa määrata	37500	23,4	3933	600 000
Vettel OÜ	Rasvapüünis	69	99	159	e saa määrata	2960	1,9	820	470 000
Vettel OÜ	Jääkmuda ja kalarasva segu tihendusväljaku	18	87	80	ei saa määrata	4900	3,1	1345	390 000
Tallinna Prügila AS	Biologunevad jäätmed	28,8	82,7	7	5,36	57400	35,9	2650	420 000
Järva-Jaani Teenus OÜ	Flotaatori muda	18,4	85,6	30	ei saa määrata	24300	15,2	1638	730 000
Torma Põllumajandusühing	Lüpsilauda läga	11,5	82,9	16	8,15	35700	22,3	12900	580 000
Torma Põllumajandusühing	Noorloomade lauda läga	10,9	79	9	8,99	31700	19,8	9495	270 000
Torma Põllumajandusühing	Kinniloomad ja poegimine	8,9	77,6	10	8,06	29700	18,6	9838	300 000
Werol Tehased AS	Aganad	92,1	91,4	20	6,68	33100	20,7	6223	670 000
Põltsamaa Feliks AS	Biologunevad jäätmed	24,6	95,3	50	ei saa määrata	11500	7,2	2378	580 000
TTÜ	Kuressaare (segu maksimaalne)	28,6	92,9	11	ei saa määrata	38000	23,8	5158	400 000
TTÜ	Kuressaare (segu reaalne)	32,9	92,9	17	ei saa määrata	39100	24,4	5961	663 000
Saare Economics AS	Digestaat	4,1	69,1	22	9,24	36100	22,6	25580	809 000

* ühik: massi%

** ühik: mg/l.

8.2.2. Raskmetallid

Eestis on raskmetallide sisaldus reoveesetetes reguleeritud Keskkonnaministri määrusega nr. 78, “Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded²⁸”. Hetkel on kehtiv Euroopas Nõukogu Direktiiv nr 278 12. juunist 1986.a. “Keskkonna ja eelkõige pinnase kaitsmise kohta reoveesetete kasutamisel põllumajanduses,” millele on tehtud mitmeid muudatusettepanekuid. Neist kõige viimased on *Working document on sludge 3rd draft* (27.04.2000.a.) ning *Working document on sludge and biowaste* (21.09.2010.a.). Tabelis 19 on võrreldud reoveesetete ning biolagunevatele jäätmetele hetkel kehtivaid norme ning ettepanekuid uutele normidele. Raskmetallide osas ei ole stabiliseeritud biolagunevatele jäätmetele hetkel piirnorme kehtestatud, kuid KKM 11.02.2010 määrusega nr 38 “Ohtlike ainete sisalduse piirväärtused pinnases²⁹” on seatud piirarvud pinnasele, millest suurema väärtuse korral loetakse pinnas reostunuks (Tabelis 19 on esitatud piirarvud elumaa kohta).

Tabelis 20 esitatud analüüsitulemuste põhjal biolagunevate jäätmete proovides piirnormide ületamisi ei olnud.

Tabel 19 Erinevate raskmetallide piirnormide võrdlused

Raskmetall (mg/kgKA)	86/278/EMÜ	KKM 30.12.2002.a. määrus nr 78	KKM 11.02.2010.a. määrus nr 38 (mg/kg)	Working document on sludge and biowaste – stabiliseeritud biolagunevad jäätmed	Working document on sludge and biowaste - reoveesetted
Cd	20-40	20,0	5	3	10,0
Cu	1 000 - 1 750	1 000,0	150	500	1 000,0
Ni	300 - 400	300,0	150	100	300,0
Pb	750 -1 200	750,0	300	200	500,0
Zn	2 500 - 4 000	2 500,0	500	800	2 500,0
Hg	16 - 25	16,0	2	3	10,0
Cr	-	1 000,0	300	300	1 000,0

²⁸ RTL 2003, 5, 48

²⁹ RT I 2010, 57, 373

Tabel 20 Raskmetallid

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Cd, mg/kg	Cr, mg/kg	Cu, mg/kg	Ni, mg/kg	Pb, mg/kg	Zn, mg/kg
Balsnack International Holding AS	marjade külmutamise jäätmed	<1	16,3	12,4	8,8	5,95	42,4
Balsnack International Holding AS	õlipüüduri jääk	<1	<1	1,56	<1	<2	5,59
Tallegg AS	reoveesete tapamajast	1,95	3,95	24,2	4,5	<2	237
Tallegg AS	munakanade sõnnik	<1	5,1	46,9	3,6	<2	404
Tallegg AS	haudejäätmed	<1	2,95	4,9	1,35	<2	15,8
Tallegg AS	broilerilindla sõnnik	<1	5,8	51	5,75	<2	313
Rakvere Vesi AS	Sete tihendatud	< 1	11,2	63	9,1	4,7	200
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	< 1	13,6	35,9	8,1	< 2	203
Rakvere Lihakombinaat AS	Reovesi enne kemikaale	< 1	2,5	9,7	1,5	< 2	47,1
Rakvere Lihakombinaat AS	Reovesi + kemikaalid	1,1	5,8	20,1	6,6	< 2	168
Rakvere Lihakombinaat AS	Verekollektor	< 1	< 1	32,1	< 1	< 2	50,6
OG Elektra AS	Flotaatori muda	3,2	14	64,5	18,6	3,3	338
Tallinna Vesi AS	Toorsete eelselgitist	1,53	24,4	178	15,3	16,5	384
Tallinna Vesi AS	WAS	1,4	18,6	211	15,1	12,7	328
Tallinna Vesi AS	Kääriti sisend (toorsete+WAS)	2,5	34,7	321	23,2	22,9	598
Tallinna Vesi AS	Digestaat	2,3	44	253	29,2	23	544
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	<1	6,37	30,8	5,14	<2	170
Est-Agar AS	Agaritootmise jäätmed	1,13	8,53	38,9	21,7	2,84	84,3
Kuressaare Veevärk AS	Tihendatud sete	<1	29,7	68,6	24	22,3	980
Saare Fishexport OÜ	Rasvapüüduri jäätmed	<1	3,73	11,4	1,86	2,45	51,4
Saare Fishexport OÜ	Krevetipuhastusjäätmed	<1	<1	37,2	<1	<2	37,1
Saare Fishexport OÜ	Kalajäätmed	<1	2,12	6,83	<1	<2	81,3
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	<1	<1	2,78*	<1	<2	<1
Saaremaa Piimatööstus AS	Juustupraak	<1	<1	4,29	<1	<2	45,1
Kuressaare Veevärk AS	Rasvapüünis	<1	<1	10,8	<1	<2	1,15
Kuressaare ametikool	Biologunevad sööklajajäätmed	<1	<1	5,47	<1	<2	45

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Cd, mg/kg	Cr, mg/kg	Cu, mg/kg	Ni, mg/kg	Pb, mg/kg	Zn, mg/kg
Kuressaare Veevärk AS	Veeustatud sete	<1	9,01	156	9,62	9,72	254
Kuressaare Veevärk AS	Jääkaktiivmuda	<1	5,1	159	7,45	9,3	254
Rakvere Lihakombinaat AS	Tapamaja steriliseerimisliini väljund	<1	<1	13,8	<1	<2	86,3
Rakvere Vesi AS	WAS	<1	16,4	55,5	14,1	10,7	249
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	<1	7,45	25,4	5,1	<2	173
Salvest AS	Biologunevad jäätmed	<1	9,6	7,75	3,65	<2	32,1
Salvest AS	Kapsalehed(hooajaliin)	<1	1,05	3,55	<1	<2	13,5
Salvest AS	Flotaatori muda	3,7	30	19,2	13,8	2,3	161
	Reoveesette ja BLJ kompostivaal	<1	12,2	14,5	5,77	51,4	760
Rakvere Vesi AS	Eelsetiti sete	<1	36,3	71,5	17,1	13,2	279
Rakvere Vesi AS	WAS	<1	23,5	70,7	16,3	9,13	229
Kalev Chocolate Factory AS	Tootmisjäätgid	7,4	1,16	23,6	1,93	<2	21,1
Tere AS	Praakkaubad	<1	<1	4,13	<1	<2	18,3
Saku Õlletehase AS	Pärm	<1	<1	3,61	<1	<2	30,4
Saku Õlletehase AS	Tootmispraak/jääk	<1	<1	<1	<1	<2	<1
Saku Õlletehase AS	õlleraba	<1	<1	17,6	<1	<2	83,9
Saaremaa Lihatoöstus OÜ	väljavool	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,05	0,345*
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	<1	<1	9,05*	<1	<2	2,28*
Saaremaa Lihatoöstus OÜ	Veise 3.kategooria jäätmed	<1	1,2	55,5	<1	<2	40,5
Saaremaa Lihatoöstus OÜ	Sigade 3.kategooria jäätmed	<1	1,48	9,03	<1	<2	19,8
Saaremaa Lihatoöstus OÜ	Sea soolte sisu	<1	2,25	61	1,6	<2	140
Kuressaare Veevärk AS	WAS	<1	4,95	150	5	5,15	228
Fazer Food	TTÜ söökla	<1	1,93	4,62	<1	<2	12,5
Fazer Food	Tootmise biojäätmed	<1	<1	3,35	3,2	<2	16,1
Vettel OÜ	Rasvapüünis	<1	1,91	3,65	1,49	<2	8,19
Vettel OÜ	Jääkmuda ja kalarasva segu tihendusväljaku	<1	7,5	8	1,27	<2	18,9
Tallinna Prügila AS	Biologunevad jäätmed	<1	6,35	20,5	3,75	7,4	142

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Cd, mg/kg	Cr, mg/kg	Cu, mg/kg	Ni, mg/kg	Pb, mg/kg	Zn, mg/kg
Järva-Jaani Teenus OÜ	Flotaatori muda	1,65	4,45	13,6	5,3	<2	50
Torma Põllumajandusühing	Lüpsilauda läga	<1	1,9	27,2	1,25	<2	173
Torma Põllumajandusühing	Noorloomade lauda läga	<1	1,9	34,3	1,65	10,1	201
Torma Põllumajandusühing	Kinniloomad ja poegimine	<1	2,3	42,7	3,35	<2	348
Werol Tehased AS	Aganad	<1	1,08	7,3	<1	<2	46,1
Põltsamaa Feliks AS	Biolagunevad jäätmed	<1	1,83	8,08	<1	<2	10,5
TTÜ	Kuressaare (segu maksimaalne)	<1	1,53	21,3	1,25	<2	44,4
TTÜ	Kuressaare (segu reaalne)	<1	1,73	15,6	2,04	<2	28,2
Saare Economics AS	Digestaat	<1	3,67	226	4,9	<2	1898

*mg/l

8.2.3. Inhibiitorid

Mitmed erinevad ained võivad esile kutsuda anaeroobse käärimisprotsessi lakkamist. Näiteks Proteiinide lagundamisel tekib lisaks ammooniumlämmastikule ka vesinikdisulfiid (H_2S), mis on agressiivne ühend tehnoloogia jaoks. H_2S toimib lahustunud olekus rakumürgina juba alates kontsentratsioonist 50 mg/l. Väävel on aga oluline mikroelement metanogeensetele bakteritele. Lisaks suudab sulfiidiioon siduda raskmetalle ja neid protsessist kõrvaldada. Tabelis 21 on toodud erinevate ainete inhibeerivad kontsentratsioonid.

Tabel 21 Inhibiitorid ja kahjulikud kontsentratsioonid³⁰

Inhibiitor	Kontsentratsioon
Na	6-30 g/l, (adapteerunud kultuurides kuni 60g/l)
K	alates 3 g/l
Ca	alates 2,8 g/l $CaCl_2$
Mg	alates 2,4 g/l $MgCl_2$
Ammoonium	2,7-10 g/l
Ammoniaak	alates 0,15 g/l
Väävel	Alates 50 mg/l H_2S , 100 mg/l S^{2-} , 160 mg/l Na_2S (adapteerunud kultuurides kuni 600 mg/l Na_2S ja 1000 mg/l H_2S)
Raskmetallid vabade ioonidena	alates 10 mg/l Ni, 40 mg/l Cu, 130 mg/l Cr, 340 mg/l Pb, 400 mg/l Zn
Raskmetallid karbonaadina	alates 160 mg/l Zn, 170 mg/l Cu, 180 mg/l Cd, 530 mg/l Cr^{3+} , 1750 mg/l Fe
Rasvhapped	Iso-võihape alates 50 mg/l

Tabelis 22 on toodud analüüsitud proovide inhibeerivate ainete analüüsitulemused, kuid need on informatiivsed, esitatud kuivaine kohta ja tuleb ümber arvutada lähtudes konkreetse anaeroobse reaktori lahjendusi. Biogaasipotentsiaali määramisel laboratoorses tingimustes täheldati protsessi inhibeerimist ainult Est-Agari proovi puhul, mille tõenäoliselt põhjustas kõrge väävli sisaldus (25000mg/kg).

³⁰ http://tek.emu.ee/userfiles/taastuenergia_keskus/biogaasiraamat_veebiversioon.pdf

Tabel 22 Biolagunevate jäätmete inhibeerivate ainete analüüsitulemused

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Ca, mg/kg	K, mg/kg	Mg, mg/kg	Na, mg/kg	S, mg/kg	Ni, mg/kg	pH	Rasva %	Iso-võihape, massi%	Ammoonium, mg/kg
Rakvere Vesi AS	WAS	23730	6230	4655	4885	1200	14,1	5,9	14	< 0,007	-
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	17200	2303	1707	6721	4400	5,1	6,1	40,9	< 0,007	-
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	13820	2358	1434	7939	4600	5,14	6	42,9	< 0,007	-
Salvest AS	Kapsalehed(hooajaliin)	3640	27700	1190	780	4100	<1	5,3	0,92	-	-
Salvest AS	Flotaatori muda	5950	3205	2485	5440	7100	13,8	5,2	36,4	< 0,007	-
Salvest AS	Biolagunevad jäätmed	5320	12600	1665	3375	1500	3,65	6	17,9	0,019	-
OG Elektra AS	Flotaatori muda	17100	2560	1685	3505	13000	18,6	6,3	23,5	< 0,007	-
Rakvere Lihakombinaat AS	Verekollektor	511	2800	186	16130	4300	< 1	6,2	2,25	< 0,007	-
Rakvere Lihakombinaat AS	Reovesi enne kemikaale	12950	15430	5535	48580	41*	1,5	-	35,2	< 0,007	-
Rakvere Lihakombinaat AS	Reovesi + kemikaalid	16200	14530	6665	98850	14000	6,6	-	-	-	-
Rakvere Lihakombinaat AS	Flotaatori muda	21330	815	915	3595	3900	8,1	6,5	35,4	< 0,007	-
Rakvere Vesi AS	Sete tihendatud	25570	11470	7385	11940	12000	9,1	6,4	10,9	< 0,007	-
Rakvere Lihakombinaat AS	Tapamaja steriliseerimisliini väljund	31992	4104	1317	4450	-	<1	_ei saa määrata	-	-	-
Tallegg AS	broilerilindla sõnnik	26750	31350	8500	4360	10000	5,75	6,5	3,7	< 0,007	-
Tallegg AS	haudejäätmed	221100	2250	2720	3395	3600	1,35	6,8	9,3	0,018	-
Tallegg AS	munakanade sõnnik	71300	23500	8230	4030	3900	3,6	6,3	3,8	< 0,007	-

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Ca, mg/kg	K, mg/kg	Mg, mg/kg	Na, mg/kg	S, mg/kg	Ni, mg/kg	pH	Rasva %	Iso-võihape, massi%	Ammoonium, mg/kg
Tallegg AS	reoveesete tapamajast	14750	1235	700	605	11000	4,5	6	22,3	< 0,007	-
Balsnack International Holding AS	õlipüüduuri jääk	39,4	13,8	10,4	43,5	39	<1	ei saa määrata	ei saa määrata	ei saa määrata	ei saa määrata
Balsnack International Holding AS	marjade külmutamise jäätmed	7050	2900	1240	176	1000	8,8	4,6	3	< 0,007	-
Uikala Prügila AS	Reoveesette ja BLJ kompostivaal	19553	1332	3620	113	1700	5,77	6,96	1	-	-
Rakvere Vesi AS	WAS	31510	4731	4091	1375	10000	16,3	6,49	11,1	-	-
Rakvere Vesi AS	Eelsetiti sete	34015	2130	2925	2000	9700	17,1	6,79	16,8	-	-
Tallinna Vesi AS	Digestaat	43000	5583	3902	3427	10000	29,2	7,59	6,4	-	-
Tallinna Vesi AS	WAS	30720	8105	4220	9660	12000	15,1	6,91	5,2	-	-
Tallinna Vesi AS	Kääriti sisend (toorsete+WAS)	45417	6681	4093	4583	12000	23,2	7,74	5,9	-	-
Tallinna Vesi AS	Toorsete eelselgitist	30880	3880	2440	2880	7600	15,3	6,7	14,4	-	-
Saku Õlletehase AS	õlleraba	2813	585	1610	360	-	<1	5,83	13	< 0,007	-
Saku Õlletehase AS	Tootmispraak/jääk	482	4051	977	411	-	<1	3,87	-	< 0,007	117
Saku Õlletehase AS	Pärm	1387	21447	2427	417	-	<1	_ei saa määrata	2,6	< 0,007	-
Tere AS	Praakkaubad	4872	8284	542	2350	-	<1	_ei saa määrata	-	0,332	-
Kalev Chocolate Factory AS	Tootmisjäägid	1608	4526	1352	471	-	1,93	_ei saa määrata	39,9	-	-
Saare Economics AS	Digestaat	20913	42934	12372	12378	8400	4,9	9,24	-	< 0,007	-
TTÜ	Kuressaare (segu reaalne)	10990	4418	1046	5622	2800	2,04	_ei saa määrata	-	0,029	-
TTÜ	Kuressaare (segu maksimaalne)	13843	6194	1250	6338	2700	1,25	_ei saa määrata	-	0,029	-

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Ca, mg/kg	K, mg/kg	Mg, mg/kg	Na, mg/kg	S, mg/kg	Ni, mg/kg	pH	Rasva %	Iso-võihape, massi%	Ammoonium, mg/kg
Põltsamaa Feliks AS	Biolagunevad jäätmed	1875	7759	600	8755	1100	<1	_ei saa määrata	-	0,637	-
Werol Tehased AS	Aganad	11574	11902	3279	462	4300	<1	6,68	-	< 0,007	-
Torma Põllumajandusühing	Kinniloomad ja poegimine	16600	39810	9665	12150	4900	3,35	8,06	-	< 0,007	-
Torma Põllumajandusühing	Noorloomade lauda läga	15685	40015	10745	10895	5300	1,65	8,99	-	0,021	-
Torma Põllumajandusühing	Lüpsilauda läga	19915	22490	10785	5730	4900	1,25	8,15	-	< 0,007	-
Järva-Jaani Teenus OÜ	Flotaatori muda	16835	570	1220	1015	1700	5,3	_ei saa määrata	-	< 0,007	-
Tallinna Prügila AS	Biolagunevad jäätmed	21345	5790	1395	3435	8500	3,75	5,36	3,58	-	-
Saaremaa Lihatööstus OÜ	väljavool	75,2*	59,3*	26,4*	68,8*	36*	<0,03	8,49	-	< 0,007	2110
Fazer Food	Tootmise biojätmed	2389	8055	749	10155	2600	3,2	_ei saa määrata	8,78	0,018	-
Fazer Food	TTÜ söökla	1833	11811	800	11377	2200	<1	4,87	3,98	< 0,007	-
Saaremaa Lihatööstus OÜ	Sea soolte sisu	10450	5885	3446	12895	3000	1,6	5,31	-	-	-
Saaremaa Lihatööstus OÜ	Sigade 3.kategooria jäätmed	336	2387	154	2564	1100	<1	_ei saa määrata	-	-	-
Saaremaa Lihatööstus OÜ	Veise 3.kategooria jäätmed	920	4749	282	5685	1900	<1	_ei saa määrata	-	-	-
Kuressaare Veevärk AS	WAS	14525	10450	5665	3366	6800	5	6,29	-	-	-
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	4512	19341	1092	6118	1800	<1	6,18	-	-	381

Proovivõtukohta valdaja	Proovi kirjeldus	Ca, mg/kg	K, mg/kg	Mg, mg/kg	Na, mg/kg	S, mg/kg	Ni, mg/kg	pH	Rasva %	Iso-võihape, massi%	Ammoonium, mg/kg
Saare Fishexport OÜ	Kalajäätmed	13365	12644	966	17596	5400	<1	_ei saa määrata	10,84	0,027	-
Kuressaare ametikool	Biolagunevad sööklajajäätmed	4104	8868	778	7123	2000	<1	4,68	-	< 0,007	-
Kuressaare Veevärk AS	Jääkaktiivmuda	27900	10230	9460	2495	9000	7,45	6,22	-	< 0,007	-
Kuressaare Veevärk AS	Veetustatud sete	26038	8382	8198	1094	9000	9,62	5,91	-	0,0229	-
Kuressaare Veevärk AS	Rasvapüünis	3825	1159	79,4	992	300	<1	_ei saa määrata	38,24	< 0,007	-
Saaremaa Piimatööstus AS	Juustupraak	10425	1160	410	5613	3600	<1	_ei saa määrata	28,07	0,238	-
Saaremaa Piimatööstus AS	Vadak	4163	26255	1088	6887	3200	<1	6,2	-	< 0,007	2235
Saare Fishexport OÜ	Krevetipuhastusjäätmed	131520	2794	9363	26128	7300	<1	8,73	-	0,012	-
Saare Fishexport OÜ	Rasvapüüduri jäätmed	5000	423	477	468	1700	1,86	_ei saa määrata	-	0,009	-
Kuressaare Veevärk AS	Tihendatud sete	21441	5838	7049	17441	16000	24	6,99	-	< 0,007	-
Est-Agar AS	Agaritootmise jäätmed	44804	2186	6564	1235	25000	21,7	6,94	-	< 0,007	-
Vettel OÜ	Jääkmuda ja kalarasva segu tihendusväljaku	5182	397	155	855	2800	1,27	_ei saa määrata	-	-	-
Vettel OÜ	Rasvapüünis	2747	161	33,8	197	520	1,49	_ei saa määrata	-	-	-

*mg/l

8.2.4. Digestaadi analüüsid

Tabelites 23 ja 24 on toodud digestaadi proovid.

Tabel 23: Digestaadi üldnäitajad

Proovivõtukohta valdaja	Proovivõtukohta nimi	Kuivaineline, %	Orgaaniline aine, %	C:N	N-üld, mg/kg	P-üld, mg/kg	pH	S, mg/kg	TOC, mg/kg
Järve Biopuhastus OÜ	WAS enne hügienisaatorit	13,9	81,7	4,1	73200	19450	6,1	16000	380000
Järve Biopuhastus OÜ	WAS peale hügienisaatorit	43,4	97,6	5,1	73800	20325	6,3	15000	300000
Kuressaare Veevärk AS	Digestaat	4,9	72	12	30100	21750	9,3	12000	364000
Saare Economics AS	Digestaat	2	64	6,6	43800	36750	7,3	16000	290000
Saare Economics AS	Digestaat	4,9	70	9,6	33700	26690	8,2	12000	325000
Tallinna Vesi AS	Komposteeritud digestaat turbaga (7kuud)	23	82	16	24000	8413	5,3	7000	389000
Tallinna Vesi AS	WAS	3,5	74	7,6	47900	22930	6,5	9500	364000
Tallinna Vesi AS	Digestaat	2,4	58	7	39200	15200	7,4	14000	285000
TTÜ	Digestaat (toorsetest)	1,9	54	7,7	34900	18175	7,9	16000	268000
TTÜ	Digestaat (toorsete + tapamaja)	3,7	57	6,1	47500	35360	8,2	13000	292000

Tabelist 24 kajastub, et helmintide mune ei leitud ühestki uuritavast proovist, *Salmonella sp* esines aga kahel korral. Tallinna Vee ühes proovis oli PAH summaarne suurema sisaldusega, kui *WD on Biowaste and Sludge* väljapakutud piirväärtus (6 mg/kg). Tallinna Vee analüüside põhjal on võimalik ka täheldada, et esialgsed kõrged *Enterokokkide* ning *E.coli* sisaldused jääkaktiivmudas (WAS) langevad peale anaeroobse kääritusprotsessi läbimist, kuid saavutavad siiski oma minimaalse sisalduse peale järelkäitlust. *Clostridium perfringensi* sisalduse hüpe anaeroobses reaktoris tuleneb selle bakteri eelistatud kasvukeskkonna esinemisest reaktoris (anaeroobne). Järve Biopuhastuse proovide kohta peab kommentaariks lisama, et proovivõtule eelnenud perioodil esines neil hügieniseerimisüksuse rike ning seetõttu ei kajasta need proovid õiget hügieniseerimise protsessi.

Tabel 24: Digestaadi hügieeni ja keemilise ohutuse parameetrid

Proovivõtukohta valdaja	Proovivõtukohta nimi	Clostridium perfringens, MPN/g	Enterokokk, MPN/g	Escherichia coli , MPN/g	Helmintide munad	Salmonella spp	PAH summa, mg/kg	Benso(a)püreen, mg/kg
Järve Biopuhastus OÜ	WAS enne hügienisaatorit	14364	137780	135684	ei leidu	ei leidu	0,87	
Järve Biopuhastus OÜ	WAS peale hügienisaatorit	9636	34410	167760	ei leidu	ei leidu	0,74	
Kuressaare Veevärk AS	Digestaat	6727	760	272	ei leidu	ei leidu	0,68	0,05
Saare Economics AS	Digestaat	15909	9348	10730	ei leidu	ei leidu	2,04	0,02
Saare Economics AS	Digestaat	3636	70225	2487	ei leidu	leidub		
Tallinna Vesi AS	Komposteeritud digestaat turbaga (7kuud)	3636	255	165	ei leidu	ei leidu	0,7	0,04
Tallinna Vesi AS	WAS	5000	191240	2782800	ei leidu	ei leidu	3,81	0,17
Tallinna Vesi AS	Digestaat	7273	6957	3226	ei leidu	leidub	6,72	0,22
TTÜ	Digestaat (toorsettest)	3273	2312	3096	ei leidu	ei leidu		
TTÜ	Digestaat (toorsete + tapamaja)	6727	69570	2087	ei leidu	ei leidu		

8.2.4. Biolagunevate jäätmete biogaasipotentsiaal

Anaeroobsel kääritamisel eraldunud biogaasi kvantitatiivseks mõõtmiseks kasutatakse Oxitop® Control AN 6 manomeetrilist katseseadet.

Tahked jäätmed purustati eelnevalt tööstusliku hakklihamasinaga ja segati kokku ühtlaseks massiks, mis ei vasta täielikult reaalsetele olukorrale, kus toorme lisamisel ei õnnestu vältida koostise muutumist ja heterogeensust, kuid arvestades laboratoorsete katseseadmete väikseid mahtusid on see ainuvõimalik lahendus piisavalt homogeense toorainemassi saavutamiseks. Linna rasvapüünise proovi kohta tuleb eraldi välja tuua, et rasvapüünistele on omane kihistumine – rasv moodustab vedelikusamba ülemise kihi ja all on (reo)vesi. Proovivõtul üritati haarata mõlemat kihti, sest rasvapüüniste tühjendamine käib paakautodega ja kogu sisu imetakse paaki. Rõhutada tuleb siinkohal aga, et kuivaine sisaldus sõltub suuresti vee ja rasva suhtest püünises tühjendamise ajal. Saaremaa proovide biogaasipotentsiaal on toodud tabelis 25 ning pikemalt on Saaremaa reoveesette ning biojätmete kooskääritamist analüüsitud punktis 8.4:

Tabel 25: Saaremaa biolagunevate jäätmete metaanipotentsiaalid

Saaremaa proovid	KA %	LA %	CH ₄ m ³ / t	CH ₄ m ³ / t LA
Läätsa väikepuhasti sete	3,2	58,8	5,3	277
Kalarasv	49,5	96,2	474,9	998
Kreveti jääk	26,3	55,0	82,5	570
Kalajäätmed	24,3	90,2	158,3	724
Vadak 1	5,9	91,4	25,5	476
Vadak 2	6,5	93,0	24,3	401
Vana juust	61,7	94,3	439,6	756
Linna rasvapüünis	33,3	98,3	607,7	-
Kuressaare veetustatud sete	15,5	75,5	47,2	404
Jääkaktiivmuda 1	4,4	74,2	10,6	322
Jääkaktiivmuda 2	3,4	85,0	10,8	372
Söökla biojätmed	20,3	94,2	103,7	542
Siga 3. kategooria	50,0	99,0	464,0	937
Veis 3. kategooria	46,0	99,0	279,3	613

Töö käigus uuriti ka erinevates tootmisettevõtetes tekkiiva bio(laguneva)jätme biogaasipotentsiaali. Tulemused on välja toodud tabelis 24.

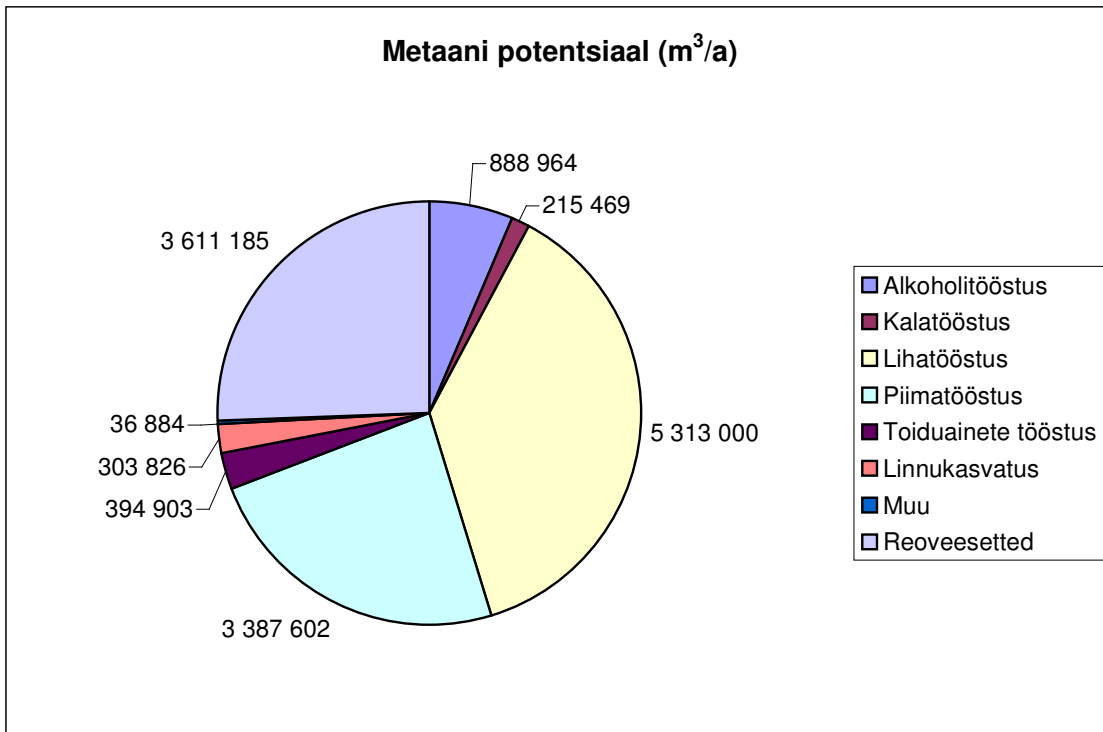
Eraldi tasub siiski toonitada, et kogu tööstuses tekkiiva biogaasipotentsiaali hindamine on problemaatiline. 2009.a. andmete Keskonnateabe Keskuse andmete põhjal tekkis tööstuses biolagunevaid jäätmeid 178 000 tonni. Kõige tagasihoidlikuma arvutuse põhjal oleks võimaliks toota neist jäätmetest 9 mln m³ metaani (4,4MW).

Tabel 26: Mõningate tööstuses tekkivate biojätmete metaanipotentsiaalid

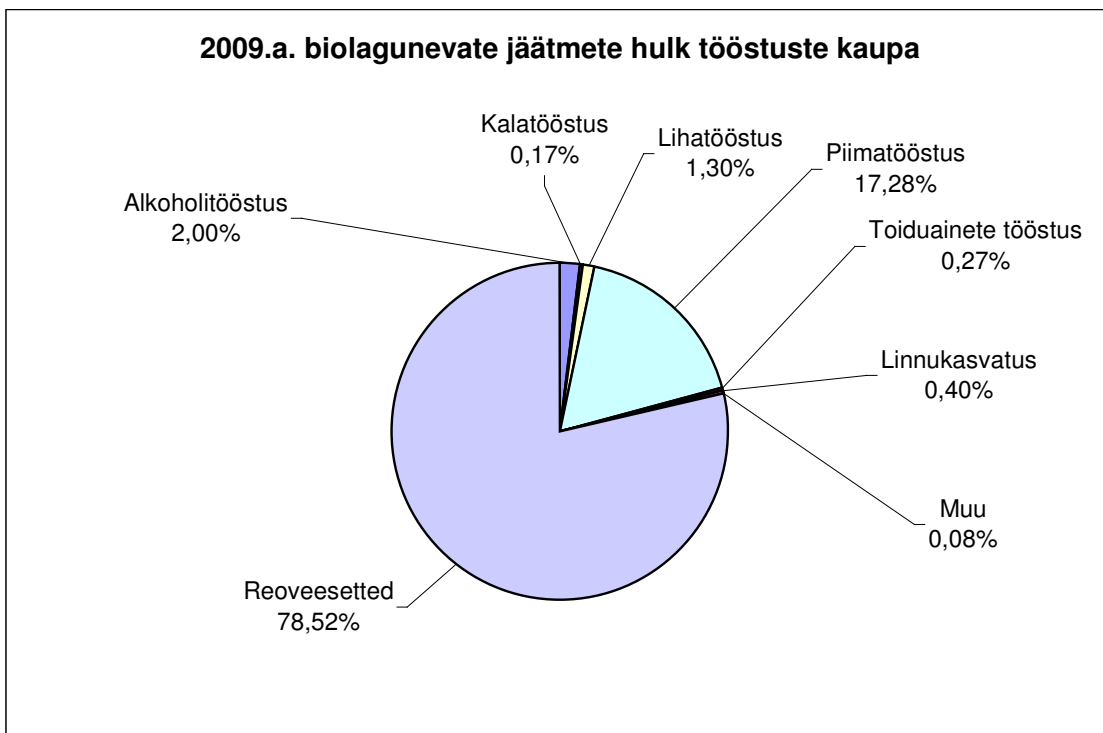
ERINEVAD BIOJÄÄTMED	KA %	LA %	CH ₄ m ³ / t	CH ₄ m ³ / t LA
Jõelähtme biojääde	28,8	82,7	68,6	288,0
E-Piim flotatsioonimuda	18,4	85,6	23,3	148
WEROL aganad	92,1	91,4	316,8	376
Felix konteiner	24,6	95,3	179,1	764
Fazer konteiner	24,0	95,0	154,4	677
TTÜ söökla	19,0	94,0	133,0	745
Glütserool	89,4	95,0	370,9	436
Torma Lüpsilauda läga	11,0	82,5	25,5	348
Torma Poegimislauda läga	10,5	78,6	24,9	302
Torma Noorloomade läga	8,0	76,3	19,3	317
Saku Õlleraba	20,8	95,6	102,6	516
Saku Pärm	16,4	88,7	132,4	912
Saku Õlu	6,9	99,2	55,8	816
Kalev toiotmisjäädid	98,0	98,0	831,8	867
Tere Piim	19,7	96,5	157,7	828
Jääkaktiivmuda TLN	0,8	70,0	2,5	449
Anaeroobse kääriti sisend TLN	2,3	59,6	6,0	433
Toorsete TLN	3,1	65,8	5,0	239,9
Salvest Kapsas	5,9	90,2	24,5	462,1
Salvest biojääde	10,1	93,4	27,2	287,8
Salvest flotatsiooni muda	18,8	78,9	76,6	515,7
Balsnack Marjapressi jääde	28,0	89,7	36,7	146
Balsnack Õlipüüdur	97,6	100,0	54,5	56
Reoveesete tapamajast	27,9	92,7	127,0	490
Broilerite sõnnik	43,9	79,4	84,8	243
Munakanad sõnnik	28,8	71,6	68,3	331
Haudejääde	51,3	62,5	85,6	267

Keskonnateabe Keskusest saadud 2009.a. andmete põhjal (vt Lisad 2, 3 ja 6) on biolagunevatest jäätmetest võimalik teoreetiliselt toota 14,15 miljonit m³ metaani. See on aga konservatiivne hinnang, sest tööstuses tekkivate jäätmevoogude iseloom on väga erinev ja sageli tootmisest sõltuvalt varieeruv. Metaani tekkepotentsiaali arvutamisel võeti aluseks madalaima metaanisaga koefitsiendid, tegelik potentsiaal võib olla kordades suurem.

Graafikutest 1 ja 2 selgub, et kuigi võrreldes muude tööstuses tekkivate jäätmetega on reoveesete (KA ca 4,5%) kogused kõige suuremad, moodustab settest potentsiaalselt toodetava metaani hulk siiski vaid 26% kogu tööstuses potentsiaalselt toodetavast metaanist, samas kui lihatööstuses tekkiva metaani hulk kataks ära ligi 37% ning piimatööstuses 24% sektori kogupotentsiaalid.



Graafik 1: Tööstuses tekkivate biolagunevate jäätmete metaani potentsiaalid 2009.a. jäätmekoguste baasil.



Graafik 2: Biolagunevate jäätmete tekkejaotus tööstuste kaupa (2009.a.)

8.3. Eesti konteksti sobivad tapamaja jäätmete ja reovee anaeroobsed käitlustehnoloogiad

Põllumajanduslike biogaasijaamade puhul tavapäraselt ei kasutata lisasubstraadina selliseid jäätmeid, mis vajavad hügieeniseerimist või toovad kaasa täiendavad nõudmised käärimisjäägi väetisena kasutamisel. Seetõttu on tõenäoline, et põllumajanduslikud biogaasijaamad on valmis hügieeniseeritud või steriliseeritud tahkeid tapamaja jäätmeid vastu võtma, kuid mitte neid kohapeal töötlemata. Üldjuhul on põllumajanduslike biogaasijaamade protsessi viibeadajad vahemikus 35-50 päeva ning selle aja jooksul on mikroorganismid võimelised proteiinid ja rasvad suuremas osas ära lagundama. See omakorda tagab stabiliseeritud käärimisjäägi ja minimiseerib protsessi kadusid, mis lühema viibeaaja korral tuleneksid lagundamata orgaanika suuremast osakaalust reaktori väljavoolus. Kindlasti on olemas võimalus, et ka mõned põllumajanduslikud jaamad rajavad endale hügieeniseerimise tehnoloogia, kuid see suurendab investeringut, karmistab keskkonnanõudeid biogaasijaamale ja ühtlasi vajab garanteeritud hügieeniseerimist vajavat jäätmemassi. Käärimisjäägi väetusomaduste suurenemise ja biogaasi tootlikkuse tõusu seisukohast on tapamajajäätmed atraktiivseks tooraineks biogaasijaamadele ning täpsemate keemiliste omaduste kaardistamisel ning optimaalsete protsessiskeemide väljaselgitamisel on oodata biogaasijaamade suurenevat huvi nimetatud jäätmete kasutamise vastu.

Kuna riigi äriühing Loomsete Jäätmete Käitlemise AS ei käitle 1.kategooria loomseid jäätmeid teistest kategooriatest eraldi, siis metaani potentsiaali katseliseks määramiseks võeti proove AS Rakvere Lihakombinaat steriliseerimisliini väljundist ja selle erinevatest fraktsioonidest. AS Rakvere Lihakombinaat töötles 2009. aastal 16 000 veist ja 240 000 siga, mille tulemusena tekkis ligikaudu 9000 t loomseid kõrvalsaadusi, millest 700 t moodustavad 1. kategooria jäätmed. 2. ja 3. kategooria loomsete jäätmed käideldakse kohapeal steriliseerimisprotsessis. Steriliseerimisprotsessi käigus kuumutatakse jäätmeid 20 minutit 133 °C ja 3 bar-i juures ning protsessijääk on kõrge KA (96%) sisaldusega proteiini- ja rasvarikas mass. Steriliseerimisprotsessi jääk eraldatakse kolme erinevasse fraktsiooni, milleks on lihakondijahu, tehnoloogiline rasv ja dekanteerimismuda.

Biogaasi potentsiaal määrati ka flotatsioonimudale, mis tekib reoveepuhastusprotsessist. Biogaasi tootmisprotsessi jaoks olulisemad keemilised parameetrid on esitatud Tabelites 18, 20 ja 22.

Metaani potentsiaali määramine teostati kahes paralleelkatses ja tulemused on ümber arvutatud orgaanilise aine ja märgmassi tonni kohta (Tabel 27). 2009. a Eesti tapamajades

utiliseeritud loomade arvu alusel, on hinnanguline loomsete jäätmete teke 22 750 t/a, millest 21 000 t/a moodustasid 2. ja 3.kategooria jäätmed. Nimetatud jäätmete keskmist kuivainet sisaldust on raske hinnata, kuid see peaks jääma vahemikku 40-55%. Steriliseerimisprotsessi käigus võib seega hinnata keskmiselt 50% massi vähenemist (vee aurustumine), mis tähendab, et 2009.a oleks teoreetiline steriliseeritud massi toodang tapamaja jäätmetest võinud olla ligikaudu 10 500 t/a. Eeldades steriliseeritud massi metaani potentsiaaliks 506 m³/ t MM kohta, metaani kütteväärtus 11,03 kWh/m³, koostootmisjaama elektri tootmise efektiivsuseks 40%, sooja tootmise efektiivsuseks 45% ja kasutusteguriks 95%, siis teoreetiliselt oleks võimalik toota 2, 816 MW elektrienergiat ja 3,17 MW soojusenergiat. Kui siia juurde lisada proportsionaalselt tekkiv flotatsiooni muda kogus 6500 t/a ning sellest samadel alustel toodetava elektri- ja soojusenergia kogused vastavalt 0,33 MW + 0,375 MW, siis kokku saab märkimisväärse energiapotentsiaali. Samas tuleb rõhutada, et steriliseeritud tapamajajäätmeid ei ole võimalik üksinda kääritada ja eelkõige tuleb seda vaadelda kui potentsiaalset lisatoorainet, mis lisaks metaani tootlikkuse kasvule suurendab ka käärimisjäägi väetusomadusi.

Tabel 27 Steriliseeritud tapamajajäätmete massi ja selle fraktsioonide metaani potentsiaalid

TAPAMAJA JÄÄTMED	KA %	LA %	CH₄ m³ / t	CH₄ m³ / t LA
Dekanteerimise jääde	99,4	76,0	458,5	607
Lihakondijahu	99,6	66,7	259,4	390
Teheline rasv	98,8	99,9	966,0	978
Steriliseeritud mass	97,8	84,0	684,6	834
Flotatsioonimuda 1	23,5	85,8	131,3	650
Flotatsiooni sete	3,1	65,8	34,3	616
Flotatsioonimuda 2	28,8	91,9	128,3	485
Veri	14,0	94,4	43,2	327
Dekanteerimise jääde	58,5	73,6	174,0	404
Flotatsioonimuda + jääkaktiivmuda	14,6	78,1	34,8	307
Segumuda	2,5	81,5	5,1	254
Toorsete	3,2	73,8	6,5	279
Lihatööstuse töötlemata reovesi	0,6	78,0	3,3	671

Võimalikeks takistusteks steriliseeritud tapamajajäätmete kasutamisel biogaasi jaama toorainena võivad osutada kõrgest proteiini sisaldusest tulenev kõrge ammooniumi kontsentratsioon või protsessi orgaanilise koormuse tõusust tulenev vaheproduktide akumulatsioon ja selle tagajärjel tekkiv pH langus.

8.4. Reoveesette ja biojäätmete kooskääritamise energeetiline potentsiaal ning probleemid Kuressaare näitel³¹

Reoveesette ja biolagunevate jäätmete käitlemine on Eestis endiselt suureks probleemiks ja puudub ka ühtne arusaam, millistel tehnoloogilistel lahendustel põhiosa sellest võiks baseeruda. Hetkel tuginevad reoveesette ja biolagunevate jäätmete käitlemine peamiselt vaid aeroobsetel protsessidel, mis on energiantensiivsed, nad ei võimalda jäätmetes sisalduvat energiat efektiivselt ära kasutada ja on suhteliselt suure biomassi ehk jääkmuda produktsiooniga. Erandina saab välja tuua vaid Paljassaare reoveepuhastusjaama, kus reoveesette anaeroobne kääritamine on efektiivselt integreeritud reoveepuhastusjaama üldskeemi.

Keskkonnasõbralikumaks ja energeetiliselt efektiivsemaks alternatiiviks aeroobsetele protsessidele on anaeroobse kääritamise protsess, mis võimaldab reoveesette stabiliseerimisega üheaegselt vähendada reoveesette mahtu, taaskasutada käärimisjäätisjägis olevaid makrotoitaineid ja toota energiakandjat biogaasi (Luostarinen jt., 2009). Lisaks nimetatule võimaldab anaeroobne kääritamine omavahel ühendada reoveesette ja biojäätmete käitlemise. Erinevate biojäätmete suhteliselt kõrge veesisaldus (üle 70%) muudab atraktiivseks lahenduseks nende kooskääritamise jääkaktiivmudaga, mis võimaldab sünergiliselt suurendada ka biogaasi tootlikkust (Pavan jt., 2007).

Uurimustöö eesmärgiks oli kaardistada Kuressaares ja selle lähiumbruses (kuni 30 km raadiuses) biojäätmete ressursid - aastased tekkekogused, teostada nende kompleksne keemiline analüüs, määrata biogaasi potentsiaal ja teostada ühe-astmelised katsed läbivoolureaktorites. Katsete eesmärgiks oli määrata biogaasi toodangut kooskääritamise protsessis reaktori mahuühiku kohta ja hinnata käärimisjäätisjägi kõrgest ammoniumi kontsentratsioonist tulenevat N lisakoormust nitrifikatsioonil-denitrifikatsioonil põhinevale lämmastiku ärastusprotsessile.

Kooskääritamise katsetes kasutatud biojäätmete kõrgest valgusisaldusest tulenevalt oli võimalik hinnata ka ammoniumi võimalikku inhibitsiooni anaeroobse kääritamise protsessile, sest kirjanduses on viidatud metaani produktsiooni 50% inhibitsioonile $\text{NH}_4\text{-N}$ kontsentratsioonide vahemikus 1,7-14 g/l (Chen jt., 2008). Samas võib anaeroobne kääritamine toimuda isegi kontsentratsioonidel kuni 800 mg/l vaba ammoniaaki (NH_3), kuid siis on see seotud reaktoris oleva koosluse kõrge adapteerumisvõimega (Angelidaki jt., 2003)

³¹ Avaldatud artiklina: Pitk.P., Pürjer, J., Vilu, R. (2011) Reoveesette ja biojäätmete kooskääritamise energeetiline potentsiaal ning probleemid Kuressaare näitel. TEUK XIII. Konverentsikogumik. Tartu

8.4.1. Reoveesette ja biojätmete ressurs

Kuussaares suleti viimane prügila 2009. aastal ja seetõttu on oluline maksimaalne erinevate jäätmefraktsioonide kohapealne taaskasutamine, et vähendada mandrile suunatavaid jäätmevoogusid. Biojätmete lokaalne utiliseerimine on selleks üks parimaid võimalusi ning Kuussaare reoveepuhastusjaama rajatud anaeroobne kääriti on mõistlik viis biojätmete kohapealseks töötlemiseks/väärindamiseks.

Reoveesette ning tööstus- ja munitsipaalsektori biojätmete allikate ja koguste kaardistamisel Kuussaare lähiümbruses lähtuti Keskkonnateabe keskuse poolt 2009. aasta jäätmete koguste kohta väljastatud andmetest ning nende alusel valiti analüüsimiseks ja katsete teostamiseks 11 suuremat jäätmevoogu – vt. Tabel 28. Nagu tabelist näha, oli mahuliselt suurim osakaal Kuussaare reoveepuhastis tekkival jääkaktiivmudal, Saaremaa Piimatööstuse vadakul, köögijäätmetel, tapamajajäätmetel ja väikepuhastite reoveesetel.

Tabel 28: Biojätmete ressursi analüüsi tulemused (VP JAM- väikepuhastite jääkaktiivmuda, KT-RPR - kalatööstuse rasvapüüniste rasv, KA – kuivaine, LA – lenduvaine, orgaaniline aine, TN – üldlämmastik)

	t/päev	t/a	Mahu %	kg päev	LA/ %	LA osakaal, %	TN, kg/tKA	TN, kg/päev
WAS	47,53	17348,50	43,40	1473,70	21,70	75,95	140,79	
Vadak	50,00	18250,00	45,70	2829,00	41,60	19,10	58,73	
Väikepuhasti WAS	3,0	1095,00	2,70	56,80	0,80	47,00	4,54	
Rasvapüünise rasv	0,25	91,30	0,20	82,00	1,80	2,31	0,29	
Sealäga	2,00	730,00	1,80	261,00	3,80	32,50	9,75	
Tapamaja jätmed	2,70	985,50	2,50	1202,90	18,50	53,50	67,89	
Kalatööstuse rasvapüünis	0,27	100,00	0,30	130,40	1,90	8,21	1,11	
Krevetijätmed	0,74	270,10	0,70	107,10	1,60	62,00	12,07	
Kalatööstuse jätmed	0,11	40,20	0,10	24,00	0,40	81,00	2,16	
Vana juust	0,00	0,40	0,00	0,60	0,00	74,60	0,05	
Köögijätmed	2,80	1022,00	2,60	535,50	7,90	25,60	14,56	
KOKKU	109,41	39 932,83	100	6 797,29			311,93	

8.4.2. Materjalid ja meetodid

Kahele suuremale biojätmete ressursile ehk jääkaktiivmudale ja vadakule teostati ühekuulise vahega kaks kompleksset keemilist analüüsi, et hinnata biojätmete koostise varieeruvust ajas (Tabel 29).

Tabel 29: Kahe põhisubstraadi koostise võrdlus ühe kuu jooksul

	Ühik	WAS 1	WAS 2	Vadak 1	Vadak 2		Ühik	Inokulum
KA	%	4,4	3,4	5,8	6,5	KA	%	2,4
LA	%	74,0	85,0	91,0	93,0	LA	%	57,6
üldN	g/kgKA	70,3	81,6	21,0	17,2	üldN	mg/l	1500,0
NH ₄ -N	g/kgKA	-	-	-	-	NH ₄ -N	mg/l	1017,0
üldP	g/kgKA	20,4	20,5	6,4	5,6	üldP	mg/l	597,0
TOC	g/kgKA	390,0	460,0	270,0	360,0	KHT	mg/l	18106,0
C:N		4,6	5,6	34,8	20,9	PH		7,5
pH	g/kgKA	6,2	6,3	6,2	6,2			
S	g/kgKA	9,0	6,8	3,2	1,8			
K	g/kgKA	10,2	10,5	26,3	19,3			
Ca	g/kgKA	2,5	3,4	6,9	6,1			
Na	g/kgKA	9,5	5,6	1,1	1,1			
Mg	g/kgKA	9000	6800	3200	1800			

Läbivoolukatsete teostamiseks kasutati 1,5 liitrise töömahuga ühe-astmelist reaktorit, mida toideti fed-batch režiimis 1 kord päevas. Reaktori toitmiseks koostati vedelatest ja tahketest jäätmetest kaks erinevat toitesegu, mida hoiustati eraldi 4°C juures ja kasutati ühiselt toitena vastavalt ressursianalüüsi käigus kaardistatud jäätmevoogude proportsioonidele- vt. Tabel 26. Tahked jäätmed purustati eelnevalt tööstusliku hakklihamasinaga ja segati kokku ühtlaseks massiks, mis ei vasta täielikult reaalsele olukorrale, kus toorme lisamisel ei õnnestu vältida koostise muutumist ja heterogeensust, kuid arvestades laboratoorsete katseseadmete väikseid mahtusid on see ainuvõimalik lahendus piisavalt homogeense toorainemassi saavutamiseks. Teine katsete teostamisel tehtud lihtsustus on igapäevaselt täpselt sama koostisega toorainetesegu kasutamine, mida tegelikkuses on jäätmetekke- ja kogumise graafikut arvestades raske loota.

Katsete käigus mõõdeti toodetava biogaasi hulka, CH₄ sisaldust biogaasis, kuivaine ja lenduvaine ärastusefektiivsust ja erinevaid protsessi iseloomustavaid parameetreid (pH, KHT, N_{üld}, NH₄-N, P_{üld}, puhverdusvõime jne). Katsete kiiremaks alustamiseks inokuleeriti reaktor Paljassaare reoveepuhastusjaama anaeroobses kääritis tekkiva käärimisjäädiga.

8.4.3. Läbivoolukatsete teostamine

Katsete eesmärgiks oli võrrelda erinevaid orgaanilise koormuse tõstmise alternatiive ning nende mõju biogaasi toodangule ja lenduvaine ärastusefektiivsusele. Kasutati kaht katseskeemi.

Esimeses variandis alustati inokuleeritud reaktorite toitmist ainult vedeljäätmete seguga ja viibeajaga 40 päeva. Koormust tõsteti järk-järgult kuni viibeajani 24 päeva, mille järel hinnati adapeerumist piisavaks, et alustada tahkete jäätmete segu lisamist toitesegule, mis koostati

vastavalt teostatud ressursianalüüsile- vt. Tabel 28. Jäätmete segu lisamist alustati uuesti viibeajaga 40 päeva, mis võrdus orgaanilise koormusega (OLR) 1,11 kg LA/(m³*päev). Viibeaga vähendati katse käigus kuni 15 päevani (OLR= 3,50 kg LA/(m³*päev)), mille järel vähenes lenduvaine ärastusefektiivsus ning viibeaja vähendamine lõpetati.

Teise variandina teostati katse viibeajaga 20 päeva ja orgaanilist koormust tõsteti tahkete jäätmete osakaalu tõusuga sisendsegu. Maksimaalne uuritud orgaaniline koormus oli 4,12 kg LA/(m³*päev), peale mida tekkisid reaktoriga tehnilised probleemid ja katseseeria lõpetati.

8.4.4. Läbivoolukatsete tulemused

Tabel 30 võrdleb omavahel erinevaid orgaanilise koormuse tõstmise alternatiive ja optimaalsemaid protsessitingimusi.

Tabel 30: CH₄ toodang ja lenduvainete ärastusefektiivsus erinevate orgaanilise koormuse tõstmise viiside tingimustes

Viibeag	Sisendi KA, %	Tahkete jäätmete osakaal, %	OLR, kgLA/(m ³ *päev)	LA ärastusefektiivsus, %	CH ₄ toodang, m ³ /tLA	CH ₄ toodang, m ³ /t (sisend)
OLR tõstmine viibeaja vähendamisega						
30	6,15	9,37	1,84	73,06	327,84	18,1
20	6,15	9,37	2,62	70,74	476,64	24,98
10	6,15	9,37	3,5	67,89	476,65	24,92
OLR tõstmine tahke jäätme osakaalu suurendamisega						
20	6,33	9,37	2,82	68,57	451,26	26,47
20	7,91	14,7	3,56	74,08	447,96	33,17
20	9,3	20,0	4,12	77,75	487,36	41,76

Orgaanilise koormuse tõstmise katse ainult viibeaja vähendamisega (konstante sisendsegu) näitas, et 15 päeva on liiga lühikene aeg protsessi efektiivsuse tagamiseks, sest 20 päevase viibeajaga võrreldes vähenesid CH₄ toodang ja ka lenduvaine lagundamise efektiivsus (vt Tabel 30). Sellist protsessi efektiivsuse langust ja biogaasi toodangu vähenemist on kirjeldatud „short-circuit“ nähtusena, mille põhjuseks on sisestatud jäätmete nominaalsest lühem viibeag reaktoris (Angelidaki jt., 2005). Peale 15 päevase viibeajaga katseperioodi tehti käärimisjärgile metaani potentsiaali analüüs, mille alusel saadi käärimisjärgi CH₄ potentsiaaliks 3 m³ CH₄/t märgmassi ja 69,7 m³ CH₄/t LA kohta, mis võrreldes sisendsegu toodanguga protsessi käigus moodustab 10,7%. See on märkimisväärne metaani potentsiaali kadu, mida on võimalik optimeeritud protsessitingimustega oluliselt vähendada. Orgaanilise koormuse tõstmisel tahkete jäätmete osakaalu muutmisega suurenes metaani tootlikkus ja lenduvaine ärastusefektiivsus orgaanilise koormuseni kuni OLR 4,12 kg LA/(m³*päev), mille järel katse lõpetati.

Kuressaare reoveepuhastusjaama jääkaktiivmuda biogaasi tootlikkust mono-substraadina hinnati vaid perioodsete biogaasi potentsiaali määramise katsetega, mille tulemusel saadi biogaasi maksimaalseks potentsiaaliks (katse kestvus 42 päeva) 358 m³ CH₄/t LA ja 10 m³ CH₄/t märgmassi kohta. See väärtus on võrreldes kirjanduse andmetega suhteliselt kõrge, kuid arvestades eelsetiti puudumist ja kogu reovee suunamist otse aeroobsesse töötlusesse, siis on see kõrge tootlikkus mõistetav. Primaar- ja aktiivmuda anaeroobse kääritamise katsete käigus on saavutatud spetsiifiliseks biogaasi toodanguks vastavalt 600 ja 280 m³ biogaasi/t LA kohta, CH₄ sisaldusega 62-63% (Bouallagui jt., 2010). Võrreldes jääkaktiivmuda perioodsete katsete maksimaalse metaani toodanguga on 20 päevase viibeajaga jääkaktiivmuda ja biojätmete kooskääritamisel 1 tonni sisendi kohta võimalik saavutada ~ 4 korda suurem CH₄ toodang. Kalajäätmetest, tapamajajäätmetes, vadakust ja teistest proteiinirikastest biojätmetest tuleneva lämmastikukoormuse tagajärjel tõusis kõige kõrgemal orgaanilisel koormusel (üld)ammooniumi kontsentratsioon käärimisjärgis 1920 mg/l, pH oli sellel perioodil 8,0 ning sellest tulenevalt tõusis vaba ammoniaagi kontsentratsioon 275,1 mg/l, kuid protsessi efektiivsusele see siiski märgatavat mõju ei avaldanud.

Katsete tulemused näitavad üheselt, et sõltuvalt biogaasi jaamas kasutatavatest jätmetest on vaja leida neile vastav optimaalseim viibeaeg, mis tagaks maksimaalse metaani toodangu, ei vähendaks lenduvaine ärastusefektiivsust ja väldiks protsessi võimalikku inhibitsiooni. Tehtud katsete käigus näidati, et kõige optimaalsemad protsessitingimused saavutatakse uuritud jätmevoogudega tahkete jätmete osakaalu suurendamisega, kuid lisaks metaani toodangu suurenemisele on vaja arvestada ka siseneva tooraine kuivaine kontsentratsiooni, selle suurenemisest tulenevalt segamiseks vajaminevat täiendavat energiakulu, lenduvaine ärastuse efektiivsust jne.

8.4.5. Energia tootmise potentsiaal kohalike biojätmete utiliseerimisel anaeroobses kääritis

Kuressaare reoveepuhastis tekkiva jääkaktiivmuda koguse ja perioodsete biogaasi potentsiaali katsete tulemuste alusel on arvutuslikult maksimaalselt võimalik toota 173 485 m³ CH₄ aastas. Arvestades 1 m³ CH₄ energiasisalduseks 10 kWh, siis on võimalik saavutada (elektri ef. 40%; sooja ef. 45%; mootori tööaeg 8322 h/a) ligikaudu 83,4 kW elektri tootmisvõimsust. Kooskääritamise läbivoolukatsete tulemuste järgi on 20 päevase viibeajaga protsessi opereerimisel võimalik toota kuni 1 057 070 m³ CH₄ aastas, mis võimaldab samadel eeldustel arvutuslikult saavutada ligikaudu 508 kW elektri tootmisvõimsust.

See tähendab, et kooskääritamise tulemusel oleks võimalik CH₄ toodangut tõsta üle 6 korra ning 508 kW elektri tootmisvõimsust võimaldaks reoveepuhastusjaamal muutuda energeetiliselt sõltumatuks rajatiseks, mis saaks teenida täiendavat lisatulu ülejääva elektri ja sooja müügist ning biojätmete käitlemise värvatasust.

Kuna läbivoolukatsed teostati idealiseeritud toorainete seguga, siis arvatatud energia tootmise potentsiaal on indikatiivne. Realse biogaasijaama töös on CH₄ toodang sõltuvuses biojätmete tarne stabiilsusest, selle kvaliteedi varieeruvusest, võimalike tehniliste probleemide kestvusest jne

8.4.6. Lämmastiku ärastamise probleemid anaeroobse kääritamise tehnoloogia lisamisel reoveepuhastusjaama üldskeemi

Biojätmete ja reoveesette kooskääritamine aitab tõsta anaeroobse kääriti biogaasi toodangut ning osaliselt lahendada ka regionaalset biojätmete käitlemise probleemi, kuid reoveepuhastusjaama aktiivmuda protsessile tähendab see oluliselt suurenevat N koormuse tõusu. Eelmise kahe aasta keskmine N koormus Kuressaare reoveepuhastile on olnud 202 kg N/päev, kuid Tabelis 28 toodud sisendsegu realiseerimisel tõuseks N koormus täiendavalt 171,1 kg N/päev, mis nitrifikatsiooni-denitrifikatsiooni protsessis ilma täiendava süsinikuallikata ei oleks enam ärastatav. Süsinikuallika lisamine ja suurenev aereerimise vajadus tõstaksid oluliselt reovee puhastamise hinda, mis seaks kahtluse alla kooskääritamise otstarbekuse. Selle vältimiseks tuleb leida tavapärasele N-ärastusele alternatiivne lahendus, milleks võivad olla lämmastiku taaskasutamine kasutades NH₃-stripping tehnoloogiat, struviidi sadestamist või autotroofseid N-ärastusmeetodeid (näitkes ANAMMOX - anaeroobne ammooniumi oksüdatsioon), mis on aasta-aastalt muutumas järjest laialdasemalt kasutatavateks tehnoloogiateks üle kogu maailma.

Mesofiilsest anaeroobse kääritamise protsessist eemaldatav käärimisjääk on temperatuurivahemikus 35-38 °C, sõltuvalt kääritatavatest jäätmetest kõrge ammooniumi sisaldusega (1-4 g/l) ja madala orgaanilise süsiniku sisaldusega. Nimetatud tingimused on sobivaimad just ANAMMOX protsessi rakendamiseks, sest süsiniku allikana selles protsessis kasutatakse CO₂, protsess kulgeb kõige efektiivsemalt mesofiilises temperatuurivahemikus ja toimub ainult osaline ammooniumi nitritatsioon mis võimaldab vähendada aeratsiooni vajadust. Võrreldes tavapärase nitrifikatsiooni-denitrifikatsiooni protsessiga võimaldab ANAMMOX protsessi rakendamine oluliselt vähendada energia tarbimist, tekkivat reoveesette mahtu, kulu süsinikuallikale ja CO₂ emissiooni (Henze jt., 2008). Autotroofne

lämmastiku ärastamine käärimisjäägist on kompleksne probleem, mille optimiseerimine nõuab eraldi uuringuid.

8.4.7. Kokkuvõte

Kuressaare oma suhteliselt suure toiduainetööstusega ja lokaalse biojäätmete käitlemise vajadusega osutus ideaalseks piirkonnaks reoveesette ja erinevate biojäätmete anaeroobse kooskäritamise potentsiaali ja võimalike kitsaskohtade hindamiseks. Ühe-astmeliste läbivoolukatsete tulemusel on võrreldes ainult reoveesette kääritamisega võimalik kohalikele biojäätmetele baseerudes anaeroobse kooskäritamise kaudu elektrienergia tootmisvõimsust tõsta üle 6 korra- 84 kW ainult reoveesette kääritamisel, 508 kW biojäätmega kooskäritamisel.

Samas tuleb rõhutada, et anaeroobse kääriti efektiivsuse tagamiseks on vaja see integreerida parimal võimalikul viisil reoveepuhastusjaama üldskeemi, et tagada kogu protsessi maksimaalne efektiivsus ning kõige selle eelduseks on võimalike jäätmevoogude eelnev kaardistamine, kompleksne analüüs ja optimaalsete protsessitingimuste väljaselgitamine enne anaeroobse kääriti protsessiskeemi ja tehnoloogilise lahenduse projekteerimist. Reoveepuhastusjaama efektiivse töö tagamiseks on vaja üldskeemile lisada eelsetiti, kaaluda eeltötlusmeetodite rakendamist enne anaeroobset kääritamist, leida optimaalne lahendus käärimisjäägist ammoniumi ärastamiseks või taaskasutamiseks ja sobivaim orgaanilise süsiniku jaotus erinevate reoveepuhastusprotsessi faaside vahel, et minimeerida välise süsinikuallika lisamise vajadust.

9. Majanduslik ja logistiline analüüs – reoveesette ja biolagunevate jäätmete koostöölemine

9.1. Olemasoleva olukorra kirjeldus

Hetkel on Eestis tegutsevatel reoveepuhastitel kasutusel anaeroobne reoveesette käärütamine kasutusel Tallinnas, Narvas ning Kuressaares, uutest reaktoritest on lähitulevikus valmimas Tartu ning Rakvere reoveepuhastite biogaasijaamad. Lisaks on viimase paari aasta jooksul võetud kasutusele tunnelkompostimine Võru, Põlva, Keila ning Kose reoveepuhastitel, peagi lisandub veel tunnelkomposter ka Vaida puhastile. Hügieniseerimist kasutatakse eeltöötlusena enne sette aunkompostimist Kohtla-Järve regionaalsel puhastil.

Kõige levinumaks reoveesette stabiliseerimise tehnoloogiaks Eestis on tänase päevani aunkompostimine, paljudes väikepuhastites kasutatakse ka lihtsalt tahendamist ja ladustamist settebasseinidesse või mineraliseerimist kestvusõhustamise kaudu. Aunkompostimine ei taga paljudel juhtudel aga nõutavat hügieenilist ohutust tulenevalt protsessi korraliku käivitamise ebaõnnestumisest, vajaliku tehnika või oskusteabe puudumisest. Üles on kerkinud ka nn „haisu probleem“³².

Reoveesette anaeroobne käärütamine võimaldab lisaks võimalikust haisu tekkest jagusaamisele ka osaliselt vähendada reoveepuhasti käigushoidmiseks kuluva energia hulka.

Näide: Tinglikult võib arvestada, et bioloogilise lämmastikuärastusega reoveepuhastil kulub 1 kg BHT puhastamiseks 2 kWh elektrit, siis näiteks 10 000 ie suuruse reoveepuhasti jaoks on aastane elektritarbimine 53,4 kW. Millieu/WRC/RPA (2010) järgi tekib 1 ie kohta 20 kgKA/a setet. Sellest johtuvalt tekib 10 000 ie reoveepuhastis 200 kgKA reoveesetet. Reoveesetestest tekib orienteeruvalt 10 m³ CH₄/t sette (mürgkaal), keskmine KA sisaldus reoveesettes on 4,5%. Teisenduse tulemusena saame 222 m³CH₄/tKA sette kohta. 200 kgKA reoveesetestest on võimalik teoreetiliselt toota 44 400 m³CH₄/a. Võttes reoveepuhastis kasutusele reoveesette anaeroobse käärütamise tehnoloogia st muundades saadud metaani elektrienergiaks (21,7 kW), oleks reoveepuhastil võimalik oma aastasest elektrikulust säästa ca 40%.

Üle 300 ie suuruseid reoveepuhasteid on Eestis 145, nendes puhastati 2009.a. 109 mln m³ vett, ehk 97,6% kogu reoveest. Esitatud andmete põhjal tekkis üle 300 ie suurustes reoveepuhastites reoveesetteid 29 338 tKA.

³² Reovee kompostimine levitab üle Viljandi võigast haisu. ERR uudised [WWW] <http://uudised.err.ee/index.php?06231346>

9.2. Eesmärk ja lähteülesanne

Töö eesmärk: Luuakse teatud arv tsentraalseid reoveesette käitlemise keskuseid (mis eelistatavalt oleks mõne suurema reoveepuhasti lähiümbruses) ning kus käideldakse reoveesetteid majanduslikult ning kvaliteediliselt kõige efektiivsema käitlustehnoloogia abil ka ümbruskonnas olevatest väiksematest reoveepuhastitest. Põhiline rõhk on arvutustes asetatud anaeroobsele tehnoloogiale kui alternatiivile hetkel kõige levinumale aunkompostimisele.

Lähteülesanded:

Reoveesetete tsentraalsete käitlemiskohtade logistiline ja majanduslik tasuvusanalüüsist peaks selguma:

1. Kus peaksid paiknema reoveesetete regionaalsed käitlusjaamad
2. Kui kaugelt on majanduslikult otstarbekas reoveesete kokku koguda. Selline analüüs tuleks teha iga potsensiaalse regionaalse reoveesettejaama kohta. Ja tulemusena kõik regionaalsed jaamad peavad katma ära kogu Eesti vajaduse.
3. Kui suured on investeeringute vajadused transpordi soetamiseks/kasutamiseks.
4. Kui suured on vajaminevad investeeringud erinevate käitlustehnoloogiate kasutuselevõtuks (anaeroobne kääritamine, pastöriseerimine jne)
5. Kui pika aja jooksul tehnoloogiate soetamiseks tehtud investeeringud hakkavad ennast tagasi tootma.
6. Võimalikud stsenaariumid:
 - Anaeroobne kooskääritamine: reoveesete + biolagunevad jäätmed
 - Anaeroobne kääritamine: reoveesete
 - Muu menetlus (põletamine seoses ohtlike ainete vms sisaldusest tulenevate piirangutega): reoveesete

9.3. Reoveesette käitlemine regionaalsetes jaamades

Reoveesette käitlemisvõimaluste analüüsil on aluseks võetud ettevõtte poolt Keskkonnateabe Keskusele esitatud statistilistes aruannetes esitatud reoveesette kogused. Eeldatud on, et tegemist on settega, mida on võimalik transportida ning millele ei ole lisatud tugiatet.

Alternatiiv reoveesette anaeroobsele töötlemisele on kompostimine, mida paljudes kohtades ka juba tehakse. Reovee sette anaeroobset töötlemist kasutavad Tallinn, Narva ja Kuressaare. Teistes reoveepuhastusjaamades bigaasi tootmine veel ehitusjärgus (Tartu, Rakvere) või alles idee faasis. Väiksemate reoveepuhastusjaamadatel puudub võimalus ja vajadus oma biogaasijaama rajamiseks, sest tekkiv sette kogus ei ole nii suur, et jaama rajada. Nendel puhkudel taandub otsus valikule, kas rajada kompostväljak, või vedada sete mõnele teisele ettevõttele käitlemiseks.

Reoveesette biogaasijaamade võimalikud asukohad on kõige loogilisem valida reoveepuhastite alusel, mille suurus on 10 000 inimekvivalenti või suurem.

Vastavalt Keskkonnaministeeriumi 2010 koostatud aruande „Asulareovee puhastamise direktiivi nõuete täitmine Eestis“ (Keskkonnaministeerium, Keskkonnateabe Keskus, 2010), jagunevad suuremad asustusüksused inimekvivalenti kohaselt järgmiselt:

- 2000 – 10000: Keila, Türi, Jõgeva, Elva, Loksa, Kohila, Paldiski, Kärkla, Otepää, Kunda, Kadrina, Märjamaa, Tõrva, Jüri, Väandra, Röpina, Tamsalu, Kose, Kilingi-Nõmme, Väike-Maarja, Aseri, Karksi-Nuia;
- 10 000 – 15 000: Võru, Tapa, Põltsamaa, Haapsalu, Paide, Rapla;
- 15 000 – 150 000: Tartu, Pärnu, Narva, Rakvere, Kehra, Põlva, Kuressaare, Viljandi, Ahtme, Valga, Maardu, Sillamäe;
- >150 000: Tallinn, Kohtla-Järve

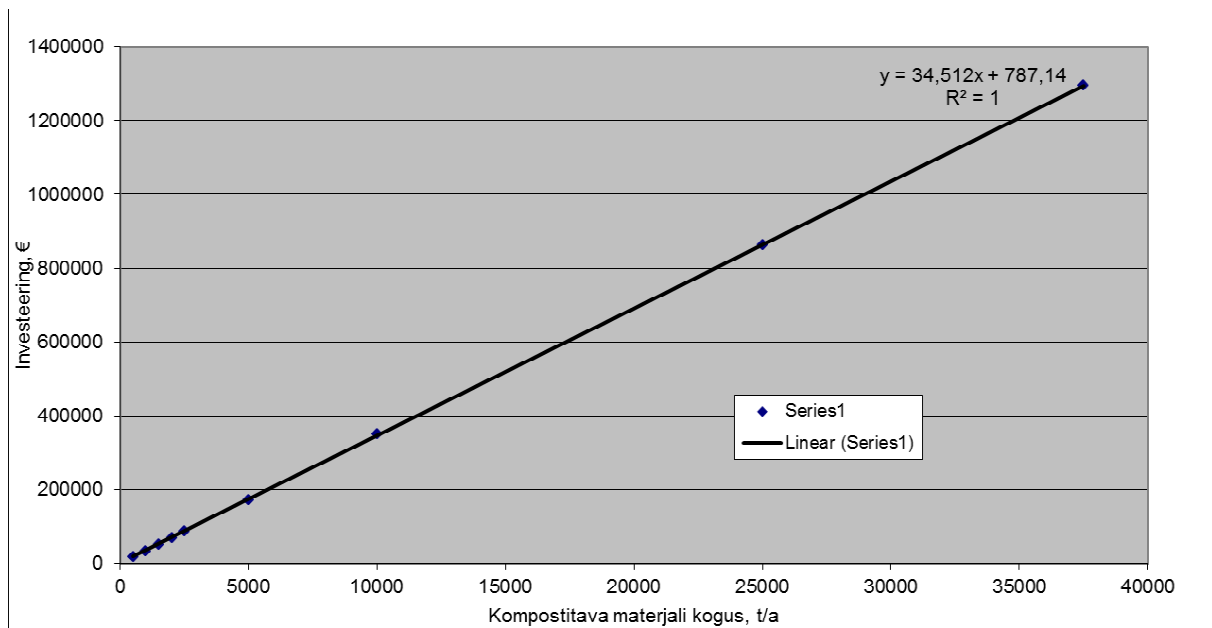
9.3.1. Logistiline tasuvus

Kompostimisväljaku investeeringud on toodud AS Estivo koostatud töös „Biolagunevate jäätmete käitlemise tegevuskava aastani 2013“, Keskkonnaministeeriumi tellimus 2006 aastal. Olgugi, et tegemist on üsna vana tööga, on toodud hindade suurusjärgud ka käesoleval ajal arvestatavad (hinnad ei ole kindlasti odavamaks muutunud).

Tabel 31: Kompostiväljaku investeeringu suurus

Kompostitava materjali kogus, t/a	Investeering kompostväljakusse, milj EEK	Investeering kompostväljakusse, EUR
500	0,27	17 256
1000	0,54	34 512

1500	0,81	51 768
2000	1,08	69 025
2500	1,36	86 920
5000	2,7	172 561
10000	5,5	351 514
25000	13,5	862 807
37500	20,25	1 294 211



Graafik 3: Investeeringu sõltuvus komposteeritava materjali hulgast

Edasises analüüsis on arvestatud, et kompostimise tsükkel on 1 aasta, st ettevõttes tekkinud reoveesete kogus kompostitakse 1 aasta jooksul. Seadmetele kuluv investeering on sama uuringu kohaselt kuni 600 000 €. Arvestades eeltoodut ning asjaolu, et plats ja seadmed amortiseeruvad ca 20 aasta jooksul, siis ei tohi transpordikulud sette transportimisel ületada aastane kulu x 20 + seadmed + kompostväljaku investeering. Siinjuures ei ole arvestatud kompostväljaku halduskuludega.

Tabel 32: Maksimaalse sette vedamise kauguse suhe komposteerimsväljaku maksumusse

t/a	plats	km	plats + tehnika	km ²
30	1 822	19	11 822	124
60	2 858	15	12 858	67
90	3 893	13	13 893	48
120	4 929	13	14 929	38
150	5 964	13	15 964	33
300	11 141	12	21 141	22
1800	62 909	11	72 909	12

Tabelis 32 on kõrvutatud kahte stsenaariumit. Kui arvestada ainult komposteerimisväljaku maksumuseks kuluvat summat, siis on 20.a. perspektiivis 30 t/a sette tekkekoguse juures kasumlik vedada setete mitte kaugemale kui 19 km. Lisades komposteerimisväljaku maksumusele ka frontaallaaduri ostu (10 000 €), muutub sama koguse vedamine kasumlikuks kuni 124 km kaugusele. Reaalsed investeeringud tehnika seotamiseks on aga tunduvalt suuremad, kui kõnealuses näites. Mida suuremaks aastased reoveesette kogused muutuvad, seda lühemaks muutub sette vedamise majanduslikult otstarbekas kaugus. Näiteks Türi reoveesette (1800 t/a) vedamisel Paidesse (vahemaa 20 km) tasub tõsiselt kaaluda selle otstarbekust. Mõistlikum oleks Türi reoveepuhastile sellisel juhul rajada oma komposteerimisväljak (mis on juba tehtud).

9.3.2. Reoveesette käitlemise regioonid

Reoveesette teke jaguneb üle-Eestiliselt suhteliselt ühtlaselt., eristada võib suuremate asustusüksuste ümber koondumist.

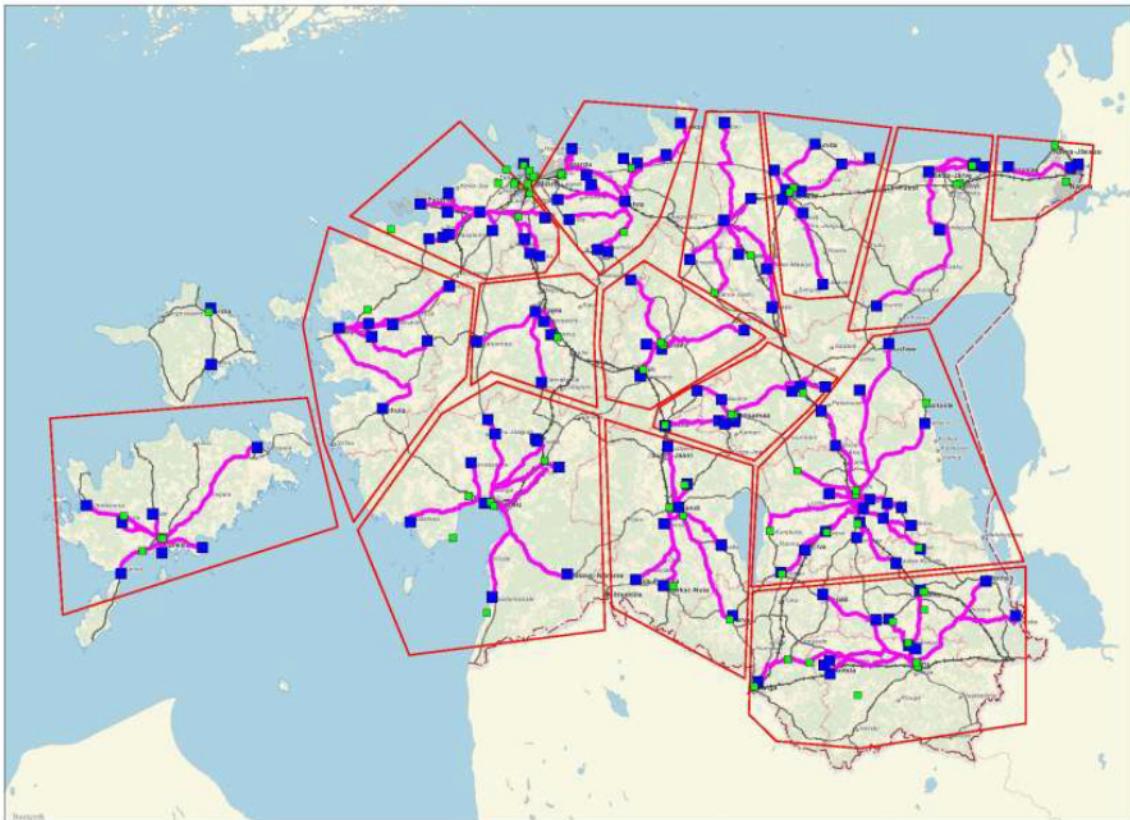
Settetöötlusjaamade puhul on lähtunud eeldusest, et need võiks (peaks) koonduma eelkõige olemasolevate, suurte (näiteks üle 10 000 ie) reoveepuhastusjaamade lähiste. Erandid on tehtud Tallinna osas, kus on juba toimiv, kindlale kogusele orienteeritud biogaasi tootmine ning sellele järgnev käärimisjäägi töötlemine. Selle asemel on üle 10 000 ie reoveepuhastusalade hulka loetud Keila, mille suurus jääb väga vaadeldava kriteeriumi piirile ja mis logistiliselt asub Tallinna läänepoolsete veepuhastusjaamade suhtes kõige sobivamal kohal.

Kokkuvõttev tabel reoveesetet tekitavatest ettevõtetest ning sette kogustest on toodud Lisas 6. Täpsem ülevaade regioonidest on toodud Lisas 9.

Reoveesette transportimisel võeti arvesse koguseid, mis olid antud Keskkonnateabe Keskusele nime all “Käideldud sete” – andmed, mis olid olemas “Toorsette” kohta osutusid sageli arusaamatud, sest osa ettevõtjaid oli seal deklareerinud jääkaktiivmuda (KA kuni 1%), osa juba komposteeritud setet.

Logistilise analüüsi aluseks on reoveepuhastusjaamade asukohad kaardil. Selleks kasutati Keskkonnalubade infosüsteemis (<http://klis2.envir.ee/>) olevaid heitveeväljalaskude koordinaate.

Teine suurem grupp, millele logistika puhul keskenduda tuleb, on linnad. Tendents näitab, et suuremate veepuhastusjaamade juures on otstarbekas reoveesette töötlus teha kohapeal, sest väga suurte koguste viimine allikast eemale on kulukas.



Joonis 8: Reoveesette tekitajad koondatuna ümber 10 000 ie ja suuremate reoveepuhastite (sinised ruudud - reoveepuhastid, rohelised ruudud - ettevõtted, kus tekib biojäätmid)

Selleks, et grupeerida võimalikke keskusi, kuhu reoveesetega tegelemist koondada on otstarbekas arendada eelkõige suuri, olemasolevaid reoveepuhastusjaamu või nende läheduses olevaid projekte. Joonisel 8 toodud keskusteks on:

Kuressaare – Kuressaare biogaasijaama kohta on pikemalt kirjeldatud peatükis 8.4.

Haapsalu – Valitud regiooni suurima transpordikuluga on Turba alevikus asuv Avoterm OÜ. Tegemist on nn regiooni piiril oleva ettevõttega, mille puhul võib kaaluda ka põhjapoolse regiooni kasutamist.

Keila – Regiooni keskuseks valitud Keila ei ole regiooni suurima reoveesette koguse tootja. Keila on valitud vastavalt reovee kogumisala inimekvivalendile ning asjaolule, et ta asukoht on logistiliselt regiooni keskel. See tekitab aga väga suure transpordikulu regiooni suurimale reoveesette tootjale Kiili KVH OÜ. Keila reoveepuhastil võeti hiljuti kasutusele reoveesette töötlemiseks trummelkomposter. Keila valikul regiooni keskuseks on arvestatud paljuski kahe faktoriga – logistiliselt hea asukoht ning Keila RVP settes oleva kroomi kontsentratsioonide võimalik alanemine tänu lisanduva vähese kroomisisaldusega settele. Omaette võimaluseks on Keila RVP-le installeerida ka bioleostamise üksus, mille abil oleks võimalik kroom settest

kätte saada, kuid kahjuks ei ole nn “valmis komplekti” turult saada ja seda peaks projekteerima ning katsetama hakkama.

Rapla – Valitud regiooni suurima transpordikulu moodustab Märjamaa puhasti reoveesette vedu.

Pärnu – Pärnu reoveepuhasti on regiooni suurim reoveepuhasti.

Kehra - Horizon Tselluloosi ja Paberi AS on piirkonna suurim reoveesette tootja. Piirkonnast on välja arvatud Kose ja Vaida reoveepuhastid seoses äsjaste suurte investeeringutega trummelkompostrite soetamiseks. Loksas reoveepuhasti sette kogus on ettevõtte poolt deklareeritud, kuid ei tundu arvestades reostuskoormust (6000 ie) reaalne. Reostuskoormuse järgi võiks Loksal tekkida setteid ca 120 tKA/a.

Paide - Alternatiivina võib vaadelda regiooni keskusena Türi linna. Alternatiivne lahendus suurendab küll väiksemate reoveepuhastusjaamade transpordi kulutusi kuid vähendab oluliselt suurte reoveepuhastite transpordikulud (eeldusel, et üks suurtest peab oma reoveesetet transportima).

Põltsamaa – Põltsamaa reoveepuhasti on regiooni suurim reoveepuhasti. Lisaks tasub arvestada ühe Põltsamaa toiduainetetööstuse ettevõttega, kelle transpordikulud oleksid minimaalsed.

Viljandi – Regiooni äärealal asuv Tõrva linnahoolduse Asutus on suurima transpordikuluga. Tõrva asukoht jääb Valga, Viljandi ja Otepää mõjupiirkonda. Juhul kui Valga linnas lahendatakse reoveesette käitlus linnasiseselt, tasub arvestada ka Tõrva linna reoveesette potentsiaaliga. Hetkel Valgas oma komposteerimisväljakud.

Tapa – Tapa reoveepuhasti on regiooni suurim reoveepuhasti.

Rakvere – Rakvere reoveepuhasti on regiooni suurim reoveepuhasti. Lisaks on Rakvere Vesi AS-il juba plaanis ehitada biogaasijaama koostöös lihatööstusega.

Kohtla-Järve – Kohtla-Järve reoveepuhasti on regiooni suurim reoveepuhasti.

Narva - Narva reoveepuhasti on regiooni suurim reoveepuhasti.

Tartu – Tartu reoveepuhastil alustati 2011.a. juba anaeroobse reaktori ehitust.

Võru - Algandmetes ei ole eraldi välja toodud Võru linna kommunaalteenuste reoveepuhastust, on Lõuna-Eesti logistiliseks keskuseks Võru. Kuigi Valga transpordikulutused sette transpordiks on suured, siis võib kaaluda Valga muutmist eraldi keskuseks. Põlva on üldarvestusest välja jäetud kuna seal on rakendatud töösse sette trummelkomposter.

Tabel 33: Reoveesette vedamise maksumus regioonide kaupa

Ettevõte	Sete, t/a	Sete, tKA/a	Võimalik CH4 kogus, m3/a	Elektriline väljund, kW	KM tsentrist	Vedusid	Kilometraaz	Maksumus, €/a
Regioon 1, Kuressaare	5171,00	664,31	147480,00	75,00	177,7	174	2524	6060
Regioon 2, Haapsalu	2210,00	334,21	74196,00	40,00	193,1	78	2403	5770
Regioon 3, Keila	3084,50	181,84	40372,00	27,00	209	107	4237	10173
Regioon 4, Rapla	1687,00	240,99	53501,00	30,00	73,5	59	923	2217
Regioon 5, Pärnu	1792,00	225,63	50092,00	31,00	321,5	65	2402	5769
Regioon 6, Kehra	2045,40	248,19	55102,00	33,00	243,2	73	2932	7041
Regioon 7, Paide	3112,00	572,79	127160,00	65,00	106,3	105	2826	6784
Regioon 8, Põltsamaa	2395,20	348,38	77344,00	44,00	177,1	85	2143	5148
Regioon 9, Viljandi	5720,00	484,62	107588,00	58,00	196,2	194	7696	18473
Regioon 10, Tapa	3459,00	230,67	51211,00	28,00	374,3	118	4027	9668
Regioon 11, Rakvere	10406,00	1285,36	285353,00	144,00	165,8	350	3768	9045
Regioon 12, Järve	6762,00	1227,46	272497,00	135,00	36,7	226	2511	6028
Regioon 13, Narva	6762,00	1227,46	272497,00	135,00	36,70	226	2511	6028
Regioon 14, Tartu	14692,00	2469,76	548295,00	281,00	509,3	497	7272	17462
Regioon 15, Võru	3101,60	277,67	61647,00	37,00	404,5	109	10949	26283
KOKKU	72399,70	10019,34	2224335,00	1163,00	3224,90	2466	59124	141949,00

9.3.3. Biogaasijaama rajamiseks vajamineva investeeringu suurus

Biogaasijaamade maksumuse kohta on avalikult saadaval väga erinevat infot. Konkreetne maksumus sõltub ikkagi mitmetest hetkel mitte teadaolevatest parameetritest nagu:

- Asukoht
- Toore, substraat
- Substraadi kogused
- Biogaasijaama tootjafirma

Investeering moodustab:

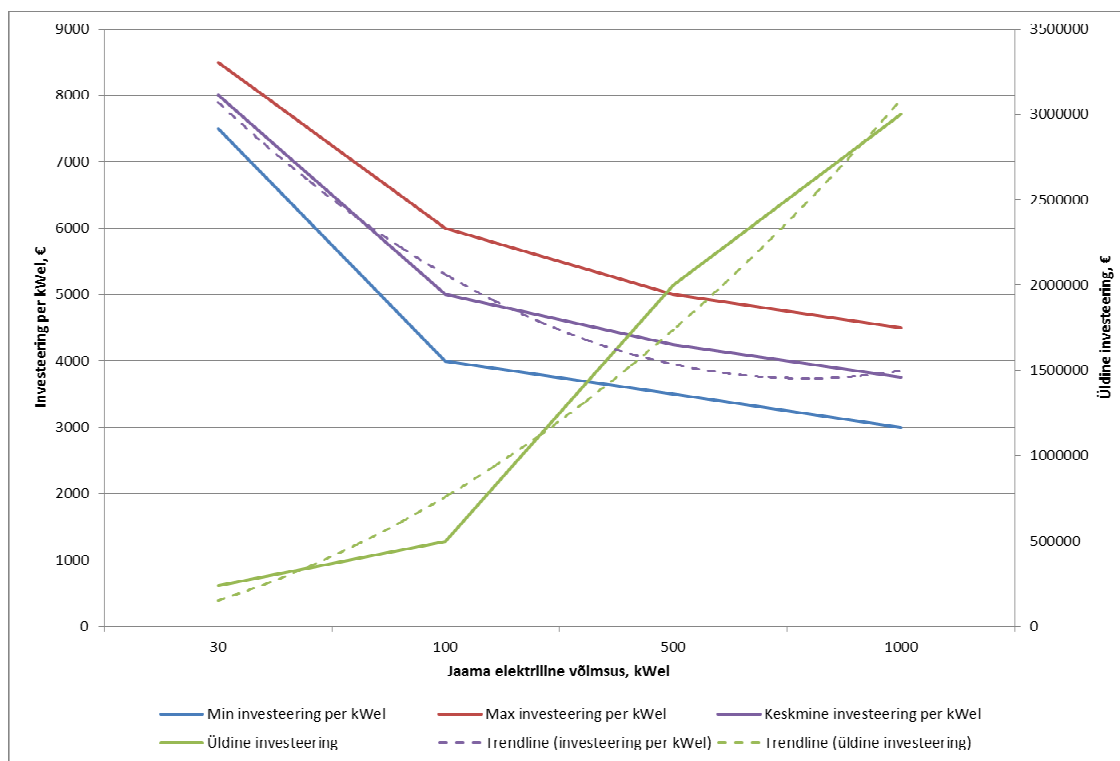
- Projekti juhtimine, projekteerimine, asjaajamine
- Seadmed
- Ehitus
- Infrastruktuur

Tasuvust mõjutavad muu hulgas:

- Investeeringu täpne suurus
- Soojatarbija olemasolu
- Elektrimüügi tulude maksimeerimine
- Toorme kogus, kuivaine sisaldus, kooskäritamise võimalus, tarnekindlus
- Logistikakulud (tooraine ja digestaat)
- Võimalikud investeeringutoetused
- Kulu hooldusele, tehnoloogia töökindlus

Olemasoleva kirjanduse alusel on äärmiselt raske leida nn keskmist investeeringut või universaalset lahendust, mida võiks rakendada üle Eestisel.

Investeeringute maksumuses on palju individuaalset, koha, substraadi ja tehnoloogiapõhist. Iga konkreetse valitud koha jaoks tuleks teha omaette tasuvusuuring, sest biogaasijaamade tootjaid on Euroopas palju ning tehnoloogia ja individuaalse lahenduse valik sõltub tellijast, konkreetsest pakkumisest ja lahenduse sobivusest konkreetse tingimusse.



Joonis 9: Biogaasijaama investeeringute suurusjärgud³³

Kõige konkreetsema finantsanalüüsi kava annab projekti BiogasIN raames koostatud dokument „Guideline for financing agricultural biogas projects - Training material for biogas

³³ Prantsusmaa hinnang investeeringutele (http://www.biogas-renewable-energy.info/biogas_installations_investments.html)

investors“ (Henning HahnFraunhofer Institute for Wind Energy and Energy System Technology (IWES), June 2011)

Vastavalt sellele dokumendile koosneb investeering järgmistest osadest:

- Alginvesteering – 150 – 500 KWe suuruse biogaasijaama puhul jääb see vahemikku 3 000 – 4 000 €/kWe. Suuremad jaamad nõuavad üldjuhul väiksemaid investeeringuid
- Opereerimiskulud – Inimtööjõud ca 0,5 – 1,5 €senti/kWe või 9.6 töötundi per kWe aastas (75kWe) kuni 4 töötundi per KWe aastas (1 000 kWe)
- Hooldus – ca 2,5 €senti/kWh
- Kindlustus – ca 0,5 – 1% koguinvesteeringust aastas
- Elektritarve – Ca 7% toodetud elektrienergiast tarvitatakse oma tarbeks
- Maamaks / rent / maa soetamine – sõltub asukohast ja riigist
- Muud kulud – juhtimine
- CHP käitamise aeg – ca 7 500 – 8 000 tundi aastas
- Tooraine maksumus – sõltub riigist ja asukohast

Tabel 34: Näidisarvutus 200 kWe biogaasijaama rajamiseks (saksamaa)

Investeering / Tulu	Muu info	Ühik	Hind
Kääriti		€	155000
Pump ja segaja			45000
CHP			140000
Elektriühendus			20000
Toitesüsteem			40000
Mõõte- ja kontrollisüsteem			15000
Küttesüsteem			25000
Tooraine ladu			120000
Digestaadi ladu			60000
Planeerimine ja projekteerimine			40000
Kokku			660000
...per rajatava elektri toodangu kohta		€/kWel	3300
Toetused			-75000
Tootmistsükli lõpetamine ja lahtimonteerimine			30000
Aastased kulutused			
Omakapitali kulu		4% intressi	
Kääriti	20 aastane amortatsiooniperiood	€/aastas	11405
Pump ja segaja	10 aastane amortatsiooniperiood		5548
CHP	7 aastane amortatsiooniperiood		23325
Elektriühendus	20 aastane amortatsiooniperiood		1472
Toitesüsteem	7 aastane amortatsiooniperiood		6664

Investeering / Tulu	Muu info	Ühik	Hind
Mõõte- ja kontrollisüsteem	10 aastane amortatsiooniperiood		1849
Küttesüsteem	10 aastane amortatsiooniperiood		3082
Tooraine ladu	20 aastane amortatsiooniperiood		8830
Digestaadi ladu	20 aastane amortatsiooniperiood		4415
Planeerimine ja projekteerimine	20 aastane amortatsiooniperiood		2943
Toetused	20 aastane amortatsiooniperiood		-5519
Tootmistsükli lõpetamine ja lahtimonteerimine	20 aastane amortatsiooniperiood		1007
Vahesumma			65021
Hooldus, parandustööd			
Kääriti	1% algsest väärtusest		1550
Pump ja segaja	5% algsest väärtusest		2250
CHP	1,3 ct/kWhel		20280
Elektriühendus	1% algsest väärtusest		200
Toitesüsteem	5% algsest väärtusest		2000
Mõõte- ja kontrollisüsteem	1% algsest väärtusest		150
Küttesüsteem	1% algsest väärtusest		250
Tooraine ladu	2% algsest väärtusest		2400
Digestaadi ladu	1% algsest väärtusest		600
Vahesumma			29680
Kindlustus	0,005% algsest väärtusest		3300
Tööjõukulu	3 h/d, 15,00€/h		13688
Enda elektrikulu	7% elektri toodangust		14196
Muu (raamatupidamine jms)			2000
Vahesumma			33184
Tooraine kulu			
Mais	50 ha	1237,00 €/ha	61850
Põllukultuuride silo	20 ha	1027,00 €/ha	20540
Rukkisilo	30 ha	986,00 €/ha	29580
Põllukultuurid	20 ha	900,00 €/ha	18000
Sõnnik		0	0
Käärimisjäägi laotamine	2910 m ³	€/aastas	0
Vahesumma			129970
Kulud kokku			257855
Aastased tulud			
Elektrimüük	1560000 kWhel/yr	16,96 ct/kWhel	264576
Jääksoojuse müük	50000 kWhtherm/yr	6,00 ct/kWhtherm	3000
Soojuse müük	30 % 421200 kWhtherm/yr	3,00 ct/kWhtherm	12636
Koostootmise toetus	0,78 CHP coefficient	2,00 ct/kWhel	6571
Käärimisjääk	2910 m ³	0,00 €/m ³	0
Kokku aastased tulud			286783
Kasum			28928

Arvutuste lähteandmete kättesaamine ja usaldusväärsus on suhteliselt problemaatiline. Üldistusaste sellistel puhul tuleb suur ja ilma väga konkreetseks minemata on raske saada täpseid hindasid.

Konkreetsete plaanide puhul, kus ettevõtja on mingilgi määral hakanud planeerima või kaaluma biogaasijaama rajamist, muutuvad sisendid palju konkreetsemaks ja arvutuslikud hinnangud oluliselt täpsemateks.

Tabel 35: Eesti põllumajanduslike biogaasijaamade investeeringud

Biogaasijaam	Substraadi kogus, t/a	Jaama võimsus	Investeeringu suurus
Jaam 1	80 000	1,9 MW	6 milj €
Jaam 2	65 000	1,5 MW	4-4,5 milj € (5,5 milj €)
Jaam 3	88 000	1,36 MW	4-4,2 milj €
Jaam 4	90 000		2,98 milj €
Jaam 5	38 000	1,42 MW	3,5 milj €
Jaam 6		1,2-1,8 MW	5,1-6,4 milj €
Jaam 7	32 000	537 kW	2,9 milj €
Jaam 8	17 000	500 kW	1,34 milj €

Tabelist 35 lähtub, et väga keeruline on luua otsest korrelatsiooni Eestis planeeritavate biogaasijaamade võimsuste ning investeeringute suuruste vahel.

Tabelis 36 on summeeritud kokku regioonides tekkiva reoveesette kogused ning arvatud selle metaanitootlikkuse kaudu regioonis potentsiaalselt toodetava elektrilise võimsuse ning biogaasijaama rajamiseks vajaliku investeeringu suurus.

Tabel 36: Valitud regioonide keskustesse rajatavate biogaasijaamade orienteeruvad investeeringud

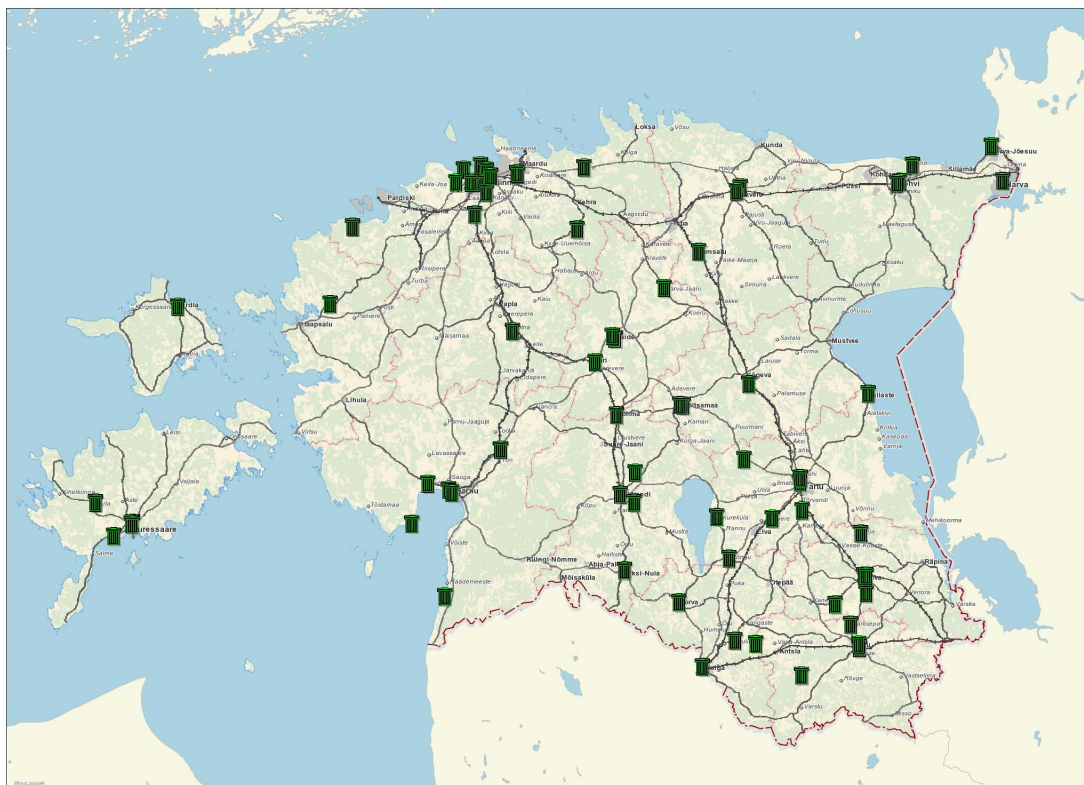
Regioon	Elektriline võimsus, kW	Investeering, €/kW	Investeering lähtudes sõnnikust, €	Reaalne investeering, mln €
Regioon 1, Kuressaare	80,00	6000,00	480 000,00	3,0-3,5*
Regioon 2, Haapsalu	40,00	7500,00	300 000,00	1,8-2,5
Regioon 3, Keila	30,00	6000,00	180 000,00	1,1-2,0
Regioon 4, Rapla	30,00	7500,00	225 000,00	1,4-2,0
Regioon 5, Pärnu	40,00	7500,00	300 000,00	1,8-2,5
Regioon 6, Kehra	40,00	7500,00	300 000,00	1,8-2,5
Regioon 7, Paide	70,00	6000,00	420 000,00	3,0-3,5
Regioon 8, Põltsamaa	50,00	6000,00	300 000,00	1,8-2,5
Regioon 9, Viljandi	60,00	6000,00	360 000,00	2,2-2,7
Regioon 10, Tapa	30,00	7500,00	225 000,00	1,4-2,0
Regioon 11, Rakvere	150,00	4500,00	675 000,00	5,5-6,0*
Regioon 12, Järve	140,00	4500,00	630 000,00	3,8-4,5
Regioon 13, Narva	140,00	4500,00	630 000,00	3,8-4,5
Regioon 14, Tartu	290,00	4000,00	1 160 000,00	6,9*
Regioon 15, Võru	40,00	7500,00	300 000,00	1,8-2,5
Kokku	1230,00		6 485 000,00	41,1 - 56,9

*ehituses olevate biogaasijaamade maksumus

Reoveesetel baseeruva biogaasijaama maksumus on ligikaudu 6 korda suurem sõnnikut sisendina kasutava biogaasijaama maksumusest. Kui sõnnikul baseeruva biogaasijaama ehitamisel moodustab kõige suurema osa investeeringust reaktori ehitamine, siis anaeroobse sette käärimisprotsessi integreerimisel reoveepuhastile tuleb arvestada erinevate lisanduvate kuludega – käärimisjäägi separeerimine, rejektvee puhastamine (mis omakorda võib tähendada reoveepuhastussüsteemi ümberehitamist tänu suurenevale lämmastikukoormusele), erinevad pumpade sõlmed, biogaasihoidla jne.

9.3.4. Biojätmete käitlemine biogaasi jaamades.

Töös vaadeldi suurimate biojätmete tootjate potentsiaali biogaasi tootmises.



Kaardilt on näha, et biojätmete tekke asukohtadena eristub selgelt Tallinnas või selle ümbruses asuvad ettevõtted.

Tabel 37: Tallinna lähiumbruse ettevõtted

Ettevõte	Jäätmeid, t/a (2010 a)	Metaani, m ³ /a	Elektriline võimsus, kW
LIVIKO, AS	199,82	3896,49	2
Altia Eesti AS	3,41	66,495	1
Spratfil, AS	110,59	17506,4	9
Fazer Eesti AS	387,02	59755,89	30
COCA-COLA HBC EESTI, AS	23,57	1093,648	1
LEIBUR, AS	136,43	21064,79	11
Saku Õlletehase AS	8010,6	446991,5	219
Balbiino, AS	32,2	782,46	1
TERE AS	58,18	1413,774	1
PALJASSAARE KALATÖÖSTUS, AS	302,99	47963,32	24
MASEKO, AS	58,82	9311,206	5
MARMITON, AS	85,96	71501,53	35
Kravond, AS	16,26	105,677	1
Kikas Kaubandus, OÜ	18,38	1573,585	1

Ettevõte	Jäätmeid, t/a (2010 a)	Metaani, m ³ /a	Elektriline võimsus, kW
Tallegg, AS	3115,02	266645,7	131
Kokku:	12559,25	949672,4	472

Oma biogaasijaama rajamisest on kaalunud Tallegg AS. Jäätmete koguse poolest tasub biogaasirajamist kaaluda ka Saku Õlletehas AS-l.

Teised suured ettevõtted, kellel tekib bioloogilisi jäätmeid koguses, mis peaks olema piisav oma biogaasijaama rajamiseks:

Ettevõte	Jäätmeid, t/a (2010 a)	Metaani, m ³ /a	Elektriline võimsus, kW
A. Le Coq, AS	7835,44	437217,6	214
BLM Eesti, AS	8828,97	214544	105
E-Piim, piimandusühistu	14359,23	348929,3	171
VÕRU JUUST, AS	88607,42	2153160	1051

Ülejäänud biojätmeid tasuks kombineerida reoveesette käitlusega. Kuressaare peatüki (8.4.) näitel on võimalik sellise kooskäitlemise tulemusena märgatavalt suurendada metaani saagist ilma biogaasijaama ehitamiseks vajalike investeeringute märgatava kasvuta.

Tabel 38: Biojätmete võimalik metaani hlk ning vedamise kulu regioonide kaupa

Ettevõte	Biojätmed, t/a	Võimalik CH ₄ kogus, m ³ /a	Elektriline väljund, kW	KM tsentrist	Vedusid	Kilometraaz	Maksumus, €/a
Regioon 1, Kuressaare	293,00	26428,00	14,00	27,90	11,00	306,00	736,00
Regioon 2, Haapsalu	21,00	5827,00	3,00	15,20	1,00	31,00	75,00
Regioon 3, Keila	34,00	5317,00	3,00	39,80	2,00	160,00	384,00
Regioon 4, Rapla	77,00	35463,00	18,00	14,80	3,00	89,00	214,00
Regioon 5, Pärnu	141,00	19792,00	14,00	149,90	9,00	324,00	781,00
Regioon 6, Kehra	72,00	11778,00	7,00	31,90	4,00	129,00	311,00
Regioon 7, Paide	149,00	21560,00	14,00	28,10	8,00	89,00	215,00
Regioon 8, Põltsamaa	592,00	83622,00	43,00	63,00	22,00	704,00	1690,00
Regioon 9, Viljandi	123,00	22169,00	14,00	96,20	7,00	332,00	799,00
Regioon 10, Tapa	1752,00	53213,00	27,00	52,30	59,00	3612,00	8670,00
Regioon 11, Rakvere	17,00	414,00	1,00	2,10	1,00	5,00	12,00
Regioon 12, Järve	522,00	77537,00	40,00	46,30	20,00	720,00	1729,00
Regioon 13, Narva	185,00	29399,00	16,00	21,40	8,00	165,00	397,00
Regioon 14, Tartu	1356,00	218806,00	111,00	235,30	50,00	2012,00	4832,00
Regioon 15, Võru	267,00	42109,00	25,00	266,50	12,00	1092,00	2624,00
KOKKU	5601,00	653434,00	350,00	1090,70	217	9770	23469,00

Tabelist 38 on näha, et Tartu regioonis annavad bioloogiliste jäätmete tootjad piisava hulga toorainet, et rajada vähemalt 110 kW biogaasijaam. Teiste regioonide kogused on pigem toetavaks toormeks reoveepuhastusjaamade juurde rajatavatele biogaasijaamadele.

Tabel 39: Biojäätmete ning reoveesette vedamise maksumus ning potentsiaalselt tekkiva metaani hulk regioonide kaupa

Ettevõte	Käideldud sete, tekkinud jäätmeid t/a	Võimalik CH4 kogus, m3/a	Elektriline väljund, kW	KM tsentrist	Vedusid	Kilometraaz	Maksumus, €/a
Regioon 1, Kuressaare	5464,00	173908,00	89,00	205,6	185	2830	6796
Regioon 2, Haapsalu	2231,00	77358,00	42,00	208,3	79	2434	5845
Regioon 3, Keila	5276,50	85729,00	49,00	282,5	181	8551	20527
Regioon 4, Rapla	1764,00	88964,00	48,00	88,3	62	1012	2431
Regioon 5, Pärnu	1933,00	69884,00	45,00	471,4	74	2726	6550
Regioon 6, Kehra	2392,40	74928,00	45,00	332,5	87	3635	8730
Regioon 7, Paide	3261,00	148720,00	79,00	134,4	113	2915	6999
Regioon 8, Põltsamaa	2987,20	160966,00	87,00	240,1	107	2847	6838
Regioon 9, Viljandi	5843,00	129757,00	72,00	292,4	201	8028	19272
Regioon 10, Tapa	5211,00	104424,00	55,00	426,6	177	7639	18338
Regioon 11, Rakvere	10423,00	285767,00	145,00	167,9	351	3773	9057
Regioon 12, Järve	11170,00	476717,00	238,00	206,2	377	1325	3183
Regioon 13, Narva	6947,00	301896,00	151,00	58,1	234	2676	6425
Regioon 14, Tartu	16048,00	767101,00	392,00	744,6	547	9284	22294
Regioon 15, Võru	3368,60	103756,00	62,00	671	121	12041	28907
KOKKU	84 319,70	3 049 875,00	1 599,00	4 529,90	2 896	71 716	1 721 92,00

10. Keskkonnakaitse hinnang

10.1. Seadusandlus

Biolagunevate jäätmete anaeroobseks kääritamiseks tuleb leida biogaasijaamadele sobivad asukohad, biogaasijaamad valmis ehitada, korraldada biolagunevate jäätmete kogumine ja logistilised küsimused ning tekkiva jääkprodukti digestaadi vajadusel järelkäitlemine, ladustamine ja kasutamine. Korraldada tuleb ka tekkiva soojusenergia kasutamine ja biogaasist elektrienergia tootmine. Nimetatud tegevuste planeerimine ja keskkonnakaitse hinnang põhineb järgmiste seaduste ja neist tulenevate seadusandlike aktidega seatud regulatsioonil:

- **Planeerimisseadus.** Seadus reguleerib riigi, kohalike omavalitsuste ja teiste isikute vahelisi suhteid planeeringute koostamisel. Seaduse eesmärk on tagada võimalikult paljude ühiskonnaliikmete vajadusi ja huvisid arvestavad tingimused säästva ja tasakaalustatud ruumilise arengu kujundamiseks, ruumiliseks planeerimiseks, maakasutuseks ning ehitamiseks. Planeeringute elluviimisega kaasneva keskkonnamõju strateegilist hindamist korraldatakse keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduses sätestatud juhtudel ja korras. Võimaluse korral ühendatakse keskkonnamõju strateegilise hindamise menetlus planeeringu koostamise menetlusega. Sellisel juhul peavad olema täidetud mõlemale menetlusele kehtestatud nõuded.
- **Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus.** Seadus sätestab eeldatava keskkonnamõju hindamise õiguslikud alused ja korra, keskkonnajuhtimis- ja keskkonnaauditeerimissüsteemi korralduse ning ökomärgise andmise õiguslikud alused eesmärgiga vältida keskkonna kahjustamist ning kehtestab vastutuse käesoleva seaduse nõuete rikkumise korral. Keskkonnamõju hindamise eesmärk on: teha kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise tulemuste alusel ettepanek kavandatavaks tegevuseks sobivaima lahendusvariandi valikuks, millega on võimalik vältida või minimeerida keskkonnaseisundi kahjustumist ning edendada säästvat arengut; anda tegevusloa andjale teavet kavandatava tegevuse ja selle reaalsete alternatiivsete võimalustega kaasneva keskkonnamõju kohta ning negatiivse keskkonnamõju vältimise või minimeerimise võimaluste kohta; võimaldada keskkonnamõju hindamise tulemusi arvestada tegevusloa andmise menetluses. Keskkonnamõju strateegilise hindamise eesmärk on: arvestada keskkonnakaalutlusi

strateegiliste planeerimisdokumentide koostamisel ning kehtestamisel; tagada kõrgetasemeline keskkonnakaitse; edendada säästvat arengut.

10.2. Keskkonnamõjud

Keskkonnamõjude hindamisel seatakse reeglina põhirõhk tegevusega kohalikule elanikkonnale ja ümbritsevale keskkonnale kaasneva keskkonnamõju määramisele ja selle leevendamisele.

Biogaasijaamade keskkonnamõju võib jaotada (ERKAS Valduse OÜ, 2011):

- ehitamisaegseks keskkonnamõjuks ja
- eksploatatsiooniaegseks keskkonnamõjuks.

Keskkonnamõju hindamisel hinnatakse erinevates alternatiivsetes asukohtades biogaasijaama keskkonnamõjusid.

Ehitamine koosneb tavaliselt biolagunevate jäätmete kogumismahutite ehitamisest, biogaasijaama ehitamisest, biogaasi torustike ehitamisest katlamajani või biogaasist elektri- ja soojusenergia koostootmisjaamani, digestaadi hoidlate ehitamisest. Tegemist on ehitusprotsessi käigus tekkivate tavapärase mitteoluliste keskkonnamõjudega.

Suurem ja pikaajaline mõju keskkonnale (kavandatava tegevuse vahetu, kaudne, kumulatiivne, lühi- ja pikaajaline, positiivne ja negatiivne mõju) tekib biogaasijaama ekspuaterimisel. Hinnata tuleks keskkonnamõju biogaasijaama territooriumil ja selle lähipiirkonnas järgnevalt (Kuusik, 2004, 2008, 2009):

- mõju piirkonna välisõhu kvaliteedile;
- mõju piirkonna elanikkonna tervisele (müra ja vibratsioon), heaolule ja varale;
- mõju elusloodusele (taimestikule ja loomastikule);
- mõju pinnasele ja maastikule;
- mõju veekeskkonnale (pinna- ja põhjaveele);
- mõju tehiskeskkonnale;
- mõju koostoime;
- mõju looduskaitseobjektidele ja Natura 2000 võrgustiku alale;
- mõju visuaalsele keskkonnale ja kultuuripärandile;
- sotsiaal-majanduslik mõju.

10.2.1. Ehitamisaegne keskkonnamõju.

Biogaasijaama ehitamise ehitusaegne mõju keskkonnale on lokaalne ja see hõlmab ehitusobjekti ja selle lähiümbrust (Kuusik, 2004, 2008, 2009, ERKAS Valduse OÜ, 2011):

Hävineb enam taimestikust ehitusobjektidel. Olemasolevat taimestikku püütakse võimalikult palju säilitada. Ehituse lõpetamisel kujundatakse ehitusobjekti uus haljastus.

Enamasti on biogaasijaama alternatiivne asukoht valitud nii, et ehitustööde ajal loomastiku ja lindude elupaiku ei muudeta ning rändeteid ei takistata.

Ehitustööde käigus teisaldatakse ja paigaldatakse ümber pinnast. Tööde käigus pinnasereostust ei teki. Maastikku ümber ei kujundata. Töödega kaasneb pinnasele ja maastikule väheoluline keskkonnamõju.

Mõju piirkonna välisõhu kvaliteedile seisneb tolmu tekkes ehitustööde käigus ning ehitus- ja transpordimasinate poolt õhku paisatavates heitgaasides ja sealhulgas ka kasvuhoonegaasides. Ebameeldivaid lõhnaaineid õhku ei heideta. Õhureostus on lokaalne, mitteoluline ja ei ületa kehtestatud piirnorme.

Ehitustegevus veekeskkonnale olulist mõju ei avalda. Vundamentide rajamisel maapinna madalamates kohtades ja kõrge põhjaveetaseme korral võib tekkida vajadus veetõrjetöödeks. Veetõrjetööde mõju on lokaalne ja need ei avalda olulist mõju veekeskkonnale.

Mõju visuaalsele keskkonnale ja kultuuripärandile võib avalduda reljeefi ja haljastuse muutmises ning biogaasijaama ja selle abirajatiste visuaalses väljanägemises. Biogaasijaama ehitamisel reljeefi ja haljastust oluliselt ei muudeta ning biogaasijaama fassaadide värvitoon valitakse selline, mis sulandub ümbritsevasse keskkonda. Biogaasijaama asukoha valikul välditakse ajaloo- ja kultuurimälestiste lähedust.

Müra ja vibratsioon tekib transpordi- ja ehitusmasinatega töötamisel. Järgides ehitamise tööaja piiranguid ja liikluseeskirjadega seatud logistilisi piiranguid, ei ole mõju oluline. Müra ja vibratsiooni tase ei ületa kehtivaid norme.

Sotsiaal-majanduslikud mõjud väljenduvad tööjõu vajaduses, ühiskondlikes küsimustes ja jäätmehoolduses. Biogaasijaama ehitamisel saab tööd ca kaksikümmend ehitustöölist ja inseneri. Logistikas vajalikud töölisel on enamasti kindlustatud seadmete ja materjalide tarnijate poolt. Ühiskondlikeks küsimusteks on tavaliselt vaatamata biogaasijaama vajadusest arusaamisele piirkonna elanike emotsionaalne vastuseis biogaasijaama mistahes asukoha suhtes. Jäätmehooldus lahendatakse ehitusperioodil reeglina koostöös lähima prügilaga jäätmekäitlejaga (ehitusjäätmete liigiti kogumine jne).

Ehitustegevusega olulist negatiivset mõju piirkonna elanikkonna tervisele, heaolule ja varale ei kaasne. Mitteiluline mõju seisneb tööajal liikluse tihenemises, töömasinate heitgaaside paiskamises atmosfääri ja müra tekkes piirkonnas. Elanikkonna tervis ja heaolu ei ole ohustatud ning varale kahju ei tekitata.

Ehitusaegne mõju tehiskeskkonnale praktiliselt puudub.

Biogaasijaamasid ei rajata looduskaitseobjektidele ja Natura 2000 võrgustiku aladele või nende vahetusse lähedusse. Ehitusaegne mõju looduskaitseobjektidele ja Natura 2000 võrgustiku aladele puudub.

10.2.2. Eksploatatsiooniaegne keskkonnamõju.

Strateegilise planeerimisdokumendi rakendamisega kaasneva keskkonnamõju hindamise eesmärgiks on teha ettepanek selle tegevuse elluviimiseks sobivaima lahendusvariandi valimiseks, millega on võimalik vältida või minimeerida keskkonnaseisundi kahjustamist ning edendada säästvat arengut; anda tegevusloa andjale teavet kavandatava tegevuse ja selle reaalse alternatiividega kaasneva keskkonnamõju ning negatiivse keskkonnamõju vältimis- või minimeerimisvõimaluste kohta; tegevusloa andmisel arvestada keskkonnamõju hindamise tulemusi.

Olulisteks rahvusvahelisteks ja riiklikeks keskkonnakaitsealisteks eesmärkideks on (Kuusik, 2004, 2008, 2009):

- roheline taastuenergia kasutamine elektrienergia tootmiseks ja sellega seoses fossiilsete kütuste kasutamise vähenemine ja sellega kaasneva keskkonna saastekoormuse vähenemine;
- biogaasijaama asukoha valimine nii, et minimaalselt oleks häiritud kohaliku elanikkonna elukeskkond;
- Natura 2000 võrgustiku alade ning kaitsealuste üksikobjektide terviklikkuse ja puutumatus tagamine detailplaneeringuga.

Biolagunevate jäätmetega seonduvad peamised keskkonnaprobleemid on praegu peaaesjalikult seotud aegajalt elamuteni leviva ebameeldiva lõhnaga ning ohuga pinna- ja põhjaveele. Biolagunevate jäätmetest lähtuvad emissioonid osalevad happevihmade kujunemisel (NH₃, SO₂, NOX), osoonikihi lagundamisel (CH₃Br), kasvuhoonegaaside tekkel (CO₂, CH₄, N₂O) ja raskmetallide hajureostusel.

Eksploatatsiooniaegset keskkonnamõju hinnatakse vastavalt Keskkonnaametis heakskiidetud keskkonnamõju hindamise programmile. Lisaks alapunktis 10.2. kirjeldatule tuleb

Kultuuriministeriumi ja Muinsuskaitseameti soovil hinnata planeeringu elluviimisega kaasneda võivaid võimalikke mõjusid:

- erinevate ajaperioodide kultuuripärandi kihistustele ja nende väärtusele;
- arheoloogiliselt väärtuslikele aladele;
- olemasolevatele ja potentsiaalselt miljööväärtuslikele aladele (väärtuskriteeriumideks võivad olla nii tüüpilisus kui ebatüüpilisus);
- ajalooliselt väärtuslikele objektidele (sh hooned, monumendid, sillad, teed, tähised jne.) ja seada tingimused nende säilimiseks;
- maastikupildile, sh vaadetele kultuurilooliselt olulistele objektidele, määratleda vaatekoridorid;
- väärtuslike maastikele (piiride täpsustamine);
- kultuurikeskkonna säilitamist tagavatele tingimustele.

Keskkonnamõju hindamisel kasutatakse järgmiseid prognoosimeetodeid:

1. Analooiapõhine meetod, st eelneva samasuguse kavandatava tegevuse keskkonnamõju hindamise tulemustel põhinev prognoos.
2. Spetsiaalsed väliuuringud.
3. Keskkonnamõju hindamisel kasutati geoinfosüsteeme, mis võimaldavad objektiivselt analüüsida erinevat keskkonnainformatsiooni (näiteks põhjavee kaitstus, kaitstavate objektide olemasolu, kaitsealune taimestik jne.).
4. Keskkonnamõjude prognoosimisel kasutatakse tunnustatud omaala spetsialistide eksperthinnanguid.

10.2.3. Mõju piirkonna välisõhu kvaliteedile.

Mõju välisõhu kvaliteedile jaotub kaheks:

- ebameeldivad lõhnad ja
- biogaasi põlemisel eralduvate saasteainete heitkogustest lähtuv mõju välisõhu kvaliteedile.

10.2.4. Ebameeldivad lõhnad.

Saasteainete koosseis sõltub kääritamiseks kasutatavate biolagunevate ainete ja nende substraatide koosseisust (Kuusik, 2004, 2008). Enamasti on eralduvateks komponentideks ammoniaak (NH₃) ja teataval määral ka lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ). Need on saasteained, millel on spetsiifiline lõhn. Biolagunevate ainete käärimisprotsesside toimimisel võib eralduda ka metaani (CH₄) ning divesiniksulfiidi (H₂S).

Lõhnaprobleeme tekitada võiv ammoniaagi (NH_3) emissioon leiab aset ainult biolagunevate ainete või digestaadi hoidlasse kogumisel (emissioon läbi hoidla või laguuni pealispinna) ning digestaadi laotamisel (emissioon pumpamisel, ümberlaadimisel ja põllule laotamisel).

Dilämmastikoksiid (N_2O) tekib orgaaniliste lämmastikuühendite mikrobioloogilisel lagunemisel. Erinevalt ammoniaagist, toimub dilämmastikoksiidi emissioon teatud tingimustes, st kui nitrifikatsiooni protsessile järgneb denitrifikatsioon. Põhiline emissioon toimub laguunidest ja laotamise tagajärjel. Laotamisel soodustavad dilämmastikoksiidi teket rasked mullad ja laotamise aeg väljaspool taimede kasvuperioodi.

Väävelvesinik (H_2S) biolagunevate ainete anaeroobsel lagunemisel. Väävelvesinik on mädamuna lõhnaga. Väavli allikateks on väavlit sisaldavad aminohapped ja anorgaanilised soolad (sulfaadid). Väävelvesiniku emissiooni suurendab happeline keskkond, niiskus, kõrge temperatuur, suur väavliühendite sisaldus ja biolagunevate ainete pikka aega kestev säilitamine. Aeroobses keskkonnas tekivad vesiniksulfiidi asemel mittelenduvad sulfaadid. Peamiseks tekkekohaks on hoidlad ja laguunid.

Lenduvad orgaanilised ühendid (LOÜ-d) tekivad vaheühenditena orgaanilise materjali anaeroobsel lagunemisel biolagunevas aines. Aeroobses keskkonnas need ühendid oksüdeeruvad kiiresti süsinikdioksiidiks ja veeks. Anaeroobses keskkonnas, juhul kui mikrobioloogiline lagunemisprotsess sujub tasakaalustatult, lagunevad LOÜ-d metaaniks ja süsinikdioksiidiks. Juhul, kui protsess on tasakaalust välja viidud, toimub lenduvate orgaaniliste ühendite kontsentreerumine ja emissioon. Tavalisteks põhjusteks, mis inhibeerivad lagunemise protsessi, on temperatuuri kõikumised ja orgaanilise materjali pikaajaline kuhjamine hoidlas. Seega on ka LOÜ-de peamine tekkeallikas hoidla või laguun.

Metaan (CH_4) tekib orgaaniliste ainete lõhustumisel anaeroobsetes tingimustes. Taolised tingimused tekivad vedelate biolagunevate ainete käitlemisel.

Saasteainete lendumise intensiivsust mõjutab kliima, st välis- ja sisetemperatuur. Kõrgem temperatuur põhjustab ammoniaagi emissiooni kasvu. Saasteainete hajumine sõltub eeskätt kahest meteoroloogilisest parameetrist:

- tuule (põhivoo) tugevusest;
- soojusvoost aluspinnalt.

Maksimaalne mõju välisõhu kvaliteedile, seisneb olukorras, kus valitsevad nõrga tuule ja stabiilse temperatuuriga ilmastikutingimused.

Välisõhu kvaliteet halveneb eriti biolagunevate ainete ja nende substraatide või digestaadi segamise ajal hoidlates ja laguunides ja laotamise ajal. Segatakse enamasti jugapumpadega või mikseritega kolm korda hooaja jooksul ning samal ajal toimub ka laotamine: aprilli lõpus

ja mai kuu alguses, juuni lõpus ja juuli kuu alguses, septembri ja oktoobri kuus. Muul ajal ebameeldivate lõhnadega märkimisväärseid probleeme ei ole ja olukorra võib hinnata rahuldavaks.

Vastavalt 05.05.2004. aastal vastu võetud Välisõhu kaitse seaduse³⁴ § 34 on ebameeldiva või ärritava lõhnaga aine (edaspidi lõhnaaine) inimtegevusest põhjustatud välisõhku eralduv aine või ainete segu, mis võib tekitada elanikkonnal soovimatut lõhnataju. Lõhnaaine esinemise välisõhus määrab selleks moodustatud lõhnaaine esinemise määramise ekspertrühm.

Lõhnaaine esinemise määramise ekspertrühm annab hinnangu lõhnaaine esinemise kohta välisõhus ning lõhnaaine esinemise tuvastamise korral peab saasteallika valdaja koostama lõhnaaine vähendamise tegevuskava. Lõhnaaine vähendamise tegevuskava peab sisaldama kavandatavate abinõude loetelu, milles on nimetatud abinõude maksumus, abinõude rakendajad ja rakendamise tähtajad. Saasteallika valdaja esitab lõhnaaine vähendamise tegevuskava kinnitamiseks Keskkonnaametile. Lähtudes lõhnaainete esinemisest välisõhus, rakendavad saasteallikate valdajad, kelle tööstus- või põllumajandustegevus või tegevus muul alal põhjustab või võib põhjustada lõhna tekkimist, levimist või ärritavat lõhnataju elanikkonnale, täiendavaid meetmeid lõhnaainete heitkoguste vähendamiseks.

Tabel 40: Saastetasemete piirväärtused

Saasteaine	1 h keskmine, µg/m ³	24 h keskmine, µg/m ³
Ammoniaak	200	40
Lenduvad orgaanilised ühendid	5000	2000
Vesiniksulfiid	8	8

Biogaasijaamas saadakse metaankääritamise teel (järg-järguline protsess kestab keskmiselt 75 kuni 90 päeva) biogaas (millest toodetakse elektri- ja soojusenergiat) ning kääritatud biolagunevate ainete substraat (digestaat). Kaheastmelise metaankääritamise käigus orgaanilised elemendid, mis on otseselt ebameeldivate lõhnade allikateks, lagunevad peaaegu täielikult. Digestaadis sisalduvad toitained (N-P-K) on mineraalsel kujul ja need on taimedele kergesti omastatavad – taimed omastavad rohkem ja kiiremini, kui see toimuks põllul olevate orgaaniliste ainete looduslikul ehk aeroobsel lagunemisel. Anorgaanilist lämmastikku (NH₄-N) on kääritatud biolagunevas aines ca 25 % rohkem ja see vähendab ebameeldivat lõhna ca 80 %.

Kui hoidlate ja laguunide võimaliku õhusaaste kohta maapinnalähedases õhukihis tehakse mitmeid arvutusi, kaasaarvatud arvutimudelid, siis biogaasijaamade kohta seda ei tehta, sest

³⁴ Välisõhu kaitse seadus. RT I 2004, 43, 298. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/121122011013>

tulenevalt kinnistest süsteemidest ebaseeldivaid lõhnasid praktiliselt ei teki. Kui hoidlate ja laguunide koosmõjul võib tõusta kõige lähemale piirväärtusele ammoniaagi maksimumtase, siis peale biolaguneva aine metaankääritamist langeb see näitaja ca 60 %. Lenduvate orgaaniliste ühendite tase langeb oluliselt. Suurimaid kontsentratsioone täheldatakse saasteallikatest kuni 100 m raadiuses.

Vaatamata hoidlatesse ja laguunidesse kogutava digestaadi paremale konsistentsile ebaseeldivate lõhnade suhtes on ikkagi soovitatav digestaat laguunis katta, sest see on lihtsaim variant pikemaajalisel digestaadi kogumisel lenduvate saasteainete leviku piiramiseks. Selleks sobib näiteks 10 cm paksune hekselpõhu kiht, 0,5 cm paksune rapsiõlikiht, ujuv membraankate, õhutihe telkkatus vms lahendus. Soovitatav on ka soodustada kooriku tekkimist digestaadi pinnale.

Hekselpõhk kui ujuvkate ei sobi väga madala (vähem kui 5 %) kuivainesisaldusega digestaadi katmiseks. Põhust katet võivad kahjustada tugev tuul ja vihm. Samuti on oht pumpade ja väljavooluavade ummistumiseks. Põhust ujuvkate vähendab saasteainete emissiooni 60...70 % võrra. Põhust ujuvkate tuleb igal aastal uuendada.

Turbast ujuvkate peaks olema minimaalselt 10 cm paksune. Selline ujuvkate vähendab saasteainete emissiooni 90 % ja rohkem. Turbast ujuvkate tuleb uuendada pärast segamist (homogeniseerimist).

Kergkruusa või plastikgraanulite kasutamisel ujuvkattena sõltub kihi paksus materjali osakeste suuruselt. Mida väiksem on graanulite diameeter, seda õhem võib olla kiht. Sõltuvalt graanulite suuruselt kujuneb kihi paksuseks 3...20 cm. Nimetatud materjalid ujuvkattena vähendavad saasteainete emissiooni 70...90 %.

Rapsiõlikiht vähendab saasteainete emissiooni keskmiselt 90 % võrra. Rapsiõli puuduseks on oht, et anaeroobsete protsesside tulemusena tekib tugev rääsunud lõhn.

Ujuvkate puhul peaks hoidla või laguuni täitmise/tühjendamise ava olema võimalikult hoidla põhja lähedal.

Ammooniumi ja teiste kahjulike ühendite levikut saab piirata ka kõrghaljastusega. Samas peab arvestama, et siseterritooriumil hoiab kõrghaljastus kahjulikke gaase mingil määral "kinni" ja siin võib nende kontsentratsioon veidi tõusta. Mistõttu võiks puid-põõsaid istutada üksnes elamute, vaba aja veetmispaikade jne kaitseks, ehk ainult sinna, kus on tegemist inimeste pikemaegse viibimisega.

Loomakasvatusega seotult eraldub kõige rohkem gaase õhku sõnniku laotamisel ja mõnda aega pärast seda.

Kavandatava tegevusega laotuspind ja laotatav kogus lämmastiku suhtes ei suurene. Digestaat tuleb pärast laotamist võimalikult kiiresti mulda viia. Kasvavate kultuurideta põllule laotatud sõnnik on soovitatav mulda viia 48 tunni jooksul (Veeseadus, § 26¹ lg 4³). Kogu digestaat on käesoleval juhul kavas otse mulda (ca 10-15 cm sügavusele) viia selleks ettenähtud spetsiaalsete masinatega. Sellise tehnoloogia korral on ebameeldivate lõhnade levik minimaalne. Siiski sobivad laotamiseks kõige paremini jahedad, niisked ning tuulevaiksed ilmad. Elamute ja suvilarajoonide ümbruses tuleb olla tähelepanelik elanike suhtes. Vältida tuleks digestaadi vedu ja laotamist nädalalõppudel ning arvestama peab tuule suunda.

Seoses biolagunevate ainete stabiliseerimisega metaantankides väheneb oluliselt ebameeldivate lõhnade tugevus, kestvus ja levik biolagunevate ainete ja digestaadi hoidlate ja laguunide ümbruses ja digestaadi laotamisel. Soovitatav on järgida ka leevendavaid meetmeid. Ebameeldivatest lõhnade levik ei kumuleeru biogaasi põletamisest tekkiva reoainete emissiooniga.

Biogaasijaama eksploatatsioonil ei kaasne ebameeldivate lõhnade olulist vahetut, kaudset, kumulatiivset, sünergilist, lühi- ja pikaajalis negatiivset mõju keskkonnale. Positiivne mõju on mõjupiirkonnas inimeste tervisele ning sotsiaalsetele vajadustele ja varale, loomadele, õhu kvaliteedile, kliimamuutustele ja kultuuripärandile.

Eraldi hinnatakse biogaasist elektri- ja soojusenergia koostootmisjaamast õhku eralduvate saasteainete hetkkogused [g/s] ning hinnata nende mõju välisõhu seisundile.

Biogaasi põlemisprotsessidest eralduvad saasteained arvutatakse vastavalt keskkonnaministri 2. augusti 2004 . a määrusele nr. 99. Hajuvusarvutusi teostatakse arvutiprogrammiga GARANT, mille matemaatiline mudel põhineb keskkonnaministri määrusega nr. 120, 22. 09. 2004. a “Välisõhu saastatuse taseme määramise kord“ kinnitatud arvutusmetoodikal.

10.3. Mõju vaadeldava piirkonna elanikkonna tervisele, healule ja varale.

Biogaasijaama eksploatatsioon ei kujuta endast otsest ohtu inimeste tervisele. Suurenevad inimeste puhkuse võimalused ja tõuseb elukvaliteet. Kavandatava tegevuse juures on põhilisteks mõjudeks transpordivahendite müra (biolagunevate ainete juurdevedamine ja digestaadi äravedamine) ja õhusaaste (biogaasi põletamisest). Enamasti toodetakse biogaasist soojus- ja elektrienergiat. Välisõhku suunatakse saasteaineid biogaasi sisepõlemismootorist ja avariide ajal gaasipõletist. Positiivne mõju inimestele avaldub ebameeldivate lõhnade intensiivsuse ja levikuala vähenemises, uute töökohtade loomises ja seoses sellega elatustaseme ja kinnisvara hindade tõus. Paraneb piirkonnas elavate inimeste elukvaliteet. Väheneb kumuleeruv mõju välisõhule (Kuusik, 2004, 2008).

10.3.1. Müra

01. juulil 2002. aastal jõustus sotsiaalministri 04. märtsi 2002. a määrus “Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid”. Vastavalt määrusele on tööstusettevõtetest lähtuva müra öine taotlustase elamualadel 40 dB. Müra ohtlikuks piirnormiks on 85 dB.

Müratase (biogaasijaama) seadmete juures ei tohi ületada tööliste tekkida võiva kuulmiskahjustuse alampiiri, mis on 85 dBA kaheksatunnisel tööpäeval. Kuna kõik protsessid toimuvad hoone sees, siis väljaspoole hoonet leviva müra tase langeb ca 20-30 dBA võrra. Seda kinnitasid ka Saaremaal Valjala seakasvatuse biogaasijaama juures 2007. aastal teostatud mürataseme mõõtmised: tehnoloogiliste seadmete hoones oli müratase kuni 75 dB ja väljaspool hoonet metaantankide juures 40 – 45 dB.

Sotsiaalministri määruse järgi on biogaasijaama ala valdavalt IV kategooria ala ehk tööstusala, kus taotlustaseme arvsuurused uutel planeeritavatel aladel on:

1) Liiklusmüra ekvivalenttase $L_{pA,eq,T}$, dB

Kategooria	Päeval	Öösel
I	50	40
II	55	45
III	60	50
IV	65	55

2) Tööstusettevõtete müra ekvivalenttase $L_{pA,eq,T}$, dB

Kategooria	Päeval	Öösel
I	45	35
II	50	40
III	55	45
IV	65	55

Liiklusega seotud üksikute mürasündmuste korral hinnatakse Sotsiaalministri 04. 03. 2002. a määruse nr 42 järgi täiendavalt ekvivalentsele helirõhutasemele ka maksimaalset helirõhutaset. Maksimaalne helirõhutaseme müratundlike hoonetega aladel $L_{pA,max}$ ei või olla suurem kui 85 dB(A) päeval ja 75 dB(A) öösel.

Määrus selgitab, et ühe või samaaegselt mitme müraallika tekitatud müra ei tohi ületada normtasest.

Biogaasijaama kasutamisel on otseselt ja kaudselt mõjutatavaks keskkonnamelemendiks inimeste elukeskkond ja tervis. Mõju suuruse, ulatuse, kestvuse, kumuleeruvuse ja tõenäosuse hindamisel tuginevad eksperdid kogemustele sarnaste objektidega ja konkreetsetele mürataseme mõõtmistele.

Müra tase sõltub transpordivahendite liigist ja hulgast biogaasijaama territooriumil. Biogaasijaama tehnoloogiliste protsesside kogemuslik müratase tootmisjaama vahetus läheduses ei kujuta ohtu inimese tervisele ja ei ole häiriv ka öötundidel.

Autotransport tootmisalal koosneb töötajate sõiduautode liikumisest ning veoautodega biolagunevate ainete vedamisest biogaasijaama ja digestaadi vedamisest hoidlatesse ja laguunidesse. Biolagunevate ainete ja digestaadi vedamiseks biogaasijaama vastuvõtusõlmedesse kasutatakse hermeetiliselt suletavaid ca 20 tonnise kandevõimega poolhaagiseid. Biogaasijaama transpordi osatähtsus ja kumuleeruvus ning negatiivne mõju keskkonnale on väike. Samas mõju kestvus on pikk. Biogaasijaama ning elektri- ja soojusenergia koostootmisjaama ehitamisel ja eksploateerimisel ja digestaadi transportimisel tekkiv müra ei ole suurem muu autotranspordi mürast. Mõju kohalikule elanikkonnale on pidev, kuid ei ületa taluvuspiire ja fooninäitajaid. Müra tase ei ületa kehtivaid müranorme.

10.3.2. Jäätmed

Tootmisprotsessi käigus olmejäätmeid ei teki.

Tekkiv digestaat kasutatakse enamasti põldude väetamiseks, mis ei kujuta ohtu vaadeldava piirkonna keskkonnale.

10.3.3. Visuaalne mõju

Biogaasijaamast on visuaalselt nähtavad biolagunevate ainete vastuvõtusõlmed, metaantank(id), tehnohoone, koostootmisjaam, gaasi avariipõleti ja gaasimootori korsten.

Biogaasijaama projekteerimisel tuleb arvestada, et see sobiks arhitektuuriliselt ja visuaalselt ümbritsevasse keskkonda. Biogaasijaama värvitoonid tuleb valida sellised, mis harmoniseeruksid ümbritseva looduskeskkonnaga.

Biogaasijaama eksploateerimisega ei kaasne piirkonna elanikkonna tervisele, healole, elukeskkonnale ja varale olulist vahetut, kaudset, kumulatiivset, sünergilist, lühi- ja pikaajalist negatiivset mõju. Positiivne mõju piirkonnas seisneb õhu kvaliteedi paranemises ja seoses sellega kinnisvara hindade tõusus.

10.3.4. Keskkonnaõnnetuste riskid

Biogaasijaamas võib esineda kahte liiki rikkeid:

- gaasitootmise katkemine;
- gaasi utiliseerimise katkemine.

Tegelikult on need kaks riket üksteisega seotud. Kui tootmisjaam biogaasi ei tooda, siis ei toimu CHP-s ka gaasi utiliseerimist. Kui koostootmisjaam seiskub pikemaks ajaks ja soojusenergiaga varustamine katkeb, siis gaasitootmine seiskub ja katelde bioloogiline kooslus hävib.

Gaasitootmise katkemist on võimalik vältida aruka juhtimisega. Õige toorme sortimendi ja koguse pidev etteanne ning rikete varajane tuvastamine töötlemisprotsessi ajal on otsustava tähtsusega. Selleks koolitatakse tehases operaatoreid ning protsessi juhivad arvutid.

Lisaks gaasi utiliseerimise katkemisele seisakute tõttu, tuleb koostootmisjaamas teostada hooldustöid. Tootmisjaamas on kaheastmeline turvasüsteem, mis välistab biogaasi kontrollimatu emissiooni.

Tootmisjaama ehitamine ja käitamine toimub rangete eeskirjade alusel, mis põhinevad Töökaitseadusel, Töötervishoiu- ja tööohutuseadusel, Tööstusohutuse ja tervishoiu määruel ja Õnnetuste vältimise eeskirjadel.

10.3.5. Häiresüsteem

Biogaasitehase automaatika- ja monitooringusüsteem on varustatud loogilise programmjuhtimisega (PLC). Protsesside vaatlemiseks on paigaldatud allavoolu visualiseerimissüsteem ja transformeeritud signaalid on PLC-s programmeeritud. Turvalisusega seotud häired registreeritakse ja talletatakse visualiseerimisprogrammis ning edastatakse välimise SMS-serveri üldkasutatava sideliini kaudu mobiiltelefoni ooterežiimile. Kui tekib ohutuse seisukohast oluline häire, siis valves olev isik peab sõitma kohe tootmisjaama ja teostama tõrkeotsingu. Kui tehases on voolukatkestus, saab sarnaselt saata ka sõnumi PLC-st, sest visualiseerimis- ja sisekommunikatsioonisüsteemid töötavad iseseisvalt toiteallikalt.

10.3.6. Töötajate koolitus

Tootmisjaama ehitaja juhendab käivitamise ajal ja kahe kuu jooksul kõiki töötajaid, kes vastutavad tootmisjaama tehnilise juhtimise eest. Töötajatele tutvustatakse tootmisjaamas töötamise võimalikke ohte, milleks on kukkumine ja ohtlike ainete vabanemine.

10.3.7. Tootmisjaamas plahvatusohu vältimine

Potentsiaalsed süttimiskohad on seotud biogaasiga. Tootmisjaamast tulev biogaas sisaldab ligikaudu 53% metaani, mis moodustab biogaasi tuleohtliku koostisosa. Tootmisjaama toodangu kõrge CO₂-sisaldus (ligikaudu 45%) annab biogaasile suhteliselt väikese leegi

levikiiruse. Biogaas sisaldab väikeses koguses vesiniksulfiidi (s.t ppm vahemik), mis ei mõjuta süttimispunkti märkimisväärselt.

10.3.8. Meetmed plahvatusohu vältimiseks

Plahvatusohu vältimiseks ja selle eest hoiatamiseks rakendatakse erinevaid meetmeid:

- Siseõhu jälgimine suletud ruumis, kus gaasileke on võimalik (nt koostootmisjaama mahutid).
- Kõikide ajamate plahvatusohtu välistav konfiguratsioon ja mõõteriistad plahvatusohtlikes piirkondades.
- Süttimist välistavate seadmete kasutamine ülesvoolu, kus biogaasi segatakse õhuga (nt koostootmisjaam, gaasipõletid, desulfureerimissüsteemid, gaasikompressorid). Kui plahvatus peaks siiski toimuma, takistavad süttimist vältivad seadmed süsteemis tulelevikut ülespoole.
- Avarii korral lülituvad tootmisjaama erinevate osade elektrisüsteemid täielikult välja (nt kui koostootmisjaama juures on metaani kogunenud 40% üle plahvatusohtliku alampiiri).

10.3.9. Mõju taimestikule

Biogaasijaama, gaasitorustike, koostootmisjaama ning biolagunevate ainete ja digestaadi hoidlate ja laguunide asukoht valitakse nii, et valitud asukohas ja nende lähiümbruses ei oleks looduskaitsealasid ja muid kaitstavaid looduse üksikobjekte (taimi, loomi). Osaline ehitusaegne taimestiku hävimine on vältimatu, kuid seda kompenseeritakse uue haljastusega. Eksploatatsiooniaegne mõju taimestikule seisneb haljasalade hooldamises. Kaudne mõju avaldub digestaadi kasutamises taimekasvatuse väetusainena. Mõju on lokaalne ja väheoluline. Biogaasijaama eksploateerimine ei põhjusta vaadeldava piirkonna taimestikule olulist vahetut, kaudset, kumulatiivset, sünergilist, lühi- ja pikaajalist negatiivset mõju (ERKAS Valduse OÜ 2011, Kuusik, 2004, 2008).

10.3.10. Mõju loomastikule

Biogaasijaama, gaasitorustike, koostootmisjaama ning biolagunevate ainete ja digestaadi hoidlate ja laguunide asukoht valitakse reeglina asulate tööstuspiirkondadesse, kus on lähedal vajalikud tehnilised taristud ning soojus- ja elektrienergia tarbijad. Tööstuspiirkonnas tavaliselt loomastik (linnud ja loomad) puudub või elavad liigid kes kõik on tavalised ja suure arvukusega ja kaitsekorralduslikult mittetähtsad. Teatud piirangud seatakse loomade

liikumisele biogaasijaama tarastamise korral. Eksploatatsiooniga kaasnev müra ja vibratsioon häirib lähikümbruses imetajate tavapärasest liikumist ja lindude pesitsemist.

Mõjuallikaks on biogaasijaama, koostootmisjaama ning hoidlate ja laguunide eksploateerimine. Otseselt ja kaudselt mõjutatavaks keskkonnamelemendiks on naabruses elavad linnud ja loomad. Mõju lindudele ja loomadele on lokaalne ja ei ulatu kaugele.

Tegevusega ei kaasne piirkonna loomastikule olulist vahetut, kaudset, kumulatiivset, sünergilist, lühi- ja pikaajalist negatiivset mõju (ERKAS Valduse OÜ 2011, Kuusik, 2004, 2008).

10.3.11. Mõju pinna- ja põhjaveele

Biolagunevad ained ja selle digestaat võivad väär- või oskamatu ladustamise ja käitlemise korral reostada pinna- ja põhjavee tõvestavate mikroorganismidega, orgaanilise aine ja vees lahustuvate lämmastikuühenditega. Otsene risk inimese tervisele on tõvestavad mikroorganismid, mis levivad koos reostunud veega ja võivad veekeskkonnas säilida kuid. Tõvestavad mikroorganismid hävinevad hügieniseerimisel, anaeroobsel käärimisel ning osaliselt ka aja jooksul. Laotamisel peetub enamus mikroorganismidest (tavaliselt üle 90 %) õhukeses mullakihis, kus nad võivad säilida olenevalt keskkonnatingimustest küllaltki pikka aega. Mõned haigustekitajad (näit *Cryptosporidium parva*) võivad aga mullast leostuda ja sattuda laotusalade läheduses asuvasse kaevudesse, ohustades nii ka inimesi (Kuusik, 2004, 2008, 2009).

Orgaanilise aine sattumisel veekogusse kaob veekogust hapnik ja võib hukkuda vee-elustik. Sageli on vesi ka mikrobioloogiliselt reostunud. Taimetoitained suurendavad veekogude eutrofeerumist. Isegi ühekordse reostuse mõju võib olla väikejärvedes pikaajaline.

Kõige ohtlikum on digestaadi laotamine tundlikele aladele (karstialad, veehaarete ja üksikkaevude ümbrus, supluskohtadega veekogud, väärtuslikud kalajõed). Eesti kliimas on soovitatav laotusaladel kasvatada ainult heintaimi ja teisi söödakultuure ning neid sööta pärast termilist töötlust või sileerimist.

Laotamisel tuleb arvestada väetamisnormi ja digestaadis lämmastiku sisaldust - laotusmaa suurus peab olema piisav väetamisnormist kinni pidamiseks.

Põhja- ja pinnavee kaitseks on seadusandlusega kehtestatud rida piiranguid. Nende piirangute eesmärk on üks – ära hoida toit- ja reoainete põhja- ning pinnavette sattumine:

- Vastavalt **Veeseadusele** ei tohi valgala reoainetega nii koormata, et vesi reostuks. Valgalal tuleb vältida reostusallika ohtlikku seisundit, mille jätkuv halvenemine põhjustab või võib põhjustada veekogu või põhjaveekihi reostumist. Põhja- ja

pinnavee kaitseks põllumajandustootmisest pärineva reostuse (edaspidi *põllumajandusreostus*) ennetamiseks ja piiramiseks kehtestab Vabariigi Valitsus sõnniku silomahla ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded. Põllumajandustootjal on soovitatav järgida head põllumajandustava. Hea põllumajandustava on Veeseaduse tähenduses üldtunnustatud tootmisvõtted ja -viisid, mille järgimise korral ei teki ohtu keskkonnale. Sõnnikuga on lubatud anda haritava maa ühe hektari kohta keskmisena kuni 170 kg lämmastikku aastas. Orgaanilisi ja mineraalväetisi ei tohi laotada 1. detsembrist kuni 31. märtsini ja muul ajal, kui maapind on kaetud lumega, külmunud või perioodiliselt üleujutatud, või veega küllastunud maale. Kasvavate kultuurideta põllule laotatud sõnnik on soovitatav mulda viia 48 tunni jooksul.

- Vabariigi Valitsuse 28. 08. 2001. a määrusega nr 288 on kehtestatud „Veekaitseenõuded väetise- ja sõnnikuhoidlatele ning siloladustamiskohtadele ja sõnniku, silomahla ja muude väetiste kasutamise ja hoidmise nõuded“. Sõnnikuhoidla ja -rennid peavad olema ehitatud nii, et sademed ja pinna- ning põhjavesi ei valgaks sõnnikuhoidlasse. Vedelsõnniku- ja virtsahoidla peab ammoniaagi lendumise vähendamiseks olema kaetud. Sõnnikuhoidla ja -rennid peavad olema lekkekindlad. Ehitamisel peab kasutama materjale, mis tagavad lekkekindluse hoidla eksploatatsiooniaja vältel. Sõnnikuveol peab vedaja ära hoidma sõnniku keskkonda sattumise. Sõnnikut ei tohi laotada lumele ja külmunud maale.

Eespoolkirjeldatud nõuetest kinnipidamise korral ei kujuta endast biogaasijaam, digestaadi kogumiseks ja hoidmiseks kasutatavad hoidlad ja laguunid ohtu pinna- ja põhjaveele – tegevusega ei kaasne pinna- ja põhjavee reostamise oht. **Oht pinna- ja põhjaveele võib tekkida digestaadi mitte normikohasel ja oskamatul laotamisel.** Digestaat on keskkonnale tunduvalt ohutum (Kuusik, 2004, 2008, 2009):

- orgaanilised kergesti roiskuvad ja veereostust põhjustavad ained on lagundatud peaaegu täielikult;
- toitained (N-P-K) on mineraalsel kujul ja need on taimedele kergesti ja kiiresti omastatavad;
- digestaat ei tekita mullas anaeroobseid tsoone, vaid seotakse kiiresti mullaga, millega kaasneb mullaviljakuse tõus;
- metaankääritamise käigus hävineb suur osa umbrohuseemnetest, soolenugiliste munadest ja tõvestavatest mikroorganismidest;

- metaantankidest välja juhitud digestaat ei haise.

Biolagunevate ainete metaankääritamise tehnoloogia võimaldab ära hoida veekeskonna olulise halvenemise, kui põllumajandustootjad järgivad **head põllumajandustava**. Hea põllumajandustava tähendab üldtunnustatud tootmisvõtete kasutamist, mille järgimise korral ei teki ohtu veekeskkonnale.

Soovitav on veekaitse seisukohast nõrgalt kaitstud ja kaitsmata põhjaveega aladel suurendada mineraalväetiste arvel digestaadi osatähtsust. Digestaat viiakse otse mulda ja seotakse seal kiiremini, kui mineraalväetised ja on veekeskkonnale mineraalväetistest ohutum.

Taimede toitumise ja veekaitse seisukohast parema tulemuse saavutamiseks on soovitatav digestaati laotada peamiselt kevadel enne kevadküüni või vastavate mehhanismidega otse mulda viies.

Tiheasustusega alade ja elamute ümbruses tuleb olla tähelepanelik naabrite suhtes, vältides digestaadi vedamist ja laotamist nädalalõppudel. Laotamiseks sobivad kõige paremini jahedad, niisked ning tuulevaiksed ilmad.

Digestaadi laotamisel tuleb jälgida, et see ei voolaks drenaaži, kraavi, ojja ja jõkke ning hoiduma peab laotamisest neelukaevude ja karstilehtrite ümber.

Kui on olemas laotamiseks vajalik põllumaa ja peetakse kinni kohustuslikest kitsendustest digestaadi laotamisel (väetamisnormidest) ning järgitakse leevendusabinõuna head põllumajandustava, siis digestaadi laotamine ei halvenda põhja- ja pinnavee kvaliteeti, vaid arvestades digestaadi omadusi peaks pinna- ja põhjavee kvaliteet paranema.

Digestaadi laotamisega ei kaasne pinna- ja põhjaveele olulist vahetut, kaudset, kumulatiivset, sünergilist, lühi- ja pikaajalist negatiivset mõju.

10.3.12. Mõju pinnasele ja maastikule

Biogaasijaama mõju pinnasele on mõeldav ainult avariide korral, mille esinemisvõimalus on väga väike. Mõju maastikule puudub.

10.3.13. Mõju tehiskeskkonnale

Eesmärgiks on soodustada alternatiiv- ja taastuvate energiaallikate kasutuselevõttu, aidates seeläbi kaasa elektrienergia tootmise deentraliseerimisele ning fossiilsete kütuste kasutamise vähenemisele, millel on keskkonda säästev mõju.

Mõju tehiskeskkonnale väljendub (Kuusik, 2004, 2008, 2009):

- kohaliku energiaallika loomises, millega kaasneb stabiilsem elektrivarustus piirkonnas ning asulate keskkonnasõbraliku soojusenergiaga varustamine;
- liiklustiheduse suurenemises vaadeldava piirkonna teedel.

Biolagunevate ainete ja digestaadi vedamiseks koostatakse koos piirkonna esindajatega logistiline skeem. Logistilise skeemi koostamisel arvestatakse järgnevat:

- tuleks vältida läbisõitmist asulatest ja tiheasustusega külakeskustest;
- minimaalselt tuleks kasutada kruusateid;
- arvestada tuleb juba välja kujunenud raske põllumajandustehnika liikumismarsruute.

Positiivne mõju tehiskeskkonnale ja inimesele avaldub nn „roheline“ soojus- ja elektrienergia tootmises ja sellega seoses fossiilsete kütuste kasutamise vähenemises ning sellega kaasneva keskkonna saastekoormuse vähenemises - väheneb põlevkivienergeetika ja sellega kaasnev CO₂, NO_x ja SO₂ emissioon atmosfääri ning põhja- ja pinnavee reostamine. Eeldatavasti on pakutav soojusenergia odavam, kui teiste energiaallikatega toodetav soojusenergia. Parem ja stabiilsem elektrivarustus loob eelduse ka tehiskeskkonna kiiremaks arenguks. Üldine keskkonnamõju tehiskeskkonnale on enim positiivne kui negatiivne.

Biogaasijaama, koostootmisjaama ning hoidlate ja laguunide ekspluateerimisega ei kaasne piirkonna tehiskeskkonnale olulist vahetut, kaudset, kumulatiivset, sünergilist, lühi- ja pikaajalist negatiivset mõju.

10.3.14. Mõju loodusobjektidele Natura 2000 võrgustiku alale

Eestis leidub 60 Euroopa Liidu loodusdirektiivis loetletud elupaigatüüpi, 51 looma- ja taimeliiki ning 136 EL linnudirektiivis loetletud linnuliiki, mille kaitseks on moodustatud loodus- ja linnualad, mis kokku moodustavad Eesti Natura 2000 võrgustiku.

Natura 2000 ei tähenda, et tuleks kaitsta absoluutselt kõiki alasid, kus direktiivides mainitud elupaigatüüpe ning looma-, linnu- või taimeliike esineb. Aladest on valitud esinduslikum osa, mis on vajalik vastava liigi säilitamiseks.

Eestis on 66 Natura 2000 linnuala pindalaga 1 236 808 ha ja 509 Natura 2000 loodusala pindalaga 1 058 981 ha. Suuresti linnu- ja loodusalade pindalad kattuvad, mistõttu Natura 2000 alade kogupindala on tegelikult 1 422 500 ha, sellest 51 % jääb merealadele ja 49 % maismaale (maismaast on Natura 2000 aladega kaetud 16 %).

Biogaasijaama asukoha valikul ja detailplaneeringuala valitakse reeglina nii, et haaratud territooriumil ja selle lähikümbruses (objektide kaitsetsoonides) Natura 2000 võrgustiku alasid, looduskaitsealasid, kaitsealuseid objekte ja alasid ning muinsuskaitseobjekte ei ole. Sama kehtib ka muinsuskaitse- ja arheoloogiamälestiste kohta. Sellisel juhul biogaasijaam ja selle

abirajatised ei avalda otsest ja olulist negatiivset mõju Natura 2000 võrgustiku alale ja muudele kaitstavatele aladele ja üksikobjektidele.

10.4. Mõju koostoime Vinni biogaasijaama näitel.

Tabel 41: Mõju koostoime Vinni biogaasijaama näitel (Kuusik, 2009)

TEGEVUSED		MÕJU KESKKONNALE				MÕJU TEHISKESKKONNALE				MÕJU INIMESELE JA ÜHISKONNALE			
		Maa-aines ja geoloogia	Pinna- ja põhjavesi	Välisõhk ja kliima	Loomastik ja taimestik	Asula infrastruktuur	Hooned ja rajatised	Tehis- ja asulamaastik	Kultuuripärand	Tervis, lõhnad, müra, vibratsioon	Elukvaliteet ja puhkus	Majandus ja tööhõive	Loodusressurside kasutus
Ehitamine	Kaevetööd	×	×	×	×			×		×	×	0	
	Maapealsed rajatised			×	×	×0		×0	×	×	×	×0	
Käitamine	Kohaliku tooraine (läga ja sõnniku) kasutamine	0	×	×	×0			0	0	0	0	0	0
	Digestaadi, soojus- ja elektrienergia tootmine			×		0	0			×0	×0	0	×0
	Digestaadi kasutamine väetamiseks	×0	×0	×0	×0		×0		×0	×0	×0	0	
Transport	Liiklus			×	×	×		×0		×	×	0	
Eettenähtamatud asjaolud	Häired käitamisel					×	×			×	×		

× - kavandatud tegevusega kaasneb väheoluline negatiivne mõju

×× - kavandatud tegevusega kaasneb oluline negatiivne mõju

0 - kavandatud tegevusega kaasneb positiivne mõju

10.5. Negatiivse keskkonnamõju vältimiseks ja leevendamiseks kavandatud meetmeid

Biogaasijaama, koostootmisjaama ning hoidlate ja laguunide ekspluateerimisega ei kaasne olulist negatiivset keskkonnamõju – kaasneb väheoluline negatiivne keskkonnamõju (Kuusik, 2004, 2008, 2009).

Väheoluliseks negatiivseks keskkonnamõjuks on:

1. Ehitustegevusega kaasnev:

- transpordivahendite ja ehitusmasinate müra,
- vibratsioon,
- liiklustiheduse suurenemine ja
- atmosfääri heidetavad transpordivahendite ja ehitusmasinate heitgaasid.

Mõju leevendamiseks on soovitatav seada biogaasijaama ja koostootmisjaama sisestele teedele veoautodele ja traktoritele 10 km/h kiirusepiirang. Müratõkked ei ole vajalikud, sest müratasemed on suhteliselt madalad. Keskmise kõrgusega haljastus on soovitatav. Soovitatav on kõrge müratasemega ehitustööd teostada tööajal.

2. Biolagunevate ainete ja digestaadi vedamisega kaasnev mõju:

- transpordivahendite müra,
- vibratsioon,
- mõningane ebameeldiva lõhna levik biolagunevate ainete ja digestaadi laadimisel,
- liiklustiheduse suurenemine ja
- atmosfääri heidetavad transpordivahendite ja ehitusmasinate heitgaasid.

Mõju leevendamiseks tuleb koostada biolagunevate ainete ja digestaadi logistiline skeem, mille koostamisel tuleb maksimaalselt vältida läbisõitmist asultest ja külakeskustest; tuleb minimaalselt kasutada kruusateid; tuleb arvestati juba välja kujunenud raske põllumajandustehnika liikumismarsruute. Soovitatav on kõik veosed teostada tööajal. Vedamiseks kasutatakse hermeetiliselt suletavaid poolhaagiseid ja konteinereid.

3. Biolagunevate ainete ja digestaadi käitlemisega kaasnev:

Käitlemisprotsess (metaankääritamine metaantankides) on kinnine ja selle käigus saasteaineid ei teki ja sellega negatiivseid keskkonnamõjusid ei kaasne.

4. Soojus- ja elektrienergia tootmisega kaasnev:

- biogaasi põletamise põletusproduktid: CO₂, NO_x, CO, ja LOÜ

Erinevate biogaasijaamade hajuvusarvutustest järeldub, et biogaasi põletamine gaasimootoris või avariiolekorril gaasipõletis ei põhjusta välisõhus ülenormatiivset saastetaset põletusproduktide NO_x, CO, LOÜ osas ning leevendavaid meetmeid ei ole vaja rakendada. Biogaasi põletamise tagajärjel heidetakse atmosfääri CO₂, mis on 21 korda ohutum, kui metaan.

Metaankääritamisel saadav digestaat kogutakse ja veetakse sõnnikulaguunidesse. Käärimisjäägi laguunid on vooderdatud geomembraaniga ja need ei kujuta endast ohtu pinna- ja põhjaveele ja inimeste tervisele.

Leevendavateks meetmeteks on: hoidlate ja laguunide piiramine taraga, et inimesed ja loomad sinna sisse ei kukuks ning hoidlate ja laguunide katmine.

5. Digestaadi vedamisega vahemahutitest põldudele ja laotamisega kaasnev:

- transpordi- ja laotusmasinate müra,
- vibratsioon,
- mõningane ebameeldiva lõhna levik digestaadi laotamisel,
- oht pinna- ja põhjaveele,
- liiklustiheduse suurenemine ja
- atmosfääri heidetavad transpordivahendite ja ehitusmasinate heitgaasid.

Mõju leevendamiseks tuleb koostada biolagunevate ainete ja digestaadi logistiline skeem, mille koostamisel tuleb maksimaalselt vältida läbisõitmist asultest ja külakeskustest; tuleb minimaalselt kasutada kruusateid; tuleb arvestati juba välja kujunenud raske põllumajandustehnika liikumismarsruute. Soovitav on kõik veosed teostada tööajal. Vedamiseks kasutatakse hermeetiliselt suletavaid mahuteid. Digestaadi mulda viimiseks (kuni 15 cm sügavusele) kasutatakse spetsiaalseid digestaadi laotamismasinaid (põllumajandus- tootjad järgivad head põllumajandustava). Veekaitse seisukohast on soovitav nõrgalt kaitstud ja kaitsmata põhjaveega aladel suurendada mineraalväetiste arvel digestaadi osatähtsust. Taimede toitumise ja veekaitse seisukohast parima tulemuse saavutamiseks on soovitav digestaati laotada peamiselt kevadel enne kevadküüdi. Laotamiseks sobivad kõige paremini jahedad, niisked ning tuulevaiksed ilmad. Digestaadi laotamisel tuleb jälgida, et see ei voolaks dreanaaži, kraavi, ojja ja jõkke ning hoiduma peab laotamisest neelukaevude ja karstilehtrite ümber.

Lisameetmed (ERKAS Valduse OÜ, 2011):

- Metaani kogunemisel tekkiva plahvatus- ja lämbumisohu vältimiseks tuleb kasutada nõuetele vastavat ventilatsiooni ning gaasikogumisseadmeid. Kuna metaan on süttimisohulik, tuleb jälgida ka väikseid gaasilekkeid gaasitorudest ja seadmetest. Seetõttu tuleb perioodiliselt korraldada seadmete ja jaotustorude kontrolli.
- Vältimaks ebastabiilse kliima mõju tootmisprotsessile, võiks: 1) kääriti ümber kaitseks rajada eraldi ehitise; 2) tagada hoone tõhus soojustus; 3) kasutada lisaküttesüsteemi (tsirkuleeriv soe vesi)³⁵.

³⁵ http://rudar.ruc.dk/bitstream/1800/363/1/The_Development_of.pdf

- Käärimisjäägi hoidlad tuleb hermeetiliselt katta. Hoidlas toimub ka järelkäärimisprotsess. See võimaldab vähendada gaasiliste ühendite emissiooni ning hoidlas tekkinud biogaasi koguda ja kasutada.
- Põllumajanduslikus biogaasiseadmes ei toimu tavaliselt käärimisjäägi mehhaanilist töötlemist (vedela ja tahke fraktsiooni separeerimine), seega ei teki ka otseselt reovett. Sõltuvalt aga kasutatavast substraadist võib teatud tingimustel olla vajalik toit- või mürkainete kõrvaldamise eesmärgil käärimisjäägi tahke osa eemaldamine, mille puhul vedelikufraktsiooni seadmesse ei juhita. Eraldatud vedel fraktsiooni uuesti lisamisel käärimisprotsessi tuleb jälgida järgmist: 1) lenduvate rasvhapete sisaldus; 2) mineraaloolade sisaldus; 3) **ammooniumlämmastiku** sisaldus; 4) happesus (pH). Kuna need parameetrid mõjutavad otseselt käärimisprotsessi stabiilsust, tuleks neid reeglipäraselt mõõta ja seadme biogaasisaagisega võrrelda.
- Biogaasitehase käitamisel tuleb rakendada tehnilisi ohutusnõudeid nii mahutitele, gaasi tootmis- ja puhastusseadmetele, mõõtmis- ja jälgimisseadmetele kui ka kommunikatsioonidele. Pole välistatud ka keskkonnakahju teke. Ohtude vähendamiseks tuleb vältida kõrvaliste inimeste sattumist biogaasitehase territooriumile.
- Kõikidesse tehase ruumidesse kavandada hästitoimiv ventilatsioon.
- Biogaasitehase kavandamine ja projektlahendus peavad vastama keskkonnakaitseliste õigusaktide nõuetele.
- Käärimisjäägi kasutamisel arvestada sellele esitatavate keskkonnanõuetega. Orgaanilisest materjalist biogaasi tootmisel tekkiv käärimisjääk kvalifitseerub üldjuhul jäätmete hulka ning selle edasist kasutamist reguleerib jäätmeseadus ning selle alusel kehtestatud alamad õigusaktid. Kui tegemist on sõnnikust saadud käärimisjäägiga või ka siis, kui sõnnikule on lisatud kääritamisel taimseid loodusomaseid biolagunevaid tavajäätmeid, mis on jäätmeseaduse reguleerimisalast väljas (jäätmeseadus § 1 lg 2 p6), siis võib kääritussaadust käsitleda samaväärselt lähtematerjaliks olnud saadustega ning teatud elementaarsete formaalsuste täitmisel (sisendi ja väljundi regulaarne kontroll) pidada seda kindlate omadustega (sõnnikuga võrdseks) tooteks, mille kasutamisele põllumeeste poolt ei laiene jäätmeloa või registreerimise nõue jm jäätmeseadusest tulenevad nõuded.
- Kui anaeroobselt laguneva materjalina on biogaasi tootmises kasutatud jäätmeseaduse rakendusalaske kuuluvaid jäätmeid, sh reoveesetet, siis kuulub käärimisjääk

kahtlemata jäätmeseaduse reguleerimisalasse ning sellele laienevad kõik vastavad nõuded. Keskkonnaministri 30.12.2002.a määrus nr 78, mis kõigepealt loeb anaeroobset kääritamist üheks sette töötlusviisiks ning annab ka konkreetsed juhised ja tingimused kääritatud sette (kääritussaaduse) kasutamiseks. Kui biogaasi tootmisel on üheks oluliseks komponendiks reoveesete, siis tuleb kääritussaaduse kasutamisel juhinduda eeskätt just sellest määrusest, samuti muidugi ka otseselt jäätmeseadusest, mis kehtestab jäätmeloa omamise või sellest vabastamise nõuded. Asjakohane on siinjuures ka keskkonnaministri 21.04.2004.a määrus nr 21³⁶, juhul kui käärimisjäägi kasutaja tahab vabaneda jäätmeloa omamise nõudest.

10.6. Positiivne keskkonnamõju.

Positiivne keskkonnamõju avaldub ebameeldivate lõhnade intensiivsuse ja levikuala vähenemises, uute töökohtade loomises ja seoses sellega elatustaseme ja kinnisvara hindade tõus. Biogaasijaama ehitamine ja eksploateerimine ei piira majanduslikku tegevust ja sellel on järgnev positiivne mõju (Kuusik, 2004, 2008, 2009):

- säästev nn „roheline“ energeetika on sihipärane arengusuund energiamajanduse kahjulike keskkonnamõjude vähendamiseks tehnoloogiliste uuenduste, taastuvate energiaallikate kasutuselevõtu ja energiasäästu kaudu - viiakse ellu Eesti riiklikku energeetikapoliitikat, milles on biogaasist toodetaval energial oma kindel koht;
- korrastatakse biogaasijaama ümbruse teed ja biogaasijaama territoorium;
- elektrienergia tootmiseks kasutatakse „rohelist“ energiat ja sellega seoses väheneb fossiilsete kütuste kasutamine, millega kaasneb keskkonna saastekoormuse vähenemine - väheneb põlevkivil ja maagaasil põhinev energeetika ja sellega kaasnev CO₂, NO_x ja SO₂ emissioon atmosfääri ning põhja- ja pinnavee reostamine;
- väheneb piirkonna põhivõrgu elektrikatkestuste oht ja paraneb elektrivarustus;
- tekib võimalus lähipiirkonda ehitada energiamahukaid tootmisettevõtteid;
- metaankääritamisel saadava digestaadi maaviljeluslikud omadused on tunduvalt paremad käitlemata biolagunevate ainete omadustest.

³⁶ Teatud liiki ja teatud koguses tavajäätmete, mille vastava käitlemise korral pole jäätmeloa omamine kohustuslik, taaskasutamise või tekkekohas kõrvaldamise nõuded. RTL 2004, 49, 847. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/119012011023>

11. Kvaliteeditagamise süsteem

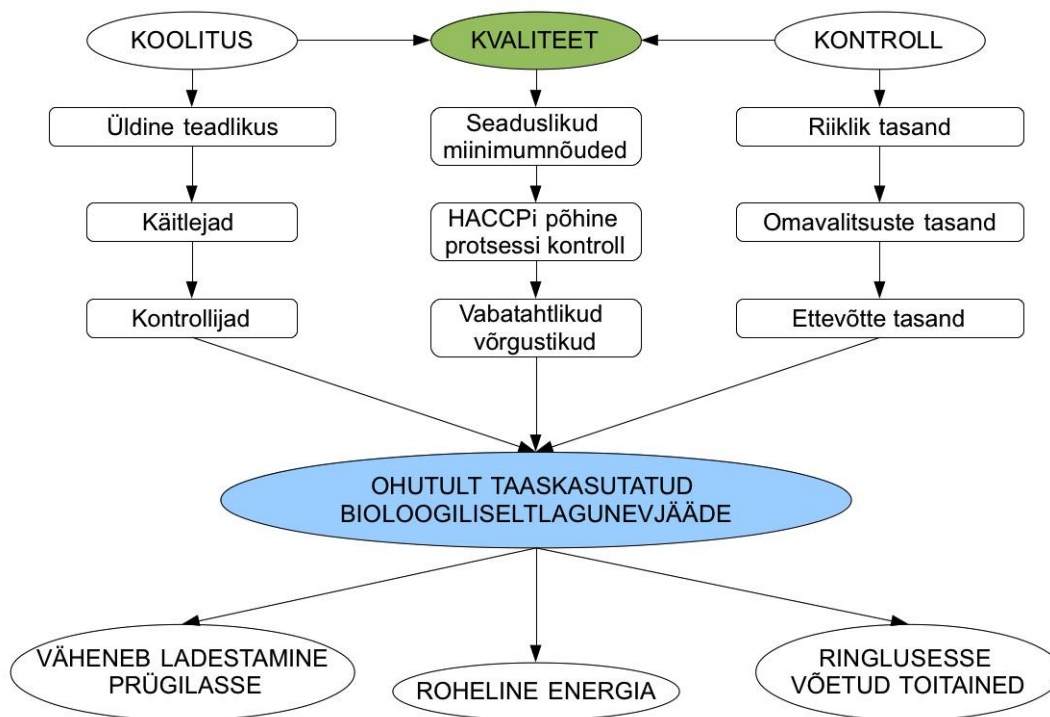
Reoveesette ning muude biolagunevate jäätmete ohutu taaskasutamise soodustamiseks on vajalik võtta kasutusele kvaliteeditagamise süsteem. Viimane võimaldab lisaks biolaguneva jäätme stabiilsuse ning hügieenilise ohutuse tagamisele murda võimalike tarbijate hirmu settest ning muudest biolagunevatetest jäätmetest toodetud mullaparandusainete, kasvusubstraatide, kompostide, anaeroobse käärimisjäägi jne ees.

Arvestades teistele biolagunevatele jäätmetele, nagu loomsed kõrvalsaadused (142/2011/EÜ), kehtestatud käitlus- ja kvaliteedinõudeid tuuakse töös välja analoogia põhjal soovitusel ka reoveesette ning erinevate biolagunevate jäätmete ühiskäitlemise kohta.

Reoveesette (koos)käitlemise nõuded on kõige vähem reguleeritud ning biolagunevate jäätmete taaskasutamise seisukohast oleks sellised siseriiklikud süsteemid vaja välja töötada, et tõsta biolagunevate jäätmete ohutu ja kontrollitud kasutamise efektiivsust. Põhiline rõhk on peatükis suunatud aeroobse ja anaeroobse protsessi kvaliteeditagamise süsteemidele kui hetkel Eestis kõige levinumatele reoveesette ning biolagunevate jäätmete käitliviisidele.

11.1. Koolitus-kvaliteet-kontroll

Kvaliteetsele lõpptulemusel orienteeritud tegevused peaksid põhinema ühtsel toote elutsükli hõlmaval süsteemil. Toimiva süsteemi aluseks on piisav seadusandlik taust, mis reguleerib vajalikud etapid ning kehtestab ka minimaalsed kvaliteedinõuded. Teine väga oluline alus on koolitus ja üldine teadlikkuse tõstmine. Majanduslikult tasuva süsteemi aluseks on piisava turu olemasolu, mille tagab ühelt poolt teadlikkus biolagunevate jäätmete taaskasutamise vajalikkusest ning teisalt kvaliteetne ning ohutu lõpp-produkt, mida saab ilma lisanduvate piiranguteta kasutada. Ettevõtete efektiivsemaks majandamiseks tuleks rakendada miinimumkvaliteedi kontrollisüsteemide rakendamise nõue seadusandlikul tasandil. Selline enesekontrolli, ohuanalüüsi ja kriitilistel kontrollpunktidel põhinev ja jälgitavuse tagav süsteem kehtib juba näiteks loomsetest kõrvalsaadustest komposti ja biogaasi tootmisele. Soodustada tuleks jäätmekäitlejate ning -tootjate (sh veettevõtted) võimalusi kasutada anaeroobse kääritamise tulemusena toodetavat rohelist energiat oma kulude kontrolli all hoidmiseks ning süsteemi tagasisuhtimiseks. Skemaatiliselt võiks süsteem välja näha järgmine:



Joonis 10: Koolitus – kvaliteet -kontroll süsteem biolagunevate jäätmete ohutuks taaskasutamiseks.

Joonisel 7 on toodud põhilised tegevused, mis tagavad ohutu biolaguneva jääme ning väljundid ja eesmärgid, mida selline tegevus aitab täita.

Koolitus hõlmaks koolitusprogramme nii töötajatele, kontrollijatele kui ka laiemale avalikkusele. Laiapõhjaline koolitus ja kontroll tagavad toodetele piisava turu ja aitavad riigil täita võetud kohustused rahvusvaheliste kliimamuutuste ennetamise raames.

Kvaliteet oleks määratud seadusandlike aktidega ja võib olla ka mitmetasandiline, ehk seadused määravad miinimumnõuded olenevalt ettevõtte tüübist ja ülejäänud kvaliteedisüsteem võib olla ka kolmanda sektori loodud või võib kasutada rahvusvahelisi kvaliteedisüsteeme täites vastavalt nende kehtestatud nõudeid. Kvaliteedi tagamiseks kontrollitavate parameetrite hulka peaksid kindlasti kuuluma raskmetallid, orgaanilised saasteained (PAH, jne) ning hügieeniparameetrid. Ühe osana kvaliteedi tagamisel on vajalik ka reguleerida protsessi kontroll, et olla kindel, et saadakse selline lõpptulemus (toode), mis vastab ka nõuetele, kus seda plaanitakse kasutada.

Kontroll peaks samuti olema seadusega reguleeritud ja soovitatult mitmetasandiline. Võimalik on rakendada ka praegu kehtivat lubade süsteemi täiustatud kujul.

Järgnevalt ongi pikemalt peatunud olulisematel punktidel, kuidas soovitatud süsteemi rakendada.

11.2. Biolagunevate jäätmete taaskasutamisealane üldine teadlikkuse tõstmine.

Vaadates koostis- kvaliteet -kontroll süsteemi joonist, siis tänasel päeval kõige olulisem on teadlikkuse tõstmine ning ettevõtjate koostis. Kuni ei teadvustata, millised ohud biolagunevate jäätmete, sealhulgas reoveesete, kontrollimatul käitlemisel ja taaskasutamisel võivad ette tulla, on kvaliteedinõuded tüütuks bürokraatlikuks lisakohustuseks. Soovitatava süsteemi eesmärk ei ole juurde tekitada sisutuid tegevusi, vaid tagada kõigile kasulik lõpptulemus. Paremaks mõistmiseks võiks tuua paralleeli elektriga. Keegi ei pea elektriohutusega seotud toiminguid ebaolulisteks. Tõsi, mõnikord esineb küll raha puudusest, või hooletusest tingituna möödalaskmisi. Siis ei lase ka tagajärjed ennast kaua oodata. Maha põlenud maja või elektrilöögi saanud kannatanu on tulemus ohutuse alahindamisel. Biolagunevate jäätmete puhul sellist kiiret ja särtsakat tulemust alati oodata ei ole, sest peamiseks ohuks on haigusttekitavad mikroorganismid ning püsivad ohtlikud ained.

Taaskasutatavate biolagunevate jäätmete töötlemisel ja kasutamisel tuleb jälgida kahte ohuliiki: keemiline- ja bioloogiline oht.

Bioloogilist ohtu kujutavad mikroorganismid. Mikroorganismide poolt põhjustatud haigused on ebameeldivad ja võivad olla ka surmavate tagajärgedega. 2011 aastal põhjustas *E.coli* tüvi EHEC Euroopas ligi 30 inimese surmaga lõppenud *E. Coli* nakkuspuhangu³⁷. Nakkus levis köögiviljadega, mis saastusid kasvatamise käigus kas vee või pinnase kaudu. Ka biolagunevad jäätmed sisaldavad baktereid ja teisi haigustekitajaid, kuna osade jäätmed sisaldavad loomade ja inimeste väljaheiteid (reoveesete, virts jne). Hügieenilise (bioloogilise) ohutuse saavutamine ei ole kontrollitud ja hästi toimivas töötlemisprotsessis sugugi raskesti saavutatav. Kontrollitud protsess aitab ressursse otstarbekalt kasutada ning ka säästa elusid.

Raskem on saavutada **keemilist ohutust**, kui sisenditesse on sattunud püsivate omadustega ohtlikud ained. Selliste ainete mõjud on pikaajalised ja nendest vabanemine töötlemisprotsessis on nende püsivate omaduste tõttu keeruline ja kallis. Ohtlikud ained on mürgised ka bioloogilistes töötlemisprotsessides (kompostimine, kääritsemine jne) osalevate organismidele ja võivad protsessi efektiivsuse alla viia või sootuks peatada. Parim viis ohtlike ainete vähendamiseks ja taaskasutatavate materjalide keemilise ohutuse tagamiseks on sisendite kontroll ning eelpuhastid.

³⁷ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/en/>

11.3. Kvaliteedi parendamine organisatsiooni/ettevõtte kvaliteedi juhtimise süsteemi abil.

Kvaliteedi olulisust arvestades on tänaseks kehtestatud juba biolagunevatest jäätmetest loomsetele kõrvalsaadustele seadustega miinimumnõuded jälgitavuse, lõpp-produkti kvaliteedi tagamiseks ning protsessi kontrolli osas.

Jäätmekäitluses ning jäätmete taaskasutamise valdkonnas on plaanitava jäätme taaskasutustoimingu ja toote defineerimine ning tarbijale arusaadavalt selle ohutuse ning kvaliteedi kinnitamine ärilise edu saavutamiseks olulise tähtsusega. Samuti tuleb toodete ja tootmisprotsesside parendamisse suhtuda täie tõsidusega, kuna konkurents, ranged keskkonnanõuded ja tarbijate umbusk tekitab vajaduse innovatsiooni ja täienduste ning kulutuste vähendamise järele. Siinkohal on ettevõtte tasandil edu võtmesõnadeks: **planeerimine, kontroll ja kvaliteedi parandamine.**

Planeerimine on toote- ja teenustearenduses üks tootmisprotsessi aluseid, et vastata tarbija nõudmistele.

Kvaliteedikontroll hõlmab eesmärkide saavutamiseks tehtavaid tegevusi. Siia alla käib nii kvaliteedi hindamine, võrdlus püstitatud eesmärkidega ning tegevused, mida rakendatakse, et erinevusi kõrvaldada.

Kvaliteedi parendamine saab alguse sellest, kui tekib vajadus muudatuste järele. See tähendab, et ettevõtte peab "õppima" kohandama struktuure, oma kommunikatsiooni ja protseduure. Keskenduma peaks muudatuste kindlaks tegemisele ärikeskkonnas ja hoiduma peaks rutiiniks muutunud organiseerimisest ja väga jäikadest struktuuridest. Ettevõtetele on siin abiks ohuanalüüsi ja kriitiliste kontrollpunktide süsteemi (HACCP) põhimõtetel rajaneva korra üldine täitmine.

HACCAP põhimõtted võeti kasutusele esmalt kosmosetööstuses ning hiljem on leidnud laialdast kasutust paljudes valdkondades tootmisprotsesside kontrolli süsteemina. 1963.a. kirjeldas WHO (World Health Organization) Codex Alimentarium'is HACCP printsiibid³⁸ toiduainete tootmisel.

Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030³⁹ toob välja keskkonnavaldkondadest HACCP printsiibi rakendamise vajaduse joogi- ja suplusvee kvaliteedi tagamise osas. Keskkonnastrateegia toob välja ka vajaduse soodustuste, toetuste ja regulatsioonide süsteemi arendamiseks ja rakendamiseks jäätmetekke vähendamiseks ning jäätmete käitlemise arendamiseks (sh ladestusest tulenevate keskkonnamõjude vähendamiseks ja riskide

³⁸ http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp

³⁹ <http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=462256/keskkonnastrateegia.pdf>

vältimiseks). Selle eesmärgi täitmiseks sobib HACCP süsteemi rakendamine biolagunevate jäätmete käitlemise parendamiseks ning ohutu taaskasutamise võimaldamiseks hästi.

11.4. HACCP-i põhimõtted ja rakendamise etapid

Biolagunevatele jäätmetele rakendatavas HACCP kontseptsioonis on oht iga bioloogiline, keemiline või füüsikaline tegur, mis võib põhjustada kahju keskkonnale ja inimesstele ning loomadele. Käesolevas peatükis räägitakse HACCP-i rakendamise seitsmest põhimõttest ja nende rakendamise etappidest.

HACCP üldised põhimõtted:

1. Põhimõte – ohu kindlaks määramine

Identifitseerida käitlemisega seotud potentsiaalsed ohud igas käitlemisetapis. Hinnata ohtude tõenäosust ja tuvastada ennetusabinõud nende kontrollimiseks.

Esimene põhimõte määrab eeskätt HACCP tööühma käsitusala. Toote/protsessi tehnoloogiline skeem koostatakse alates toorainest kuni valmistoote väljastamiseni. Kui tehnoloogiline skeem on kinnitatud, määrab HACCP tööühm kõik potentsiaalsed ohud, mis võivad eri tootmisetappides tekkida, ja kirjeldab kõiki võimalikke ennetusabinõusid nende kontrollimiseks. Need võivad olla nii olemasolevad kui alles loodavad abinõud identifitseeritud ohu ennetamiseks.

2. Põhimõte - kriitiliste kontrollpunktide (KKP) määramine

Määrata etapid/protseduurid, mida saab kontrollida selleks, et vähendada või kõrvaldada ohu tõenäosus (s.o. kriitiline kontrollpunkt KKP). Kui on kirjeldatud kõiki võimalikke ohtusid ja ennetusabinõusid, siis määrab HACCP tööühm need tootmisprotsessi etapid, mille kontroll on vajalik ohutuse seisukohalt. Need on kriitilised kontrollpunktid.

3. Põhimõte – kriteeriumide kehtestamine, mis kindlustavad kriitilise kontrollpunkti kontrolli alla oleku.

Määratud kriteeriumid eristavad tootmisprotsessi konkreetsetes etapis ohutu ja potentsiaalselt ohtliku toote. Kriteeriumid peavad olema mõõdetavate väärtustega.

4. Põhimõte – kontrollpunktide seire teostamine

Kehtestada seire teostamise kord, et kindlustada kriitiliste kontrollpunktide kontroll plaaniliste analüüside või jälgimise teel. HACCP tööühm määrab täpsed seire tingimused, mis kindlustavad KKP ohjamise määratud kriteeriumite piires. See tähendab, et HACCP tööühm kehtestab seireprotseduurid. Tegevuskavas tuleb kindlaks määrata seire sagedus ja seire eest vastutav töötaja.

5. Põhimõte – korrigeerivad tegevused

Kehtestada korrigeerivad tegevused juhtumitele, kui seire tulemusena selgub, et kriitiline kontrollpunkt ei ole kontrolli all (ilmneb kõrvaldale kehtestatud piirist). HACCP töörühm peab täpselt määrama korrigeerivad tegevused ja inimese, kes vastutab nende tegevuste täideviimise eest.

6. Põhimõte – dokumentatsioon

Kehtestada dokumentatsioon, mis sisaldab kõiki andmeid ning protseduure, mis vastavad eeltoodud põhimõtetele ja nende rakendamisele. Dokumentatsioon tuleb säilitada, tõestamaks HACCP süsteemi toimivust ja tõhusust. Samuti on oluline alles hoida korrigeerivate tegevuste dokumentatsioon, et tõestada ohutute toodete tootmist.

7. Põhimõte – HACCP süsteemi efektiivsuse sõltumatu kontroll ja kinnitus

Kehtestada tegevused, mis tõendavad HACCP süsteemi efektiivsust (täiendavad analüüsid ja auditid, mis kinnitavad süsteemi käiguhoidmist).

HACCP süsteemi nõue kehtib juba loomsetele kõrvalsaadustele, mis osaliselt on teatud kontekstis käsitletavad ka biolagunevate jäätmetena (sõnnik, toidujäätmed jne). Ettepanek oleks kehtestada sarnasel alustel nõuded ka teistele biogaasi ja kompostimisettevõtete toorainetele võttes arvesse reoveesettele ja teistele võimalikele sisenditele iseloomulikud ohud.

Määruse 1069/2009 järgi on loomsete kõrvalsaaduste käitlemiseks kehtestatud HACCP põhimõtted ka loomsete kõrvalsaaduste töötlemine biogaasiks ja kompostiks (Artikkel 29). Ettevõtte kellel on kohustus rakendada HACCP põhimõtteid eelkõige:

- a) teevad kindlaks ohud, mida tuleb vältida, mis tuleb kõrvaldada või vähendada vastuvõetavale tasemele;
- b) teevad kindlaks kriitilised kontrollpunktid etapis või etappides, kus kontroll on ohu vältimiseks, kõrvaldamiseks või vastuvõetava tasemeni vähendamiseks hädavajalik;
- c) kehtestavad kriitilistes kontrollpunktides kriitilised piirid, mis tähistavad kindlaks tehtud ohtude vältimise, kõrvaldamise ja vähendamise puhul vastuvõetava ja keelatu piiri;
- d) kehtestavad ja rakendavad kriitilistes kontrollpunktides tõhusa järelevalvekorra;
- e) näevad ette korrigeerivad meetmed juhuks, kui seire näitab, et kriitiline kontrollpunkt ei ole enam kontrolli all.;
- f) kehtestavad menetluse, mis võimaldaks kontrollida punktides a-e osutatud meetmete tulemuslikkust. Kontrollimenetlust teostatakse regulaarselt;
- g) koostavad ettevõtte laadi ja suurusega vastavuses olevaid dokumente ja arhiive, mis näitaksid punktides a-f osutatud meetmete kohaldamise tulemuslikkust.

Kui mõnda sisendit või protsessi osa muudetakse tuleb ettevõtjal oma menetlused läbi vaadata ja vajadusel muuta.

Ohuanalüüsi ja kriitiliste kontrollpunktide süsteemi (HACCP) põhimõtetel rajaneva korra üleüldine täitmine, mis koos heade hügieenitavade rakendamisega peaks tõhustama käitlejate vastutust. HACCP põhimõtted on käitlejatele abiks tooteohutuse kõrge taseme saavutamisel. Samas tuuakse välja, et HACCP põhimõtteid ei tohiks pidada enesekontrolli viisiks, vaid on selle väljatöötamise alus. HACCP rakendamine ei asenda ka ametlike kontrollide vajadust.

11.5. Valideerimine

Sisendmaterjalide omadused ning kogused võivad olla varieeruvad. Tootja peab HACCP plaani elementide tõhususe kontrollimiseks ning käärimisprotsessi kontrolli kinnitamiseks ning käärimisjäagi kvaliteedi tagamiseks:

- a) kindlustama, et sisendamaterjalide kvaliteet ning kogused vastavad bioreaktori disainile ning opereerimisparameetritele;
- b) opereeritavad kriitilised kontrollpunktid (KP) peavad jääma kehtestatud kriitilistesse piiridesse (KL)
- c) teostama järelvalvet, et protsess toimib plaanipäraselt, eriti KP-des
- d) kõrvalekaldumisel KL-idest teostada korrigeerivaid tegevusi
- e) kui võimalik, siis KL-idest kõrvalekaldumisel, dokumenteerida kõrvalekalde põhjus(ed) ning korrigeeriv(ad) tegevus(ed)
- f) käärimisjäagi, separeeritud tahke faasi ning vädu (rejektvee) proovid saata analüüsimiseks akrediteeritud laborisse;
- g) tagama, et käärimisjäagi analüüsitulemused vastavad minimaalsetele käärimisjäagi kvaliteedinõuetele;
- h) käärimisjäagi kvaliteedi mittevastavusel viia HACCPi plaani sisse korrigeerivad muudatused
- i) juhul, kui tegevus h viiakse läbi, korrata valideerimisprotsessi a-g

11.6. Soovituslik HACCP süsteem reoveesette töötlemise- ja kooskäitlemis ettevõtetele.

Sarnaselt eeltoodud süsteemidele tuleks ka reoveesette töötlemisettevõtetele ja kooskäitlemisettevõtetele rakendada ohuanalüüsi ja kriitiliste kontrollpunktide süsteemi, mille soovituslikud rakendamise parameetrid on toodud järgnevates punktides.

Kriitilised etapid mida tuleb jälgida ning soovituslikud parameetrid ning kriteeriumid, mida ja millises etapis jälgida, et protsess oleks ohutu on toodud joonisel 8.

Kriitiliste punktide kindlaks määramise aluseks on ettevõtte tootmisskeemil (käitlemisskeemil) põhinev protsessi joonis, millel märgitakse ära kriitilised punktid, kus võib lõpptoote ohutus ja kvaliteet ebaõige käitlemise puhul ohtu sattuda ning määratakse tegevused, kuidas neid parameetreid ohjata. Näitlik reoveesette käitluse võimalik protsessi joonis üldistatud ja lihtsustatud kujul koos kriitiliste kontrollpunktide ja seal jälgitavate parameetritega on toodud joonisel 8.

Täpne jälgimise süsteem koostatakse igale protsessile vastavalt.

11.6.1. Üldine

Sisendmaterjalid, protsess ning selle osad, mida kasutatakse digestaadi valmistamiseks, separeerimine ning selle väljundid jt süsteemi osad tuleb hoida eraldi samal tootmisalal toimuvatest protsessidest ning ladudest.

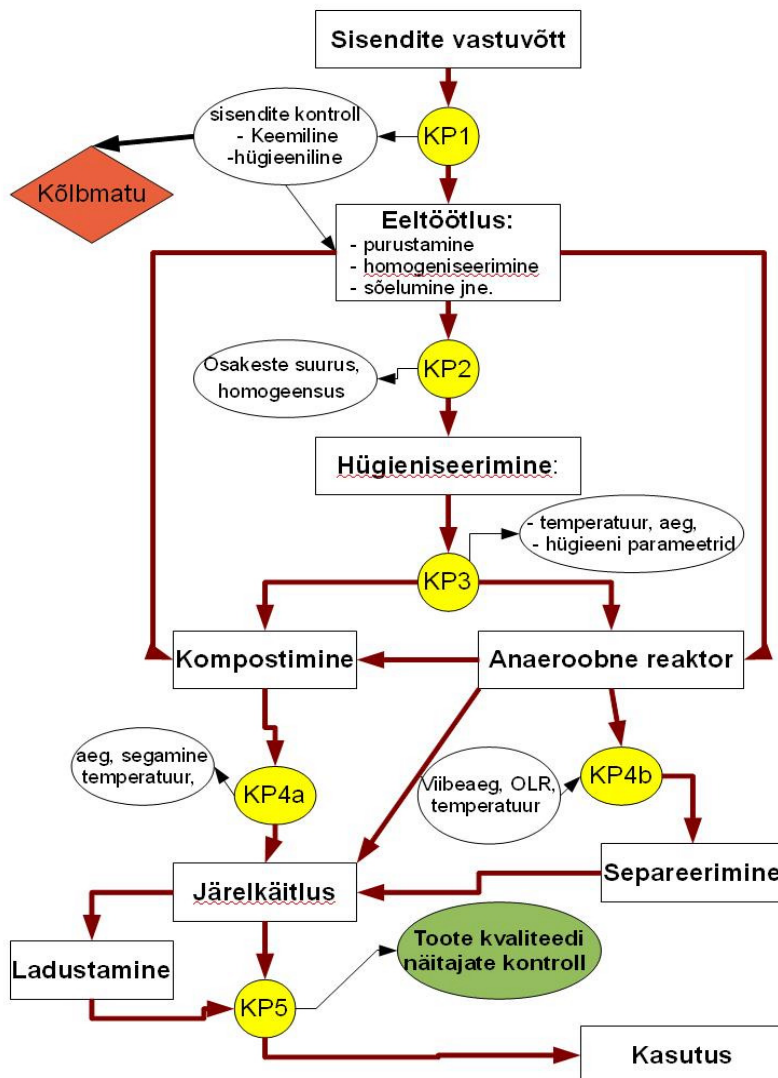
Süsteemi projekteerimisel tuleb silmas pidada, et:

- Kasutuskõlbmatud materjalid ei saastaks teisi materjale,
- Kasutuskõlblikud sisendid liiguksid süsteemist läbi ühes suunas,
- Osaliselt töödeldud sisendid ei saastuks töötlemata või saastunud materjalidega,
- Töödeldud digestaat, rejektvesi (vädu) või tahke faas ei saastuks töötlemata, saastunud materjalidega, või osaliselt töödeldud materjalidega

Kõik süsteemi osad tuleb tähistada, need peavad vastama dokumenteeritud protsessi kirjeldusele, k.a. protsessi vooskeemile.

Lagundumissaadusi ja komposti tuleb käidelda ja ladustada nii, et ristsaastumine oleks välistatud.

Kõik edasiseks kasutuseks mõeldud käärimisjääk tuleb hoiustada kaetud hoidlates kuni edasistele käitlejatele kasutusele andmiseni. Kõik käärimisjäägid peavad olema lõplikult töödeldud või vanutatud (i.k. maturation) enne põllumajanduses/haljastuses/rekultiveerimises kasutamiseks andmist. Kaetud hoidlate kasutamine võimaldab minimiseerida digestaadi patogeenidega saastumise ohtu ning vähendada kasvuhoonegaaside (ammoonium, metaan jt) emissioone digestaadist keskkonda. Hoidlate kattena võib kasutada ka ujuvaid materjale (nagu lägahoidlates), mis ei mõjuta digestaadi kvaliteeti.



Joonis 11: Reoveesette ja biolagunevate jäätmete kooskäitlemise näitlik protsessi skeem koos kriitiliste kontrollpunktidega ning seal jälgitavate parameetritega.

Kui biogaasi ettevõtte asub kohas, kus hoitakse põllumajandusloomi ning kus kasutatakse sõnnikut, mis ei ole pärit üksnes asjaomastelt loomadelt, peab kõnealune ettevõtte asuma piisaval kaugusel alast, kus selliseid loomi hoitakse; igal juhul peavad ettevõtte ja kõnealused loomad, samuti nende loomade sööt ja allapanu, olema täielikult eraldatud, vajaduse korral tara abil.

11.6.2. Käitluseks sobivad sisendid (KP1)

Biogaasi tootmiseks kasutatava substraadi koostis on ülimalt tähtis. Biogaasi tekkepotentsiaali hinnangud peaksid baseeruma süsivesinike, rasvade, valkude ja ligniini sisaldustel.

Süsivesinike, valkude, rasvade, tselluloosi, hemitselluloosi ja ligniini sisaldused määravad bakterikonsortsiumid, lagundamisrajad ning lagundamise määra. Teine tähtis tegur, mis mõjutab anaeroobset kääritamist, on C:N:P suhe. Jäätmete üldine toitainete suhe omab suurt tähtsust mikrobioloogilises biodegradeerimise protsessis. Jäätmete C:N suhe võib varieeruda suuresti vahemikus 6 (loomsed lägad) kuni rohkem kui 500 (orgaanilised tahked jäätmed). Soovituslik optimaalne C:N:P suhe biolagundamiseks on analoogselt aktiivmudaprotsessile 100:5:1 (Steffen, 1998).

Anaeroobse kääritamisprotsessi sisendmaterjalideks sobivad nii liigiti kogutud biojäätmed, liigiti kogutud biolagunevad jäätmed (vt Tabel 42) kui ka muud biolagunevad materjalid, mida ei loeta jäätmeteks Jäätmeseaduse § 2 (1) mõistes. Sisendmaterjalidena ei tohi kasutada ohtlike ainetega saastunud jäätmeid, tooteid ega materjale.

Realiseerimisaja ületanud pakendatud toiduained, köögijäätmed jt loomseid kõrvalsaadusi sisaldavad toidujäätmel tuleb eeltöödelda. Eeltöötuse käigus tuleb eemaldada kõik mitte-biolagunevad pakendmaterjalid enne bio(lagunevate) jäätmete sisestamist kääritamisprotsessi. Bio- ning biolagunevate jäätmete kasutamine (k.a. jäätmeliik, jäätmekood, päritolu, kogused, kuupäev) peab olema dokumenteeritud vastavalt Jäätmeseaduses kehtestatud nõuetele ning jäätmekäitleja ja jäätmete üleandja omavahelistele lepingutele.

NB! Vastavalt IPTSi poolt välja pakutud *EoW* kriteeriumitele⁴⁰ ei kuulu sõnnik, töötlemata biolagunevad jäätmed ning töötlemata reoveesete jäätmete nimekirja, millele on võimalik kohandada **jäätmetel lakkamise staatust** Jäätmeseaduse mõistes.

Reoveesete käitluse puhul on oluline esimene kontrollpunkt (KP1), mille keemiliste näitajate (ohtlike ainete sisalduse) põhjal otsustatakse kas sete edasiseks käitluseks ja taaskasutamiseks sobib või liigitub ohtlikuks jäätmeks või muul viisil bioloogilistes protsessides käitlemiseks ebasobivaks. Kindlasti ei liigitu haigusttekitajaid sisaldavad toormed antud juhul jäätmeks, mida ei võiks kompostimise või anaeroobse kääritamise teel käidelda. Järgnevad protsessid ongi eelkõige mõeldud hügieenilise ohutuse saavutamiseks. Ohtlike ainete osas tuleb samuti vaadata, kas on tegemist bioloogiliselt lagundatavate ainetega või püsivate orgaaniliste ühenditega. Esimesi on võimalik protsessis vähendada, teisi mitte.

Reoveesete käitlussüsteemi projekteerimisel tuleb silmas pidada, et ei tekiks ristsaastumist (teisest saastumist) protsessi käigus:

- Kasutuskõlbmatud materjalid ei saastaks teisi materjale platsil;
- Kasutuskõlblikud sisendid liiguksid süsteemist läbi ühes suunas;

⁴⁰ Technical report for End-of-waste criteria on Biodegradable waste subject to biological treatment, First Working Document, IPTS, 21 February 2011

- Osaliselt töödeldud sisendid ei saastuks töötlemata või saastunud materjalidega;
- Töödeldud digestaat, (k.a. separeerimise produktid rejektvesi (vädu) või tahke faas) ei saastuks töötlemata, saastunud materjalidega, või osaliselt töödeldud materjalidega.

Kõik süsteemi osad tuleb tähistada, need peavad vastama dokumenteeritud protsessi kirjeldusele, k.a. protsessi vooskeemile.

Kõik edasiseks kasutuseks mõeldud digestaadi, vädu ning tahke faasi osad tuleb hoiustada kaetud hoidlates kuni edasistele käitlejatele kasutusele andmiseni. Kõik käärimisjäädid peavad olema lõplikult töödeldud või vanutatud (i.k. maturation) enne põllumajanduses/haljastuses/ rekultiveerimises kasutamiseks andmist. Kaetud hoidlate kasutamine võimaldab minimaliseerida digestaadi patogeenidega saastumise ohtu (linnud, loomad) ning vähendada kasvuhoonegaaside (ammoonium, metaan jt) emissioone digestaadist keskkonda. Hoidlate kattena võib kasutada ka ujuvaid materjale (nagu lägahoidlates), mis ei mõjuta digestaadi kvaliteeti.

Tabel 42: Anaeroobses kääritusprotsessis kasutamiseks sobilikud materjalid

Kood	Nimetus	Märkused
02	PÕLLUMAJANDUSES, AIANDUSES, VESIVILJELUSES, METSANDUSES, JAHINDUSES JA KALAPÜÜGIL NING TOIDUAINETE VALMISTAMISEL JA TÖÖTLEMISEL TEKKINUD JÄÄTMED	
02 01	Põllumajanduses, aianduses, vesiviljeluses, metsanduses, jahinduses ja kalapüügil tekkinud jäätmed	
02 01 01	Pesemis- ja puhastamisseted	KKM määrus nr 78
02 01 02	Loomsete kudede jäätmed	Hügieniseerimine kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
02 01 03	Taimsete kudede jäätmed	
02 01 06	Loomaväljaheited, virts ja sõnnik (sh reostunud allapanu), eraldi kogutud ja mujal käideldud vedelad farmiheitmed; lindude väljaheited; sea ja veiste läga; sõnnik; vanad õled NB! Loomsete jäätmete käitlustingimused!	Hügieniseerimine kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
02 01 07	Metsamajandusjäätmed (nt oksad, risu)	
02 02	Liha, kala ja muude loomsete toiduainete valmistamisel ja töötlemisel tekkinud jäätmed	
02 02 01	Pesemis- ja puhastamisseted	
02 02 02	Loomsete kudede jäätmed	Hügieniseerimine

Kood	Nimetus	Märkused
		kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
02 02 03	Tarbimis- või töötlemiskõlbmatud materjalid kohvi, toiduainete tootmise jäätmed, moosid, köögijäätmed, puuviljad, juurvilja õlid, tubakas, tee, juurviljade jäätmed jääkrasvad liha- ja kalatööstusest	
02 02 04	Reovee kohtpuhastussetted	KKM määrus nr 78
02 03	Puu-, köögi- ja teravilja, toiduõli, kakao, kohvi, tee ja tubaka töötlemisel ning valmistamisel, konservitootmisel, pärimi ja pärmikontsentraadi tootmisel ning melassi valmistamisel ja kääritamisel tekkinud jäätmed	
02 03 01	Pesemis-, puhastamis-, koorimis-, tsentrifugeerimis- ja separeerimissetted	
02 03 04	Tarbimis- või töötlemiskõlbmatud materjalid: realiseerimistähtaja ületanud toidukaubad toidu konserveerimisel tekkinud jäätmed tubaka puru, setted defektsed sigareti partiid tee, kohvi ja kakao tootmisjäätmed õliseemnete jäätmed biodiisli tehaste glütseroolijäätmed	
02 03 05	Reovee kohtpuhastussetted setted toidurasvade ja -õlide tööstusest maitseainete tööstusest melassi jäätmed jäätmed kartuli, maisi ja riisitärklise tootmisest	2006/799/EÜ ja 2007/64/EÜ võimaldavad ökomärgise andmist
02 04	Suhkrutootmisjäätmed	
02 04 03	Reovee kohtpuhastussetted	2006/799/EÜ ja 2007/64/EÜ võimaldavad ökomärgise andmist
02 04 99	Nimistus mujal nimetamata jäätmed - lubatud ainult siis, kui pole lisatud keemilisi aineid ning toksiinide jääke	
02 05	Piimatööstusjäätmed	
02 05 01	Tarbimis- või töötlemiskõlbmatud materjalid k.a. toores piim NB! võib sisaldada 3. kategooria loomseid jäätmeid	Hügieniseerimine kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
02 05 02	Reovee kohtpuhastussetted	2006/799/EÜ ja 2007/64/EÜ

Kood	Nimetus	Märkused
		võimaldavad ökomärgise andmist
02 06	Pagari- ja kondiitritööstusjätmed	
02 06 01	Tarbimis- või töötlemiskõlbatud materjalid NB! võib sisaldada 3. kategooria loomseid jätmeid	Hügieniseerimine kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
02 06 03	Reovee kohtpuhastusseted	2006/799/EÜ ja 2007/64/EÜ võimaldavad ökomärgise andmist
02 07	Alkohoolsete ja alkoholivabade jookide (välja arvatud kohv, tee ja kakao) tootmisjätmed	
02 07 01	Tarbimis- või töötlemiskõlbatud materjalid - õlletööstuse jätmed, toiduainetetööstuse jätmed, käärimisjätmed	
02 07 02	Piirituse destilleerimisjääd, näiteks meski, puuviljade ning kartulimass, setted destilleerimisest	
02 07 04	Tarbimis- või töötlemiskõlbatud materjalid - meski, toiduainetetööstuse jätmed, käärimisjätmed, õlu, alkohoolsed joogid, kasutuskõlbatud mahlad	
02 07 05	Reovee kohtpuhastusseted	2006/799/EÜ ja 2007/64/EÜ võimaldavad ökomärgise andmist
02 07 99	Nimistus mujal nimetamata jätmed, näiteks linnaste kestad, linnaste idud, linnaste tolm, setted õlletööstusest, setted veinistööstusest, pärmitööstuse jätmed jt	NB! Loendi jätmeid <u>lubatud kasutada ainult siis, kui pole lisatud keemilisi aineid ning toksiinide jääke</u>
03	PUIDU TÖÖTLEMISEL, PLAATIDE JA MÖÖBLI NING TSELLULOOSI, PABERI JA KARTONGI TOOTMISEL TEKKINUD JÄÄTMED	Puidutöötlemise jätmed <u>ei tohi sisaldada töödeldud puitu.</u>
03 03	Tselluloosi, paberi ja kartongi tootmise ja töötlemise jätmed	
03 03 02	Roheleelise sete, mis tekib tselluloosi keedulahuse taaskasutamisel	
03 03 08	Ringlusse võetud vanapaberi ja -kartongi sortimisjätmed	
03 03 10	Pulbi mehaanilisel lahutamisel tekkinud kiujäädid ning kiu-, täiteaine- ja katteainesetted	KKM määrus nr 78
03 03 11	Reovee kohtpuhastusseted, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 03 03 10	KKM määrus nr 78
04	NAHA-, KARUSNAHA- JA TEKSTIILITÖÖSTUSJÄÄTMED	
04 01	Naha- ja karusnahatööstusjätmed	

Kood	Nimetus	Märkused
04 01 05	Kroomivabad parklahused	
04 01 07	Kroomivabad setted, eelkõige reovee kohtpuhastussetted	KKM määrus nr 78
04 02	Tekstiilitööstusjätmed	
04 02 10	Looduslikest saadustest pärinev orgaaniline aine (nt rasv, vaha) loodustoodete orgaaniline osa (rasv, vaha) lubatud kasutada ainult siis, kui pole lisatud keemilisi aineid ning toksiinide jääke	
04 02 20	Reovee kohtpuhastussetted, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 04 02 19	KKM määrus nr 78
15	PAKENDIJÄÄTMED; NIMISTUS MUJAL NIMETAMATA ABSORBENDID, PUHASTUSKALTSUD, FILTERMATERJALID JA KAITSERIJETUS	Pakendijätmed peavad olema <u>biolagunevad</u>
15 01	Pakendid (sealhulgas lahus kogutud olmepakendijätmed)	
15 01 01	Paber- ja kartongpakendid	
15 01 03	Puitpakendid	
15 01 05	Komposiitpakendid	
19	JÄÄTMEKÄITLUSETTEVÕTETE, ETTEVÕTTEVÄLISTE REOVEEPUHASTITE NING JOOGI- JA TÖÖSTUSVEE KÄITLEMISEL TEKKINUD JÄÄTMED	
19 02	Jäätmete füüsikalise-keemilisel töötlemisel (nt kroomi- ja tsüaniidiärastusel, neutraliseerimisel) tekkinud jätmed	
	NB! V.a. ohtlikke aineid sisaldavad jätmed (19 02 08, 19 02 09, 19 02 11)	
19 05	Tahkete jäätmete aeroobsel töötlemisel tekkinud jätmed	
19 06	Tahkete jäätmete anaeroobsel töötlemisel tekkinud jätmed	
19 08	Nimistus mujal nimetamata reoveepuhastusjätmed	KKM määrus nr 78
19 08 05	Olmereovee puhastussetted	
19 08 12	Tööstusvee biopuhastussetted, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 19 08 11	
19 08 14	Muud tööstusreovee puhastussetted, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 19 08 13	
20	OLMEJÄÄTMED (KODUMAJAPIDAMISJÄÄTMED JA SAMALAADSED KAUBANDUS-, TÖÖSTUS- JA AMETIASUTUSJÄÄTMED), SEALHULGAS LIIGITI KOGUTUD JÄÄTMED	
20 01	Olmejäätmete hulgast väljanopitud või liigiti kogutud jätmed (välja arvatud alajaotises 15 01 nimetatud jätmed)	
20 01 01	Paber ja kartong - kartong, ajalehed, kontoripaber, paberrätikud, pabersalvrätid (ainult määratud materjalid, kui taaskasutamine ei ole võimalik; lääkivad paberid ning mürgised värvid ei ole lubatud). Ei ole lubatud kasutada, kui sisaldavad mitte-biolagunevaid katte- või säilitusaineid.	Pakendijätmed peavad olema <u>biolagunevad</u>
20 01 08	Biolagundatavad köögi- ja sööklajajätmed	
20 01 25	Toiduõli ja -rasv	
20 01 38	Puit, mida ei ole nimetatud koodinumbriga 20 01 37	Ei ole lubatud kasutada, kui sisaldavad mitte-

Kood	Nimetus	Märkused
		biolagunevaid katte- või säilitusaineid. Lubatud kasutada ainult siis, kui ei sisalda keemilisi aineid ega toksiinide jääke
20 02	Aia- ja haljastujäätmed (sealhulgas kalmistujäätmed)	
20 02 01	Biolagunevad jäätmed - loomsed väljaheited, sõnnik, aiajätmed, haljastuse jäätmed, metsajätmed, taimede koed, parkide ja aedade jäätmed, oksad, rohi, lehed. <u>Lubatud kasutada ainult siis, kui ei sisalda keemilisi aineid ega toksiinide jääke.</u>	Hügieniseerimine kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
20 03	Muud olmejäätmed	
20 03 01	Prügi (segaolmejäätmed) liigiti kogutud biojäätmed majapidamistest liigiti kogutud biojäätmed kaubandusest, tööstusest	Hügieniseerimine kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
20 03 02	Turgudel tekkinud jäätmed lubatud kasutada, kui tegemist on liigiti kogutud biolaguneva fraktsiooniga. Näiteks, taimne materjal, puu- ja juurviljad	Hügieniseerimine kohustuslik, v.a. tingimustel, mis sätestatud EL Komisjoni määruses (EL) nr 142/2011
20 03 04	Septikusetted	KKM määrus nr 78

11.6.3. Eeltöötlus (KP2)

Reoveesette puhul on eeltötluseks enamasti ainult veesisalduse vähendamine, sest puhasti läbinud reovesi ja sellest tekkinud sete on juba homogeenne ning võõrised kõrvaldatud.

Küll võib olla peenestamine, sõelumine ja muu homogeenust tagav eeltöötlus olla vajalik kooskäitlemisettevõtete puhul. Lähtuvalt Euroopa Komisjoni määrusest nr 142/2011 peab biogaasijaamade pastöriseerimise / hügieeniseerimis seadmesse sisenevad osakesed olema peenestatud kuni 12 mm suurusteks osakesteks.

11.6.4. Hügieniseerimine (KP3)

Olenevalt sisendite iseloomust, võib olla vajalik substraati(de) või digestaadi termiline steriliseerimine⁴¹ järgmiste protsesside abil:

- Termofiilne kääritamine (55°C vähemalt 24h jooksul, HRT minimaalselt 20 ööpäeva);
- Sisendite eeltötlus (70°C juures 60 minutit);
- Digestaadi järeltötlus (70°C juures 60 minutit);
- Digestaadi komposteerimine.

Hügieniseerimine võib käitlusskeemis paikneda erinevates etappides, kuid jälgitavad parameetrid on kõikjal samad.

Näiteks lähtuvalt Euroopa Komisjoni määrusest nr 142/2011 peab biogaasijaamadel olema pastöriseerimise / hügieeniliseks muutmise seade, mille loomsed kõrvalsaadused või nendest saadud tooted, mis on enne seadmesse panemist peenestatud kuni 12 mm suurusteks osakesteks, tingimata läbivad. Seadmel peavad olema:

- a) jälgimisseadised, millega saab kindlaks teha, et temperatuur on tunni aja jooksul 70 °C;
- b) salvestusseadmed alapunktis a osutatud mõõtetulemuste pidevaks registreerimiseks ning
- c) süsteem, mis hoiab ära ebapiisava kuumutamise.

Määruses (EL) nr 1069/2009 on sätestatud rakendusmeetmete vastuvõtmine loomsete kõrvalsaaduste biogaasiks või kompostiks muundamiseks. Kui biogaasi- või kompostimisjaamas segatakse loomseid kõrvalsaadusi mitteloomset päritolu materjalide või muude kõnealuse määrusega hõlmamata materjalidega, tuleb pädevatele asutustele anda õigus lubada võtta pärast hügieniseerimist, kuid enne segamist, representatiivseid proove, et kontrollida nende vastavust mikrobioloogilistele kriteeriumidele. Sellise proovivõtmise tulemused peaksid näitama, kas loomsete kõrvalsaaduste hügieniseerimine on vähendanud loomsete kõrvalsaaduste muundamisega kaasnevat mikrobioloogilisi riske.

Jälgimis- ja salvestamisseadmete olemasolu tagab võimaluse kriitilisi kontrollpunkte jälgida, sest punktides jälgitavad parameetrid peavad olema mõõdetavad.

Kui sisendite kontroll ja eeltötlused on enamike protsesside puhul sarnased, siis alates 4 kontrollpunktist (KP4) jaguneb protsess juba kaheks aeroobseks ja anaeroobseks käitluseks.

⁴¹ Working Document on Biological Treatment of Biowaste, 2nd draft, Brüssel, 12.02.2001

11.6.5. Kompostimine (KP4a)

Kompostimisel on oluline jälgida temperatuuri, aega ja segamiste arvu. Parameetrid on protsessis sõltuvad: avatud või suletud süsteem jne.

11.6.6. Anaeroobne kääritamine (KP4b)

Analoogselt on toodud ka anaeroobse protsessi puhul kriitilised näitajad, mida jälgida. OLR on lisaks temperatuurile ja ajale anaeroobse protsessi üheks põhilisteks jälgitavaks parameetriks.

Skeemil toodud vaheetappides võib samuti rakendada vajadusel kontrollpunkte. Oluline on jälgida, et ei toimuks ristsaastumist protsessi lõpuosas.

11.6.7. Lõpptoote kontroll (KP5)

Lõpptoote kontroll on oluline nii protsessi kontrolli seisukohalt kui ka edasise kasutuse jaoks. Olenemata protsessi iseloomust peavad kõigil süsteemidel olema sisendite kontroll KP1 ja lõppkontroll KP5. KP5 kontrollitakse minimaalselt seadusega kehtestatud parameetreid ja nende vastavust nõuetele. Protsessi kontrolli jälgimiseks võib kontrollida ka rohkem näitajaid. Kui toimub toote ladustamine pikemat aega, tuleb enne toote ringlusesse laskmist kontrollida kehtestatud kvaliteedinäitajaid uuesti või näidata, et saastumine ladustamise ajal on välistatud.

11.7. Üldkohustused kooskäitlemise korral

Biolagunevate jäätmete käitlejad kehtestavad, rakendavad ja hoiavad toimivana alalise kirjaliku menetluse või menetlused, mis põhineb või põhinevad HACCP põhimõtetel.

Kooskäitlemisel kehtivad sisendmaterjalide nõuded vastates kõige rangematele nõuetele, mis üksikute sisendite jaoks on kehtestatud.

Minimaalselt jälgitakse ja tagatakse kogu ahela jälgitavus alates kogumisest, liigitamisest ja transpordist.

Kogu protsess on dokumentaalselt jälgitav. Alternatiivina füüsiliste dokumentide nõudele ja kontrollile võib teabe edastamiseks luua ka teisetüübilisi süsteeme, mis tagavad sama jälgitavuse. Näiteks elektroonse süsteemi rakendamise võimalus. Kõikidele nõutud dokumentidele kehtestatakse näidisvormid. Nende dokumentide hulka kuuluvad näiteks analüüsiaktid, saatelehed ja dokumendid HACCP süsteemi kohta jms.

HACCP süsteemi dokumendid sisaldavad järgnevat infot:

Biolagunevate jäätmete käitlejad esitavad pädevale asutusele pädeva asutuse poolt nõutavas vormis tõenduse selle kohta, et nad järgivad kehtestatud nõudeid ning tagavad, et kõik väljatöötatud menetlusi kirjeldavad dokumendid on alati ajakohased. Pädev asutus võtab

vormi nõudeid kindlaks määrates arvesse käitlemisettevõtte laadi ja suurust. Dokumentatsiooni vormistamise korra rakendamiseks võidakse vajadusel võtta vastu üksikasjalik kord. See kord võib teatavatel käitlejatel aidata järgida väljatöötatud HACCP põhimõtetel tuginevate nõuete täitmisest.

Jälgitavuse tagamiseks tehakse minimaalselt järgmisi toiminguid:

1. Ettevõtted tagavad, et neil on kasutusel süsteemid ja menetlused, mille alusel on võimalik kindlaks teha: teised ettevõtted, kellele nende biolagunevaid jäätmeid on tarnitud ning ettevõtjad, kellelt nemad on tarninud. See teave tehakse pädevale asutusele taotluse korral kättesaadavaks.
2. Rakendusmeetmetena määratakse kindlaks teave, mis tuleb pädevatele asutustele kindlaks teha ja ajavahemikud, mille jooksul seda tuleb säilitada.

Arvepidamine tähendab, et ettevõtja hoiab kirjalikult alles dokumentatsiooni, milles on jäädvustatud tegevused, mida on ohtude ohjeldamiseks ette võetud, antud dokumendid peavad järelevalvetöötajatele olema kättesaadavad. Arvet peab pidama eelkõige järgmise üle:

Iga ettevõttesse saabunud biolagunevajaätme identifitseerimise andmed, kellelt saadi ja saadud kogus ning iga ettevõttest välja läinud biolaguneva jäätmete (kas müüdüd, tasuta või muu tasu eest antud) sihtkoht ja kogus. Toodetud või ostetud esmatoodete proovidest tehtud analüüside tulemused. Esmatoodete ohutust mõjutada võivate kahjurite või haiguste esinemine, kui on esinenud, mis meetmeid võeti kasutusele.

11.8. Registreerimine ja tunnustamine

Biolagunevaid jäätmeid võiks käidelda ainult tunnustatud ja registreeritud ettevõtted.

Pädev asutus peab üksuste kohta registrit või registreid.

Kõigil teistel sarnastel süsteemidel on tunnustamise ja registreerimise kohustused. Kooskäitlemise korral võetakse arvesse kõigile sisendmaterjalidele kehtestatud nõudeid ning sarnaste nõuete korral rakendatakse kõige rangemaid.

Hetkel on loomsete kõrvalsaaduste osas pädevaks asutuseks, kes tunnustab ja registreerib valdkonnas tegutsevaid ettevõtteid Veterinaar- ja toiduamet. Reoveesete käitlemise üle teostatakse järelevalvet keskkonnalubade alusel. Reoveesete ja teiste biolagunevate jäätmete kooskäitlemise korral peaks tunnustamine toimuma sarnastel alustel, kuid kuna reoveesete käitus ning jäätemete üle peetav arvestus toimub juba niigi keskkonnalubade alusel oleks dubleeriva süsteemi vältimiseks vajalik vastavad osad lisada keskkonnalubade süsteemile

ning kogu protsess võiks toimuda Keskkonnaameti kaudu. Loomsete kõrvalsaaduste käitlemiseks nõutud dokumentatsioon tuleks lisaks esitada ka seotuna keskkonnalooga.

11.9. Käitlemiseks sobimatu materjali kõrvaldamine üldiselt

Pädev asutus tagab, et biolagunevate jäätmete ja nendest töötlemisel saadud materjalide põletamine ja koospõletamine toimub ainult:

1. jäätmepõletus- ja koospõletustehastes, millele on antud tegevusluba kooskõlas direktiiviga 2000/76/EÜ; või
2. jäätmepõletus- ja koospõletustehastes, millele pädev asutus on andnud tunnustuse biolagunevate jäätmete või nendest saadud toodete kõrvaldamiseks põletamise teel või kõrvaldamiseks jääätmetena.

Pädev asutus võib tunnustada jäätmepõletus- ja koospõletustehaseid ainult siis, kui need vastavad kehtestatud nõuetele.

11.10. Orgaaniliste väetiste ja mullaparandusainete turulelaskmine ja kasutamine

Biolagunevate jäätmete töötlemisel saadud orgaanilised väetised ja mullaparandusained kasutatakse väetistele ettenähtud nõuete järgi ja märgistatakse vastavalt toitainete sisaldused. Laotamine toimub selleks väljatöötatud siseriiklike hea tava juhendite alusel. (Näiteks - hea põllumajandustava⁴²).

11.11. Kontroll

Kontroll on mitmetasandiline ja koosneb järgnevatest punktidest:

11.11.1. Ettevõttesisene kontroll ja enesekontrolliplaan

Ettevõtted kehtestavad enesekontrolliplaani ja sisene kontroll toimub enesekontrolliplaani alusel. Enesekontrolliplaan peab olema kooskõlas HACCP põhimõtetega ja peab sisaldama olenevalt tegevusvaldkonnale vastavat käitlemisprotsessi kirjeldust ja sisaldama dokumente, mis tõestavad, et ettevõtte kontrollib oma tegevust ja tagab käitlemisprotsessi ohutuse.

Enesekontrolliplaani peab iga aasta üle vaatama ehk auditeerima, mille tulemusel vaadatakse üle käitlemisprotsess ja vajadusel viiakse sisse täiendavad muudatused kas dokumentatsioonis või protsessis. Eesmärgiks on, et biolagunevate jäätmete taaskasutamine toimuks ohutult.

⁴²Hea põllumajandustava [WWW] http://www.agri.ee/public/Hea_pollumajandustava.pdf

11.11.2. Soovituslik süsteem ametlikeks kontrolltoiminguteks

Pädev asutus võtab vajalikud meetmed kogu biolagunevatest jäätmetest ja nendest saadud toodete kogumis-, transpordi-, kasutamise- ja kõrvaldamisahela kontrollimiseks. Ametlik kontroll hõlmab andmeregistrite pidamise ja muude sätestatud eeskirjades nõutavate dokumentide säilitamise kontrolli. Täpsem kontrollikava koostatakse ettevõtetele kehtestatud nõuete alusel.

Biolagunevate jäätmete käitlemisettevõtte inspekteerimisel jälgitakse esmatootmise tasandil järgmist: tootmist ja segamist, ladustamist, vahendeid, mahuteid, sõidukeid, biolagunevate jäätmete ohutust ja kvaliteeti puudutavaid tegureid. Enesekontrolli läbiviimise seadmete kalibreeritust ja taadeldust.

11.12. Ladustamine

Ladustada nõnda, et ära hoida ilmastikust, kahjuritest, saastatud veest ja heitveest tekkida võivat saastatust või riknemist. Kui ruumid ei ole korralikult suletud siis võib tekkida lindudest ja putukatest saastatus.

11.13. Analüüsid

Kontrollitakse kas ettevõtja on enda toodetud esmatoodetest võtnud proove, kui kasutab sisse toodud esmatooeteid teistest ettevõtetest, siis kontrollitakse, kas ettevõtte on võtnud biolagunevatest jäätmetes proove ja lasknud neid analüüsida. Kui on võimalik ohtlike ainete sattumine esmatootesse, siis kontrollitakse ka nende analüüside olemasolu ning vastavust nõuetele.

Vastavalt ISO/IEC 17025 on proovivõtt on analüüsi lahutamatu osa, mistõttu peab töö jälgitavuse tagamiseks proovivõtt olema teostatud a) meetodiga, mis kuulub katselabori akrediteerimisulatusse või b) pädeva mõõtja poolt meetodiga, mis kuulub tema pädevusulatusse. KKM määrusesse nr 30 (06.05.2002) tuleks sisse tuua pinnasest, jäätmetest ja mullaparandusainete proovivõtt.

11.14. Esmatasandi käitlus

Nõuded reoveesette ja biolagunevate jäätmete, mis ei ole loomsed kõrvalsaadused (loomseid kõrvalsaadusi käidelda vastavalt nende esmatasandi käitlusnõuetele – 142/2011/EÜ) esmatasandi käitlusel sooritatavate toimingute ning järgmiste nendega seotud toimingute puhul:

- a) jäätmete transport, ladustamine ja käitlemine tootmiskohas;

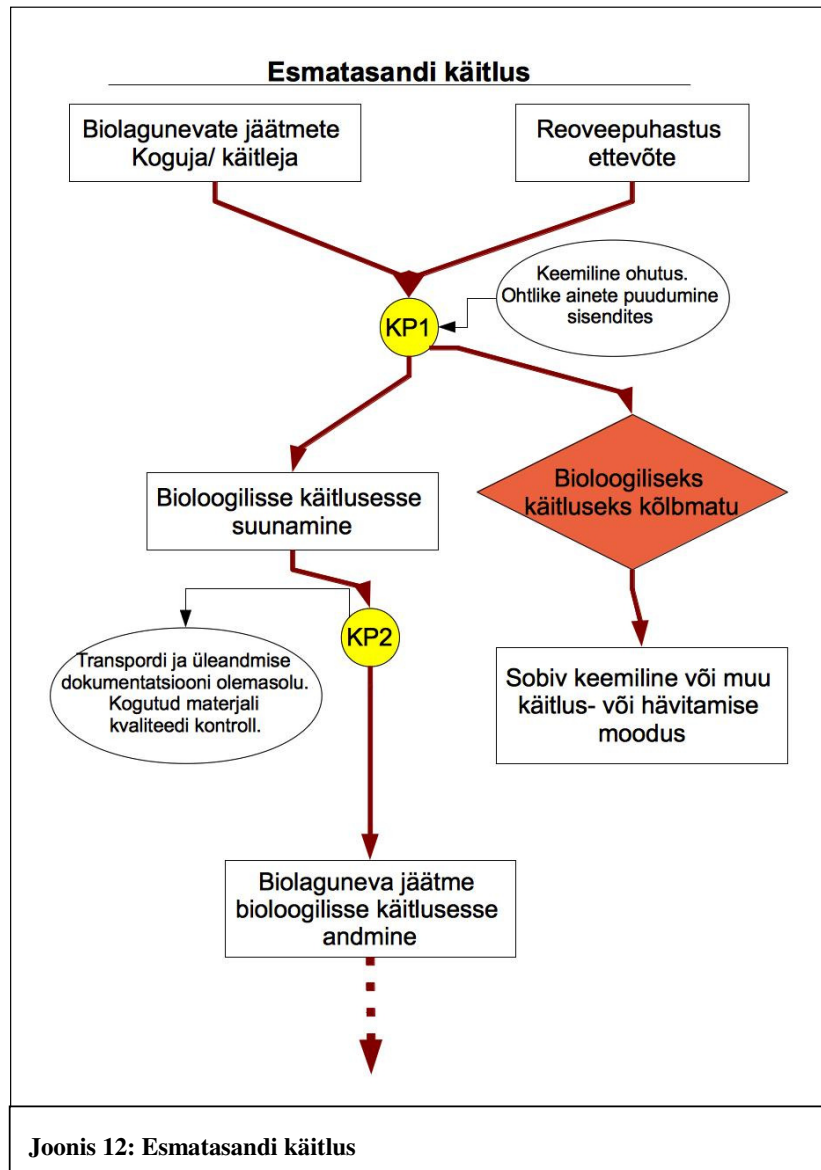
b) jäätmete transport tootmis-/kogumiskohast üksusesse;

Üksuse all mõistetakse biolagunevate jäätmete käitlemise asutust kus toimub töötlemine.

Toodud esmatasandi käitlusnõuded kehtiksid: vee-ettevõtetele, kes annavad kogutud reoveesette edasi käitlemiseks biogaasi- või kompostimisettevõttele ning ise teostavad vaid esmaseid toiminguid nagu veetustamine jne. Samuti kehtiksid punktis toodud nõuded biolagunevatejäätmetega tegelevatele jäätmekäitlusettevõtetele, kes annavad oma jäätmed edasiseks käitlemiseks

biogaasi- ning komposti-ettevõtetele käitlemiseks.

Täidavad käitlusnõudeid samuti vastavalt HACCP süsteemile, mille lihtsustatud skeem on toodud joonisele 9 ja tagavad protsessi jälgitavuse ning vajalike dokumentide olemasolu. Üleandja kontrollib ja valib käitluseks sobiva ettevõtte analüüside põhjal. Tagades, et edasiseks bioloogiliseks käitluseks sobimatu materjal ei jõuaks ringlusesse, vaid suunatakse kõrvaldamisele. Kõrvaldamiseks sobiv toiming on kõrvaldamine põletamise või koospõletamise teel. Käitluseks üleantava materjali analüüsimise osas võivad üleandja ja vastuvõtja ka kokkuleppida.



Esmased käitlejad tagavad üleantava materjali võimalikult head omadused käitlemiseks järgnevalt:

1. Biolagunevate jäätmete esmatasandi käitlemise eest vastutavad käitlejad tagavad, et toiminguid juhitakse ja tehakse nii, et sellega välditakse, kõrvaldatakse või minimeeritakse ohte, mis võivad kahjustada lõpptoote (kompost või digestaat) ohutust.
2. Biolagunevate jäätmete käitlejad, ja vee-ettevõtjad tagavad nii palju kui võimalik, et nende vastutusel tekkinud või kogutud, puhastatud, ladustatud ja transporditud biolagunevad jäätmed on kaitstud saastumise eest ning välditakse keskkonna ohtu. Ennekõike puudutab, see vee-ettevõtjaid, kes tagavad et nende settesse ei satu ohtlike ained, mida hiljem ei ole võimalik töötlemisega kõrvaldada.

11.15. Hea biolagunevate jäätmete käitlemise tava

Paljudel juhtudel kehtestatakse head tavad väiksemate ning lihtsamate protsesside piisava ohutuse tagamiseks, et vältida liigset paberimajandust. Head tavad võetakse vastu riiklikul tasemel. Töös anname heade tavade suuniste alused ettevõtetele, kes käitlevad alla määratud koguse reoveesetteid või biolagunevaid jäätmeid ning teevad seda ainult esmatasandi ulatuses.

Soovitused heade tavade suuniste kohta:

1. Siseriiklikud suunised sisaldavad suuniseid heade tavade kohta seoses ohtude ohjeldamisega reoveesette käitlemisel ning biolagunevate jäätmete kogumisel.
2. Heade tavade suunised sisaldavad asjakohast teavet reoveesette ja biolagunevate jäätmete kogumisel tekkivate ohtude ning nende ohjeldamise meetmete kohta, kaasa arvatud Euroopa Liidu ja siseriiklikes õigusaktides või siseriiklikes ja Euroopa Liidu kavades sätestatud meetmete kohta, nagu näiteks:
 - a) sellise saaste nagu vee keskkonnale prioriteetste ohtlike ainete, püsivate orgaaniliste saasteainete, raskmetallide ja radioaktiivsete ainete ohjeldamine;
 - b) sisendite erinevuse arvestamine ja jälgitavus (ühiskanalisatsioon);
 - c) reovee puhastusprotsessis kasutatavate kemikaalide jälgitavus;
 - d) jäätmete ja teiste ohtlike materjalide nõuete kohane käitlemine;
 - e) menetlused, toimingud ja viisid, mis tagavad, et reoveesetet kogutakse, käideldakse, ladustatakse ja transporditakse nõuetekohastelt ja ohutult, sealhulgas tõhus puhastamine ja kahjuritõrje;
 - f) arvepidamisega seotud andmed.

12. Kokkuvõte

Uurimistöö eesmärgiks on biolagunevate jäätmete väärtustamine, millega kaasneb prügilatesse ladestatavate biolagunevate jäätmete hulga vähenemine. Uuriti Eestis tekkivate biolagunevate jäätmete väärtustamise võimalusi anaeroobsel kääritamisel saadava energia (biogaasi) ja mullaparandusaine (digestaadi) näol jäätmelõpu kriteeriumitest lähtuvalt.

Biolagunevate jäätmete kahjulik mõju ilmneb prügilasse ladestamisel. Jäätmete anaeroobsel lagunemisel tekib metaani, süsinikdioksiidist 21 korda mõjusamat kasvuhoonegaasi. Mõningad Euroopa direktiivid annavad aga võimaluse biolagunevaid jäätmeid eraldi käidelda, tootes seeläbi taastuvat energiat biogaasi näol ning taasväärtustades jäätmeid kas pinnase või väetisena.

Reoveesetted sisaldavad küllaldaselt põllumajanduslikult väärtuslikke toitaineid nagu fosfor, lämmastik jne. Samas on aga tegemist potentsiaalselt ohtliku materjaliga. Biolagunevate jäätmete töötlemisel on materjal varieeruv. Protsessi efektiivsuse hindamiseks tuleb lähtuda igast konkreetsest juhusest.

Reoveesetel baseeruva biogaasijaama maksumus on ligikaudu 6 korda suurem sõnnikut sisendina kasutava biogaasijaama maksumusest. Kui sõnnikul baseeruva biogaasijaama ehitamisel moodustab kõige suurema osa investeringust reaktori ehitamine, siis anaeroobse sette käärimisprotsessi integreerimisel reoveepuhastile tuleb arvestada erinevate lisanduvate kuludega – käärimisjäägi separeerimine, rejektvee puhastamine (mis omakorda võib tähendada reoveepuhastussüsteemi ümberehitamist tänu suurenevale lämmastikukoormusele), erinevad pumpade sõlmed, biogaasihoidla jne. Reoveesette ja biojäätmete kooskäitlemisel on võimalik tõsta biogaasisaagist mitmeid kordi.

AS Kuressaare Veevärk reoveepuhastil käivitub juba 2012 aasta kevadel Eesti esimene metaankääriti, mis hakkab toorainena kasutama erinevaid Saaremaa biolagunevaid jäätmeid (reoveesetted, kalajäätmed, liha- ja piimatööstuse jäätmed jne). Tegemist on omamoodi pilootprojektiga, sest selle käivitamise edukusest johtuvalt on võimalik analüüsida biolagunevate jäätmete ja reoveesette anaeroobse kooskääritamise efektiivsust Eesti tingimustes.

Kasutatud kirjandus

2010/0000(INI) Euroopa Keskpanga 2009. aasta aruanne. 21.06.2010.a. [WWW] (http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/econ/pr/821/821335/821335et.pdf) (30.03.2011)

Anaeroobne biojäätmete käitlemine (2006). Tartu Ülikool, Tellija: Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus

Angelidaki, I.; Boe, K.; Ellegaard, L. (2005) Effect of operating conditions and reactor configuration on efficiency of full-scale biogas plants. *Water Science and Technology*. 52(1-2). 189-194.

BaltActHaz Baltic Actions for the reduction of Pollution of the Baltic Sea from Priority Hazardous Substances. Project nr. LIFE07 ENV EE00122 [WWW] (<http://www.baltacthaz.bef.ee/index.php?id=29&lang=2>) (31.03.2012)

Battimelli, A., Torrijos, M., Moletta, R., Delgenès J.P. (2010) Slaughterhouse fatty waste saponification to increase biogas yield., *Bioresource technology*, vol. 101, pp. 3388-93.

Biolagunevate jäätmete käitlemise tegevuskava aastani 2013 (2006). ESTIVO, KKM projekt nr 617546 [WWW] (http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=166752/Biolagunevat_aastani+2013.pdf) (30.03.2011)

Biomassi tehnoloogiauringud ja tehnoloogiate rakendamine Eestis (2008). Tallinna Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituut, Lep7028 [WWW] (http://www.bioenergybaltic.ee/bw_client_files/bioenergybaltic/public/img/File/Lep7028VVFinalB.pdf) (30.03.2011)

Bitton, G. (2005) *Wastewater Microbiology*. A John Wiley & Sons, Inc. Hoboken

BOD measurements. Respiration. Wissenschaftlich – Technische Werkstätten GmbH & Co. KG [WWW] (<http://www.wtw.com/downloads.php>) (31.03.2012)

Camarota, M., Xavier, A. (2002) Slaughterhouse wastewater treatment : evaluation of a new three-phase separation system in a UASB reactor CI, *Bioresource Technology*, vol. 81, pp. 61-69.

Cheremisinoff, P.N (1994) *Sludge: Management and Disposal*; Englewood Cliffs, NJ.: PTR Prentice Hall

CODEX alimentarius [WWW] (http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp) (31.03.2012)

COHIBA Control of hazardous substances in the Baltic Sea region [WWW]
<http://www.cohiba-project.net/> (31.03.2012)

Eesti Keskkonnastrateegia aastani 2030. [WWW]
<http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=462256/keskkonnastrateegia.pdf>
(31.03.2012)

Eesti Põllumeeste Keskliit (2009). Biogaasi tootmine ja kasutamine. Käsiraamat. Tartu.

Eestis olemasoleva, praeguse või juba kavandatud tootmise-tarbimise juures tekkiva biomassi ressursi hindamine (2007). MES, [WWW]
http://tek.emu.ee/userfiles/taastuenergia_keskus/ylevaatelised%20uuringud/MES_aruanne_biomass.pdf (30.03.2011)

Eestis tekkinud olmejäätmete (sh eraldi pakendjäätmete ja biolagunevate jäätmete) koostise ja koguste analüüs (2008). Säätva Eesti Instituut, leping nr 18-20/583

Ek, A.E., Hallin, S., Schürner, A., Karlsson, M. (2010) Slaughterhouse waste co-digestion - 15 years of full-scale operation, *International Workshop on AD of Slaughterhouse Waste*.

Elektrooniline Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/> (31.03.2012)

End of waste criteria (2010). European Commission Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies [WWW]
<http://susproc.jrc.ec.europa.eu/documents/Endofwastecriteriafinal.pdf> (31.03.2012)

Enterohaemorrhagic Escherichia coli (EHEC). Maailma Tervishoiuorganisatsioon [WWW] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs125/en/> (31.03.2012)

ERKAS Valduse OÜ (2011). Biogaasitehase rajamine Tartu linnaliintranspordi kütuse tootmiseks. Teostatavus-tasuvusuuring. Tartu

Euroopa Liidu Teataja [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/et/index.htm> (31.03.2012)

EVS-EN ISO 5667-13:2007 "Vee kvaliteet. Proovivõtt. Osa 13: Setteproovide võtmise juhend reovee ja vee töötlemise teostamisel" Eesti Standardikeskus

Gannoun, H., Bouallagui, H., Okbi, A., Sayadi, S., Hamdi, M. (2009) Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of biologically pretreated abattoir wastewaters in an upflow anaerobic filter., *Journal of hazardous materials*, vol. 170, pp. 263-71.

Green Blorge. Oxfordshire is now using biogas from human waste [WWW]
<http://green.blorge.com/2010/10/oxfordshire-is-now-using-biogas-from-human-waste/>
(31.03.2012)

Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume 2: Wastewater use in agriculture. Maailma Terviseorganisatsioon. [WWW]
http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuweg2/en/index.html (31.03.2012)

- Hea põllumajandustava** [WWW] http://www.agri.ee/public/Hea_pollumajandustava.pdf
(31.03.2012)
- Hejnfelt, A., Angelidaki, I. (2009)** Anaerobic digestion of slaughterhouse by-products, *Biomass and Bioenergy*, vol. 33, pp. 1046-1054.
- Jäätmeseadus.** RT I, 17.03.2011, 18
- Kask, Ü. (2009)** Biogaasi tähtsus Eestile. Ettekanne. Baltic Biogas Bus, 01.12.2009
- Kask, Ü. (2010)** Biogaasi ressurs ja tootmine Eestis. Projekti W-Fuel andmebaasi loomine., Projekti W-Fuel infopäev Harjumaal, Laagri, 18.03.2010
- Keskkonda säästev sõnniku hoidmine ja käitlemine (2004)** AS Maves, KKM, PM [WWW] http://www.maves.ee/Pandivere/Keskkonda_saastev_sonniku_hoidmine_ja_kaitlemine.pdf
(31.03.2012)
- Keskkonda säästev sõnniku hoidmine ja käitlemine (2004).** Maves AS, Keskkonnaministeerium, Põllumajandusministeerium [WWW] (http://www.maves.ee/Pandivere/Keskkonda_saastev_sonniku_hoidmine_ja_kaitlemine.pdf)
(30.03.2011)
- Keskkonnateabe Keskus** [WWW] <http://www.keskkonnainfo.ee> (31.03.2012)
- Kirchmayr, R., Braun, R., Scherzer, R., Baggesen, D.L., Wellinger, A. (2003)** ANIMAL By-Products AND ANAEROBIC DIGESTION: Requirements of the European Regulation (EC) No 1774/2002, Regulation
- Kirchmayr, R., Maier, C., Braun, R., Waltenberger, R., Grossfurtner, R. (2010)** "Full scale application of anaerobic digestion of slaughterhouse wastes- long term experiences, problems and resulting strategies.," *International Workshop on AD of Slaughterhouse Waste.*
- Kirchmayr, R., Resch, C., Mayer, M., Pechtl, S., Faulstich, M., Braun, R. (2002)** Anaerobic Degradation of Animal By-Products, *Regulation*, pp. 159-191.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M.A., Rooker, A.P., Baun, A., Ledin, A., Christensen, T.H. (2002)** Present and Long-Term Composition of MSW Landfill leachate: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 32(4): 297-336
- KOM (2008) 811** Roheline raamat. Biojätmete käitlemine Euroopa Liidus. 03.12.2008.a., Brüssel [WWW] (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0811:FIN:ET:PDF>) (30.03.2011)
- KOM(2005) 666 lõplik.** Ressursside säästev kasutamine: jäätmetekke vältimise ja jäätmete ringlussevõtu teemaatilise strateegia, Brüssel 21.12.2005.a., <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0666:FIN:ET:PDF> (30.03.2011)

Koor, M. (2008) Biogaasi saamise tehnoloogia rohtsest biomassist hariliku pilliroo (*Phragmites australis*) näitel. Magistritöö, juh. A. Menert, Ü. Kask, Tallinn, TTÜ, 2008, 104 lk.

Kuusik, A., (2004) Valjala seakasvatuse lägakäitlemiseadme ehitamise ja kasutamise keskkonnamõju hindamise aruanne. OÜ Vetepere. Tallinn.

Kuusik, A., (2008) Oisu Biogaas OÜ poolt Türi valda Väljaotsa külla Mõisavalla maaüksusele sea- ja veiselägaast metaankääritamise teel biogaasi ning sellest elektri- ja soojusenergia tootmisjaama ning tootmisprotsessist tulenevalt Tänassilma külla Sikevälja maaüksusele sõnnikulaguuni ehitamise ja kasutamise keskkonnamõju hindamine. OÜ Vetepere. Pudasoo.

Kuusik, A., (2009) Vinni asulasse planeeritava biogaasitehase keskkonnamõju strateegiline hindamine. OÜ Vetepere. Pudasoo.

Käsiraamat. Biogaasi tootmine ja kasutamine [WWW]
(http://tek.emu.ee/userfiles/taastuenergia_keskus/biogaasiraamat_veebiversioon.pdf)
(30.03.2011)

Luste, S., Luostarinen, S. (2010) Bioresource Technology Anaerobic co-digestion of meat-processing by-products and sewage sludge – Effect of hygienization and organic loading rate, *Bioresource Technology*, vol. 101, pp. 2657-2664.

Maastik, A. (1984) Veekaitse põllumajanduses. Valgus. Tallinn

Masse, D., Masse, L. (2001) The effect of temperature on slaughterhouse wastewater treatment in anaerobic sequencing batch reactors, *Bioresource Technology*, vol. 76.

Menert, A.; Michelis, M.; Helmja, K.; Tahkonieni, H.; Vaalu, T.; Malsub, T.; Vilu, R.; Kaljurand, M. (2005). Study of VFAs formation during anaerobic digestion of thermally treated sludge by respirometric Oxitop® method. In: Proceedings: Kalmar Eco-Tech '05 Conference on Waste to Energy, Bioremediation and Leachate Treatment, Kalmar, Sweden, 28 - 30 November 2005. (Toim.) W. Hogland, T. Broby. Kalmar, Sweden: RVFs UTVECKLINGSSATSNING DEPONERING , 2005, (Rapport nr 3, 2005), 563 - 564.

Mets, A. (2006) Orgaaniliste ühendite metabolism termiliselt eelkäideldud sette anaeroobsel lagundamisel“ Bakalaureusetöö, juh. A. Menert TTÜ, Tln., 70 lk.

Millieu/WRC/RPA (2010) Study on the environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land [WWW]
(http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/part_iii_report.pdf) (30.03.2011)

Miranda, L.A., Henriques, J.A., Monteggia, L.O. (2005) A FULL-SCALE UASB REACTOR FOR TREATMENT OF PIG AND CATTLE SLAUGHTERHOUSE

WASTEWATER WITH A HIGH OIL AND GREASE CONTENT," October, vol. 22, pp. 601 - 610.

Monnet, F. (2003). An introduction to anaerobic digestion of organic wastes. Final report, Remade Scotland, Scotland.

Oja, A., (2011) Eesti biogaasisektori ülevaade: hetkeseis ja arenguvajadused. [WWW] http://www.lote.ut.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1110030/Eesti+biogaasisektori+%FClevaade_hetkeseis+ja+arenguvajadused.pdf (10.04.2012)

Otero, M., Mor, A. (2008) Anaerobic digestion of solid slaughterhouse waste (SHW) at laboratory scale : Influence of co-digestion with the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW), *Biochemical Engineering Journal*, vol. 40, pp. 99-106.

PAS 110 (2010) Specification for whole digestate, separated liquor and separated fibre derived from the anaerobic digestion of source-segregated biodegradable materials. Publicly Available Specification. [WWW] http://www.wrap.org.uk/downloads/PAS110_vis_10.f52287ab.8536.pdf (31.03.2012)

Peet, K. (2004) Prügila nõrgvee koostisest ja looduslikust isepuhastusvõimest Pääsküla prügila näitel. Tartu Ülikool. Füüsika-Keemia teaduskond Kolloid -ja keskkonnakeemia õppetool. Tartu

Picavet, M., Alves, M (2010) A new reactor configuration for the slaughterhouse waste treatment, *International Workshop on AD of Slaughterhouse Waste*

Pitk.P., Pürjer, J., Vilu, R. (2011) Reoveesette ja biojätmete kooskäritamise energeetiline potentsiaal ning probleemid Kuressaare näitel. TEUK XIII. Konverentsikogumik. Tartu

Proovivõtumeetodid. RTL 2002, 56, 833

Prügilatessa ladestatavate orgaaniliste jäätmete käitlemine (2008). Tartu Ülikool, Tellija: SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

Prügilavee uuringud ja erinevate puhastustehnoloogiate analüüs: Eesti oludesse sobiva puhastustehnoloogia väljatöötamine. (2010) Projekt nr 100. Lõpparuanne. Tallinna Tehnikaülikool. Keskkonnatehnika Instituut. Töögrupi liige OÜ Vetepere juhataja Aare Kuusik. Tallinn..

Quality Manual. (2010) European Compost Network. [WWW] http://www.compostnetwork.info/wordpress/wp-content/uploads/2011/05/ECN-QAS-Manual_version-2010.pdf (31.03.2012)

Reoveesette põllumajanduses, haljastuses ja rekultiveerimisel kasutamise nõuded. RTL 2003, 5, 48

Reoveesette töötlemise strateegia väljatöötamine, sh ohutu taaskasutamise tagamine järelvalve tõhustamise, keemiliste- ja bioloogiliste indikaatornäitajate rakendamise ning kvaliteedi süsteemi juurutamise abil, III ETAPP (2010) Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ (http://www.klab.ee/wp-content/uploads/2010/05/Reoveesette_tootlemise_strateegia.pdf) (30.03.2011)

Reoveesettekäitluse inventuuri teostamine Eestis (2001) PIC EESTI AS, leping nr 2-15-16/691

Riigi jäätmekava 2008 – 2013. (2008) Keskkonnaministeerim. [WWW] (<http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1075103/RIIGI+J%C4%C4TMEKAVA+2008-2013.pdf>) (30.03.2011)

Salminen, E.A., Rintala, J.A. (2002) Semi-continuous anaerobic digestion of solid poultry slaughterhouse waste : effect of hydraulic retention time and loading, vol. 36, pp. 3175-3182.

Statistikaameti andmebaasid [WWW] <http://www.stat.ee/> (31.03.2012)

Steffen, R., Szolar, O., Braun, R. (1998). Feedstocks for Anaerobic Digestion. Institute for Agrobiotechnology, Tulln University of Agricultural Sciences, Vienna.

Süßmuth, R., Doser, C., Leuders, T. (1999) Determination of the biological biodegradability of organic substances under anaerobic condition using the OxiTop® Control measuring system. Application report 06004412e. Universität Hohenheim, Institut für Mikrobiologie, 1. Auflage: Oktober, 20 S.

Zouboulis, A.I., Chai, X.L., Katsoyiannis, I.A. (2004) The application of bioflocculant for the removal of humic acids from stabilized landfill leachates. *Journal of Environmental Management*, Vol. 70, 35-41.

Tallinna kodumajapidamistes tekkivate olmejäätmete koostis ja kogused. (2005). Entec AS. Tellija: Tallinna Keskkonnaamet. Tallinna Keskkonnainfo J 2005: 01

Tallinna Prügila AS [WWW] (<http://www.landfill.ee/index.php>) (30.03.2011)

Tang, W. Z. (2004) Physicochemical treatment of hazardous wastes. Lewis Publishers.

Teatud liiki ja teatud koguses tavajäätmete, mille vastava käitlemise korral pole jäätmeloa omamine kohustuslik, taaskasutamise või tekkekohas kõrvaldamise nõuded.

RTL 2004, 49, 847. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/119012011023> (31.03.2012)

The Development of Biogas Technology in Denmark: Achievements & Obstacles [WWW] http://rudar.ruc.dk/bitstream/1800/363/1/The_Development_of.pdf (31.03.2012)

Torkian, A., Eqbali, A., Hashemian, S. (2003) The effect of organic loading rate on the performance of UASB reactor treating slaughterhouse effluent, *Biomass*, vol. 40, pp. 1-11.

Torma prügila Kagu-Eesti kontekstis [WWW] (<http://www.tormaprugila.ee/et/?25>)
(30.03.2011)

Umwelt Bundes Amt (2009) Do without per- and poly-florinated chemicals and prevent their discharge into the environment. [WWW] (www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3818.pdf)

Umwelt Bundes Amt 2009 „Do without per- and poly-florinated chemicals and prevent their discharge into the environment“ [WWW] www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3818.pdf (31.03.2012)

Valladao, A.B., Freire, D.M., Cammarota, M.C., (2007) Enzymatic pre-hydrolysis applied to the anaerobic treatment of effluents from poultry slaughterhouses, *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 60, pp. 219-225.

Weiland, P. (2001). Grundlagen der Methangärung – Biologie und Substrate, VDI-Berichte Nr. 1620, 19-32, 2001.

Viisimaa, M. (2011) Temaatile erakirjavahetus

Wilson, C., Novak, J.T., (2009) Hydrolysis of macromolecular components of primary and secondary wastewater sludge by thermal hydrolytic pretreatment., *Water research*, vol. 43., pp. 4489-98.

Working Document on Biological Treatment of Biowaste, 2nd draft, Brüssel, 12.02.2001 [WWW] <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=5765> (31.03.2012)

Working Document on Sludge and Biowaste. [WWW] (http://circa.europa.eu/Public/irc/env/rev_sewage/library?l=/document_biowaste&vm=detail&sb=Title) (30.03.2011)

Voss, S. (2006). Charakterisierung von Stoffen hinsichtlich ihres Gasertrages bei anaerober Behandlung durch die Parameter Kohlenhydrate, Fett und Eiweiss. Bauhaus Universität Weimar.[Doktor-Ingenieur]. Güstrow Weimar.

XI RIIGIKOGU STENOGRAMM VIII ISTUNGJÄRK Kolmapäev, 13. oktoober 2010, kell 13:00 [WWW] (<http://www.riigikogu.ee/?op=steno&stcommand=stenoqramm&day=13&date=1286964300#pk7050>) (30.03.2011)