



Partnerskab om ressourceudnyttelse af madaffald
fra husholdninger

Testkørsel på størrelsessorteret restaffald

Rapport til Københavns Kommune

Econet AS

Udarbejdet af: Jacob Wagner Jensen, *Bioman*, Rune Nyhus, *Gemidan* og Claus Petersen, *Econet*

Dato: 26. september 2021

Projekt: 838

Indholdsfortegnelse

| | | |
|-----------|---|----------|
| 1. | Baggrund..... | 3 |
| 2. | Formål..... | 3 |
| 3. | Beskrivelse af forsøg | 3 |
| 4. | Karakterisering af størrelsessorteret restaffald | 5 |
| 4.1 | Opsamling på størrelsessorteret Restaffald | 9 |
| 5. | Biogassforsøg i testreaktor | 9 |
| 5.1 | Formål | 9 |
| 5.2 | Biomasse | 10 |
| 5.3 | Resultater | 12 |

1. Baggrund

Københavns Kommune har sammen med firmaerne Bioman ApS, Gemidan A/S og Econet AS indgået en partnerskabsaftale om ressourceudnyttelse af madaffald fra husholdninger. Aftalen gælder foreløbig til udgangen af 2021.

Der er foreløbig udpeget følgende projektområde, som partnerskabet kan arbejde videre med:

1. Størrelsessortere Restaffald og gennemføre en forbehandling og bioforgasning af den mindste fraktion

I dette oplæg beskriver firmaerne Bioman, Gemidan og Econet et oplæg til et projekt, der skal være med til at belyse ovenstående projekt.

Det forudsættes, at indsamlet restaffald kan køres Gemidans anlæg i Ølstykke, hvor det sorteres og forbehandles. Pulpen køres til Skanderborg, hvor den forgasses og analyseres på et testanlæg.

2. Formål

Undersøgelsens formål er at bestemme andelen af madaffald, som mekanisk kan udsorteres af indsamlet restaffald. Efterfølgende skal det undersøges, hvor stort re-jectet er, og om det afgassede materiale i øvrigt lever op til gængse standarder.

3. Beskrivelse af forsøg

Princippet for forsøget kan kort beskrives således:

Der blev opstillet et midlertidigt testanlæg, hvor først affaldsposer med Restaffald blev åbnet med en poseoprøver. De åbnede affaldsposer med affald blev ført igennem et tromlesold med hhv. 100 mm åbning. Den 'lille' fraktion (<100 mm) blev derefter kørt igennem endnu et tromlesold med 60 mm åbning. Den fine fraktion blev opsamlet og ført ind i et forbehandlingsanlæg og siden reaktor.

En prøve på 20.760 kg Restaffald fra etageboliger¹ i København blev leveret til Gemidans anlæg i Ølstykke.

På anlægget blev poserne åbnet med en langsomtgående poseåbner. De åbnede poser med affald blev først kørt igennem en tromlesigte med et sold på 100 mm. For at sikre en bedre udsortering af affaldet blev det valgt at lade det første gennemløb af den store fraktion (>100 mm) få endnu et gennemløb på 100 mm sold.

Affaldet blev herved størrelsessorteret, så samlet set 6.840 kg var større end 100 mm, mens de resterende ca. 13.920 kg havde en størrelse mindre end 100 mm.

Tromlesoldet blev herefter skiftet til en tromle med 60 mm huller. De 13.920 kg (<100 mm) blev kørt igennem med den mindre hulstørrelse. Resultatet heraf blev: 8.400 kg var mindre end 60 mm, mens 5.460 kg havde en størrelse på mellem 60 og 100 mm.

1. Affaldet var indsamlet fra ejendomme med sug. Dette er gjort for at undgå, at store affaldsemner skulle skade det tekniske anlæg.

Tabet ved den ovennævnte behandling er opgjort til ca. 60 kg.

Tabel 1. Størrelsessortering af Restaffald indsamlet med mobilsug i København, februar 2021. Kg og procent

| Størrelse | Størrelsessorteret affald | | Udtaget til karakterisering |
|------------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|
| | Kg | % | Kg |
| Større end 100 mm | 6.840 | 32,9 | 420 |
| 60 – 100 mm | 5.460 | 26,3 | 230 |
| Mindre end 60 mm | 8.400 | 40,5 | 320 |
| Tab | 60 | 0,3 | - |
| Reject | - | - | 140 |
| Stikprøve i alt | 20.760 | 100,0 | 1.110 |

Ca. en tredjedel af Restaffaldet (indsamlet med affaldssug) har en størrelse over 100 mm, en fjerdedel ender i mellemfraktionen, mens 40 % har en størrelse på mindre end 60 mm.

Der blev udtaget stikprøver af hver af de tre størrelseskategorier. Stikprøverne er efterfølgende håndsorteret i affaldsfraktioner (karakterisering). Stikprøverne har hver været mellem 230 og 420 kg. Der er ligeledes udtaget en stikprøve af det reject, der blev dannet efter pulpningsprocessen.

Størrelseskategorierne (større end 100 mm og mellem 60 og 100 mm) er samlet sammen og kørt til forbrænding hos ARC.

8.080 kg af den lille størrelseskategori² er tilført pulpninganlægget sammen med 11.400 kg vand. Output fra denne proces blev en biopulp + 1.460 kg reject.

En prøve af rejectet blev karakteriseret på samme måde som stikprøver fra det størrelsessorterede restaffald.

Der blev udtaget prøver af biopulpen. Prøverne er undersøgt for indholdsstoffer og biogaspotentiale hos Biomans testanlæg i Skanderborg. Her er pulpen omsat i en 80 liter kontinuert reaktor, som er bygget efter samme principper som de store ”full scale” anlæg. Pulpen er udrådnat i tanken i 20 dage. Efter endt udrådning er digestatet sigtet på en 1 mm sigte for at fange evt. urenheder fra pulpen. Der er målt gas-udbytter, lavet massebalancer og udtaget prøver til analyse for renhed, tungmetaller og miljøfremmede stoffer i forhold til Affald til Jordbekendtgørelsen BEK. 1001 af 2018.

I de følgende kapitler beskrives resultaterne af affaldskarakterisering af for hver af de tre størrelseskategorier af restaffald samt analyseresultater for indholdsstoffer og biogaspotentiale af biopulp fremstillet af den del af restaffaldet, der har en størrelse på under 60 mm.

2. 8.080 kg = 8.400 kg – 320 kg.

4. Karakterisering af størrelsessorteret restaffald

Stikprøver af hver af de tre størrelseskategorier af restaffald er sorteret efter den samme liste. Resultatet af denne sortering fremgår af Tabel 2. Bemærk, at der her ikke er taget højde for det tab, der tidligere er nævnt i forbindelse med sorteringsprocessen.

Tabel 2. Sammensætning af størrelsessorteret restaffald fra etageboliger, København 2021. Procent.

| Fraktion | > 10 cm | 6-10 cm | < 6 cm | Total (vægtet) |
|--------------------------------------|---------|---------|--------|----------------|
| Kød, ben og mejeriprodukter | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,7 |
| Rodfrugter og kartofler | 0,2 | 0,8 | 2,0 | 1,1 |
| Citrusfrugter | 0,5 | 1,1 | 2,5 | 1,5 |
| Andet frugt og grøntsager | 1,3 | 2,5 | 3,3 | 2,4 |
| Brød | 0,9 | 0,8 | 0,3 | 0,6 |
| Andet madrester | 0,4 | 0,5 | 0,1 | 0,3 |
| Køkkenrullepapir | 0,4 | 3,1 | 0,1 | 1,0 |
| Afklippede blomster, potteplanter | 0,0 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| Finstof | 9,7 | 20,2 | 72,4 | 37,9 |
| Haveaffald og træ | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,7 |
| Plastemballage og andet hård plast | 11,1 | 7,8 | 3,1 | 7,0 |
| Plastfolie | 10,2 | 4,9 | 1,2 | 5,1 |
| Affaldsposer til opsamling af affald | 4,5 | 1,5 | 0,5 | 2,0 |
| Papir | 3,4 | 1,6 | 0,5 | 1,8 |
| Pap og karton | 3,0 | 3,8 | 1,2 | 2,5 |
| Metal | 2,6 | 3,7 | 1,6 | 2,5 |
| Glas | 0,1 | 0,1 | 0,7 | 0,3 |
| Tekstiler | 7,3 | 2,6 | 0,3 | 3,2 |
| Mad- og drikkekartoner | 6,8 | 2,5 | 0,1 | 2,9 |
| Fiber-emballager | 4,0 | 2,0 | 0,3 | 2,0 |
| Andet | 30,3 | 39,0 | 8,8 | 23,9 |
| Uåbnede opsamlingsposer | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 0,5 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100,0 |
| Procentfordeling | 33 | 26 | 41 | 100,0 |

Madaffaldet er opdelt i seks fraktioner. Det skal i den forbindelse siges, at det kan være meget svært at identificere hvilken type madaffald, der er tale om, når affaldet først har været igennem en poseoprøver, tre gange sigtning og endelig anden maskinel håndtering adskillige gange. Dette er også årsagen til, at fraktionen *Finstof* ender med at blive så stor – især for den størrelsesmæssigt mindste kategori (<60 mm), hvor der *Finstof* udgør ca. 72 %.

Af samme grund er der udtaget mindre stikprøver af netop Finfraktion – og indholdet i denne stikprøve er siden sorteret ud i de samme fraktioner, som i Tabel 2.

Resultatet af denne finsortering af fraktionen Finfraktion fremgår af Tabel 3.

Tabel 3. Sortering af fraktionen Finstof for hver af de tre størrelseskategorier af restaffald.

| Fraktion | > 10 cm | 6-10 cm | < 6 cm |
|--------------------------------------|---------|---------|--------|
| Kød, ben og mejeriprodukter | 0,7 | 0,0 | 1,5 |
| Rodfrugter og kartofler | 0,0 | 1,7 | 1,1 |
| Citrusfrugter | 0,2 | 0,9 | 0,9 |
| Andet frugt og grøntsager | 3,5 | 2,6 | 3,8 |
| Brød | 0,2 | 0,7 | 0,9 |
| Andet madrester | 0,7 | 0,4 | 1,3 |
| Køkkenrullepapir | 11,6 | 4,8 | 4,8 |
| Afklippede blomster, potteplanter | 0,0 | 0,0 | 0,3 |
| Finstof | 26,4 | 42,1 | 51,5 |
| Haveaffald og træ | 1,7 | 2,6 | 1,7 |
| Plastemballage og andet hård plast | 0,9 | 1,1 | 0,9 |
| Plastfolie | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| Affaldsposer til opsamling af affald | 0,5 | 0,2 | 0,3 |
| Papir | 20,8 | 19,9 | 5,4 |
| Pap og karton | 16,7 | 14,5 | 8,1 |
| Metal | 0,5 | 0,7 | 0,9 |
| Glas | 0,5 | 0,7 | 3,0 |
| Tekstiler | 0,0 | 0,2 | 0,1 |
| Mad- og drikkekartoner | 0,0 | 0,2 | 0,0 |
| Fiber-emballager | 0,0 | 0,0 | 2,9 |
| Andet | 15,1 | 6,7 | 10,4 |
| Uåbnede opsamlingsposer | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Det ses, at ud af den stikprøve med Finstof for hver af de tre størrelseskategorier er der selv efter den nøjere granskning stadig en del af Finstof, der ikke kan fordeles på de øvrige affaldsfraktioner. Andelen Finstof, der ikke kan fordeles, udgør mellem 26 og 52 %.

Finstof består typisk af meget småt affald – sandsynligvis ofte en blanding af kaffegrums, madaffald, små stykker papir, sand, grus og væske fra det øvrige affald. Konsistensen er relativt tung og fugtig.

Når andelen af Finstof (Tabel 2) er fordelt efter finsortering (Tabel 3), så fås en sammensætning af det størrelsessorterede restaffald, som fremgår af Tabel 4.

Tabel 4. Sammensætning af størrelsessorteret restaffald – efter at Finstof er søgt fordelt på de øvrige affaldsfraktioner. København, 2021. Procent.

| Fraktion | > 10 cm | 6-10 cm | < 6 cm | Total (vægtet) |
|--------------------------------------|---------|---------|--------|----------------|
| Kød, ben og mejeriprodukter | 0,9 | 0,7 | 1,6 | 1,2 |
| Rodfrugter og kartofler | 0,2 | 1,1 | 2,8 | 1,5 |
| Citrusfrugter | 0,5 | 1,3 | 3,2 | 1,8 |
| Andet frugt og grøntsager | 1,6 | 3,0 | 6,1 | 3,8 |
| Brød | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| Andet madrester | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 0,7 |
| Køkkenrullepapir | 1,6 | 4,1 | 3,6 | 3,1 |
| Afklippede blomster, potteplanter | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Finstof | 2,6 | 8,5 | 37,3 | 18,2 |
| Haveaffald og træ | 1,0 | 1,3 | 1,7 | 1,4 |
| Plastemballage og andet hård plast | 11,2 | 8,0 | 3,8 | 7,3 |
| Plastfolie | 10,2 | 4,9 | 1,3 | 5,1 |
| Affaldsposer til opsamling af affald | 4,5 | 1,5 | 0,6 | 2,1 |
| Papir | 5,4 | 5,6 | 4,5 | 5,1 |
| Pap og karton | 4,6 | 6,7 | 7,1 | 6,2 |
| Metal | 2,7 | 3,8 | 2,2 | 2,8 |
| Glas | 0,2 | 0,3 | 2,9 | 1,3 |
| Tekstiler | 7,3 | 2,6 | 0,4 | 3,3 |
| Mad- og drikkekartoner | 6,8 | 2,5 | 0,1 | 2,9 |
| Fiberemballage | 4,0 | 2,0 | 2,4 | 2,8 |
| Andet | 31,8 | 40,3 | 16,4 | 27,8 |
| Uåbnede opsamlingsposer | 1,6 | 0,0 | 0,0 | 0,5 |
| Total | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Procentfordeling | 33,0 | 26,4 | 40,6 | 100,0 |

Der er således stadig 18,2 % *Finstof* i den samlede mængde restaffald. Sammenholdt med 13,1 % *Madaffald*, *Køkkenrullepapir mv.*, så er udgør disse fraktioner i alt ca. 31 % af den samlede mængde restaffald. Fra andre undersøgelser vides, at andelen af *Madaffald mv.* fra etageboliger udgør 35-40 % af indsamlet Restaffald³. Det vurderes derfor, at den resterende andel af *Finstof* (18,2 %) udelukkende består af *Madaffald mv.* En del *Madaffald* formodes herudover at være overført til andre affaldsfraktioner (kontaminering) i forbindelse med den mekaniske håndtering af affaldet i forbindelse med poseåbning og sigtning af affald.

Den gennemsnitlige sammensætning for det størrelsessorterede affald i Tabel 4 stemmer i store træk godt overens med den nævnte undersøgelse af Restaffald fra etageboliger (2020).

Der synes at være lidt mere *Plastemballage/hård plast*, *Pap og karton* samt *Mad- og drikkekartoner* i det størrelsessorterede restaffald end i Restaffald generelt. Omvendt er der tilsyneladende lidt mere *Haveaffald*, *Papir*, *Glas* og *Tekstiler* i Restaffald generelt end i det størrelsessorterede restaffald (Tabel 4).

Bleer er ikke udsorteret som en særskilt fraktion i denne undersøgelse. Fra den større Restaffaldsanalyse (2020) ved vi, at *bleer* udgør ca. 8 % af den samlede mængde restaffald fra etageboliger. I Tabel 4 indgår *Bleer* under fraktionen *Andet*.

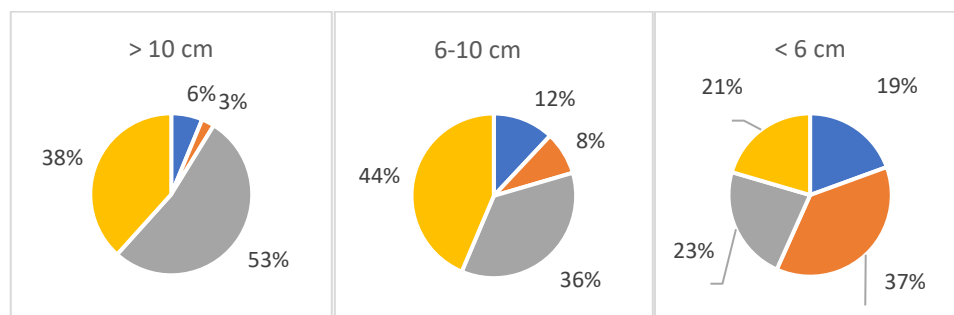
For overskuelighedens skyld er fraktionerne fra Tabel 4 aggregeret til i alt fire hovedfraktioner: 1), *Madaffald mv.*, 2) *Finstof*, 3) *Genanvendelige materialer* og 4) *Andet*, inkl. fiber og haveaffald.

3. Affaldsanalyse af Restaffald og Bioaffald fra etageboliger og villa/rækkehuse i København – Status 2020

Tabel 5. Størrelsessorteret restaffald fordelt på fire hovedkategorier. Procent.

| Hovedfraktion | > 10 cm | 6-10 cm | < 6 cm | Total (vægtet) |
|-----------------------------------|---------|---------|--------|----------------|
| Madaffald mv. | 6,2 | 12,0 | 19,4 | 13,1 |
| Finstof | 2,6 | 8,5 | 37,3 | 18,2 |
| Genanvendelige materialer | 52,9 | 35,9 | 22,8 | 36,2 |
| Andet (inkl. fiber og haveaffald) | 38,3 | 43,6 | 20,5 | 32,5 |
| I alt | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Det ses tydeligt, at Madaffald mv. og Finstof (der som tidligere nævnt formodes at være madaffald) langt overvejende ender i den lille størrelseskategori (<60 mm). Omvendt er der langt større tilbøjelighed til at finde specielt de Genanvendelige materialer i den store størrelseskategori (>100 mm).



Ovenstående illustration viser hvorledes de fire hovedfraktioner fordeler sig i det størrelsessorterede restaffald. Madaffald (blå) og Finstof (orange) udgør klart den største andel i den 'lille' størrelseskategori (<60 mm).

En mindre stikprøve af Rejectet er karakteriseret efter de samme fraktioner som det størrelsessorterede Restaffald. Resultatet af denne sortering fremgår af Tabel 6.

Tabel 6. Affaldsfraktioner i Reject fra forbehandlingen af størrelsessorteret restaffald <60 mm. Procent.

| Fraktion | Reject |
|--------------------------------------|--------|
| Kød, ben og mejeriprodukter | 1,3 |
| Rodfrugter og kartofler | 1,7 |
| Citrusfrugter | 5,2 |
| Andet frugt og grøntsager | 3,4 |
| Brød | 0,0 |
| Andet madrester | 0,6 |
| Køkkenrullepapir | 0,0 |
| Afklippede blomster, potteplanter | 0,0 |
| Finstof | 42,4 |
| Haveaffald og træ | 5,7 |
| Plastemballage og andet hård plast | 17,7 |
| Plastfolie | 1,6 |
| Affaldsposer til opsamling af affald | 2,7 |
| Papir | 0,2 |
| Pap og karton | 0,2 |
| Metal | 6,2 |
| Glas | 2,1 |
| Tekstiler | 3,8 |
| Mad- og drikkekartoner | 0,0 |
| Fiber-emballager | 1,0 |
| Andet | 4,2 |
| Uåbnede opsamlingsposer | 0,0 |
| Total | 100,0 |

Andelen af fraktioner indeholdende Madaffald er generelt mindre end i den lille størrelseskategori af Restaffald (<60 mm). Eneste væsentlige undtagelse er rester efter *Citrusfrugter*, hvilket skyldes, at netop *Citrusfrugter* ikke nedbrydes i forbehandlingsanlægget.

Papir og *Pap* findes stort set ikke i Rejectet – tilsvarende gælder *Mad- og drikkekartoner* – det er kun indmaden herfra, der findes i Rejectet. Som det fremgår af kapitel 5, indeholder biopulpen en relativt stor andel papirfibre.

Fraktioner som *Emballageplast* og *Metal* forekommer i større omfang end det er tilfældet i den mindste størrelseskategori af Restaffald (<60 mm).

4.1 Opsamling på størrelsessorteret Restaffald

Samlet kan det konkluderes, at en åbning af affaldsposerne og efterfølgende størrelsessortering sikrer, at en relativt stor andel af det *Madaffald mv.* der forekommer i indsamlet Restaffald ender i den mindste størrelseskategori – i dette tilfælde mindre end 60 mm.

Det meste organiske affald som f.eks.: *Brød, Køkkenrullepapir, Papir, Pap* samt *Mad- og drikkekartoner*, indgår i biopulpen fra forbehandlingsanlægget.

Resultaterne stemmer med de forventninger, der var hertil.

5. Biogasforsøg i testreaktor

Dette kapitel beskriver, hvorledes der er udført biogasforsøg på København Kommunes restaffaldspulp. Testen er udført på den biopulp, der fremkom efter forbehandling af størrelsessorteret restaffald fra Københavns Kommune, se kapitel 4. Forsøget er udført på en testreaktor med 80 liter volumen.

5.1 Formål

Dette er en afreportering af den kontinuerte biogastest med restaffaldspulp fra Københavns Kommune, forsøget har haft til formål at tjekke stabiliteten og det realiserbare biogaspotential i pulpen.

For at kunne gennemføre denne test er der anvendt et testanlæg på Bioman ApS' laboratorium i Skanderborg. Testanlægget har en reaktor volumen på ca. 80 liter volumen med 70 liter aktiv volumen samt 10 liter gasvolumen. Reaktoren har et højde/diameter forhold på ca. 1, hvilket svarer til en fuldskala kommerciel reaktor. Testanlægget er udstyret med omrører, pumper og andet udstyr med tilstræbt ens funktion, som det udstyr der findes på et fuldskala kommercielt anlæg. Formålet er således søgt belyst i et anlæg, som procesmæssigt er meget lig et kommercielt anlæg. Billede af test-reaktoren ses her (Figur 1):



Figur 1: 80 liter testanlæg med kraftig omrøring og varmekappe

5.2 Biomasse

Podematerialet til testen blev leveret fra Horsens Bioenergi ApS, som er et kommercielt biogasanlæg i drift med ca. samme temperatur regime, som er planlagt i denne test. Konkret kører Horsens Bioenergi ApS med en opholdstid på ca. 25 dage og en procestemperatur på ca. 42 °C. Horsens Bioenergi ApS fodres med ca. 150 tons madpulp/døgn og er dermed tilvænnet denne biomasse.

Restaffaldspulpen blev leveret i en 1.000 liter IBC fra Egedal med kurer. IBC'en blev mixet kraftigt med omrører. Herefter blev der udtaget delmængder af 20 liter i fødevarer godkendte spande så det var nemmere at håndtere gennem forsøget. De 20 liters delmængder blev omrørt kraftigt inden prøve udtagning samt fodring af reaktor for at sikre en homogen masse.

Tørstof og askeindhold blev undersøgt løbende gennem forsøget (Tabel 1).

Tabel 7. Tørstof, Aske og Organiskindhold af restaffaldspulpen

| | |
|---|--------|
| Tørstof (% V/V) 105 °C i 24 timer | 14,5 % |
| Aske indhold af tørstof (% V/V) 550 °C i 24 timer | 17,0 % |
| Organisk indhold (%) | 12,0 % |

Tørstofindholdet i restaffaldspulpen er lavere end normalt for pulp modtaget fra Gemidan, Egedal. Normalen er mellem 18 – 20 % tørstof. Men dette forhold ses ofte ved opstart af anlæg. Efter kort tids drift vil tørstofniveauet stige, men mængden af restaffald til dette forsøg var simpelthen for lille i forhold til at opnå stabil drift på pulpeanlægget.

Askeindholdet i forhold til tørstofindholdet var dog større end normalt. Normalt ser vi 11-12% askeindhold i tørstoffet, men i dette forsøg var askeindholdet 17% af tørstoffet. Dette kan kun skyldes affaldets sammensætning.

Viskositetsmæssigt var pulpen fint pumpbar og meget lig andet madpulp til biogas.

Pulpen blev også analyseret i forhold til Affald til Jordbek. 1001 af 2018's bestemmelser til tungmetaller, miljøfremmede stoffer samt renhed (Figur 2).



Pulp_Slamanalyse_Tu
ngmetaller_Miljøfrem



Pulp_Renhed_1.pdf

Figur 2 Analyseresultater fra test af pulpen hos et akkrediteret laboratorium.

Klik på ikonet for at åbne pdf-filerne

Restaffaldspulpen overholdt kravene til miljøfremmede stoffer samt tungmetaller. Tørstofanalysen i denne analyse passer meget godt overens med Bioman's gennemsnitsværdi. SGS finder tørstoffet til at være 12,8 % i deres prøve og det er indenfor almindeligt udsving i prøvetagningen.

Renhedsanalysen viste et for højt indhold af plast i forhold til areal krav samt et for højt indhold af fysiske urenheder pr. tørstof.

Billederne til renhedsanalysen viser et højt indhold af papir og pappulp. Dette kan nedbrydes i biogasprocessen så dette er ikke negativt i forhold til den videre håndtering af restaffaldspulpen.

Papir/pap og organisk indhold gør det svært at fjerne urenheder før biogasprocessen har fjernet papir/pap og organisk mad fra pulpen. Dette er også tydeligt i Bioman's forsøgssigtning af pulpen inden biogasforsøgets start. Vask af sigtemassen på sigten gav, at 67 % af materialet var tilbage på sigten efter vask (Figur 3). Det er derfor meget svært at få frasepareret fremmedlegemer inden biogasprocessen pga. de organiske stoffer i pulpen. Dette skal helst være ændret markant efter biogasprocessen så det er nemt at fjerne fremmedlegemer såsom plastik, metal m.m.



Frisk pulp på 1 mm sigte



Frisk pulp på 1 mm sigte og efter vask med vand

Figur 3 Pulp på 1 mm sigte for at undersøge hvor meget der er tilbage på sien efter sigtning og vask med vand. 67 % tilbage på sigten

Selve biogasprocessen blev udført ved 42 °C med 30 dages opholdstid. Forsøget blev afsluttet efter 12 uger

5.3 Resultater

Biogasprocessen blev stabil allerede efter 2 ugers drift. Podematerialet er/var som sagt tilvænnet madaffald og dermed klar til at producere biogas på basis af madaffald.

Biogasprocessen blev belastet med 3-4 kg organisk last/dag, hvilket også er konservativt. Normalt kører biogasprocesser ved denne temperatur med 5-7 kg organisk last/dag. Den lave belastning blev valgt for at opnå hurtig stabilitet grundet den korte tidsplan. Den lave belastning betyder samtidigt at resultaterne er meget troværdige.

Tabel 8. Metan resultater på basis af restaffaldspulpen

| | Metan-potentialet Liter CH ₄ /kg organisk pulp | Metan-produktion pr. kg pulp (Nm ³ CH ₄ /ton pulp) | CH ₄ % i biogassen |
|-----------------|--|--|-------------------------------|
| Restaffaldspulp | 490 | 59 | 61 % |

Metan potentialet i pulpen samt dermed også den endelige produktion er vist i Tabel 2. Disse tal svarer meget godt overens med de tal Bioman ser fra biogasproduktion på kildesorteret madaffaldspulp fra private husholdninger. Metan-potentialet ligger i det kildesorterede madaffald på mellem 350 og 550 liter CH₄/kg organisk pulp. Så restaffaldspulpen må siges at være indenfor dette område. Metan-produktionen pr. kg pulp vil være større ved et højere tørstofindhold i pulpen, da der dermed vil være mere ”foder” til bakterierne pr. ton friskvægt pulp. Som tidligere nævnt, ser vi normalt et tørstofindhold på 8-19 %. Dette vil for restaffaldspulpen betyde en øget metan-produktion pr. vægtenhed til 77 Nm³ CH₄/ton pulp, men pga. den lavere tørstof-indhold i dette forsøg, rammer vi en lavere metan-produktion for pulpen (Tabel 2).

Metan-indholdet i biogassen svarer overens med erfaringer fra biogasproduktion på madaffald som er mellem 50 – 65 % metan.

Sigtning af den afgassede pulp giver et godt indblik i materialet før det bringes på landbrugsjord som organisk gødning til jorden. Der skal helst ikke være synlige urenheder i det der bliver spredt på gårdanlæg. Endnu en sigtning i dette forsøg viste, at der blev tilbageholdt 15 % af pulpen efter vask med vand. Dette betyder, at det er muligt at fjerne urenheder specielt efter biogasprocessen.

Sigtningen af det afgassede materiale viste også, at papir/pap pulp er næsten elimineret af biogasprocessen. Biogasprocessen omsætter de store mængder af papir/pap til biogas. Dette er en fordel, da der var meget papir og pap efter pulpningsen, hvilket gør det svært at fjerne plastik, metal og andre urenheder, jf. Figur 4.



Afgasset pulp på 1 mm sigte



Afgasset pulp på 1 mm sigte og efter vask med vand

Figur 4 Pulp på 1 mm sigte for at undersøge hvor meget der er tilbage på sien efter sigtning og vask med vand. 15 % tilbage på sigten

Det afgassede materiale blev også sendt til akkrediteret analyse for urenheder, tungmetaller og miljøfremmede stoffer (Figur 5).



Afgasset_Slamanalyse_Tungmetaller_Miljø



Afgasset_Renhed.pdf

Figur 5: Analyseresultater fra test af pulpen hos et akkrediteret laboratorium. Klik på ikonet for at åbne pdf-filerne

Analyseresultaterne viser, at nu kan grænseværdierne for både tungmetaller, miljøfremmede stoffer og urenheder overholdes. En stor fjernelse af tørstof har heldigvis ikke medvirket til forhøjede resultater tværtimod.

Alt i alt må det siges, at pulp fra størrelsessorteret restaffald sagtens kan anvendes til biogasproduktion med efterfølgende spredning på landbrugsjord uden risiko for forurening.