

Projekt

Massereduktion af PFAS ved optimeret kontrolleret aerob kompostering



Rapport

Projektbeskrivelse og resultater af test af teknologi i praksis ved forsøg med fuldskala drift hos CompSoil A/S

Rapport

Projektbeskrivelse og resultater af test af teknologi i praksis ved forsøg med fuldskala drift hos CompSoil A/S

Dokumenttype **Rapport**
Version **2**
Dato **2025-01-16**
Udarbejdet af **Per Haugsted Petersen,
Haugsted Consult,
Damgaards Alle 59
5300 Kerteminde
T +45 2440 6559
M perhaugsted48@gmail.com
www.haugstedconsult.dk**

Kontrolleret af **Mie Haugsted**
Godkendt af **Mogens K. Jensen, Miljøservice as
Sune Aagot Sckerl, Miljøservice as
Michael Laursen, CompSoil A/S**

Indhold

1.	Indledning	1
1.1	Baggrund	1
1.2	Formål	1
2.	Sammenfatning	3
3.	English summary	5
4.	Grundlag	7
5.	Praktisk fuldskala projekt	7
5.1	Optimeret termofil kontrolleret aerob kompostering	7
5.2	Komposteringsforløb	9
5.2.1	Opskrift på miler	9
5.2.2	Blanding af materialer til kompostering	10
5.2.3	Oplægning af kompostmiler	11
5.2.4	Biofilter bestående af færdigmodnet kompost	11
5.3	Monitering af komposteringsprocessen	11
5.3.1	Vending af milerne	12
5.3.2	Hygiejnisering	12
5.4	Prøvetagning	13
5.5	Analyser	13
5.5.1	Tungmetaller og miljøfremmede stoffer	13
6.	Resultater	14
6.1	Massebalance for tørstof og PFAS	14
6.1.1	Beregning 1: Minimalt indhold af PFAS	14
6.1.2	Beregning 2: Mest sandsynligt indhold af PFAS	15
6.2	Energiforbrug	15
7.	Konklusion	15
	Bilag 1: Oversigt over analyseresultater	17
	Bilag 2: Beregninger af mindst indhold af PFAS	18
	Bilag 3: Beregninger af mest sandsynligt indhold af PFAS	19
	Bilag 4: Ressourceforbrug	20

1. Indledning

Dette projekt er initieret og gennemført af Haugsted Consult som rådgiver og er finansieret af Miljøservice A/S og CompSoil A/S. Projektet er gennemført fra juni 2024 til december 2024.

Projektet er gennemført af:

- Per Haugsted Petersen, Haugsted Consult, perhaugsted48@gmail.com
- Sune Aagot Sckerl, Miljøservice A/S, sune@miljoeservice.dk
- Michael Laursen, CompSoil A/S, michael@compsoil.dk

1.1 Baggrund

Formålet med projektet er at øge bæredygtighed og udbytterne i planteavl, som led i en grøn omstilling, ved recirkulering af næringsstoffer og kulstof med en sikker udnyttelse af kompost fremstillet af biogødning (spildevandsslam), have-/parkaffald og hvedehalm. Kompost baseret på have-/parkaffald, og restbiomasse fra byer, virksomheder og landbrug, er en vital næringsstof- og kulstofressource, der i dag ikke udnyttes i tilstrækkelig grad.

Anvendelsen af spildevandsslam er reguleret i bekendtgørelse nr. 1001 af 27. juni 2018 om anvendelse af affald til jordbrugsformål. Krav i affald til jord-bekendtgørelsen sikrer, at spildevandsslam kan anvendes til jordbrugsformål uden skadelige virkninger på miljøet, mennesker, planter og dyr, herunder også i områder med særlige drikkevandsinteresser.

For at opfylde dette formål fastsætter § 7, at affald, der skal anvendes til jordbrugsformål eller tilføres husdyrgødningsbaserede biogasanlæg eller behandlingsanlæg, skal overholde grænseværdierne i bilag 2 og ikke må indeholde væsentlige mængder af andre miljøskadelige stoffer, som fx PFAS og herunder PFOS.

Af § 7 stk. 2 fremgår det at affald med forhøjet indhold af miljøfremmede stoffer kan uanset stk. 1 afhændes til miljøgodkendte komposteringsanlæg med henblik på omsætning af miljøfremmede stoffer. Komposteringsanlægget skal til enhver tid, overfor tilsynsmyndigheden kunne dokumentere, at der sker omsætning af de miljøfremmede stoffer.

Ved skrivelse af 15. oktober 2021 fra Miljøstyrelsen, Cirkulær Økonomi & Affald fremgår Miljøstyrelsens fortolkning af de gældende regler vedr. anvendelsen af spildevandsslam og Miljøstyrelsens anbefaling til en foreløbig vejledende grænseværdi for PFAS4 på 0,01 mg/kg TS og PFAS22 på 0,4 mg/kg TS, i spildevandsslam. Miljøstyrelsen vil indarbejde en passende grænseværdi for PFAS som nyt miljøfremmed stof ved næstkommende revision af bekendtgørelsen om anvendelse af affald til jordbrugsformål.

Det er nu politisk besluttet at indføre en egentlig grænseværdi for indhold af PFAS og bekendtgørelsen er under revision. I forbindelse med revisionen, forventes det at slam med forhøjet indhold miljøfremmede stoffer, herunder PFAS kan afhændes til miljøgodkendte komposteringsanlæg. Det medfører at anlæg skal, overfor tilsynsmyndigheden kunne dokumentere, at der sker omsætning af de miljøfremmede stoffer.

1.2 Formål

Målet med projektet og forsøget var at dokumentere, at reduktion af PFAS4 og PFAS22 er mulig. Kompostering er en bredt anerkendt og anvendt metode til biologisk behandling af organisk materiale med henblik på fremstilling af kompost til anvendelse som jordforbedringsmiddel,

gødning og vækstmedie. Tidligere gennemførte fuldskalaforsøg har vist, at også miljøfremmede organiske stoffer, biocider og lægemiddelrester reduceres væsentligt biologisk og enzymatisk på linje med andet organisk stof i kompostmassen.

Innovationscenter for Økologisk Landbrug har i perioden 2021 - 2023 gennemført et projekt Kompost – recirkuleret næring og kulstof til jord og afgrøder. En del af projektet var at undersøge, om der ved en optimeret kontrolleret kompostering også kunne opnås en massereduktion af pesticider og PFAS. Undersøgelserne viser, at der også for pesticider og PFAS finder en betydelig massereduktion sted. Resultaterne viser, at der sker en vis nedbrydning af pesticider og PFAS, idet massereduktionen er udregnet til 42% og 54% for hhv. PFAS4 og PFAS22, og 67% og 98% for hhv. glyphosat og AMPA.

Formålet med dette projekt er tilsvarende at gennemføre et praktisk fuldskalaforsøg med test af kompostering som lavteknologisk biologisk teknologi på det miljøgodkendte komposteringsanlæg hos CompSoil A/S, Trinderupvej 10, 9500 Hobro. Fuldskalaforsøget er gennemført med aerob optimeret kontrolleret termofil kompostering af have-parkaffald og spildevandsslam (biogødning) med henblik på, at dokumentere omfang og mulighed for at reducere PFAS så spildevandsslam, med indhold der ligger over grænseværdierne, kan genanvendes til jordbrugsformål efter kompostering.

2. Sammenfatning

Kompostering er en bredt anerkendt og anvendt metode til biologisk behandling af organisk materiale med henblik på nedbrydning af organisk materiale og fremstilling af kompost til anvendelse som jordforbedringsmiddel, gødning og vækstmedie.

I dette projekt er der undersøgt massereduktionen af PFAS4 og PFAS22 gennem optimeret termofil, aerob, kontrolleret kompostering i to miler. Komposteringen er foregået over 2 måneder fra ultimo juni måned 2024 med 6 vendinger og efterfølgende 2 måneder med eftermodning.

Indholdet af de forskellige affaldsfraktioner er analyseret for miljøfremmede stoffer jf. Affald til jord-bekendtgørelsen samt PFAS4 og PFAS22 og vejet inden sammenblanding og oplægning til kompostering. Efter kompostering er den færdige kompost i de to miler igen vejet og analyseret for PFAS4 og PFAS22.

Resultaterne viser, at der sker en nedbrydning af PFAS på masse basis. Der er foretaget 2 massebalance beregninger for hver af de to miler. Den første beregning er med anvendelse af analyseresultater, hvor der er oplyst konkrete værdier som er over analysegrænser for de pågældende stoffer. Den anden beregning er med anvendelse af analyseresultater, hvor der er oplyst konkrete værdier og for de stoffer hvor der er oplyst, at være under (<) er anvendt ½ af den angivne værdi. Kun for de stoffer der er oplyst at de ikke er påvist (i.p.) er anvendt værdien 0.

Massebalancen er derfor beregnet for indhold af PFAS:

- Minimalt indhold af PFAS
 - Mile 1: 84% og 41% for hhv. PFAS4 og PFAS22,
 - Mile 2: 86% og 70% for hhv. PFAS4 og PFAS22
- Mest sandsynligt indhold af PFAS:
 - Mile 1: 82% og 55% for hhv. PFAS4 og PFAS22,
 - Mile 2: 84% og 75% for hhv. PFAS4 og PFAS22

Det vil derfor være rimeligt at konkludere at der sker en reduktion af PFAS, med 82-86 % for PFAS4 og 41-75 % for PFAS22.

Tidligere gennemførte praktiske fuldskalaforsøg har også vist, at miljøfremmede stoffer nedbrydes på lige måde som andet organisk materiale:

- Miljøfremmede organiske stoffer, biocider, lægemiddelrester nedbrydes biologisk og enzymatisk på linje med andet organisk stof i kompostmassen.



Fate of

11-06-09-2.pdf



Fate of

pharmaceuticals and i

- Der sker en nedbrydning af pesticider og PFAS, idet massereduktionen er udregnet til 42% og 54% for hhv. PFAS4 og PFAS22, og 67% og 98% for hhv. glyphosat og AMPA. <https://icoel.dk/planteavl/pfas-og-pesticidrester-nedbrydes-i-kompost/>
- Der er sker en biologisk nedrensning af PFAS i jord på ca. 96 % ved forsøg med brug af Bioavailable Absorbent Media, der ifølge tesen, skal binde PFAS i jorden på en måde, hvor den er tilgængelig for bakterierne, men så bakterierne samtidigt har gunstige levevilkår på overfladen af materialet. Miljøprojekt nr. 2272, Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening, August 2024 - Oprensning af PFAS-forurening i jord, slam og

vand, Test af teknologier i praksis. <https://mst.dk/publikationer/2024/august/oprensning-af-pfas-forurening-i-jord-slam-og-vand>

De gennemførte kontinuerte temperaturmålinger i dette projekt viser også, at temperaturen har været over 70°C i mere end 1 time tre gange i løbet af de foretagne vendinger. Der er derfor foretaget en behandling med en tilsvarende hygiejnisering, der er svarende behandling i reaktor, som sikrer en temperatur på minimum 70°C i minimum 1 time.

I forbindelse med blanding og oplægning af de to miler er der foretaget registrering af tidsforbruget for det anvendte materiel. Derudover er anvendelse af materiel, tidsforbrug og brændstofforbrug ved gennemførelse af hele fuldskalaforsøget registreret.

Hvis der kun medtages energiforbrug til kompostering med anvendelse af have- og parkaffald, der i forvejen er sorteret og leveret, viser beregninger et brændstofforbrug på 2,9 l miljødiesel per ton materiale oplagt og anvendt til komposteringen. Det svarer til et forbrug på 3,9 l miljødiesel per ton kompost fremstillet.

3. English summary

Composting is a widely recognized and used method for the biological treatment of organic material with the aim of breaking down organic material and producing compost for use as a soil conditioner, fertilizer and growing medium.

In this project, the mass reduction of PFAS4 and PFAS22 through optimized thermophilic, aerobic, controlled composting in two windrows has been investigated. The composting took place over 2 months from the end of June 2024 with 6 turns and subsequently 2 months of maturing.

The content of the various waste fractions has been analyzed for harmful substances, cf. Waste for the land order as well as PFAS4 and PFAS22 and weighed before mixing and laying out for composting. After composting, the finished compost in the two windrows is again weighed and analyzed for PFAS4 and PFAS22.

The results show that there is a breakdown of PFAS on a mass basis. 2 mass balance calculations have been made for each of the two windrows. The first calculation is with the use of analysis results, where specific values are stated which are above analysis limits for the substances in question. The second calculation is using analysis results where concrete values are given and for the substances where they are given as being below (<) ½ of the stated value is used. The value 0 is used only for those substances that are stated not to have been detected (i.p.).

The mass balance is therefore calculated for the content of PFAS:

- Minimal content of PFAS
 - Mile 1: 84% and 41% for respectively PFAS4 and PFAS22,
 - Mile 2: 86% and 70% for respectively PFAS4 and PFAS22
- Most likely content of PFAS:
 - Mile 1: 82% and 55% for respectively PFAS4 and PFAS22,
 - Mile 2: 84% and 75% for respectively PFAS4 and PFAS22

It would therefore be reasonable to conclude that there is a reduction of PFAS, with 82-86% for PFAS4 and 41-75% for PFAS22.

Previously conducted practical full-scale trials have also shown that environmentally harmful substances are degraded in the same way as other organic material:

- Environmentally harmful organic substances, biocides, pharmaceutical residues are degraded biologically and enzymatically in line with other organic matter in the compost.



Fate of

11-06-09-2.pdf



Fate of

pharmaceuticals and i

- Pesticides and PFAS are degraded, as the mass reduction is calculated to be 42% and 54% for PFAS4 and PFAS22, respectively, and 67% and 98% for glyphosate and AMPA, respectively. <https://icoel.dk/planteavl/pfas-og-pesticidrester-nedbrydes-i-kompost/>
- There is a biological degradation of PFAS in soil of approx. 96% in experiments using Bioavailable Absorbent Media, which according to the thesis, should bind PFAS in the soil in a way that makes it accessible to the bacteria, but so that the bacteria also have favorable living conditions on the surface of the material. Environmental project no. 2272, Technology program for soil and groundwater contamination, August 2024 - Cleanup of PFAS contamination in soil, sludge and water, Testing of technologies in practice.

<https://mst.dk/publikationer/2024/august/oprensning-af-pfas-torensning-i-jord-slam-og-vand>

The continuous temperature measurements carried out in this project also show that the temperature has been above 70°C for more than 1 hour three times during the turns made. A treatment with a corresponding hygienization has therefore been carried out, which is equivalent to treatment in a reactor, which ensures a temperature of at least 70°C for at least 1 hour.

In connection with mixing and placing the two windrows, the time consumption of the equipment used has been recorded. In addition, the use of equipment, time consumption and fuel consumption when carrying out the entire full-scale experiment have been recorded.

If only energy consumption for composting using garden and park waste that has already been sorted and delivered is included, calculations show a fuel consumption of 2.9 l of eco-diesel per ton of material placed and used for composting. This corresponds to a consumption of 3.9 l of eco-diesel per ton of compost produced.

4. Grundlag

Kompost er utvetydigt godt for jordkvaliteten især ved gentagen tilførsel over lang tid. Jordstrukturen forbedres ved tilførsel af kompost, idet porøsiteten, og dermed også luftskiftet, øges, hvilket er vigtigt for planterøddernes respiration. Samtidig øges også vandretentionsevnen, så jorden bedre kan både afgive og holde på vand.

De aktive mikroorganismer i kompost bidrager til jordens frugtbarhed og omsætning af organisk materiale i jorden, så der er en god mineralisering og løbende næringsstoffrigivelse til planterne. Jordens kulstofindhold kan også øges gennem gentagende/årlig komposttilførsel, da de stabile kulstofforbindelser i komposten nedbrydes meget langsomt. Kompost-udbringning er dermed et potentielt betydeligt bidrag til recirkulering af næringsstoffer, kulstoflagring, regenerering og biodiversitet i landbrugsjord.

Recirkulering af næringsstoffer fra byerne i form af kildesorteret organisk dagrenovation (KOD), slam fra biologisk rensning af spildevand (biogødning) samt have- og parkaffald kan være problematisk, hvis de indeholder større mængder af miljøfremmede stoffer og urenheder.

Tidligere fuldskalaforsøg har vist, i hvilket omfang rester af PFAS-stoffer er til stede i de organiske næringsstoffer i kildesorteret organisk dagrenovation (KOD), have- og parkaffald og spildevandsslam (biogødning), og i hvilket omfang de kan reduceres biologisk og enzymatisk på linje med andre miljøfremmede stoffer og andet organisk stof ved en optimeret termofil aerob kompostering. <https://icoel.dk/planteavl/pfas-og-pesticidrester-nedbrydes-i-kompost/>

5. Praktisk fuldskala projekt

Kompostering er en bredt anerkendt og anvendt metode til biologisk behandling af organisk materiale med henblik på fremstilling af kompost til anvendelse som jordforbedringsmiddel, gødning og vækstmedie. Tidligere gennemførte fuldskalaforsøg har vist, at også miljøfremmede organiske stoffer, biocider, lægemiddelrester, pesticider og PFAS reduceres væsentligt enzymatisk på linje med andet organisk stof i kompostmassen.

Formålet med dette projekt er tilsvarende at gennemføre et fuldskalaforsøg på det miljøgodkendte komposteringsanlæg hos CompSoil A/S, Trinderupvej 10, 9500 Hobro med optimeret kontrolleret termofil kompostering af have-parkaffald og spildevandsslam (biogødning) med henblik på, at dokumentere omfang og mulighed for at reducere PFAS så spildevandsslam med indhold der ligger over de vejledende grænseværdierne kan genanvendes til jordbrugsformål efter kompostering.

5.1 Optimeret termofil kontrolleret aerob kompostering

Komposteringsprocessen er betinget af, at en række forhold er til stede. Følgende overordnede forhold skal være optimerede, for at der opnås en hurtig og effektiv kompostering ved høj temperatur med hygiejnisering:

- Højt indhold af let omsætteligt organisk stof og tilstrækkelige mængder makro- og mikronæringsstoffer til at nære bakterievæksten under komposteringen (et optimalt C/N-forhold er 15-30)
- Strukturmateriale til at give massen en høj porøsitet og dermed iltindhold (min 30 % poreluft, svarende til en densitet på max 700 kg/m³ færdigblandet kompost)
- Højt vandindhold således at bakterierne kan dele sig under hele komposteringsforløbet (50-60 % vand)

Er disse forhold til stede, vil mikroorganismene have optimale forhold, og komposteringsprocessen vil gennemløbe tre faser:

- Den mesofile fase (moderat temperatur), der varer i et par dage
- Den termofile fase (høj temperatur), der kan vare fra nogle få dage til flere måneder
- Køle- og modningsfasen, der kan vare i flere måneder.

Forskellige samfund af mikroorganismer dominerer i de forskellige faser af komposteringsprocessen. I starten nedbrydes de opløselige, let- nedbrydelige stoffer hurtigt af mesofile mikroorganismer. Den varme, de producerer som følge af nedbrydningsprocessen, får hurtigt temperaturen i komposten til at stige.

Efterhånden som temperaturen når op over ca. 40 °C, bliver de mesofile mikroorganismer mindre konkurrencedygtige og erstattes af termofile mikroorganismer. Ved en temperatur på 55 °C og derover bliver de fleste menneske- og plantepatogener ødelagt. Når mikroorganismer har optimale betingelser, sker komposteringen hurtigt, og der frigives så meget energi, at temperaturen i komposten stiger til over 70 °C i den termofile fase.

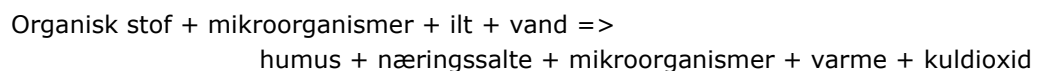
Da temperaturer på over ca. 65 °C dræber mange former for mikrober og begrænser nedbrydningsgraden, vil man på komposteringsanlæg søge mod at holde temperaturen i komposten under denne temperatur. Dette kan gøres ved at belufte og/eller vende komposten.

I den termofile fase fremskynder høje temperaturer nedbrydningen af proteiner, fedtstoffer og komplekse kulhydrater, som f.eks. cellulose og hemicellulose, som er de større strukturelle molekyler i planter. Komposttemperaturen falder gradvist efterhånden som mængden af disse højenergi-forbindelser opbruges, og til sidst tager de mesofile mikroorganismer igen over for at nedbryde det resterende organiske materiale i afkølings- og eftermodningsfasen.

Ved temperaturerne i den termofile fase kan det forventes, at en række mikroorganismer i vækstfasen samt patogener, parasitter og miljøfremmede organiske stoffer, vil blive helt eller delvist nedbrudt.

Kompostering er en biologisk nedbrydning af organisk materiale under tilstedeværelse af ilt. I komposteringsprocessen nedbryder mikroorganismer organisk materiale og producerer kuldioxid, vand, varme og humus, så der skabes et stabilt humusprodukt.

Omsætningen følger nedenstående grundlæggende regel, hvor indholdet af mikroorganismer i den aktive komposteringsfase kan være op til 10^6 gange højere end i jord eller cirka 10^9 per gram kompost:



Ved temperaturerne i den termofile fase kan det forventes, at en række mikroorganismer i vækstfasen samt patogener, parasitter og miljøfremmede organiske stoffer vil blive helt eller delvist nedbrudt:

- Smittestoffer, herunder bakterier, virus og parasitter uskadeliggøres i stor udstrækning på grund af den høje temperatur i kompostmassen og på grund af enzymatisk nedbrydning
- Miljøfremmede organiske stoffer, biocider og lægemiddelrester nedbrydes enzymatisk på linje med andet organisk stof i kompostmassen
- Den samlede tørstofmasse reduceres ved nedbrydningen, og vandindholdet reduceres i forbindelse med temperaturstigningen

- Mikroorganismer i hvilefase, f.eks. sporer, vil blive nedbrudt afhængig af sporestadiets følsomhed overfor temperaturen
- Både levende snegle af typen iberisk skovsnegl, "dræbersnegl", samt disses æg vil ikke kunne overleve et kontrolleret komposteringsforløb, hvor temperaturen i længere perioder er 55-60°C

5.2 Komposteringsforløb

Projektet med optimeret kontrolleret kompostering er gennemført på komposteringsanlægget hos CompSoil A/S, Trinderupvej 10, 9500 Hobro. Den aktive del af komposteringen er sket i perioden 25. juni 2024 frem til den 30. august 2024, hvorefter milerne blev flyttet til eftermodning uden vendinger.



Figur 1: CompSoil A/S, Trinderupvej 10, 9500 Hobro

Først blev de udvalgte biomasser undersøgt for indhold af næringsstoffer og kulstof med henblik på fastsættelse af optimalt kulstof- til kvælstofforhold, vandindhold og densitet i blandingen, som skal komposteres. Dette er især vigtigt for den mikrobielle omsætning og kvaliteten af den producerede kompost.

5.2.1 Opskrift på miler

Det er vigtigt at have noget strukturrigt materiale, som forhindrer at milerne falder sammen, og deraf risiko for at der opstår anaerobe, dvs. iltfrie, forhold. Som udgangspunkt tilstræbes 50% groft materiale i kompostblandingen. Det er vigtigt, at der er ilt til stede under hele processen for at undgå dannelse og udslip af metan og lattergas. Dette hjælper det strukturrige materiale med, så der opnås minimum 30% poreluft – svarende til en kompost densitet på max 700 kg/m³ i bunden af milerne.

Desuden er der tilstræbt et højt, men passende, vandindhold således at bakterierne kan dele sig i hele forløbet. Et vandindhold på 50-60% er passende, men da komposteringen her foregik i efterårs- og vinterperioden, er et lavere vandindhold valgt i projektet for at sikre, at forventede nedbørsmængder over vinteren ikke skulle påvirke komposteringsforløbet i negativ retning. Hvis vandindholdet bliver mere end 60% vil den biologiske proces gå i stå da porevolumen i kompostmassen fyldes med vand og dermed forhindrer tilstrækkeligt med ilt.

5.2.2 Blanding af materialer til kompostering

Det vigtige er især, at strukturrigt, træstof-/kulstofholdigt materiale blandes med friskt, kvælstofholdigt materiale, så kompostblandingen får et passende C/N-forhold (C/N 15-30). Til de oplagte 2 miler er det kulstofholdige materiale snittet halm og neddelt sorteret have-/parkaffald. Det kvælstofholdige materiale er biogødning (spildevandsslam).

Der er oplagt 2 miler i lagerhal, hvorfra der ikke er afløb.

Mile 1 med brug af slam (biogødning) fra Bjerringbro Renseanlæg, hvedehalm og neddelt sorteret haveaffald fra Kredsløb Aarhus A/S. Mile 2 med brug af slam (biogødning) fra Slagelse Renseanlæg og neddelt sorteret haveaffald fra Kredsløb Aarhus A/S. Mængder er vejjet på frontlæssers vejedstyr på skov.

Anvendelse af de forskellige organiske materialer fremgår af nedenstående tabel. Neddelt haveaffald, biogødning er indvejet på brovægt hos CompSoil.

Organisk materiale til kompostering i mile 1 - BIO kompost med halm	Mængder			
	tons	m ³	kg/blanding	m ³ /blanding
Type				
Biogødning (slam fra Bjerringbro Renseanlæg)	64,4	64	3.311	3,3
Halm (hvede)	9,7	61	499	3,1
Haveaffald (neddelt og sorteret)	79,2	264	4.072	13,6
Oplagt i mile til kompostering	153,3	389	7.881	20,0
Moden CompSoil kompost til afdækning af mile	2,7	14		
Bemærkninger:				
Antal blandinger a 20 m ³	19			
Oplagt meter mile på 6 m x 4 m	32			
Kompost på mile ved oplægning og efter 1. vending	2,7			

Organisk materiale til kompostering i mile 2 - Bio kompost	Mængder			
	tons	m ³	kg/blanding	m ³ /blanding
Type				
Biogødning (slam fra Slagelse Renseanlæg)	33,6	34	3.709	3,7
Halm (hvede gerne snittet)	0,0	-	-	-
Haveaffald (neddelt og sorteret)	54,6	148	6.028	16,3
Oplagt i mile til kompostering	88,2	181	9.737	20,0
Moden CompSoil kompost til afdækning af mile	1,3	6		
Bemærkninger:				
Antal blandinger a 20 m ³	9			
Oplagt meter mile på 6 m x 4 m	15			
Kompost på mile ved oplægning og efter 1. vending	1,3			

Tabel 5-1 Mængder og blandingsforhold i de 2 oplagte miler

Disse blandingsforhold giver følgende parametre for optimal kompostering.

CompSoil projekt: Optimeret kompostering og reduktion af PFAS			
Organisk materiale til kompostering	Mængder i ton foreliggende		
	Mile 1 - BIO med halm	Mile 2 -BIO	I alt
Type			
Biogødning (slam fra Bjerringbro /Slagelse Renseanlæg)	64	34	98
Halm (hvede)	10	0	10
Haveaffald (neddelt og sorteret)	79	55	134
Oplagt i mile til kompostering	153	88	242
Moden CompSoil kompost til afdækning af kompostmile	5	3	8
Oplagt til kompostering med afdækning	159	91	249
Bemærkninger:			
Beregnet C/N ved oplægning	23	20	
Beregnet % TS ved oplægning	42,3	43,5	
Densitet t/m ³	0,51	0,49	

Tabel 5-2 Væsentlige parametre for C/N, TS og densitet for de 2 oplagte miler

5.2.3 Oplægning af kompostmiler

Biomasserne som komposteres, blandes til en homogen blanding hertil blev der anvendt en møgspreader. Rækkefølgen hvori biomasserne tilsættes er afgørende. Det letteste materiale først dernæst det tungeste. Dette gør det nemmere at få blandingen ensartet.

Hver af biomasserne blev vejlet med vægt tilsluttet gummigedens skovl med en nøjagtighed på +/- 30 kg. Milerne blev oplagt i en højde af 4 m og bredde af 6 m i lukket hal uden gulvafløb.

5.2.4 Biofilter bestående af færdigmodnet kompost

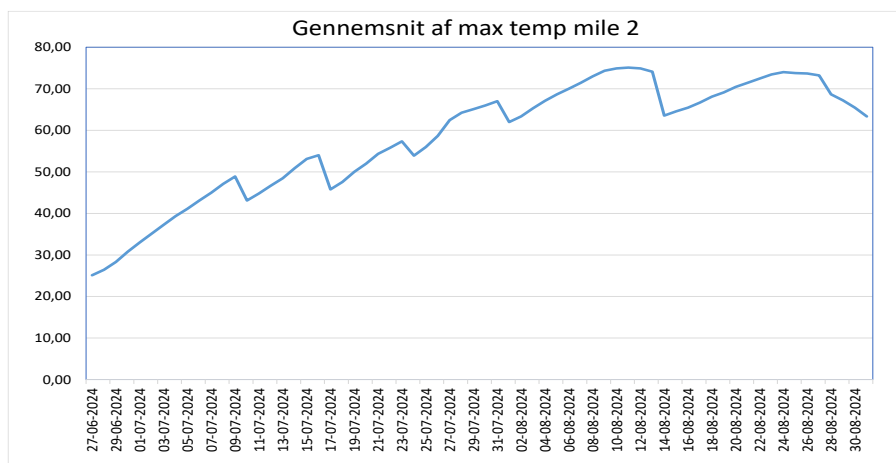
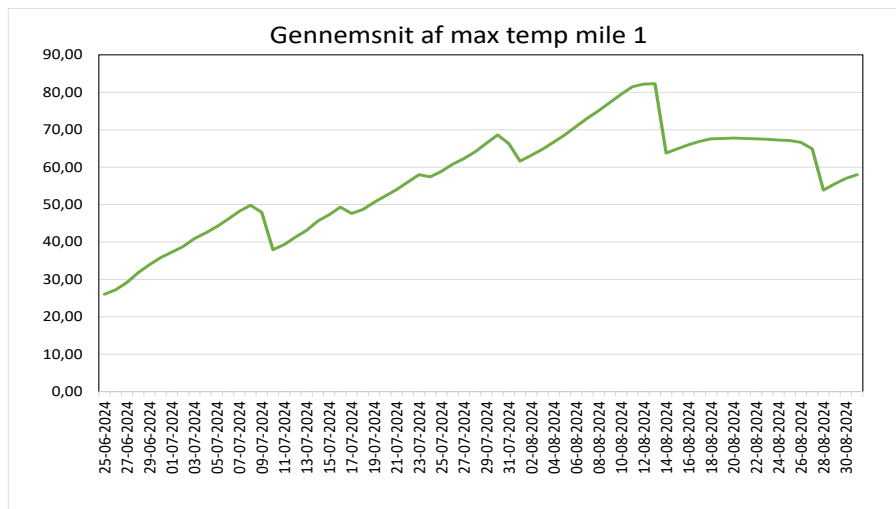
Ved oplægning og efter første vending dækkes det øverste af milerne med ca. 30 cm moden kompost som biofilter. Den færdigmodnede kompost indeholder aktive mikroorganismer, som kan omsætte metan (metanotrofe bakterier som oxiderer metan med enzymet metan-monooxygenase) og ammoniak (nitrificerende bakterier og arkæer omdanner ammoniak til nitrit og nitrat, og mange mikroorganismer bruger desuden ammoniak som kvælstofkilde til dannelse af aminosyrer).

Biofiltret, der dækker milen, har altså en vigtig funktion i at reducere klima- og miljøbelastningen af komposteringsprocessen og pøder desuden komposten med aktive mikroorganismer.

5.3 Monitering af komposteringsprocessen

Efter oplægning af kompostmilerne monteres udstyr til kontinuerlig logning af temperatur gennem hele komposteringsforløbet. Det er vigtigt at kunne følge og dokumentere komposteringsforløbet.

Målingerne er foretaget med spyd monteret med temperaturcensur, der måler både temperaturen kontinuert i midten og yderst i milen.



Tabel 5-3 Gennemsnitlig miletemperatur for mile 1 og 2 pr. døgn under komposteringsforløbet.

5.3.1 Vending af milerne

Temperaturen i milen er et udtryk for varme fra aktiviteten af forskellige organismer. Omkring de 60°C er der god omsætning, men bliver temperaturen over 75-80°C, overtager de varmeelskende (hypertermofile) bakterier, og omsætningshastigheden reduceres væsentligt. Milerne vendes derfor hyppigt.

De første 4 uger vendes milerne én gang om ugen. Den første vending efter 2 uger. Under vendingen er formålet at få materialet blandet godt rundt, så det yderste kommer inderst, det øverste nederst, osv. for at sikre en kontrolleret kompostering med hygiejnisering. Det er ligeledes vigtigt at få løsnet eventuelle klumper, så der ikke opstår iltfattige områder med dannelse af metan og ammoniak.

Efter de første 4 uger med ugentlig vending, vendes der kun ca. hver anden uge. Den totale aktive komposteringstid var 10 uger.

5.3.2 Hygiejnisering

Da milerne har været oppe på 70°C, også hver gang efter vending de første 2-3 uger, er ukrudtsfrø og patogene organismer dræbt og komposten er derved delvis hygiejniseret.

5.4 Prøvetagning

Prøver til analyse er udtaget af akkrediterede laboratorier i henhold til retningslinjer for udtagning af prøver til analyse for fysiske parametre, makro næringsstoffer, tungmetaller, miljøfremmede stoffer og PFAS.

5.5 Analyser

Alle de organiske materialer der indgår i fuldskalakomposteringen, er forinden levering analyseret for tørstof og næringsstoffer kulstof (C), kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K), tungmetaller og miljøfremmede stoffer og PFAS iht. bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. Tilsvarende er de to producerede kompostprodukter undersøgt efter komposteringen. Halm er ikke undersøgt, idet det antages den ikke indeholder væsentlige mængder der kan påvirke beregninger af massebalancer for PFAS.

5.5.1 Tungmetaller og miljøfremmede stoffer

Spildevandsslam (biogødning), neddelt haveaffald og moden kompost der er undersøgt for tungmetaller miljøfremmede stoffer (LAS, PAH, NPE, DEHP og PCB) samt PFAS.

Analyseresultaterne viser, at de undersøgte materialer alle overholder grænseværdierne i Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål og de vejledende grænseværdier for PFAS. Oversigt over analyseresultaterne fremgår af bilag 1.

6. Resultater

På grundlag af de gennemførte analyser og vejning af masser af de anvendte materialer til kompostering og den fremstillede kompost er der foretaget beregning af massebalancer for tørstof, PFAS4 og PFAS22. Der er desuden foretaget registrering af tidsforbrug og brændstofforbrug for det anvendte materiel til gennemførelse af hele komposteringsforløbet på anlægget.

6.1 Massebalance for tørstof og PFAS

Der er gennemført beregninger af massebalancer for tørstof (TS), vandindhold, PFAS4 og PFAS22kompost i både mile 1 og 2. Der er foretaget 2 beregninger.

Den første beregning er med anvendelse af analyseresultater, hvor der er oplyst konkrete værdier som er over analysegrænser for de pågældende stoffer. Hvor analyseværdierne er oplyst at ligge under (<), indgår de massebalance beregningerne med værdien 0. Massebalancen er derfor beregnet for minimalt (min) indhold af PFAS.

Den anden beregning er med anvendelse af analyseresultater, hvor der er oplyst konkrete værdier og for de stoffer hvor der de oplyst, at være under (<) er anvendt 1/2 af den angivne værdi. Kun for de stoffer, der er oplyst at de ikke er påvist (i.p.) er anvendt værdien 0. Massebalancen er derfor beregnet for mest sandsynligt (mid) indhold af PFAS

6.1.1 Beregning 1: Minimalt indhold af PFAS

Der er i denne beregning en massereduktion på 18 % for indholdet af tørstof (TS), 84 % for PFAS4 og 41 % for PFAS22 i mile 1. Mile 2 er en massereduktion på 27 % for tørstof (TS), 86 % for PFAS4 og 70 % for PFAS22. De opnåede massereduktioner i fuldskalaprojektet fremgår af nedenstående tabeller.

Organisk materiale til kompostering i mile 1	Mængde				PFAS 4 (min)		PFAS 22 (min)		
	Enhed	tons	% TS	tons TS	ton H ₂ O	mg/kg TS	mg	mg/kg TS	mg
Biogødning: Slam fra Bjerringbro Rensningsanlæg		64,4	16,0	10,3	54,1	0,0130	133,95	0,0180	185,47
Tilslagsmateriale: Hvede halm		9,7	88,0	8,5	1,2	-	-	-	-
Haveaffald: Finfraktion fra Kredsløb Aarhus		79,2	58,0	45,9	33,3	Ej påvist	-	Ej påvist	-
Oplagt i mile til kompostering		153,3	42,3	64,8	88,5		133,95		185,47
Kompost til afdækning af kompostmile 2 gange		5,4	56,2	3,0	2,4	0,0027	8,19	0,0102	30,95
Oplagt til kompostering med afdækning		158,7	42,7	67,8	90,9		142,15		216,43
Produceret kompost		117,4	47,6	55,9	61,5	0,0004	22,35	0,0023	128,53
Ændringer i mængder efter kompostering		-26%		-18%	-32%		-84%		-41%

Organisk materiale til kompostering i mile 2	Mængde				PFAS 4 (min)		PFAS 22 (min)		
	Enhed	tons	% TS	tons TS	ton H ₂ O	mg/kg TS	mg	mg/kg TS	mg
Biogødning: Slam fra Slagelse Renseanlæg		33,6	20,0	6,7	26,9	0,0120	80,64	0,0180	120,96
Tilslagsmateriale: Hvede halm		0	88,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Haveaffald: Finfraktion fra Kredsløb Aarhus		54,6	58,0	31,7	22,9	Ej påvist		Ej påvist	
Oplagt i mile til kompostering		88,2	43,5	38,4	49,8		80,64		120,96
Kompost til afdækning af kompostmile 2 gange		2,5	56,2	1,4	1,1	0,0027	3,79	0,0102	14,33
Oplagt til kompostering med afdækning		90,7	43,9	39,8	50,9		84,43		135,29
Produceret kompost		68,9	41,9	28,9	40,0	0,0004	11,55	0,0014	40,42
Ændringer i mængder efter kompostering		-24%		-27%	-21%		-86%		-70%

Tabel 6-1 Massereduktioner af tørstof, PFAS 4 og PFAS 22 ved optimeret kontrolleret kompostering i mile 1 og 2
Beregningerne af indhold af PFAS fremgår af bilag 2.

6.1.2 Beregning 2: Mest sandsynligt indhold af PFAS

Der er en massereduktion på 18 % for indholdet af tørstof (TS), 82 % for PFAS4 og 55 % for PFAS22 i mile 1. Mile 2 er en massereduktion på 27 % for tørstof (TS), 84 % for PFAS4 og 75 % for PFAS22. De opnåede massereduktioner i fuldskalaprojektet fremgår af nedenstående tabeller.

Organisk materiale til kompostering i mile 1	Mængde				PFAS 4 ^{Mid}		PFAS 22 ^{Mid}		
	Enhed	tons	% TS	tons TS	ton H ₂ O	mg/kg TS	mg	mg/kg TS	mg
Biogødning: Slam fra Bjerringbro Rensningsanlæg		64,4	16,0	10,3	54,1	0,0133	136,63	0,0237	244,69
Tilslagsmateriale: Hvede halm		9,7	88,0	8,5	1,2	-	-	-	-
Haveaffald: Finfraktion fra Kredsløb Aarhus		79,2	58,0	45,9	33,3	0,0002	9,19	0,0025	112,54
Oplagt i mile til kompostering		153,3	42,3	64,8	88,5		145,82		357,24
Kompost til afdækning af kompostmile 2 gange		5,4	56,2	3,0	2,4	0,0028	8,50	0,0123	37,18
Oplagt til kompostering med afdækning		158,7	42,7	67,8	90,9		154,32		394,41
Produceret kompost		117,4	47,6	55,9	61,5	0,0005	27,94	0,0032	176,03
Ændringer i mængder efter kompostering		-26%		-18%	-32%		-82%		-55%

Organisk materiale til kompostering i mile 2	Mængde				PFAS 4 ^{Mid}		PFAS 22 ^{Mid}		
	Enhed	tons	% TS	tons TS	ton H ₂ O	mg/kg TS	mg	mg/kg TS	mg
Biogødning: Slam fra Slagelse Renseanlæg		33,6	20,0	6,7	26,9	0,0122	81,69	0,0241	161,93
Tilslagsmateriale: Hvede halm		0	88,0	0,0	0,0	-	-	-	-
Haveaffald: Finfraktion fra Kredsløb Aarhus		54,6	58,0	31,7	22,9	0,0002	6,33	0,0025	77,59
Oplagt i mile til kompostering		88,2	43,5	38,4	49,8		88,02		239,51
Kompost til afdækning af kompostmile 2 gange		2,5	56,2	1,4	1,1	0,0028	3,93	0,0123	17,21
Oplagt til kompostering med afdækning		90,7	43,9	39,8	50,9		91,96		256,72
Produceret kompost		68,9	41,9	28,9	40,0	0,0005	14,43	0,0023	64,96
Ændringer i mængder efter kompostering		-24%		-27%	-21%		-84%		-75%

Tabel 6-2 Massereduktioner af tørstof, PFAS4 og PFAS22 ved optimeret kontrolleret kompostering i mile 1 og 2

Beregningerne af indhold af PFAS fremgår af bilag 3.

6.2 Energiforbrug

I forbindelse med blanding og oplægning af de tre miler er der foretaget registrering af tidsforbruget for det anvendte materiel. Derudover er anvendelse af materiel, tidsforbrug og brændstofforbrug skønnet for de øvrige aktiviteter ved gennemførelse af hele fuldskalaforsøget.

Hvis der kun medtages omkostninger til kompostering af have- og parkaffald, der i forvejen er sorteret og leveret, viser beregninger et brændstofforbrug på 1,2 l miljødiesel per ton materiale oplagt og anvendt til komposteringen. Det svarer til et forbrug på 1,3 l miljødiesel per ton kompost fremstillet.

Beregningerne fremgår af bilag 4.

7. Konklusion

Målet med forsøget var at dokumentere, at reduktion af PFAS4 og PFAS22 er mulig gennem optimeret, termofil, aerob og kontrolleret kompostering i to separate miler. Komposteringsprocessen strakte sig over to måneder fra slutningen af juni 2024. Herefter fulgte en to måneders eftermodningsperiode.

På grundlag af de gennemførte analyser og vejning af masser af de anvendte materialer til kompostering og den fremstillede kompost er der foretaget beregning af massebalancer for tørstof, PFAS 4 og 22.

Forsøgene viser, at der sker en markant reduktion af PFAS, med 82-86 % for PFAS4 og 41-75 % for PFAS22 og bekræfter, at optimeret kontrolleret aerob kompostering også kan være en metode til behandling af PFAS-holdigt spildevandsslam med et begrænset forbrug af energi.

Bilag 1: Oversigt over analyseresultater

Analyser af materialer til kompostering og produceret bio kompost								
Analyse parametre	Materialer til kompostering					Efter kompostering		
Analyseparameter	Biogødning (slam) fra Bjerringbro i mile 1 - analyse rapport AR-23-CA-23073575-01 fra Eurofins Miljø A/S	Biogødning (slam) fra Sløgeløse i mile 2 - analyse rapport AR-24-CA-24007736-01 fra Eurofins Miljø A/S	Halm (hvede)	Haveaffald - analyse rapport AR-24-CA-24074396-01 fra Eurofins Miljø A/S	Egen kompost - analyse rapport nr. 90 og 92 fra Dansk Miljølaboratorium ApS	Bio kompost (mile 1) - analyse rapport nr. 183 fra Dansk Miljølaboratorium ApS	Bio kompost fra mile 2 - analyse rapport nr. 184 fra Dansk Miljølaboratorium ApS	Grænseværdier iht. Affald til Jord bekendtgørelsen
% TS	16,0	20,0	88,0	58,0	56,2	47,6	41,9	
Mængde i kg						117.400	68.900	
Næringsstoffer i mg pr. kg tørstof								
TOC	245.000	201.600	452.000	366.897	279.359	148.000	164.000	
Total N	58.000	60.000	5.300	7.800	27.100	18.600	23.800	
Total P	38.000	31.000	900	1.200	5.540	6.660	9.620	
Total K	4.400	3.800	1.500	6.700	2.920	6.440	6.190	
C/N	4	3	85	47	10	8	7	
Tungmetaller i mg pr. kg tørstof								
Cadmium	0,8	1,4	0,1	0,2	0,2	0,5	0,6	0,8
Cadmium pr. fosforenhed		45,0						100,0
Kviksølv	0,7	0,5	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,8
Bly	21	24	<2	<2	14	17	19	120
Nikkel	47	26	<1	5	9	11	11	30
Chrom	34	23	1,2	4	11	12	14	100
Zink	900	660	4,7	56	236	288	325	4.000
Kobber	180	470	<3	18	53	55	79	1.000
Miljøfremmede stoffer i mg pr. kg. tørstof								
LAS (vaske- og overfladeaktive stoffer)	<50	<50	<100		220	<50	65	1.300
Σ PAH (bla. fra ufuldstændig forbrænding)	0,55	1,50	0,027	0,73	1,36	4,01	1,18	3
NPE (overfladeaktive stoffer, emulgatorer)	Ej påvist	0,88	0,37		<0,17	<0,29	<0,28	10
DEHP (bla. blødgørere i PVC-plast)	<10	6,7	<2		<1	1,00	1,00	50
Σ PCB7 (bl.a. brandhæmmere og blødgørere)								0,2
ΣPFAS4 (4 fluorholdige stoffer der langsomt nedbrydes i naturen)	0,013	0,012		Ej påvist	0,0027	0,0004	0,0004	0,01
ΣPFAS22 (22 fluorholdige stoffer der langsomt nedbrydes i naturen)	0,018	0,018		Ej påvist	0,0102	0,0023	0,0014	0,40
TOF (total organisk flour)				50,4643	60,7660	57,7388	60,9226	

Bilag 2: Beregninger af mindst indhold af PFAS

Beregninger af PFAS for mindst indhold (min)						
	Slam fra Bjerring bro (mille 1)	Slam fra Slagelse (mille 2)	Neddelet havepark	Multi biokompost (biocover)	Biokompost mille 1 (med halm)	Biokompost mille 2 (uden halm)
Organisk materiale til kompostering						
Analyser	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
PFBA (Perfluorbutansyre)	<0,00033	<0,00031	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluorpentansyre (PFPeA)	<0,000099	<0,000092	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluorhexansyre (PFHxA)	0,00013	0,00034	<0,0001	0,00460	0,00160	0,00040
Perfluorheptansyre (PFHpA)	<0,000099	<0,000092	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluoroctansyre (PFOA)	0,00055	0,00061	<0,0001	0,00050	0,00020	0,00030
Perfluornonansyre (PFNA)	0,00046	0,00050	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluordecansyre (PFDA)	0,00220	0,00190	<0,0001	0,00060	0,00020	0,00040
Perfluorundecansyre (PFUnDA)	0,00044	0,00037	<0,0001	0,00060	<0,0001	<0,0001
Perfluordodecansyre (PFDoDA)	0,00077	0,00077	<0,0001	0,00060	0,00010	<0,0001
Perfluortridecansyre (PFTrDA)	<0,00033	<0,00031	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	<0,000099	0,00009	<0,0001	0,00100	<0,0001	<0,0001
Perfluorpentansulfonsyre (PFPeS)	<0,00033	<0,00026	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	0,00025	<0,000092	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluorheptansulfonsyre (PFHpS)	<0,000099	0,00009	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluoroctansulfonsyre (PFOS)	0,01200	0,01100	<0,0001	0,00220	0,00020	0,00010
Perfluornonansulfonsyre (PFNS)	<0,00066	<0,00062	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluordecansulfonsyre (PFDS)	<0,000099	<0,000076	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Perfluorundecansulfonsyre (PFUnDS)	<0,0033	<0,0031	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001
Perfluordodecansulfonsyre (PFDoDS)	<0,0033	<0,0031	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001
Perfluortridecansulfonsyre (PFTrDS)	<0,0033	<0,0031	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001
6:2 fluortelomersulfonsyre (6:2 FTS)	<0,000099	<0,000092	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,00020
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	0,00088	0,00280	<0,0001	0,00010	<0,0001	<0,0001
Sum af PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS (4) *Beregning	0,01326	0,01211	Ej påvist	0,00270	0,00040	0,00040
PFAS Sum (22) *Beregning	0,01768	0,01847	Ej påvist	0,01020	0,00230	0,00140

Bilag 3: Beregninger af mest sandsynligt indhold af PFAS

Beregninger af PFAS for mest sandsynligt indhold (mid)						
	Slam fra Bjerring bro (mile 1)	Slam fra Slagelse (mile 2)	Neddejt havepark	Multi biokompost (biocover)	Biokompost mile 1 (med halm)	Biokompost mile 2 (uden halm)
Organisk materiale til kompostering	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Analyser	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
PFBA (Perfluorbutansyre)	0,000165	0,000155	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluorpentansyre (PFPeA)	0,0000495	0,000046	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluorhexansyre (PFHxA)	0,00013	0,00034	0,00005	0,0046	0,0016	0,0004
Perfluorheptansyre (PFHpA)	0,0000495	0,000046	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluoroctansyre (PFOA)	0,00055	0,00061	0,00005	0,0005	0,0002	0,0003
Perfluornonansyre (PFNA)	0,00046	0,0005	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluordecansyre (PFDA)	0,0022	0,0019	0,00005	0,0006	0,0002	0,0004
Perfluorundecansyre (PFUnDA)	0,00044	0,00037	0,00005	0,0006	0,00005	0,00005
Perfluordodecansyre (PFDoDA)	0,00077	0,00077	0,00005	0,0006	0,0001	0,00005
Perfluortridecansyre (PFTrDA)	0,000165	0,000155	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluorbutansulfonsyre (PFBS)	0,0000495	0,000092	0,00005	0,001	0,00005	0,00005
Perfluorpentansulfonsyre (PFPeS)	0,000165	0,00013	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	0,00025	0,000046	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluorheptansulfonsyre (PFHpS)	0,0000495	0,000092	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluoroctansulfonsyre (PFOS)	0,0120	0,011	0,00005	0,0022	0,0002	0,0001
Perfluornonansulfonsyre (PFNS)	0,00033	0,00031	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluordecansulfonsyre (PFDS)	0,000045	0,000038	0,00005	0,00005	0,00005	0,00005
Perfluorundecansulfonsyre (PFUnDS)	0,00165	0,00155	0,00050	0,0005	0,00005	0,00005
Perfluordodecansulfonsyre (PFDoDS)	0,00165	0,00155	0,00050	0,0005	0,00005	0,00005
Perfluortridecansulfonsyre (PFTrDS)	0,00165	0,00155	0,00050	0,0005	0,00005	0,00005
6:2 fluortelomersulfonsyre (6:2 FTS)	0,0000495	0,000046	0,00005	0,00005	0,00005	0,0002
Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)	0,00088	0,0028	0,00005	0,0001	0,00005	0,00005
Sum af PFOA, PFOS, PFNA og PFHxS (4) *Beregning	0,01326	0,0122	0,0002	0,0028	0,0005	0,0005
PFAS Sum (22) *Beregning	0,0237	0,0241	0,0025	0,0123	0,0032	0,0023

Bilag 4: Ressourceforbrug

Kompostering hos CompSoil 2024					
Kompostering i mile 1 med halm Proces/enheder <i>uden neddeling og sortering af haveaffald</i>	Mængder og kapacitet				
	Ton	T/time	Timer	L diesel/ time	L diesel
Blanding og oplægning af mile	159		7,00		
Frontlæsser		23		10	70,00
Traktor med møgspreader		23		25	175,00
Vending af mile 1. og 2. gang	317		5,00		
Frontlæsser		63		10	50,00
Traktor med møgspreader		63		25	125,00
Vending af mile 3. - 6. gang	1.270		3,00		
Frontlæsser		423		10	30,00
Oplægning af moden kompost i lager	117		1,00		
Frontlæsser		117		10	10,00
Samlet energiforbrug					460,00
Frontlæsser			16,00	10	160,00
Traktor med møgspreader			12,00	25	300,00
Energiforbrug per ton komposteret	159				2,90
Energiforbrug per ton kompost	117				3,92

