



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# Minimering af gasemissioner fra kompostering af haveaffald

Teknisk rapport

Miljøprojekt, nr. 2314

Juli 2026



Udgiver: Miljøstyrelsen

Titel: Minimering af gasemissioner fra kompostering af haveaffald

Formål: Rapporten præsenterer resultaterne af et fuldskalaforsøg udført på tre danske komposteringsanlæg med det formål at reducere emissionen af drivhusgasserne metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O) fra kompostering af haveaffald.

[Angiv formål med rapport – max. 100 ord]

Udarbejdet af: DTU Sustain og Haugsted Consult med bidrag fra Miljøstyrelsen, Randers Kommune, Gemidan, Kerteminde Forsyning og Solum

Udarbejdet for: Miljøstyrelsen

Finansieret af: Miljøstyrelsen - Rapporten er medfinansieret af EU gennem LIFE IP programmet

Leveringsdato for rapport: 7. april 2026

Redaktion:

Anders M. Fredenslund (DTU), Louise Anne Klotz (DTU), Per Haugsted Petersen (Haugsted Consult), Grégory Guillaume Lemaire (DTU) og Charlotte Scheutz (DTU)

Fotos: Anders M. Fredenslund (DTU)

ISBN: 978-87-7564-123-9

Rapporten er medfinansieret af EU gennem LIFE IP programmet. Indholdet i rapporten afspejler alene forfatterens synspunkter. CINEA og Europa-Kommissionen kan ikke gøres ansvarlig for indholdet.

**Det bemærkes, at ressortansvaret for sager vedrørende affald og dermed indholdet i denne rapport, pr. 3. juni 2026 overgik til Klima- Energi, - og Forsyningsministeriet. Rapporten er udarbejdet i perioden 2024-2025.**

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>4</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Indledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Metode</b>	<b>8</b>
2.1 Oversigt over forsøg	8
2.2 Målemetoder	10
2.2.1 Sporgasmålinger	10
2.2.2 Gasflux fra rørførte emissionskilder	10
2.2.3 Fluxkammermålinger	11
2.2.4 Gassammensætning og temperaturmålinger	12
2.2.5 Modenhed af kompost	12
2.2.6 Miledimensioner	12
2.3 Beregning af direkte og indirekte drivhusgasemissioner for komposteringsperioden	13
<b>3. Resultater</b>	<b>14</b>
3.1 Direkte CH <sub>4</sub> - og N <sub>2</sub> O-emissioner og kompostmodenhed	14
3.2 Gassammensætning og temperaturer	15
3.3 Drivhusgasemission fra forskellig komposteringspraksis og reduktionspotentiale	17
3.4 Sammenligning af emissionsfaktorer og reduktionspotentiale ved optimeret komposteringspraksis	17
<b>4. Diskussion</b>	<b>19</b>
<b>5. Konklusion</b>	<b>21</b>
<b>Referencer</b>	<b>22</b>
<b>Bilag 1. Supplerende oplysninger</b>	<b>24</b>

# Forord

Denne rapport indeholder resultaterne fra projektet "Minimering af gasemissioner fra kompostering af haveaffald". Projektet blev udført i perioden 2024-2025 af DTU Sustain og Haugsted Consult med bidrag fra Miljøstyrelsen, Randers Kommune, Gemidan, Kerteminde Forsyning og Solum.

Følgende personer takkes for deres bidrag: Inge Werther (Miljøstyrelsen), Tenna Storgaard (Randers Kommune), Søren Steffensen (Gemidan), Bo Hvidkær (Kerteminde Forsyning) og Morten Brøgger Kristensen (Solum). Disse personer har bidraget med kommentarer til rapporten. Derudover takkes driftspersonale hos de nævnte virksomheder.

Projektet har været støttet økonomisk af Miljøstyrelsen samt EU gennem LIFE IP programmet. Gemidan, Kerteminde Forsyning og Solum har bidraget i form af værtskab for udførelse af forsøgets eksperimenter, udførelse af kompostering i henhold til forsøgsplan samt registrering af en række informationer til brug i projektet.

Kongens Lyngby, marts 2026

Anders M. Fredenslund  
Seniorforsker

# Sammenfatning

Rapporten præsenterer resultaterne af et fuldskalaforsøg udført på tre danske komposteringsanlæg med det formål at reducere emissionen af drivhusgasserne metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O) fra kompostering af haveaffald. Effekten af følgende driftsparametres indflydelse blev undersøgt:

- Milestørrelse (lille vs. stor)
- Forbehandling (sorteret vs. usorteret)
- Vendingsfrekvens
- Beluftningsregime (passiv vs. aktiv)
- Brug af biocover

## Hovedresultater:

- Milestørrelse var den mest afgørende faktor, hvor store miler (4.5 m høje, 8 m brede) udledte markant mere CH<sub>4</sub> end små miler (3 m høje, 5 m brede), også når emissionen normaliseres til per ton behandlet affald.
- Kompostering af usorteret neddelt haveaffald gav hurtigere kompostmodning og lavere samlede CH<sub>4</sub>-emissioner ved milekompostering sammenlignet med kompostering af sorteret haveaffald, selvom emissionsraten var højere i starten.
- Vendingsfrekvens havde ingen tydelig effekt på CH<sub>4</sub>- eller N<sub>2</sub>O-emissioner.
- Aktiv beluftning af usorteret neddelt haveaffald i komposteringsmodul var en af de praksis, der havde lavest CH<sub>4</sub>-emission.
- Biocover gav ingen tydelig reduktion i CH<sub>4</sub>-emission.
- De samlede N<sub>2</sub>O-emissioner (i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter) var 10-100 gange lavere end CH<sub>4</sub>-emissionerne.
- Energiforbruget til vending og beluftning bidrog med under 20% af den samlede drivhusgasemission.

## Optimale praksisser:

Små passivt beluftede komposteringsmiler med usorteret neddelt haveaffald viste de laveste samlede emissioner. Aktiv beluftning af usorteret neddelt haveaffald samt små miler med sorteret neddelt haveaffald gav også relativt lave emissioner.

Ved at følge disse praksisser kan CH<sub>4</sub>-emissioner reduceres med ca. 68% i forhold til den nationale gennemsnitlige emissionsfaktor for kompostering af haveaffald i Danmark (fra ca. 2,57 kg CH<sub>4</sub>/ton våd vægt (vv) til ca. 0,8 kg CH<sub>4</sub>/ton vv).

# Summary

The report presents the results of a full-scale trial carried out at three Danish composting facilities with the aim of reducing emissions of the greenhouse gases methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) from composting of garden waste. The influence of the following operational parameters was investigated:

- Windrow size (small vs large)
- Pre-treatment (sorted vs unsorted)
- Turning frequency
- Aeration regime (passive vs active)
- Use of biocover

## Main findings:

- Windrow size was the most decisive factor, with large windrows (4.5 m high, 8 m wide) emitting significantly more CH<sub>4</sub> than small windrows (3 m high, 5 m wide), even when emissions were normalised per tonne of treated waste.
- Composting unsorted shredded garden waste resulted in faster compost maturation and lower overall CH<sub>4</sub> emissions in passively aerated windrows, although the emission rate was higher at the beginning.
- Turning frequency had no clear effect on CH<sub>4</sub> or N<sub>2</sub>O emissions.
- Active aeration of unsorted shredded garden waste in a composting chamber was among the practices with the lowest CH<sub>4</sub> emissions.
- Biocover showed no clear reduction in CH<sub>4</sub> emissions.
- Total N<sub>2</sub>O emissions (in CO<sub>2</sub>-equivalents) were 10–100 times lower than CH<sub>4</sub> emissions.
- Energy consumption for turning and aeration contributed less than 20% of the total greenhouse gas emissions.

## Optimal practices:

Small, passively aerated composting windrows with unsorted shredded garden waste showed the lowest overall emissions. Active aeration of unsorted shredded garden waste, as well as small windrows with sorted shredded garden waste, also resulted in relatively low emissions.

By following these practices, CH<sub>4</sub> emissions can be reduced by approximately 68% compared with the national average emission factor for composting garden waste in Denmark (from approx. 2.57 kg CH<sub>4</sub>/tonne wet weight to approx. 0.8 kg CH<sub>4</sub>/tonne wet weight).

# 1. Indledning

Miljøprojekt nr. 2226 "Reduktion af klimagasser fra behandling af haveaffald – Del 2: Emissionsfaktorer for behandling af haveaffald i Danmark." fra 2023 undersøgte emissioner af metan (CH<sub>4</sub>) og lattergas (N<sub>2</sub>O) fra kompostering af haveaffald i Danmark. I undersøgelsen indgik målinger af CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O fra forskellige anlæg til kompostering af haveaffald – alle passivt beluftede, men med forskellige karakteristika ift. milehøjde, vendingsfrekvens mm. Der blev observeret forskelle i emissionsfaktor for de forskellige anlæg, der muligvis kan tilskrives forskellig praksisser på anlæggene, men præcise sammenhænge mellem praksis og emission kunne ikke etableres i undersøgelsen. Desuden blev der i undersøgelsen målt emissioner fra oplag af finstof (den fine fraktion af neddelte sorteret haveaffald) uden egentlig kompostering, hvilket p.t. er en udbredt metode til genanvendelse af haveaffald i landbruget.

I forhold til hensyn om at mindske emission af drivhusgasser fra kompostering blev det fundet relevant at afprøve forskellig praksis eksperimentelt. Denne rapport indeholder resultaterne af forsøg med kompostering af haveaffald i fuld skala på danske komposteringsanlæg, hvor indflydelsen af forskellige driftsforhold på emissionen af CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O blev undersøgt herunder vendingsfrekvens, miledimensioner, kompostering af hhv. sorteret og usortet haveaffald, brug af biocover udlagt på mile samt aktiv versus passiv beluftning. Der blev i løbet af komposteringen målt CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emission samt en række andre parametre (sammensætning af poregassen i komposteringsmilen, miletemperatur, kompostens modenhed, energiforbrug til neddeling, sortering, vending mm.)

Projektets overordnede formål har været at tilvejebringe dokumentation for emissionen af CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O fra forskellige praksis for kompostering. Det er hensigten, at projektets resultater kan fungere som dokumentation ift. at definere krav til behandlere af haveaffald, med henblik på at mindske udledning af drivhusgasser. Projektets forsøgsplan blev udført ud fra en begrundet forventning om, at CH<sub>4</sub>-dannelse og emission kan reduceres væsentligt ved at sikre bedre iltning af haveaffaldet under komposteringen, så anaerobe forhold i materialet mindskes under komposteringen og dermed betingelser for CH<sub>4</sub>-dannelse. Hertil er der fundet inspiration fra Miljøprojekt 1212 "Driftsvilkår for komposteringsanlæg" ud fra en forventning om, at de vilkår, der er angivet i dette projekt med henblik på lugtreduktion, vil have en effekt i form af mindre anaerobe forhold under kompostering og dermed mindre CH<sub>4</sub>-dannelse.

Denne rapport henvender sig især til virksomheder, der behandler haveaffald, rådgivere og myndigheder. Desuden er en videnskabelig artikel under udarbejdelse.

## 2. Metode

### 2.1 Oversigt over forsøg

Forsøget omfattede kompostering af haveaffald i fuld skala på tre anlæg benævnt P1, P2 og A3 i det følgende:

- **P1:** Passiv beluftet milekompostering af neddelt, usorteret haveaffald (Kerteminde Forsyning)
- **P2:** Passiv beluftet milekompostering af neddelt, sorteret haveaffald (Gemidan, Holsted)
- **A3:** Aktiv beluftet kompostering i moduler af neddelt hhv. sorteret og usorteret haveaffald (Solum, Audebo)

På de tre anlæg er der gennemført variationer af kompostering, hvor der for P1 og P2 blev varieret i forhold til miledimensioner, vendingsfrekvens og brug af kompost som biocover, hvor et ca. 30 cm lag modnet kompost blev tilført i starten af komposteringen. Tabel 1 lister de i alt 10 variationer af kompostering af haveaffald, der blev undersøgt.

**TABEL 1.** Oversigt over karakteristika for de forskellige miler/moduler, der indgik i forsøget.

Id	Anlæg	Beluftning	Sorteret/usorteret	Milehøjde (m)	Milebredde (m)	Tid mellem vending (uger)	Behandlet mængde (tons vv)
1A*	P1	Passiv	Usorteret	3	5	2	179
1B*	P1	Passiv	Usorteret	4,5	8	2	555
2A	P1	Passiv	Usorteret	3	5	4	205
2B**	P1	Passiv	Usorteret	4,5	8	4	529
3A*	P2	Passiv	Sorteret***	3	5	2	320
3B*	P2	Passiv	Sorteret***	4,5	8	2	450
4A	P2	Passiv	Sorteret***	3	5	4	340
4B**	P2	Passiv	Sorteret***	4,5	8	4	430
5A	A3	Aktiv	Sorteret	-	-	8	162
5B*	A3	Aktiv	Usorteret	-	-	8	130

\* 30 cm biocover af moden kompost blev udlagt på toppen af komposteringsmilen til start og efter første vending. Mængden af dette materiale indgår ikke i behandlet mængde i tabellen.

\*\* Reference – størst lighed med nuværende praksis på danske komposteringsanlæg.

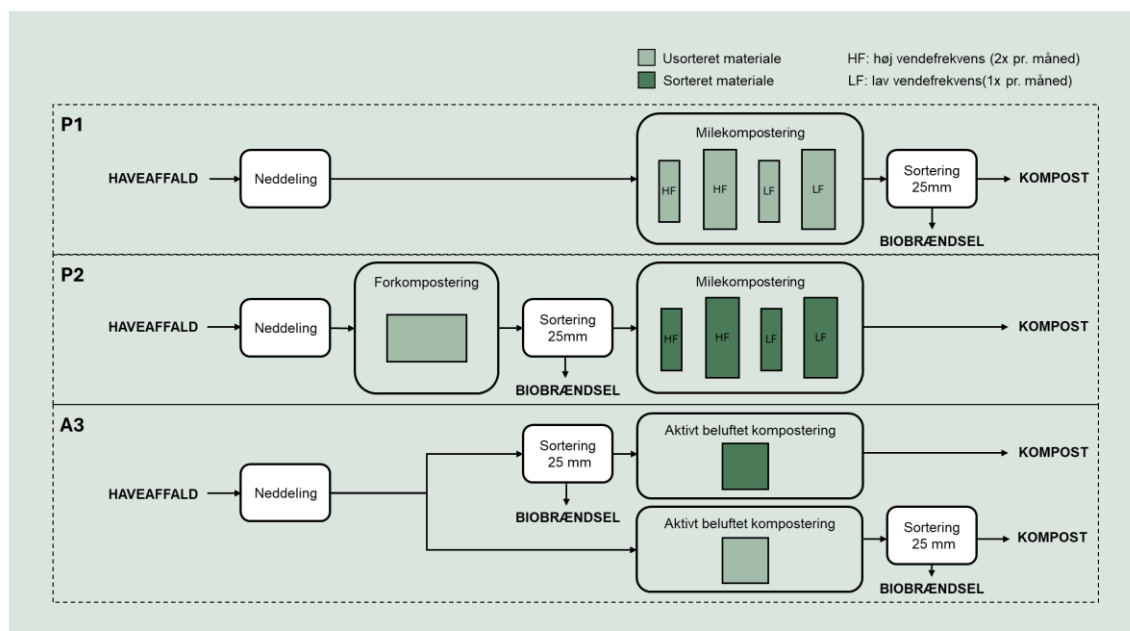
\*\*\* Forkomposteret usorteret i 4 uger

For de passivt beluftede kompostmiler blev der varieret i forhold til milehøjde. Der blev dels testet milehøjde svarende til mest almindelig praksis i Danmark (4,5 m) og dels testet lavere milehøjde (3 m). De høje miler var 8 m brede, mens de lavere miler var 5 m brede. De passivt beluftede miler varierede i øvrigt i vendingsfrekvens, hvor der blev testet almindelig praksis (vending ca. hver 4. uge) samt hyppigere vending (hver 2. uge).

Desuden blev der testet brug af biocover, hvor et ca. 30 cm lag modnet kompost blev tilføjet på toppen af milerne 1A, 1B, 3A og 3B til start og efter første vending. Materialet blev iblandet det resterende materiale i milen i forbindelse med første og anden vending, der blev gjort med gummiged på begge anlæg. Der blev anvendt mellem ca. 31 og 145 tons færdig kompost pr.

mile til biocover. Der var biocover på de nævnte miler i de første 4-5 uger indtil anden vending. Mængder af materiale til biocover, datoer for oplægning og vending af miler er listet i Bilag 1. Disse variationer ift. milehøjde, vendingsfrekvens og brug af biocover blev testet for neddelte, usorteret haveaffald på anlæg P1. Samme forsøg ift. milehøjde, vendingsfrekvens og brug af biocover blev udført på anlæg P2, her blev haveaffaldet dog neddelte og sorteret på tromlesigte (25 mm sold) og kun den fine fraktion blev komposteret. Inden sortering og oplægning af det neddelte haveaffald i miler, var haveaffaldet ”forkomposteret” oplagt i bunker i fire uger usorteret. Denne forkompostering blev gjort for at sikre, at temperaturen i haveaffaldet havde været oppe på det ønskede niveau under processen.

På anlæg A3 blev kompostering gjort med brug af aktiv beluftning i to moduler med hhv. sorteret og usorteret, neddelte haveaffald. Den aktive beluftning foregik ved, at luft blev pumpet fra bunden af materialet, så atmosfærisk luft blev trukket fra toppen af materialet og ned gennem materialet (1500 m<sup>3</sup>/time i hvert modul). Denne beluftning med brug af sug (undertryk) blev gjort i 5 minutters intervaller, hvor beluftningen var tændt 5 minutter, så slukket 5 minutter, og så tændt 5 minutter igen.



**FIGUR 1.** Procesdiagrammer for behandling af haveaffald på de tre anlæg.

Kompostering på de tre anlæg, som illustreret i figur 1, blev igangsat ca. samtidigt (november, 2024), hvormed sammensætning af materialet i forhold til sæsonbetinget variation var så ens så muligt.

På de tre anlæg blev der målt emission af CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O for hver mile (passiv beluftning)/modul (aktiv beluftning) ved alt 6 målekampagner for hvert anlæg. Målekampagnerne var fordelt, så hyppigheden var højest i starten af komposteringen grundet forventning om, at emissionen vil være højest i den første del af komposteringsperioden. En tidslinje for opstart af forsøg, målekampagner, vending af miler mv. for de forskellige anlæg er angivet i bilag.

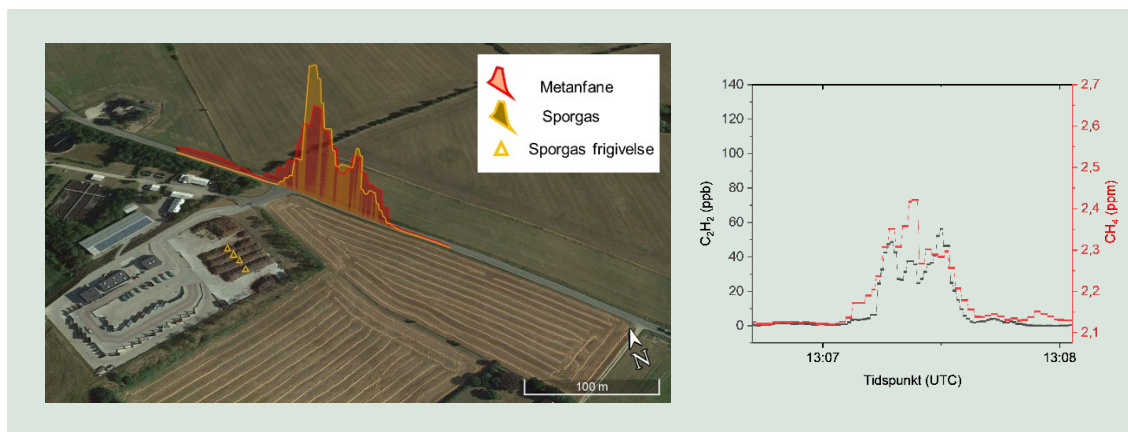
Målekampagnerne blev afsluttet, når komposten i de forskellige miler og moduler på anlæggene blev testet moden med brug af modenhedstest, hvormed materialet dermed var færdigbehandlet og kunne nyttiggøres.

## 2.2 Målemetoder

I dette afsnit gennemgås de målemetoder, der blev anvendt til måling af emissioner, samt øvrige målinger af gassammensætning mv.

### 2.2.1 Sporgasmålinger

For anlæggene P1 og P2 blev den totale  $\text{CH}_4$ -emission målt med brug af dynamisk sporgasdispersionsmetode (Scheutz et al., 2011; Mønster et al., 2014) (herefter "sporgasmetode"). Metoden kombinerer kontinuerlig frigivelse af sporgas (her acetylen –  $\text{C}_2\text{H}_2$ ) på anlægget med nedvindsmålinger af  $\text{CH}_4$  og sporgas.  $\text{CH}_4$ -emissionen fra anlægget bestemmes herefter ud fra forholdet mellem koncentrationen af  $\text{CH}_4$  og sporgas målt nedvinds anlægget, samt den kendte udledning af sporgas. Målemetoden er veldokumenteret og har sammenlignet med andre kendte metoder en relativ lav måleusikkerhed, hvilket er dokumenteret i en række nationale og internationale projekter, hvor der er udført sammenligningstests og kontrollerede frigivelsestest (Mønster et al., 2014, Delre et al., 2018, Fredenslund et al., 2019). Der er udviklet en "best-practice" for metoden, der er fulgt her, og som er beskrevet i Scheutz & Kjeldsen, 2019. Metoden kræver analyseudstyr, der kan kvantificere små koncentrationsforskelle i ppb-niveau. Her er anvendt en Picarro  $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_2$  analyser med præcision  $<1$  ppb for begge gasser (Mønster et al., 2014).



**FIGUR 2.** Eksempel på sporgasmåling (anlæg P1). Højden af den røde kurve til venstre er proportional med målt koncentration af metan ( $\text{CH}_4$ ) over baggrunds niveau, mens den gule kurve er proportional med koncentration af sporgas ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Gule trekanter markerer placering af sporgasfrigivelse. Grafen til højre viser målte koncentrationer af  $\text{CH}_4$  og sporgas.

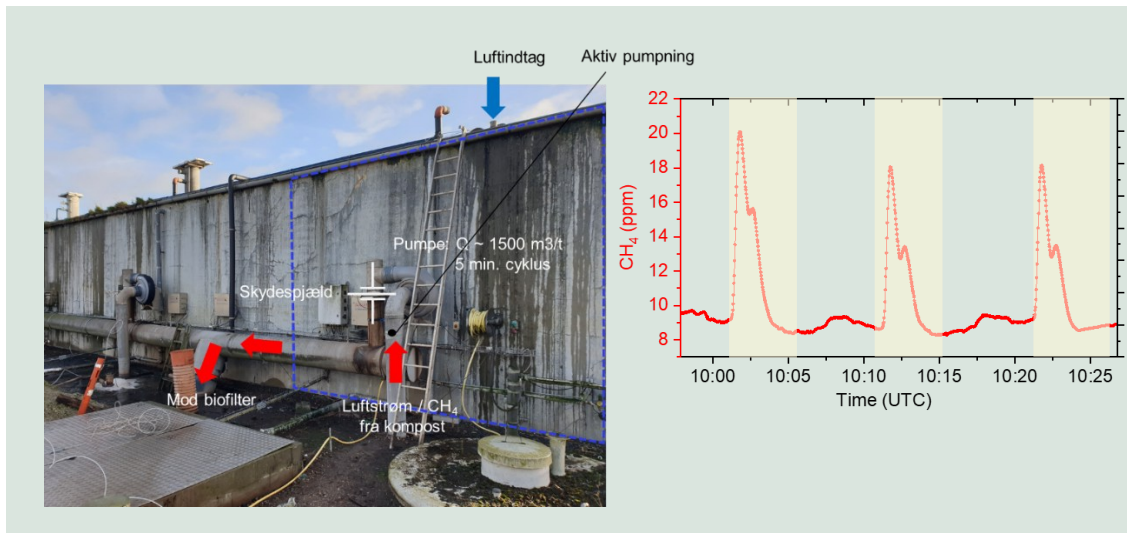
Figur 2 viser et eksempel på måling af  $\text{CH}_4$ -emission fra anlæg P1. I alle kampagner blev sporgas frigivet fra midten af hver af milerne. Den gode korrelation mellem  $\text{CH}_4$  og sporgas indikerer at sporgasfrigivelsen simulerer emission af  $\text{CH}_4$  godt. Målingen indikerer desuden, at der ikke var væsentlige andre kilder til  $\text{CH}_4$ -emission fra anlægget på måletidspunktet. Potentielle øvrige kilder på måletidspunktet på dette anlæg var ikke-neddelt haveaffald i oplag nord for de fire miler, samt oplag af færdig kompost syd for de fire komposteringsmiler. På anlægget blev der i løbet af projektperioden oplagt en yderligere mile i tilstrækkelig afstand til forsøgsmilerne, så dennes emission kunne adskilles.

### 2.2.2 Gasflux fra rørførte emissionskilder

På anlæg A3 blev emission bestemt med en anden målemetode, der var bedre egnet på denne lokalitet grundet nærliggende, øvrige emissionskilder. Som beskrevet i afsnit 2.1, blev den aktive beluftning udført ved at pumpe luft fra bunden af komposten. Hver af de to kamre med hhv. sorteret og usortet neddelte haveaffald var forsynet med hver deres pumpe og rørføring, der muliggjorde prøvetagning af den luft, der blev trukket igennem materialet.

CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O emission fra kamrene blev derfor bestemt ud fra målinger af gaskoncentration (over målt baggrunds niveau) og lufflow, hvor gaskoncentration blev bestemt med brug af Picarro CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O analyzere, og lufflow blev bestemt ud fra pumpernes specifikationer. Sidstnævnte blev valgt grundet komplikationer i forbindelse med brug af udstyr til flowmåling, der vurderedes skyldtes luftflowets meget høje luftfugtighed.

Figur 3 viser dels prøvetagning af luft i praksis på anlæg A3 og dels eksempel på måledata (CH<sub>4</sub>-koncentration over tid). Hertil bemærkes, at systemet kørte i en cyklus, hvor pumpen var tændt 5 minutter og slukket 5 minutter.



**FIGUR 3.** Måling af gaskoncentration i system til aktiv beluftning på anlæg A3. Figuren til højre viser målte CH<sub>4</sub>-koncentrationer over tid, hvor perioder med pumpen tændt er markeret med gul.

I figuren ses en mindre stigning i koncentrationen af CH<sub>4</sub>, når pumpen er slukket, hvilket antages at skyldes CH<sub>4</sub>-produktion i selve rørsystemet.

Målinger af CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emission fra perioder med pumpen tændt blev suppleret med fluxkammermålinger (se følgende afsnit) på overfladen af komposten, for at kvantificere emission fra den del af tiden, hvor pumpen ikke er tændt.

### 2.2.3 Fluxkammermålinger

CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-overfladefluxen (kg/(m<sup>2</sup>·time)) blev målt fra hver kompostmølle ved hjælp af fluxkamre. Denne metode anvendes ofte i landbruget til at måle jordgasflux, men er også blevet anvendt inden for affaldssektoren (fx deponier) samt olie- og gasektoren. Stigning af CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-koncentration (i ppm) over 4 minutter inde i kammeret blev målt ved hjælp af en Picarro CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-analyzere.

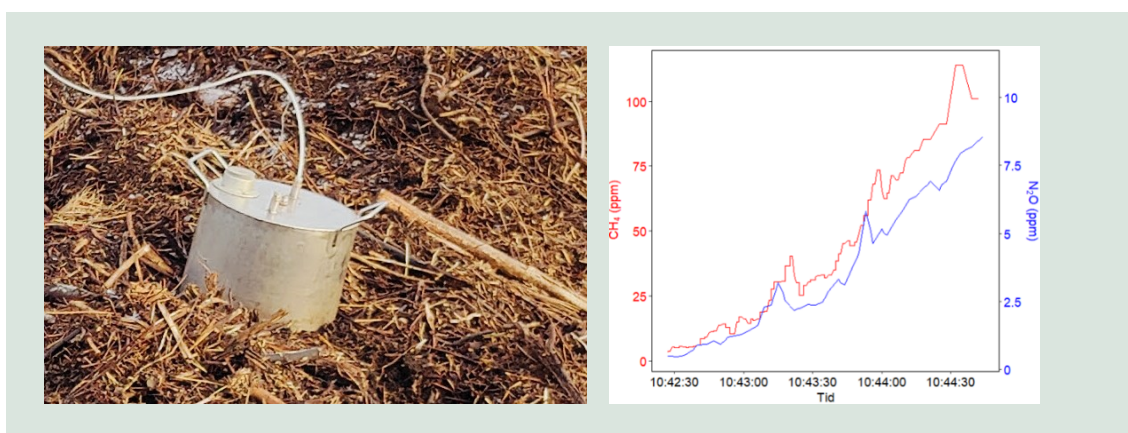
Der blev for hver mølle/kammer udført mindst fire fluxmålinger, og den gennemsnitlige CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-overfladeflux blev beregnet for hver mølle. Studier har vist, at denne metode ikke altid er pålidelig til at kvantificere diffuse emissioner såsom emissioner fra kompostering eller deponering, da de har tendens til at over- eller undervurdere emissioner afhængigt af kamrenes placering (Andersen et al., 2010). I denne undersøgelse blev fluxkammerresultaterne dog kun anvendt til at vurdere det relative bidrag fra hver mølle på stedet til den målte samlede emission. Vi multiplicerede den målte gennemsnitsflux med toparealet af hver mølle for at beregne fluxen for hele møllen (kg pr. mølle) for hver mølle. Disse fluxrater blev anvendt til at beregne det relative bidrag fra hver mølle og blev multipliceret med den samlede flux/emission målt ved hjælp af

sporgasmåling eller måling af rørført emission (se ovenfor), som beskrevet i følgende ligninger:

$$Flux_{mile\ i} = Total\ emission\ \left[\frac{kg}{h}\right] \cdot Relativt\ bidrag_{mile\ i}\ [%]$$

$$Relativt\ bidrag_{mile\ i}\ [%] = \frac{Gennemsnitlig\ flux_{mile\ i}\ \left[\frac{kg}{h \cdot m^2}\right] \cdot Top\ areal_{mile\ i}\ [m^2]}{\sum_{k=1}^4 Gennemsnitlig\ flux_{mile\ k}\ \left[\frac{kg}{h \cdot m^2}\right] \cdot Top\ areal_{mile\ k}\ [m^2]}$$

Det primære emissionsområde grundet skorstenseffekt ved milekompostering – her kaldet "Top areal" - blev defineret som 1/3 af milens målte areal ved jordniveau.



**FIGUR 4.** Venstre: fluxkammer anvendt i projektet. Højre: eksempel på måling af stigning af hhv. CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O koncentrationer.

## 2.2.4 Gassammensætning og temperaturmålinger

Gassammensætning i milernes porevolumen samt temperatur blev målt i tre dybder på hhv. 40, 90 og 140 cm under overfladen ved hjælp af to prober: en gasprobe (Geotech BioGas 5000), der måler CH<sub>4</sub>, kuldioxid- (CO<sub>2</sub>) og ilt- (O<sub>2</sub>) koncentrationer i % efter volumen (herefter benævnt % v/v), og en temperaturprobe (Ebro TFN 520 Type K håndholdt termometer, Xylem Analytics Germany GmbH). Milerne blev prøvetaget fire steder fordelt ligeligt langs milernes længde, og en gennemsnitlig gassammensætning og temperatur blev beregnet for hver mile.

## 2.2.5 Modenhed af kompost

Kompostens modenhed for hver mile/kammer blev målt i målekampagnerne på en kompositprøve bestående af en blanding af 5 delprøver udtaget fra den enkelte mile/modul. Der blev anvendt Solvita® test (Woods End Labs) til dette, der måler frigivelse af CO<sub>2</sub> og NH<sub>3</sub> af en kompostprøve med et defineret volumen.

Med denne metode måles kompostens modenhed i en skala fra 1-8. Hvor 7 og 8 angiver moden kompost ifølge testens anvisninger. I denne undersøgelse er anvendt et testresultat med scoren 7 på denne skala som teknisk grænse for, at komposten er moden.

## 2.2.6 Miledimensioner

Miledimensioner (areal ved jordniveau, højde og tværsnit) blev udført ved opmåling med GPS-udstyr (Emlid Reach RS 3). Opmålingen muliggjorde bestemmelse af omtrentligt volumen af milerne.

## 2.3 Beregning af direkte og indirekte drivhusgasemissioner for komposteringsperioden

Den samlede drivhusgasemission (GHG i CO<sub>2</sub>-ækvivalent) for hver mile/modul blev beregnet ud fra de målte CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner fra komposteringsprocessen samt CO<sub>2</sub>-emissioner fra brændstof- og elforbrug i forbindelse med behandlingen af haveaffaldet. CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissionerne blev beregnet ud fra de målte flux, multipliceret med tiden mellem hver målekampagne. Vi antog, at den målte flux var repræsentativ for halvdelen af perioden før og efter måledatoen. For eksempel blev den målte flux for mile 1B ved kampagne 3 (16/12/2024) anvendt fra midtpunktet mellem kampagne 2 og 3 til midtpunktet mellem kampagne 3 og 4. CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissionerne fra starten af komposteringen blev summeret, indtil hver mile nåede modenhed målt med Solvita® test (afsnit 2.2.5). Ved omregning af CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O emission til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter blev der anvendt drivhusgaspotentialer på hhv. 28 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kg CH<sub>4</sub> og 265 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kg N<sub>2</sub>O.

Energiforbruget blev estimeret ved hjælp af brændstof- eller elforbruget for det anvendte maskineri (liter pr. time eller kWh) og den registrerede tid, som operatørerne brugte på hvert trin i komposteringsprocessen. Disse informationer blev tilvejebragt af operatørerne på de tre anlæg. Vi anvendte en nedre brændværdi for konventionel diesel på 35,87 GJ/m<sup>3</sup> og en emissionsfaktor på 74,1 tons CO<sub>2</sub>-ækv./TJ (Energistyrelsen, 2025). For elforbruget anvendtes den gennemsnitlige emissionsfaktor for det danske elnet for 2024 på 0,173 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kWh.

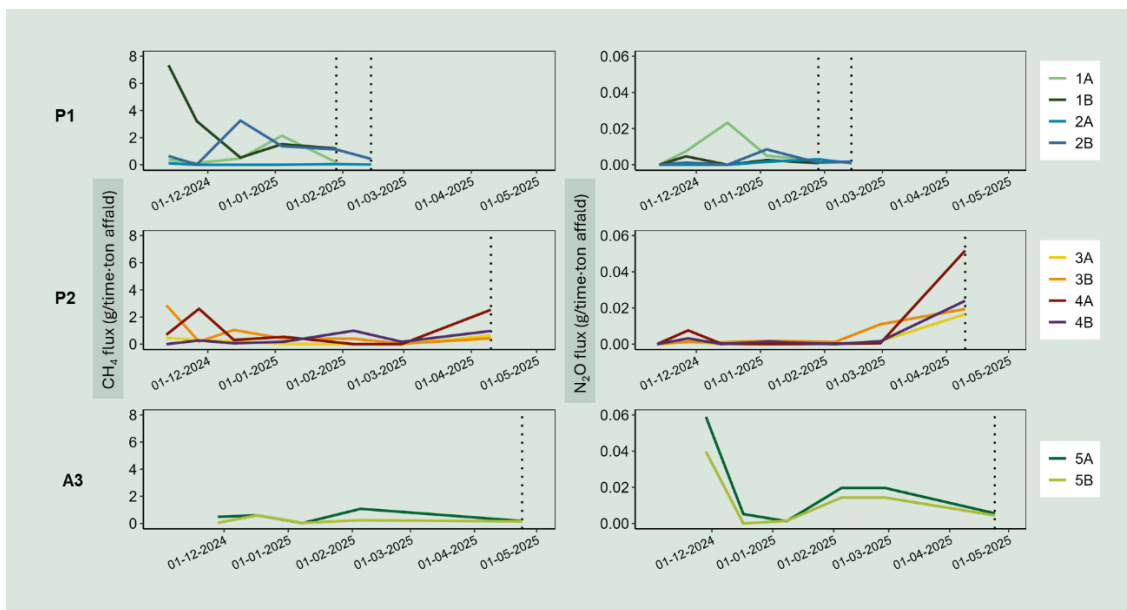
Det bemærkes, at noget af energiforbruget på de nævnte anlæg blev dækket af biodiesel. I beregningerne er der dog udelukkende anvendt emissionsfaktor for konventionel diesel for at sikre ensartethed i sammenligningen af komposteringspraksis.

Måling af de direkte emissioner af CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O blev gjort for komposteringen alene, og evt. emissioner fra oplag af ubehandlet haveaffald og færdig kompost er ikke inkluderet i denne undersøgelse.

# 3. Resultater

## 3.1 Direkte CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner og kompostmodenhed

Metan- og N<sub>2</sub>O-emissioner blev målt fra miler og komposteringsmoduler med forskellige karakteristika (Tabel 1) for at identificere parametre, der fører til reducerede emissioner. Ti kompost-miler/moduler blev målt mellem fem og syv gange gennem hele komposteringsprocessen, indtil materialet i hver mile/modul nåede modenhed. Figur 5 viser de målte flux (normaliseret efter vægten (vådvægt) af haveaffald behandlet i hver mile/modul). Den stiplede linje repræsenterer tidspunktet, hvor de enkelte miler og kamre nåede modenhed (dvs. Solvita-testscore på 7).



**FIGUR 5.** Målt CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emission fra miler/moduler normaliseret ift. mængde affald. Bemærk forskellig skala på y-akser for hhv. CH<sub>4</sub> (venstre grafer) og N<sub>2</sub>O (højre grafer).

Mile 1A og 1B på anlæg P1 (usorteret neddelt haveaffald, passiv beluftning, 2 uger mellem vendinger) nåede modenhed på mindre end 3 måneder, mens milerne på anlæg P2 (sorteret neddelt affald, passiv beluftning) og A3 (sorteret og usorteret, neddelt haveaffald, aktiv beluftning) nåede modenhed efter henholdsvis 6,5 og 5,5 måneder (Figur 5). Milekompostering af usorteret haveaffald medfører dermed en væsentlig reduktion i behandlingstid ifølge disse resultater sammenlignet med milekompostering af sorteret haveaffald og aktivt beluftet kompostering.

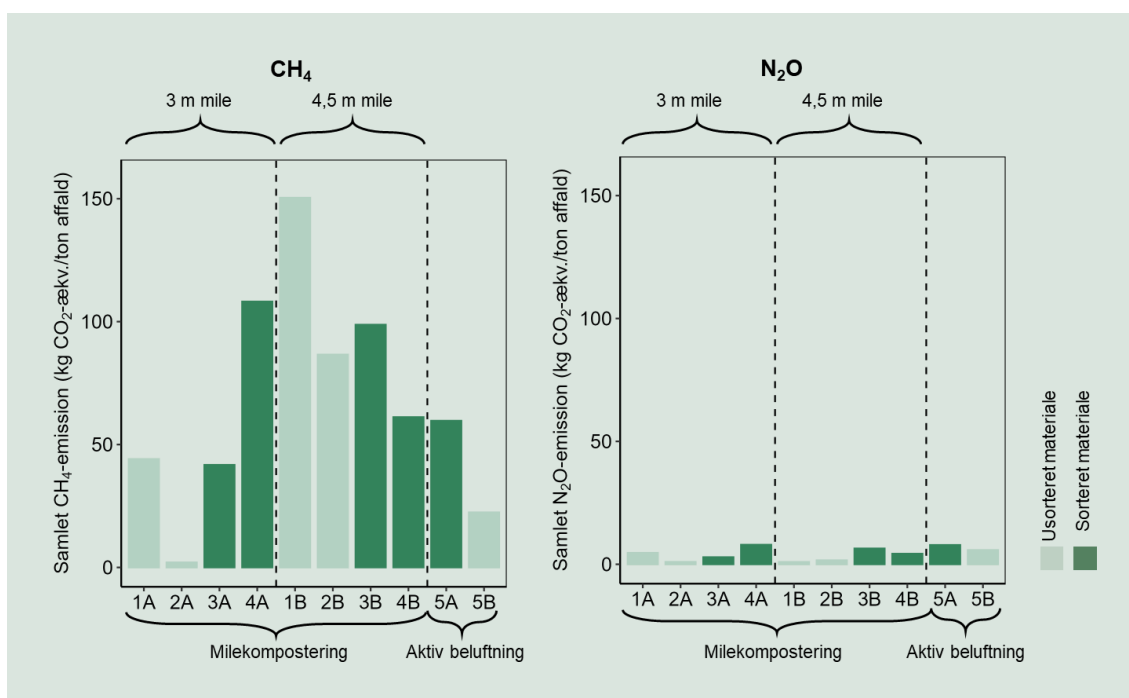
Højere CH<sub>4</sub>-flux (g CH<sub>4</sub>/(time·ton affald)) blev målt på anlæg P1 sammenlignet med anlæggene P2 og A3 (Figur 5). Generelt var det de store miler (B-milerne på P1 og P2), der udledte mest. For eksempel stod mile 1B på den første og anden kampagne på P1 for henholdsvis 90% og 98% af CH<sub>4</sub>-emissionen, mens mile 2B på den tredje kampagne stod for 82% af CH<sub>4</sub>-emissionen (Figur 5). CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emission var målbar fra alle miler/moduler i hele komposteringsperioden, dog uden tydelige trends ift. variation over tid.

Figur 6 viser CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emission for hele komposteringsperioden beregnet, som beskrevet i afsnit 2.3 – altså den totale emission af CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O pr. ton affald behandlet. Mile 1A, 2A (3 m, usorteret), 3A (3 m, sorteret) og kammer 5B (aktiv beluftning, usorteret) udviste de laveste

samlede CH<sub>4</sub>-emissioner, mens miler 1B, 2B (4,5 m, usorteret) og 5A (aktiv beluftning, sorteret) viste de højeste samlede CH<sub>4</sub>-emissioner (Figur 6).

Det er interessant at bemærke, at milerne bestående af sorteret materiale (3A, 3B, 4A og 4B) ikke viste en markant forskel i emissioner mellem små og store miler, mens denne forskel var tydelig for miler bestående af usorteret materiale (1A, 2A, 1B og 2B) (Figur 6). Miler med aktiv beluftning (5A) viste ikke markant lavere CH<sub>4</sub>-emissioner sammenlignet med passivt beluftede miler (5B) (Figur 6). Der blev ikke set en tydelig reduktion af CH<sub>4</sub>-emission fra de to miler (1A og 3A), hvor der blev brugt biocover de første 8 uger sammenlignet med miler uden biocover.

De samlede N<sub>2</sub>O-emissioner i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter var én til to størrelsesordener lavere end de samlede CH<sub>4</sub>-emissioner (Figur 6). Generelt udledte miler bestående af usorteret materiale mindre N<sub>2</sub>O end miler bestående af sorteret materiale. Igen sås der ikke en markant reduktion i N<sub>2</sub>O-emissioner fra miler med aktiv beluftning sammenlignet med miler med passiv beluftning.



**FIGUR 6.** Samlet CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emission i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter fra miler/moduler normaliseret ift. mængde affald for hele komposteringsperioden.

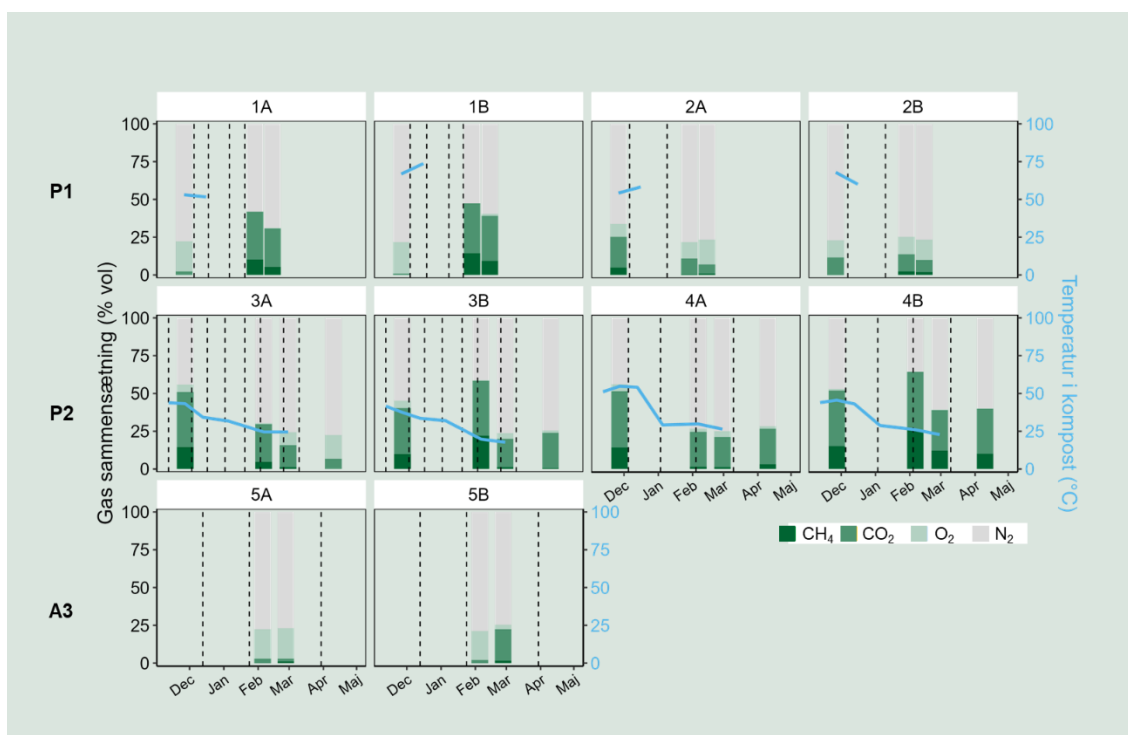
Da målekampagnerne på anlæg P1 og P2 måtte planlægges efter vindforhold, samt at de skulle udføres fordelt over måleperioden var det vanskeligt at planlægge ift. vending af milerne. Dette gjorde, at enkelte målekampagner blev udført ret kort tid efter vending. Det forventes, at CH<sub>4</sub>-emission er reduceret kort efter vending grundet mere aerobe forhold i materialet. Tidslinje for hhv. målekampagner og vendinger fremgår i bilag. Den korteste periode mellem vending og målekampagne var for mile 4A og 4B, hvor to målekampagner (#4 og #5) blev udført 2 dage efter vending. De målte emissionsrater for hele perioden for disse to miler tyder ikke på, at disse målekampagners udførelse ret tæt på vending har haft væsentlig indflydelse på resultatet. Hvis det havde været tilfældet, vil metanemission havde været lavere (figur 6).

### 3.2 Gassammensætning og temperaturer

Ved måling af gassammensætningen inde i materialet, blev de højeste O<sub>2</sub>-koncentrationer observeret på anlæg A3 - aktiv beluftning (Figur 7). Ved sammenligning af de passivt beluftede

miler sås generelt højere O<sub>2</sub>-koncentrationer i miler bestående af usorteret materiale (P1) sammenlignet med miler bestående af sorteret materiale (P2) (Figur 7). Dog viste miler på anlæg P1 under de senere kampagner, at de miler, der blev vendt hyppigere (1A og 1B), havde lavere O<sub>2</sub>-koncentrationer sammenlignet med de miler, der blev vendt mindre hyppigt (2A og 2B). På anlæg P2 viste alle miler relativt lave O<sub>2</sub>-koncentrationer i milerne, undtagen mile 3A under den sidste kampagne.

For de aktivt beluftede moduler (5A og 5B) blev der generelt målt højere O<sub>2</sub>-koncentrationer og lavere CH<sub>4</sub>-koncentrationer sammenlignet med de passivt beluftede miler. Forskellen var især stor for modul 5A med usorteret materiale, hvor gassammensætningen var nær atmosfærisk luft. Her bemærkes dog, at der kun blev udført probemålinger i de aktivt beluftede moduler i slutningen af forsøgsperioden af arbejdsmiljømæssige årsager.



**FIGUR 7.** Gassammensætning (% v/v) samt temperatur målt i kompostmilerne og moduler over tid. De stiplede linjer angiver milevendinger.

Højeste CH<sub>4</sub>-koncentrationer blev målt i de høje (4,5 m) miler med sorteret haveaffald (3B og 4B), hvor der blev målt metanindhold på op til ca. 25% vol. Dette, sammen med høje CO<sub>2</sub>-koncentrationer, viser anaerobe forhold i områder af milerne, og dermed gode betingelser for metandannelse. Her er det dog vigtigt at bemærke, at anaerobe forhold i sig selv ikke nødvendigvis betyder stor CH<sub>4</sub>-emission, idet der ved fx en moden kompost kan være anaerobe forhold i materialet og en metanproduktion med en relativt lav produktion (metan produceret pr. mængde kompost), samt mulig metanoxidation i den øvre del af materialet.

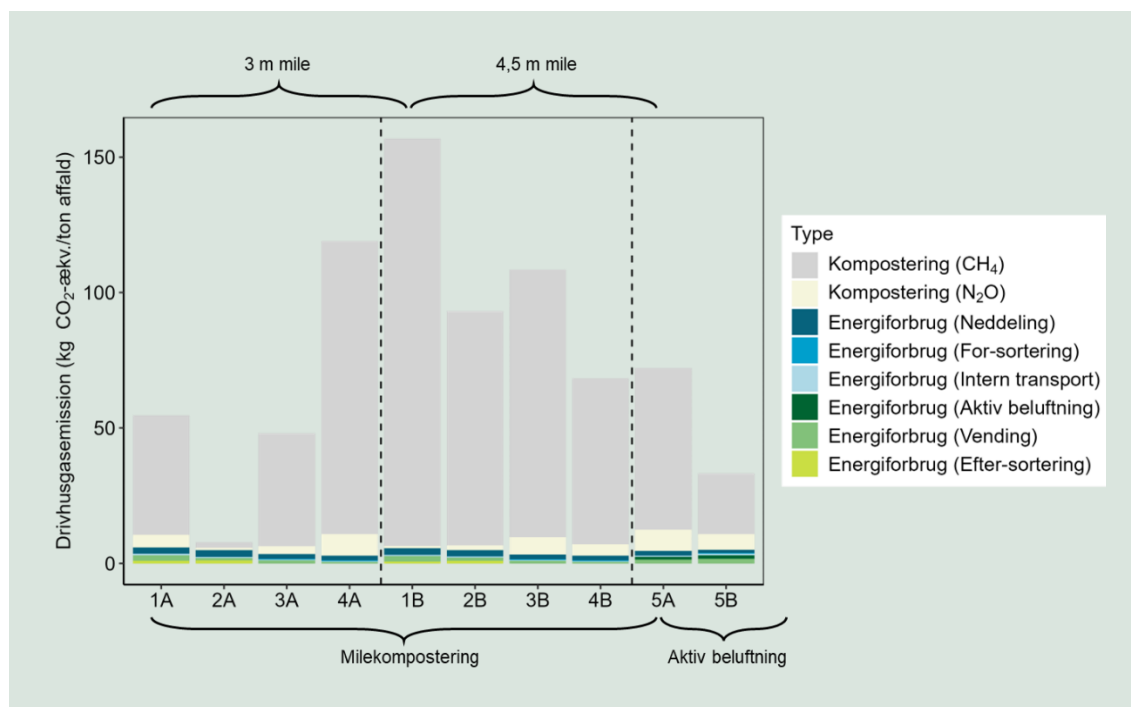
På anlæg P1 blev der i starten målt temperaturer manuelt af anlæggets personale. Her blev de højeste temperaturer (op til 78 grader) målt for de store miler (1B og 2B), mens der for de mindre miler (1A og 2A) blev målt op til ca. 69 grader. Temperaturen blev målt kontinuert på anlæg P2 med temperaturprober med loggere – dog kun under milekompostering, ikke under den nævnte forkompostering. Temperaturen for milerne 3A, 3B, 4A og 4B var lavere (maksimalt

50-55 grader) sammenlignet med mileerne på anlæg P1 (Figur 7). Driftsleder på anlæg P2 vurderede, at temperaturen under forkomposteringen var væsentligt højere.

### 3.3 Drivhusgasemission fra forskellig komposteringspraksis og reduktionspotentiale

Figur 8 viser de samlede drivhusgasemissioner i CO<sub>2</sub>-ækvivalent – både direkte (CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O) og indirekte (energiforbrug i form af brændstof- og elforbrug til maskineri) opdelt efter kategori. Generelt påvirkede det højere energiforbrug forbundet med hyppigere vending af mileerne eller drift af beluftningspumpen på stedet med aktiv beluftning ikke de samlede drivhusgasemissioner væsentligt. Med undtagelse af mile 2A, som udviste relativt lave CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner under komposteringsprocessen, udgjorde CO<sub>2</sub>-emissioner fra energiforbrug udgjorde mindre end 20% af de samlede drivhusgasemissioner fra alle mile og moduler.

Direkte CH<sub>4</sub>-emission var langt den væsentligste faktor for alle komposteringspraksis sammenlignet med direkte N<sub>2</sub>O-emission og energiforbrug. Forskelle i CH<sub>4</sub>-emission mellem de forskellige komposteringspraksis er derfor styrende for den samlede drivhusgasudledning, hvor især kompostering i mindre mile (3 m høje) af både usorteret affald og sorteret neddelte haveaffald, samt aktiv beluftet kompostering af usorteret affald havde mindst, samlet drivhusgasemission.



**FIGUR 8.** Direkte og indirekte drivhusgasemissioner for hele komposteringsperioden normaliseret ift. affaldsmængde. Værdierne er listet i bilag.

### 3.4 Sammenligning af emissionsfaktorer og reduktionspotentiale ved optimeret komposteringspraksis

I den seneste nationale opgørelse af drivhusgasemissioner (DCE, 2025) er der anvendt emissionsfaktorer for kompostering af haveaffald på hhv. 2,57 kg CH<sub>4</sub>/ton affald og 0,15 kg N<sub>2</sub>O/ton affald. Emissionsfaktoren for CH<sub>4</sub> er i den seneste opgørelse justeret ift. nylig undersøgelse, der indeholdt målinger af total CH<sub>4</sub> emission fra danske komposteringsanlæg, der repræsenterede forskellig, almindeligt anvendt praksis (Miljøstyrelsen, 2023).

Som nævnt ovenfor, er der i nærværende forsøg observeret væsentligt mindre CH<sub>4</sub>-emission fra nogle af de undersøgte praksis: milekompostering af neddelt usorteret haveaffald i 3 m høje miler samt aktivt beluftet kompostering af neddelt usorteret haveaffald. Disse praksis vil medføre en reduktion på hhv. 68% og 69% i forhold til seneste emissionsfaktor for CH<sub>4</sub> (Tabel 2).

I projektet målttes der væsentligt lavere N<sub>2</sub>O emission sammenlignet med nuværende emissionsfaktor. Dette gjaldt dog ikke kun enkelte af de undersøgte praksis, men samtlige – inkl. mile 2B og 4B, der havde størst lighed med nuværende praksis for danske komposteringsanlæg. Dette skyldes muligvis, at datagrundlaget for den aktuelle N<sub>2</sub>O-emissionsfaktor ikke er på niveau med tilsvarende for CH<sub>4</sub>.

**TABEL 2.** Emissionsfaktorer for udførte forsøg samt reduktion ved optimeret kompostering af neddelt usorteret haveaffald i små miler (max højde x bredde på 3 x 5 m) eller i aktivt beluftet komposteringsmodul.

<b>Id</b>	<b>Anlæg</b>	<b>Beluftning</b>	<b>Sorteret/usorteret</b>	<b>Højde x bredde (m)</b>	<b>CH<sub>4</sub>-emission (kg CH<sub>4</sub>/ton affald vv)</b>	<b>N<sub>2</sub>O-emission (kg N<sub>2</sub>O/ton affald vv)</b>
1A	P1	Passiv	Usorteret	3 x 5	1,6	1,8 · 10 <sup>-2</sup>
1B	P1	Passiv	Usorteret	4,5 x 8	5,4	3,6 · 10 <sup>-3</sup>
2A	P1	Passiv	Usorteret	3 x 5	0,1	3,6 · 10 <sup>-3</sup>
2B	P1	Passiv	Usorteret	4,5 x 8	3,1	0,6 · 10 <sup>-3</sup>
3A	P2	Passiv	Sorteret	3 x 5	1,5	1,1 · 10 <sup>-2</sup>
3B	P2	Passiv	Sorteret	4,5 x 8	3,5	2,4 · 10 <sup>-2</sup>
4A	P2	Passiv	Sorteret	3 x 5	3,9	3,0 · 10 <sup>-2</sup>
4B	P2	Passiv	Sorteret	4,5 x 8	2,2	1,6 · 10 <sup>-2</sup>
5A	A3	Aktiv	Sorteret	-	2,1	3,0 · 10 <sup>-2</sup>
5B	A3	Aktiv	Usorteret	-	0,8	2,2 · 10 <sup>-2</sup>
<b>Emissionsfaktorer ved optimeret kompostering og opnået reduktion</b>						
<b>Mile/modul</b>					<b>CH<sub>4</sub>-emission (kg CH<sub>4</sub>/ton affald vv)</b>	<b>N<sub>2</sub>O-emission (kg N<sub>2</sub>O/ton affald vv)</b>
1A+2A					0,8	0,011
5B					0,8	0,022
1A+2A+5B					0,8	0,015
Nuværende emissionsfaktorer i DCE, 2025, revideret pga. undersøgelsen om emissioner fra haveaffald fra 2023					2,57	0,15
Reduktion (%) (1A+2A) (neddelt usorteret haveaffald i små miler)					68%	93%
Reduktion (%) (5B) (neddelt usorteret haveaffald aktivt beluftet)					69%	85%
Reduktion (%) (1A+2A+5B)					68%	90%

## 4. Diskussion

CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner blev undersøgt fra tre komposteringsanlæg, der opererede under forskellige betingelser. Effekten af følgende driftsparametre på CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner blev undersøgt: milestørrelse (3 m høje/4,5 m høje), forbehandling (neddelt og sorteret/neddelt og usorteret), milernes vendingsfrekvens (hver 2./4. uge) og beluftningsregime (aktiv/passiv). Projektets mål var at identificere den optimale kombination af parametre, der fører til reducerede drivhusgasemissioner.

Milestørrelsen viste sig at være den vigtigste faktor, der påvirker CH<sub>4</sub>-overfladeflux og samlede CH<sub>4</sub>-emissioner - også når der normaliseres pr. ton behandlet affald: store miler (4,5 m høje) udledte mere end små miler (3 m høje). Den laveste emission fra passivt beluftet milekompostering sås fra små komposteringsmiler med usorteret neddelte haveaffald. Store miler er mere tilbøjelige til at udvikle anaerobe forhold og høje temperaturer, hvilket fremmer methanogen aktivitet, indikeret ved højere CH<sub>4</sub>-emissionsrater pr. ton affald. Dette synes i overensstemmelse med Miljøstyrelsen, 2008 (Driftsvilkår for komposteringsanlæg), hvor en milehøjde på max. 3 m er angivet for at sikre aerobe forhold. I vores undersøgelse så vi dog ikke signifikant lavere O<sub>2</sub>-koncentrationer eller højere temperaturer inde i de større miler sammenlignet med de mindre miler. Dette kan dog skyldes den begrænsede mængde målinger af gassammensætning, som kun blev registreret 3-4 gange på hvert anlæg.

Effekten af forbehandling på CH<sub>4</sub>-emissioner i forhold til om det neddelte haveaffald efterfølgende sorteres eller ikke var lidt mindre tydelig; dog så vi, at miler bestående af usorteret materiale udledte med højere rater, men opnåede modenhed meget hurtigere, hvilket resulterede i lavere samlede CH<sub>4</sub>-emissioner over hele komposteringsperioden. Tre ud af de fire miler med lavest emissioner var sammensat af usorteret materiale. I miler med usorteret haveaffald sås en tendens til højere O<sub>2</sub>-indhold formentlig grundet en højere gas permeabilitet i materialet.

Milernes vending viste ingen markante effekter på CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner. Målinger udført umiddelbart efter en vending viste ikke reducerede CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-overfladeflux eller øgede O<sub>2</sub>-koncentrationer. Derudover så vi ingen forskel i CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-overfladeflux og samlede CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner fra miler, der blev vendt mere eller mindre hyppigt. Dette kan skyldes den relativt store størrelse af komposteringsmilerne, som tillod anaerobe forhold at genopstå meget hurtigt efter vending. Desuden var forskellen i frekvens mellem høj- og lavfrekvent vending (dvs. én gang pr. måned vs. to gange pr. måned) muligvis ikke stor nok til at påvise en effekt.

Fra de aktivt beluftede komposteringsmoduler sås den laveste samlede emission ved kompostering af usorteret neddelte haveaffald. Den aktivt beluftede mile bestående af usorteret materiale havde lignende samlede emissioner som de små passivt beluftede komposteringsmiler. For den aktivt beluftede mile bestående af sorteret materiale var den samlede emission nær samme størrelse som de store, relativt højt udledende passivt beluftede komposteringsmiler. Den aktivt beluftede kompost opnåede ikke modenhed hurtigere end de passivt beluftede komposteringsmiler. Vi testede dog kun én type konfiguration for aktiv beluftning, og der kan være måder at forbedre dette system yderligere. For eksempel fungerede pumperne ikke korrekt på nogle dage, og generelt var fugtigheden i materialet relativt høj gennem hele processen, hvilket kan have bidraget til de højere CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner. De ekstra drivhusgasemissioner grundet energiforbrug fra drift af pumpen var ikke betydelige, da pumperne var elektriske, og det danske elnet har en lav CO<sub>2</sub>-emissionsfaktor (0,173 kg CO<sub>2</sub>-ækv./kWh). Dette kunne være lidt mere betydeligt ved brug af brændstofdrevne pumper eller mindre grøn energi.

Der blev observeret væsentlig reduktion af CH<sub>4</sub>-emission fra nogle af de undersøgte praksis – både i forhold til reference i dette projekt og i forhold til den nationale emissionsfaktor, der for nylig er revideret ud fra målinger på en række danske anlæg. Disse praksis er milekompostering af usorteret neddelt haveaffald i 3 m høje miler samt aktivt beluftet kompostering af usorteret neddelt haveaffald. Det vurderes, at der er et væsentligt potentiale for CH<sub>4</sub>-reduktion ved at indrette drift af kompostering derefter.

Der blev desuden målt væsentligt lavere N<sub>2</sub>O-emission fra de undersøgte praksis sammenlignet med den aktuelle, nationale emissionsfaktor. Dette gjaldt dog alle undersøgte praksis, og der blev ikke som for CH<sub>4</sub> fundet klare sammenhænge mellem driftsparametre (fx milestørrelse) og N<sub>2</sub>O-emission.

## 5. Konklusion

CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner blev undersøgt fra tre komposteringsanlæg, der opererer under forskellige betingelser. Vi fandt at CH<sub>4</sub>- og N<sub>2</sub>O-emissioner potentielt kan reduceres ved kompostering i mindre (max 3 m høje) passivt beluftede komposteringsrækker bestående af usorteret neddelt haveaffald samt ved aktiv beluftet kompostering af usorteret neddelt haveaffald i komposteringsmoduler. Projektets resultater viser, at ved at følge sådanne praksisser kan CH<sub>4</sub>-emissionerne reduceres med ca. 68% sammenlignet med den nationale gennemsnitlige CH<sub>4</sub>-emissionsfaktor for kompostering af haveaffald i Danmark (~0,8 kg CH<sub>4</sub>/ton affald mod 2,57 kg CH<sub>4</sub>/ton affald), mens N<sub>2</sub>O-emissionerne kan reduceres med ca. 90% sammenlignet med den nationale gennemsnitlige N<sub>2</sub>O-emissionsfaktor for kompostering af haveaffald i Danmark (~0,015 kg N<sub>2</sub>O/ton affald mod 0,15 kg N<sub>2</sub>O/ton affald), uden at dette vil få væsentlig konsekvens for øvrige drivhusgasemissioner fx indirekte emissioner fra energiforbrug til beluftning.

# Referencer

Andersen, J. K., Boldrin, A., Samuelsson, J., Christensen, T. H., & Scheutz, C. (2010). Quantification of Greenhouse Gas Emissions from Windrow Composting of Garden Waste. *Journal of Environmental Quality*, 39(2), 713-724. [Andersen, J. K., Boldrin, A., Samuelsson, J., Christensen, T. H., & Scheutz, C. \(2010\). Quantification of Greenhouse Gas Emissions from Windrow Composting of Garden Waste. Journal of Environmental Quality, 39\(2\), 713-724](#)

DCE, 2025. Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Hjelgaard, K., Fauser, P., Bruun, H.G., Levin, L., Callisen, L.W., Andersen, T.A., Johannsen, V.K., Nord-Larsen, T., Vesterdal, L., Stupak, I., Scott-Bentsen, N., Rasmussen, E., Petersen, S.B., Baunbæk, L., & Hansen, M.G. 2024. Denmark's National Inventory Document 2024. Emission Inventories 1990-2022 - Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Paris Agreement. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 936 pp. Scientific Report No. 622.

Delre, A., Mønster, J., Samuelsson, J., Fredenslund, A. M., & Scheutz, C. (2018). Emission quantification using the tracer gas dispersion method: The influence of instrument, tracer gas species and source simulation. *Science of the Total Environment*, 634, 59-66. [Delre, A., Mønster, J., Samuelsson, J., Fredenslund, A. M., & Scheutz, C. \(2018\). Emission quantification using the tracer gas dispersion method: The influence of instrument, tracer gas species and source simulation. Science of the Total Environment, 634, 59-66](#)

Energistyrelsen, 2025. Standardfaktorer for brændværdier og CO<sub>2</sub>-emissionsfaktorer til brug for regnskabsåret 2024. [Energistyrelsen, 2025. Standardfaktorer for brændværdier og CO<sub>2</sub>-emissionsfaktorer til brug for regnskabsåret 2024.](#)

Fredenslund, A. M., Rees-White, T. C., Beaven, R. P., Delre, A., Finlayson, A., Helmore, J., Allen, G., & Scheutz, C. (2019). Validation and error assessment of the mobile tracer gas dispersion method for measurement of fugitive emissions from area sources. *Waste Management*, 83, 68-78. [Fredenslund, A. M., Rees-White, T. C., Beaven, R. P., Delre, A., Finlayson, A., Helmore, J., Allen, G., & Scheutz, C. \(2019\). Validation and error assessment of the mobile tracer gas dispersion method for measurement of fugitive emissions from area sources](#)

Miljøstyrelsen, 2008. Miljøprojekt 1212: Driftsvilkår for komposteringsanlæg. [Miljøstyrelsen, 2008. Miljøprojekt 1212: Driftsvilkår for komposteringsanlæg.](#)

Miljøstyrelsen, 2023. Miljøprojekt nr. 2226: Reduktion af klimagasser fra behandling af haveaffald - Del 2: Emissionsfaktorer for behandling af haveaffald i Danmark. [Miljøstyrelsen, 2023. Miljøprojekt nr. 2226: Reduktion af klimagasser fra behandling af haveaffald - Del 2: Emissionsfaktorer for behandling af haveaffald i Danmark](#)

Mønster, J., Samuelsson, J., Kjeldsen, P., Rella, C. W., & Scheutz, C. (2014). Quantifying methane emission from fugitive sources by combining tracer release and downwind measurements – A sensitivity analysis based on multiple field surveys. *Waste Management*, 34(8), 1416-1428. [Miljøstyrelsen, 2023. Miljøprojekt nr. 2226: Reduktion af klimagasser fra behandling af haveaffald - Del 2: Emissionsfaktorer for behandling af haveaffald i Danmark](#)

Scheutz, C., Samuelsson, J., Fredenslund, A. M., & Kjeldsen, P. (2011). Quantification of multiple methane emission sources at landfills using a double tracer technique. *Waste Management*, 31(5), 1009-1017. [Scheutz, C., Samuelsson, J., Fredenslund, A. M., & Kjeldsen, P.](#)

[\(2011\). Quantification of multiple methane emission sources at landfills using a double tracer technique. Waste Management, 31\(5\), 1009-1017](#)

Scheutz, C., & Kjeldsen, P. (2019). Guidelines for landfill gas emission monitoring using the tracer gas dispersion method. Waste Management, 85, 351-360. [Scheutz, C., & Kjeldsen, P. \(2019\). Guidelines for landfill gas emission monitoring using the tracer gas dispersion method. Waste Management, 85, 351-360](#)

# Bilag 1. Supplerende oplysninger

## Data fra anlæg P1

Udfyldt skema fra anlæg:

DTU-projekt minimering af gasemissioner fra kompostering af haveaffald					
Registrering af data på anlæg:	Genbrugsplads, Hindsholmvvej 279, 5300 Kerteminde				
<b>Aktivitet</b>	<b>Data</b>				<b>Noter</b>
<b>Neddeling af haveaffald dato</b>	28.10 - 01.11.24				
Vægt i ton:	1983				
Densitet i kg/liter:	0,43				Beregnet efter oplægning af miler
Tidsforbrug i timer	40				
Energiforbrug i liter	1931				
Energiforbrug neddelere i liter/time	41				Samlet 1931 liter, heraf læsser 7 liter/time. Neddeler: (1931 liter -(40*7 liter/time))/40 timer = 41 liter/time
Energiforbrug læsser i liter/time	7				
<b>Kompostering i mile</b>	<b>1A</b>	<b>1B</b>	<b>2A</b>	<b>2B</b>	
<b>Oplægning af forsøgsmile dato</b>	4.11	4.11	6.11	6.11	
Vægt af haveaffald i ton:	179,1	555,2	205,1	529,0	
Vægt af kompost til biocover i ton	15,7	25,7			
Energiforbrug læsser i liter/time	7,5	7,5	7,5	7,5	
Tidsforbrug læsser i timer	8	12	12	12	
<b>1. vending af mile dato</b>	5.12	4.12	6.12	9.12	
Vægt af kompost til biocover i ton	15	25			
Energiforbrug læsser i liter/time	7,5	7,5	7,5	7,5	
Tidsforbrug læsser i timer	5	15	5	10	
<b>2. vending af mile dato</b>	18.12	19.12			
Energiforbrug læsser i liter/time	7,5	7,5			
Tidsforbrug læsser i timer	5	15			
<b>3. vending af mile dato</b>	6.01	8.01	9.01	10.1	
Energiforbrug læsser i liter/time	7,5	7,5	7,5	7,5	
Tidsforbrug læsser i timer	5	15	8	10	
<b>4. vending af mile dato</b>	27.01	28.01			
Energiforbrug læsser i liter/time	7,5	7,5			
Tidsforbrug læsser i timer	5	15			
<b>5. vending af mile dato</b>					Ikke vendt
Energiforbrug læsser i liter/time					
Tidsforbrug læsser i timer					
<b>Sortering af kompost dato</b>	17.02	18.02	19.02		
Anvendt soldstørrelse	25mm				
Vægt af sigterest i kg	25820	117300	39920	137900	
Vægt af kompost i kg	190360	494180	165760	327860	
Tidsforbrug i timer	03:39	08:08	04:45	06:45	
Energiforbrug læsser i liter/time	12	12	11	11	
Energiforbrug sortering i liter/time	8	8	8	8	
<b>Deklaration af kompost</b>					
Udtaget repræsentativ prøve til analyse	Uge 08				Deklaration er på forsynings hjemmeside
<b>HAUGSTED</b>	Tlf. +45 24 40 65 59	Mail: perhaugsted48@gmail.com		Opdateret dato: 18-03-26	

## Data fra anlæg P2

Udfyldt skema fra anlæg:

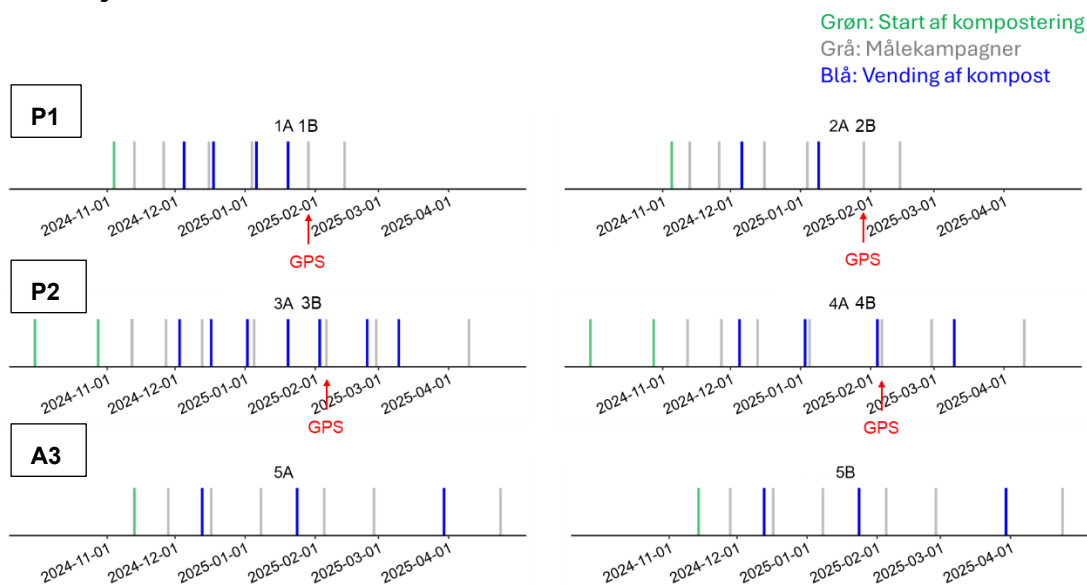
DTU-projekt minimering af gasemissioner fra kompostering af haveaffald				
<b>Registrering af data på anlæg:</b>	<b>GEMIDAN, Drivervej 8, 6670 Holsted</b>			
<b>Aktivitet</b>	<b>Data</b>			<b>Noter</b>
<b>Neddeling m.m. af haveaffald dato</b>	19.- 27.09.24			
Vægt i ton	8500			Oplagt i trapezmile til forkompostering i 4 uger. Temperatur og emission antages som i mile 2B, Kerteminde
Densitet i kg/liter	0,55			
Tidsforbrug i timer	86			
Energiforbrug neddelere i liter/time	55			
Energiforbrug læsser i liter/time	10,1			
<b>Sortering af neddelt haveaffald dato</b>	27.-28.10.24			
Anvendt sold	25 mm			
Vægt af biobrændsel i ton	1700			Udgør 20 %
Vægt af finstof til kompostering i ton	6800			Udgør 80 %
Densitet af finstof i kg/liter	700 kg pr, m3			
Energiforbrug sortering i liter/time	Elektrisk anlæg.1 kr pr tons			
Energiforbrug læsser i liter/time	8.5 liter pr time			
<b>Kompostering i mile</b>	<b>3A</b>	<b>3B</b>	<b>4A</b>	<b>4B</b>
<b>Oplægning af forsøgsmile dato</b>	28.10.24	28.10.24	28.10.24	28.10.24
Vægt af finstof i ton	320	450	340	430
Vægt af kompost til biocover i ton	50	70		
Energiforbrug læsser i liter/time	10,5	10,5	10,5	10,5
Tidsforbrug læsser i timer	3,5	4,5	3,5	4
<b>1. vending af mile dato</b>	12.11.24	12.11.24	05.12.24	05.12.24
Vægt af kompost til biocover i ton	Ca 75	Ca 75		
Energiforbrug læsser i liter/time	11,0	11,0	11,0	11,0
Tidsforbrug læsser i timer	2,5	3,0	3,0	3,5
<b>2. vending af mile dato</b>	03.12.24	03.12.24	03.01.25	03.01.25
Energiforbrug læsser i liter/time	10,5	10,5	10,5	10,5
Tidsforbrug læsser i timer	2,5	3,0	2,5	3,0
<b>3. vending af mile dato</b>	17.12.24	17.12.24	04.02.25	04.02.25
Energiforbrug læsser i liter/time	10,5	10,5	4,0	4,0
Tidsforbrug læsser i timer	2,5	3,0	3,0	3,5
<b>4. vending af mile dato</b>	02.01.25	02.01.25	10.03.25	10.03.25
Energiforbrug læsser i liter/time	11,5	11,5	4,0	4,0
Tidsforbrug læsser i timer	2,0	3,0	3,0	3,0
<b>5. vending af mile dato</b>	20.01.25	20.01.25		
Energiforbrug læsser i liter/time	10,5	10,5		
Tidsforbrug læsser i timer	2,0	3,0		
<b>6. vending af mile dato</b>	03.02.25	03.02.25		
Energiforbrug læsser i liter/time	4,0	4,0		
Tidsforbrug læsser i timer	3,0	4,0		
<b>7. vending af mile dato</b>	24.02.25	24.02.25		
Energiforbrug læsser i liter/time	4,0	4,0		
Tidsforbrug læsser i timer	3,0	3,0		
<b>8. vending af mile dato</b>	10.03.25	10.03.25		
Energiforbrug læsser i liter/time	4,0	4,0		
Tidsforbrug læsser i timer	3,0	3,0		
<b>Til eftermodning og afhændelse dato</b>	16.04.25			
Vægt i ton	ca. 1.400			
Energiforbrug læsser i liter/time	11,2			
Tidsforbrug læsser i timer	6			
Udtaget repræsentativ prøve til analys				Gemidan leverer deklaration
<b>HAUGSTED</b>	Tlf. +45 24 40 65 59	Mail: perhaugsted48@gmail.com	Rev. den 12.05.25	Version 5

## Data fra anlæg A3

Udfyldt skema fra anlæg:

<b>DTU-projekt minimering af gasemissioner fra kompostering af haveaffald</b>			
<b>Registrering af data på anlæg:</b>	<b>BioVækst, Hagesholmvej 7, 4520 Svinninge</b>		
<b>Neddeling af haveaffald dato</b>			Noter
Vægt i ton	330		
Tidsforbrug i timer	6		
Energiforbrug neddeler i liter/time	37		
Energiforbrug læsser i liter/time	7		
<b>Sortering af neddelt haveaffald dato</b>			
Anvendt soldstørrelse	?		Stjernesigte
Vægt af finstof til kompostering i ton	292		
Densitet af finstof i kg/liter			DTU leverer data fra udtaget prøve
Tidsforbrug i timer	6		sideløbende med neddeling
Energiforbrug sortering i liter/time	5		
Energiforbrug læsser i liter/time			
<b>Kompostering med aktiv beluftning</b>	<b>5A Groft</b>	<b>5B Fint</b>	
<b>Oplægning af forsøgsmile dato</b>	<b>13-11-2024</b>	<b>14-11-2024</b>	
Vægt af finstof i ton	130	162	
Vægt af kompost til biocover i ton	ej	ej	
Energiforbrug læsser i liter/time	7	7	
Tidsforbrug læsser i timer	4	4	
Energiforbrug for blæser kW/time	0,7	0,7	
Driftstimer for blæser			kører hele døgnet 5min interval til/fra
<b>1. vending af mile dato</b>	13-12-2024	13-12-2024	Vægt: 148,190
Energiforbrug læsser i liter/time	7	7	
Tidsforbrug læsser i timer	4	4	
Energiforbrug for blæser kW/time	0,7	0,7	
Driftstimer for blæser			kører hele døgnet 5min interval til/fra
<b>2. vending af mile dato</b>	24-01-2025	24-01-2025	Vægt: 140,195
Energiforbrug læsser i liter/time	7	7	
Tidsforbrug læsser i timer	4	4	
Energiforbrug for blæser kW/time	0,7	0,7	
Driftstimer for blæser			kører hele døgnet 5min interval til/fra
<b>3. vending af mile dato</b>	30-03-2025	30-03-2025	Vægt: 131,171
Energiforbrug læsser i liter/time	7	7	
Tidsforbrug læsser i timer	4	4	
Energiforbrug for blæser kW/time	0,7	0,7	
Driftstimer for blæser			kører hele døgnet 5min interval til/fra
<b>Afslutning af kompostering dato</b>	01-05-2025	01-05-2025	
Densitet i kg/liter:			
Modenhed målt med Solvita test			
<b>Flytning af kompost til lager dato</b>	01-05-2025	01-05-2025	
Vægt af kompost i ton	221		(før sortering: 166,171
Tidsforbrug i timer			ikke relevant da det ikke flyttes
Energiforbrug læsser i liter/time			ikke relevant da det ikke flyttes
<b>Deklaration af kompost</b>			
Udtaget repræsentativ prøve til analyse			Vedlagt seneste
<b>HAUGSTED</b>	Tlf. +45 24 40 65 59	<a href="mailto:perhaugsted48@gmail.com">perhaugsted48@gmail.com</a>	Rev. den 31-03-25

## Tidslinje



## Direkte og indirekte drivhusgasemissioner samt emissionsfaktorer

Målte direkte emissioner af metan og lattergas samt indirekte drivhusgasemissioner (energiforbrug) normaliseret til behandlet mængde.

Mile/modul	Direkte drivhusgasemissioner				Indirekte drivhusgasemissioner CO <sub>2</sub> -emission - energiforbrug	Direkte + indirekte drivhusgasemissioner Samlet drivhusgasemission
	CH <sub>4</sub> -emission	N <sub>2</sub> O-emission	CH <sub>4</sub> -emission	N <sub>2</sub> O-emission		
	kg CH <sub>4</sub> / ton affald (våd vægt)	kg N <sub>2</sub> O / ton affald (våd vægt)	kg CO <sub>2</sub> -ækv. / ton affald (våd vægt)	kg CO <sub>2</sub> -ækv. / ton affald (våd vægt)		
1A	1,6	1,8 · 10 <sup>-2</sup>	44,1	4,6	5,9	54,7
1B	5,4	3,6 · 10 <sup>-3</sup>	150,4	0,9	5,6	156,9
2A	0,1	3,6 · 10 <sup>-3</sup>	2,0	1,0	4,8	7,8
2B	3,1	0,6 · 10 <sup>-3</sup>	86,3	1,6	5,0	92,9
3A	1,5	1,1 · 10 <sup>-2</sup>	41,7	2,9	3,5	48,1
3B	3,5	2,4 · 10 <sup>-2</sup>	98,7	6,4	3,3	108,5
4A	3,9	3,0 · 10 <sup>-2</sup>	108,2	7,9	2,9	119,0
4B	2,2	1,6 · 10 <sup>-2</sup>	61,2	4,3	2,8	68,3
5A	2,1	3,0 · 10 <sup>-2</sup>	59,7	7,9	4,6	72,1
5B	0,80	2,0 · 10 <sup>-2</sup>	22,4	5,8	5,0	33,2

### **Minimering af gasemissioner fra kompostering af haveaffald**

Projektets overordnede formål har været at tilvejebringe dokumentation for emissionen af metan og lattergas fra forskellige praksis for kompostering. Det er hensigten, at projektets resultater kan fungere som dokumentation ift. at definere krav til behandlere af haveaffald, med henblik på at mindske udledning af drivhusgasser.

Forsøgene viste, at små passivt beluftede komposteringsmiler med usorteret neddelt haveaffald viste de laveste samlede emissioner. Aktiv beluftning af usorteret neddelt haveaffald samt små miler med sorteret neddelt haveaffald gav også relativt lave emissioner.



Miljøstyrelsen  
Lerchesgade 35  
5000 Odense C

[www.mst.dk](http://www.mst.dk)