

Driftsvilkår for komposteringsanlæg

Lone A. Clowes, Eva Lund & Per Haugsted Petersen
Rambøll

Rettelse pr. 18-03-2021

Der er ved gennemlæsning af rapporten efter udgivelse konstateret to fejl, der har meningsforstyrrende betydning. Således er der to steder i rapporten fejlagtigt skrevet CH₃, hvor der skulle have stået CH₄ (metan). Fejlende findes midt på side 38 (2. linje, 2. afsnit i kapitel 4.3) og først på side 43 (2. linje, 2. afsnit). Fejlene har ikke betydning for vurderinger og konklusioner eller rapportens indhold som sådan.

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
1.1 DRIFT OG REGISTRERING VED KOMPOSTERING MED HENBLIK PÅ REDUKTION AF LUGTEMISSION.	7
1.1.1 Baggrund og formål	7
1.2 INDHOLD AF DRIFTSJOURNAL	11
1 INDLEDNING	13
2 SCREENING AF ERFARINGER	15
2.1 SCREENING AF OPLYSNINGER FRA ANLÆG	16
2.1.1 Komposteringsmetode	16
2.1.2 Lugtgener fra komposteringsanlæg	16
2.2 SCREENING FRA AMTER	17
2.2.1 Påtalte lugtgener - opfølgning fra amterne	17
2.2.2 Opsamlingen på vilkår	18
2.3 UDANNELSESINSTITUTIONER	18
3 LITTERATUR- OG ERFARINGSOPSAMLING	21
3.1 LITTERATUROPSAMLING	21
3.1.1 Baggrund	21
3.1.2 Lugtemission ved kompostering	23
3.1.3 Optimal kompostering	24
3.2 ERFARINGSOPSAMLING	27
3.2.1 Baggrund	27
3.2.2 Kompostering	27
4 FULDSKALAFORSØG FOR VURDERING AF VARIATION I LUGTUDBREDELSE OVER EN MILE	33
4.1 DESIGN AF FULDSKALAFORSØG MED KOMPOSTERING AF SPILDEVANDSSLAM	33
4.2 OPLÆGNING AF MILE OG GENNEMFØRELSE AF FORSØG MED KOMPOSTERING AF SPILDEVANDSSLAM	34
4.3 UDTAGNING AF LUGTPRØVER SAMT MONITERING AF MILE	38
4.4 ANALYSE AF LUGTPRØVER	41
4.5 RESULTATER AF TERMOGRAFI OG LUGTPRØVER	42
4.6 VARIATION I LUGTEN OVER MILEN	44
4.6.1 Usikkerheder	45
4.6.2 Fastsættelse af punkt for udtagning af lugtprøver	46
5 DRIFTSVILKÅR FOR KOMPOSTERINGSANLÆG	49
5.1 INDHOLD AF DRIFTSJOURNAL	51
5.2 DAGLIGE METEOROLOGISKE OPLYSNINGER SOM BØR NOTERES FOR ALLE KOMPOSTERINGSANLÆG	52
5.3 OPLYSNINGER OM INDGANGSMATERIALER	52

5.4	OPLYSNINGER OM DRIFT OG LOGISTIK PÅ ANLÆGGET	52
5.5	OPSAMLING AF OPLYSNINGER	54
5.6	KORTLÆGNING AF LUGT FRA KOMPOSTERINGSANLÆG	54
6	LITTERATURLISTE	55

Bilag A	Spørgeskema til komposteringsanlæg og amter
Bilag B	Opsamling på vilkår fra amternes miljøgodkendelse
Bilag C	Driftskontrolprogram
Bilag D	Driftsjournal for forsøgsmile
Bilag E	Prøvningsrapport for lugtanalyser

Forord

Der er fokus på lugt i forbindelse med drift af komposteringsanlæg fra både anlæg, myndigheder og naboer. Ved revision af lugtvejledningen er der således mange hensyn at tage, når der skal opstilles anbefalinger til lugtvilkår og drift af anlæg.

Nærværende projekt med anbefalinger til drift af komposteringsanlæg er igangsat for at samle op på viden omkring driftsforhold for optimering af komposterings-processen, for derigennem at kunne formulere konkrete anbefalinger til driften af anlæggene. Ligeledes var det vigtigt at komme med anbefalinger til, hvordan man opnår et repræsentativt udtryk for lugtemissionen for en mile, da det oftest vil være gennem udtagning af lugtprøver, at man får mål for et anlægs lugtbelastning af omgivelserne.

Det er søgt at få projektarbejdet til at tage udgangspunkt i den hverdag, som både anlæg og myndigheder har. Disse er derfor kontaktet som del af screeningsfasen. Der har været en god og positiv dialog med både anlæg og myndigheder samt uddannelsesinstitutioner, og interessen i at bidrage til projektet har været meget stor. En stor tak derfor, til alle bidragsyderne.

Odense Renovationsselskab, I/S FASAN og KomTek Miljø har stillet data til rådighed for opsamling af konkrete erfaringer med kompostering og lugt. Disse data har været af stor betydning for formulering af de konkrete anbefalinger. Tak til disse komposteringsanlæg for bidrag med både data og erfaringer. Odense Renovationsselskab har stillet mandskab, plads, indgangsmaterialer og maskiner til rådighed ved gennemførelse af fuldskalaforsøg med kompostering. Alle fra pladsen, der har været involverede i projektet, har vist stor interesse og engagement, hvilket har været af stor betydning for projektets gennemførelse.

I forbindelse med formulering af projekt, løbende erfaringsudveksling samt som aktiv del af fuldskalaforsøg medvirkede FORCE Technology, ved Arne Oxbøl. Samarbejdet mellem Arne Oxbøl og Rambøll har været meget konstruktivt, hvilket har givet mulighed for at tilpasse den praktiske del af projektet, således at projektmidlerne blev udnyttet optimalt i forhold til undersøgelsesens omfang.

Miljøstyrelsen, ved Vibeke Vestergaard Nielsen, har sørget for, at projektet blev muligt og har med positiv og konstruktiv dialog igennem projektfasen været med til at forme projektet, der forhåbentligt kommer både anlæg, myndigheder og naboer til gavn.

Sammenfatning og konklusioner

1.1 Drift og registrering ved kompostering med henblik på reduktion af lugtemission.

I forbindelse med kompostering af organisk affald kan lugtgener mindskes ved at have fokus på kvalitet af indgangsmaterialer og driftsforholdene under komposteringen. anbefalinger til optimering af komposteringsprocessen tager udgangspunkt i den praktiske drift af anlæg samt registrering af driftsforholdene, således at driften og dialogen mellem anlæg og myndigheder fokuserer på optimal kompostering og minimering af lugtgener.

1.1.1 Baggrund og formål

Kompostering af have- og parkaffald, organisk affald og spildevandsslam fra rensningsanlæg resulterer i emission af lugtholdige gasser, der kan give anledning til lugtgener i anlæggenes omgivelser. I forbindelse med revision af lugtvejledningen har Miljøstyrelsen ønsket et veldokumenteret grundlag for at fastsætte anbefalinger til driftsvilkår til disse komposteringsanlæg med henblik på at mindske lugtgenerne. Nærværende projekt blev igangsat for at samle erfaringer fra litteraturen, anlæg og myndigheder til at kunne formulere sådanne anbefalinger. Projektet er blevet gennemført som et litteraturstudie samt gennem opsamling af egne erfaringer med drift og lugtemission fra komposteringsanlæg. Der er gennemført screening af erfaringer fra anlæg, myndigheder og uddannelses-institutioner samt gennemført praktiske forsøg. Projektet er udmundet i konkrete anbefalinger til driftsvilkår for komposteringsanlæg.

Undersøgelsen

Projektet er opbygget af følgende aktiviteter:

- Screening af erfaringer fra anlæg, myndigheder og uddannelsesinstitutioner
- Litteraturstudie og erfaringsopsamling
- Design af fuldskalaforsøg med kompostering af spildevandsslam fra rensningsanlæg
- Gennemførelse af forsøg for vurdering af variation i lugtudbredelse over en mile
- Afrapportering

Screeningen har været gennemført som en spørgeskemaundersøgelse, hvor der er rettet henvendelse til komposteringsanlæg og myndigheder. Spørgsmålene til anlæggene fokuserer på drift, registrering i forbindelse med kompostering og lugtgener internt og eksternt. Til myndighederne har der været fokus på eventuelle krav til driftsvilkår og lugtvilkår, som er stillet til anlæg.

Litteraturstudiet har givet et overblik over umiddelbar tilgængelig litteratur omhandlende drift af anlæg og optimering af komposteringsprocessen. Erfaringsopsamlingen har givet informationer fra tre komposteringsanlæg for kompostering af spildevandsslam, der alle har gennemført forsøg med kompostering og udtagning af lugtprøver.

På baggrund af screeningen samt litteratur- og erfaringsopsamlingen blev et fuldskalaforsøg igangsat med kompostering af spildevandsslam fra rensningsanlæg. Formålet var at undersøge variationen af lugt over en mile for at kunne komme med konkrete anbefalinger til, hvordan man kan opnå et repræsentativt udtryk for lugtemissionen.

Afrapporteringen har søgt at samle erfaringerne opnået igennem projektet med det formål at komme med dokumenterede anbefalinger til drift af komposteringsanlæg med henblik på minimering af lugtgener.

Hovedkonklusioner

Lugtgener kan forekomme fra alle typer af kompostering, men det er primært kompostering af spildevandsslam fra rensningsanlæg, der giver anledning til lugtklager fra naboer. Myndighedernes oplysninger til erfaringsindsamlingen i forbindelse med projektet viser, at myndighederne har modtaget klager på 6 anlæg ud af de 94 anlæg med have- og parkaffald, klager på 2 anlæg ud af 7 anlæg for kompostering af organisk dagrenovation og klager på 3 anlæg ud af 6 anlæg for kompostering af spildevandsslam. På baggrund af dette er der i projektet sat fokus på milekompostering af spildevandsslam fra rensningsanlæg.

Både litteraturen og komposteringsanlæggene kunne bekræfte, at de væsentligste driftsparametre for optimal kompostering og for minimal emission af lugt er:

- Håndtering og kvaliteten af indgangsmaterialer
- Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C/N)
- Fugtighedsindhold og fri luftporevolumen
- Størrelse af mile
- Etablering af biofilter
- Milevending
- Anvendelse af additiver

Der skal tages højde for disse parametre ved kompostering. Gennem registrering af driftsparametrene i en driftsjournal er der for både anlæg og myndigheder mulighed for at følge op i forhold til minimering af lugtgener.

Ved dokumentation af lugt fra komposteringsanlæg med arealkilder skal man i hvert tilfælde vurdere, om der udtages prøve fra en homogen eller uhomogen kilde. Milevending giver anledning til forhøjet emission af lugt. Forsøg gennemført med en 2 uger gammel mile viser, at denne øgede emission er tidsbegrænset, da lugtemissionen var tilbage på basisniveau for før milevending efter 1-2 timer. Det er ikke muligt ud fra forsøget gennemført på en uhomogen kilde at give eksakte retningslinjer for, hvor mange prøver, der skal udtages over en mile for at få et repræsentativt udtryk for lugtemissionen.

Projektresultater

På baggrund af erfaringsopsamlingen fra både deltagelse i fuldskalaforsøg og drift af komposteringsanlæg og litteraturstudie, er der udarbejdet forslag til driftsvilkår rettet mod de tidligere nævnte driftsparametre til minimering af lugt. Hvor det er muligt og hensigtsmæssigt, er der angivet et interval for de styrende parametre. Desuden er der udarbejdet forslag til, hvilke parametre der skal registreres i en driftsjournal.

Tabel 1: Forslag til driftsvilkår. C/N = forholdet mellem kulstof og kvælstof. TS= tørstof.

Aktivitet	Gode råd til håndtering	Effekt
Renholdelse af anlæg og maskiner.	Alle kørselsarealer og maskiner bør dagligt rengøres efter brug.	Forebygger ukontrolleret lugtemission.
Håndtering og anvendelse af have- og parkaffald.	Anvend så vidt muligt frisk neddelt have- og parkaffald.	Forebygger at den biologiske proces opstartes før oplægning til kompostering.
Håndtering og anvendelse af spildevandsslam fra rensningsanlæg.	Kun aerob (beluftet) eller anaerob (udgasset) stabiliseret spildevandsslam fra rensningsanlæg bør modtages og anvendes. Opblanding med strukturmateriale bør ske inden for 2 uger fra modtagelse.	Hvis spildevandsslammet ikke er stabilt, er der risiko for ukontrolleret lugtemission i forbindelse med oplægning til kompostering.
Håndtering og anvendelse af organisk dagrenovation.	Kun affald, der ikke er komprimeret og ikke er ældre end 2 uger bør modtages. Opblandes med strukturmateriale inden for 2 dage fra modtagelse.	Reducerer risiko for at der ikke opstår anaerobe forhold ved håndtering og oplægning til kompostering.
Anvendelse af materialer og sammensætning med henblik på optimal kompostering.	Ved oplægning af miler med spildevandsslam fra rensningsanlæg og organisk dagrenovation skal der anvendes strukturmateriale og kulstofkilde, så følgende opnås: $20 < C/N < 30$ Densitet $< 700 \text{ kg/m}^3$ $40 < TS < 50$ Ved åben milekompostering bør der tages højde for forventet nedbør den kommende uge.	Optimerer komposteringsprocessen og minimerer lugtemission.
Blanding af materialer til kompostering og opsætning af mile.	Blanding bør foretages uden at komprimere kompostmassen. Der bør sikres, at der ikke forekommer klumper større end en tennisbold En mile bør etableres med en højde på 1,5 - 3 m og rumme $4-12 \text{ m}^3$ per løbende meter.	Sikrer at der er tilstrækkelig luftporevolumen (porøsitet) til opretholdelse af aerobe forhold.

Aktivitet	Gode råd til håndtering	Effekt
Vending af miler.	<p>Miler bør vendes hver uge de første 4 uger af komposteringsprocessen.</p> <p>Miler bør vendes så mange gange og på en sådan måde, at alt materiale undergår kompostering med temperaturer $>55^{\circ}\text{C}$ i mindst 14 dage (kontrolleret kompostering).</p> <p>Milen bør vendes, når iltindholdet falder til under 15 %</p> <p>Komprimering af miler ved vending bør undgås. Densitet på minimum 700 kg/m^3 bør opretholdes.</p>	Sikrer omfordeling og genskaber en struktur med tilstrækkelig luftporevolumen (porøsitet) til opretholdelse af aerobe forhold.
Anvendelse af biofilter.	<p>Straks efter oplægning af mile og efter vending af miler inden for de første 3 uger, bør der etableres et minimum 20 cm tykt biofilter på toppen af milen.</p> <p>Filteret bør bestå af sigterest mellem 10 og 45 mm fra tidligere kompostering. Sigtresten skal være fri for større urenheder og sten.</p>	Reducerer lugtemission. Virker samtidig isolerende og reducerer fordampning.
Kraftig uventet nedbør.	Hvis komposten bliver for våd, bør der tilsættes tør strukturmateriale og foretages opblanding, så TS bliver $> 35\%$.	Sikrer tilstrækkeligt luftporevolumen (porøsitet) til aerob kompostering.
Udtørring af kompost ved tørt og varmt vejr.	Hvis komposten bliver for tør, så TS bliver $> 55\%$, bør der foretages vanding.	Sikrer at der er tilstrækkeligt vandindhold til mikrobiel aktivitet og nedbrydning af organisk materiale.
Afkøling og eftermodning af kompost.	Efter kompostering anbringes kompost til afkøling og eftermodning bedst i trapezmiler i en højde af indtil 4 m.	Sikrer at der opretholdes tilstrækkeligt frit luftporevolumen (porøsitet) til at afkøling og eftermodning sker under aerobe forhold.
Opbevaring af kompost.	Efter kompostering og sortering skal kompost opbevares tørt. Det kan ske i hal eller ved overdækning.	Sikrer at der opretholdes tilstrækkeligt frit luftporevolumen (porøsitet) til opretholdelse af aerobe forhold.

Aktivitet	Gode råd til håndtering	Effekt
Monitoring og registrering.	Udarbejd driftsjournal for hvert parti kompost indeholdende oplysninger om: <ul style="list-style-type: none"> • materialer og mængder • analyser i henhold til slambekendtgørelsen • temperaturmålinger • driftsjournaler for hver mile der indgår i partiet 	Sikrer dokumentation for gennemført aerob komposteringsproces samt kvalitet af den producerede kompost. Sikrer mulighed for løbende at optimere driften af det enkelte anlæg. Giver mulighed for at dokumentere driften, hvis der opstår lugtgener.
Uddannelse af driftsansvarlige og driftspersonel.	Uddannelse så der sikres tilstrækkelig viden om kompostering og løsning af problemer ved driftsforstyrrelser.	Kendskab og indsigt i komposteringsprocesser vil optimere driften og minimere lugtemission.

1.2 Indhold af driftsjournal

For at få afdækket i hvilke situationer der opstår lugtgener, bør der føres daglige registreringer over:

- Meteorologiske forhold (de fleste lugtgener opstår i særlige vindretninger og under lavtryk).
- Indgangsmaterialer der tilføres anlægget (oplysningerne anvendes til beslutning om, hvilke foranstaltninger der skal iværksættes for at afhjælpe lugtgener).
- Logistikken på anlægget (anvendes dels til at afdække, om det er et særligt indgangsmateriale, der giver anledning til lugtgener, og dels til lokalisering af hvilken kompost, der skal tages ud, hvis der opdages en forurening af et særligt læs indgangsmaterialer, f.eks. forhøjet indhold af tungmetaller).
- Anlæggets drift (lugtgener opstår typisk ved håndtering af komposten).
- Temperatur og ilt samt ugentlig/månedlige registrering af tørstofindhold (ved kompostering af have- og parkaffald foretages dog ugentlige registreringer).

Oplysninger til driftsjournalen kan enten opsamles på papir i skemaer eller i elektroniske driftskontrolprogrammer.

Hovedparten af komposteringsanlæggene i Danmark vurderes at kunne fungere uden væsentlige lugtgener, såfremt ovenstående anbefalinger følges.

1 Indledning

I forbindelse med revision af Miljøstyrelsens Vejledning nr. 4/1985: Begrænsning af lugtgener fra virksomheder (lugtvejledningen) er et af fokusområderne problematikken omkring lugt fra arealkilder.

I modsætning til punktkilder, dvs. afkast fra virksomheder, er der for arealkilder i vejledningen ikke anført retningslinjer for bestemmelse af lugtemission. For arealkilder som f.eks. kompostmiler findes der således ikke en standardiseret og valideret metode til fastsættelse af lugtvilkår og eftervisning af disse vilkårs overholdelse. For mile- og madraskomposteringsanlæg udgør arealkilderne oftest de største lugtkilder.

Da behandling af organisk affald er forbundet med udvikling af lugtende aerosoler og potentiel forekomst af lugtgener i omgivelserne, er sådanne anlæg samtidig oftest reguleret i forhold til lugtemissionen.

Lugtgener i forbindelse med komposteringsaktiviteter udmunder oftest i, at man fra anlæggets eller myndighedernes side igangsætter tiltag i form af enten lugtkortlægning eller regulering af drift for at minimere generne. Kortlægningen af lugten finder oftest sted ved udtagelse af lugtprøver fra anlæggets kilder og efterfølgende analyse ved lugtpanel, hvorimod driften reguleres gennem styring af oplagsstørrelser, håndteringsmetoder samt optimering af proces gennem styring af driftsparametrene.

De væsentligste driftsparametre for kompostering og emission af lugtende gasser er:

- Iltindhold (O_2 %)
- Tørstofindhold (TS %)
- Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C/N) i kompostmassen
- Kvaliteten af det organiske materiale som komposteres (råvarerne)
- Luftporevolumen i komposten
- Dimensionen af mile/madras

Det er derfor disse parametre, der fokuseres på ved minimering af lugtemissionen fra arealkilder på komposteringsanlæg.

I foråret 2003 igangsatte Miljøstyrelsen et arbejde målrettet mod udarbejdelse af et udkast til et kapitel omkring arealkilder til lugtvejledningen. I rapporten "Fastsættelse af vilkår for drift af virksomhed med store arealer, der indebærer risiko for lugt i omgivelserne" (Miljøstyrelsen 2003) blev arealkilder grundigt drøftet i relation til komposteringsanlæg. En af anbefalingerne i rapporten omhandler dokumentation af produktion og optimering af driftsparametre for at minimere lugtgener i forbindelse med kompostering.

Med udgangspunkt i ovenstående driftsparametre og føromtalt Miljøstyrelsesrapport blev nærværende projekt igangsat med henblik på at udforme nogle konkrete forslag til driftsvilkår for komposteringsanlæg med fokus på minimering af lugtgener.

For at afdække de praktiske erfaringer med hensyn til håndtering af lugt i forbindelse med kompostering samt myndighedsaspektet for miljøgodkendelser samt fastsættelse af vilkår til lugtemission, blev projektet indledt med en screeningsrunde. Screeningen blev foretaget ved indhentning af oplysninger fra spørgeskemaer sendt til både anlæg og myndigheder.

Sammenhængen mellem drift og lugtemission under kompostering er desuden undersøgt gennem litteratur i ind- og udland samt opsamling af egne erfaringer fra drift af komposteringsanlæg.

På baggrund af litteraturstudiet og erfaringsopsamlingen blev en ”opskrift” udarbejdet for oplægning og kompostering af mile med indgangsmaterialer af spildevandsslam fra rensningsanlæg, neddelt have- og parkaffald samt halm. Milen blev oplagt for efterfølgende at kunne belyse variationen i lugtudbredelsen fra en kompostmile.

Variationen i lugtemissionen fra en kilde vil være afgørende for, hvor repræsentativt et billede man kan få af lugtemissionen og dermed også bestemmelse af lugtbelastningen i omgivelserne.

Projektet omfattede ikke spørgsmålet om målemetoder, herunder spredningsberegninger for arealkilder, men fokuserer alene på opstilling af driftsvilkår, der giver muligheder for at minimere lugtemissionen fra komposteringsanlæg.

Projekterne er bidrag til Miljøstyrelsens revision af lugtvejledningen for begrænsning af lugt fra virksomheder.

2 Screening af erfaringer

I forbindelse med nærværende projekt blev miljøgodkendte komposteringsanlæg og amter kontaktet med henblik på at få afdækket, hvilke typer anlæg og hvilke indgangsmaterialer, der giver anledning til lugtgener/klager.

Der blev sendt spørgeskemaer til de komposteringsanlæg i Danmark, der stod opført på en liste over komposteringsanlæg indhentet fra "Videncenter For Affald".

Spørgeskemaerne var udformet med henblik på at få sammenhængende oplysninger om driftsforhold og lugtgener. Spørgsmålene tog udgangspunkt i ønsket om at følgende blev besvaret:

- Type af indgangsmateriale for kompostering
 - i. Have- og parkaffald
 - ii. Organisk dagrenovation
 - iii. Spildevandsslam
- Type af komposteringsanlæg
 - i. Madraskompostering
 - ii. Milekompostering (beluftet eller ikke beluftet)
 - iii. Lukkede anlæg
- Driftserfaringer
 - i. Mængde der komposteres
 - ii. Parametre der monitoreres for i dag
 - iii. Eksisterende driftsvilkår
 - iv. Erfaringer med styring efter driftsparametre
 - v. Registrerede lugtklager over anlæg

Spørgeskemaerne ses i bilag A.

Besvarelse viser en fordeling som følger:

Anlæg for kompostering	Antal besvarelser fra anlæg	Antal anlæg ifølge amternes besvarelser
Have- og parkaffald	28	94
Organisk affald	5	7
Spildevandsslam	4	6
I alt	37	107

Amternes besvarelser af spørgeskemaerne sammenholdt med listen over komposteringsanlæg i Danmark, viste, at kun halvdelen af de anlæg, der tidligere har komposteret organisk affald eller spildevandsslam, stadig gør det. Desuden viste undersøgelsen, at flere anlæg, der tidligere har komposteret have- og parkaffald, er lukkede.

Der er ikke fulgt op på baggrunden for, hvorfor at det forholder sig sådan.

Der er i alt modtaget svar fra 37 anlæg. Herudover har 8 anlæg svaret, at der ikke længere er kompostering.

Hovedparten af anlæg, som komposterer organisk affald og spildevandsslam, har svaret.

Der blev udsendt spørgeskemaer til alle amter (13 amter + Bornholms Regionskommune), og alle har svaret.

2.1 Screening af oplysninger fra anlæg

2.1.1 Komposteringsmetode

Alle anlæg, som komposterer organisk affald og spildevandsslam samt hovedparten af anlæg, som komposterer have-/parkaffald, anvender milekompostering.

Det fremgår af komposteringsanlæggenes besvarelser, at den drifts- og registreringspraksis, der anvendes på komposteringsanlæggenes, er meget forskellige.

Alle anlæg, som komposterer organisk affald eller spildevandsslam, har udarbejdet en driftsjournal og følger en driftsinstruks. For have- og parkaffalds kompostering har mere end halvdelen af komposteringsanlæggenes en driftsjournal og følger en driftsinstruks.

På den baggrund er der sat fokus på drift samt milekompostering i denne rapport. Anbefalinger fra denne rapport vil kunne indbygges i anlæggenes driftsinstrukser og/eller driftsjournaler.

2.1.2 Lugtgener fra komposteringsanlæg

Komposteringsanlæggenes er blevet bedt om at svare på, om der har været lugtklager fra naboer indenfor de sidste 3 år. Disse klager kaldes i det efterfølgende "eksterne lugtgener". Anlæggenes skulle samtidigt oplyse, hvor ofte der har været klager, og i hvilke situationer, der bliver klaget. Herudover blev der spurgt, om der er foretaget ændringer på komposteringsanlægget for at reducere lugtgener fra komposteringsprocessen.

Komposteringsanlæggenes skulle også svare på, om personalet har været generet af lugt fra komposteringsprocessen indenfor de sidste 3 år. Disse gener kaldes i det efterfølgende "interne lugtgener". Besvarelsen af dette spørgsmål er behæftet med stor usikkerhed, idet driftspersonalet oftest vil have et andet forhold til lugt end de eksterne. Hvorvidt personalet oplever det som "gene", eller hvorvidt de bare erkender lugten, vil være meget individuelt. Spørgsmålet er medtaget, fordi driftspersonalets erfaringer med komposteringsprocessen hænger tæt sammen med lugten fra milerne. Det skulle oplyses, hvor ofte der har været klager, og i hvilke situationer de interne lugtgener opstod.

I det efterfølgende er anlæggenes besvarelser opstillet skematisk.

Antal anlæg for	Interne lugtgener	Eksterne lugtgener
Have-/parkaffald		
3	Ja	Ja
3	Ja	Nej
5	Nej	Ja
15	Nej	Nej
2	Ikke oplyst	Ikke oplyst
Organisk affald		
1	Ja	Ja
1	Ja	Nej
3	Nej	Ja
Spildevandsslam		
2	Ja	Ja
1	Ja	Nej
1	Nej	Ja

Tabel 2: Komposteringsanlæggenes besvarelser af hvorvidt der på anlæggene er registreret henholdsvis interne og eksterne lugtgener. Markeringer med fed angiver lugtgener.

Som det ses af ovenstående skema, kan der opstå lugtgener på alle typer komposteringsanlæg uanset hvilket materiale, der komposteres. Desuden kan det konstateres, at der er anlæg, hvor der er lugtgener både internt og eksternt samt anlæg, hvor lugtgenerne kun konstateres enten internt eller eksternt.

Kun for anlæg som komposterer rent have-/parkaffald findes anlæg, som hverken har interne eller eksterne lugtgener.

Fælles for alle udmeldinger om lugtgener er følgende:

- Lugtgener opstår i forbindelse med håndtering af miler, dvs. aflæsning, oplægning, vending eller sortering til/af milerne
- Lugtgenerne er betinget af særlige vejsituationer som f.eks. høj luftfugtighed og særlige vindretninger.

Med henvisning til dette bør der udvikles en række anbefalinger til den daglige drift, som kan indarbejdes i de enkelte anlægs driftsinstrukser, således at lugtgener minimeres.

Af de klagesager, som Miljøstyrelsen behandler vedr. kompostering, omfatter hovedparten kompostering med spildevandsslam. Af ovenstående tabel 1 fremgår ligeledes, at der forholdsmæssigt er flest klager, når der komposteres med organisk affald og spildevandsslam.

Med baggrund i ovenstående og da driftsprocesser så som aflæsning, oplægning, vending, sortering i princippet er ens for alle typer kompostering blev der efter screeningen valgt i projektet at fokusere på lugt/drift fra anlæg, der komposterer spildevandsslam.

2.2 Screening fra amter

2.2.1 Påtalte lugtgener - opfølgning fra amterne

Ved kontakt til amterne som led i spørgeskemaundersøgelsen, er der spurgt til antallet af komposteringsanlæg i amtet, lugtgener indenfor de sidste 3 år i for-

bindelse med anlæggene samt hvilke lugtvilkår, der er stillet til anlæggene. Der er modtaget besvarelse fra alle amter.

Fra amterne er der oplyst, at der er påtalt eksterne lugtgener (udenfor anlæggene) fra 6 anlæg med have-/park affald, 2 anlæg med organisk affald og 3 anlæg med spildevandsslam.

Komposteringsanlæg	Antal anlæg i amterne	Lugtgener / påtale om lugt	Gennemført kontrolmåling
Have-/ Park affald	94	ja på 6 anlæg	Nej
Organisk dagrenovation	7	ja på 2 anlæg	Nej
Spildevandsslam	6	ja på 3 anlæg	Ja på 3 anlæg

Der er påtalt forholdsmæssigt færre lugtgener fra komposteringsanlæg med ren have- og parkaffald end fra anlæg, der også anvender organisk dagrenovation og spildevandsslam.

På 3 komposteringsanlæg, der komposterer spildevandsslam, er der gennemført kontrolmåling som del af en lugtkortlægning.

2.2.2 Opsamlingen på vilkår

Af spørgeskemaerne fremgår det, at amterne i miljøgodkendelserne generelt stiller de samme vilkår om lugt. Vilkårene kan deles op i følgende "kategorier":

- vilkår med konkrete lugtgrænser i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/1985 om lugt fra virksomheder samt kontrol/dokumentation
- vilkår med "bløde" formuleringer om, at anlægget/aktiviteten ikke må give anledning til væsentlig lugt
- vilkår til driften

Flere amter har til spørgeskemaet vedlagt udpluk eller hele miljøgodkendelser, hvor vilkårene fremgår. Vilkårene er sammenfattet i bilag b.

2.3 Uddannelsesinstitutioner

Der har været rettet henvendelse til uddannelsesinstitutioner Aalborg Universitet, Syddansk Universitet og KVL (den Kgl. Veterinære- og Landbohøjskole) med forespørgsel om deres erfaring med reduktion af lugt og kompostering. Desuden er der foretaget en screening på Internettet for at undersøge om andre uddannelsesinstitutioner arbejder med lugtproblematikken fra komposteringsanlæg.

Aalborg Universitet og KVL har bidraget med erfaringer med lugt og komposteringsanlæg. Andre uddannelsesinstitutioner, der har været kontaktet, har haft erfaringer med andre problemstillinger, der ikke er relevante i denne her sammenhæng.

Aalborg Universitet har primært erfaring med håndtering af luftemissionen fra komposteringsprocessen (Poulsen, T.G. 2005). Fra åbne arealkilder kræver det forholdsvis store investeringer, hvis luftemissionen skal opsamles og behandles. Dette er således ikke en reel løsning for mange anlæg.

Et af problemerne med emission af lugt under milevending er, at den er en ændring i forhold til basisemissionen og opfattes derfor som en variation i intensitet i omgivelserne. Denne lugtændring er ifølge Tjalfe Poulsen fra Aalborg Universitet, det, der hyppigst giver anledning til lugtklager.

Såfremt man ikke kan behandle eller kontrollere luften, der emitteres, specielt for situationen under milevending, så bør der primært fokuseres på gunstige vejrforhold ved vending, iltindhold i komposten samt C/N forhold i milen (Poulsen, T.G. 2005).

Jacob Møller fra KVL arbejder med kompostering herunder procesoptimering og kompostkvalitet. En af de vigtige parametre er også her andelen af letnedbrydeligt kulstof i indgangsmaterialer for kompostering.

Jacob Møller gør opmærksom på muligheden for at anvende en mere fintfølelse analysemetode til måling af kulstof i indgangsmaterialerne, f.eks. van Soest-metoden. Ved denne metode kan man på et tidligt tidspunkt, i forbindelse med oplægning af milen, foretage en måling/beregning af C/N forholdet og få taget højde for det let nedbrydelige kulstof, der indgår i beregning af C/N forholdet.

Ligeledes anbefaler Jacob Møller en nærmere undersøgelse af iltindholdet i milen for at kunne optimere og styre komposteringsprocessen, så den foregår aerob. Det er Jacobs Møllers erfaring, at beluftning og iltforhold ofte bygger på tommelfingerregler og ikke er videnskabelig underbygget.

3 Litteratur- og erfaringsopsamling

Den mikrobielle aktivitet ved kompostering og deraf følgende emission af luftformige gasser, er i høj grad afhængig af iltforhold, kulstof/kvælstof indhold (C/N forhold) og fugtighedsindhold i milen. Disse forhold vil derfor blive nærmere belyst i projektet.

For at undersøge sammenhængen mellem driftsparametre og lugtemission under kompostering er der foretaget en opsamling af umiddelbar tilgængelig litteratur ligesom egne erfaringer fra drift af komposteringsanlæg og forsøg gennemført for kompostering af spildevandsslam fra rensningsanlæg er inddraget.

3.1 Litteraturopsamling

3.1.1 Baggrund

Det er en almindelig opfattelse, at kun bestemte affaldstyper så som organisk dagrenovation, spildevandsslam fra rensningsanlæg, husdyrgødning og fødevareraffald kan give anledning til lugt fra komposteringsanlæg. Dette er imidlertid ikke tilfældet, idet alle typer organisk affald har potentiale til at emitte lugt under nedbrydning. Selv tilsyneladende harmløst affald som have- og parkaffald kan forårsage lugtproblemer, hvis det ikke håndteres korrekt. Lugt kan opstå lige fra modtagelse af affaldet på komposteringsanlægget til selve komposteringen. (Roberts, D. & Sellwood, D. 1992).

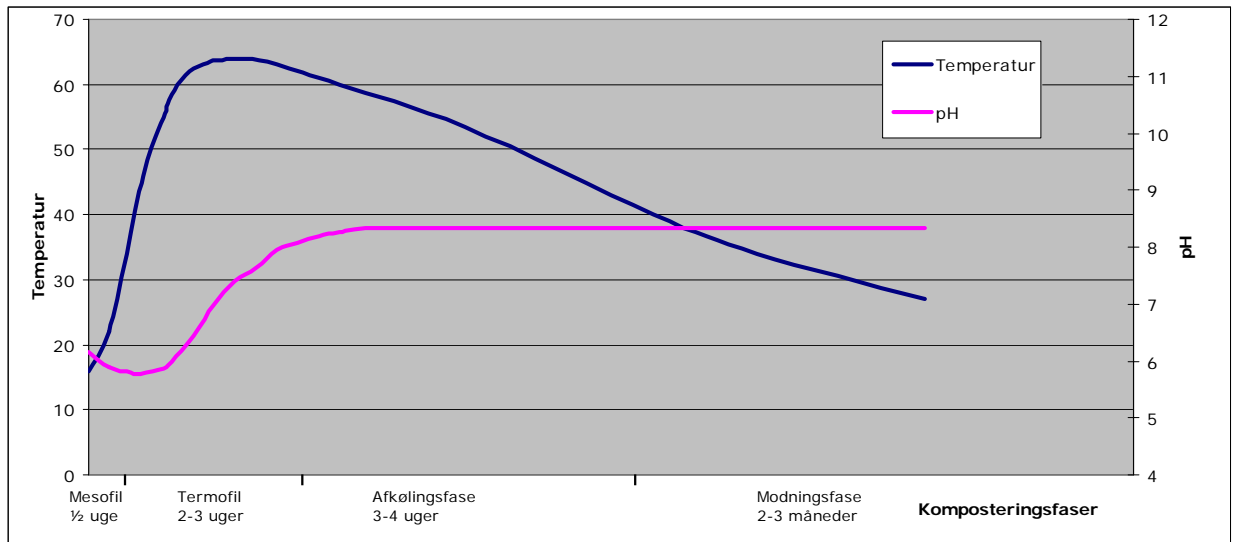
Kompostering består primært af aerob mikrobiel nedbrydning af affaldet, men kan også bestå af anaerob nedbrydning, hvis håndtering ikke er optimal, og der opstår iltfattige forhold. Det er hovedsagelig frigivelse af gasser fra utilsigtet anaerob nedbrydning, der forårsager lugtproblemer på og omkring komposteringsanlæg.

En række lugtgivende forbindelser er almindeligvis forekommende ved kompostering af organisk affald. (Goldstein, N. 2002. Haug, R. T. 1993). For hvert af stofferne er kortlagt den menneskelige detektionsgrænse angivet i mikrogram/m³. En lav værdi (lav koncentration) betyder, at lugt erkendes let af mennesker. En høj værdi betyder, at der skal mere stof (større koncentration) til at erkende lugten. Forbindelserne med tilhørende detektionsgrænser, lugtkarakteristika og opståen fremgår af figur 1.

Forbindelse	Kemisk formel	Detektionsgrænse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Lugtkarakteristika	Opståen og effekt
<i>Svovlforbindelser:</i> - Svovlbrinte - Dimethyl disulfid - Dimethyl sulfid - Kulstofdisulfid - Metanethiol	H_2S $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$ $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ CS_2 $(\text{CH}_3)\text{SH}$	0,7 0,1 2,5 24 0,4	Rådden æg Rådden kål Rådden kål Råddent græskar Skarpt svovlagtig	Dannes hovedsagelig under anaerobe forhold. Giver anledning til kraftig lugt i omgivelserne
<i>Kvælstofforbindelser:</i> - Ammoniak - Trimethyl amin	NH_3 $(\text{CH}_3)_3\text{NH}$	27 0,11	Svidende, skarp Skarp fiskagtig	Dannes under anaerobe forhold og ved effektivt $\text{C}/\text{N} < 15$. Giver sjældent anledning til lugt uden for anlæg
<i>Flygtige fedtsyrer:</i> - Myresyre - Eddikesyre - Propionsyre - Smørsyre	HCOOH CH_3COOH $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	8 1019 28 0,3	Bidende Skarp eddikeagtig Harsk Modbydelig (sure tæer)	Biprodukter af anaerob nedbrydning. Er let nedbrydelige. Giver ikke anledning til lugtproblemer under godt ventilerede forhold

Figur 1: Lugtende forbindelser der almindeligvis kan forekomme ved kompostering, med tilhørende detektionsgrænser, lugtkarakteristika og situationer hvor de opstår

Komposteringsprocessen består af en termofil fase med primær nedbrydning af organisk materiale, hvor temperaturen kan komme op på 70°C , en mesofil fase med sekundær nedbrydning og en afkølings- og modningsfase (figur 2). Ved optimal kompostering af materialer med et højt indhold kvælstof i forhold til kulstof (C/N forhold på < 30) vil den primære nedbrydningsfase foregå i de første 3 uger. Den efterfølgende sekundære nedbrydning vil finde sted de efterfølgende 5 uger. Afkølings- og modningsfasen forløber over yderligere 8-12 uger (Haug, R. T. 1993).

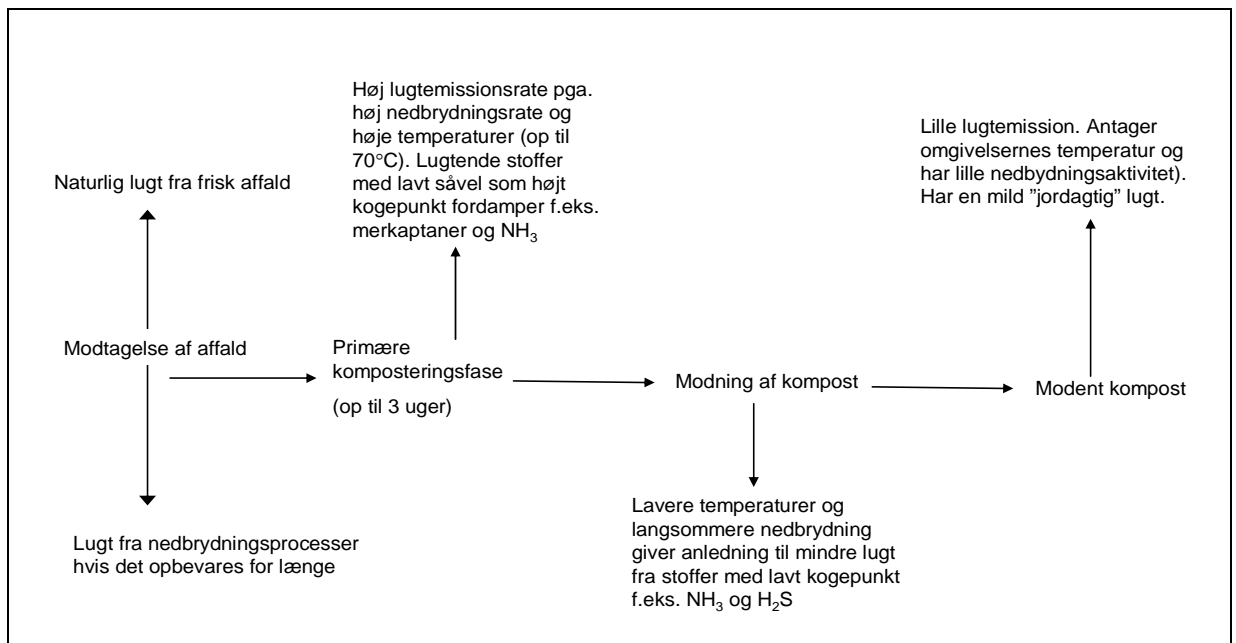


Figur 2: Skitseret komposteringsforløb ved 15<C/N <30 for kompostering af spildevandsslam. Udarbejdet på baggrund af konferencemateriale fra ukendt kilde.

3.1.2 Lugtemission ved kompostering

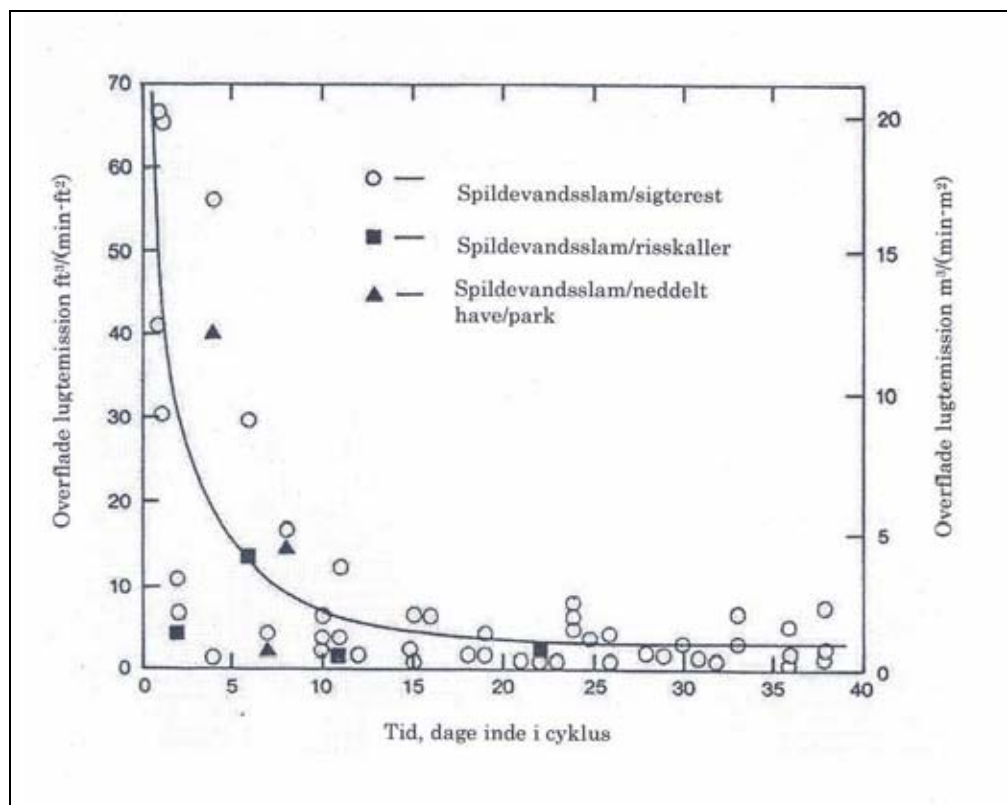
Det er hovedsagelig i den primære nedbrydningsfase ved høje temperaturer, der er risiko for, at der opstår anaerobe forhold i komposteringsprocessen og dermed høj lugtemission.

Emission af lugt gennem de forskellige faser af komposteringsprocessen fremgår af figur 3.



Figur 3: Lugtemission gennem forskellige faser af komposteringsprocesser. (Frit oversat efter Roberts, D. & Sellwood, D. 1992).

Ved kompostering i miler finder hovedparten af emissionen af lugt sted i starten af den primære thermofile nedbrydningsfase (Iacoboni, M. D. *et al* 1984; Haug, R. T. 1993). Den målte emission per arealenhed som funktion af tid fremgår af figur 4.



Figur 4: Lugt Emission per m^2 (SOER= surface odour emission rate) som funktion af tid i et milekompostering forløb. Lugtprøver er taget før milevending. Der er komposteret udrådnet spildevandsslam fra rensningsanlæg opblandet med sigterest fra kompost og med neddelt have- og parkaffald eller risskaller. Mileerne er naturligt ventileret og har en højde på 0,7 til 1,1 m. (Iacoboni *et al* 1984).

Det fremgår af figur 4, at lugtemissionen per kvadratmeter efter 10 dage er faldet til et niveau, så man ikke vil forvente lugtgener fra milen.

3.1.3 Optimal kompostering

De væsentligste driftsparametre for optimal kompostering og for minimal emission af lugt er:

- Håndtering og kvalitet af materialer
- Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C/N)
- Fugtighedsindhold og fri luftporevolumen
- Størrelse og håndtering af mile
- Etablering af biofilter
- Milevending
- Anvendelse af additiver

3.1.3.1 Håndtering og kvalitet af materialer

Ved modtagelse og opbevaring af organiske materialer til kompostering skal det sikres, at der ikke påbegyndes nedbrydning, idet det vil forårsage lugtemissioner. Neddeling af have- og parkaffald som strukturmateriale og kulstofkilde skal derfor foretages få dage inden opblanding og oplægning af materialer til kompostering. (Roberts, D. & Sellwood, D. 1992).

Tilsvarende gør sig gældende for spildevandsslam fra rensningsanlæg. Ved modtagelse og opbevaring skal det sikres, at spildevandsslammet er stabiliseret. Da dette ikke har et luftporevolumen, der kan sikre opretholdelse af aerob tilstand, vil der hurtig opstå anaerob nedbrydning med deraf følgende emission af meget lugtende gasser.

Straks efter modtagelse af spildevandsslam fra rensningsanlæg eller andet organisk affald med lavt eller meget ringe frit porevolumen bør der ske opblanding med strukturmateriale og kulstofkilde til det rette C/N forhold, fri porevolumen og fugtindhold (Goldstein, N. 2002).

3.1.3.2 Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C/N)

Ved C/N forhold større end 30 vil mikroorganismene i komposteringsprocessen ikke have tilstrækkelig adgang til kvælstof for en optimal kompostering. Kvælstof vil være en begrænsende faktor for den biologiske aktivitet og dermed nedbrydning af organisk materiale. Ved C/N forhold for biologisk nedbrydelige materialer mindre end 15 vil der ske emission af kvælstofforbindelser og især ammoniak, hvilket kan resultere i lugtgener (Haug, R. T. 1993).

Ved beregning af kulstofindholdet skal der tages hensyn til nedbrydeligheden af kulstoffet i indgangsmaterialerne. Indhold af uorganisk kulstof er ikke tilgængeligt for mikroorganismer, ligesom lignin kulstof heller ikke er umiddelbart tilgængelig for mikrobiel udnyttelse ved nedbrydning af organisk materiale (Haug, R. T. 1993). Det betyder, at det er den nedbrydelige del af kulstoffet, der bør anvendes ved beregning af C/N forhold.

For have- og parkaffald og halm, som typisk anvendes som kulstofkilde og strukturmateriale til opretholdelse af tilstrækkeligt luftporevolumen og dermed iltindhold, udgør den bionedbrydelige del af kulstoffet ca. 70% (Haug, R. T. 1993). Ved beregning af C/N forholdet i forbindelse med etablering af kompostmiler skal der som følge heraf regnes med et C/N forhold på 25, såfremt emission af ammoniak skal minimeres og tab af kvælstof begrænses (Haug, R. T. 1993).

Bestemmelse af C/N forholdet kræver kendskab til den kemiske sammensætning af materialer, der kan anvendes til kompostering. Total Kjeldahl kvælstof kan bestemmes af alle laboratorier, hvorimod bestemmelse af total organisk kulstof (TOC) kan være problematisk idet det kræver en vis rutine. Haug, R.T. (1993) angiver i komposthåndbogen, at bestemmelse af TOC kan ske ved brug af en sammenhæng mellem indhold af aske og kulstof angivet ved følgende formel: % kulstof = Glødetab/1,8.

3.1.3.3 Fugtighedsindhold og fri luftporevolumen

Fugtighed er en forudsætning for, at mikrobiel aktivitet kan finde sted. Mangel på fugtighed kan udgøre en alvorlig begrænsning for kompostering af organisk materiale. Fugtindholdet skal generelt være så højt som muligt uden at gennemvæde kompostmassen og fjerne den nødvendige fri porevolumen.

Ved oplæg af materialer til kompostering skal indholdet udtrykt som tørstof (TS) være ca. 40% for at opnå bedst mulige betingelser for den mikrobielle nedbrydning og skal opretholdes på højst 50% i den intensive termofile fase af komposteringsprocessen (Gage, J. 2003) (Haug, R. T. 1993).

Frit luftvolumen er nødvendigt for at sikre tilstrækkeligt iltindhold for aerob nedbrydning af organisk materiale. Det fri luftporevolumen skal opretholdes under hele komposteringsforløbet for at sikre den mikrobielle nedbrydning under aerobe forhold og dermed minimere emission af luftformede stoffer.

Ved kompostering af organisk dagrenovation og spildevandsslam fra rensningsanlæg er optimalt indhold af fugt fundet ved TS 43% med et frit luftporevolumen på mere end 30% (Haug, R. T. 1993).

3.1.3.4 Størrelse og håndtering af mile

Ved kompostering i miler ses det tydeligt, at damp og ventilation af gasser foregår i toppen af milen. Dette ses også efter milevending, selv om der foretages hyppig vending af miler. Det er energigradienten, der giver bevægelse i luftstrømmen og dermed den nødvendige ilttilførsel til den mikrobielle nedbrydningsproces. Ved opretholdelse af tilstrækkelig porøsitet (luftporevolumen) er denne skorstenseffekt tilstrækkelig til at sikre aerobe forhold under komposteringsforløbet, såfremt milen ikke er højere end 3 m (Haug, R. T. 1993).

Ved forsøg er der fundet en sammenhæng med forholdet mellem overflade af mile/volumen og emission af lugt. Det gælder generelt, at jo lavere forholdet mellem overflade/volumen er, des lavere er lugtemissionen (Hay, J. C. *et al* 1985).

3.1.3.5 Etablering af biofilter

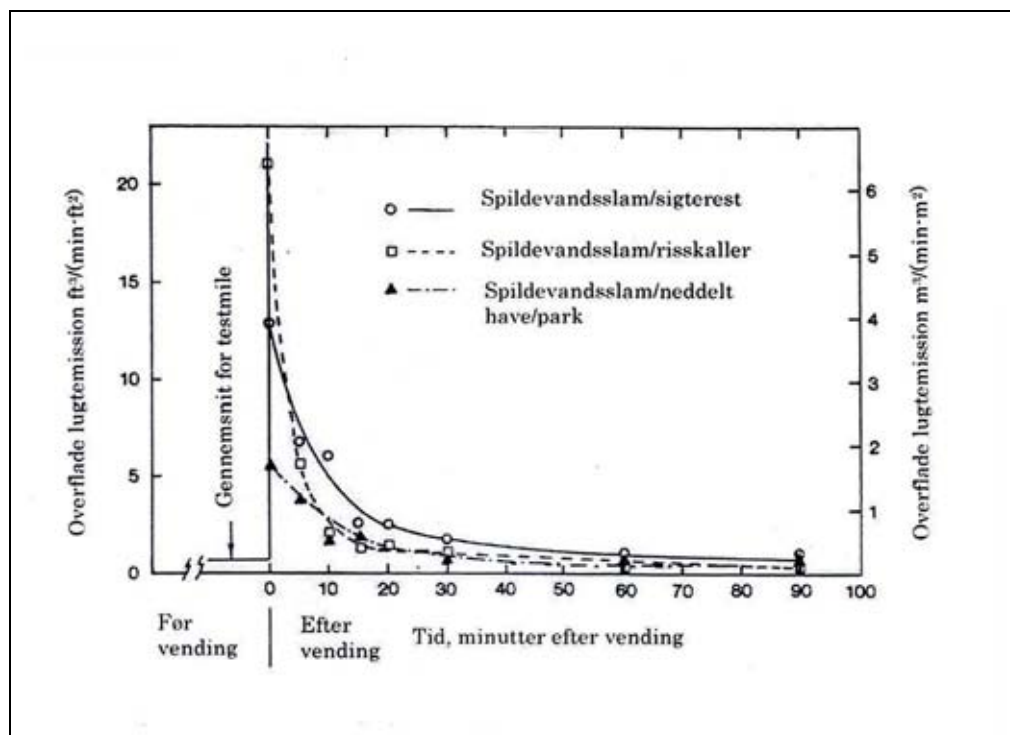
I forbindelse med oplægning af materialer til kompostering kan der anvendes sigterest fra tidligere produceret kompost som biofilter til reduktion af emission af lugt. Sigterest af størrelsen 10-45 mm vil ikke indeholde store grenstykker eller sten, men vil være biologisk aktiv pga. stort indhold af bakterier. Ved at dække overfladen med et lag sigterest kan der absorberes en stor del af lugtende gasser, tabet af fugtindhold reduceres, og komposten isoleres. Den mikrobielle aktivitet i biofiltret vil nedbryde de stoffer, der absorberes (Gage, J. 2003).

3.1.3.6 Milevending

Vending af kompostmiler skal sikre, at det yderste materiale bliver omplaceret, så det kan præsenteres for en optimal mikrobiel nedbrydning inde i milen. Vending af miler sikrer samtidig, at luftporevolumenet opretholdes, så den naturlige ventilation, der forekommer på grund af skorstenseffekten, kan sikre tilstrækkelig ilt til en aerob nedbrydning (Haug, R. T. 1993).

Ved forsøg gennemført i Belgien med kompostering af have- og parkaffald er det observeret, at ugentlig vending af miler medfører mindst lugtemission. (Defoer, N.; Langenhove, H. Van 2001).

Ved vending af miler blotlægges eventuelle anaerobe områder, og der sker en stor frigivelse af gasser. Der er målt høje spidsværdier umiddelbart efter milevending, men værdierne er vendt tilbage til niveauet før vending $\frac{1}{2}$ til 1 time efter (figur 5). Mens spidsværdierne for lugtemission er fundet ved milevending, stammer hovedparten af den samlede lugtemission fra milerne mellem vendingerne. Det er estimeret, at 10-15% af den totale emission af lugt stammer fra milevending uafhængig af vendefrekvens (Haug, R. T. 1993).



Figur 5: Emission per m^2 (SOER= surface odour emission rate) før og efter milevending. I mile 1 var spildevandsslam fra rensningsanlæg opblandet med recirkuleret kompost, mile 2 risskaller og mile 3 med neddelte have- og parkaffald (Iacoboni, M.D. *et al.*1984).

3.1.3.7 Anvendelse af additiver

Det er undersøgt om brug af additiver indeholdende enzymer og bakterielle kulturer havde effekt på emission af lugt ved kompostering. Der har ikke umiddelbart været muligt at finde aktuelle referencer. Hay, H.C *et al* beskriver i 1985 undersøgelser med anvendelse af additiver. Der blev ikke fundet målbare reduktioner af lugtemission ved anvendelse af additiver.

3.2 Erfaringsopsamling

3.2.1 Baggrund

For at sammenholde oplysningerne fra litteraturstudiet med praktiske erfaringer fra kompostering af spildevandsslam fra rensningsanlæg, er der gennemført erfaringsopsamling fra 3 komposteringsanlæg.

I/S Fasan, Odense Renovationselskab A/S og KomTek Miljø A/S har stillet analyser og erfaringer til rådighed. Alle anlæggene har gennemført fuldskala-forsøg med målinger og beregninger af aktuelle lugtemissioner ved kompostering af spildevandsslam fra rensningsanlæg.

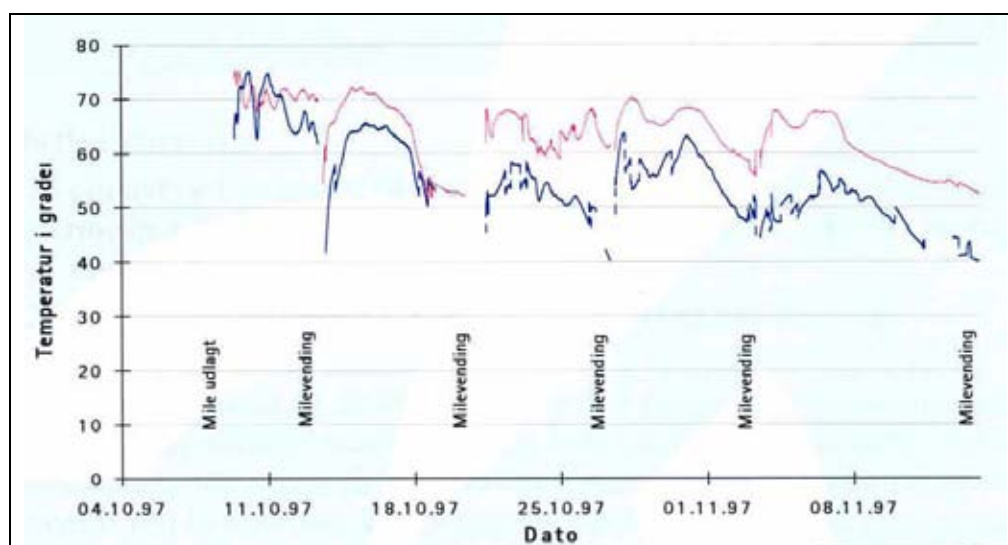
3.2.2 Kompostering

På I/S FASANs komposteringsanlæg på Fakse Losseplads komposteres årligt ca. 5.000 tons spildevandsslam fra rensningsanlæg, hvor der på Odense Renovationselskabs anlæg på Odense Nord Miljøcenter komposteres ca. 20.000 tons spildevandsslam fra rensningsanlæg årligt. Begge anlæg komposterer i åbne miler. På KomTek Miljø A/S's anlæg ved Holsted komposteres årligt ca. 20.000 tons spildevandsslam fra rensningsanlæg. Anlægget milekomposterer i lukkede haller med ventilation.

For alle anlæggene gælder, at den intensive kompostering forløber over 8 uger. Typisk oplægges 1 mile om ugen. Milerne vendes oftest hver uge de første 4 uger, hvorefter de efterfølgende vendes hver anden uge, inden de lægges sammen i større miler.

Efter 8 ugers kompostering flyttes komposten til afkøling og eftermodning i yderligere ca. 8-16 uger. Når komposten er eftermodnet, foretages sortering. Den sorterede kompost flyttes til lager for afsætning, og sigteresten recirkuleres ved anvendelse som biofilter på miler eller som strukturmateriale ved oplægning af miler.

Et typisk temperaturforløb under de 8 ugers intensive kompostering fremgår af figur 6. Forløbet er anderledes end som skitseret i figur 1, da milerne vendes, således at der tilføres ilt til processen, og denne "opstarter igen".



Figur 6: Temperaturforløb for typisk mile oplag på Odense Nord Miljøcenter, Oktober 1997. De to kurver angiver temperaturen som fulgt i to temperaturloggere indsat i en dybde af ca. 0,75 m i den samme mile.

Som beskrevet i litteraturopsamlingen er de væsentligste driftsparametre for kompostering og for minimal emission af lugt:

- Håndtering og kvaliteten af materialer
- Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C/N)
- Fugtighedsindhold og fri luftporevolumen
- Størrelse af mile
- Etablering af biofilter
- Milevending
- Anvendelse af additiver

Drifts- og forsøgs erfaringerne er beskrevet kort i nedenstående for hver af disse driftsparametre. Informationerne danner baggrund for de konkrete anbefalinger til driftsvilkår, der er angivet i kapitel 8.

3.2.2.1 Håndtering og kvaliteten af materiale

Ved gennemførelse af fuldskalaforsøgene er der for alle anlæggene foretaget adskillige målinger af lugtemissionen fra oplag af have- og parkaffald, der benyttes som kulstofkilde og strukturmateriale. Målingerne er udført på såvel frisk affald som på affald, der var flere uger gammelt. Målingerne er udført inden neddeling, umiddelbart efter neddeling og efter mere end 1 uge efter neddeling. Alle prøverne er udtaget af Rambøll ved hjælp af udstyr til udtagning af lugtprøver fra aktive arealkilder.

Målingerne viser følgende lugtemissioner målt på lager i en højde af 2,5 m:

- Ikke neddelt: ca. 25-35 LE/s per tons
- Frisk neddelt: ca. 10-50 LE/s per tons
- Neddelt over 1 uge ca. 1-10 LE/s per tons

Lugtværdierne er angivet per tons for at gøre tallene sammenlignelige for de forskellige anlæg. Værdierne angiver den relative forskel mellem de forskellige fraktioner. Datamaterialet er for spinkelt i forhold til at tale om "sande værdier". Lugten på have/park lagrene er afhængig af andelen af løv og græs. Lugtværdierne er højest forår og sommer og mindst efterår og vinter.

3.2.2.2 Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C/N)

På alle tre anlæg blandes spildevandsslam fra rensningsanlæg med neddelt have- og parkaffald og halm som kulstofkilder og strukturmateriale ved oplægning i mile. Anlæggene tilstræber at blande, således at der opnås et C/N forhold på 20 - 25 i kompostmassen, der skal oplægges i mile til kompostering.

Anlæggene har alle elektroniske driftskontrolprogrammer med tilhørende beregningsmodul for oplægning af mile. Såfremt der foreligger aktuelle analyseresultater for kulstof, kvælstof og tørstofindhold for indgangsmaterialerne, anvendes disse til beregning af C/N ved oplægningen, alternativt anvendes erfaringstal. Det spildevandsslam, der modtages til kompostering, er af en mere homogen natur end det have- og parkaffald, der tilsættes, hvorfor erfaringstal for have- og parkaffald er behæftet med større usikkerhed.

3.2.2.3 Fugtighedsindhold og fri luftporevolumen

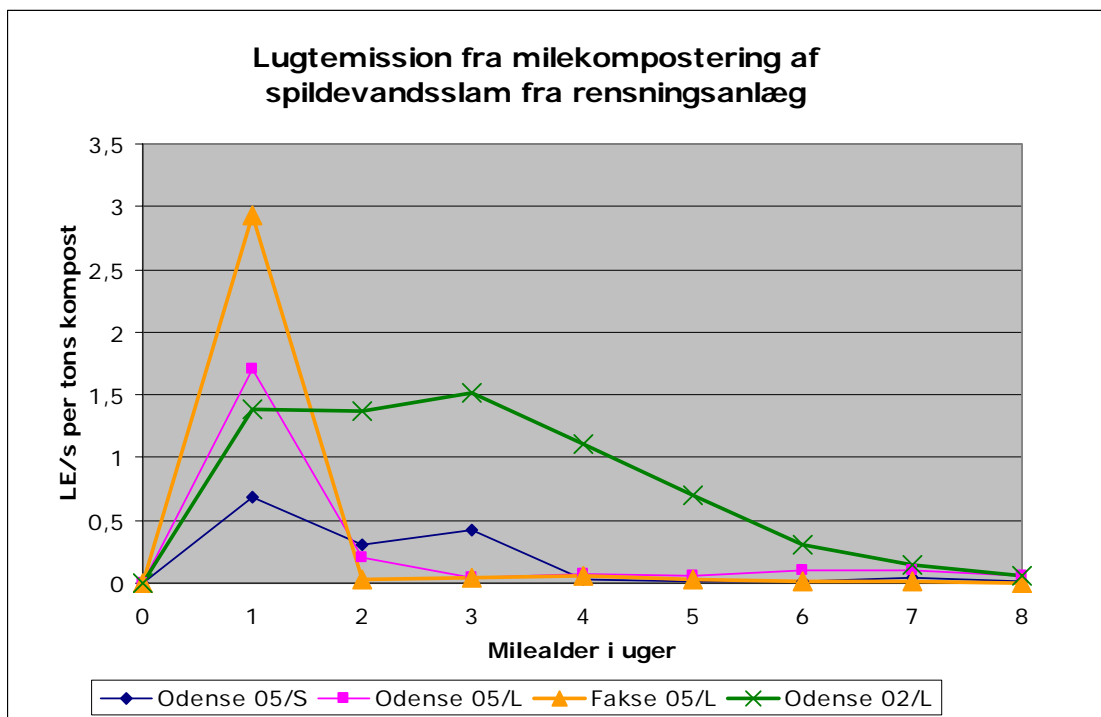
På anlæggene på Fakse Losseplads og Odense Nord Miljøcenter er tørstofindholdet i kompostmassen efter blanding og ved udlægning i mile beregnet til mellem 43 -51% TS. Der foretages ikke rutinemæssige opfølgninger på fugtindhold og luftporevolumen. Der tages dog højde for bidraget fra den forventede nedbør i komposteringsperioden i forbindelse med oplægningen. Det er anlæggenes erfaring, at det ustadige danske vejr gør det vanskeligt at regulere med hensyn til vandindhold, og milerne vandes meget sjældent.

3.2.2.4 Størrelse af mile

Komposteringen i to fuldskalaforsøg på Fakse Losseplads og Odense Nord Miljøcenter er foregået i miler med et tværsnitareal på ca. 5m² med højde på godt 2 m. Ved et fuldskalaforsøg på Odense Nord Miljøcenter er der desuden gennemført forsøg med oplægning af mile med et tværsnitareal på 12m² i en højde af 3 m.

I løbet af komposteringsprocessen er der foretaget måling af lugtemissionen ved hjælp af Rambølls vindhætte til udtagning af lugtprøver fra arealkilder. Ved samtidig udtagning af lugtprøve til bestemmelse for lugtkoncentration og måling af emissionshastigheden er der foretaget beregning af den fundne emission i lugtenheder per sekund (LE/s). Værdierne er herefter omregnet til lugtenheder per sekund per tons kompostmasse udlagt i mile.

De fundne emissioner af lugt per tons kompostmasse fremgår af figur 7. Lugtværdierne giver et billede af de relative forskelle i lugt fra de forskellige miler. De viste værdier er før milevending.



Figur 7: Lugtemission ved kompostering i mile på 2 m's højde og tværsnitsareal på 5 m² på Fakse Losseplads i 2005 (Fakse 05/L), Odense Nord Miljøcenter i 2002 (Odense 02/L), Odense Nord Miljøcenter i 2005 (Odense 05/L) og i mile på 3 m's højde og tværsnitsareal på 12 m² på Odense Nord Miljøcenter i 2005 (Odense 05/S).

Som det fremgår af diagrammet, forekommer der markant emission af lugt i løbet af de første 2-3 uger af komposteringsforløbet i forhold til resten af forløbet. En del af forskellen på lugtemissionen for de forskellige miler skyldes anvendelse af biofilter på milerne.

3.2.2.5 Etablering af biofilter

Ved forsøgene Odense 05/S, Odense 05/L er der etableret 0,2 m biofilter på toppen af milerne ved oplægning og umiddelbart efter milevending de to første gange, dvs. at der er anvendt biofilter de 3 første uger af komposteringsforløbet. Biofilteret bestod af sigterest 15-45 mm fra tidligere kompostering.

Ved forsøget Odense 02/L er der kun etableret biofilter ved oplægning af mile.

Ved forsøget Fakse 05/L er der etableret biofilter efter vending 1. uge og 2. uge.

Som det fremgår af figur 7 ved sammenligning af kurverne for lugtemissionen fra Odense 02/L og Odense 05/L, er der en betydelig effekt ved anvendelse af biofilter de 3 første uger af komposteringsforløbet.

3.2.2.6 Milevending

Milevending foretages hver uge de første 4 uger af komposteringsperioden. Herefter vendes milerne hver anden uge. Milevending foretages på alle anlæg med milevender, der sikrer 95 % omfordeling af kompostmaterialet. Derved sikres det, at materiale, der har udgjort yderlaget i en periode, også opnår et komposteringsforløb i selve milen.

Ved alle forsøgene er der under milevending registreret værdier for lugtemissionen, der er godt 2 gange højere end værdierne før milevending. Prøverne ved forsøgene er i alle tilfælde taget lige umiddelbart efter milevending og re-

præsenterer den højeste emission. Omkring 1 time efter milevending er værdierne faldet til niveauet før milevending.

3.2.2.7 Anvendelse af additiver

Ved de udførte forsøg er der ikke anvendt additiver i form af enzymer eller bakterielle kulturer.

4 Fuldskalaforsøg for vurdering af variation i lugtudbredelse over en mile

Bestemmelse af lugtemissionen fra et komposteringsanlæg eller en enkelt kilde kan foretages ved udtagning af lugtprøver. Praksis er efterfølgende, at lugtprøverne koncentrationsbestemmes af et lugtpanel på et akkrediteret laboratorium. Ved at sammenholde koncentrationen af den enkelte prøve med den lufthastighed hvormed lugten er afgivet ved kilden, får man således en værdi for lugtemissionen over tiden. Ved hjælp af en spredningsmodel kan man efterfølgende få et tal for lugtens styrke i omgivelserne.

Med udgangspunkt i screening, litteraturstudie og erfaringsopsamling blev et fuldskalaforsøg med kompostering af spildevandsslam, neddelt have- og parkaffald og halm sat i gang. Formålet med forsøget var at belyse variationen i udbredelse af lugt over en kompostmile før og umiddelbart efter milevending, således at der efterfølgende kunne formuleres konkrete anbefalinger til, hvordan man opnår et repræsentativt udtryk for lugtemissionen fra en kompostmile.

Projektet forholder sig således ikke til metodevalg for udtagning af lugtprøver eller til usikkerheder forbundet med udtagning af prøver samt analyse af disse.

4.1 Design af fuldskalaforsøg med kompostering af spildevandsslam

Fuldskalaforsøget fandt sted på Odense Nord Miljøcenter. Komposteringsanlægget drives af Odense Renovationselskab A/S, der stillede plads, maskiner og arbejdskraft til rådighed til den praktiske gennemførelse af forsøget.

Med udgangspunkt i erfaringsopsamling fra tidligere fuldskalaforsøg med milekompostering, samt litteraturstudiet for optimale driftsparametre, blev der udarbejdet en opskrift for sammensætningen af milen. Opskriften var resultatet af en beregning af indgangsmaterialernes forventede C/N forhold, tørstofprocent og den forventede nedbør i komposteringsperioden. Ligeledes blev der taget højde for, at der blev anvendt nok have- og parkaffald til opnåelse af en porøsitet, der kunne sikre et tilstrækkeligt iltindhold under komposteringen gennem passende luftporevolumen.

I de tilfælde, hvor der ikke eksisterede aktuelle analysedata, blev der anvendt erfaringsdata for tilsvarende indgangsmaterialer. Beregningen blev foretaget i Rambølls driftskontrolprogram for komposteringsanlæg (bilag C), der beregner mængden af de enkelte indgangsmaterialer ud fra oplysninger om driftsparametre og indgangsmaterialer.

Milen blev etableret den 15. juni 2005 med en sammensætning, som fremgår af nedenstående tabel 3

Affaldsprodukt	Mængder					C		N		C/N
	tons	% TS	tons TS	tons/m ³	m ³	mg/kg TS	kg	mg/kg TS	kg	forhold
Biomasse fra Odense NV rensningsanlæg	75,0	19,7 %	14,78	1	75	285.000	4.211	53.000	783	5
Forventet nedbør	2,5	0,0 %	0	1	3	-	-	-	-	
Neddelt haveaffald	75,0	62,0 %	46,50	0,4	188	382.750	17.798	8.050	374	48
Halm	10,0	85,0 %	8,50	1,8	6	450.000	3.825	5.200	44	87
Råkompost	162,5	42,9%	69,78	0,6	271	370.244	25.834	17.221	1.202	21
Sigterest 15-45 mm til biofilter	24,6	65,0 %	16,00	0,6	74	320.000	5.121	6.000	96	53
Råkompost med biofilter	187,1	45,8%	85,78	0,6	312	360.870	30.955	15.128	1.298	24

Tabel 3: Indgangsmaterialer til mile oplagt på Odense Nord Komposteringsanlæg. Der er regnet med omkring 10 mm nedbør for perioden.

4.2 Oplægning af mile og gennemførelse af forsøg med kompostering af spildevandsslam

For at opnå god porøsitet, tilstrækkelig blanding og en homogen mile blev indgangsmaterialerne oplagt af flere trin. Der blev opbygget to små miler, der efterfølgende blev lagt sammen til én mile. For hver af de små miler blev halmen først lagt ud (figur 8) og vendt med milevender (figur 9). Herefter blev først spildevandsslam fra rensningsanlæg (figur 10) og derefter neddelt have- og parkaffald (figur 11), lagt oven på hver af milerne, der blev gennemkørt med milevender 2 gange (figur 12) for at opnå en tilstrækkelig opblanding af indgangsmaterialerne. De to små miler blev lagt sammen med frontlæsser (figur 13), og den store mile blev gennemkørt 2 gange. Herved var der opnået en homogen opblanding af indgangsmaterialerne (figur 14).

Samme homogene opblanding kan opnås ved at oplægge indgangsmaterialerne trinvis i én mile, såfremt man har milevender med kapacitet til at opblende indgangsmaterialerne tilstrækkeligt.

Det blev kontrolleret, at milen var tilstrækkeligt homogen. Biofilter blev slutte- ligt etableret på den færdige mile (figur 15). Biofilteret bestod af minimum 20 cm neddelt sigterest (15 mm-40 mm) fra tilsvarende kompostering.

Alle indgåede mængder blev vejet i forbindelse med oplægning, og mængderne registreret i driftskontrolprogrammet.



Figur 8: Der oplægges 1 halmballe pr. 6 m i to rækker



Figur 9: Halmen køres igennem af milevender så der bliver to "små" halmmiler



Figur 10: 1,5 m³ spildevandsslam fra rensningsanlæg lægges i halmmilerne pr 2 m mile



Figur 11: 4 m³ neddel t have-/parkaffald lægges over pr. 2 m



Figur 12: Milerne køres 2 gange igennem med milevender



Figur 13: De to "små miler" lægges sammen



Figur 14: Den oplagte mile



Figur 15: Toppen af milen dækkes med 1 m³ sigterest pr 2 m

Milen blev oplagt over 70 meter. Den var ca. 4,5 m bred og ca. 2 m høj. Der er således oplagt 4,2 m³ per løbende meter, hvilket erfaringsmæssigt er i underkanten af, hvad der normalt dimensioneres med på komposteringsanlæg. Dette skyldes, at den milevender, der blev anvendt til homogenisering og opblanding, ikke var monteret med en "skæreklinge", således at det forholdsvis friske halm kunne deles under blandingen. Massen blev derfor "sej" og måtte oplægges over 70 meter i stedet for de planlagte 50 meter. Under normal drift på anlægget anvendes en anden milevender, der kan håndtere gennemkørsel af 4,5 – 5 m³ per løbende meter.

Anvendelse af den pågældende milevender forsagede, at milen var mere kompakt end ønsket.

I løbet af komposteringsforløbet blev der kontinuerligt registreret temperatur i milen. Temperaturerne blev registreret i anlæggets driftskontrolprogram, hvor dataene anvendes til en løbende overvågning af komposteringsforløbet.

Efter 1 uges kompostering blev milen vendt ved hjælp af milevender, og et nyt biofilter blev etableret på toppen af milen. Biofilteret indgår som en del af indgangsmaterialerne og medregnes som sådan i driftskontrolprogrammet.

Efter 2 ugers kompostering har milen overstået syrefasen, som giver anledning til frigivelse og omdannelse af de organiske kulstofforbindelser. Milen forventes på det tidspunkt stadig at være meget aktiv og lugtemissionen høj. Samtidig forventes milen at blive mere og mere homogen efterhånden, som komposteringsprocessen forløber, og milen bliver vendt.

For at belyse udbredelsen af lugt over milen blev der derfor efter 2 ugers kompostering udtaget en række lugtprøver og termografiske bestemmelser af overfladetemperaturerne.

4.3 Udtagning af lugtprøver samt monitorering af mile

Den 29. juni 2005 (2 uger efter at milen var blevet oplagt) blev der udtaget 10 lugtprøver fra situationen "før milevending" (F-situation) og 10 lugtprøver fra situationen "under milevending" (U-situation), fra milen etableret på Odense Nord Miljøcenter. Milens dimensioner var på pågældende tidspunkt væsentlig mindsket som resultat af komposteringsprocessen.

I forbindelse med udtagning af lugtprøverne blev der ligeledes foretaget monitorering af PID (måling af ioniserbare stoffer), O_2 , NH_3 , CO_2 , H_2S og CH_3 i såvel milen som i den emitterede luft fra milen. Dette blev gjort ved at forbinde måleinstrumenterne (henholdsvis fotoioniseringsdetektor, gasmåler og gas-tech rør) til studs, hvorfra lugtprøver også blev udtaget (figur 19).

Dette blev gjort for overordnet at kunne vurdere lugtemissionen i forhold til komposteringsprocessen. Ligeledes blev der for hver af situationerne udtaget termografiske målinger for at få et billede af milens varmeemission. De termografiske målinger blev gennemført af FORCE Technology. Forud for termograferingen blev der udlagt en metalramme på 1x1 meter. Rammen dækkede arealet for udtagning af lugtprøve, sådan at den gennemsnitlige temperatur for emissionsarealet var direkte sammenlignelig med lugtemissionen fra det pågældende areal.

Arbejdsgangen ved prøvetagning var som følgende:

1. 10 prøvesteder afmærkes i milen med 4 meters mellemrum (figur 16)



Figur 16: Afmærkning til udtagning af lugtprøver

Termografibilleder tages for hver afmærkning for situationen før milevending (figur 17)



Figur17: Termografiske billeder udtages af FORCE Technology

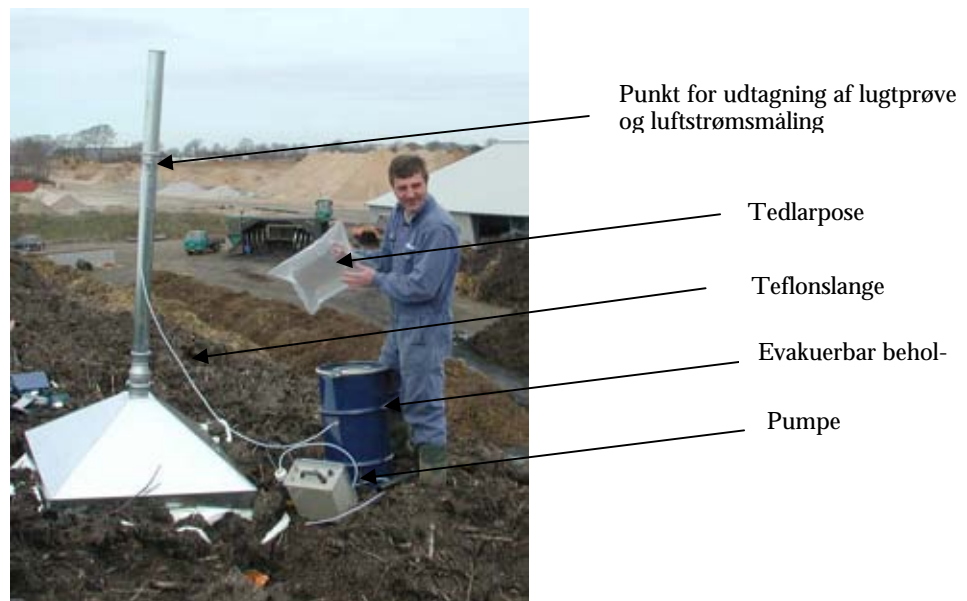
2. Der udtages lugtprøver i samme punkter, som der er taget termografibilleder for situationen før milevending. Der foretages gas-måling i afstrømningsluften og i milen (figur 18)



Figur18: Udtagning af lugtprøver samt monitoring af milen

3. Milen vendes med portal milevender
4. Termografibilleder tages for hver afmærkning for situationen under-milevending umiddelbart, før der udtages lugtprøve
5. Der udtages lugtprøver i samme punkter, som der er taget termografibilleder for situationen under-milevending. Der foretages gas-måling i afstrømningsluften og i milen. Prøvetagningen finder sted over 2 timer, fra milen er vendt.

Alle lugtprøverne blev udtaget ved hjælp af Rambølls vindhætte. Metoden har adskillige gange været anvendt til udtagning af lugtprøver fra åbne arealkilder. Vindhætten slutter tæt til komposten ved hjælp af påhæftet dug. Anordningen sikrer, at al luft fra måleområdet bortledes gennem skorstenen. En teflonslange forbindelse via et hul i den fungerende skorsten til en Tedlarpose, der er indeholdt i en hermetisk lukket beholder tilknyttet en pumpe. Det er således muligt at opsamle en lugtprøve fra milen ved at lave undertryk i beholderen (figur 19).



Figur19. Udtagning af lugtprøve ved hjælp af vindhætte.

For at kunne beregne lugtemissionen fra det enkelte prøvepunkt indsamles luftstrømsmålinger ved anvendelse af et anemometer med en nedre detektionsgrænse på 0,05 m/sek. Anemometret blev holdt ved prøveudtagnings-

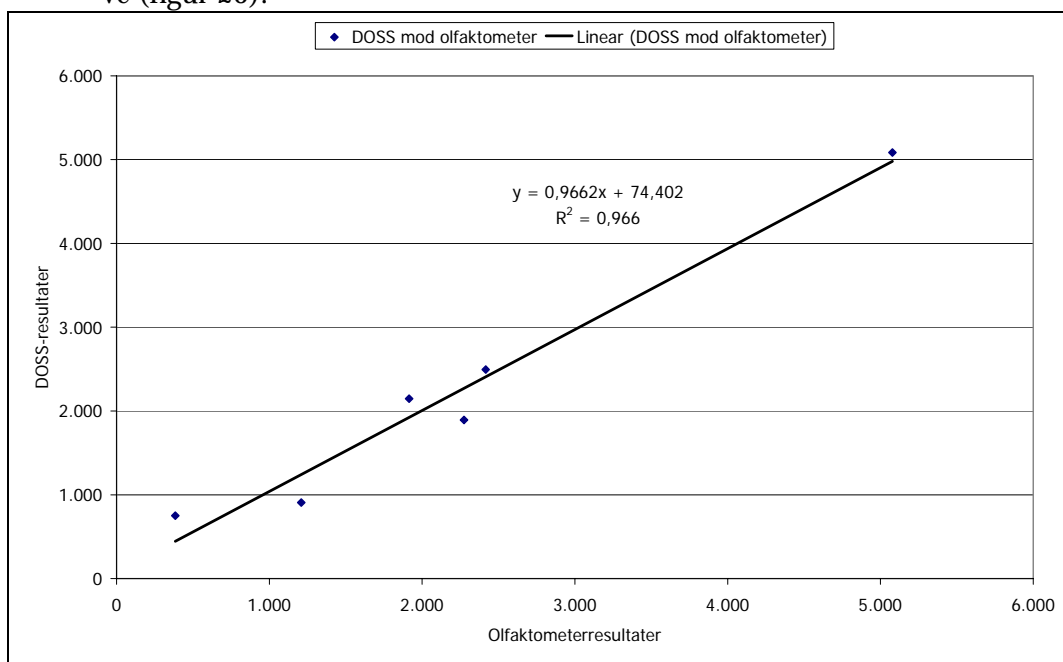
punktet, og målingen blev derefter aflæst direkte på apparatet. Lugtprøverne blev sendt til analyse i tedlarposerne (figur 19).

4.4 Analyse af lugtprøver

De 20 lugtprøver blev testet dagen efter udtagelse hos FORCE Technology. Alle lugtprøverne blev analyseret med et lugtsensorsystem DOSS, (Danish Odour Sensor System). Systemet kaldes populært for "den elektroniske næse". Seks af prøverne blev efterfølgende analyseret ved akkrediteret metode ved hjælp af olfaktometri (bilag E), henholdsvis 3 af prøverne fra F-situationen og 3 fra U-situationen.

Princippet i anvendelsen af et elektronisk lugtsensorsystem er, at signalet fra systemets sensorer sammenstilles med den faktiske lugtværdi bestemt ved et lugtpanel. Sammenhængen mellem DOSS'en og lugtpanelbestemmelsen udtrykkes så i en kalibreringsfunktion, der anvendes til at omregne nye signaler fra det elektroniske lugtsensorsystem til lugtenheder per kubikmeter.

Sammenhængen mellem de faktiske og beregnede værdier afbildes i en kurve (figur 20).



Figur 20. Sammenhængen mellem olfaktometri og beregnede DOSS-resultater, i LE/m^3 (FORCE, 2005. Bilag e)

Anvendeligheden af systemet på aktuelle prøver udtrykkes i korrelationskoefficienten, R der ved fuld korrelation har værdien 1. I dette tilfælde er R tæt på 0,97, hvorfor anvendeligheden af DOSS'en er særdeles god på de undersøgte prøver.

DOSS'en er væsentlig billigere og hurtigere at anvende til koncentrationsbestemmelse end et lugtpanel. Ved anvendelse af et lugtpanel kan der maksimalt bedømmes 8-10 prøver pr. formiddags eller eftermiddagspanel, mens der ikke er den tilsvarende begrænsning ved den elektroniske næse. Det er derfor muligt at udtage og analysere flere prøver end ved olfaktometrimetoden.

Ved at bruge DOSS'en sammen med den traditionelle olfactometriske bestemmelse ved anvendelse af lugtpanel har det således været muligt at få et bredere billede af variationen af lugten over milen.

Anvendelse af et elektronisk lugtsensorsystem forudsætter dog, at prøverne alle har nogenlunde samme sammensætning. Systemet kan f.eks. ikke bruge en kalibreringsfunktion fra chokoladelugt til at måle lugt fra kompost. I det aktuelle tilfælde er alle prøverne taget fra samme kompostmølle henholdsvis før og efter vending. Det må således forventes, at alle prøverne indeholder samme stoffer, evt. i varierende kombinationer. Lugtpanelernes karakterisering af lugten støtter også den antagelse, at der er tale om samme lugttype (bilag e).

4.5 Resultater af termografi og lugtprøver

Tabel 3 angiver resultater fra lugtprøverne udtaget for situationen før og umiddelbart efter (0-2 timer) milevending. I alle tilfælde er resultaterne for LE/m^3 anvendt korrigeret med en følsomhedsfaktor i henhold til vejledning nr. 4, 1985 (Miljøstyrelsen, 1985).

Dato	Milealder uger	Målepunkt F=før; U=under	Middel lufthast. m/s	Lugtemission olfaktometri LE/m^3	Lugtemission DOSS LE/m^3	Emission (m^2 målepunkt) LE/s	Emission (m^2 målepunkt) DOSS LE/s
29-06-2005	2	1F	0,18	2416	2494	2,2	2,2
29-06-2005	2	2F	0,15		628		0,5
29-06-2005	2	3F	0,14		3466		2,4
29-06-2005	2	4F	0,19		5045		4,8
29-06-2005	2	5F	0,09		1367		0,6
29-06-2005	2	6F	0,11		909		0,5
29-06-2005	2	7F	0,11	1209	908	0,6	0,5
29-06-2005	2	8F	0,09	1915	2147	0,9	1,0
29-06-2005	2	9F	0,15		1774		1,3
29-06-2005	2	10F	0,16		632		0,5
29-06-2005	2	1U	0,19		4934		4,7
29-06-2005	2	2U	0,23	5078	5083	5,8	5,8
29-06-2005	2	3U	0,23		2058		2,4
29-06-2005	2	4U	0,21		1688		1,7
29-06-2005	2	5U	0,26	2275	1892	2,9	2,4
29-06-2005	2	6U	0,28	385	751	0,5	1,0
29-06-2005	2	7U	0,28		1277		1,8
29-06-2005	2	8U	0,30		1994		2,9
29-06-2005	2	9U	0,20		963		1,0
29-06-2005	2	10U	0,23		526		0,6

Tabel 4: Lugtemission fra lugtprøver udtaget for situationen før milevending (1F – 10F) og umiddelbart efter milevending (1U – 10U) for en 2 uger gammel mile oplagt med indgangsmaterialer af neddelt have/park, spildevandsslam fra rensningsanlæg og halm.

Emissionsresultaterne er fremkommet ved at sammenholde lugtkoncentrationen bestemt i laboratoriet for de enkelte prøver (LE/m^3) med luftstrømsmålingerne (m/s) foretaget på milen samtidig med udtagning af de enkelte lugtprøver.

Prøverne for situationen før milevending (1F – 10F) repræsenterer basissituationen for en 2 uger gammel mile. Situationen under-milevending repræsenterer situationen under/efter milevending dog med et tidsmæssigt aspekt, da prøverne blev taget med ca. 15 minutters mellemrum over en periode på ca. 2 timer. Prøve 1U repræsenterer således situationen under/lige efter milevending, hvor de efterfølgende prøver angiver situationen i de efterfølgende timer efter milevending.

¹ Af sikkerhedsmæssige grunde blev der ikke udtaget lugtprøver medens milevenderen kørte. Prøve 1U blev udtaget lige efter, at milevenderen stoppede.

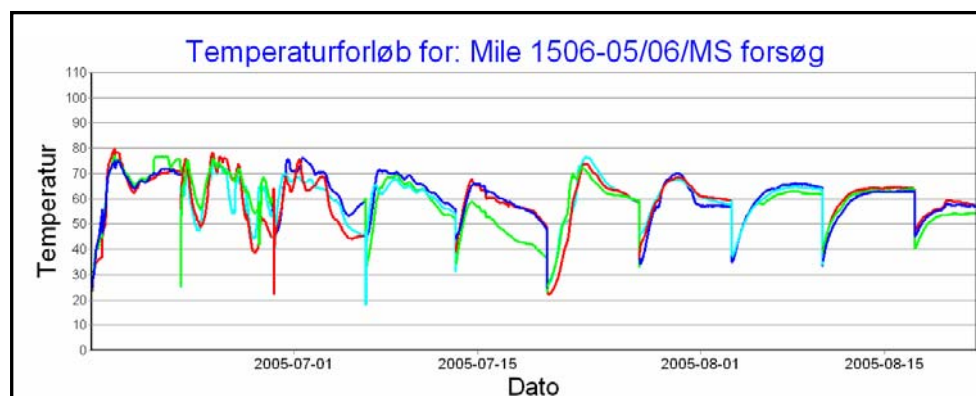
Gas- og temperaturmålingerne foretaget omkring ½ meter inde i milen viser en høj koncentration af ilt for både situationen før og umiddelbart efter milevending. Den gennemsnitlige iltkoncentration er for F-situationen 20,8 % O₂, hvor der for U-situationen er et gennemsnitlige iltindhold på 20,9%.

Ved måling af gasser i milen samt i emissionsluften, blev der ikke registreret tilstedeværelse af H₂S, CH₄ og PID (ioniserbare stoffer f.eks. merkaptaner) samt CO₂ bortset fra tre prøver for F-situationen, hvor der var CO₂ i emissionsluften. Der er på baggrund af registreringerne af de nævnte gasser således ikke forhold, der giver anledning til at forvente anaerobe forhold.

Ammoniakemissionen var for F-situationen på gennemsnitlig 0,009 ml NH₃/s/m² og 0,006 ml NH₃/s/m² for U-situationen. Emission af ammoniak er uhensigtsmæssig både i forhold til tab af næringsstoffer og i forhold til lugt. Det forekommer dog ofte i begyndelsen af komposteringsperioden (1-3 uger). En koncentration som registreret i nærværende forsøg vurderes ikke at være af væsentlig betydning for lugten fra milen.

Moniteringsresultaterne på gasserne indikerer, at den initiale syrefase med emission af lugtende gasser, er overstået. I syrefasen omsættes de lettest fordøjelige dele af indgangsmaterialet med resulterende frigivelse af ofte ildlugtende organiske syrer.

Temperaturen i milen er registreret kontinuerligt ved hjælp af 4 temperaturloggere indsat i milen. Figur 21 viser temperaturforløbet for milen over et 8 ugers komposteringsforløb.



Figur 21. Temperaturforløbet fra 4 temperaturloggere indsat 0,75 m i forsøgsmile under de 8 ugers kompostering af mile oplagt på Odense Nord Miljøcenter den 15. juni 2005. De voldsomme temperaturfald angiver, at loggerne er fjernet fra milen i forbindelse med milevending.

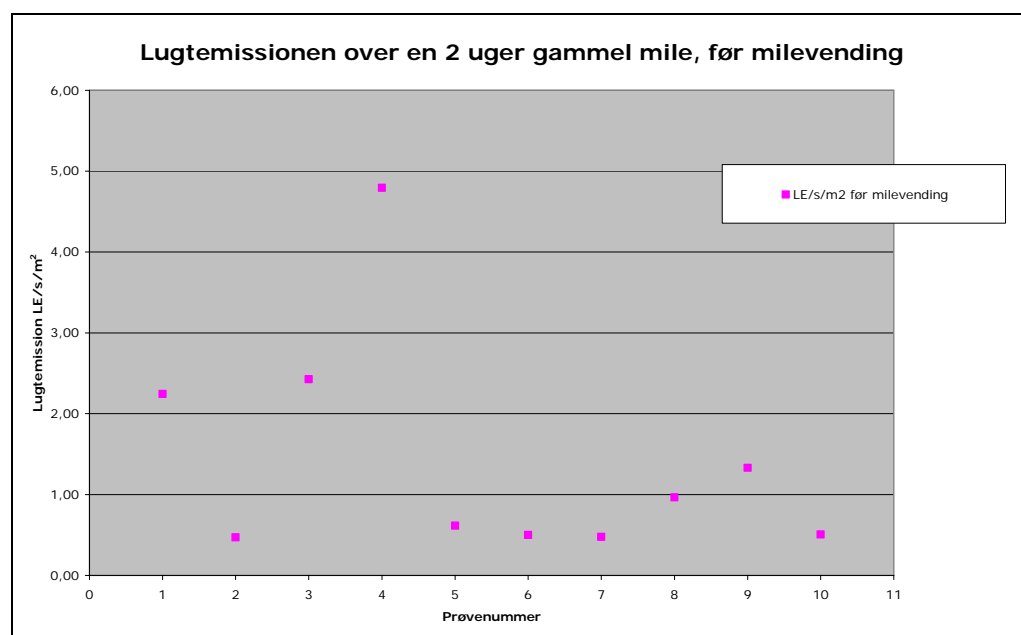
Ved færdig kompostering er det opgjort, at temperaturen i milen for hele perioden har været > 70°C i 118 timer, > 65°C i 361 timer og > 55°C i 1016 timer. Den færdige kompost kan således klassificeres, som kontrolleret kompostet.

Temperaturforløbet viser, at milens temperatur i lang tid har ligget højt i hele komposteringsforløbet. Det var forventet, at milen efter omkring 4 ugers kompostering ville aftage i temperatur (jf. afsnit 4). Milen er ikke fulgt nøjere fra forsøgets side, da der udelukkende blev udtaget lugt- og gasprøver efter 2 ugers kompostering. Man har fra anlæggets side ikke nogen umiddelbar forklaring på, hvorfor temperaturen ligger så forholdsvis højt igennem forløbet. Det tyder dog på, at der har været "klumper" af organisk stof, der ved vendingerne er blevet blotlagt til omsætning.

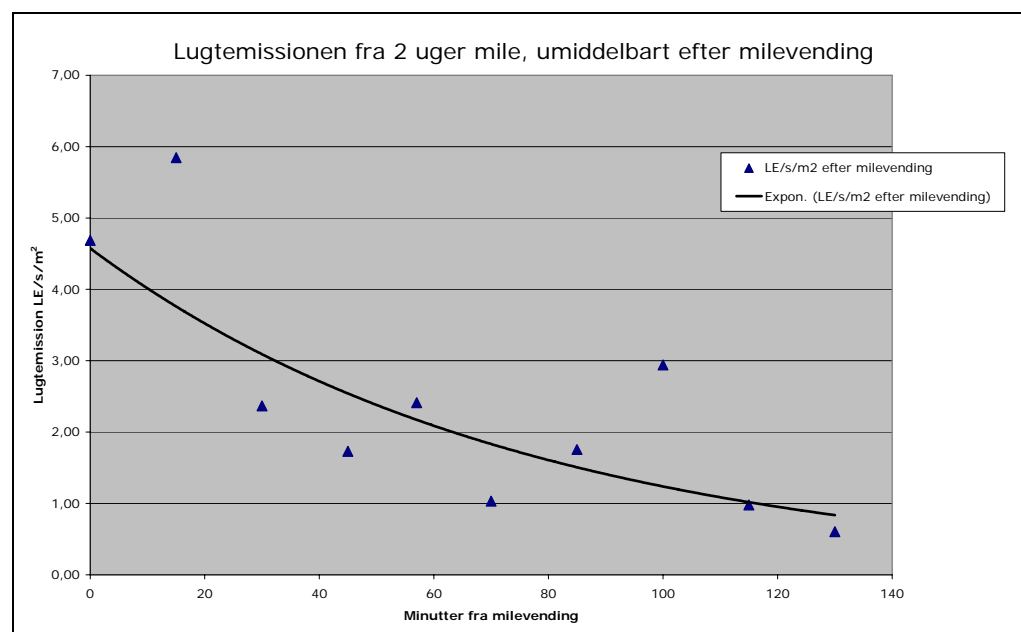
Temperaturforløbet for uge 2 (figur 21) vidner om, at milen endnu ikke er homogen.

4.6 Variation i lugten over milen

Figur 22 og 23 angiver resultaterne som bestemt ved DOSS for begge driftssituationer. For situationen før milevending er resultaterne afbilledet, således at punkterne indgår i den rækkefølge, de er taget i, fra den ene ende af milen til den anden (figur 22). Resultaterne fra situationen umiddelbart efter milevending er tidsafhængige og indgår i grafen som sådan (figur 23). Det er således muligt at få et billede af, hvorledes lugtemissionen aftager over tid efter milevending.



Figur 22: Resultater for lugtemissionen for situationen før milevending (F-situationen) vist i den rækkefølge de er udtaget i, hen over milen.



Figur 23: Resultater for lugtemissionen for situationen umiddelbart efter milevending (U-situationen) som funktion af tiden fra milevending.

Emissionsresultaterne fra situationen umiddelbart efter milevending ligger generelt højere end resultaterne fra situationen før milevending.

Det er som ventet og i overensstemmelse med driftserfaringer, da der ved vending frigives lugtende stoffer til omgivelserne. Eventuelle anaerobe zoner i milen vil ved vending blive eksponeret til luften, hvilket kan give anledning til frigivelse af lugtende stoffer. Resultaterne viser dog, at denne "peak" emission (spidsværdi), som man typisk får ved milevending, ikke er langvarig. Allerede 30 minutter efter vending er emissionen faldet til omtrent niveau, som forekommer for milen før milevending (figur 22 og 23). Efter to timer viser resultaterne, at lugtemissionen er faldet til værdi som før milevending ($F_{10} \approx U_{10}$). Dette svarer også til det, der er observeret på andre komposteringsanlæg, hvor man oplever høje lugtemissioner i forbindelse med milevending, der forholdsvis hurtigt aftager efterfølgende (afsnit 4).

4.6.1 Usikkerheder

Den usikkerhed, der er tilknyttet emissionstallene, som repræsentative for milens emission stammer fra usikkerheden på luftstrømsmålingerne, valg af udtagningssted, metode for udtagning af lugtprøve og koncentrationsbestemmelsen i laboratoriet ved lugtpanel. I dette tilfælde er der ligeledes usikkerheden ved at DOSS'en er kalibreret i forhold til lugtpanelets bestemmelser. De 10 resultater, der således er angivet ved DOSS'en er således en funktion af kalibreringen, som igen er usikker, idet man kun har de tre målinger fra henholdsvis før-situationen og under-situationen.

Resultaterne fra forsøget viser en forholdsvis stor spredning på resultaterne. Da der for resultaterne fra situationen umiddelbart efter milevending er en tidsmæssig variation, siger spredningen af resultaterne ikke umiddelbart noget om variationen hen over milen for denne situation.

Da lugtprøverne er indsamlet fra en 2 uger gammel mile er forventningerne, at milen endnu ikke er homogen, og det vil således heller ikke være forventet, at emissionen over milen er ensartet. Det kan dog give et problem i forhold til den konkrete vurdering af lugtemissionen fra milen. Problemet har længe været erkendt, og tommelfingerreglen har været, at der ved bestemmelse af lugtemission fra arealkilder skal udtages prøver svarende til 1% af kildens areal.

Resultaterne af nærværende undersøgelse kan ikke bekræfte denne "tommelfingerregel" som værende nok til at give et reelt billede af milens emission, hvis den er så uhomogen som den pågældende mile.

Skal man have repræsentative prøver fra en mile, som i forsøget, er et prøveantal på 10 alt andet lige, være mere repræsentativt end et prøveantal på 3 (se på henholdsvis DOSS og panelresultaterne). For de fleste anlæg vil det ud fra en praktisk og økonomisk vinkel ikke være realistisk at udtage så mange prøver, da milerne kun vil udgøre en del af de uhomogene kilder, der forefindes på et komposteringsanlæg.

På baggrund af ovenstående resultater er det ikke muligt at udtale sig om, hvor stor usikkerhed, der vil blive begået ved en kortlægning af lugtemissionen fra aktive kompostmiler, såfremt der kun udtages få prøver.

Lugtemissionerne fra milen er dog i alle tilfælde meget lave og viser, at den pågældende mile efter 2 uger komposterer uden en lugtafgivelse, som må forventes at give anledning til lugtgener.

Oplag af have- og parkaffald og neddelt have- og parkaffald bidrager væsentligt til den samlede emission på slamkomposteringsanlæg (*afsnit med erfaringsopsamling*). Lugtbidraget fra de uhomogene kilder, så som 1-3 uger gamle miles, er således kun en del af anlæggets samlede lugtbidrag, og en variation over milen med en lugtemission som i det pågældende forsøg vil ikke formodes at have væsentlig betydning for anlæggets samlede emission. Såfremt emissionsværdien fra milen havde været meget større, vil dette naturligvis kunne påvirke det samlede emissionsbidrag væsentligt.

Det har ikke været inden for denne opgaves rammer at undersøge variationen i lugtkoncentrationen på andre tidspunkter i komposteringsprocessen eller fra andre kilder på komposteringsanlæg. Det må som allerede nævnt formodes, at i takt med at komposten antager en mere homogen form, vil også lugtemissionen være mere ensartet hen over milen.

4.6.2 Fastsættelse af punkt for udtagning af lugtprøver

Vejledning om begrænsning af lugtgener fra virksomheder nr. 4, 1985 anbefaler ikke udtagning af lugtprøver fra arealkilder. Flere virksomheder har dog konkret krav til dokumentation for overholdelse af specifikke lugtgrænser (jf. afsnit 3). For flere komposteringsanlæg er det således nødvendigt at få udtaget og bestemt lugtprøver fra arealkilder for at beregne anlæggets samlede emission samt foretage en beregning af lugtens spredning i omgivelserne. I de fleste tilfælde vil der være begrænsede økonomiske midler til at få udtaget lugtprøver. Det vil således være væsentligt at udvælge udtagningspunkterne, så man får så repræsentativt et billede som muligt fra de enkelte kilder, på trods af at der kun tages få prøver.

Termografisk bestemmelse af udtagningspunkter har tidligere været anvendt i forbindelse med udtagning af lugtprøver. Ved hjælp af termografi kan områder med høj varmeafgivelse bestemmes. Dette har, i tidligere undersøgelser gennemført for Odense Renovationselskab i 2004, vist sammenhæng mellem høj temperatur og høj lugtemission. I nærværende forsøg har det ikke været muligt at finde denne sammenhæng mellem middeltemperatur som bestemt ved termografi af 1 m² og lugtkoncentration eller lugtemission (bestemt som lugtkoncentrationen sammenholdt med emissionshastigheden).

For temperaturen bestemt i 10 punkter ned over milen for F-situationen findes der ved hjælp af termografi en gennemsnitstemperatur på 23,5 med SD 2,2 (standard variation). Temperaturen varierer således i dette tilfælde ikke så meget som emissionen.

En mere simpel måde at bestemme udtagningspunkter fra en uhomogen kilde er ved visuel inspektion af kilden. Det vil oftest være forholdsvis nemt at bestemme områder med megen aktivitet og områder med begrænset aktivitet, ved rent visuel inspektion. For en uhomogen kilde med områder med aktive og mindre aktive områder, vil det således være nødvendigt at vurdere, hvor mange prøver, der skal udtages, således at begge emissionsområder er repræsenteret i det, der afslutningsvist vil blive anvendt som en "gennemsnitlig milemission".

Dette visuelle princip har været anvendt i flere tilfælde ved udtagning af lugtprøver fra aktive arealkilder og vurderes at give et godt billede af milens samlede emission. Dette er vurderet på baggrund af flere forsøg med udtagning af lugt fra ensartede kilder, hvor emissionen fra disse ligger i samme størrelsesorden ved de forskellige forsøg.

På baggrund af ovenstående forsøg og betragtninger kan det således antages, at lugtvariationen over en 2 uger gammel mile er forholdsvis stor, og at det derfor kan være vanskeligt at udtage en repræsentativ prøve. Lugtemissionen fra en mile tilsvarende den, der er oplagt i nærværende forsøg med hensyntagen til C/N forhold, luftporevolumen, iltindhold og tørstofindhold, er dog forholdsvis begrænset og vurderes ikke at give anledning til lugtgener efter 2 ugers kompostering.

Der bør dog i hvert enkelt tilfælde ved udtagning af lugtprøver foretages en konkret vurdering af, hvorvidt den pågældende kilde er homogen eller af mere uhomogen karakter. Fra homogene prøver bør der som minimum udtages prøver dækkende 1 % af emissionsarealet, hvor man fra mere uhomogene kilder bør udtage flere prøver. Udtagning af repræsentative prøver bedømmes visuelt, og antallet af prøver fastsættes på baggrund af denne bedømmelse.

Anvendelse af termografi kan ikke umiddelbart anvendes til udvælgelse af udtagningspunkter med henholdsvis høj og lav emission for en mile med lave emissionshastigheder som i nærværende forsøg. Andre forsøg har dog vist, at for kilder med høj emissions hastighed kan termografi være et nyttigt instrument til fastsættelse af udtagningspunkter.

Temperaturen er et udtryk for den mikrobielle aktivitet, idet der ved nedbrydning af organisk materiale frigives energi. Termografi kan derfor anvendes til udpegning af repræsentative områder for den aktuelle biologiske aktivitet.

5 Driftsvilkår for komposteringsanlæg

Resultaterne fra litteratur- og erfaringsopsamlingen er sammenholdt med informationerne indhentet under screeningsfasen og fuldskalaforsøg samt supplerende informationer fra konkrete komposteringsanlæg til udformning af driftsvilkår for komposteringsanlæg.

Der er udarbejdet forslag til praktisk anvendelige driftsvilkår rettet mod minimering af lugt.

Hvor det er muligt og hensigtsmæssigt, er der angivet et interval for de styrende parametre. På baggrund af forslaget til driftsvilkår er der udarbejdet et tilsvarende forslag til registrering af driften i form af en driftsjournal.

For at lette anvendelse af forslagene og bevare oversigten over de forskellige driftsparametre med tilhørende aktiviteter, er forslaget opstillet i et skema.

Tabel 5: Forslag til driftsvilkår. C/N = forholdet mellem kulstof og kvælstof. TS= tørstof.

Aktivitet	Gode råd til håndtering	Effekt
Renholdelse af anlæg og maskiner.	Alle kørselsarealer og maskiner bør dagligt rengøres efter brug.	Forebygger ukontrolleret lugtemission.
Håndtering og anvendelse af have- og parkaffald.	Anvend så vidt muligt frisk neddelt have- og parkaffald. Hvis det ikke er frisk neddelt bør det opbevares i miler med en højde på max. 3 m og først anvendes efter 2 uger.	Forebygger at den biologiske proces opstartes før oplægning til kompostering.
Håndtering og anvendelse af spildevandsslam fra rensningsanlæg.	Kun aerob (beluftet) eller anaerob (udrådnet) stabiliseret spildevandsslam fra rensningsanlæg bør modtages og anvendes. Opblanding med strukturmateriale bør ske inden for 2 uger fra modtagelse.	Hvis spildevandsslammet ikke er stabilt, er der risiko for ukontrolleret lugtemission i forbindelse med oplægning til kompostering.
Håndtering og anvendelse af organisk dagrenovation.	Kun affald, der ikke er komprimeret og ikke er ældre end 2 uger, bør modtages. Opblandes med strukturmateriale inden for 2 dage fra modtagelse.	Reducerer risiko for at der ikke opstår anaerobe forhold ved håndtering og oplægning til kompostering.
Anvendelse af materialer og sammensætning	Ved oplægning af miler med spildevandsslam fra rensningsanlæg og organisk dag-	Optimerer komposteringsprocessen og minimerer lugtemission.

Aktivitet	Gode råd til håndtering	Effekt
med henblik på optimal kompostering.	renovation skal der anvendes strukturmateriale og kulstofkilde, så følgende opnås: $20 < C/N < 30$ Densitet $< 700 \text{ kg/m}^3$ $40 < TS < 50$ Ved åben milekompostering bør der tages højde for forventet nedbør den kommende uge.	
Blanding af materialer til kompostering og opsætning af mile.	Blanding bør foretages uden at komprimere kompostmassen. Der bør sikres, at der ikke forekommer klumper større end en tennisbold En mile bør etableres med en højde på 1,5 - 3 m og rumme $4-12 \text{ m}^3$ per løbende meter.	Sikrer at der er tilstrækkelig luftporevolumen (porøsitet) til opretholdelse af aerobe forhold.
Vending af miler.	Miler bør vendes hver uge de første 4 uger af komposteringsprocessen. Miler bør vendes så mange gange og på en sådan måde, at alt materiale undergår kompostering med temperaturer $>55^\circ \text{ C}$ i mindst 14 dage (kontrolleret kompostering). Miler bør vendes, når iltindholdet falder til under 15 %. Komprimering af miler ved vending bør undgås. Densitet på minimum 700 kg/m^3 bør opretholdes.	Sikrer omfordeling og genskaber en struktur med tilstrækkelig luftporevolumen (porøsitet) til opretholdelse af aerobe forhold.
Anvendelse af biofilter.	Straks efter oplægning af mile og efter vending af miler inden for de første 3 uger bør der etableres et minimum 20 cm tykt biofilter på toppen af mileren. Filteret bør bestå af sigterest mellem 10 og 45 mm fra tidligere kompostering. Sigteresten skal være fri for større	Reducerer lugtmission. Virker samtidig isolerende og reducerer fordampning.

Aktivitet	Gode råd til håndtering	Effekt
	urenheder og sten.	
Kraftig uventet nedbør.	Hvis komposten bliver for våd, bør der tilsættes tør strukturmateriale og foretages opblanding, så TS bliver > 35%.	Sikrer tilstrækkeligt luftporevolumen (porøsitet) til aerob kompostering.
Udtørring af kompost ved tørt og varmt vejr.	Hvis komposten bliver for tør, så TS bliver > 55%, bør der foretages vanding.	Sikrer at der er tilstrækkeligt vandindhold til mikrobiel aktivitet og nedbrydning af organisk materiale.
Afkøling og eftermodning af kompost.	Efter kompostering anbringes kompost til afkøling og eftermodning bedst i træpæmiler i en højde af indtil 4 m.	Sikrer at der opretholdes tilstrækkeligt frit luftporevolumen (porøsitet) til at afkøling og eftermodning sker under aerobe forhold.
Opbevaring af kompost.	Efter kompostering og sortering skal kompost opbevares tørt. Det kan ske i hal eller ved overdækning.	Sikrer at der opretholdes tilstrækkeligt frit luftporevolumen (porøsitet) til opretholdelse af aerobe forhold.
Monitering og registrering.	Udarbejd driftsjournal for hvert parti kompost indeholdende oplysninger om: <ul style="list-style-type: none"> • materialer og mængder • analyser i henhold til slambekendtgørelsen • temperaturmålinger • driftsjournaler for hver mile der indgår i partiet 	Sikrer dokumentation for gennemført aerob komposteringsproces samt kvalitet af den producerede kompost. Sikrer mulighed for løbende at optimere driften af det enkelte anlæg. Giver mulighed for at dokumentere driften hvis der opstår lugtgener.
Uddannelse af driftsansvarlige og driftspersonel.	Uddannelse så der sikres tilstrækkelig viden om kompostering og løsning af problemer ved driftsforstyrrelser.	Kendskab og indsigt i komposteringsprocesser vil optimere driften og minimere lugtemission.

5.1 Indhold af driftsjournal

Erfaringer fra samarbejdet med en række virksomheder og myndigheder har vist, at såfremt naboer til komposteringsanlæg føler sig generet af lugt, vil der i en periode foregå meget kommunikation om driften af anlægget.

For at få afdækket i hvilke situationer, der opstår lugtgener, er det vigtigt at have daglige registreringer over:

- Meteorologiske forhold (de fleste lugtgener opstår i særlige vindretninger og under lavtryk)

- Indgangsmaterialer der tilføres anlægget (oplysningerne anvendes til beslutning om, hvilke foranstaltninger, der skal iværksættes for at afhjælpe lugtgener)
- Logistikken på anlægget (anvendes dels til at afdække om det er et særligt indgangsmateriale, der giver anledning til lugtgener og dels til lokalisering af hvilken kompost der skal tages ud, hvis der opdages en forurening af et særligt læs indgangsmaterialer)
- Anlæggets drift (lugtgener opstår typisk ved håndtering af komposten)

5.2 Daglige meteorologiske oplysninger som bør noteres for alle komposteringsanlæg

Parameter	Bemærkning
Luftryk	Mange lugtgener opstår under lavtryk
Luftfugtighed	Lugtgener opstår oftest ved tåge
Nedbørsmængde	Nedbørsmængden er vigtig i forhold til driften af anlægget
Fremherskende vindretning og vindstyrke	Vigtig af hensyn til spredningen af lugten af anlægget. Det sker at en klage over lugt fra et komposteringsanlæg stammer fra en helt anden lugtkilde

Ud over registreringen af luftryk svarer forslaget til de daglige meteorologiske målinger til udvalgte krav til meteorologiske målinger i bekendtgørelse 650 "Bekendtgørelse om deponering".

5.3 Oplysninger om indgangsmaterialer

Dette skema er opdelt i de 3 typer af indgangsmaterialer til kompostering og skal læses, således at alle indgangsmaterialer, som indgår i henholdsvis kompostering af organisk madaffald¹ og spildevandsslam, bør analyseres i henhold til skemaet, således at have- og parkaffald f.eks. skal analyseres 4 gange årligt for C, N og TS, hvis det indgår i kompostering af organisk madaffald¹ eller slam.

Parameter	Have/park	Organisk madaffald ¹	Slam
Kulstof, C	2 gange årligt	4 gange årligt	4 gange årligt
Kvælstof, N	2 gange årligt	4 gange årligt	4 gange årligt
Tørstof i %	2 gange årligt	4 gange årligt	4 gange årligt
Tungmetaller	-	I hht. bekendtgørelse nr. 623 (miljøstyrelsen 2003)	I hht. bekendtgørelse nr. 623 (miljøstyrelsen 2003)
Miljøfremmede stoffer	-	I hht. bekendtgørelse nr. 623 (miljøstyrelsen 2003)	I hht. bekendtgørelse nr. 623 (miljøstyrelsen 2003)

¹Punkt D i bilag 1 i bekendtgørelse nr. 623 (miljøstyrelsen 2003)

5.4 Oplysninger om drift og logistik på anlægget

Det er vigtigt at registrere oplysninger om driften på komposteringsanlægget i tilfælde af, at der opstår lugtgener. Registreringen bør foretages for kompostering af alle typer materiale.

Dato og placering ved	Bemærkninger
Modtagelse, håndtering og opbevaring af indgangsmaterialer	Materiale fra en leverandør kan hurtigt lokaliseres hvis det giver anledning til lugtgener. Dokumenterer alderen på indgangsmaterialet
Neddeling af have- og parkaffald	Lugtgener opstår typisk i forbindelse med disse handlinger, det er derfor vigtigt at få afdækket hvornår generne opstår, for at finde den optimale løsning på problemstillingen.
Oplægning af miler	
Vending af miler	
Sortering af kompost	
Afhjælpende handlinger	Hvis der f.eks. er tilført en mile ekstra tørstof eller ekstra biofilter øverst på milen
Afvigelse fra daglige rutiner	Hvis en mile ikke er vendt pga. nedbrud af maskine, særlige vejrforhold eller lignende

Omfanget af de oplysninger, der registreres omkring driften af komposteringsanlægget afhænger af, hvilke indgangsmaterialer, der komposteres og hvilken metode, der anvendes. Nedenstående anbefalinger til registreringer samt frekvensen af disse skal vurderes ud fra driften og stabiliteten i driften på det enkelte anlæg.

Parameter der undersøges og registreres	Have/park	Organisk madaffald ¹ og spildvandsslam	Bemærkninger
Kvalitet af indgangsmateriale	Registreres ved modtagelse	Registreres ved modtagelse	Sikre at der ikke tilføres indgangsmaterialer der ikke har en acceptabel kvalitet. Dette gælder mht. lugt, indhold af fremmedlegemer (f.eks. plastik) eller tørstofindhold.
Homogenitet i milen	I forbindelse med vending	I forbindelse med vending	Lugtgener opstår typisk ved at klumper af organisk materiale bliver anaerobe
Temperatur i milen	Ugentlig registrering	Daglige registreringer	Viser om komposteringen forløber som forventet og om komposten bliver hygiejniseret
Fugtighed i komposten	Månedlig registrering	Ugentlige registreringer	Nødvendig for at sikre at der finder en passende omsætning sted. Viser om milen samler eller bruger vand
Iltindhold i milen		Dagligt/Ugentligt	Viser om der er tilstrækkeligt ilt i milen til at opretholde aerob kompostering eller om der er ved at opstå anaerobe forhold
Kuldioxid i milen		Dagligt/Ugentligt	
Methan i milen		Dagligt/Ugentligt	
Lugtgener internt	Når det forekommer	Når det forekommer	I hvilke tilfælde opstår der generende lugtforhold for personalet

Parameter der undersøges og registreres	Have/park	Organisk madaf-fald ¹ og spildevandsslam	Bemærkninger
			på pladsen
Klage over lugt fra naboer	Når det forekommer	Når det forekommer	Noter hvem der har henvendt sig og hvad der efterfølgende sker i sagen.

¹Punkt D i bilag 1 i bekendtgørelse nr. 623 (miljøstyrelsen 2003)

5.5 Opsamling af oplysninger

Oplysninger til driftsjournalen kan enten opsamles på papir i skemaer eller i elektroniske driftskontrolprogrammer. Der er vedlagt et eksempel på udskrifter af rapporter fra en elektronisk driftsjournal i bilag C.

5.6 Kortlægning af lugt fra komposteringsanlæg

Repræsentativiteten for den enkelte mile skal søges gennem omhyggelig udvælgelse af udtagningspunkter, og antallet af prøver, der udtages vil være afhængig af, hvorvidt kilden er homogen eller uhomogen. Ved kilder med lav emissions hastighed vurderes en visuel bedømmelse at være tilstrækkelig til bedømmelse af prøvetagningspunkter.

6 Litteraturliste

Defoer, N. & Van Langenhove, H. 2001. Odor Emissions Control In Yard Trimmings Composting. *Biocycle* February 2001. pp 82-83

EU-arbejdsdokument. Working document on sludge 3^{DR}. Brusel, 27. april 2000.

Gage, J. Checklist for odor management at compost facilities. *Biocycle* May 2003 pp 42-47

Goldstein, N. Getting to know the odour compounds. *Biocycle* July 2002. pp 42-44

Haug, R. T. The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers. 1993. pp 42-50, 213-215, 249-258, 281-285, 314, 545-564

Hay, J. C. Caballero, R. C. , Livingston, J. R. and Howard, R. W. T. *et al* 1985. *Biocycle* October og November/December 1985

Iacoboni, M. D. & Livingston, J.R., and LeBrun, T.J. Windrow and Static Pile Composting of Municipal Sewage Sludges, report to the Municipal Environmental Research Laboratory, U.S. EPA, Report No. EPA-600/2-84-122. (Juli 1984). Haug, R. T. The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers. 1993. pp. 562.

Miljøstyrelsen.. Begrænsning af lugtgener fra virksomheder. Vejledning nr. 4/1985.

Miljøstyrelsen. Genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder Bekendtgørelse nr. 655 af 27. juni 2000.

Miljøstyrelsen, 2003. Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål nr. 623 af 30. juni 2003.

Miljøstyrelsen, 2005. Fastsættelse af vilkår for drift af virksomhed med store arealkilder, der indebærer risiko for lugt i omgivelserne. FORCE Technology, 2005.

Møller, J. Den Kgl. Veterinære- og Landbohøjskole. Personlig kommunikation. August 2005.

Poulsen, T. Aalborg Universitet. Personlig kommunikation. August 2005..

Roberts, D., Sellwood, D. 1992. Assessing odour from composting facilities. Institute of Waste Management Proceedings. UK. March 1997.

Spørgeskema til komposterings- anlæg og amter

Komposteringsanlæg

Navn	
Adresse	
Kontaktperson	
Mailadresse	
Telefon	
Hjemmeside	

Komposteringsmetode

Komposteringsmetode	Komposteringsperiode i uger eller måneder
Madraskompostering	
Milekompostering	
Containerkompostering	
Bokskompostering	

Beluftningsmetode	
Aktiv beluftning – blæs	
Aktiv beluftning – sug	
Vending	
Passiv beluftning	

Anvendelse af færdig kompost	Angiv mængde i %
Borgere	
Landbrug/skovbrug	
Kommunen	
Andet erhverv	
Forbrænding	
Deponering	

Hvad komposteres

Indgangsmateriale	Fra Kommune	Mængde	Opbevaringsperiode inden kompostering
Have/parkaffald			
Organisk dagrenovation			
Spildevandsslam			
Andet			

Registreringer af materialer til kompostering

Indgangsmateriale	Parameter	Hver gang	Stikprøver	Aldrig
Have/parkaffald	Vægt			
	Analyser			
	Visuelt			
	Lugt			
Organisk dagrenovation	Vægt			
	Analyser			
	Visuelt			
	Lugt			
Spildevandsslam	Vægt			
	Analyser			
	Visuelt			
	Lugt			
Andet	Vægt			
	Analyser			
	Visuelt			
	Lugt			

Registreringer i komposteringsforløbet

Måleparameter	Målefrekvens			Aldrig
	Altid			
Dato				
<ul style="list-style-type: none"> • Oplægning • Vending • Sortering 				Normalt interval for parameteren
	Dag	Uge	Måned	
Driftsparametre				
<ul style="list-style-type: none"> • Temperatur • Ilt • CO₂ • TS • Vægtfylde • C/N 				
Overvågning af indgangsmaterialernes placering på anlægget				

Driftsjournal

Har anlægget en driftsjournal	Ja	Nej

Hvis det er muligt vil vi gerne have en kopi af anlæggets driftsjournal eller have oplyst hvilke metoder, fremgangsmåder eller program, der normalt anvendes til dokumentation og optimering af komposteringsprocessen.

Driftsinstruks

Har anlægget en driftsinstruks	Ja	Nej

Angiv evt. dato for sidste opdatering

Myndighedsbehandling

Anlægget er miljøgodkendt

Dato	Myndighed

Vi vil gerne have kopi af eventuelle lugtvilkår i godkendelsen

Lugt indenfor de sidste 3 år

Har naboerne klaget over lugt Fra komposteringsanlægget		2002	2003	2004
	Aldrig			
	1 – 2 gange årligt			
	3 – 5 gange årligt			
I hvilke situationer bliver der klaget				

Er der foretaget ændringer på komposteringsanlægget for at reducerer lugtgener fra komposteringsprocessen	Ja Angiv evt. årstal	Nej
Stop for kompostering i periode(r)		
Anvendelse af lugtspray omkring anlægget		
Anvendelse af spray i forbindelse med vending		
Ændring af driftsrutiner		

Har myndighederne påtalt forhold om lugt?	Dato for sidste henvendelse

Er personalet generet af lugt fra komposteringsprocessen	
	Aldrig
	2 - 3 gange årligt
	Hver måned
I hvilke situationer opstår lugtgenerne	

Må vi kontakte jeres anlæg, hvis vi har supplerende spørgsmål om anlæggets indretning og drift

Ja	Nej

Spørgeskema til amt

Spørgeskema om komposteringsanlæg

Amt		
Adresse		
Kontaktperson		
Mailadresse		
Telefon		

Hvor mange komposteringsanlæg er der i amtet som komposterer

Komposteringstype	Antal anlæg
Have/park affald	
Organisk dagrenovation	
Spildevandsslam	

Hvilke typer anlæg har givet anledning til lugtgener eller påtaler de sidste 2 - 3 år

Komposteringstype	Antal anlæg
Have/park affald	
Organisk dagrenovation	
Spildevandsslam	

Er der meddelt lugtvilkår til komposteringsanlæg eller andre virksomheder de sidste 2 – 3 år

1. Anvendes normalt konkrete lugtgrænser
5LE 10LE 15LE 20LE
2. Anvendes formuleringer
væsentlig/uvæsentligt
3. Opstillede driftsvilkår

Vi vil meget gerne have konkrete eksempler på de formulerede vilkår

Hvordan skal overholdelse af vilkårene dokumenteres?
Også her vil vi gerne have konkrete eksempler

Komposteringsanlæg som har fået foretaget lugtmålinger de sidste 3 år

Navn på anlæg	Målemetode	År målinger er gennemført

Komposteringsanlæg som har fået gennemført beregning af lugtspredning de sidste 3 år

Navn på anlæg	Beregningsmetode	År beregningen er gennemført

Opsamling på vilkår fra amternes miljøgodkendelse

Miljøstyrelsens projekt om kompostering

Eksempler fra amterne på stillede vilkår til anlæg med kompostering:

Vilkårstype	Konkrete eksempler
Vilkår om lugtgrænser	<ul style="list-style-type: none"> Komposteringsaktiviteterne må ikke give anledning til væsentlige lugtgener uden for virksomhedens område. Ved væsentlige lugtgener forstås lugtbidrag på mere end 5 LE/m³ ved nærmeste enkeltliggende bolig, 10 LE/m³ ved boligområder og 10 LE/m³ ved anden industri. Det samlede lugtbidrag for virksomheden må ikke overskride 10 LE/m³ ved nærmeste, enkeltliggende bolig og 5 LE/m³ ved nærmeste boligområde.
Subjektive vilkår	<ul style="list-style-type: none"> Komposteringspladsen må ikke medføre væsentlige lugtgener udenfor pladsen. Komposteringsanlægget må ikke give anledning til lugt, støv og aerosoler, der efter amtets vurdering er til gene for omgivelserne. Der må ikke kunne registreres lugtgener fra udendørs miler ved eller udenfor virksomhedens skel.
Driftsvilkår	<ul style="list-style-type: none"> Der må på pladsen opbevares og behandles maksimalt xxx tons pr. år. Modtaget have-parkmateriale skal løbende spredes over madrassen. Der må alene komposteres rent have- og parkaffald på komposteringsanlægget. Der må maksimalt vendes miler 4 timer pr. dag. Der må maksimalt vendes 1/3 del af samtlige miler pr. dag, således at alle miler er vendt på minimum 3 dage. I tørre perioder skal området befugtes for at hindre støvgener.

	<ul style="list-style-type: none"> • Der skal tages hensyn til vindstyrke og vindretning, når milerne omstikkes, således at naboer generes mindst muligt af lugt. • Der skal tages hensyn til vindstyrke og vindretning i forbindelse med aflæsning af tilkørt have- og parkaffald, ved vending af milerne, sigtning af den modnede kompost samt ved kørsel på grusbefæstede arealer – således at naboer generes mindst muligt af støvgener. • Indkomne læs der lugter, skal spredes i et hensigtsmæssigt lag på madrassens umiddelbart efter modtagelsen. Hvis et læs lugter uacceptabelt skal det afvises. • Tilsynsmyndigheden kan i forbindelse med konstatering af uacceptabel lugtgener til enhver tid forlange afhjælpende foranstaltninger iværksat f.eks. afdækning med ren træflis, samt en redegørelse for årsagen til genen. Tiltag til fjernelse af genen skal iværksættes straks og være afhjulpet indenfor en tidsfrist fastsat af tilsynsmyndigheden. • Der skal foretages rundring omkring anlægget så ofte, at der er kendskab til lugtforholdene og således at evt. problemer kan imødegås. Bemærkninger skal noteres i en journal som altid skal forefindes på anlægget. I journalen skal noteres tidspunkt, registreringspunkt, vindretning og observationer. • Første omstikning skal som udgangspunkt foretages i januar måned i en periode på ca. 10 arbejdsdage. • I forbindelse med første og øvrige omstikninger af en madras skal madrassen være så grundig gennemvædet, at lugtafgivelsen begrænses mindst muligt. • Hvis der via den gennemførte egenkontrol konstateres uhensigtsmæssig temperatur, lufttilførsel, lufttilførsel eller fugtighed i oplagret have-/parkaffald inkl. træstød samt i kompostmiler, skal det straks sikres, at der ikke opstår anaerobe zoner. • Iltforhold i bunden og det indre af anlæggets slamkompostoplæg skal kontrolleres 2 gange pr. uge, fordelt over ugen, ved f.eks. temperatur- eller iltmåling. • Lugt fra komposteringsanlægget skal begrænses ved at følge komposteringsprocessen tæt, således at der sikres aerobe forhold under komposteringsprocessen
--	---

	<p>Særlige vilkår til anlæg hvor komposteringsprocessen foregår i hal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Udendørs miler skal straks returneres til komposteringshal, såfremt materialet giver anledning til lugtgener ved eller udenfor skel. • Der skal til enhver tid holdes undertryk i forkomposteringshallen, og luftindtag i forkomposteringshallens sider skal være udformet, så de automatisk vil være lukket, såfremt undertrykket i forkomposterings-hallen måtte forsvinde. • Al luft fra forkomposteringshallen skal behandles i skrubberanlægget, før det udledes til atmosfæren. • Fraførsel af slam fra forkomposteringshallen skal ske gennem en luftsluse, der sikrer mod luftudslip fra forkomposteringshallen. • Transport af materiale ind i forkomposteringshallen må kun ske gennem port, der er skærmet af et "skørt" i forhold til komposteringshallen. Portaktiviteten må ikke give anledning til lugtgener. Porten skal om nødvendigt udformes som en luftsluse. • Der skal konstant opretholdes et svagt luftundertryk i alle områder af komposteringsanlægget hvor der håndteres komposterbare materialer og frasorteret affald. Porte, døre mv. skal holdes lukket.
<p>Vilkår om kontrol- og dokumentation</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tilsynsmyndigheden kan bestemme, at virksomheden ved målinger skal dokumentere, at vilkåret for lugt er overholdt. Dokumentationen skal senest 3 måneder efter, at kravet er fremsat, tilsendes tilsynsmyndigheden sammen med oplysninger om driftsforholdene under målingen. Målingen skal udføres af et målefirma, som er accepteret af tilsynsmyndigheden. • Hvis tilsynsmyndigheden forlanger det, skal virksomheden dokumentere, at lugtvilkåret er overholdt. • Der skal udføres en kontrol gennem fire målinger af lugtemissionen med minimum to måneders mellemrum i løbet af anlæggets første driftsår. Ved hver måling skal der udtages tre prøver jævnt fordelt over to timer ved maksimal belastning fra afkastet. Resultatet af målingen fremsendes kommenteret til amtet straks, de foreligger, senest 2 måneder efter måledagen.

	<p>Driftsforholdene og andre relevante forhold i relation til målingerne skal beskrives ved førstegangskontrollen og øvrige målinger og beregninger. Der fremsendes endvidere en redegørelse ved eventuelle vilkårsoverskridelser.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ved en måling forstås det måleprogram, som er nødvendigt for at fastslå, om et vilkår er overholdt. Antallet af målinger, målingernes varighed og tilhørende analyseprogram fastlægges efter aftale med amtet. Alle målinger skal udføres efter standardiserede metoder af autoriseret/akkrediteret laboratorium efter aftale med amtet. • Lugtmålinger skal udføres som angivet i Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/1985: "begrænsning af lugtgener fra virksomheder" eller den til enhver tid gældende vejledning. Måle- og/eller beregningspunkter fastlægges efter aftale med amtet. • Beregningerne af lugtbidraget i omgivelserne skal udføres med OML-metoden, idet der korrigeres for 1 minuts midlingstid ved multiplikation med kvadratrodd 60. Grænseværdien for lugt anses for overholdt, når den højeste 99 % fraktil er mindre end eller lig med grænseværdien. • Der skal udarbejdes en driftsinstruks for komposteringsanlægget, der som minimum beskriver: <ul style="list-style-type: none"> - procedure for afhjælpning af gener som lugt, støv, skadedyr og lignende samt arbejdsgange -optimering af omsætningsprocessen på anlæggene f.eks ved at fokusere på milernes iltindhold, fugtindhold og temperatur - princip for opgørelse af affaldsmængderne på anlægget og procedurer til overholdelse af vilkår - procedurer der sikrer at visuel kontrol gennemføres samt om modtagekontrol gennemføres • Driftsinstruksen skal revideres en gang årligt med implementering af ny viden og erfaringer. Tilsynsmyndigheden skal have adgang til driftsinstruktionen. • Der skal føres journal over: <ul style="list-style-type: none"> - affaldsmængder og -typer - affaldskilder - mængder af afsat kompost - den afsatte komposts anvendelse - mængden af afsat sigterest - mængden af lagret kompost - de lørdage, der foregår drift på pladsen <p>Mængden af modtaget affald, afsat kompost, sigterest samt kompost skal opgøres månedsvist.</p>
--	--

	<p>Det skal hver uge fremgå af driftsjournalen: Måling af temperatur i hver kompostmønt samtidig med måling af udetemperaturen.</p> <p>Det skal af driftsjournalen fremgå, hvor tit komposten på milerne er blevet vendt i løbet af komposteringsperioden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det skal af journalen fremgå (anlæg med dagrenovation/spildevandsslam): <ul style="list-style-type: none"> - dokumentation for at spildevandsslammet overholder bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, p.t. bekendtgørelse nr. 623 af 30. juni 2003 - dokumentation for at produktet overholder bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbrugsformål, p.t. bekendtgørelse nr. 623 af 30. juni 2003, bilag 2 og 3 - mængde producerede færdigvarer - affaldsmængder til henholdsvis genanvendelse (eksternt), forbrænding, deponering eller specialbehandling - omsætning af miljøfremmede stoffer <p>Driftsjournalen skal forevises amtet på forlangende og opbevares i 5 år.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Journalen skal være tilgængelig for amtet ved tilsyn • Virksomheden skal opbevare journalen sammen med virksomhedsgodkendelsen. • Virksomheden skal have en "lugtpatrulje". Der tre gange om dagen på hverdage skal foretage registreringer jf. en driftsjournal. • Der skal årligt fremsendes en årsrapport til amtet, som beskriver de miljømæssige forhold det forgangne år, samle årets målinger i tabeller/kurveform samt konkluderer på virksomhedens miljømæssige standard og redegør for det kommende års miljøforbedrende tiltag. Denne afrapportering kan ske i form af det grønne regnskab.
<p>Vilkår om information</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tilsynsmyndigheden og naboer skal informeres hvis der opstår unormale driftsforhold, der kan give anledning til gener for naboer. Der skal samtidigt informeres om hvilke tiltag, der vil blive iværksat for at afhjælpe genen, samt oplysninger om, hvornår genen forventes afhjulpet.

Uddrag af Rambølls driftskontrolprogram

I nedenstående skema er de tre råvarer halm, have/park og biomasse, samt en sammenlagt mile, indsat.

Beregn milesammensætning

Sammensætning:

Produkt	Mængder			C		N		C/N			
	tons	vægt %	% TS	tons TS	tons/m ³	m ³	mg/kg TS	kg	mg/kg TS	kg	forhold
Biomasse Odense	0		23	0	1.00	0	247	0	44	0	
Halm	0	0	85	0	0.10	0	450	0	8	0	
Have/Park affald	0	0	65	0	0.43	0	320	0	6	0	
Mile 010604 SL											
Halm	22	5	85	18	0.10	215	450	8	8	0	
Biomasse Odense	168	40	23	38	1.00	168	247	9	44	2	5
Have/Park affald	176	42	65	115	0.43	410	320	37	6	1	37
Regnvand	54	13									
Total for råkompost	420	100	41	1.71	0.50	793	316	54	18	3	18

Mileudformning

Tværsnitsareal: 8.8 m²
 Grundareal: 540.7 m²
 Beregnet længde: 90.1 m

Regnvand
 Forventet pedsb: 100 mm

+ Indsæt jævne - Slet linje Hent
 + Indsæt mile - Slet alt Gem
 + Indsæt linje Udskriv Luk

1.1 Mileudformning

Beregn milesammensætning

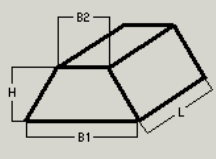
Sammensætning:

Produkt	Mængder			C		N		C/N			
	tons	vægt %	% TS	tons TS	tons/m ³	m ³	mg/kg TS	kg	mg/kg TS	kg	forhold
Biomasse Odense	0		23	0	1.00	0	247	0	44	0	
Halm	0	0	85	0	0.10	0	450	0	8	0	
Have/Park affald	0	0	65	0	0.43	0	320	0	6	0	
Mile 010604 SL											
Halm	22	5	85	18	0.10	215	450	8	8	0	
Biomasse Odense	168	40	23	38	1.00	168	247	9	44	2	5
Have/Park affald	176	42	65	115	0.43	410	320	37	6	1	37
Regnvand	54	13									
Total for råkompost	420	100	41	1.71	0.50	793	316	54	18	3	18

Mileudformning

Tværsnitsareal: 8.8 m²
 Grundareal: 540.7 m²
 Beregnet længde: 90.1 m

Mile udformning



Højde (H): 2.2 m
 Grund bredde (B1): 6.0 m
 Top bredde (B2): 2.0 m
 Længde (L): 90.1 m

OK Luk

100 mm

+ Indsæt mile - Slet alt Gem
 + Indsæt linje Udskriv Luk

1.2 Driftsjournal for mile

I rapporten vises:

- Affaldsprodukter
- Råvaremængde anvendt i milen
- De loggede temperaturer vises grafisk
- Generelle oplysninger i forbindelse med temperaturlogningerne
- Hygiejniseringsgrad

Ved driftsrapport over sammenlagte miler benyttes ” Driftsjournal for parti”

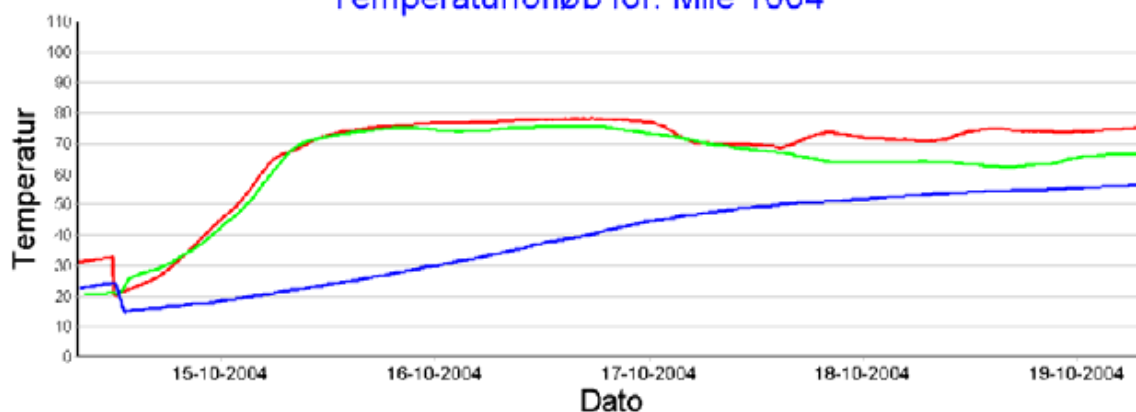
Driftsjournal for Mile 1004									
Råvare	Odens Råvare		Affaldsprodukter						
	TS	TS	Helm	Sigtet		Sigtet		Sigtet	
Mængde (ton)	79,5		0,0	7,5					
Affaldsprodukt									
Ph - Værdi (T%)	1,1		1,1						
TS (Aerod, total) (%)	18,50		81,00						66,00
Adm (glebet) (%) af TS	1,1		1,1						1,1
Total H (mg/kg TS)	64000,00		8000,00						1,1
Total P (mg/kg TS)	16000,00		600,00						1,1
TOC (Total organisk kulstof) (mg/kg TS)	241400,00		445000,00						1,1
Total S (mg/kg TS)	1,1		1,1						1,1
Mg. Magerkem. (mg/kg)	1,1		1,1						1,1
Cl. Calkem. (mg/kg TS)	1,1		1,1						1,1
Total K (mg/kg TS)	1,1		1200,00						1,1
Asensind- + arsenind-N (mg/kg TS)	1,1		1,1						1,1
Mjølfehold									
IAS (mg/kg TS)		Mindre end 100,00				Mindre end 50,00			1,1
DSP (mg/kg TS)		4,30				Mindre end 0,10			1,1
NPK (mg/kg TS)		1,20				Mindre end 0,20			1,1
FAH (mg/kg TS)		0,57				0,06			1,1
Temperatur									
Cl. Calkem. (mg/kg TS)		0,20				1,1			1,1
Hg. Yrkesbr. (mg/kg TS)		0,31				1,1			1,1
Ph. Ely. (mg/kg TS)		22,00				1,1			1,1
Ni. Niibel. (mg/kg TS)		15,00				1,1			1,1
Cr. Chrom. (mg/kg TS)		19,00				1,1			1,1
Zn. Zink. (mg/kg TS)		310,00				1,1			1,1
Cu. Kobber. (mg/kg TS)		09,00				1,1			1,1
Cl. Calkem. (mg/kg total P)		1,1				1,1			1,1
Hg. Yrkesbr. (mg/kg total P)		1,1				1,1			1,1
Ph. Ely. (mg/kg total P)		1,1				1,1			1,1
Ni. Niibel. (mg/kg total P)		1,1				1,1			1,1

Råvaremængde anvendt i mile: 86,0 tons

Proces	Udført	1. vanding	2. vanding	3. vanding	4. vanding	5. vanding	6. vanding	7. vanding	8. vanding
Dato	14-10-2004								
Lokation	Kompostplads 1								

Milen er ikke afsluttet.

Temperaturforløb for: Mile 1004



Temperaturlogger	Position	Min °C	Gennemsnit °C	Max °C	Kommentar
3 14-10-2004 til 31-12-9999	h2h	20,1	67,2	78,4	
2 14-10-2004 til 31-12-9999	h2h	20,7	63,1	75,8	
1 14-10-2004 til 31-12-9999	h2h	14,2	39,2	56,5	
Temperaturlogger nr. 3 14-10-2004 til 31-12-9999					
Temperaturlogger nr. 1 14-10-2004 til 31-12-9999					
Temperaturlogger nr. 2 14-10-2004 til 31-12-9999					

Hygjenisering	75°C	65°C	60°C	55°C	Kommentar
Målinger i mellem 5' mellem (timer)	0	0	0	11	

Øvrige bemærkninger

1.3 Driftsjournal for parti og produkt

Denne rapport viser:

- Hvilke miler der indgår i den parti eller produkt
- Analyser for hver mile der indgår
- Indhold af NPK og TOC/Glødetaf (hvis TOC-analyse ikke findes søges efter glødetaf)
- Indhold af tungmetaller
- Slutkoncentration
- Hvor det anvendes

Driftsjournal for Bio Kompost RAMBOLL

Miler i partiet:	Hygiepusering	
	Timer > 70°C	Timer > 55°C
Bio Kompost	0	0
Parti jun 2004	0	0
Mile 180504 SL	0	273
Mile 1	29	245
Mile 220404	57	238
Mile 010604 SL	0	159
Mile 290404	129	490
Mile 060504	194	378
Mile 140604 SL	131	349
Mile 130504	170	448
Mile 210504	99	331
Mile 300604 SL	115	448
Mile 270504	266	432
Mile 040604	267	310
Mile 120704 SL	228	487
Mile 100604	339	454
Mile 180604	329	452
Mile 260704 SL	54	492
Mile 240604	283	519
Mile 020704	242	420
Mile 090804 SL	0	0
Mile 080704	282	605
Mile 150704	36	346

Procesforløb	Lokalitet	Periode		Behandlingstid	
		Fra	Til	Timer > 70°C	Timer > 55°C
Kompostering				29	346
Afsøgning					
Bremning					

Målfremmede stoffer	Mængde			LAS		DEHP		NPE		PAH		
	Art	(ton)	(% TS)	(t TS)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)
Råkompost		2298		1046		0,000		0,813		0,208		1,410
Odense Biomasse		1023	19	189	0	0,000	4	0,813	1	0,208	1	0,108
Halm		117	81	95	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,006
Have- parkaffald		1159	66	762	0	0,000	0	0,000	0	0,000	2	1,296
Færdig kompost		1012	71	718	i.a.	-	1	0,509	i.a.	-	1	0,710
Ændringer i masse:		-56%		-31%		-		-37%		-		-50%

Næringsstoffer	Mængde			TOC (Total organisk kulstof)		Total N		Total P		Total K		
	Art	(ton)	(% TS)	(t TS)	(mg/kg TS)	(ton)	(mg/kg TS)	(ton)	(mg/kg TS)	(ton)	(mg/kg TS)	(ton)
Råkompost		2298		1046		220,09		19,04		4,39		0,11
Odense Biomasse		1023	19	189	247400	46,80	64000	12,11	16000	3,03	i.a.	-
Halm		117	81	95	445000	42,17	8000	0,76	680	0,06	1200	0,11
Have- parkaffald		1159	66	762	172000	131,12	8100	6,17	1700	1,30	i.a.	-
Færdig kompost		1012	71	718	i.a.	-	16000	11,48	5900	4,23	i.a.	-
Ændringer i masse:		-56%		-31%		-		-40%		-4%		-

Tungmetaller	Mængde			Cd. Cadmium		Hg. Kviksølv.		Pb. Bly.		Ni. Nikkel.		Cr. Chrom.		Zn. Zink.		Cu. Kobber.		
	Art	(ton)	(% TS)	(t TS)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)
Råkompost		2298		1046		0,095		0,059		4,162		2,838		3,594		58,646		13,053
Odense Biomasse		1023	19	189	1	0,095	0	0,059	22	4,162	15	2,838	19	3,594	310	58,646	69	13,053
Halm		117	81	95	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Have- parkaffald		1159	66	762	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-

Tungmetaller (P)	Cd. Cadmium	Hg. Kviksølv.	Pb. Bly.	Ni. Nikkel.
Art	mg/kg total P	mg/kg total P	mg/kg total P	mg/kg total P

Beregnet støfkonzentration i kompostens slamfraktion (beregnet ud fra %-reduktion)	LAS	DEHP	NPE	PAH	
Råvare	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	
Odense Biomasse	100,000		2,693	1,100	0,287

Anvendelse	Jordbrug	Driftsmiddel	Ferblanding	Deponering	Andet
Dato for anvendelse					
Anvist af					
Bemærkninger					


Øvrige bemærkninger

1.4 Driftsjournal for mile

I rapporten vises:

- Affaldsprodukter
- Råvaremængde anvendt i milen
- De loggede temperaturer vises grafisk
- Generelle oplysninger i forbindelse med temperaturlogningerne
- Hygiejniseringsgrad

Ved driftsrapport over sammenlagte miles benyttes ” Driftsjournal for parti”

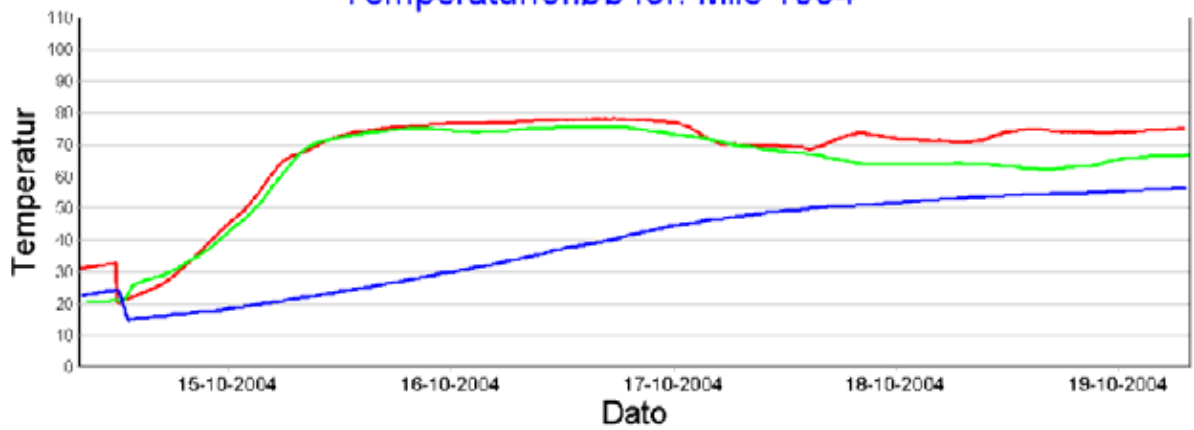
Driftsjournal for Mile 1004									
Råvare	Affaldsprodukter								
	Odens Biotowers		Helm		Sjælvst				
Mængde (ton)	70,5		8,0		7,5				
.Analyseresultater									
Pb - Værdi (Pb)	i.k.		i.k.		i.k.				
TSP (areal, total) (%)	19,50		81,00		66,00				
Asen (gledet) (%) af TSP	i.k.		i.k.		i.k.				
Total N (mg/kg TS)	64000,00		8000,00		i.k.				
Total P (mg/kg TS)	16000,00		680,00		i.k.				
TOC (Total organisk kulstof) (mg/kg TS)	247400,00		445000,00		i.k.				
Total S (mg/kg TS)	i.k.		i.k.		i.k.				
Mg. Magnesium (mg/kg)	i.k.		i.k.		i.k.				
Ca. Calcium (mg/kg TS)	i.k.		i.k.		i.k.				
Total K (mg/kg TS)	i.k.		1200,00		i.k.				
Ammoniak + ammonium N (mg/kg TS)	i.k.		i.k.		i.k.				
Mikroelementer									
LAS (mg/kg TS)	Mindst end 100,00		Mindst end 50,00		i.k.				
DESP (mg/kg TS)	4,20		Mindst end 0,10		i.k.				
NPK (mg/kg TS)	1,30		Mindst end 0,20		i.k.				
PAH (mg/kg TS)	0,57		0,06		i.k.				
Tungmetaller									
Cd. Cadmium (mg/kg TS)	0,20		i.k.		i.k.				
Hg. Kviksølv (mg/kg TS)	0,31		i.k.		i.k.				
Pb. Bly (mg/kg TS)	22,00		i.k.		i.k.				
Ni. Nickel (mg/kg TS)	15,00		i.k.		i.k.				
Cr. Chrom. (mg/kg TS)	19,00		i.k.		i.k.				
Zn. Zink (mg/kg TS)	310,00		i.k.		i.k.				
Cu. Kobber (mg/kg TS)	99,00		i.k.		i.k.				
Cd. Cadmium (mg/kg total P)	i.k.		i.k.		i.k.				
Hg. Kviksølv (mg/kg total P)	i.k.		i.k.		i.k.				
Pb. Bly (mg/kg total P)	i.k.		i.k.		i.k.				
Ni. Nickel (mg/kg total P)	i.k.		i.k.		i.k.				

Råvaremængde anvendt i mile: 86,0 tons

Proces	Udført	1. vanding	2. vanding	3. vanding	4. vanding	5. vanding	6. vanding	7. vanding	8. vanding
Dato	14-10-2004								
Lokation	Kompostplads 1								

Milen er ikke afsluttet.

Temperaturforløb for: Mile 1004



Temperaturlogger	Position	Min °C	Gennemsnit °C	Max °C	Kommentar
3 14-10-2004 til 31-12-9999	h2v	20,1	67,2	78,4	
2 14-10-2004 til 31-12-9999	h2v	20,7	63,1	75,8	
1 14-10-2004 til 31-12-9999	h2v	14,9	39,9	56,5	
Temperaturlogger nr. 3 14-10-2004 til 31-12-9999					
Temperaturlogger nr. 1 14-10-2004 til 31-12-9999					
Temperaturlogger nr. 2 14-10-2004 til 31-12-9999					

Hygienisering	70°C	65°C	60°C	55°C	Kommentar
Målinger i minutter (timer)	0	0	0	11	

Øvrige bemærkninger

1.5 Driftsjournal for parti og produkt

Denne rapport viser:

- Hvilke miler der indgår i den parti eller produkt
- Analyser for hver mile der indgår
- Indhold af NPK og TOC/Glødetaf (hvis TOC-analyse ikke findes søges efter glødetaf)
- Indhold af tungmetaller
- Slutkoncentration
- Hvor det anvendes

Driftsjournal for Bio Kompost RAMBOLL

Miler i partiet:	Hygiejnisering			
	Timer > 70°C	Timer > 55°C		
▲ Bio Kompost	0	0		
▲ Parti juni 2004	0	0		
▲ Mile 180504 SL	0	273		
▲ Mile 1	29	245		
▲ Mile 220404	57	238		
▲ Mile 010604 SL	0	159		
▲ Mile 290404	129	490		
▲ Mile 060504	194	378		
▲ Mile 140604 SL	131	349		
▲ Mile 130504	170	448		
▲ Mile 210504	99	331		
▲ Mile 300604 SL	115	448		
▲ Mile 270504	266	432		
▲ Mile 040604	267	310		
▲ Mile 120704 SL	228	487		
▲ Mile 100604	339	454		
▲ Mile 180604	329	452		
▲ Mile 260704 SL	54	492		
▲ Mile 240604	283	519		
▲ Mile 020704	242	420		
▲ Mile 090804 SL	0	0		
▲ Mile 080704	282	605		
▲ Mile 150704	36	346		

Procesforløb	Lokalitet	Periode		Behandlingstid	
		Fra	Til	Timer > 70°C	Timer > 55°C
Kompostering				29	346
Afsløsing					
Ellermodning					

Målfremmede stoffer	Mængde			LAS		DEHP		NPE		PAH		
	Art	(ton)	(% TS)	(t TS)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)
Råkompost		2298		1046		0,000		0,813		0,208		1,410
Odense Biomasse		1023	19	189	0	0,000	4	0,813	1	0,208	1	0,108
Halm		117	81	95	0	0,000	0	0,000	0	0,000	0	0,006
Have-parksaffald		1159	66	762	0	0,000	0	0,000	0	0,000	2	1,296
Færdig kompost		1012	71	718	i.a.	-	1	0,509	i.a.	-	1	0,710
Ændringer i masse:		-56%		-31%		-		-37%		-		-50%

Næringsstoffer	Mængde			TOC (Total organisk kulstof)		Total N		Total P		Total K		
	Art	(ton)	(% TS)	(t TS)	(mg/kg TS)	(ton)	(mg/kg TS)	(ton)	(mg/kg TS)	(ton)	(mg/kg TS)	(ton)
Råkompost		2298		1046		220,09		19,04		4,39		0,11
Odense Biomasse		1023	19	189	247400	46,80	64000	12,11	16000	3,03	i.a.	-
Halm		117	81	95	445000	42,17	8000	0,76	680	0,06	1200	0,11
Have-parksaffald		1159	66	762	172000	131,12	8100	6,17	1700	1,30	i.a.	-
Færdig kompost		1012	71	718	i.a.	-	16000	11,48	5900	4,23	i.a.	-
Ændringer i masse:		-56%		-31%		-		-40%		-4%		-

Tungmetaller	Mængde			Cd. Cadmium		Hg. Kviksølv.		Pb. Bly.		Ni. Nikkel.		Cr. Chrom.		Zn. Zink.		Cu. Kobber.		
	Art	(ton)	(% TS)	(t TS)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)	(mg/kg TS)	(kg)
Råkompost		2298		1046		0,095		0,059		4,162		2,838		3,594		58,646		13,053
Odense Biomasse		1023	19	189	1	0,095	0	0,059	22	4,162	15	2,838	19	3,594	310	58,646	69	13,053
Halm		117	81	95	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-
Have-parksaffald		1159	66	762	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-	i.a.	-

Tungmetaller (P)	Cd. Cadmium	Hg. Kviksølv.	Pb. Bly.	Ni. Nikkel.
Art	mg/kg total P	mg/kg total P	mg/kg total P	mg/kg total P

Beregnet støbkoncentration i kompostens slamfraktion (beregnet ud fra %-reduktion)	LAS	DEHP	NPE	PAH
Råvare	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Odense Biomasse	100,000	2,693	1,100	0,287

Anvendelse	Jordbrug	Driftsmiddel	Ferblanding	Deponering	Andet
Dato for anvisning					
Anvist af					
Bemærkninger					

Øvrige bemærkninger

Driftsjournal for forsøgsmile

Driftsjournal for Mile 1506-05/06/MS forsøg



Råvare	Affaldsprodukter			
	Halm 2003	Sigterest parti 1 Halvår 2004	Biomasse NV Juni 2005	Have / Park 2 - 2005
Mængde (ton)	10,1	49,2	74,8	75,0
<i>Analyseresultater</i>				
Ph - Værdi (Ph)	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
TS (tørstof, total) (%)	85,80	65,60	18,20	77,50
Aske (glødest) (%) af TS)	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Total N (mg/kg TS)	i.a.	i.a.	52000,00	8300,00
Total P (mg/kg TS)	810,00	1800,00	30000,00	1400,00
TOC (Total organisk kulstof) (mg/kg TS)	i.a.	i.a.	275000,00	146000,00
S. Svovl. (mg/kg TS)	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
Mg. Magnesium. (mg/kg TS)	i.a.	i.a.	3200,00	i.a.
Ca. Calcium. (mg/kg TS)	i.a.	i.a.	i.a.	i.a.
K (vandopl.) (mg/kg TS)	i.a.	i.a.	1500,00	i.a.
Ammoniak+ammonium-N (mg/kg TS)	i.a.	i.a.	10000,00	i.a.
<i>Miljøfremmede</i>				
LAS. (mg/kg TS)	Mindre end 50,00	Mindre end 200,00	Mindre end 300,00	Mindre end 100,00
DEHP. (mg/kg TS)	Mindre end 0,10	0,47	28,00	i.a.
NPE (mg/kg TS)	Mindre end 1,00	Mindre end 0,84	16,00	Mindre end 0,20
PAH (mg/kg TS)	Mindre end 0,02	0,22	1,50	0,87
<i>Tungmetaller</i>				
Cd. Cadmium (mg/kg TS)	Mindre end 0,10	0,16	0,60	0,29
Hg. Kviksølv. (mg/kg TS)	0,02	0,02	0,88	0,10
Pb. Bly. (mg/kg TS)	Mindre end 3,00	9,70	42,00	20,00
Ni. Nikkel. (mg/kg TS)	Mindre end 1,00	4,60	20,00	7,00
Cr. Chrom. (mg/kg TS)	Mindre end 1,00	5,30	30,00	9,30
Zn. Zink. (mg/kg TS)	5,10	180,00	1800,00	120,00
Cu. Kobber. (mg/kg TS)	Mindre end 3,00	47,00	400,00	26,00
Cd. Cadmium (mg/kg total P)	Mindre end 200,00	87,00	20,00	200,00
Hg. Kviksølv. (mg/kg total P)	Mindre end 20,00	9,00	29,00	68,00
Pb. Bly. (mg/kg total P)	Mindre end 5000,00	5300,00	1400,00	14000,00
Ni. Nikkel. (mg/kg total P)	Mindre end 2000,00	2500,00	660,00	4900,00

Råvaremængde anvendt i mile: 209,1 tons

Proces	Udlagt	1. vending	2. vending	3. vending	4. vending	5. vending	6. vending	7. vending	8. vending	
Dato	15-06-2005	22-06-2005	29-06-2005	06-07-2005	13-07-2005	20-07-2005	27-07-2005	03-08-2005	10-08-2005	22-08-2005
Lokation	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	07/Kompostplads A7	Eftermodning 1

Prøvningsrapport for lugtanalyser

Prøvningsrapport

FORCE-Dantest CERT

Rambøll
Att.: Fr. Lone Clowes
Jernbanevej 65
Tarup
5210 Odense NV

Brøndby, 21. april 2005

Projekt nr.: 22.133
DANAK nr.: 250048 + 49
Ref.: AOX/LRI

Analyse af 12 prøver

FORCE Technology har foretaget lugtkoncentrationsmåling på 12 udtagne luftprøver. Luftprøverne blev udtaget af Rambøll, hos Odense Nord Miljøcenter, den 14. april 2005.

Prøverne blev testet dagen efter hos FORCE.

Lugtkoncentrationsbestemmelsen er foretaget i henhold til akkreditering nr. 51 fra DANAK.

Prøverne blev analyseret ved olfaktometri i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/1985 og FORCE metode LU-01-01. Referencer: Europæisk standard for lugtanalyse, EN 13.725, og Miljøstyrelsens metodeblad, MEL-13, om lugtanalyser.

Som supplement til lugtkoncentrationsbestemmelsen blev hydrocarbonindholdet, TOC, (angivet i mg C/m³) og indholdet af CO₂ (angivet i ppm) målt i prøverne ved photoakustisk infrarød spektroskopi (PAS) med Brüel & Kjær gasmonitor 1302. Resultaterne er ikke omfattet af akkreditering nr. 51.

Resultaterne fremgår af bilag 1 og er angivet både som LE/m³ (korrigeret med følsomhedsfaktor i henhold til vejledning nr. 4, 1985) og som OU_E/m³ (uden korrektion i henhold til EN 13.725).

Usikkerheden på lugtmålinger angives ved et 95% konfidensinterval omkring analyseresultatet. Beregningerne udføres på logaritmiske værdier på basis af laboratoriets sidste 20 analyser af referencestoffet n-butanol. Laboratoriets spredning fremgår af bilag 1.

For konfidensintervallet for én lugtmåling på analysedagen gælder, at forholdet mellem øvre intervalgrænse og analyseresultatet og mellem analyseresultatet og nedre intervalgrænse er ca. 1,5.

Med venlig hilsen
FORCE Technology

Arne Oxbøl
Projektansvarlig/Underskriftsberettiget

Karsten Boholt
Kvalitetskontrol/Underskriftsberettiget

Energi og Miljø. Emissionsreduktion

Energi og Miljø. Emissionsreduktion



FORCE Technology Norway AS
Claude Monets allé 5
1338 Sandvika, Norge
Tel. +47 64 00 35 00
Fax +47 64 00 35 01
e-mail info@forcetechnology.no
www.forcetechnology.no

FORCE Technology Sweden AB
Tallmätargatan 7
721 34 Västerås, Sverige
Tel. +46 (0)21 490 3000
Fax +46 (0)21 490 3001
e-mail info@forcetechnology.se
www.forcetechnology.se

FORCE Technology, Hovedkontor
Park Allé 345
2605 Brøndby, Danmark
Tel. +45 43 26 70 00
Fax +45 43 26 70 11
e-mail force@force.dk
www.force.dk

Prøvningsrapport

FORCE-Dantest CERT

Bilag 1 Resultater – journal 20050048

Rambøll	2005.04.14				Sagsnr. : 22133 DANAK nr. : 250048		
Pose nr. Sted Tidspunkt	Korrigeret lugtkoncentration LE/m ³ (20°C) C ₅₀	Lugtkoncentration OU _E /m ³ (20°C) C ₅₀	Lugtkarakter	CO ₂ ppm	Totalkulbrinter TOC , mg C/m ³	Fortyndingsfaktor Z	Vandindhold ufordyndet prøve %
37 1 lm 7u (f)	400	520	roer jord svampet mosevand støvet	5.900	8	1,0	2
155 2 lm 7u (f)	340	440	røget jord rådden	2.100	7,8	1,0	2
140 1 sm 7u (f)	1.100	1.400	rådden jordslået surt affald affald skrald kompost	5.300	120	1,0	2
141 2 sm 7u (f)	1.100	1.400	jord sur affald affald skrald kompost	9.400	200	1,0	2
160 1 lm 7u (u)	1.400	1.800	roer sur jord kompost affald	2.500	4,7	1,0	2
142 1 sm 7u (u)	1.800	2.300	jord kompost affald sødlig	4.400	27	1,0	2

Laboratoriets spredning : 0,080

Panelets følsomhed : 1,3

Bilag 2

Resultater – journal 20050049

Rambøll	2005.04.14				Sagsnr. : 22133 DANAK nr. : 250049		
Pose nr. Sted Tidspunkt	Korrigeret lugtkoncentration LE/m ³ (20°C) C ₅₀	Lugtkoncentration OU _E /m ³ (20°C) C ₅₀	Lugtkarakter	CO ₂ ppm	Totalkulbrinter TOC , mg C/m ³	Fortyndingsfaktor Z	Vandindhold ufortyndet prøve %
161 1 SM 7u E	310	440	våd jord jord vådt ler kompost	6.200	25	1,0	2
162 2 SM 7u (E)	410	570	jordslået kælder korn jord	2.600	9,9	1,0	2
159 1 LM 7u (E)	210	290	gamle kartofler jord muggent jordslået mosevand	4.800	4,7	1,0	2
157 2 LM 7u (E)	260	360	roer jordslået jordslået kartofler mug jord	3.600	4,2	1,0	2
153 2 SM 7u (U)	970	1400	kartofler jordslået kompost fugtig kælder rædden	8.400	76	1,0	2
158 2 LM 7u (U)	450	630	jordslået kompost muggent	2.000	3,7	1,0	2

Laboratoriets spredning : 0,080
 Panelets følsomhed : 1,4