

Kolon-prosjektet

Kompostering av slam og våtorganisk avfall

Forfatter : Cecilie Lind

2005-03



Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	3
2	Bakgrunn	5
3	Rammebetingelser	6
3.1	Nasjonale lover og forskrifter	6
3.2	EU-regelverk	7
3.3	Kommunale bestemmelser	7
4	Generelt om komposteringsprosessen og prosessbetingelser	8
5	Sammensetning av ulike typer organisk materiale	10
5.1	Avvannet svartvann/toalettavfall	10
5.2	Avvannet slam	11
5.3	Matavfall	12
6	Aktuelle komposteringsmetoder i Kolon-anlegg	13
6.1	Anlegg for enkelthus/hytter	13
6.2	Fellesanlegg	14
7	Beskrivelse av avløpssystemet ”Kaggen”,	18
8	Hygieniske risikofaktorer ved kompostering og bruk av kompostprodukter	21
8.1	Hjemmekompostering av matavfall	21
8.2	Hjemmekompostering av avvannet toalettavfall	22
8.3	Kompostering i fellesanlegg	23
8.4	Lavteknologiske behandlingsmetoder for hygienisering	24

9	Organiske miljøgifter, tungmetaller og andre forurensninger i kompost	25
10	Bruk av komposteringsmark	26
11	Referanser	27

1 Sammendrag

Formålet med delprosjektet var å utvikle en komposteringsprosess som sikrer at det organiske avfallet kan tilbakeføres i kretsløpet der det oppstår. Det ble fokusert på å utvikle en kompost som har en tilfredsstillende hygienisk og miljømessig kvalitet, samt teste ut metoder som øker komposterings- og nedbrytningshastigheten og reduserer eventuelle luktproblemer.

Diverse lover og forskrifter, EU-regelverk og kommunale bestemmelser regulerer både selve komposteringsprosessen og bruk av ferdig kompost. Forurensningsloven og gjødselverforskriften har størst betydning for kompostering i Kolon-anlegg. Hjemmekompostering er svært lite regulert.

Hovedutfordringene ved kompostering kan oppsummeres slik:

- C/N-forholdet er lavt i både matavfall og fekalier. Det mangler derfor ofte en karbonkilde for å få til en god komposteringsprosess. Strukturmaterialer som kvernet hageavfall, bark etc. kan fungere som karbonkilder.
- Fuktighetsinnholdet kan lett blir for høyt. God avvanning før komposteringen og god drenering under komposteringen er derfor av avgjørende betydning
- Materialet er ofte kompakt og tilgangen på oksygen kan bli for dårlig. God lufting og tilsetning av strukturmateriale eller oksygenrike komponenter er derfor viktig.
- Utvikling av sjenerende lukt kan være et problem, spesielt ved anaerobe forhold. For en mer detaljert beskrivelse av dette henvises det til delprosjektrapporten om lukt.

Utgangspunktet for Kolon-prosjektet var å finne metoder for felles håndtering av alt organisk avfall som oppstår i en husholdning. Det er derfor fokusert på behandlingsløsninger som komposterer matavfall sammen med avvannet toalettavfall og/eller slam.

I anlegg for enkelthus/hytter er det avvannet toalettavfall/svartvann og matavfall som skal komposteres. Ut fra de to fraksjonenes sammensetning er det en fordel om de kan komposteres sammen.

To aktuelle slamavskillingsmetoder for fellesanlegg er testet i Kolon-prosjektet. Den ene er bruk av avslammingsbassenger og den andre er filterbåndavskilling. Begge er velegnet for bruk av kjøkkenavfallskverner i hus/hytter tilknyttet anleggene. Etter slamavskillingen er det flere aktuelle behandlingsmetoder, hvorav reaktorkompostering er utprøvet i Kolon-prosjektet.

Det er liten eller ingen helsemessig eller miljømessig risiko forbundet med å bruke hjemmekompostert matavfall på egen eiendom dersom man følger enkle forhåndsregler vedrørende smittefarlig avfall og hvor komposten benyttes. Toalettavfall bør etterkomposteres for å sikre tilstrekkelig hygienisering før det spres. God hygiene under håndteringen av komposten er viktig. Kompost fra Kolon-anlegg representerer heller ikke noen miljørisiko mht organiske miljøgifter og tungmetaller.

Ved kompostering i reaktor er tilfredsstillende hygienisering uproblematisk forbi både temperatur og oppholdstid i reaktoren kan styres. Ved påfølgende ettermodning i 3-6 mnd før komposten tas i bruk er komposten fullt ut hygienisert.

Lavteknologiske metoder for hygienisering som behandling med urea og pereddiksyre synes å gi gode resultater.

2 Bakgrunn

Sentrale komposteringsanlegg krever lang transport av relativt små mengder avfall, spesielt i grisgrendte strøk. I tillegg opplever anleggene ofte at matavfallet er dårlig sortert og dermed vanskelig å omdanne til et godt sluttprodukt med positiv markedsverdi. Mange sentrale komposteringsanlegg medfører nærmiljøulempere for naboene. Dersom man ved bruk av enkel teknologi kan kompostere alt organisk avfall som oppstår i en husholdning slik at sluttproduktet kan disponeres på egen eiendom vil dette representere en ressursbesparende og miljøvennlig løsning spesielt egnet til bruk på hytter og i spredt bebyggelse. Lokal behandling i grisgrendte strøk vil derfor være utgjøre et viktig supplement til de sentrale anleggene.

Utgangspunktet for arbeidet med kompostering i Kolon-prosjektet er en løsning der den faste delen av avløpsvannet (i hovedsak fekalier og toalettpapir) avvannes og komposteres sammen med matavfall enten via kjøkkenkvern, toalettet eller ved direkte tilsetning i komposteringsbeholderen. Det er viktig å understreke at prosjektet har som formål å utvikle en teknisk optimal løsning som er miljømessig tilfredsstillende, snarere enn en miljømessig optimal løsning som er teknisk tilfredsstillende. Dette betyr for eksempel at hovedfokus ikke er på tilbakeføring av en størst mulig del av næringsstoffene til naturen, men at den ferdige komposten kan benyttes for eksempel i egen hage uten hygienisk og miljømessig risiko. I tillegg er det lagt vekt på å få frem det som finnes av ny kunnskap innenfor fagområdet fremfor å gjengi kjent materiale som er godt behandlet i andre prosjekter og fagrapporter.

Ved oppstart ble følgende formål for delprosjektet formulert:

Delprosjektet skal utvikle en komposteringsprosess som sikrer at det organiske avfallet kan tilbakeføres i kretsløpet der det oppstår. Delprosjektet vil derfor fokusere på å utvikle en kompost som har en tilfredsstillende hygienisk og miljømessig kvalitet, samt teste ut metoder som øker komposterings- og nedbrytningshastigheten og reduserer eventuelle luktproblemer.

På grunn av det viste seg vanskelig å få realisert en del av de planlagte pilotanleggene, er en større del av delprosjektet basert på litteraturstudier enn det som var forutsatt ved oppstarten.

3 Rammebetingelser

3.1 Nasjonale lover og forskrifter

Behandling av matavfall omfattes av en rekke bestemmelser i Forurensningsloven. Dette gjelder både generelle bestemmelser om forurensning og spesifikke bestemmelser om avfall og avfallshåndtering.

Bruk av kompostert matavfall og slam er i hovedsak regulert av Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav som trådte i kraft 29.07.03 (LD,MD og HD). Forskriften erstattet 4 andre forskrifter og sikret en samordning av regelverket vedrørende bruk av gjødselvarer. Forskriftens formål er å sikre tilfredsstillende kvalitet på produkter som omfattes av forskriften og forebygge forurensningsmessige, helsemessige og hygieniske ulemper ved tilvirkning, lagring og bruk av gjødselvarer. Forskriften har åtte kapitler hvorav seks inneholder spesifikke krav og bestemmelser. Under følger en kort oppsummering av innholdet i disse seks kapitlene :

- Bestemmelser som tilvirkning - setter krav om internkontrollsystem, prøvetaking og analysemetoder, avvik og toleranser
- Produktkvalitet - setter krav til at alle gjødselvarerprodukter skal tilfredsstillende kravene i forskriften. Videre er det satt krav til innholdet av tungmetaller, organiske miljøgifter og plantevernmidler, hygiene- og stabilitetskrav, krav til innhold av fremmedlegemer, spiredyktige frø og til slutt krav til råvarer, jordblandinger og kalkingsmidler.
- Registrering og rapportering - setter krav om registrering hos Mattilsynet samt definerer rapporteringsplikt og -omfang.
- Krav til merking, markedsføring og omsetning - setter krav til merking, varedeklarasjoner samt åpner for forbud mot omsetning av bestemte materialer eller varer som er markedsført med misvisende eller mangelfulle opplysninger.
- Krav til lagring - definerer krav til plassering av og utformingen av lagerbygg/lagerrom
- Krav til bruk - setter krav til gjødslingsplan ved bruk på landsbruksarealer, spredetidspunkt, definerer spesielle krav ved bruk av slamprodukter, setter krav til jordkvalitet ved bruk av de to

laveste kvalitetsklassene samt definerer hvilke bruksområder de ulike kvalitetsklassene kan benyttes til.

Bruk av kompost og slam fra fellesanlegg reguleres av Gjødselvareforskriften. Gjødselvareforskriften omfatter kun hjemmekompostering dersom den årlige produksjonen overstiger 1 tonn tørrstoff og kompostproduktet spres på arealer hvor det dyrkes vekster for omsetning.

”Forskrift om begrensning for bruk av gjødsel, jordforbedringsmidler, dyrkingsmedier mv som inneholder kompostert animalsk avfall eller foredlede animalske produkter” omfatter ikke matavfall fra husholdninger og storhusholdninger og legger dermed ikke begrensninger på bruken av kompost av denne typen matavfall.

3.2 EU-regelverk

ABP-forordningen setter krav til behandlingsprosesser for behandling av animalske biprodukter og til bruken av ferdig behandlet materiale. Forordningen er ikke implementert i Norge. Matavfall fra privat- og storhusholdninger (catering waste) vil i følge foreliggende forslag ikke omfattes av forordningen. Dette innebærer at kompostprodukter fra den typen anlegg som inngår i Kolon-prosjektet uansett ikke berøres av forordningen.

3.3 Kommunale bestemmelser

Det har vært gjengs praksis i hele landet gjennom mange år at kommunene fastsetter regler for hjemmekompostering i kommunale avfallsforskrifter. Det er imidlertid uklart om Forurensningslovens § 30 gir hjemmel for dette i og med at avfallet verken blir oppbevart, innsamlet eller transportert i kommunal regi. Dette innebærer i tilfelle at kommunen for eksempel ikke kan forby at bestemte typer organisk materiale tilføres komposten. Forurensningslovens formålsparagraf og generelle bestemmelser vil imidlertid kunne hjemle tiltak for å redusere bl.a. ”helseskade” og ”skade og ulempe” ved håndtering av avfall.

Forskrift om miljørettet helsevern omfatter hjemmekompostering og kommunelegene har rett og plikt til å uttale seg om kommunale avfallsplaner og avfallsforskrifter. Det anbefales derfor at bestemmelser om hjemmekompostering utformes av de kommunale forurensningsmyndighetene og kommunehelsetjenesten i felleskap.

Fellessanlegg omfattes av forskrift om miljørettet helsevern og kommunelegen kan sette krav til anlegget med hjemmel i denne forskriften.

4 Generelt om komposteringsprosessen og prosessbetingelser

Kompostering er en aerob prosess hvor det organiske materialet blir mineralisert eller omdannet til stabile humusstoffer ved hjelp av oksygenforbrukende mikroorganismer. I prosessen frigis det CO₂ og vann.

Temperaturen ved oppstart av komposteringen må være tilstrekkelig høy til at nedbrytningen kan starte, dvs. minimum rundt 5 °C. Under nedbrytningen vil temperaturen stige pga. den biologiske aktiviteten i kompostmassen. Ved 6–20 °C er det primært sopp og actinomyceter som er aktive, ved 21–45 °C er det mesofile bakterier og ved 46–71 °C er det termofile bakterier og Actinomysus termofilus som er aktive. Sistnevnte gir komposten en lukt av jord.

Komposteringsprosessen deles ofte opp i tre faser:

1. Lag-fasen. Her er temperaturen ennå relativ lav, opp til ca 45° C. Antallet mikroorganismer stiger fort samtidig som det skjer en selektering basert på de fysiske og kjemiske forholdene i kompostmassen.
2. Varmkomposteringsfasen. Fasen kjennetegnes av temperaturer over 45 °C. Ved slike temperaturer er det kun termofile mikroorganismer som er aktive. Det er bakteriene som er mest aktive i denne fasen. Mikroorganismene benytter lett nedbrytbare substanser som sukker og enkle karbohydrater som næringskilde.
3. Modningsfasen. Sopp og actinomyceter utvikler seg og nå utnyttes også cellulose, protein, fett m.m. Dette materialet er vanskeligere å bryte ned og varmeoverskuddet reduseres slik at temperaturen faller. pH nærmer seg nøytral. Til slutt dannes det stabile humussyrer. Dette skjer ofte først etter spredning i naturen. Prosessen gir den ferdige komposten en karakteristisk mørk farge og lukt av jord.

Den samlede volumreduksjonen gjennom alle tre fasene kan være på mellom 70 og 90 %.

Kontinuerlig tilgang på oksygen i alle tre fasene er avgjørende. Massen bør derfor ikke være for kompakt eller for våt. Prosessen har ideelle betingelser ved en fuktighetsprosent i kompostmassen på 50–60 %. Ved for høyt fuktighetsinnholdet vil den mikrobiologiske aktiviteten reduseres på

grunn av oksygenmangel. Ved for lav fuktighet vil den også reduseres, men da på grunn av begrenset væsketilgang.

C/N-forholdet skal ideelt sett være på mellom 25:1 og 30:1. C/N-forholdet i fekalier er på ca 7,5:1 og i matavfall ca 20:1. Dette innebærer at tilførsel av matavfall er en fordel ved kompostering av fekalier.

Hovedutfordringene ved kompostering kan på bakgrunn av dette oppsummeres slik:

- C/N-forholdet er lavt i både matavfall og fekalier. Det mangler derfor ofte en karbonkilde for å få til en god komposteringsprosess. Strukturmaterialer som kvernet hageavfall, bark etc. kan fungere som karbonkilder.
- Fuktighetsinnholdet kan lett blir for høyt. God avvanning før komposteringen og god drenering under komposteringen er derfor av avgjørende betydning
- Materialet er ofte kompakt og tilgangen på oksygen kan bli for dårlig. God lufting og tilsetning av strukturmateriale eller oksygenrike komponenter er derfor viktig.
- Utvikling av sjenerende lukt kan være et problem, spesielt ved anaerobe forhold. For en mer detaljert beskrivelse av dette henvises det til delprosjektrapporten om lukt.

5 Sammensetning av ulike typer organisk materiale

5.1 Avvannet svartvann/toalettavfall

Utgangspunktet for komposteringen av svartvann/toalettavfall i Kolon-prosjektet er en avvannet masse bestående av fekalier, urin og toalettpapir. Toalettavfallet kan være av to typer:

- fra enkelthus/hytter og avvannet i den såkalte Eide-avskilleren
- fra fellesanlegg og avvannet i en filterbåndavskiller av typen som utvikles hos Mjøs Metallvarefabrikk

For nærmere beskrivelse av anleggstypene, se kapittel 5 og delprosjektrapporten ”Anleggstyper testet i Kolon-prosjektet”.

Da det ikke foreligger eksakte mengdemålinger fra prosjektet må disse beregnes teoretisk. Det er imidlertid svært varierende tall i litteraturen for standard fekalie- og urinproduksjon for en person. I beregningene våre velger vi å benytte en årlig fekalieproduksjon på ca. 50-100 kg/person og en urinproduksjon på ca 400-500 kg/person pr. år. Det samlede tørrstoffinnhold anslås til ca. 14 kg. Toalettpapiret kommer i tillegg.

I rapporten ”Resirkulering av humanurin og toalettavløp til jordbruk - gjødselvirking, hygiene, medisinerester og andre miljøgifter” er følgende sjablonverdier for næringsinnholdet i urin og fekalier gjengitt :

Tabell 1 : Næringsinnhold i fekalier og urin /5/

	Nitrogen (g/pers og år)	Fosfor (g/pers og år)	Kalium (g/pers og år)
Urin	4000	365	1000
Fekalier	550	183	365
Samlet	4550	548	1365

Videre er resultatene fra analyser av næringsinnholdet i svartvann fra vannbesparende klosetter gjengitt i samme rapport.

Tabell 2 : Næringsinnhold i svartvann fra 3 studier i Norge og Sverige /5/

	Tot-N (g/kg TS)	Tot-P (g/kg TS)	K (g/kg TS)	Organisk materiale (g/kg TS)
Ås	217	23	40	421
Ringebu	150	29	41	670
Lund	141	22	43	783

Ved avvanningen vil en del av bl.a. næringsstoffene følge avløpsvannet. Dette innebærer at den avvannede massen trolig har noe lavere næringsinnhold enn standardverdier for fekalier/urin og for ubehandlet svartvann.

5.2 Avvannet slam

Avvannet slam i Kolon-prosjektet vil være av to typer :

- fra fellesanlegg og avvannet i en filterbåndavskiller av typen som utvikles hos Mjøs Metallvarefabrikk
- fra fellesanlegg og avvannet i fra avslammingsbassenger

For nærmere beskrivelse av anleggstypene, se kapittel 5 og delprosjektrapporten ”Anleggstyper testet i Kolon-prosjektet”.

Det vil sjelden være påslipp av avløpsvann fra næringsvirksomhet på et slikt anlegg. I og med at slammet tas ut først i anlegget, er det heller ikke fellingskemikalier etc i slammet. Dette har bl.a. konsekvenser for tilgjengeligheten av plantenæringsstoffene i slammet og innebærer at sammensetningen av slammet ikke er direkte sammenlignbart med slam fra kommunale renseanlegg.

I og med at det foreløpig ikke er bygget avslammingsbassenger som bare er tilført avløp fra enkelthus/hytter må vi benytte standardtall for vanlig, kommunalt slam. Rapporten ”Organisk avfall og slam anvendt i jordbruket” angir intervaller for noen av de mest sentrale parametrene:

Tabell 3 : Typiske resultater fra kjemiske analyser av slam /2/

	TS (%)	C/N- forhold	N (g/kg TS)	C (g/kg TS)	P (g/kg TS)	Organisk materiale (g/kg TS)
Slam	20 - 90	7 - 15	5 - 45	100 - 300	5 - 25	250 - 650

Avslammingsbassengene vil ligge i hvile en stund før slammet skrapes ut for kompostering. Dette gjør at tørrstoffprosenten øker noe før komposteringen. I tillegg inneholder slammet lettklinker noe som øker både porøsiteten og pH.

5.3 Matavfall

Utgangspunktet for Kolon-prosjektet var å finne metoder for felles håndtering av alt organisk avfall som oppstår i en husholdning. Det er derfor fokusert på behandlingsløsninger som komposterer matavfall sammen med avvannet toalettavfall og/eller slam. Dette kan gjøres ved bruk av kjøkkenavfallskverner eller ved at matavfallet tilsettes direkte i komposteringsbeholder/reaktor. I og med at anleggene er spesielt tiltenkt hytter og spredt bebyggelse er det hovedsakelig matavfall fra enkelthusholdninger som er aktuelt for kompostering. Det kan imidlertid være tilfeller der det pga geografiske forhold eller lignende kan være aktuelt å også kompostere matavfall fra storhusholdninger i fellesanlegg. Følgende matavfallsfraksjoner er etter dette aktuelle for kompostering:

- Matavfall fra enkelthus/hytte som behandles på stedet
- Matavfall fra enkelthus/hytter som tilføres fellesanlegg ved bruk av kjøkkenavfallskvern
- Matavfall fra storhusholdninger som samles inn og behandles sammen med slam eller avvannet toalettavfall i fellesanlegg

Matavfall fra husholdninger som samles inn på samme måte som for eksempel papir og restavfall er generelt preget av relativt høyt innhold av forurensninger og svært varierende sammensetning. Ved bruk av kjøkkenavfallskverner vil innholdet av forurensninger reduseres betraktelig. Dette antas også å gjelde når matavfallet behandles i anlegg for enkelthus/hytte. Matavfall fra storhusholdninger kan inneholde en del forurensninger.

I Norge produserer hver person ca 90 kg matavfall/år med et tørrstoffinnhold på ca. 30 kg. Tabellen under gir en oversikt over det gjennomsnittlige innholdet av næringsstoffer i ubehandlet matavfall fra husholdninger og i ferdig kompost.

Tabell 4 : Næringsinnhold etc. i ubehandlet matavfall og kompost /5/ /2/

	TS (%)	C/N-forhold	N (g/kg TS)	C (g/kg TS)	P (g/kg TS)	Organisk materiale (g/kg TS)
Matavfall	33,4	17	22,4	380	3,9	740
Kompost	30 - 80	10 -20	10 - 40	250 - 450	3 - 15	500 - 800

6 Aktuelle komposteringsmetoder i Kolon-anlegg

For en detaljert beskrivelse av anleggstypene som omtales, henvises det til delprosjektrapporten "Anleggstyper testet i Kolon-prosjektet".

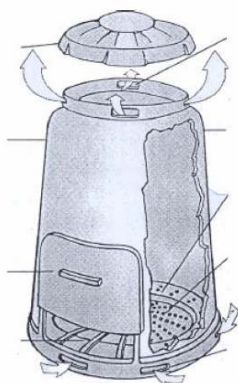
6.1 Anlegg for enkelthus/hytter

I anlegg for enkelthus/hytter er det avvannet toalettavfall/svartvann og eventuelt matavfall som skal komposteres. Ut fra de to fraksjonenes sammensetning er det en fordel om de kan komposteres sammen, fordi dette gir et bedre C/N-forhold enn ved separat kompostering av avvannet toalettavfall/ svartvann. I tillegg blir det færre anleggskomponenter og mindre å passe på for hus-/hytteeieren.

Den nåværende prototypen på Eide-avskilleren er ikke egnet til avskilling av kjøkkenavfall som har gått via kjøkkenavfallskvern. Dette ble testet på forsøksstasjonen på Rena under de innledende testene av avskilleren. Den videre produktutviklingen av Eide-avskilleren bør derfor også omfatte dette punktet. Før dette er på plass må altså matavfallet tilsette direkte i enheten for kompostering av matavfall eller komposteres separat (vanlig hjemmekompostering).

Ved bruk av Eideavskiller eller tilsvarende enhet vil det faste materialet falle ned i en oppsamlingsenhet mens avløpsvannet føres videre til rensing. Eide-avskilleren må være frostfri når den er i bruk og den må plasseres rett over oppsamlingsenheten. Det bør derfor legges opp til at også oppsamlingsenheten kan varmes opp - for eksempel med en varmekabel i bunnen - i det minste når anlegget er i bruk. Dette vil sikre at temperaturen blir høy nok til at komposteringsprosessen settes i gang. Oppsamlingsenheten må dreneres slik at alt overflødig væske ledes bort fra kompostmassen. Det anbefales også å benytte vannsparende toaletter for å begrense fuktighetsnivået. Videre bør enheten utformes med tanke på å skaffe best mulig tilgang på luft. Dette kan gjøres ved lufting av selve kammerne eller ved at oppsamlingen skjer i sekker som henger fritt i hvert kammer.

Vera Miljø utvikler nå et flerkammersystem for oppsamling av det faste materialet. Prinsippet kan sammenlignes med en "snurredass" og tillater lagring av det faste materialet i ett kammer mens et annet er i bruk. På grunn av at massen som samles opp i kammerne blir kompakt og at temperaturen etter all sannsynlighet er litt for lav for en optimal kompostering, vil det være en fordel å etterkompostere massen.



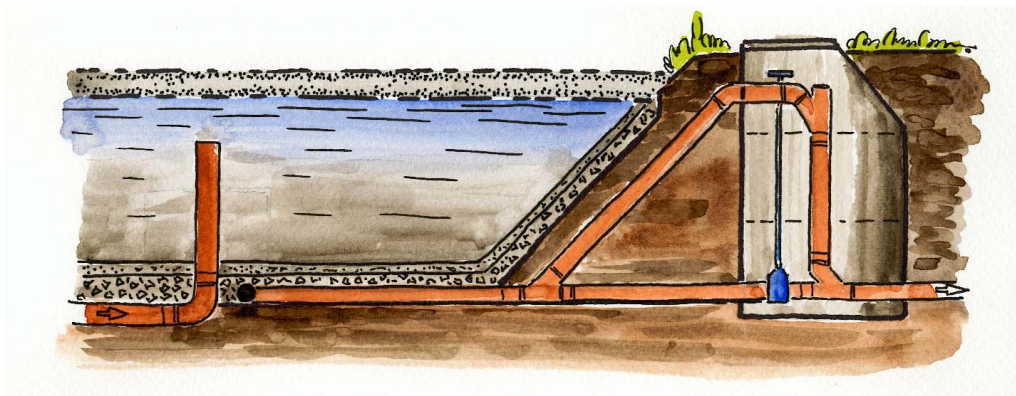
Dette kan gjøres i en komposteringsbeholder av typen som brukes for kompostering av matavfall. Ved omstikningen kan det med fordel tilsettes et strukturmateriale, for eksempel litt kvister/greiner, halm, bark eller lignende. Matavfallet komposteres i samme beholder. Prinsippskisse av en komposteringsbeholder er vist på figuren til venstre. Det finnes imidlertid en rekke aktuelle merker på markedet. Svanemerket har utviklet kvalitetskriterier for komposteringsbeholdere og 7 ulike beholdere er Svanemerket ihht. til disse.

6.2 Fellesanlegg

I Kolon-prosjektet er to aktuelle slamavskillingsmetoder for fellesanlegg testet. Den ene er bruk av avslammingsbassenger og den andre er filterbåndavskilling. Begge er velegnet for bruk av kjøkkenavfallskverner i hus/hytter tilknyttet anleggene. Etter slamavskillingen er det flere aktuelle behandlingsmetoder, hvorav reaktorkompostering er utprøvet i Kolon-prosjektet. Andre behandlingsmetoder er velkjente fra andre sammenhenger og godt beskrevet i litteraturen. Det gis derfor bare en kort sammenstilling av de viktigste momentene ved de ulike metodene i denne rapporten.

6.2.1 Avslammingsbassenger

Ved bruk av avslammingsbassenger får man et porøst slam med lettklinker. Slammet må etterkomposteres før det kan brukes videre. På grunn av at byggingen av et planlagt anlegg i Trysilfjellet Sør ble utsatt til sommeren 05, er det ikke bygget avslammingsbassenger i fullskala. Det er gjennomført pilotforsøk i renseseparken på Rena, men avløpsvannet der er ikke sammenlignbart med avløpsvannet fra et rent hyttefelt/husklynge. Vi har derfor ikke spesifikke tall for sammensetningen av denne typen slam. Det imidlertid grunn til å tro at slammet er velegnet for alle typer komposteringsprosesser.



Figur 1: Prinsippskisse av avslammingsbasseng med dykket kaskade

6.2.2 Filterbåndavskilling

Det er gjennomført forsøk med filterbåndavskilling ved Mjøse Metallvarefabrikk. Det er kun svartvann fra vakuumpoletter som er koblet til anlegget og prøver av slammet etter avskilling ga følgende resultater :

Tabell 5 : Innhold i avvannet svartvann fra filterbåndavskiller, i vanlig slam og i svartvann

	TS (%)	C/N-forhold	N (g/kg TS)	C (g/kg TS)	P (g/kg TS)	Organisk materiale (g/kg TS)
Filterbånd-avskiller	16,4	3,6	110	400	23	473
Vanlig slam*)	25 - 90	7 - 15	5 - 45	100 - 300	5 - 25	250 - 650
Svartvann **)	-	-	140 - 220	-	22-30	420 - 780

*) ubehandlet slam fra kommunale renseanlegg, se kap. 4.2 /2/

**) ubehandlet svartvann fra 3 ulike undersøkelser, se kap. 4.1 /5/

Vi ser at avvannet svartvann fra filterbåndavskilleren som forventet har en sammensetning som ligger nærmere ubehandlet svartvann enn vanlig ubehandlet slam fra kommunale renseanlegg. Næringsinnholdet er noe høyere enn i vanlig ubehandlet slam. Samtidig er tørrstoffinnholdet og C/N forholdet noe lavere.

Slam fra filterbåndavskilleren kan komposteres både i reaktor og ved de andre metodene beskrevet i kap. 7.2.3.

6.2.3 Komposteringsreaktor

I forbindelse med etablering av felles avløpsanlegg for hyttefelt etc. kan reaktorbehandling av slam være en aktuell metode. I samarbeid med Biosystemer Norge AS har Kolon-prosjektet testet en slik reaktor på Bjørkelangen RA i Aurskog-Høland kommune. Reaktoren er utviklet for kompostering av matavfall, men er også godt egnet for kompostering av slam som representerer en mer homogen masse enn matavfall.



Figur 2: Komposteringsreaktoren på Bjørkelangen RA

Reaktoren har tre kammer med omrøringsarmer i hvert kammer. Kompostmassen mates fra det ene kammeret til det neste når ny masse tilsettes i reaktoren.



Figur 3: De tre kammerne med omrøringsarmer og skrue som mater ut ferdig kompostert materiale

Gjennomsnittlig oppholdstid er 48-72 timer. Ved oppstart av prosessen tilsettes en bakteriekultur som bidrar til raskere omsetning av kompostmassen og dermed utvikles det høye temperaturer allerede innenfor de første 48 timene av prosessen. Reaktoren er i tillegg utstyrt med varmelementer som gjør at temperaturen kan heves ytterligere ved behov. Dette sikrer tilstrekkelig hygienisering av kompostmassen til at det ferdig produktet kan brukes fritt også ihht ABP-forordningen. Det kan imidlertid være behov for ytterligere stabilisering. Dette kan ivaretas ved lagring av den ferdige komposten i 3-6 mnd.

Det forventes at resultater fra pilotforsøk på Bjørkelangen vil foreligge i løpet av april 05. Pilotforsøket danner basis for prosjekteringen av et anlegg i Trysilfjellet Sør med byggestart sommeren 2005.

6.2.4 Andre behandlingsmetoder for avvannet slam

De mest aktuelle behandlingsmetodene for ferdig avvannet slam fra Kolon-anlegg er /2/ :

- Rankekompostering og kompostering på luftet plate - slammet legges i åpne ranker i friluft og komposteres. Ved luftet plate blåses det luft inn i rankene fra undersiden. For å sikre oksygentilgang og bedre C/N-forholdet er det vanlig å tilsette strukturmateriale og å vende av rankene. Slammet må komposteres i minimum 3 uker for tilfredsstillende hygienisering og stabilisering. Ettermodning er ofte nødvendig får å få et stabil produkt.

- Langtidslagring - slammet legges i ranker eller hauger og lagres i mist to år for tilfredsstillende hygienisering og stabilisering. Metoden er arealkrevende og representerer en betydelig risiko for luktproblemer. Slammet bør legges på et tett underlag. Det bør også overdekkes på steder med store nedbørsmengder.
- Kalkbehandling - tilsetning av ulesket kalk kan gi en temperaturøkning og en pH-økning som gir et hygienisert og stabilisert slam. Temperaturen bør være på over 55 grader i to timer etter kalktilsetningen og pH bør ligge på over 11.

7 Beskrivelse av avløpssystemet "Kaggen",

Miljøstyrelsens "Aktionsplan for fremme av økologisk byfornyelse og spildevannsrensing" har støttet et prosjekt i Storstrøms amt der man bl.a. har testet ut et avløpssystem for enkelthus som heter "Kaggen". Prosjektet gikk over 3 år; fra 1998 til 2001. Anlegget er fremdeles i drift og ble besøkt på en studietur i januar 2004. Beskrivelse under er basert på rapport /4/.



Figur 4: Kaggen og Hurtigkomposterer

"Kaggen" består av et lavtspylende toalett og tilhørende utendørs beholdere med innvendige sekker som samler fekalier og annet fast materiale. Overskuddsvannet renner gjennom sekkene og ledes i dette tilfellet til en nærliggende bekk. Det besøkte anlegget har to beholdere som er i bruk vekselvis. Sekkene rommer ca. 1200 l og fungerer i praksis både til avvanning og kompostering i og med at materialet hviler i sekken til beholderen på nytt skal tas i bruk. Da blir materialet flyttet over i en etterkomposteringsbeholder, i dette tilfellet av typen "Hurtigkomposterer". Beholderne som sekkene henger i er uisolerte og uten oppvarming og blir gravd ned i bakken med lokket i flukt med i bakkenivået. Dette innebærer at komposteringen foregår under lave temperaturer (<22 °C).



Figur 5: Utløpet fra avløpsrøret til oppsamlingsbeholderen i Kaggen

I testperioden ble huset der "Kaggen" var installert, bebodd av 4 voksne med meget høy hjemmefrekvens. I løpet av de første 13 månedene ble det samlet opp ca. 600 l avvannet materiale som så lå urørt i beholderen i ca ett år bortsett fra en enkelt tilsetning av en mindre mengde komposteringsmark. Etter ca ett år ble materialet flyttet over i "Hurtigkomposteren". Da var volumet redusert til ca 200 l. Etter ytterligere 10 måneder i "Hurtigkomposteren" var volumet nede i 75 liter. Den samlede volumreduksjonen var altså på hele 88 %.

Det ble tatt 6 prøver i løpet av komposteringsperioden. Analyseresultatene er gjengitt i tabell 1 og 2.

Tabell 7 : Fysisk/kjemiske parametere under oppsamling, etter kompostering og etter ettermodning.

Parameter	Enhed	Kaggen 1, T0 06-12-1999	Kaggen 1, T4 21-11-2000	Komp. beh., T5 20-09-2001
Samlet masse	kg	600	200	75
Væske	kg	491	157	58
TS	kg	109	43	17
OM*	kg	102	36	12
Kvælstof	g	2.940	1.240	465
Fosfor	g	900	600	278
Kalium	g	180	180	75
Kulstof	kg	51	18	6
Salte**	g	1.413	151	143

*OM er beregnet ud fra kulstof i henhold til Kalkoffen et al. (1995).Baseret på en liter = et kg

** Udregnet efter Kalkoffen (1995)

Laveste registrerte temperatur i komposteringsperioden var 3 °C og den høyeste 21,4 °C. I etterkomposteringperioden ble det ikke målt temperaturer.

Det ble også analysert på innholdet av utvalgte mikroorganismer. Resultatene er gjengitt i tabell 2.

Tabell 7: Innhold av ulike mikroorganismer i løpet av testperioden

Parameter	Enhed	Kaggen 06.12.99	Kaggen 01.03.00	Kaggen 08.06.00	Kaggen 01.09.01	Kaggen 21.11.00	Komp. enh 21.09.01
Kimtal 37° C.	1000 cfu/ g	21.000	7.200	3.800	24.000	29.000	7.700
Temot.col. bakt.	cfu/g	690.000	150.000	200	20	10	<10 (/100g)
Enterokokker	cfu/g	630.000	630.000	96.000	89.000	12.000	<100
Presumpt. <i>E. coli</i>	cfu/g	690.000	140.000	200	20	10	<10
<i>Salmonella</i>	C/25 g	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
<i>Campylobacter</i>	C/25 g	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.
<i>Cryptosporidium Parvum</i>	C/ 5-10 g	Få	Få	Få	Få	Få	i.m

i.p. = ikke påvist. I.m. = ikke målt.

Tabell 8: Prosentvis reduksjon av ulike mikroorganismer i løpet av testperioden

Parameter	Enhed	06.12.99 -1.03.00	01.03.00 -8.06.00	08.06.00 -01.09.01	01.09.01 -21.11.00	21.11.00 -21.09.01	06.12.99 -21.09.01
Kimtal 37° C.	%	65,7	47,2	- 531,6	- 20,8	73,4	63,3333
Temot.col.- bakt.	%	78,3	99,9	90,0	50,0	> 0	>99,998 6
Enterokokker	%	0,0	84,76	7,3	86,5	> 99,2	>99,9841
Presumpt. <i>E. coli</i>	%	79,7	99,9	90,0	50,0	> 0	>99,998 6

Vi ser at innholdet av de utvalgte mikroorganismene synker betraktelig etter omstikningen til etterkomposteringsbeholderen. Det er grunn til å anta at temperaturen har vært vesentlig høyere i denne perioden og at dette er en medvirkende årsak til den store reduksjonen. Tarmbakterier er heller ikke tilpasset betingelsene i en god kompostmasse og vil raskt bli utkonkurrert av andre mikroorganismer.

8 Hygieniske risikofaktorer ved kompostering og bruk av kompostprodukter

Ubehandlet organisk avfall kan inneholde alle typer smittestoffer; prioner, virus, bakterier, sopp og parasitter (ikter, bendelorm og rundorm). På bakgrunn av dette er det viktig at komposteringsprosessen gir en tilfredsstillende hygienisering av det organiske materialet.

Temperaturutviklingen under komposteringsprosessen er av avgjørende betydning for hygieniseringen. Normal oppnås hygienisering ved sammenhengende eksponering for høye temperaturer i hele kompostmassen over definerte tidsperioder.

8.1 Hjemmekompostering av matavfall

Ved hjemmekompostering av matavfall er det vanskelig å både måle og styre temperaturutviklingen. Dette innebærer at det har blitt stilt spørsmålsteget om komposten er tilstrekkelig hygienisert til at den kan brukes uten restriksjoner. Det oppstår imidlertid ikke smittestoffer i komposten ikke kommer fra matavfall som husholdningen allerede har vært i kontakt med. Dette innebærer at så sant avfall med smittefare ikke tilføres komposten så vil komposten være smittefri. Avfall med forhøyet risiko for smittefare er :

- Slakteavfall, spesielt fra rådyr og hare
- Ulovlig importert mat
- Strø fra katterkasser, gnagerbur og lignende

Denne typen avfall bør derfor ikke tilsettes komposten. Dersom dette likevel gjøres, bør komposten ikke benyttes i grønsaksbed for rot- og markvekster som spises rå (for eksempel jordbær og gulrøtter). Det er med andre ord ingen helsemessig eller miljømessig risiko forbundet med å bruke komposten i grønnsakshager, blomsterbed, plen etc, dersom forhåndsreglene over følges.

8.2 Hjemmekompostering av avvannet toalettavfall

Vi har lang praksis med enkelthusanlegg for toalettavfall i Norge, og det finnes et stort antall utedoer, biodoer, snurredasser etc. i bruk uten at dette normalt ansees som en hygienisk risiko. Ubehandlet avvannet toalettavfall inneholder imidlertid et stort antall smittestoffer og bør hygieniseres før komposten kan brukes uten risiko for smittespredning.

Håndtering av ikke-hygienisert materiale vil alltid være en risikofaktor i slike systemer. Det er derfor viktig at brukerne informeres grundig om dette og bl.a. er nøye med håndhygiene ved håndteringen av både ikke-kompostert materiale og selv komposten.

Anleggstypene som er beskrevet i denne rapporten innebærer at avvannet svartvann samles opp i et flerkammersystem. Fulle kamre settes til hvile inntil det igjen er behov for å ta kammeret i bruk. I hvileperioden forgår både tørking, lagring og anaerob kompostering i en integrert prosess. Alle disse prosessene bidrar til hygienisering av komposten. Tilfredsstillende hygienisering oppnås imidlertid normalt ikke i slike oppsamlingskammer, bl.a. fordi temperaturen er for lav. Luftet, termofil etterkompostering er derfor vanligvis en fordel. Ved tømning av oppsamlingskammerne vil det ofte være mulig å visuelt bedømme hvor godt kompostert massen er, slik at behovet for etterkompostering kan vurderes i hvert enkelt tilfelle.

I doktorarbeidet til Vinnerås ved SLU /1/ er det utviklet en modell for beregning av sikkerhetsmarginen ved ulike behandlingsmetoder for hygienisering av fekalier. Avhandlingen konkluderer med at velfungerende, termofil kompostering av fekalier, urin og matavfall gir en hygienisert kompost som kan brukes både som gjødsel og jordforbedringsmiddel med svært liten risiko for smittespredning. Følgende punkter er viktige for konklusjonen:

- Temperaturen faller merkbart mot ytterveggene i komposteringsbeholderen. Beholderen må derfor være godt isolert.
- Lufting av beholderen kan resultere i soner i komposten som ikke oppnår høy nok temperatur for tilfredsstillende kompostering. Komposten bør derfor omrøres med jevne mellomrom og luften som slippes inn varmes opp. Eventuelt må lettomsatt materiale som matavfall plasseres nærmest luftehullene.
- Det er en fordel med tilsetning av matavfall ved kompostering av fekalier/urin
- Det bør tilsettes et strukturmateriale til komposten, dette kan godt være ferdig kompost
- Redskaper etc. som benyttes til håndtering av ikke-hygienisert materiale representerer en risiko for rekontaminering av ferdig hygienisert kompost.

I det videre utviklingsarbeidet av flerkammersystemene bør muligheten for å integrere oppsamlingsenheten med komposteringsbeholderen vurderes nøye. Dette innebærer mulighet for isolering/oppvarming, drenering, omrøring og tilsetning av strukurmateriale eller andre komponenter direkte i flerkammersystemet.

En slik løsning vil redusere behovet for håndtering av komposten og dermed redusere den hygieniske risikoen ved systemet. Inntil videre er det ønskelig at det avvannede svartvannet samles i sekker (en i hvert kammer) som kan løftes ut og tømmes direkte i komposteringsbeholderen.

Dersom det er drikkevannsinteresser på/rundt eiendommen må dette hensyntas ved spredning av komposten.

Det anbefales ikke å bruke kompost av fekalier i grønnsakshager med mark- og rotvekster som skal spises rå.

8.3 Kompostering i fellesanlegg

Gjødselvereforskriften krever at ferdig kompost ikke skal inneholde salmonellabakterier eller ineffektive parasittegg og innholdet av termotolerante koliforme bakterier skal ikke overstige 2500 pr gram TS/7/. Dette kravet gjelder uavhengig av komposteringsmetoden.

Ved kompostering i reaktor er tilfredsstillende hygienisering uproblematisk forbi både temperatur og oppholdstid i reaktoren kan styres. Ved påfølgende ettermodning i 3-6 mnd før komposten tas i bruk er komposten fullt ut hygienisert.

Ved de andre aktuelle komposteringsmetodene omtalt i kap. 6.2.4 er det vanskeligere å oppnå tilfredsstillende hygienisering i og med at prosessbetingelsene kan være vanskelig å styre. De fleste behandlingsmetodene for slam er likevel dokumentert å redusere innholdet av bakterier til akseptable nivåer. Det antas også at innholdet av parasitter reduseres, men dette er dårligere dokumentert. De fleste rapporter - både norske, svenske og danske - som omhandler temaet påpeker behov for grundigere undersøkelser og sammenstilling av eksisterende dokumentasjon.

På bakgrunn av dette gis det ingen ytterligere anbefalinger her, men henvises til at de beskrevne metodene er i bruk ved en rekke slambehandlingsanlegg i dag, og antas med dette å minimum tilfredsstillende dagens regelverk.

8.4 Lavteknologiske behandlingsmetoder for hygienisering

8.4.1 Behandling med urea

Vinnerås har i sitt doktorarbeid /1/ sett på hygieniseringseffekten av tilsetning av urea til kompost. Når urea nedbrytes til ammoniakk og karbondioksyd ved hjelp av enzymet urease får den en antibiotisk effekt. Nedbrytningsprosessen foregår over tid og medfører at hygieniseringseffekten er forsinket i forhold til tilsetningstidspunktet.

Ved tilsetning av 30 g ureanitrogen til kompost av fekalier økte pH til 9,2. Følgende indikatororganismer ble undersøkt; enterokokker, TKB, klostridier, salmonella phage og en parasittmark. Undersøkelsen konkluderer med at tilsetning av urea med påfølgende 2 mnd lagringstid gir et ferdig hygienisert materiale.

I og med at ammoniakken ikke brytes ned under behandlingen, er det ikke risiko for rekontaminasjon eller gjenvekst etter behandlingen.

Tilsetningen medfører en økning i plantetilgjengelig nitrogen i komposten, noe som er en fordel ved bruk av komposten som gjødsel.

8.4.2 Behandling med pereddiksyre (PAA)

PAA består av en blanding av eddiksyre og hydrogenperoksid. Forbindelsen er dokumentert å ha en sterkere effekt på biologisk materiale enn komponentene har hver for seg og har blitt vurdert som et alternativ til kloring både av avløpsvann og overflater på sykehus og lignende.

Vinnerås har i sitt doktorarbeid /1/også sett på hygieniseringseffekten av tilsetning av PAA til kompost. PAA inaktiverer de undersøkte organismene i løpet av 12 timers behandling med en dosering på mellom 0,5 % og 1 %. Tørrstoffprosenten vil ha en vesentlig påvirkning på doseringsbehovet.

Risikoen for rekontaminering er til stede dersom ikke alle bakteriene inaktiveres ved tilsetningen, spesielt fordi eddiksyren som dannes kan bli brukt som næringsstoff av bakteriene. Det er derfor viktig at PAA tilsettes kort tid (2-3 dager) før komposten skal brukes som gjødsel eller jordforbedringsmiddel.

8.4.3 Andre metoder

Andre aktuelle metoder for hygienisering/reduksjon av smittefare er kalking, tørking og nedmolding/nedgraving. Kalking er omtalt tidligere i rapporten. Tørking er kanskje mest aktuelt u-land med høye utetemperaturer. Nedmolding/nedgraving sikrer at ikke-hygienisert kompost kommer i kontakt med mennesker og dyr og reduserer dermed eventuell smittefare.

9 Organiske miljøgifter, tungmetaller og andre forurensninger i kompost

Det vil generelt være lavere innhold av organiske miljøgifter, tungmetaller og andre forurensninger i kompost fra de anleggstypene som er beskrevet i denne rapporten enn i kompost fra slam fra konvensjonelle renseanlegg og store komposteringsanlegg. Når det gjelder kompostert slam begrunnes dette med at tilførselen av avløpsvann fra næringsvirksomhet som generer slike forurensninger normalt ikke vil være tilknyttet anlegg av denne typen. Det er da også dokumentert at kildesortert urin og fekalier har et mye lavere innhold av tungmetaller enn slam fra konvensjonelle renseanlegg. Det samme antas å gjelde for organiske miljøgifter, med det finnes ikke studier som kan bekrefte dette /2/.

Når det gjelder matavfall er det et kjent problem at kildesorteringen i husholdningene ofte er så dårlig at det påvirker kvaliteten på sluttproduktet i negativ retning. Dette gir seg for eksempel utslag i høyt innhold av plast, glass etc. i komposten. Ved kompostering av matavfall som har passert gjennom kjøkkenavfallskverner er dette problemet eliminert. Det antas også at de som velger et system som innebærer hjemmekompostering har en høyere terskel for feilsortering i og med at det er de selv må håndtere sluttproduktet.

Innholdet av organiske miljøgifter og tungmetaller i slam og kompost av matavfall er undersøkt i regi av SFT i 1997. Undersøkelsen konkluderte med at innholdet generelt er svært lavt og ikke til hinder for resirkulering av det våtorganiske avfallet. Nyere undersøkelser indikerer at innholdet i slam har sunket ytterligere og at innholdet i kompostert husholdningsavfall gjennomgående er lavere enn i slam.

På bakgrunn av dette konkluderes det med at kompost fra Kolon-anlegg ikke representerer noen miljørisiko mht organiske miljøgifter og tungmetaller. Komposten vil normalt også inneholde mindre fremmedpartikler som plast, glass etc.

10 Bruk av komposteringsmark

Kompostering med mark (vermikultur) er en velkjent metode verden rundt. I USA produseres det komposteringsmark til privatmarkedet i stor skala. Det finnes også produsenter i Sverige, England og en rekke andre land. Det foreligger imidlertid ikke mye vitenskaplig materiale om bruk av komposteringsmark. Informasjonen som finnes på internett er i stor grad rettet mot privatpersoner som hjemmekomposterer. Mye er utarbeidet av produsentene og inneholder svært lite faktaopplysninger. Det har derfor vist seg vanskelig å foreta et seriøst litteraturstudie av temaet.

Det er imidlertid åpenbart at bruk av komposteringmark har en positiv effekt på komposteringsprosessen. Dette er bl.a. påpekt i rapporten om Kaggen, der det ble tilsatt komposteringsmark ved omstikning av komposten.



Figur 6: Komposteringsmark i Kaggen Figur 7 : *Esenia Foetida*

Arten *Esenia Foetida* kalles også for kompostmeitemark og er den arten som best nyttiggjør seg kompostmateriale. Lengden er fra 6 til 12 cm, den er purpurrød-rødbrun med lyse partier mellom segmentene.

Arten lever oppe ved overflaten og er både pH- og fuktighetstolerant (tåler pH fra 4 til 7). Kompostmeitemark er sårbar for både høye temperaturer (over 30 °C) og lave temperaturer (under 10 °C). Ved optimale forhold øker bestanden fort i antall. Arten kan konsumere avfallsmengder tilsvarende sin egen kroppsvekt pr døgn. Marken bidrar til bedre oksygentilgang i kompostmassen ved at den øker porøsiteten når den "spiser seg gjennom" massen.

11 Referanser

1. "Possibilities for sustainable nutrient recycling by faecal separation with urine diversion". Doctoral thesis. Bjørn Vinnerås, Department of Agricultural Engineering. 2002.
2. Organisk avfall og slam anvendt i jordbruket. Egenskaper, kvalitet og potensial -holdninger blant bønder". NLIF og Planteforsk. 2004.
3. "Resirkulering av humanurin og toalettavløp til jordbruk - gjødselvirkning, hygiene, medisinerester og andre miljøgifter". Nordisk nettverkssamarbeid, 2003.
4. "Kompostering og etterkompostering av humane restprodukter inneholdt i avfandet "sort" spildevand". Miljøstyrelsen, 2003.
5. "Reduksjon av organiske miljøgifter og smittestoffer ved ulike behandlingsmetoder for organisk avfall i Norge". Aquateam, 2003.
6. "Fakta om biologisk avfallsbehandling -kompostering". Jordforsk, 2002.
7. "Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav". LD, MD, HD, 2003.