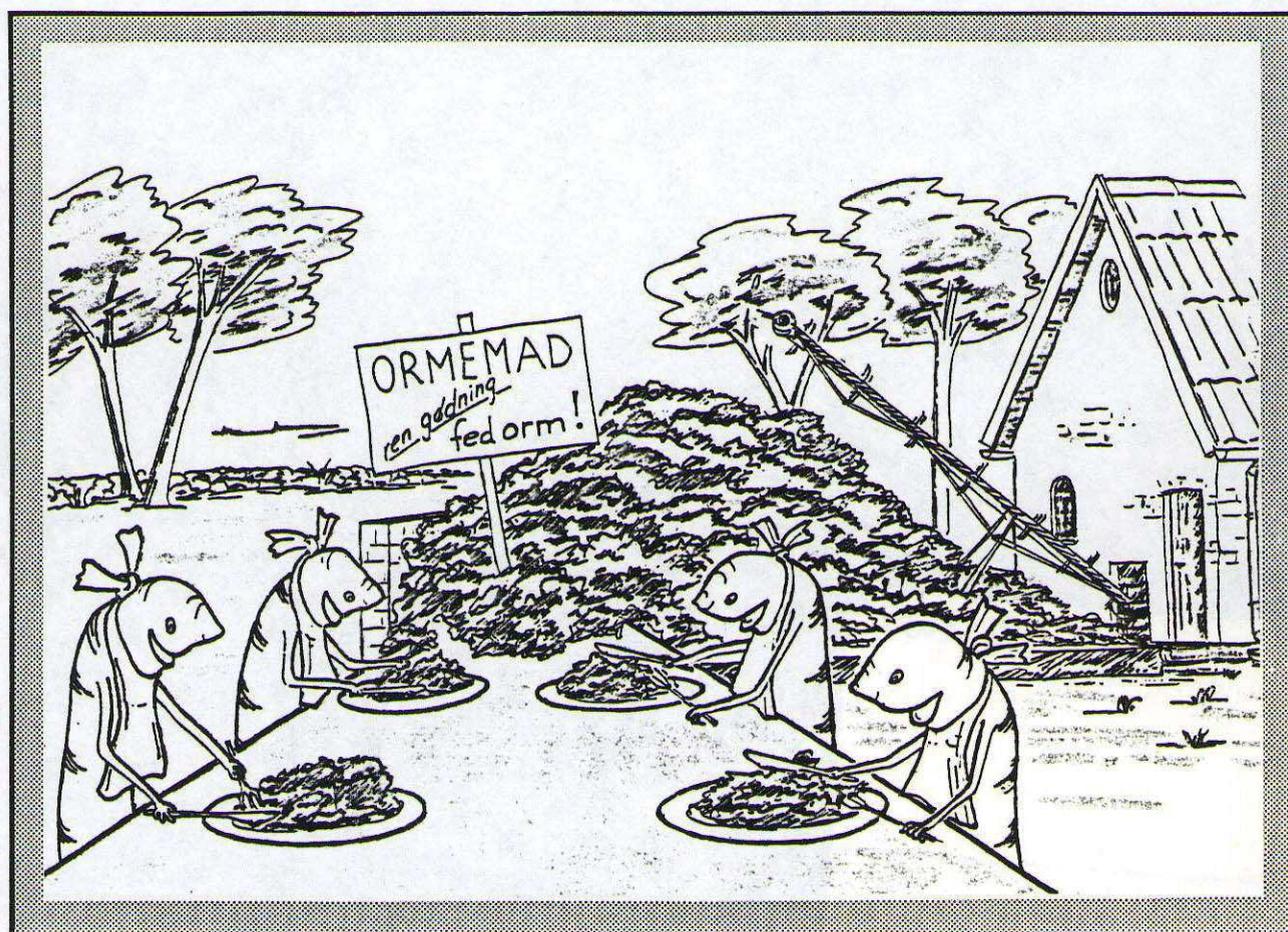


# Regnormekompostering

- Bioteknologisk og økonomisk vurdering



— Februar 1987 —

## FORORD.

Nærværende rapport er udarbejdet i et samarbejde mellem følgende virksomheder og institutioner:

Dansk Akvakultur Institut, ATV  
Agern Alle 11, 2970 Hørsholm  
tlf. (02) 572811  
Kontaktpersoner: Jens Ole Olesen og Herdis Palsdottir  
Kapitel 1, 2, 4, 5.3, 6, 10 og 11:

Crone & Koch  
Jernbanegade 22, 8800 Viborg  
tlf. (06) 611200.  
Kontaktperson: Lizzie Melby Jespersen.  
Kapitel 3, 5.1-5.2 og 8.1:

Statens Jordbrugsøkonomiske Institut  
Driftsøkonomisk afdeling  
Allegade 13, 1, 2000 Frederiksberg  
tlf. (01) 348822.  
Kontaktperson: Michael Parsby.  
Kapitel 7 og 9:

Energi og Miljø  
Uggeløse Bygade 64-66, 3540 Lyngø  
tlf. (02) 187623.  
Kontaktperson: Jan Mallan.  
Kapitel 8.2:

Rapporten er finansieret af Teknologistyrelsen og Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi. Miljøstyrelsen er sekretariat for Rådet. Det bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet, Miljøstyrelsen eller Teknologistyrelsen.

En styregruppe har gennem projektperioden afstukket retningslinier for rapportens faglige indhold og udformning. Styregruppens sammensætning har været som følger:

- Repræsentanter fra ovennævnte virksomheder og institutter.
- gendan A/S, Holbergsgade 26, 1057 Kbh.K, ved Torben Hansen.
- Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 Kbh.K, ved Claus Hagebro.
- Teknologistyrelsen, Tagensvej 135, 2200 Kbh.N, Jens Dinesen.

Alle spørgsmål vedr. rapporten bedes rettet direkte til de relevante kontaktpersoner.

MILJØSTYRELSEN  
BIBLIOTEKET  
STRANDGADE 29  
1401 KØBENHAVN K

## NDHOLDSFORTEGNELSE.

side

1. Indledning	1
2. Sammenfatning.	3
3. Regnormenes biologi og produktionsforhold.	8
3.1. Regnormenes biologi i relation til regnormekultur	8
3.2. Formål med anvendelse af regnorme til kompostering	10
3.3. Komposteringsbetingelserne	10
3.3.1. Krav til fysisk-kemiske forhold	12
3.3.2. Biologiske faktorer	13
3.4. Undersøgte arter	16
4. Kompostkarakteristika.	19
4.1. Indledning	19
4.2. Affaldstype	19
4.3. Kompostkvalitet	20
4.4. Kompostbehandling	25
4.5. Kompostdosering og afgrødetype	25
4.6. Vækstforsøg	25
4.7. Konklusion	27
5. Miljøeffekter.	29
5.1. Lugtproblemer	29
5.2. Regnormenes betydning for overførsel af sygdomme og parasitter	30
5.3. Landbrugets kvælstofbalance	36
6. Anvendelses- og markedsmuligheder.	38
6.1. Regnormekompost.	38
6.2. Regnorme.	40
6.3. Konklusion.	42

7. Definition af økonomisk model.	43
8. Landbrugsmodeller-opstilling af anlægs-og driftsparametre.	46
8.1. Lavteknologisk og mellemteknologisk model	46
8.1.1. Lavteknologisk model	56
8.1.2. Mellemteknologisk model	63
8.2. Industriel model	70
9. Økonomi.	90
9.1. Lavteknologisk model	92
9.2. Mellemteknologisk model	95
9.3. Industriel model	99
10. Konklusion.	104
11. Rekommendationer.	105
Appendiks 1.	107
Appendiks 2.	113
Appendiks 3.	118
Appendiks 4.	122
Appendiks 5.	129
Appendiks 6.	133
Appendiks 7.	137
Litteraturliste	138

## 1. INDLEDNING.

Gennem årtier har dansk landbrug, fiskeri og industri gennemgået en stigende grad af effektivisering og specialisering, hvilket har krævet forøget udnyttelse af naturressourcerne og stillet større krav til miljøet som recipient.

De senere års erkendelse af stigende miljømæssige belastninger har åbnet samfundets øjne for behovet for en bedre forvaltning af miljø og ressourcer.

Et af de områder, som har nydt stor opmærksomhed med henblik på bedre ressourceudnyttelse, er genanvendelse af organisk affald og biprodukter inden for husholdning, landbrug og industri.

Den største enkeltkilde til produktion af organisk affald, og samtidig emnet for denne rapport, er landbruget, som alene tegner sig for mere end halvdelen af den samlede danske organiske affaldsproduktion, i form af husdyrgødning.

Normal praksis for anvendelse af husdyrgødning har været helårlig udbringelse af gødningen som markgødning. En sådan praksis bevirker en dårlig udnyttelse af gødningsværdien, dels på grund af udbringningen i perioder uden markafgrøder og dels fordi der i områder med intensiv husdyrproduktion er en overproduktion af husdyrgødning i forhold til tilgrænsende markarealer.

Den traditionelle praksis er ikke længere anvendelig, da der fra myndighedernes side er foretaget reguleringer, som begrænser udbringning af husdyrgødning i vinterhalvåret samt etablering af markmøddinger uden tætsluttende underlag, hvilket vil medføre betydelige investeringer i opbevaringsfaciliteter for det enkelte landbrug.

Formålet med nærværende rapport er at foretage en vurdering af de biologiske, tekniske og økonomiske muligheder for integrering af en effektiviseret komposteringsproces ved hjælp af regnorme i landbrugsproduktionen.

I vurderingen betragtes anvendelsen af regnormekompostering såvel udfra samfundets økonomiske og miljømæssige interesser som ud fra det enkelte landbrugs produktionsmæssige og økonomiske interesser.

Tre forskellige størrelser af komposteringsanlæg indgår i vurderingen:

- Et lavteknologisk anlæg, 150 tons/år.
- Et mellemteknologisk anlæg, 600 tons/år
- Et industrielt anlæg, 13.000 tons/år.

Rapportens udarbejdelse er foretaget inden Miljøstyrelsens bekendtgørelse nr. 15, om gødning, ensilage m.v. forelå. Der er således ikke taget hensyn til de reguleringer der ligger i bekendtgørelsen.

## 2. SAMMENFATNING.

De seneste års erkendelse af voksende miljømæssige problemer har bevirket stigende krav til samfundet om bedre udnyttelse af naturressourcerne og forvaltning af miljøet. Som den største producent af organisk affald er landbruget et naturligt udgangspunkt i debatten. Formålet med nærværende rapport er at foretage en vurdering af de biologiske, tekniske og miljømæssige muligheder for integrering af regnormekompostering i landbrugsproduktionen.

I rapportens første hovedafsnit (kapitel 3) redegøres for en række forhold ved regnormes biologi og reproduktion, som er af betydning for deres anvendelighed til forskellige formål:

- reduktion og stabilisering af organisk affald
- produktion af kompost af høj kvalitet
- produktion af regnormebiomasse til foder m.v.

Der opstilles fysisk- kemiske samt biologiske kriterier for anvendeligheden af udvalgte arter til løsning af de opstillede formål.

I kapitel 4 beskrives en række karakteristika ved kompost generelt samt særlige kvaliteter ved regnormekompost (RK). I vurderingen af RK som jordforbedringsmiddel indgår parametre som jordbundstype, substrattype, kompostkvalitet, behandling af komposten, kompostdosering og afgrødetype. Værdien af RK som vækstmedium belyses gennem en række forsøgsresultater med følgende hovedkonklusioner:

- RK har stor vandbindingskapacitet.
- RK har signifikante væksthæmmende egenskaber, dog med nogen væksthæmmelse i de første uger. Til gengæld ses udprægede positive langtidseffekter.
- RK's positive effekt i startfasen nedsættes ved dampning og autoklavering (svag signifikans), muligvis pga. reduktion i mængden af mikroorganismer.
- Ved tilsætning af RK til handelsgødede vækstmedier opnås en signifikant forbedret vækst ved dosering på ca. 50 vol%. Det er muligt, at optimal RK-dosering vil ligge væsentlig under 50 vol% i ubehandlet RK, dvs. med fuld mikrobiel aktivitet, formentlig mellem 5 og 25 vol%.

Kapitel 5 omhandler positive og negative miljøeffekter ved introduktion af regnormekompostering. Blandt positive effekter regnes reduktion af lugtgener, som sædvanligvis er karakteristiske for organiske affaldsprodukter under lagring. Desuden forventes reduktion i tabet af kvælstof fra landbruget ved reduktion af gårdbidrag og markbidrag og ved en genopbygning af jordstrukturen ved anvendelse af kompost som gødningsmiddel. Særlige forholdsregler må træffes for at forhindre negative effekter ved spredning af plante- og dyrepatoogene organismer samt parasitter.

Anvendelses- og markedsmuligheder for RK og regnorme er gennemgået i kapitel 6 med særligt henblik på det danske marked, som spænder fra anvendelse i husholdning til integreret anvendelse i landbruget. De vurderede afsætningsmuligheder på kort sigt (1-2 år) er 500-2500 tons/år for de mindre anvendelsesområder og 0 for landbruget. På lang sigt (2-10 år) vurderes de samme områder til hhv. 2500-12.000 tons /år og 0.3-1.4 mio tons/år.

Priser på regnorme som sætteorme til komposteringsanlæg samt til specialformål varierer på kort sigt mellem 100 og 1500 kr/kg i detailledet. På længere sigt vil der kunne opbygges et marked for regnormebiomasse til priser på 1 - 2 kr/kg ab producent i konkurrence med andre proteinprodukter.

I kapitel 7 opstilles nogle system-modeller som redskab for en driftsøkonomisk analyse af 3 modelanlæg med kapacitet til hhv. 150, 600 og 10.000 tons fast gødning om året (jfr. kap. 8).

Hver system-model bygger på et antal forudsætninger vedr. anlægstype og -størrelse, råmateriale, for- og efterbehandling, produktion af regnorme og kompost samt anvendelse og salg af produkterne. Råmaterialet kan foreligge som fast gødning, som gylle med tilsætning af snittet halm eller som fiberfraktionen af gylle efter separering.

Ved det mindste anlæg forudsættes råmaterialet udelukkende at foreligge som fast gødning, mens det mellemteknologiske anlæg gennemregnes for både fast gødning og separeret gylle. Det største anlæg gennemregnes for alle 3 substrattyper.

I kapitel 8.1 foretages en gennemgang af 2 landbrugsmodeller med opstilling af anlægs- og driftsparametre. Modellerne er valgt, så kun den behandlede gødningsmængde ligger fast på hhv. 150 og 600 tons pr år, således at det er muligt at inkorporere større fleksibilitet mht. bedriftsstørrelse og arealanvendelse etc.

De 2 modeller adskiller sig desuden ved produktionsformens teknologiske udviklingsstade, idet der er opstillet en lavteknologisk model (150 tons/år), beregnet for mindre husdyrbrug med produktion af fast gødning og ajle og en mellemteknologisk model (600 tons/år) for større husdyrbrug med produktion af fast gødning og ajle eller gylle, der separeres i en fast og en flydende fraktion.

I kapitel 8.2 gives tilsvarende en gennemgang af et industrielt komposteringsanlæg med opstilling af anlægs- og driftsparametre. Det industrielle procesanlæg består af følgende enheder:

- modtagerplads
- forbehandlings- og blandingsanlæg
- forkomposteringkammer
- 5 klimakamre
- fabrik.

På modtagerpladsen modtages de organiske substrater, som efter forbehandling (halmsnitning, sortering) og blanding føres til forkomposteringkammer, hvor der sker en varmekompostering (hygiejniserende) af substratet. Klimakamrene kan opdeles i et klækings- og væstkammer, hvor der foregår en opvækst af regnorme- yngel, samt 4 produktionskamre, hvor størstedelen af substrat- omsætningen finder sted.

Efter komposteringen føres materialet til fabrikken, hvor der foregår efterbehandling og færdiggørelse til salg, omfattende grovsortering og finsortering, aflivning, tørring og emballering af regnorme til foder samt emballering og køling af levende regnorme.

På basis af de i kapitel 7 opstillede modeller samt de i kapitel 8 opstillede forudsætninger vedr. anlægs- og driftsparametre er det økonomiske resultat for modellerne beregnet i kapitel 9.

Resultatet er sammensat af 3 komponenter:

1. Omkostninger til råmateriale (fast gødning, gylle, halm).
2. Behandlingsomkostninger (for- og efterbehandling m.v.).
3. Indtægter ved salg af produkter.

Råmaterialet forudsættes indkøbt til en værdi svarende til en beregnet alternativ nytteværdi af næringsstofferne N,P og K. Halm forudsættes indkøbt til 350 kr/ton. Eventuelle transportomkostninger og sparede udvidelser af gødningslagre er ikke medregnet.

For de lav- og mellemteknologiske anlæg omfatter behandlingsomkostninger kun forbehandling og regnormekompostering, mens sortering og videre forarbejdning desuden er medtaget for det industrielle anlæg.

Salgsindtægter beregnes på grundlag af salgspriser på 0.50-1.00 kr/kg kompost. Afskrivningstiden for de enkelte anlægsdele fastlægges enkeltvis i de 2 mindste anlæg og under eet i det industrielle anlæg.

Beregningerne for det lavteknologiske anlæg viser, at anvendelse af kompostproduktet alene på ejendommens marker vil være forbundet med betydelige omkostninger (ca. 300 kr/ton kompost), som sandsynligvis ikke vil kunne dækkes ved større nytteværdi i marken i forhold til ubehandlet gødning.

Kompostering af overskudsgødning i områder med stor husdyrtæthed kan være en fordel med henblik på salg, ligesom ejendomme med utilstrækkelige lagerforhold vil kunne spare betydelige omkostninger til udvidelse ved kompostering.

Ved salg af komposten er det årlige resultat ca. 100 kr/ton ved en slagspris på 0.50 kr/kg kompost, eller ca. 15.000 kr/år i forhold til det første års investerings- og driftsomkostninger på ca. 65.000 kr. Med en salgspris på 1.00 kr/kg bliver det samlede årlige resultat ca. 60.000 kr.

Det mellemtknologiske anlæg stiller større investeringskrav, ialt ca. 585.000 kr, og driftsomkostninger udgør ca. 50.000 kr/år, svarende til en gennemsnitlig produktionspris på ca. 375 kr/ton.

Ved udbringning på egen jord bliver resultatet, som ved det mindste anlæg, negativt (ca. 300 kr/ton).

Ved salg bliver resultatet 94-175 kr/ton kompost, afhængigt af råmaterialepris og ved en salgspris på 0.50 kr/kg. Dette svarer til et samlet resultat på ca. 65.000 kr/år. Ved en salgspris på 1.00 kr/kg bliver resultatet ca. 265.000 kr/år.

Ved det industrielle anlæg afhænger råmaterialeomkostningerne i betydelig grad af råmaterialetypen. Laveste omkostninger opnås ved separeret svinegylle, ca. 0.5 mio.kr, mens fast gødning koster godt 1 mio.kr og gylle med snittet halm knap 1.5 mio. kr, alle tal er eksklusiv transportomkostninger.

Anlægs- og driftsomkostninger udgør poster på 1.6-2.4 mio.kr, afhængigt af anlæggets afskrivningstid og vedligeholdelsesomkostninger. Med de benyttede forudsætninger udgør komposten 90-95 % af de samlede indtægter.

Ved en salgspris på 500 kr/ton kompost bliver det samlede årlige resultat negativt, mens det ved en salgspris på 1000 kr/ton bliver 2.4-4.3 mio.kr.

### 3. REGNORMENES BIOLOGI OG PRODUKTIONSFORHOLD

#### 3.1 REGNORMENES BIOLOGI I RELATION TIL REGNORMEKULTUR

**Systematik:** Regnormene tilhører rækken Annelida, klassen Clitellata og ordenen Oligochaeta. De er hermafroditer, hvilket vil sige, at alle voksne orme producerer kokoner (ægkapsler) efter parring; nogle arter kan dog formere sig partenogenetisk (uden parring).

**Ernæring:** Regnormene indtager en meget vigtig plads i det økologiske kredsløb, idet de indenfor dyregruppen er hovedansvarlige for nedbrydningen af dødt organisk materiale. Deres føde består af organisk materiale af plante- og dyreoprindelse under nedbrydning samt af protozoer, hjuldyr, nematoder, svampe, alger og bakterier, der indtages sammen med det organiske materiale og mineraljorden (Andersen 1983).

**Udnyttelse af regnorme:** Ved kompostering med regnorme udnytter man deres evne til hurtigt at omsætte store mængder af inhomogent organisk materiale som f.eks. husdyrgødning, planteaffald, madaffald, slam m.m. til en ensartet stabiliseret kompost, der kan anvendes som voksemiddel, langsomtomsættelig gødningskilde eller jordforbedringsmiddel.

Samtidig kan tilvæksten i regnormebiomasse udnyttes som proteintilskudsfoder til husdyr, pelsdyr og fiskeopdræt, idet regnormene har et stort protein-indhold (ca. 12-15% af friskvægten svarende til ca. 60-65% på tørstofbasis) og en aminosyre-sammensætning af høj biologisk værdi (Schulz og Graff 1977), (Sabine 1981).

**Egnetheds-kriterier:** Der er i øjeblikket beskrevet ca. 2.000 forskellige arter i verden, men kun relativt få af disse arter vil være potentielt egnede til kultur i organisk materiale (Lofs-Holmin 1985).

Regnormene kan groft simplificeret opdeles i tre kategorier efter deres levevis:

- 1) Anecike arter: dybtgravende, ofte store arter, der søger føden på jordoverfladen og også afsætter ekskrementhobene her. Vækst- og reproduktionsraten er generelt lav.
- 2) Endogene arter: egentlig jordboende arter af variabel størrelse, der søger føden og afsætter ekskrementhobene i gange i den øverste del af

jorden. Reproduktionsraten er som regel lav, da de ikke er særligt udsatte for rovdyr.

- 3) Epigene arter: overfladisk levende, oftest mindre arter, der søger føde og afsætter ekskrementer lige under eller på jordoverfladen i sammenhobninger af organisk materiale. Vækst- og reproduktionsraten er høj, da de er efterstræbte af rovdyr og udsatte p.g.a. ugunstige klimapåvirkninger.

De anecike og endogene arter er jordbearbejdende arter, der har stor betydning for opretholdelsen af jordens frugtbarhed, idet de ved deres graveaktivitet dræner og belufter jorden, forbedrer strukturen, næringsstofftilgængeligheden og humusdannelsen samt stimulerer den mikrobielle aktivitet.

På grund af deres levevis og generelt lave vækst- og reproduktionsrate er de imidlertid ikke særligt velegnede til intensiv kompostering af organisk materiale. Mange arter indenfor disse to grupper ville ellers markedsomt være attraktive, dels fordi store regnorme er særligt efterspurgte til agn, og dels fordi de, p.g.a. deres jordbearbejdende aktivitet, kan anvendes til jordforbedring i ellers regnormefattige landbrugsjorde, grusgrave eller lignende eroderede områder. Enkelte arter "dyrkes" da også i mindre skala med disse formål for øje (Minnich 1977).

Til intensiv regnormekompostering, hvor der ønskes en hurtig omsætning af store mængder organisk materiale til kompost samt et stort udbytte af regnormebiomasse, er det arter fra den epigene gruppe, der kan komme på tale. Da arter indenfor denne gruppe generelt er mindre, er de imidlertid ikke så efterspurgte til agn, ligesom de ikke er jordbearbejdere, hvorfor de er uanvendelige til jordforbedring.

Valg af arter: Ved udvælgelse af regnormearter må man desuden tage hensyn til, hvilket formål man har med at anvende regnorme til kompostering samt hvilke betingelser, komposteringen skal foregå under.

### 3.2

#### FORMÅL MED ANVENDELSE AF REGNORME TIL KOMPOSTERING

Dette kan være et eller flere af følgende muligheder:

- at reducere og stabilisere organisk affald (f.eks. husholdningsaffald, staldgødning og slam) på en hurtig og billig måde for at undgå lugtgener og spare deponeringsplads.
- at producere en kompost af høj kvalitet (m.h.t. udseende, næringsstofftilgængelighed og jordforbedrende egenskaber).
- at producere regnorme til foder eller agn.

Uanset formålet bør der generelt vælges robuste arter med et bredt fødespektrum, idet substratet kan være af meget varierende sammensætning.

#### Hurtig

##### reduktion:

Er formålet udelukkende en hurtig stabilisering og reduktion af blandet organisk affald med henblik på deponering, må der desuden af den pågældende art kræves en høj tolerance overfor forekomster af tungmetaller og andre toksiske forbindelser.

#### Kompost-

##### produktion:

Hvis hensigten med anvendelse af regnorme er produktion af en kompost af høj kvalitet m.h.t. udseende og egenskaber, bør der lægges vægt på eskrementernes fysisk-kemiske egenskaber; f.eks. har forskellige arter ikke samme humusdannende evne (Mitchell et al. 1977).

#### Foder og agn:

Lægges hovedvægten på produktion af regnormebiomasse til foder eller agn, har ormenes størrelse, deres lugt og smag samt eventuelt indhold af skadelige stoffer betydning. F.eks. har den mest anvendte art til kompostering, Eisenia fetida (Brandorm) i rå tilstand en frastødende lugt og smag (Graff 1981), (Tacon et al. 1983), og i undersøgelser af underarten Eisenia fetida andreii er der fundet et enzym, som spalter vitaminet thiamin (vitamin B<sub>1</sub>), hvilket kan forårsage vitaminmangel ved fodring med denne i rå tilstand. Da det thiaminspaltende enzym imidlertid ikke tåler opvarmning, kan den anvendes efter varmebehandling (Rouelle et al. 1985).

### 3.3

#### KOMPOSTERINGSBETINGELSERNE

Man kan inddele de faktorer, som har betydning for regnormenes omsætnings- og tilvækstrate i henholdsvis de fysisk-kemiske og de biologiske faktorer.

Til de fysisk-kemiske faktorer hører:

- temperatur
- vandindhold
- iltindhold
- surhedsgrad (pH)
- ledningsevne og saltkoncentration
- ammoniakindhold (NH<sub>3</sub>)
- kulstof-/kvælstofforhold (C/N-forhold)
- substratsammensætning

Til de biologiske faktorer hører:

- predatorer (rovdyr)
- parasitter (snyltere) og patogener (sygdomsfremkaldende organismer)
- antagonist (organismer, der hæmmer regnormenes levevilkår)
- synergister (organismer, der forbedrer regnormenes levevilkår)
- populationstæthed - og sammensætning

Artsforskelle Forskellige arter har forskellig tolerance og optimum m.h.t. de fysisk-kemiske parametre i større eller mindre grad. Langt de vigtigste selektionskriterier er temperaturen og substratet, mens kravene til de øvrige fysisk-kemiske og biologiske parametre vil være af mere ens karakter (Edwards et al. 1985, Lofs-Holmin 1985).

Stammer  
(racer)

Indenfor samme art kan der desuden forekomme forskellige stammer (racer). (Graff 1981). Disse kan eventuelt, men ikke nødvendigvis skelnes fra hinanden morfologisk eller anatomisk, men de adskiller sig fysiologisk f.eks. ved forskellig vækst- og reproduktionsrate eller forskelligt optimum m.h.t. de fysisk-kemiske forhold. Sådanne arvelige forskelle kan være opstået som følge af selektion p.g.a. ændrede fysisk-kemiske betingelser - f.eks. ved lang tids "dyrkning" i kultur.

I forsøg er det således fundet, at den amerikanske stamme af Eisenia fetida, kaldet Tennessee Wiggler, som i mange år har været brugt til kompostering, vokser bedre end indsamlede europæiske eksemplarer af Eisenia fetida på organisk husholdningsaffald. Til gengæld bliver den mindre og producerer færre, men større kokoner på kvæggødning end den europæiske stamme. (Graff 1978).

Valg af art må i første række rette sig efter, hvilket materiale der ønskes komposteret, og hvilke temperaturbetingelser komposteringen skal foregå under, eller man kan regulere de forskellige parametre, så komposteringen kommer til at foregå under de for den valgte art mest optimale betingelser.

### 3.3.1 Krav til fysisk-kemiske forhold

Temperatur: M.h.t. temperaturen vil arter tilpasset forskellige klimabetingelser generelt have stigende tolerance og optimum samt vækst- og reproduktionsrate med stigende temperatur indtil en vis grænse i rækkefølgen tempererede, subtropiske og tropiske arter. Følsomheden overfor lave temperaturer vil stige i samme rækkefølge.

Regnorme tåler generelt ikke frost, men tempererede arter kan overleve ned til omkring frysepunktet, mens de fleste tropiske arter dør ved temperaturer under 10°C. Omvendt kan nogle tropiske arter tåle op til ca. 40°C, mens tempererede næppe overlever 30°C i længere tid (Edwards et al. 1985), (Lofs-Holmin 1985).

Vand- og iltindhold:

Arternes tilpasning til henholdsvis højt vandindhold og tørke er forskellig. Vandindhold på 50-90% er acceptabelt for de fleste arter, men de hidtil undersøgte arter vokser hurtigst ved vandindhold på 70-90% (Kaplan et al. 1980, Edwards et al. 1985). Højt vandindhold kan imidlertid let føre til anaerobe forhold i substrater med kompakt struktur, og regnorme tåler ikke anaerobitet, selv om nogle arter kan overleve ved lav iltspænding i længere tid (Edwards og Lofty 1977). Eisenia fetida, kræver et iltindhold over 15% og et CO<sub>2</sub>-indhold under 6% (Lofs-Holmin 1985), og foretrækker (dog afhængigt af materialets struktur) et vandindhold på 81-85% (Satchell 1981).

pH og salte: De fleste arter kan overleve i pH-intervallet 5-9, men trives bedst ved et neutralt pH (ca. 7). Forskellige arter har imidlertid forskellig følsomhed overfor pH-ændringer (Minnich 1977), (Kaplan et al. 1980a), (Kaplan et al. 1980b).

Substratets indhold af salte kan udtrykkes ved ledningsevnen og saltkoncentrationen, der ikke må overskride henholdsvis 5 mmhos (mS) og 0,5%. Perionyx excavatus (en tropisk art), tåler dog ikke over 0,22% i saltkoncentration (Hanumante og Nagabhushanam i Lofs-Holmin 1985).

Regnormenes følsomhed overfor ammonium-, jern-, aluminium- og kobbersalte er særlig høj, og disse salte tåles ikke i koncentrationer over 0,1% (Kaplan et al. 1980a).

Kation-polyelektrolytter, som er organiske makromolekyler, der anvendes til flokkulering af slam, er ligeledes toksiske i meget små koncentrationer (ca. 10 ppm) (Lofs-Holmin 1985).

NH<sub>3</sub> og urin: NH<sub>3</sub> og urin er selv i små koncentrationer stærkt giftige overfor regnorme. Den lethale grænse ligger ved ca. 8 mmhos (urin har en ledningsevne på ca. 15 mmhos), eller ca. 2-3 mg NH<sub>3</sub>/g substrat. Substratets indhold bør derfor ikke overstige en værdi på 0,5 mg NH<sub>3</sub>/g substrat (Edwards et al. 1985).

Substrat og C/N-forhold: Der er forskel mellem forskellige arter og stammers krav til substratets sammensætning og omsætningsgrad, C/N-forhold og partikelstørrelse samt iblanding af jord, og disse faktorer har derfor stor betydning for vækst- og reproduktionsraten og dermed for omsætningshastigheden. (Graff 1981), (Kale et al. 1982), (Hartenstein 1983), (Hartenstein og Amcico 1983).

Eisenia fetida vokser således bedst ved et C/N-forhold mellem 9 og 38 (Neuhauser et al. 1980), og trives ligesom Lumbricus rubellus godt i organisk materiale helt uden jordiblanding (Minnich 1977).

### 3.3.2 Biologiske faktorer

Predatorer (rovdyr):

Regnormene er i naturen p.g.a deres høje næringsværdi eftertragtede fødeemner for rovdyr indenfor dyregrupperne: pattedyr, fugle, krybdyr, padder, insekter, spindlere m.m. (Edwards og Lofty 1977). Ved regnormekompostering på friland er det indenfor de højerestående dyr især muldvarpe, rotter, ræve samt kragefugle og måger, der kan gøre skade. Blandt de laverestående dyr er tusindben og myrer blandt de værste fjender. Tusindbenene lever decideret af regnormene, mens myrerne hovedsageligt skader regnormene, fordi de effektivt konkurrerer om de letomsættelige sukker- og fedtforbindelser i det organiske affald, men de kan også forgribe sig på kokoner og små regnorme (Johnson 1979), (Shields 1982).

Parasitter og patogener:

Betydningen og udbredelsen af regnormenes parasitter (snyltere) og patogener (sygdomsfremkaldende organismer) er indtil videre dårligt undersøgt. Der kendes dog en del parasitter - hovedsagelig arter af mikroskopiske dyr, men også visse nematoder, insektlarver og mider, som snylter på regnormene eller deres kokoner. (Segun 1972), (Edwards og Lofty 1977), (Negrisolo og Casellato 1985).

I regnormekultur kan nematoden Rhabditis terricola, der ellers lever af bakterier og organisk materiale under nedbrydning, forårsage voldsomme tab. Forsøg med regnormearterne Eisenia fetida og Lumbricus rubellus har vist, at nematoden invaderer og formerer sig i kokonerne, hvorved antallet af udklækkede orm kan nedsættes med op til 97% (Taboga 1981).

Arter af såvel svampe, bakterier, virus og protozoer (encellede dyr) kan tænkes at forårsage sygdom hos regnorme, men indtil videre er der kun konstateret sikre beviser for, at bakteriearterne *Bacillus thuringiensis* og *Enterobacter aerogenes* er sygdomsfremkaldende, mens arter af *Spirochaeta*, *Clostridium*, *Pseudomonas* og *Alcaligenes* muligvis kan være det (Edwards og Lofty 1977), (Rao et al. 1983).

Generelt har snyltere og sygdomsfremkaldende organismer ikke været betragtet som noget alvorligt problem ved udnyttelse af regnorme til kompostering, men der er dog rapporteret om alvorlige sygdomsudbrud i USA og fornylig i Danmark, som har ført til, at regnormeavlere har måttet opgive deres produktion (Dumas 1981), (Samson 1986), (Markussen 1986).

Den sygdomsfremkaldende organisme i den danske regnormekultur er endnu ikke identificeret, men den er meget artsspecifik, idet kun Eisenia fetida angribes (Samson personlig meddelelse 1986).

**Antagonister:** Antagonister er organismer (f.eks. dyr, bakterier eller svampe), som hæmmer regnormenes levevilkår indirekte, enten ved at konkurrere om samme fødeemner eller ved at udskille kemiske forbindelser, som er giftige for regnormene.

I regnormekultur kan forskellige arter af mider og springhaler optræde i så store mængder, at de hæmmer regnormenes vækst og reproduktion, dels fordi de konsumerer meget af regnormenes føde, og dels fordi regnormene holder sig i de dybere lag af substratet og ikke vil søge føde i det sidst tilførte materiale på overfladen (Johnson 1979).

Betydningen af antagonisme fra bakterie-, svampe- og actinomyce-arter er dårligt belyst, men forsøg med forbehandling af lignocellulose substrat v.h.j.a. rådsvampen *Sporotrichum pulverulentum* tyder på, at denne svamp er meget giftig for Eisenia fetida. (Wei-chun Ma 1983).

**Synergister:** Synergister er organismer, der fremmer regnormenes levevilkår (f.eks. arter af enchytræer (små, ofte hvide orm), protozoer, bakterier, svampe og actinomyce-arter (strålesvampe). (Ruschmann 1953), (Mitchell et al. 1977), (Neuhauser et al. 1980).

Regnorme har en rig mikroflora i tarmen - hovedsagelig bestående af bakterier og actinomyceter (Andersen 1983), hvis aktivitet bidrager til nedbrydningen af de mere komplekse organiske forbindelser i føden (Barois et Lavelle 1985). Aktiviteten af anaerobe kvælstoffikserende bakterier er ligeledes forøget i tarmen, hvilket sandsynligvis er til fordel for værten (Citernesi et al. 1977), (Barois et al. 1985).

Det har desuden i forsøg vist sig, at enchytræer, bakterier og svampe kan reducere giftigheden af anaerobt afgasset spildevandsslam overfor Eisenia fetida (Mitchell et al. 1977).

Populationstæthed og -sammensætning:

Den største reproduktion og tilvækst i biomasse fås ved lav populationstæthed, mens den største substratomsætning opnåes ved højere populationstæthed og anvendelse af unge regnorme i vækst (Hartenstein et al. 1979), (Kretzschmar 1985).

Edwards et al. (1985) har i forsøg fundet, at den hurtigste tilvækst i total biomasse opnåes ved et forhold mellem regnorme og substrat på 1:50. Ved lavere populationstæthed ned til 1:600 øges kokonproduktionen og vægten af den enkelte regnorm, men tilvæksten i den totale biomasse bliver langsommere. Ved stigende populationstætheder vil reproduktionen gradvis aftage for til sidst at ophøre helt.

Anvendelse af flere forskellige arter i "sankultur" kan give en mere effektiv omsætning af substrat til regnormebiomasse. F.eks. har forsøg vist, at en blandet kultur af arterne Eudrilus eugeniae, Eisenia fetida og Dendrobaena veneta var mere effektiv til at omsætte svinegødning end en kultur, der kun indeholdt de to sidstnævnte arter (Neale 1984).

En mulig årsag til den større omsætningseffektivitet kan være, at den enkelte arts ekskrementer er giftige eller uudnyttelige for arten selv, mens dette ikke er tilfældet for andre arter. (Kaplan et al. 1980).

## UNDERSØGTE ARTER

Indtil videre er kun nogle få arter blevet undersøgt m.h.t. egnethed til regnormekompostering. Mange andre kan vise sig at være anvendelige, men i det følgende er der givet en kort beskrivelse af de hidtil afprøvede arter samt nogle data i tabelform om deres vækst- og reproduktionsrate under optimale betingelser, (hovedsagelig efter Lofs-Holmin 1985).

Eisenia fetida (Brandorm)(Lumbricidae). Arten kan opdeles i 2 underarter, Eisenia fetida fetida og Eisenia fetida andrei. Førstnævnte er rød- og gulstribet, mens sidstnævnte er rød, men ellers ligner de hinanden m.h.t. vækst og krav. Eisenia fetida er den bedst undersøgte og mest anvendte regnorm. Den er udbredt i hele verden og lever naturligt i møddinger, kompostbunker o.lign. og kan ikke overleve i mineralsk jord. Den er af medium størrelse - op til 10 cm lang og vejer udvokset op til 2,4 g. Fra huden kan der udskilles en ildelugtende gul væske. Den er robust og let at kultivere ved stuetemperatur og har højt vækst- og reproduktionspotentialt, og der klækkes normalt flere orme pr. kokon.

Under optimale betingelser er den gennemsnitlige kokonproduktion for Eisenia fetida ca. 2-4 kokoner/uge pr. voksent individ. Ikke alle kokoner klækkes, men af de, der klækkes, fremkommer der efter en inkubationstid på 2-3 uger gennemsnitligt 2-4 unge orme/kokon. Efter yderligere 5-7 uger er de udklækkede regnorme kønsmodne og i stand til at formere sig. Den maksimale kokonproduktion forekommer i alderen 9-11 uger, men er iøvrigt afhængig af populationstætheden. (Hartenstein et al. 1979).

Lumbricus  
rubellus:

(Skovregnorm) (Lumbricidae). Arten er rødviolet og almindeligt udbredt i det tempererede område på den nordlige halvkugle. Den har en fantastisk evne til at tilpasse sig de fleste omgivelser, idet den har god tolerance overfor pH- og temperaturændringer, ligesom den kan leve i kompost, under gødningshobe og i mineralsk jord. Lumbricus rubellus bliver sjældent over 10 cm lang og den kan veje op til ca. 2 g. Vækst- og reproduktionsraten er god, og den er efterspurgt som agn i USA.

Lumbricus  
terrestris:

(Stor orm) (Lumbricidae, anecik levevis). Arten er den største lumbricid i Nordeuropa, idet den kan blive op til 30 cm lang og veje 10 g. Den har en langsom vækst- og reproduktionsrate og er vanskelig at dyrke p.g.a. sin levevis. Lumbricus terrestris er p.g.a. sin størrelse meget eftertragtet som agn og anvendes ofte i fysiologiske forsøg.

Dendrobaena veneta:

(Lumbricidae). Arten ligner Eisenia fetida, men er ikke ildelugtende og bliver betydeligt større, ca. 15-20 cm, og den kan veje op til 4 g. Dendrobaena veneta er udbredt i Sydeuropa, og kan leve i substrater med langt lavere indhold af organisk stof end Eisenia fetida. Den er desuden ret hårdfør og vokser og formerer sig relativt hurtigt.

Eudrilus eugeniae:

(Eudrilidae). Arten er tropisk og kommer fra Vestafrika. Den tåler ikke temperaturer under 10°C og vokser bedst ved temperaturer over stuetemperatur. Eudrilus eugenia er en relativt stor orm, der kan veje op til 8 g. Vækst- og reproduktionsraten er meget høj, og den har et stort potentiale for nedbrydning af organisk affald. Ligesom hos Eisenia fetida klækkes der mere end én orm pr. kokon. Eudrilus eugenia dyrkes kommercielt til agn i USA.

Perionyx excavatus:

(Megascolecidae). Arten er tropisk og kommer fra Sydøstasien. Perionyx excavatus er en lille, livlig orm, der kan veje op til 1,5 g. Den har samme høje temperaturkrav som Eudrilus eugeniae, men levetiden er længere. Den har stor vækst- og reproduktionsrate og dyrkes nogle steder til dyrefoder.

Enkelte arter af Pheretima og Amyntas (Megascolecidae) er undersøgt. De hidtil undersøgte arter har imidlertid ikke været velegnede til regnormekompostering (Kaplan et al. 1980), men gruppen omfatter flere hundrede arter, hvoraf nogle bliver meget store, hvilket kan gøre kultur af dem attraktiv.

Data til sammenligning af undersøgte arter

I tabel 3.1 er samlet nogle biologiske data (maximalværdier) for de hidtil undersøgte arter til sammenligning af arterne indbyrdes.

Tabel 3.1: Biologiske data (maximalværdier for nogle regnormearter dyrket i husdyrgødning og slam (Lofs-Holmin 1985).

Art	Max.vægt (g)	Start på kokonprod. ved alder (dage)	Kokoner/orm/uge	Unger/kokon	Optimal temp. (°C)
<i>E. fetida</i>	2,4	30	6	1,6-3,8	20-25
<i>L. rubellus</i>	2	60	5	1	15-18
<i>L. terrestris</i>	10	100	0,7	1	15-18
<i>D. veneta</i>	4	40	5	1	20-25
<i>E. eugeniae</i>	8	30	11	1,2-2,7	25-28
<i>P. excavatus</i>	1,5	20	24	1	25-28
<i>P. hawayana</i>	2,5	40	10	1	25

## 4. KOMPOSTKARAKTERISTIKA.

### 4.1 INDLEDNING.

Hvad er værdien af regnormekompost i forhold til andre organiske gødnings- og jordforbedringssmidler? Det spørgsmål er essentielt for vurderingen af anvendeligheden af regnormekompostering som en integreret biologisk procesmulighed i landbrugsproduktionen. Meningerne om regnormekompost er stærkt delte fra begejstring til mistillid.

En væsentlig årsag til uenigheden er vurderingsgrundlaget, som er sammensat af en række forhold, som foruden jordbundstypen omfatter følgende parametre:

- affaldstype
- kompostkvalitet
- kompostbehandling
- kompostdosering
- afgrødetype

Værdien af regnormekompost kan følgelig angives som den direkte økonomiske effekt af komposten målt i forøget/formindsket afgrødeudbytte i en given landbrugsproduktion.

I appendiks 1 gives en oversigt over de krav og specifikationer der, fra myndighedernes side, stilles til regnormekompost.

### 4.2. AFFALDSTYPE.

Kvaliteten af organisk kompost er direkte afhængig af substratet (affaldstypen) for komposteringsprocessen, som kan variere fra f.eks. spildevandsslam med højt indhold af patogene organismer eller tungmetaller til "rene" organiske affaldsprodukter, som husdyrgødning og beslægtede produkter, som er emnerne for denne rapport. I tabel 4.1 er opstillet eksempler på fysisk-kemiske karakteristika af forskellige affaldstyper og blandinger heraf.

Ved blanding af forskellige substrater med ekstreme fysisk/kemiske karakteristika kan opnås et blandingssubstrat, tilpasset de for komposteringsprocessen optimale forhold (jfr. afsnit 3).

Affalds- type	Vand %	Org.stof	Org.C % tørstof	Aske	Tot.N	Tot.P	Tot.K	pH	C/N-forhold
A Korksavsmuld	9	93,2	-	6,5	0,69	-	-	5,3	78,4
B Bysplidevands- slam	97	47,3	-	40,0	3,93	-	-	6,0	6,9
A+B i forholdet 1:2	70	90,2	-	9,2	1,76	-	-	5,5	29,7
E Pressede oliven	8-10	85-90	-	6,5- 7,0	1,2- 1,5	0,2- 0,5	0,8- 1,0	-	30-35
<sup>1</sup> D Garverisplide- vandsslam	99,4	43,5	25,2	51,2	3,1	0,68	0,21	6,7	8,1
<sup>2</sup> E Fast byaffald	46,7	75,3	43,7	29,3	1,57	0,72	0,11	5,2	27,8
<sup>3</sup> D+E i forholdet 2:3	67,2	69,3	40,2	28,7	1,63	1,20	0,13	5,6	24,6
F Kvæggødning (på strø)	76-78	76-86	-	-	2,45 <sup>4</sup> (0,52)	0,82	1,42	5-6	-
G Svinegødning (på strø)	75	-	-	-	3,06 <sup>4</sup> (1,02)	1,62	1,48	5-6	-

Efter Vallini et al. 1984 og Landbrugsministeriet, 1984.

<sup>1</sup> Desuden følgende komponenter i mg/kg:

S<sup>2-</sup>(opløselig): 276,0 Cu: 61,4 Zn: 751,3 Pb: 354,0 Ni: 30,5 Cr: 25,4  
Cd: 2,5

<sup>2</sup> Desuden i mg/kg:

S<sup>2-</sup>(opløselig): 26,3 Cu: 188,7 Zn: 164,8 Pb: 18,6 Cr: 187,9 Cd: 3,0

<sup>3</sup> Desuden i mg/kg:

S<sup>2-</sup>(opløselig): 143,9 Cu: 147,9 Zn: 274,8 Pb: 295,0 Ni: 21,0 Cr: 146,6  
Cd: 5,0

<sup>4</sup> I parentes: NH<sub>4</sub>-N

Tabel 4.1 Fysisk/kemiske karakteristika af forskellige affaldstyper og blander heraf.

#### 4.3. KOMPOSTKVALITET.

Formålet med kompostering af organisk affald med eller uden anvendelse af regnorme, er bl.a. at stabilisere og omdanne affaldet til kompost af høj kvalitet med hensyn til næringsstofftilgængelighed og jordforbedrende egenskaber. De kemisk/biologiske processer, som foregår i et organisk substrat under aerob kompostering, er principielt de samme, hvad enten regnorme er til stede eller ej. Forskellen ved intensiv anvendelse af regnorme i komposteringsprocessen kan opgøres i følgende punkter:

- effektiv mekanisk bearbejdning og findeling af substratet, hvorved mikroorganismene får en større aktiv overflade til mineraliserings- og oxidationsprocesserne,
- forøgelse af ilttilgangen til substratet som følge af regnormenes gravearbejde.

Resultatet af disse aktiviteter er en væsentlig hurtigere omsætning af substratet til kompost.

Mikrobiel-/  
regnorme-  
kompost

Forsøg med direkte sammenligning mellem almindelig kompost og regnormekompost fra samme substrat, af effekten på afgrødeudbyttet har vist, at der kan opnås et signifikant merudbytte ved anvendelse af regnormekompost for visse grøntsagsafgrøder (appendiks 2, eksempel 3 og 4).

Under komposteringsprocessen foregår en lang række biologiske processer, som resulterer i en reduktion af indholdet af organisk stof og en relativ forøgelse af næringssaltindholdet (se tabel 4.3) samt en omdannelse (nitrifikation) af ammoniak til nitrat.

Kompostsam-  
mensætning

De fysisk/kemiske og mikrobiologiske rammeværdier for en god kompost er opstillet i tabel 4.2.

---

Fysisk/kemisk sammensætning

vandindhold	40 - 73 %	
pH	6,8 - 7,6	
organisk stof	35 - 60 % af tørstof	
aske	40 - 65 %	"
kvælstof , N	1 - 3 %	"
fosfor, P	2 - 4 %	"
kalium, K	1 - 3 %	"
calcium,	8 - 10 %	"
magnesium	1 - 3 %	"
jern	1 - 3 %	"
mangan	700 - 800 mg/kg	"
kobber	300 - 400 mg/kg	"
zink	800 - 900 mg/kg	"
cobolt	25 - 35 mg/kg	"

---

Tabel 4.2 (Ferruzzi, 1984)

Bakterieanalyse

Total kimtal c. 20 °C og 96 timer  $6 \times 10^7$  -  $8 \times 10^{12}$  pr.g

Patogene staphylococcer (aureus) ingen

Coliforme (E-coli) ingen

Salmonella ingen

Vandindholdet bør ikke falde under 35%, da dette vil reducere den mikrobielle aktivitet.

pH-værdier nær neutralpunktet er acceptabelt for alle afgrødetyper.

Organisk stof Indholdet af organisk stof i en god kompost er angivet til værdier mellem 35-60% af tørstofindholdet. Det er vanskeligt at angive optimumsværdier, da humificeringen og mineraliseringen af organisk stof under komposteringsprocessen vil reducere totalindholdet. Den øvre grænse på 60% organisk stof i kompost vil derimod over for de fleste affaldssubstrater indikere, at en kompostering har fundet sted, idet udgangskoncentrationen ofte (men ikke altid) er væsentlig højere (jfr. tabel 4.1).

#### Makronærings- saltene

N, P og K

N, P og K forøges sædvanligvis til relativt højere værdier i % af tørstof end i substratet på grund af mineraliseringsprocesserne under kompostering. Det er endvidere vigtigt, at indholdet af disse komponenter er i balance, da mangel på blot et af stofferne vil være væksthæmmende.

#### Mikronærings- stoffer

Mikronæringsstofferne er essentielle for plantevækst, da de udøver vigtige funktioner i plantecellernes metabolisme. Det er endvidere vigtigt, at stofferne er i balance for at opnå en normal udvikling af planterne. Efter kompostering af et godt blandingssubstrat vil mikroelementerne normalt være i balance med indholdet af makronæringsstoffer.

Til sammenligning med ovennævnte rammeværdier er i tabel 4.3 anført sammensætningen af de i tabel 4.1 opstillede affaldstyper efter kompostering (uden regnorme).

Af tabellen fremgår, hvorledes indholdet af organisk stof reduceres under komposteringsprocessen samtidig med, at N,P,K -værdierne forøges relativt (i % af tørstof). Dette bevirker en reduktion af C/N-forholdet til 15, hvilket er optimalt for planternes kvælstofassimilation. Det bemærkes endvidere, at pH-værdien stiger mod neutralpunktet, som er optimalt for de fleste vækster.

Kompost fra affaldstype	Vand %	Org.stof %	Org. C	Humus syrer	Aske % af tørstof	Tot-N	Tot-P	Tot-K	Humificeret org.stof %	pH	C/N-forhold
A + B	34	88.2	-	-	10.8	1.83	-	-	34.4	5.7	27.9
C	35-40	85-87	-	6.5-7.5	-	2.0-2.5	-	-	-	6.5-7.0	20-23
D + E, start	67.2	69.3	40.2	-	28.7	1.63	1.2	0.13	0.78	5.6	24.6
D + E, 15 dage	50.3	52.4	30.4	-	44.9	1.44	-	-	12.74	7.3	21.1
D + E, 30 dage	38.5	43.7	25.4	-	57.3	1.6	1.71	0.17	34.7	7.1	16.7
F kvæggødning	40-60	40-60	-	-	36-47	2.3	0.4	0.9	-	7.2	-

1) Heraf NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N = 0.15% og NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N:0

Efter Vallini et al. 1984 og British Earthworm Technology (pers. komm., 1985).

Tabel 4.3. Fysisk/kemiske karakteristika for kompost af forskellige affaldssubstrater.

#### Mikrofloraen

Mikrofloraen i komposten er af stor betydning for den fortsatte mineralisering af organisk stof med frigørelse af næringssalte. Regnormekomposteringsprocessen angives at medføre en berigelse af bakteriefloraen på 30-40 gange værdien i substratet (Ferruzzi, 1984). En forøgelse i denne størrelse er helt naturlig i betragtning af den stærkt forøgede substratoverflade, som fremkommer ved regnormenes mekaniske bearbejdning. Maksimalværdier som angivet i tabel 4.2 er imidlertid også opnåelige ved kompostering uden regnorme. Følgende måling er foretaget i kompost baseret på substrat A + D (tabel 4.1).

Total aerobe bakterier:  $9,9 \times 10^{13}$  celler/g tørstof.

En varmekomposteringsproces har endvidere en desinficerende effekt på indholdet af patogene bakterier. Følgende tal er fra substrat D + E (tabel 4.1) og kompost heraf.

Mikroorganisme	Substrat D+E (celler/g tørstof)	Kompost (celler/g tørstof)
Salmonella sp.	$1,7 \times 10^3$	0
Coliforme	$7,5 \times 10^5$	$2,8 \times 10^2$
Pat. Streptococcer	$3,1 \times 10^5$	$5,4 \times 10^2$

Forskellige andre funktioner tilskrives regnorme/mikroflora i forbindelse med en vurdering af deres rolle i dannelsen af et optimalt regnormekomposteret vækstmedium (Ferruzzi, 1984):

Udskillelse af antibiotiske komponenter, vitaminer, aminosyrer, nukleinsyrer og væksthormoner (auxiner) samt nitrogenfixerende aktivitet.

- Antibiotika Under vækstofforsøg med regnormekompost er det konstateret, at væksten af skimmelsvampe hæmmes ved tilstedeværelse af regnorme eller deres kompost. Der er dog ikke foretaget direkte påvisning af stofgrupper eller komponenter, som kunne forklare en sådan effekt.
- Væksthormoner I forsøg med majs som testplante på forskellige substrater kunne der konstateres 25% højere tørstofbiomasse i planter på jord tilsat 10% regnormehumus, dannet ved kompostering af ko- og hestegødning i forholdet 3:2, end på rå jord tilsat 10% af samme gødning med samme alder, men uden regnorme. Dette og andre indirekte påvirkninger lægges til grund for en formodning om tilstedeværelse og funktion af væksthormonlignende stoffer (Brandjes, P. 1983).
- Vitaminer  
nukleinsyrer  
og aminosyrer Disse stoffer er givetvis til stede som metaboliske produkter i en god kompost, men der eksisterer ingen direkte beviser for produktion af stofferne ved regnormes eller den afledte mikrofloras aktiviteter.
- Nitrogen  
fiksering Aktiviteterne af nitrogenfikserende mikroorganismer anføres som kilde til planternes nitrogentilskud på en regnormekompostgødet jord. Der findes ingen direkte målinger af sådan mikrobiel aktivitet. Det er dog den mest nærliggende forklaring, idet praktiserede tilsætninger af regnormekompost ikke alene ved sit indhold af total-N kan redegøre for den assimilerede N-mængde i afgrøderne.
- Som eksempel (Ferruzzi, 1984) kan nævnes et forsøg med dyrkning af hvede på 1 ha jord gødet med 1 tons regnormekompost, svarende til ca. 15 kg N på udbringningstidspunktet. Som kontrol anvendtes 1 ha med hvede gødet med 160 kg handels-N. Afgrøderne fra de to jorder var henholdsvis 6520 og 5280 kg hvede med totalkvælstofindhold på ca. 104 og 88 kg N. Opbygningen af kvælstof i testafgrøden er således 7 gange højere end den med regnormekomposten tilførte mængde. Hvor stor en del, der mobiliseres fra jordens N-lager på grund af forøget mikrobiel aktivitet, er uklart, da der i undersøgelsen ikke er udført blindforsøg.
- På den anden side, må det bemærkes, at N-opbygningen i afgrøden fra den handelsgødede jord er mindre end i den regnormekompostgødede jord på trods af en 10 gange højere N-tilførsel.

#### 4.4. KOMPOSTBEHANDLING.

Behandlingen af regnormekompost efter komposteringsprocessen er afgørende for kompostens effekt over for en testet afgrøde. Som nævnt tidligere er et vandindhold på 45-55% optimalt for den tilknyttede mikroflora, hvilket indebærer, at tørrings- eller varmebehandlingsprocesser, som bringer vandindholdet under denne værdi vil virke reducerende på mikrofloraens aktivitet og egentlige sterilisationsprocesser som f.eks. bestråling vil virke direkte ødelæggende med reduceret afgrødeudbytte til følge.

Årsagen til den negative effekt for afgrøden angives at være destruktion af tidligere omtalte væksthormoner, vitaminer etc. (Ferruzzi, 1984). Der foreligger dog ingen direkte dokumentation for dette synspunkt, og andre virkemåder kunne tænkes. Som det vil fremgå af afsnit 4.6, er der en sammenhæng mellem drastiske kompostbehandlingsmetoder og afgrødevækst, idet der i forsøg med varmebehandlet eller steriliseret kompost kan registreres en reduceret startvækst i planter gødet med ormekompost. Ved længere tids vækst ses ofte en udligning eller forbedring af væksten i forhold til kontrolgruppen (Brandjes, P., 1983).

#### 4.5. KOMPOSTDOSERING OG AFGRØDETYPE.

Eksisterende forsøgsdata viser, at forskellige afgrødetyper har meget forskellig følsomhed over for og gavn af regnormekompost, både hvad angår dosering og doseringstidspunkt.

Nogle afgrøder (f.eks. majs) og frugttræer kan med fordel dyrkes i jord med meget højt regnormekompostindhold, mens andre vækster, især blandt prydplanter er meget følsomme over for afsvidning ved tildeling af regnormekompost med højt næringsstofindhold. Der kan derfor ikke opstilles generelle retningslinier for doseringsmængder og -tidspunkter, men visse holdpunkter for grupper af planter kan opstilles, eksemplificeret i afsnit 4.6. Endvidere vil der ofte i forbindelse med salg af regnormekompost, baseret på forskellige substrater medfølge brugsvejledning i doseringprocedure.

#### 4.6. VÆKSTFORSØG.

Ovennævnte problemstillinger vedr. sammensætning, behandling og dosering af regnormekompost samt valg af afgrødetype belyses i dette afsnit ved en række eksempler på videnskabeligt gennemførte vækstofforsøg (Appendiks 2).

Resultaterne af forsøgene fra appendiks 2 kan sammenfattes i følgende konklusioner:

- Regnormekompost (RK) egner sig ikke som gødning til kvælstofkrævende planter på grund af en langsom frigivelse af organisk bundet kvælstof (eksempel 1).

Vedrørende eksempel 2,3 og 4:

- RK har stor vandbindingskapacitet.

- RK har signifikante væksthæmmende egenskaber, dog med nogen væksthæmmelse i de første uger. Til gengæld ses udpræget positive langtidseffekter.

- RK's positive effekt i startfasen nedsættes ved dampning og autoklavering (svag signifikans), muligvis pga. reduktion i mængden af mikroorganismer.

- Det er muligt, at optimal RK-dosering vil ligge væsentligt under 50 volumen % i ubehandlet RK med fuld mikrobiel aktivitet.

Ud over de gennemgåede eksempler eksisterer der, især fra Italien, en stor mængde forsøgs- og erfaringsdata, baseret på mere empiriske forsøg (uden blindforsøg) med en række landbrugs- og gartneriafgrøder.

Forsøgene kan dog give vigtige oplysninger om relative væksthæmmelse mellem afgrøder på handelsgødning, henholdsvis regnormekompost. Endvidere giver forsøgene mulighed for sammenligning af de tilsvarende økonomiske resultater ved anvendelse af de gødskningsprocedurer, som er grundlaget for forskellige afgrødeudbytter.

Dette betyder, at resultaterne kan sammenlignes uden hensyn til de anvendte kriterier for dosering af regnormekompost ved en kompostpris på 2 kr/l (3 kr/kg).

I tabel 4.4. er opstillet en række udvalgte resultater.

Af tabellen fremgår, at der i nogle tilfælde (f.eks. kartoffel og tomat) er god overensstemmelse mellem vækstmæssigt og økonomisk merudbytte, mens andre afgrøder (f.eks. majs og æble) kræver en forholdsvis større tilsætning af regnormekompost.

Afgrøde på mark	Høstudbytte		Økonomisk merudbytte %
	RK-gødning tons/ha	Handelsg. %	
agurk	150	120	23
bønner	10.2	7.8	31
hvede	6.52	5.28	23
jordbær (drivhus)	65	48	35
kartoffel	149	87	71
løg	52	43	21
majs	8.5	5.8	47
peber (drivhus)	60	45	33
pære	1.2	0.4	200
spinat	34	25	36
sukkerroe	52	44.6	17
tomat (drivhus)	150	110	36
æble	1.8	0.4	350
ærter	7.2	5.6	29

Tabel 4.4. Økonomiske og vækstmæssige effekter ved anvendelse af regnormekompost (Ferruzzi, 1984).

#### 4.7.

#### KONKLUSION.

På baggrund af ovenstående gennemgang af eksisterende erfaringer kan det konkluderes, at regnormekompost kan have en betydelig vækstfremmende effekt på en række forskellige afgrøder. RK virker primært ved en langtidseffekt på jordbundens struktur. Som gødningsmiddel har RK begrænset kvalitet, sammenlignet med alternative gødningsformer.

Størrelsen af den vækstfremmende effekt er afhængig af en række forhold omfattende:

- jordbundstype
- substrattype
- kompostkvalitet
- kompostbehandling
- kompostdosering
- afgrødetype

De foreliggende undersøgelser tyder på, at RK anvendes bedst som tilsætning til et grundsubstrat pga. det generelt høje nærings-saltindhold af især P og K i RK. Optimal dosering ligger formentlig, afhængigt af afgrødetype, mellem 5 og 25 % RK i grundsubstrat.

## 5. MILJØEFFEKTER

### 5.1 LUGTPROBLEMER

Organiske affaldsprodukter som f.eks. fast og flydende husdyrgødning, grøntsagsaffald, husholdningsaffald og spildevandsslam giver ofte anledning til væsentlige lugtproblemer for omgivelserne. Bl.a. af denne årsag er der derfor indført miljørestriktioner m.h.t. opbevaring, håndtering og/eller deponering af disse produkter.

#### Årsager til lugtgenerne

Lugtgenerne skyldes, at der ved mikrobiel nedbrydning under anaerobe eller iltfattige betingelser dannes uorganiske og organiske ildelugtende luftformige forbindelser, som kan lugtes i selv meget svage koncentrationer. De mest almindelige ildelugtende uorganiske forbindelser er svovlbrinte ( $H_2S$ ) og ammoniak ( $NH_3$ ), mens lugtgenerne fra organiske forbindelser overvejende stammer fra lavmolekylære flygtige forbindelser som methylmercaptaner, metylsulfider og aminer. Mange af disse forbindelser (f.eks.  $H_2S$ ,  $NH_3$  og metylsulfiderne) er tillige meget giftige for planter og dyr og må derfor ikke forefindes i større koncentrationer i substratet ved kompostering med regnorme (jfr. kap. 3.3.1), ligesom de er uacceptable i den færdige kompost.

#### Reduktion af lugtgener

Under aerobe betingelser er de mikrobielle nedbrydningsprodukter lugtfri og ugiftige. Kulstofforbindelserne nedbrydes således til kuldioxid ( $CO_2$ ) og vand, mens svovl- og kvælstofforbindelserne af specialiserede bakteriegrupper oxideres til nitrat ( $NO_3^-$ ) og sulfat ( $SO_4^{2-}$ ), som er essentielle plantenæringsstoffer.

Det er almindeligt kendt, at lugtgenerne fra gylle og spildevand kan reduceres ved beluftning, og kompostering har, under forudsætning af, at der opretholdes passende iltforhold, en lignende effekt. Ved mikrobiel kompostering kan der dog i begyndelsen af processen være en ret stor afdampning af ammoniak, p.g.a. de høje temperaturer, der opstår som følge af den kraftige mikrobielle aktivitet.  $NH_3$ -afdampningen og de dermed forbundne lugtgener kan imidlertid reduceres ved at forøge materialets C/N-forhold f.eks. ved tilsætning af snittet halm. (Gottschall 1984).

#### Regnormens effekt

Regnormene kan ikke overleve i frisk udrådnet slam, staldgødning eller lignende materialer p.g.a. de giftige forbindelser og det lave redoxpotentiale, der opstår som følge af de anaerobe forhold i disse materialer. (Edwards et al. 1984), (Hartenstein 1983).

Bliver sådanne materialer imidlertid tilført et eksisterende regnormebed i tynde lag, således at iltforholdene er tilstrækkelige, og eventuel overskydende  $\text{NH}_3$  damper af, kan regnormene accelerere den aerobe omsætning betydeligt, hvilket medfører, at der sker en hurtig og kraftig reduktion af lugtgenerne (Hartenstein og Hartenstein 1981), (Honor og Mitchell 1981).

Årsagerne hertil er dels, at regnormene ved deres graveaktivitet belufter substratet, og dels at materialet findeles ved passage af regnormenes tarm. Herved forbedres levevilkårene for de aerobe mikroorganismer, således at ildelugtende, giftige svovl- og kvælstofforbindelser oxideres til sulfat og nitrat.

## 5.2

### REGNORMENES BETYDNING FOR OVERFØRSEL AF SYGDOMME OG PARASITTER

I organiske affaldsprodukter (husdyrgødning, organisk husholdningsaffald, spildevandsslam, grøntsagsaffald m.m.) forekommer patogener (virus, bakterier og svampe) samt parasitter (nematoder, indvoldsorm m.m.), som kan forårsage sygdomme hos mennesker, dyr og planter.

#### Patogener og planteparasitter

Plante- og dyrepatogener samt de planteparasitære nematoder ("ål") er mere eller mindre værtsspecifikke. Flertallet er værtsafhængige, hvilket vil sige, at de ikke eller kun lejlighedsvis kan formere sig uden for værtsorganismen. I det omgivende miljø vil de derfor kun kunne overleve en vis tid, der dog kan variere meget, afhængigt af patogenets evne til at danne resistente overlevelsesstrukturer (hvilesporer el. lign.) samt af en række ydre faktorer: Omgivelsernes temperatur, fugtighed, pH, redoxpotentiale (= iltforhold), ultraviolet lys, mikrobielle antagonist m.m.

#### Zooparasitter

For zooparasitterne forholder det sig lidt anderledes, idet de generelt er meget værtsspecifikke, og da de med fæces udskilte æg eller larver kræver et fritlevende stadium i deres livscyklus, er de ofte tilpasset til at overleve uden for værtsorganismen i længere tid. Aktivisering af æg og larver til infektionsdygtige organismer indtræffer således først, når bestemte krav til temperatur, ilt, fugtighed, pH, lys m.m. er opfyldt. Nogle zooparasitter kræver herudover en anden dyreart som mellemvært, for at de kan inficere den oprindelige værtsart igen (f.eks. oksetintebændelorm, der har værtsskifte mellem kvæg og mennesker).

Regnorme og  
plantepato-  
gener

Regnormenes betydning for spredning af plantepatogene vira og bakterier, er så vidt vides ikke undersøgt, men flere undersøgelser har vist, at regnorme kan bidrage til spredning af plantepatogene svampe i jorden, idet sporerne fra mange svampe inklusive patogene arter kan passere igennem regnormenes tarm uden at skades. Dette er bl.a. påvist for *Tilletia controversa* (dværgstinkbrand hos hvede), (Hoffmann og Purdy 1964), *Verticillium dahliae* (karforrådnelse hos mange urte- og træagtige kulturplanter), (Ndubizo 1977) samt *Fusarium* og *Pythium* (slimskimmel, rodbland, kimskimme og tørråd hos mange landbrugs- og gartneriafgrøder), (Khambatta og Bhatt i Edwards og Lofty 1977).

Regnorme  
og plantepara-  
sitter

Regnormenes rolle i spredningen af plantepatogene svampe er således af passiv art, mens de kan have en direkte stimulerende effekt på nematoder. I undersøgelser over regnormenes indflydelse på kartoffelnematoden (*Heterodera rostociensis*) har det således vist sig, at der klækkes flere æg og udvikles flere levedygtige larver fra cyster, der har passeret igennem regnormenes tarm, eller ligget i jord, der er bearbejdet af regnorme, end fra cyster i jord uden regnorme. (Ellenby i Edwards og Lofty 1977).

Regnorme og  
zoopatogene  
virus og bak-  
terier

Regnormenes betydning for overførsel af bakterie- og virussygdomme hos dyr er dårligt kendt. Det er dog i forsøg konstateret, at mund- og klovsyge-virus kan spredes via regnorme (Dhennin et al. 1963). Til gengæld har andre forsøg vist, at regnorme kan have en reducerende effekt på patogene bakterier. Dette er bl.a. påvist for *Salmonella enteritidis typhimurium*, der kan forårsage alvorlige mave-tarminfektioner hos mennesker og dyr, og som er almindeligt forekommende i spildevandsslam og meget resistent, idet den kan overleve i jord i mere end 6 måneder. Passage gennem regnormenes tarmkanal medfører således en kraftig reduktion af *Salmonella*-bakteriernes overlevelsessevne p.g.a. regnormetarmfloraens antagonistiske indvirkning (Brown og Mitchell 1981). En lignende effekt er desuden påvist overfor *Serratia marcescens* og *Escherichia coli* (to bakteriearter, som kan forårsage mave-tarminfektion), (Brüsewitz; Day, i Brown og Mitchell 1981).

Regnorme og  
zooparasitter Mange parasitter på dyr overføres fra vært til vært via regnorme.

Reservoir-  
funktion

For nogle parasitter fungerer regnormene som et beskyttet reservoir indtil de kan nå deres egentlige værtsorganisme. Sådanne parasitter, der af regnormene indtages tillige med føden, formerer sig kraftigt i regnormenes kropshule og forbliver der, indtil regnormene bliver spist af fulge eller pattedyr eller dør på anden vis. Regnormene griber således ikke direkte ind i disse parasitters livscyklus, men bidrager til opformeringen. Flere nematodarter, f.eks. *Syngamus trachea* og *Cyathostoma bronchialis*, der parasiterer lungerne hos forskellige fuglearter, overføres på denne måde.

Mellemværts-  
funktion

Regnorme fungerer desuden som nødvendig mellemvært for en række bændelorm (Cestoder) og nematoder, som parasiterer fugle og pattedyr. I dette tilfælde udgør udviklingen i regnormene et nødvendigt stadie for at den pågældende parasit kan fuldende sin livscyklus og inficere hovedværtsorganismen igen. Dette gælder f.eks. for lungeorm hos svin. (*Metastrongylus* sp.)

I tabel 5.1 er angivet en oversigt over zooparasitter, som vides at have regnormearter, der er relevante for regnormekultur, som reservoir eller mellemværter.

Tabel 5.1: Parasitter, som spredes med regnormearter, der er relevante for regnormekultur. (efter Edwards og Lofty 1977).

Parasit	Regnormeart (mellemvært/ reservoir)	Hovedvært
Protozoa: ----- (encellede dyr) Histomonas sp.	-	Høns, kalkuner
Cestoda: ----- (bændelorm) Amoebotaenia cumeatus	{ Eisenia fetida Lumbricus terrestris }	Høns
Dilepus undula	Lumbricus terrestris	Fugle og gnavere
Nematoda: ----- (rundorm) Metastrongylus sp.	{ Eisenia fetida Lumbricus terrestris Lumbricus rubellus Dendrobaena veneta }	Svin (lunger)
Capillaria annulata	Eisenia fetida	Høns (tarm)
Capillaria causin- flata	{ Eisenia fetida Lumbricus terrestris }	Høns
Capillaria plica Capillaria mucronata Thominx aerophilus	{ Lumbricus terrestris Lumbricus rubellus }	Mindre rovdyr (urinblære)
Syngamus trachea Cyathostoma bron- chialis	{ Eisenia fetida Lumbricus terrestris }	Høns og andre fugle (lunger)
Diectophyma sp.	-	Pattedyr (nyrer)
Spiroptera turdi	Lumbricus terrestris	Fugle (mave)
Stephanurus sp.	Eisenia fetida	Svin (nyrer)

### Passiv spredning

Regnormene kan herudover have betydning som passive smittespredere. Parasitæg eller -larver, der af regnormene indtages med føden, skades ikke ved passage gennem tarmkanalen, og de kan derfor som følge af regnormenes graveaktivitet spredes over et større område, hvilket øger smitterisikoen for husdyr og fugle. Dette er f.eks. påvist for spolorm (*Ascaris suum*) hos svin (Bejsovec i Edwards og Lofty 1977), oksetintebændelorm (*Taenia saginata*) hos kvæg (Lonc 1979) og løbeorm (*Ostertagia ostertagi*) hos kvæg (Grønvold 1979).

### Smittespredning i praksis

Det er vanskeligt ud fra de ovenfor refererede forsøgsresultater at vurdere, hvor stor en risiko der er for spredning af plante- og dyrepato gener samt parasitter ved regnormekompostering i praksis. Risikoen er formentlig næppe stor, så længe regnormekompostering foregår i mindre målestok lokalt, men den kan reduceres yderligere eller eventuelt helt elimineres, hvis der iagttages passende forholdsregler m.h.t. selve komposteringen og/eller anvendelsen af produkterne, regnorme og kompost.

Der kan således anføres følgende muligheder for forebyggelse mod smittespredning via regnorme og kompost:

### Smitteforebyggelse

#### Vedr. kompostproduktionen:

- Anvendelse af smittefri regnormepopulation.
- Anvendelse af substrat, der har lagret i længere tid, således at antallet af overlevende patogener og parasitter er reduceret.
- Mikrobiel thermophil forkompostering af substratet, så alt materiale har været opvarmet til ca. 60°C i så lang tid, at smittekimene er dræbt.
- Sterilisering af regnormekompost ved efterfølgende varme- eller strålebehandling.

#### Vedr. anvendelse af produkterne:

- Komposten anvendes ikke til planter, hvortil der kan overføres plantepatogener eller -parasitter fra det oprindelige substratmateriale.
- Komposten anvendes ikke til foderafgrøder eller grøntsager, hvor der er risiko for overførsel af zoopatogener eller zoo-parasitter til mennesker eller husdyr.

- Regnormene anvendes ikke uforarbejdede som foder til husdyrarter, hvortil der kan overføres patogener eller parasitter fra det oprindelige substratmateriale.
- Regnormene steriliseres eller konserveres før opfodring.

Myndighedernes krav

Der foreligger i øjeblikket ingen veterinære krav m.h.t. produktion og anvendelse af kompost og regnorme (jfr. App. 1: Regnormekompost - krav og specifikationer), men der er udformet restriktioner m.h.t. anvendelsen af nogle af de råmaterialer, der kan indgå i substratet.

I EF-regi er der således udformet en række foreløbige veterinære "minimumsretningslinier" for at sikre en hygiejnisk forsvarlig gyllehåndtering, ligesom der i Danmark er lovgivet for anvendelse af husdyrgødning og slam i landbruget. I flg. ovennævnte retningslinier og krav bør/skal anvendelsen af gylle og slam begrænses til korn- og frøafgrøder, der dyrkes til modenhed, samt til græs el. lign., der anvendes til industriel fremstilling af tørfoder (se endvidere Statens Planteavlsvforsøg, Beretning nr. S1809, (1985): Husdyrgødning og dens anvendelse, samt Bekendtgørelse nr. 574 af 14. nov. 1984 om anvendelse af slam i landbruget).

Indtil videre er det derfor op til den enkelte producent af kompost og regnorme at vurdere, om der bør foretages smitteforebyggende foranstaltninger for at opnå en tilfredsstillende kompostkvalitet. Denne vurdering bør foretages ud fra kendskab til substratmaterialets art samt anvendelsen af produkterne, kompost og regnorme.

### 5.3.

#### LANDBRUGETS KVÆLSTOFBALANCE.

I de senere års redegørelser over landbrugets kvælstofbalance fremgår, at kvælstoftabene til omgivelserne er steget meget i løbet af de seneste 30 år, med deraf følgende risiko for alvorlige miljøproblemer (Miljøstyrelsen, 1984) (Vandkvalitetsinstituttet, 1984) (Landbrugsministeriet, 1984).

Hovedgrunden til denne stigning, menes at være en høj specialisering og intensivering indenfor landbruget i form af strukturændringer og en kraftig stigning i anvendelsen af handelsgødning; en udvikling, som ikke lader sig ændre fra den ene dag til den næste.

Som en mulig metode til forbedring af forholdene, peges her på inddragelse af regnormekompostering som en aktiv del i landbruget.

Ved at tage udgangspunkt i de ændringer der har været i kvælstofbalancen gennem perioden 1950-1980 (appendiks 3), hvor det bl.a. fremgår, at udnyttelsesgraden af kvælstoffet er faldet fra ca. 18 % i 1950 til ca. 13 % i 1980, ses at kvælstofabet kan rubriceres i 3 grupper:

1. Gårdbidrag (ammoniakfordampning, utilsigtede udledninger)
2. Markbidrag (ammoniakfordampning, udvaskning)
3. Jordstruktur (denitrifikation, udvaskning).

Denne tredeling kan også ses som en successiv forbedringsplan for kvælstoftabene, dvs. at forbedringer i gårdbidragets andel er mulige på forholdsvis kort tid, mens de tab der skyldes markbidrag og jordens struktur vil kunne forbedres på lidt længere sigt.

I appendiks 4 gives en teoretisk redegørelse for hvorledes regnormekompostering vil kunne indvirke på de 3 niveauer, under en række forudsætninger og antagelser.

Miljøbelastning fra gårdbidraget er i forvejen i søgelyset fra myndighedernes side og en række bestemmelser vedrørende gødningsopbevaring vil betyde en omkostning på nogle milliarder for landbruget.

Hvis gødningen i stedet for anvendes til regnormekompostering, kan den betragtes som en ressource, samtidig med at et affaldsproblem løses.

Der gøres dog opmærksom på, at tilsvarende krav bør stilles til kompostbede som til gødningspladser, når det gælder bunddække og overdækning af materialet, for at undgå ammoniakfordampning og udsivning fra pladserne.

Kvælstoftab fra markbidrag forventes reduceret ved at udbringe kompost, istedet for ukomposteret gødning. Under alle omstændigheder vil tabene reduceres ved udbringning om foråret, men foruden, at komposten er mindre besværlig at "gemme" til om foråret end ukomposteret gødning, forventes komposten at kunne bidrage til en "genopbygning" af jordens struktur, ved bl.a. at øge jordens humusindhold og opbygge jordens eget kvælstoflager.

De muligheder der her er omtalt kræver selvfølgelig en nærmere undersøgelse af en række forhold, men de perspektiver der ligger heri er positive både for den enkelte landmand og for samfundet som helhed.

6. ANVENDELSE- OG MARKEDSMULIGHEDER.

Mulighederne for anvendelse af regnormekomposteringens produkter, regnormekompost og regnorme er mangfoldige. I det følgende gives en oversigt med hovedvægten lagt på det danske marked, men med reference til udenlandske markedserfaringer og danske eksportmuligheder.

6.1. REGNORMEKOMPOST.

Det danske  
marked

En vurdering af afsætningsmulighederne på kort og langt sigt for regnormekompost som gødnings- og jordforbedringsmiddel inden for forskellige områder er opstillet i tabel 6.1. Tabellen er inddelt i forskellige kategorier af anvendelsesområder, spændende fra husholdninger til erhvervsmæssig gartneri- og landbrugsdrift.

Område	Areal, forudsætning	Dosering	Vurderet maksimal afsætningspotentiale (tons)	Vurderet afsætning på kort sigt (1-2 år) i tons	Vurderet afsætning på langt sigt (2-10 år) i tons
Pottemuld	2 mio husstande à 4 kg	4 kg/husstand 25% rk i blanding	2000	200 - 400	1000
Køkken- haver	1 mio haver à 50 m <sup>2</sup>	0,1-0,5 kg/m <sup>2</sup>	5000-25.000	1000 - 5000	2500-12.000
Pryd- haver	1 mio haver à 50 m <sup>2</sup>	0,1 kg/m <sup>2</sup>	5000	500	1000
Græs- plæner	1 mio haver à 100 m <sup>2</sup>	0,1 kg/m <sup>2</sup>	10.000	1000	2000
Frilands gartnerier	21000 ha	100g/plante ~ 1-5 tons/ha	20.000-100.000	0	2000-10.000
Drivhuse	7000 ha	1-5 tons/ha	7000-35.000	0	700-3500
Biologisk/ biodynamisk landbrug	5400 ha	1-5 tons/ha	5000-25.000	500-2500	2500-12.000
Traditionelt landbrug	2,8 mio ha	1-5 tons/ha	3 -14 mio	0	0,3 - 1,4 mio

rk = regnormekompost

Kilder: The market for garden chemicals and fertilizers in Western Europe  
Udenrigsministeriets Bibliotek, 1983.

Statistisk Årbog.

Lars Bo Markussen, pers.komm.

Tabel 6.1. Vurdering af de årlige afsætningsmuligheder for regnormekompost i Danmark.

- Pottemuld Et gennemsnitligt forbrug af pottemuld på 4 kg pr. husstand (2 mio stk) giver med en 25% tilsætning af regnormekompost i en spagnumregnormekompost blanding et årligt forbrug på 2000 tons regnormekompost. Pottemuldsmarkedet kan indbringe de højeste afsætningspriser, men en stor markedsføringsindsats vil være påkrævet. Priser på 4-5 Dkr/kg, som er sammenlignelige med priserne fra andre pottemuldstyper af høj kvalitet, vil være opnåelige.
- Køkkenhaver 1 mio køkkenhaver a 50 m<sup>2</sup> vil med en dosering på 0,1 - 0,5 kg pr. m<sup>2</sup> forbruge 5000-25000 tons regnormekompost pr. år. Med en god markedsføringsindsats vil dette marked forholdsvis hurtigt kunne tilvænses brugen af regnormekompost i stedet for kunstgødning, hvilket især erfaringer fra Vesttyskland synes at underbygge. Priser som for pottemuld.
- Prydhaver og græsplaner 1 mio prydhaver og græsplaner a henholdsvis 50 og 100 m<sup>2</sup> repræsenterer med en dosering på 0,1 kg regnormekompost/m<sup>2</sup> maksimale afsætningspotentialer på 5000 og 10.000 tons regnormekompost pr. år.
- Dette marked anses med baggrund i udenlandske erfaringer for vanskeligere tilgængeligt end de ovenfor nævnte, men med samme prisniveau.
- Erhvervsbedrifter Introduktion af regnormekompost i erhvervsgartnerier og landbrugsbedrifter forudsætter ændringer i etablerede produktionsmønstre og vil derfor kun kunne gennemføres efter mere langsigtede markedsføringsprogrammer og efter dokumenterede rentable effekter af en produktionsomlægning. Kun inden for biologisk/biodynamisk drevne landbrugsformer kan der forventes en mere umiddelbar effekt.
- Eksportmarkedet Da det danske marked for regnormekompost endnu er helt uudviklet er det relevant at øge alternative afsætningsmuligheder på eksportmarkedet. I tabel 6.2 er opstillet overslag over produktionen af regnormekompost i en række europæiske lande.

Belgien	800 m <sup>3</sup>
England	1.200 "
Holland	1.500 "
Italien	30.000 "
Vesttyskland	100 "

Tabel 6.2 Årlig produktion af regnormekompost i Europa (1 m<sup>3</sup> = 0.6-0.7 tons).

Alle produktioner er baseret på husdyrgødning af forskellig art.

Den belgiske produktion afsættes primært i Belgien og Vesttyskland i enheder på 50 og 100 l til priser på 1800 - 2200 Dkr/m<sup>3</sup> (ca. 2700-3300 Dkr/ton). Mindre mængder afsættes til højere priser.

I England afsættes den samlede produktion som pottemuld i supermarkeder og gennem havebrugscentre til priser på 4-10 Dkr/kg for enhedsstørrelser fra 1-25 kg.

Dette marked er opbygget over en periode på 2-3 år.

Hovedparten af den hollandske produktion angives at afsættes i containere af hollandsk havn til eksport til mellemøsten for priser på 1900-2200 Dkr/m<sup>3</sup> (ca. 2850-3300 Dkr/ton).

Den italienske produktion, som er sammensat af enkelte store, nogle mellemstore og mange små produktioner, er opbygget over en årrække. Produkterne sælger i Europa især til Frankrig, Spanien og Vesttyskland og eksporteres til mellemøsten.

I Vesttyskland sælges egenproduktionen samt en ukendt mængde importeret regnormekompost til primært husholdninger og havebrug. Detailpriser på op til 15 Dkr/kg er sædvanlige, men dette marked må betragtes som et absolut nichemarked.

## 6.2.

### REGNORME.

Som biprodukt ved regnormekomposteringsprocessen omsættes 5-10% af det organiske substrat til regnormebiomasse. Regnormere kan afsættes til forskellige formål, som for de flestes vedkommende dog vil være nichemarkeder.

Sætteorme Under opbygning af regnormekompostering, som er en ny produktion i Danmark, vil der være et marked for salg af regnorme som sætteorme til etablering af nye produktioner. Dette marked kan i en startfase antage et betydeligt omfang, men vil efter en relativ kort periode nå et mætningspunkt med stagnation eller reduktion af afsætningsmulighederne.

Regnorme sælges i dag fra europæiske produktionsanlæg til priser på 100-300 Dkr/kg afhængig af mængde.

Sportsfiskeri I Nord- og Mellemeuropa eksisterer et nichemarked for regnorme som madding til lystfiskeri. I Vesttyskland anslås markedet til ca. 1 mio orme pr. dag (300 kg) i sæsonen, som varer 14-18 uger. I Holland, Belgien, Sverige, Finland m.v. findes ligeledes muligheder for afsætning til sportsfiskeri.

Det samlede marked til sportsfiskerformål udgør dog næppe mere end 50-100 tons/år i Europa. Til gengæld er der mulighed for oparbejdning af en specialiseret produktion af forskellige arter til særligt høje priser, idet ormene afsættes i små portioner. Således er priser i detailledet på 250-450 Dkr/kg almindelige i Vesttyskland, mens op til 1000-1500 Dkr/kg er registreret i Holland.

Regnorme-  
biomasse

Regnorme har glimrende ernæringsmæssige egenskaber over for en række dyr. Foderstofsammensætningen i regnormemel kan se ud som følger (Niederer, A., 1984):

protein	60-70%
fedt	7- 9%
minerale	2- 4%
kulhydrater	8-17%
aske	4- 8%

Desuden indeholder regnorme vigtige mineraler og vitaminer, bl.a. niacin og vitamin B-12 (Edwards, C., 1984).

Indholdet af essentielle aminosyrer i regnorme er højt, hvilket gør dem anvendelige som foderkomponenter til bl.a. kyllinger (Taboga, L., 1980), andet fjerkræ (Fisher, C., 1984) og fisk (Stafford, E.A. & Tacon, A.G.I., 1984, a.b).

Levende orme      Direkte anvendelse af levende orme som foder til akvariefisk og terrariedyr forekommer i begrænset omfang. Ligeledes anvendes orme som overgangsfoder fra mindre levende foderemner til kunstigt foder hos søtunge. Gødningsormen, *Eisenia fetida*, er dog ikke anvendelig som foder til regnbueørred uden varmebehandling på grund af udskillelse af en stærk afsmagsgivende gul væske hos den levende orm (Tacon, A.G.I., et al. 1983). Afsætning af levende orm som foder praktiseres til priser på 100-250 Dkr/kg, men det må fremhæves, at markedet er meget begrænset.

Ormemel            Fremstilling af ormemel på basis af ormebiomasse kan derimod forventes at udvikle sig til en egentlig industri i takt med udvikling af regnormekompostering. Ormemel kan som nævnt anvendes som proteinråvare til foderfremstilling eller på længere sigt som råvare til fremstilling af enzymer etc. (Carmody, F. 1981). Ormemel skal markedsføres i konkurrence med andre proteinråvarer som f.eks. fiskemel, hvilket indebærer, at afsætningspriserne vil være i konkurrence med priserne på disse råvarer, d.v.s. 1-2 Dkr/kg.

### 6.3.

#### KONKLUSION.

På kort sigt vil der være mulighed for afsætning af en mindre mængde levende regnorme som sætteorme (formentlig < 100 tons), til sportsfiskeri (< 50-100 tons) eller som specialfoder (< 5 tons). Priserne på dette marked vil være høje og variere fra 100-1500 Dkr/kg i detailledet. På længere sigt forventes regnormebiomasse at kunne anvendes til fremstilling af ormemel til foderfremstilling. Priserne på dette marked vil være i konkurrence med andre proteinprodukter og forventelig ligge på 1-2 Dkr/kg biomasse af producent.

Det kvantitativt dominerende produkt fra regnormekompostering, regnormekompost, kan anvendes og sælges til en række formål inden for husholdning, gartneri- og landbrugserhverv. På kort sigt vil markedet primært være inden for husholdning og havebrug med forventelige priser på 3-15 Dkr/kg kompost i detailledet.

På længere sigt forventes større mængder kompost at kunne afsættes til erhvervsmæssige formål. I dag afsættes regnormekompost i større mængder fra mellemeuropæiske og italienske producenter til priser på 2,70 - 3,30 Dkr/kg. I takt med stigende produktion vil priserne i stigende grad være i konkurrence med andre organiske jordforbedringsmidler, og priser på 0,90 - 2,00 Dkr/kg kan forventes.

Til brug ved økonomiberegningerne i kapitel 9 er der opstillet et antal system-modeller for regnormekompostering. I figur 7.1 er vist en oversigt over system-modellerne. Hver system-model omfatter et antal forudsætninger vedrørende anlægstype og størrelse af regnormekomposteringsanlæg, aktuel situation, råmateriale, forbehandling, efterbehandling, produktion af regnorm og kompost samt marked og afsætning af produkterne.

Erfaringsgrundlaget vedrørende regnormekompostering under danske forhold er endnu begrænset, og system-model valget og data-materialet er behæftet med betydelig usikkerhed.

Det centrale i systembeskrivelsen i figur 7.1 er de tre model-anlæg, bestående af et lavteknologisk landbrugsanlæg, et mellemteknologisk landbrugsanlæg og et industrielt centralt anlæg. De valgte systemer er tilpasset modelanlæggene, som nærmere beskrives i kap.8, men der er ikke gennemført nogen økonomisk forhåndsoptimering. Anlæggenes kapacitet er henholdsvis 150, 600 og 13.000 ton fast gødningsekvivalenter. Råmaterialet kan foreligge direkte som fast gødning, som gylle med tilsætning af snittet halm eller som fiberfraktionen af gylle efter separering.

Ved det mindste anlæg forudsættes råmaterialet udelukkende at foreligge som fast gødning, medens det mellemteknologiske anlæg gennemregnes for både fast gødning og separeret gylle. Det største anlæg gennemregnes for alle tre muligheder.

Det mindste anlæg tænkes etableret på mindre bedrifter, hvor gødningen oftest håndteres som fast gødning og ajle. Det mellemteknologiske anlæg er tilpasset de lidt større bedrifter med gyllehåndtering. Ved det største anlæg forudsættes gødningen transporteret fra flere bedrifter.

Gødningen vil i alle tilfælde blive værdisat, idet systemerne rummer mulighed for at gødningen afsættes uden for producent-bedrifterne. Gødningens værdi afhænger af flere forhold herunder tilstandsformen (fast, gylle eller separeret gylle) samt af de aktuelle forhold vedrørende gødningslagre og arealgrundlag.

Ved alle system-modeller er der regnet med forkompostering af gødningen. Ved forkomposteringen udvikles varme, som eventuelt kan anvendes til opvarmning af selve regnormekomposteringen. I denne forbindelse vil et egentligt komposteringsvarmeanlæg kunne anvendes, men dette ligger uden for denne rapport's rammer.

Efter regnormekomposteringen kan blandingen af kompost og regnorm sælges eller udbringes på marken, eller blandingen kan efterbehandles på flere måder afhængig af arbejdsmæssige, tekniske og afsætningsmæssige muligheder.

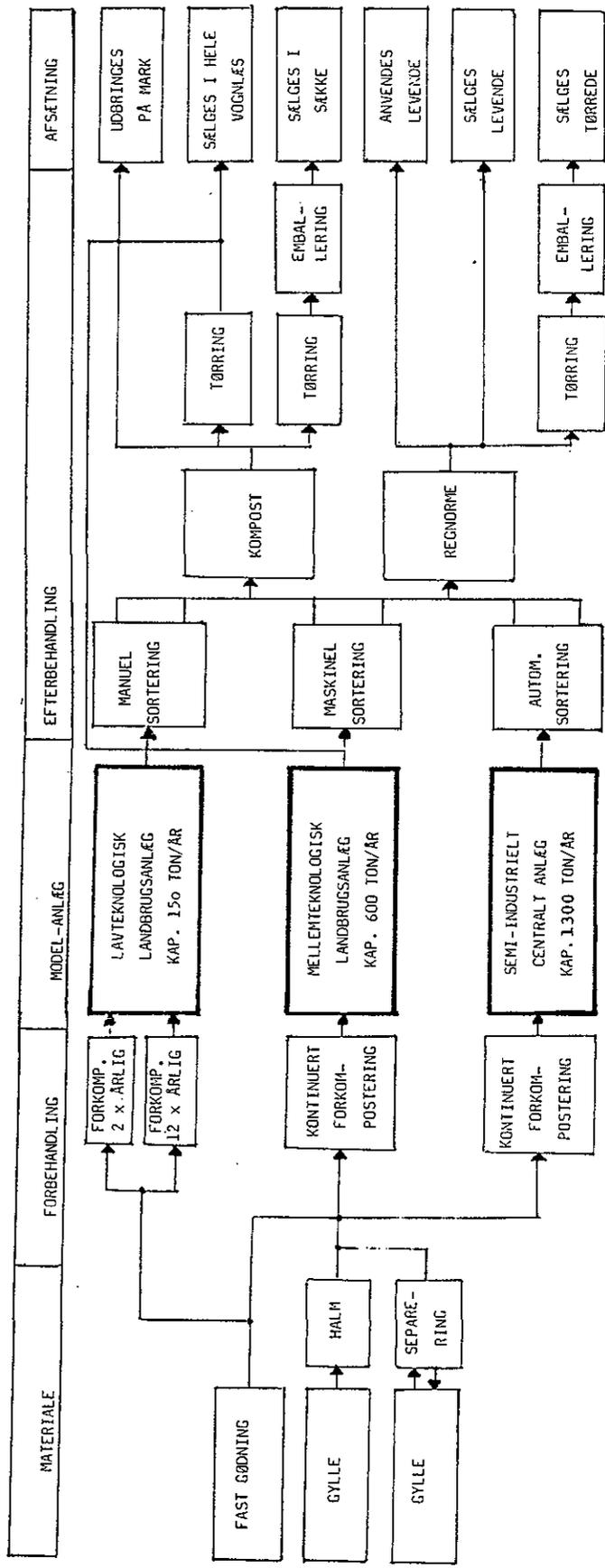
Sortering af regnorme fra kompost kan udføres manuelt eller maskinelt eventuelt automatisk.

Regnormene kan anvendes som foder på bedriften, sælges levende eller tørres m.v., hvorved der kan fremstilles et fiskemels- eller kød-benmelslignende produkt. Komposten kan udbringes på bedriftens egen jord eller sælges i større eller mindre partier eventuelt efter tørring og emballering.

Ved det lavteknologiske og det mellemteknologiske anlæg regnes der ikke med efterbehandling.

Det økonomiske resultat beregnes for hvert system som det gennemsnitlige årlige resultat. De årlige indtægter og driftsomkostninger opgøres og indgår direkte i beregningerne, idet der regnes med, at alle indtægter og omkostninger følger inflationen. For den investerede anlægskapital beregnes det gennemsnitlige årlige beløb til forrentning og afskrivning. Levetiden bestemmes individuelt for hver anlægsdel for de to mindste anlæg og under eet for det industrielle anlæg. I sidstnævnte tilfælde må der derfor afsættes et beløb til reinvesteringsudgifter over almindelig reparation og vedligeholdelse.

Ved fastlæggelsen af indtægter og omkostninger er der regnet med forventede priser efter at regnormekompostering eventuelt er slået igennem, og der er fundet et stabilt marked for produkterne. I en introduktionsfase vil såvel indtægter som omkostninger kunne afvige betydeligt herfra. De fundne resultater kan således ikke anvendes ukritisk ved individuel planlægning og investeringer må vurderes nøje i forhold til risiko, usikkerhed og omfang. Ligeledes må der naturligvis tages individuelt hensyn til aktuelle forhold bl.a. vedrørende organisk materiale, anlæg, arbejdskraft og kapitalforhold.



Figur 7.1. System-modeller ved regnormekomposter.ing.

## 8. LANDBRUGSMODELLER - OPSTILLING AF ANLÆGS- OG DRIFTSPARAMETRE

### 8.1 LAVTEKNOLOGISKE OG MELLEMTKNOLOGISKE LANDBRUGSMODELLER

#### Valg af

#### modeller:

Det er valgt at opstille to forskellige modeller: En lavteknologisk og en mellemteknologisk svarende til husdyrgødningsproduktioner på henholdsvis ca. 150 t og 600 t fast gødning/år.

Modellerne er, for at være fleksible og dermed give en bredere anvendelighed, udformet således, at kun gødningsproduktionens størrelse ligger fast, mens der ikke er taget stilling til bedriftstørrelsen og arealanvendelsen, idet disse forhold kan variere meget afhængigt af den enkelte ejendoms produktionsform.

#### Gødningstyper

#### og-håndtering:

Gødningens tørstof- og næringsstofindhold afhænger hovedsagelig af dyrearten, men også fodersammensætningen og staldsystemets indretning har betydning.

Opbevarings- og håndteringsmetode afhænger af tørstofindholdet, idet gødning med et TS-indhold over ca. 22% er fast og kan stakkes, mens gødning med lavere TS-indhold må opbevares i beholder eller tank.

På bedrifter med mindre husdyrhold håndteres gødningen således oftest adskilt i 2 fraktioner: Fast gødning med halmstrøelse, der opbevares på møddingsplads, samt ajle (TS-indhold = 2 - 3 %) og møgsoft, der opsamles i ajlebeholdere.

Bedrifter med stor animalsk produktion håndterer for det meste gødningen i form af gylle. Gylle er en blanding af gødning, ajle, evt. lidt halmstrøelse samt større eller mindre mængder vand. Tørstofindholdet varierer mellem ca. 3 og 15 % afhængigt af dyreart og staldsystem, hvorfor gylle opbevares i åbne eller lukkede beholdere.

#### Ejendomsfor- deling m.h.t. gødningstype:

I tabel 8.1 er gødningsproduktionens fordeling på fast gødning og ajle henholdsvis gylle angivet i forhold til antallet af husdyrbrug i Danmark og fordelingen af kvæg og svin.

Tabel 8.1: Fordeling af gødningstyperne fast gødning og ajle samt gylle på ejendomme og husdyrbestand:

Gødningstype	Antal ejendomme	Fordeling på kreaturer i %	Fordeling på svin i %
Fast gødning og ajle	59.000	ca. 45	ca. 22%
Gylle	16.000	ca. 55	ca. 78%
I alt	75.000	100	100

Af ovenstående tabel fremgår, at selv om ca. 59.000 ejendomme svarende til 79% af samtlige husdyrbrug opbevarer gødningen i form af fast gødning og ajle, svarer denne mængde kun til ca. 45% henholdsvis 22% af gødningsproduktionen fra den totale kvæg- og svinebestand.

Iflg. Folketingsbeslutningen af 31/5 1985 om nedbringelse af forureningen med næringssalte og organisk stof, skal alle ejendomme med et husdyrhold svarende til 20 storkreaturer eller derover have gødningsopbevaringskapacitet til mindst 6 mdr.'s produktion inden udgangen af 1989. Af sådanne ejendomme findes der ca. 30.000.

I Folketingsbeslutningen nævnes det videre, at for ejendomme med husdyrhold svarende til færre end 20 storkreaturer skal en løsning på opbevaringsproblemerne klarlægges senest ved udgangen af 1986. Af sådanne brug findes der ca. 45.000.

Fordelingen af ejendomme på gødningstype og husdyrbestand i relation til Folketingsbeslutningens krav er angivet i tabel 8.2.

Tabel 8.2: Fordeling af ejendomme på besætningsstørrelse i relation til Folketings beslutningens krav (oplysninger delvis fra Landskontoret i Viby):

Besætningsstørrelse	Antal ejendomme	Heraf gylleproducenter	Antal husdyr omregnet til storkreaturer	Antal ejendomme med utilstrækkelige opbevaringsfaciliteter
Besætning sv.t. 20 storkreaturer eller derover	30.000	13.000	1.700.000	ca. 15.000
Besætning sv.t. færre end 20 storkreaturer	45.000	3.000	370.000	ca. 20.000
I alt	75.000	16.000	2.070.000	ca. 35.000

Folketingsbeslutningen nævner dispensationsmuligheder for kravene til opbevaringskapacitet, såfremt gødningen kan udbringes forsvarligt, eller bringes til fælles opbevaringsanlæg eller anvendes i forbindelse med mere økologiske driftsformer. Desuden tillades markmøddinger bl.a. for ejendomme i landsbyer, såfremt det godtgøres, at der ikke kan etableres en lovlig "gårdmødding" med tilstrækkelig kapacitet, og markmøddinger kan også tillades for kompost med højt tørstofindhold.

Den lavteknologiske model kan således have stor relevans for brug med en gødningsproduktion svarende til færre end 20 storkreaturer, mens den mellemtknologiske model er egnet for de større bedrifter, der under alle omstændigheder skal til at investere i gødningsopbevaringsfaciliteter.

#### Husdyrhold og valg af anlægstype

##### Husdyrholdets størrelse

For at anskueliggøre hvor stort et husdyrhold en årsproduktion på henholdsvis 150 t og 600 t husdyrgødning svarer til, er der i tabellerne 8.3 - 8.7, på grundlag af gødningsproduktionen for de enkelte husdyrtyper, beregnet det omtrentlige antal husdyrenheder ved produktion af henholdsvis fast gødning og gylle. Tabellerne er hovedsagelig beregnet ud fra Håndbog for Driftsplanlægning 1984 - 85: Tabel over produktion af og indhold i husdyrgød-

ning (af mødding), hvilket medfører, at årsproduktionen af fast gødning kan være noget underestimeret. Tallene skal imidlertid under alle omstændigheder betragtes som vejledende, idet gødningsmængde, tørstofindhold og C/N-forhold vil afhænge af en lang række ydre faktorer.

#### Forudsætninger for tabelberegningerne

Korrektion af  
tørstof- og  
C/N-forhold:

Der er i tabellerne ved halmtilsætning korrigeret for, at materialet skal have et tørstofindhold på minimum 22%, for at det kan stakkes samt et C/N-forhold på ca. 25-30 for at komposteringsprocessen kan forløbe optimalt. I de tilfælde, hvor tørstofindholdet er for højt til at komposteringen vil gå i gang (over 40-50% TS afhængigt af materialets struktur), er tabelværdierne desuden korrigeret til ca. 25% TS ved tilsætning af ekstra vand, således at der lettere kan foretages en sammenligning mellem de forskellige gødningsarter m.h.t. mængde, næringsstofindhold m.m. Det skal dog bemærkes, at man i praksis sandsynligvis vil foretrække et lidt højere TS-indhold, idet det herved kan undgås at bunddække forkomposteringsmilerne med snittet halm for at opsamle eventuelt saftafløb (se endvidere under afsnittet: "Miljøkrav" i kap. 8.1.1: Lavteknologisk model).

I de senere modelberegninger (kap. 9.1 og 9.2) er det af hensyn til beregningernes omfang valgt som substrat kun at anvende fast gødning og gylle fra husdyrarterne kvæg og svin. For at opnå et nogenlunde rimeligt sammenligningsgrundlag er der derfor tillige foretaget en korrektion af den faste svinegødnings tørstofindhold efter halmtilsætning til optimering af C/N-forholdet (fra 34% TS til 25% TS), (tab. 8.5 og tab. 8.8).

Fast gødning

Ved kompostering af fast gødning forudsættes det, at kun den faste gødning anvendes, mens ajle og møgsaft opbevares og håndteres traditionelt.

Gylle

For gyllens vedkommende er der for den lavteknologiske model til 150 t/år i tabellerne kun angivet den mulighed, at der tilsættes snittet halm, mens der for det mellemteknologiske anlæg på 600 t/år er angivet to muligheder: gyllen komposteres efter iblanding af snittet halm, eller der foretages en forudgående separering i en fast og en flydende fraktion, hvoraf den faste fraktion med et TS-indhold på over 22% (fiberdelen) skønsmæssigt er sat til at udgøre ca. 20% af den totale vægt. Kun fiberdelen komposteres med regnorme, mens den flydende del kan opbevares og håndteres på traditionel vis eller afgasses i et biogasanlæg.

Separering er således velegnet til større bedrifter, der allerede har gyllebeholder, men som ikke har den nødvendige kapacitet til 6 måneders opbevaring.

Husdyrholdets størrelse ved produktion af fast gødning

I tabel 8.3, 8.4 og 8.5 er angivet antallet af husdyrenheder for produktionssystemer, hvor der anvendes halmstrøelse eller dybstrøelse.

Tabel 8.3: Malkekøer på halmstrøelse: Årsproduktion af fast gødning omregnet til husdyrenheder.

Bindestald med halmstrøelse, på stald hele året.						
ENHED	FAST GØDNING			AJLE	CA. ANTAL VED ÅRSPRODUKTION	
	t/år	TS%	C/N	t/år	150t/år	600t/år
Årsko (tung race)	11.2	22	25	7.5	13	54
Årsko (jersey)	10.1	22	25	6.8	15	59
Årsopdræt (tung race)	3.5	22	25	2.1	43	171
Årsopdræt (jersey)	2.0	22	25	1.9	75	300
Fedekalv (210 kg v. levering)	2.5	22	25	1.1	60	240
Fedekalv (260 kg v. levering)	3.3	22	25	1.4	45	182
Ungtyr (360 kg v. levering)	5.0	22	25	2.1	30	120
Ungtyr (460 kg v. levering)	8.0	22	25	3.4	19	75
Bindestald med halmstrøelse, delvist på græs.						
ENHED	FAST GØDNING			AJLE	CA. ANTAL VED ÅRSPRODUKTION	
	t/år	TS%	C/N	t/år	150 t/år	600 t/år
Årsko (tung race)	8.4	22	25	5.6	18	71
Årsko (jersey)	7.6	22	25	5.0	20	79
Årsopdræt (tung race)	2.5	22	25	1.6	60	240
Årsopdræt (jersey)	1.5	22	25	1.4	100	400

Tabel 8.4: Kødkvæg med opdræt på dybstrøelse: Årsproduktion af fast gødning og gylle omregnet til husdyrenheder.

ENRED	LØSDRIFTSTAL MED GØDNINGSMÅTTE																		
	GYLLE			HALM <sup>*)</sup>			GYLLE + HALM			FAST GØDNING			I ALT			HALMFORBRUG i t ved		CA. ANTAL VED ÅRS-PRODUKTION	
	t/år	TS%	C/N	t/år	TS%	C/N	t/år	TS%	C/N	t/år	TS%	C/N	t/år	TS%	C/N	150 t/år	600 t/år	150 t/år	600 t/år
Kødkvæg med opdræt på stald §)	10	10	15	2.5	12.5	25	32	9.2	25	25	21.7	25	29	17.5	70.0	7	28		
Kødkvæg m. opdræt delvist på gras	7.5	10	15	1.9	9.4	25	32	6.9	25	25	16.3	25	29	17.1	70.3	9	37		

\*) TS-indhold i halm = 85%, C/N-forhold = 100/1

§) et stk. kødkvæg med opdræt svarer til et stor kreatur.

Tabel 8.5: Svin, heste og fjerkræ på halm eller dybstrøelse samt mink: Årsproduktion af fast gødning omregnet til husdyrenheder usdyrholdets

	FAST GØDNING			HALM <sup>*)</sup>			FAST GØDNING + HALM			INCL. <sup>**)</sup> VAND		AJLE		HALMFORBRUG i t ved		CA. ANTAL VED ÅRSPRODUKTION	
	t/år	TS%	C/N	t/år	t/år	TS%	C/N	t/år	t/år	t/år	t/år	150 t/år	600 t/år	150 t/år	600 t/år		
<b>SVIN:</b>																	
Årssø (incl. gyte m. grise) på halmstrøelse	2.0	25	15	0.4	2.4	34	28	3.4	2.2	17.5	70	44	176				
10 svin på stald (✓) 35 svin produceret/år på halmstrøelse	7.5	25	15	1.4	8.9	34	28	12.1	8.1	17.5	70	12	48				
<b>HESTE:</b>	7.3	30	25					-	-			21	82				
<b>FJERKRÆ:</b>																	
100 høns (ægleggere) på net	2.5	39	10	0.6	3.1	48	28	6.0	-	15.0	60	25	100				
100 høns (rugøse) på gulv	2.1	71	15	0.4	2.5	73	28	7.3	-	8.2	32.8	21	84				
8.7 hold slagtekyl-linger á 1000 stk. (1 hold produceres på 42 dg. dybstrøelse)	9.5	54	18	1.3	10.8	58	28	25.1	-	7.8	31.2	6.0	24				
<b>MINK:</b>																	
1000 skind produceret	22.0	36	12	4.9	26.9	45	28	48.4	-	15.2	60.8	3.1	12.4				

\*) TS-indhold i halm = 85%, C/N-forhold = 100/1.

\*\*) TS-indhold korrigeret til 25% ved tilføjelse af vand.

### Husdyrholdets størrelse ved produktion af gylle

I tabellerne 8.6 og 8.7 er angivet de tilsvarende værdier for produktionssystemer med gylle. For angivelserne vedrørende separeret gylle må det bemærkes, at fiberdelens vægtandel (af den totale gyllemængde), tørstofindhold og C/N-forhold kan variere meget afhængigt af gyllens art, alder og oprindelige tørstofindhold samt separationsprincippet og dermed separationseffektiviteten. Det er her valgt at sætte fiberfraktionens vægtandel til 20% og separationseffektiviteten til 45-65% afhængigt af gyllearten (jvf. Kroodsma en Poelma 1985).

C/N-forholdet i fiberdelen er skønnet til ca. 25/1, idet de letopløselige kvælstofforbindelser hovedsagelig vil findes i den flydende fraktion. For fjerkræ er C/N-forholdet i fiberfraktionen skønnet til 10:1 svarende til C/N-forholdet i fast gødning fra høns på net, idet opløseligheden af kvælstofforbindelser i hønsegylle er lavere end i kvæg- og svinegylle. Der er derfor i tabel 8.7 korrigeret for den lave C/N-værdi i fiberfraktionen fra fjerkrægylle ved tilsætning af snittet halm.

Tabel 8.6: Malkekøer på riste eller spaltegulv uden halm:  
Årsproduktion af gylle omregnet til husdyrenheder efter iblanding af snittet halm eller separering.

	GYLLE			HALM <sup>x)</sup>			GYLLE + HALM			FIBER (20%)			HALMFORBRUG i t ved		CA. ANTAL VED ÅRSPRODUKTION		
	t/år	TS%	C/N	t/år	t/år	TS%	C/N	t/år	TS%	C/N	150 t/år	600 t/år	150 t/år	600 t/år (+ halm)	600 t/år fiber		
<b>PÅ STALD</b>																	
Årsko (tung race)	21.0	10	10	5.1	26.1	25	28	4.2	22	25	31.8	121.9	6	23	143		
Årsko (jersey)	18.9	10	10	4.7	23.6	25	28	3.8	22	25	28.2	117.5	6	25	158		
Årsopdræt (tung race)	6.3	10	10	1.6	7.9	25	28	1.3	22	25	30.4	121.6	19	76	476		
Årsopdræt (jersey)	3.8	10	10	1.0	4.8	25	28	0.8	22	25	27.0	125.0	31	125	750		
Fedekalv (210 kg v. levering)	3.5	10	10	0.9	4.6	25	28	0.7	22	25	29.7	117.0	33	130	857		
Fedekalv (260 kg v. levering)	4.6	10	10	1.2	5.8	25	28	0.9	22	25	31.2	123.6	26	103	540		
Ungtyr (360 kg v. levering)	7.0	10	10	1.8	8.8	25	28	1.4	22	25	30.6	122.4	17	68	429		
Ungtyr (460 kg v. levering)	11.2	10	10	2.8	14.0	25	28	2.2	22	25	30.8	120.4	11	43	273		
<b>DELVIST PÅ GRES</b>																	
Årsko (tung race)	15.8	10	10	4.0	19.8	25	28	3.2	22	25	32.0	120.0	8	30	188		
Årsko (jersey)	14.2	10	10	3.5	17.7	25	28	2.8	22	25	31.5	119.0	9	34	214		
Årsopdræt (tung race)	4.7	10	10	1.2	5.9	25	28	0.9	22	25	30.0	122.4	25	102	667		
Årsopdræt (jersey)	2.8	10	10	0.7	3.5	25	28	0.6	22	25	30.0	119.7	43	171	1000		

x) TS-indhold i halm = 85%, C/N-forhold = 100/1

Tabel 8.7: Svin og fjerkræ på spalter/netgulv uden halmstrøelse: Årsproduktion af gylle omregnet til husdyrenheder efter iblanding af snittet halm eller separering.

ENHED	GYLLE			HALM <sup>(*)</sup>	GYLLE + HALM			FYBER (20%)			HALMFORBRUG 1 t ved		CA. ANTAL VED ÅRSPRODUKTION		
	t/år	TS%	C/N	t/år	t/år	TS%	C/N	t/år	TS%	C/N	150 t/år	600 t/år	150 t/år	600 t/år + halm	600 t/år + fiber
<b>SVIN:</b>															
Årsko (incl. gylte m. grise) på spalter u. halm	5.3	4	6	1.8	7.1	25	28	1.1	22	25	38.0	152.0	21	84	545
10 svin på stald (√35 svin produceret/år) spaltegulv u. halm	16.5	7	6	5.0	21.5	25	28	3.3	22	25	35.0	140.0	7	28	182
<b>FJERKRÆ:</b>															
100 høns (ægleggere) på net	7.9	15	6	2.4	10.3	31	28	1.6 <sup>(**)</sup>	32	25 <sup>(**)</sup>		140 /94.7 <sup>(**)</sup>	14.6	58.4	315.8

(\*) TS-indhold i halm = 85%, C/N-forhold = 100/1.

(\*\*) I fiberfraktionen fra fjerkrægylle er C/N-forholdet sat til 10:1, hvorfor der tilskrives 0,3 t halm/enhed for at opnå et C/N-forhold på 25:1, d.v.s. at den totale produktion/enhed/år = 1.9 t.

### Indhold af makronæringsstoffer

Til vurdering af regnormekompostens indhold af næringsstoffer i forhold til udgangsmaterialet (kap. 4) og den markedsmæssige værdi heraf (kap. 9), er der i tabel 8.8 og 8.9 opgivet indholdet af makronæringsstofferne N, P og K i de forskellige gødningstyper (korrigeret for eventuel tilsætning af snittet halm) ved produktion af henholdsvis 150 t/år og 600 t/år.

Beregningerne af det totale næringsstofindhold er baseret på Håndbog for Driftsplanlægning 1984 - 85: Tabel over produktion af og indhold i husdyrgødning ab mødding, hvilket medfører, at kvælstofindholdet - specielt for fast gødning - er noget underestimeret.

Tabel 8.8: Næringsstofindhold i kg foreliggende stof ved produktion af 150 t og 600 t fast gødning eller gylle-halmblending pr. år.

GØDNINGSTYPE	NÆRINGSSTOF-INDHOLD				150 t/år				600 t/år		
	TS%	N	P	K	TS%	N	P	K	N	P	K
<b>KVEG:</b>											
Fast gødning m. halmstrøelse	22	5.5	1.8	3.0	22	825	270	450	3300	1080	1800
Gylle m. halmtilsætning	10	4.5	0.8	4.0	25	675	120	670	2700	480	2690
<u>Løsdriftstald m. halmmatte:</u>											
Fast gødning	25	4.6	1.1	6.0	5	690	165	900	2760	660	3600
Gylle	10	4.5	0.8	4.0	25	395	70	390	1565	280	1560
						1085	235	1290	4325	940	5160
<b>SVIN:</b>											
Fast gødning m. halmstrøelse	25	7.3	3.6	3.8	25 <sup>*)</sup>	735	340	455	2940	1360	1820
Gylle m. halmtilsætning	7	6.0	1.6	2.7	25	850	210	535	3395	850	2130
<b>HESTE:</b>											
Fast gødning m. halmstrøelse	30	3.6	1.3	4.8	30	540	195	720	2160	780	2880
<b>FJÆRKRE:</b>											
Fast gødning - æglæggere på net	39	14	18	12	25 <sup>*)</sup>	945	1135	845	3780	4540	3380
Gylle - æglæggere på net	15	11	5	4	31	1425	605	685	5700	2420	2730
Fast gødning - rugeæg på gulv	71	22	16	14	25 <sup>*)</sup>	1005	710	670	4020	2840	2680
Fast gødning - slagtekyl-linger	54	26	12	17	25 <sup>*)</sup>	1515	690	1020	6060	2760	4080
<b>MINK:</b>	36	9	16	3	25 <sup>*)</sup>	680	1105	300	2720	4420	1200

Næringsstofindhold i halm i kg/t ved TS-indhold 85%: N = 4,5; P = 0,8; K = 6,4.

\*) Inclusive tilsat vand.

Fiberfraktionens næringsstofindhold

Det er vanskeligt at fastsætte indholdet af næringsstoffer i fiberfraktionen efter separering, idet dette vil afhænge af en lang række faktorer, bl.a. gyllens art og tørstofindhold, partikelstørrelsesfordelingen samt lagertiden før separering og separationseffektiviteten.

Generelt gælder, at jo længere tid gyllen har været lagret før separering, des færre næringsstoffer vil der p.g.a. mineralisering være tilbage i den faste fraktion. Desuden gælder, at jo større fiberfraktionens indhold af mindre partikler er, des større vil næringsstofindholdet være (Pos. et al. 1984).

Der foreligger imidlertid endnu kun få konkrete undersøgelser af dette emne, men flere forsøg har vist, at næringsstofferne N, P og K vægtmæssigt fordeler sig i nogenlunde samme forhold, som de to fraktioners vægtandel af rågyllen, hvilket betyder, at der i væske- og fiberfraktionen er ca. samme indhold i % af foreliggende stof, som i rågyllen (Hepherd et al. 1978) (Pos. et al. 1984). Der er dog en tendens til, at fiberfraktionen har et lidt højere indhold af N og P end rågyllen, mens indholdet af K vil være lidt lavere (Kroodsma en Poelma 1985).

På baggrund af ovenstående oplysninger er næringsstofindholdet i fiberfraktionen fra kvæg- og svinegylle angivet i tabel 8.9.

Tabel 8.9: Næringsstofindhold i kg foreliggende stof pr. 600 t fiberfraktion produceret/år.

	GYLLE kg/t				FIBER Kg/t				600 t/år kg i alt		
	TS%	N	P	K	TS%	N	P	K	N	P	K
Kvæg	10	4,5	0,8	4,0	22	4,6	1,0	3,8	2760	600	2280
Svin	7	6,0	1,6	2,7	22	6,1	1,8	2,5	3660	1080	1500

## Modelbeskrivelse

I kapitel 8.1.1 og kapitel 8.1.2 er henholdsvis den lavteknologiske og den mellemteknologiske model beskrevet. For hver af de to modeller er metode og forudsætninger for beregningerne beskrevet generelt, men der gøres opmærksom på, at dette ikke er tænkt som en håndbog i, hvordan man i praksis komposterer med regnorme.

Af hensyn til økonomiberegningernes omfang er det valgt at begrænse beregningsgrundlaget for modellerne således, at der som substrat kun anvendes kvæg- og svinegødning. Desuden omfatter den lavteknologiske model kun regnormekompostering af fast gødning, mens den mellemteknologiske model omfatter regnormekompostering af såvel fast gødning som fiberfraktion fra separeret gylle.

Beregningerne for de to modeller bygger på viden indhentet fra litteraturstudier, studierejser, diverse fagfolk og praktikere. Der foreligger imidlertid endnu kun få videnskabelige undersøgelser af anlægstyper i fuld skala, så beregningerne vil være behæftet med en del usikkerhed.

M.h.t. beregningerne for det lavteknologiske anlæg, er der desuden en meget betydelig usikkerhedsfaktor i de klimatiske betingelser, idet temperatur- og vejrforholdene selvsagt vil have stor indflydelse på omsætningshastigheden.

### 8.1.1 Lavteknologisk model

Generelle forudsætninger:

Forudsætningerne for opstillingen af den lavteknologiske model har været følgende:

- Modellen skal kunne anvendes på flest mulige af de mindre driftstyper.
- Anlægsinvesteringerne og driftsomkostningerne for anlægget skal være lave.
- Modellen skal tilgodese de miljøkrav, der er opstillet i Folketingsbeslutningen om nedbringelse af forureningen med næringssalte og organisk stof.
- Arbejdskraftbehovet skal være fordelt nogenlunde jævnt på året, så spidsbelastninger så vidt muligt undgås.
- Omsætningshastigheden skal under hensyntagen til de klimatiske givne betingelser og arbejdsindsatsen være så høj som mulig for at undgå for stort et arealbehov.

Gødningsopbevaring:

På ejendommen skal der forefindes opbevaringsfaciliteter i form af støbt møddingsplads med afløb til ajlebeholder med opbevaringskapacitet til 1 måneds gødningsproduktion, idet det forudsættes i modellen, at forkompostering finder sted 1 gang pr. måned.

Forbehandling:

Gødning og halmstrøelse struktureres ved hjælp af møgspreder. Ved eventuel yderligere tilsætning af halm anvendes snittet halm, som iblandes gødningen ved hjælp af møgspreder. Der vandes til optimalt vandindhold, hvis tørstofindholdet er for højt.

Forkompostering:

Det forudsættes, at materialet gennemgår en udendørs forkompostering i mile af ca. 14 - 30 dages varighed. Kompostbunken kan eventuelt vendes 1 gang i løbet af denne periode for at sikre tilstrækkelig ilttilgang og hurtig omsætning af materialet. Dette arbejde er imidlertid tidskrævende, hvis milen er afdækket med halm eller gammel kompost for at undgå nedsivning som følge af regnskyl. Vending af milen under forkompostering indgår derfor ikke i den lavteknologiske model.

Formålet med forkomposteringen er at nedsætte risikoen for en u hensigtsmæssig stor mikrobiel selvopvarmning samt for højt  $\text{NH}_3$ -indhold ved den efterfølgende regnormekompostering. Desuden bevirker forkomposteringen en homogenisering af materialet og en vægt- og volumenreduktion på ca. 20% samt en rimelig hygiejnisering.

Regnormekompostering:

Regnormekomposteringen foretages udendørs i flade bænke, der enten kan opbygges i fuld længde af én omgang til 50-60 cm's højde eller af flere omgange, ved at bunkerne sættes i række efter hinanden. En tredje mulighed er at opbygge bænken lagvis af flere gange.

Opbygning af bænken i én omgang er den mindst arbejdskrævende metode, men til gengæld kan komposteringsvarmen ikke udnyttes særlig effektivt i vintermånederne.

Portionsvis opbygning af bænken i fuld højde giver bedre varmeudnyttelse og har samtidig den fordel, at regnormene gradvis vandrer hen i det nye materiale, således at de er lettere at høste, idet de vil opkoncentreres i den senest anlagte ende af bænken.

Lagvis opsætning af bænken giver ligeledes god mulighed for udnyttelse af komposteringsvarmen i de kolde måneder, og regnormene vil her koncentreres i det sidst tilførte øverste lag, som kan høstes for sig selv.

I modellen er det af hensyn til arbejdskraftbehovet valgt at opbygge bænken i fuld højde af flere omgange.

Proceskontrol: Mulighederne for kontrol af processen er ringe, men temperatur, pH og C/N-forhold kan justeres til en vis grad ved anlægning, mens vandindholdet kan justeres fortløbende.

Bunddækning

og afdækning: Såvel forkompostering som regnormekompostering foregår på bar jord. For at undgå forurening af grundvand, åløb eller lign. opsamles drænvandet fra materialet af snittet halm, anvendt som bundmateriale, idet snittet halm har en stor vandopsugningsevne (300-500% af egenvægten). Herved opnåes desuden en bedre ilttilgang til bunden af komposteringsmilerne p.g.a. halmens gode strukturegenskaber.

Under forkomposteringen dækkes milerne med halm eller gammel kompost (vandopsugningsevne 400-1000% af egenvægten) til opsugning af nedbør og for at undgå udtørring og mindske afdampningen af ammoniak fra materialet samt beskytte mod frost om vinteren.

Regnormekomposteringen bør ligeledes beskyttes for at undgå udvaskning eller anaerobe forhold som følge af regnskyl, samt varmetab i vintermånederne eller for stor opvarmning og udtørring i sommermånederne. Hertil kan anvendes halm, udspændte presenninger eller isoleringsplader. I modellen er det valgt at bruge halm, dels fordi halm har en god isoleringsevne og dels fordi halmen ofte forefindes i tilstrækkelige mængder på bedriften.

Miljøkrav: Den endelige Miljøbekendtgørelse om opbevaring og håndtering af husdyrgødning m.m. foreligger ikke på nuværende tidspunkt, men i Folketingsbeslutningen af 31/5-1985 om nedbringelse af forureningen med næringsstoffer og organisk stof, lægges der op til, at der kan tillades markmøddinger for kompost med højt tørstofindhold, når de er overdækkede.

Det er muligt, at et lavteknologisk anlæg af den her beskrevne type i henhold til de kommende miljøregler vil kræve en dispensation, men under forudsætning af, at tørstofindholdet i den faste gødning (eller gylle-halmblanding) er på 22% eller der over, og der funderes og afdækkes i henhold til ovenstående anvisninger, og anlægget ellers placeres fornuftigt, skulle

risikoen for nitratudvaskning til grund- eller overfladevand være minimal.

Ammoniak-  
afdampning:

Der vil sandsynligvis tillige kunne opnåes en nedsættelse af ammoniakafdampningen, idet opbevaringstiden for fast gødning maksimalt er af en måneds varighed og tildækningen af kompostbunken med halm eller gammel kompost under forkomposteringen reducerer afdampningstabet. Desuden vil tilsætning af snittet halm til de mere N-rige gødningstyper (svine-, hønse- og minkgødning) forhøje C/N-forholdet, hvilket også nedsætter ammoniaktabet.

Teknik og  
anlæg:

Regnormekomposteringen kan hovedsagelig foretages med de maskiner, der allerede findes på ejendommen, d.v.s. at nyinvesteringerne bliver få. Der anvendes ikke special-maskineri til sortering af regnorme og kompost, idet det forudsættes, at hovedparten af regnormene kan høstes med den senest anlagte kompost i den ene ende af bænken, og at investering i en sorteringsmaskine ikke er rentabelt for et anlæg af denne størrelse.

Anvendelse af  
produkterne:

Produkterne tænkes hovedsagelig anvendt i egen bedrift: Komposten med den opkoncentrerede regnormebiomasse anvendes til fortsat regnormekompostering, mens resten af regnormekomposten bruges som gødnings- og jordforbedringsmiddel i mark og have. Der kan dog blive tale om et mindre salg af regnormekompost i bulkvare til lokale interesserede haveejere eller planteskoler.

LAVTEKNOLOGISK ANLÆG: OPSTILLING AF ANLÆGS- OG DRIFTSPARAMETRE:

Gødnings-  
produktion:

Fast gødning : 150 t/år.

Opbevarings-  
kapacitet:

Møddingsplads: 1 mdr.

Forkompo-  
stering:

Miler anlægges 12 gange/år med ca. 12,5 t/gang og en komposteringstid på 2-4 uger.

Anlægsparametre for forkompostering af 12,5 t fast gødning/mdr.:

Vægtfylde (vf.), (22-25% TS)	:	ca. 700 kg/m <sup>3</sup>
Miledimension (h x b)	:	1,5 m x 2,5 m
Milelængde	:	ca. 10 m
Mileareal	:	ca. 25 m <sup>2</sup>
Vægtreduktion	:	ca. 20%
Råkompost (ca. 28% TS)	:	ca. 10 t

Bunddækning: Hertil bruges snittet halm, således at det gennemsnitlige TS-indhold i milen efter fundering med halm er på min. 28% TS. Bunddækningen forventes at kunne anvendes 2 gange.

Halmforbrug/arealenhed	:	40 kg/m <sup>2</sup>
Halmforbrug i alt (25 m <sup>2</sup> )	:	1.000 kg
		ca. 72 småballer

Afdækning: Hertil anvendes presset halm, som genanvendes 2 gange.

Halmforbrug (ca. 45 m <sup>2</sup> overfl., 10 cm tykt lag):	:	ca. 400 kg
		ca. 29 småballer

Regnorme-  
kompostering:

Inden opsætning af det forkomposterede materiale udlægges regnormene i et tyndt bundlag af gammel kompost. Opsætning af bænke sker i fuld højde (0,5 - 0,6 m) ved portionsvis udlægning af materiale med gødningsspreder (ca. 5 t/gang), 2 gange pr. måned, således at bænken forlænges i samme ende hver gang.

Anlægsparametre for opsætning af regnormebænke 2 gange pr. mdr.  
ved årlig substratmængde på 120 t.

Mængde	:	ca. 5 t
Mængde/m <sup>2</sup>	:	350-420 kg
Bænkdimension (h x b)	:	0,5-0,6 m x 2,5 m
Bænk længde	:	ca. 5 m
Bænkareal	:	ca. 12,5 m <sup>2</sup>
Komposteringstid	:	3-7 mdr.
Startpopulation af regnorme (Regnorme: substrat = 1: 40-50)	:	100-125 kg (10 kg/m <sup>2</sup> )
Høst	:	4 gange/år
Vægtreduktion af kompost	:	ca. 25%
Kompost (ca. 34% TS, vf.: ca. 600 kg/m <sup>3</sup> ):	:	ca. 7,5 t

Afdækning: Regnormebænkene afdækkes ved opsætning med 2 lag småboller langs siderne og presset halm på overfladen. Afdækningen forventes at kunne genanvendes min. 2 gange/år.

Halmforbrug til afdækning af sider (5 m bæk) : 22 baller  
Afdækning af ender : 11 baller  
Overdækning m. ca. 15 cm halm (ca. 1 balle/m<sup>2</sup>): 13 baller

I alt 46 baller  
ca. 645 kg halm

Anlægs- og driftsparametre på årsbasis:

Arealforbrug: Møddingsplads (12,5 t/mdr.)  
incl. plads til halmiblanding : ca. 30 m<sup>2</sup>  
  
Forkompostering incl. arbejdsareal : ca. 50 m<sup>2</sup>  
Regnormekompostering af (5 t x 2)/mdr. : ca. 225 m<sup>2</sup>  
Arbejdsareal + lager : ca. 275 m<sup>2</sup>  
  
Arealforbrug ialt til kompostering m.m. : 550 m<sup>2</sup>

Halmforbrug: Bunddækning : ca. 6,0 t  
Afdækning: forkompostering : ca. 2,4 t  
Afdækning: regnormekompostering : ca. 6,2 t  
  
I alt : 14,6 t

Forbrug af regnorme: Ved høst af regnormekompost  
4 gange/år (100-125 kg x 4) 400-500 kg

ÅRSPRODUKTION:

Kompost (TS-indhold ca. 34%, vf. ca. 600 kg/m<sup>3</sup>) ca. 90 t  
ca. 150 m<sup>3</sup>

Regnormebiomasse (TS-indhold: ca. 20%,  
omsætningsfaktor fra substrat til regnorme: 5%) 6,0 t +)

+) Heraf skal der til regnormekompostering minimum forbruges ca. 500 kg/år.

ANLÆGSUDGIFTER:

Faste installationer:

Det forudsættes, at der på ejendommen forefindes funderet møddingsplads med kapacitet til 1 måneds gødningsopbevaring.

Maskiner og materialer:

+ ) Traktor med frontlæsser  
+ ) Gødningsspreder  
Halmsnitte : ca. kr. 20.000,-

+ ) Det forudsættes, at disse maskiner allerede forefindes på ejendommen.

DRIFTSOMKOSTNINGER:

Arbejdskraftbehov:

Forkompostering:	55 timer
Regnormekompostering:	60 timer
Vedligeholdelse m.m.	<u>10 timer</u>
I alt pr. år	125 timer

Energiforbrug:

Dieselolie (til traktorarbejde):	ca. 1.000 l
Elforbrug (til halmsnitning):	ca. 100 kWh

### 8.1.2

#### Mellemteknologisk model

Generelle forudsætninger:

Forudsætningerne for opstillingen af den mellemteknologiske model har været følgende:

- Modellen skal kunne anvendes af flest mulige af de mellemstore og større bedriftstyper.
- Modellen er udformet for ejendomme, der under alle omstændigheder skal investere i etablering eller udvidelse af gødningsopbevaringsfaciliteterne, hvorfor der tolereres et væsentligt højere investeringsbehov end for den lavteknologiske model.
- Arbejdskraftbehovet skal være relativt lavt, hvilket medfører at de fleste arbejdsfunktioner er mekaniserede.
- Regnormekomposteringen skal foregå under kontrollerede betingelser, således at der opnåes en høj omsætningsrate med heraf følgende mindre arealbehov end i den lavteknologiske model.
- Modellen skal tilgodese de miljøkrav, der er opstillet i Folketingsbeslutningen om nedbringelse af forureningen med næringsalte og organisk stof.

Der er i den mellemteknologiske model valgt at fokusere på to systemer til behandling af henholdsvis 600 t fast gødning/år og 600 t separeret fiberfraktion/år fra kvæg og svin. Da fiberfraktionen imidlertid kun udgør ca. 20% af den totale gyllemængde, svarer sidstnævnte anlæg til en årsproduktion på ca. 3.000 t gylle.

Modellen kan også anvendes for gylle, der iblandes snittet halm til et passende tørstofindhold (jvf. tabel 8.6 og tabel 8.7), men et sådant anlæg er ikke medtaget her af hensyn til beregningernes omfang.

Forkomposteringsmetoder:

For hver af de to gødningstyper, fast gødning og separeret fiberfraktion, er der to muligheder m.h.t. forkompostering af materialet:

- 1) En højteknologisk kompostering i komposteringsvarmeanlæg (KV-anlæg).
- 2) En lavteknologisk kompostering i mile på friland.

De to metoder har hver deres fordele og ulemper, men inden dette emne berøres, skal det kort beskrives, hvordan et KV-anlæg er indrettet.

Beskr. af kom-  
posterings-  
varmeanlæg:

Et KV-anlæg består af en varmeisoleret beholder, hvortil gødningen indmades dagligt, eventuelt direkte fra udmugningsanlægget i stalden. I beholderen struktureres og beluftes materialet samtidig med, at vandindholdet reguleres, således at komposteringsprocessen foregår optimalt. Herved opstår der overalt i materialet temperaturer på 60-70° C, og den overskydende varme fra processen kan udnyttes via varmevekslere. I tilknytning til varmevekslerne er anbragt luftvaskere, hvori lugtstoffer, heriblandt ammoniak (NH<sub>3</sub>) opsamles.

Fordele og u-  
lemper ved de  
to forkompo-  
steringsmeto-  
der:

De to forkomposteringsmetoder har hver deres fordele og ulemper:

- Kompostering i KV-anlæg er mindre arealkrævende end milekompostering, idet der sker en meget hurtig vægt- og volumenreduktion.
- I KV-anlæg kan varmen udnyttes til opvarmning af bygninger og regnormekomposteringsbænke, mens den udviklede varme i komposteringsmilerne går tabt.
- Lugt- og fluegener undgås helt i KV-anlæg ligesom plante- og dyrepatogener, parasitter og spiredygtige ukrudtsfrø elimineres, idet der overalt i materialet opnåes en temperatur på 60° C eller derover i længere tid (5-7 dage). En fuldstændig undgåelse af disse problemer kan ikke garanteres ved milekompostering.
- KV-anlæg er mindre arbejdskrævende, men til gengæld langt mere investerings- og servicekrævende end milekompostering.

Forskellen i investeringsbehov er naturligvis en meget vigtig faktor ved valg af forkomposteringsmetode, men ser man bort herfra, egner KV-anlægget sig bedst til bedrifttyper med en ensartet gødningsproduktion og et opvarmningsbehov året rundt (f.eks. sobesætninger med smågriseproduktion), mens milekompostering er bedre egnet for bedrifttyper hvor gødningsproduktionen hovedsagelig er koncentreret i vinterhalvåret og opvarmningsbehovet er mindre (f.eks. kvægbesætninger med sommergræsning).

Valg af forkom-  
posterings-  
metode:

Af hensyn til økonomiberegningernes omfang er det i den mellemteknologiske model valgt kun at medtage den lavteknologiske forkompostering i mile på friland. I APPENDIKS 5 er der til

sammenligning opstillet de tilsvarende anlægs- og driftsparametre for et anlæg, hvor der anvendes et KV-anlæg til forkompostering af fast gødning eller fiberfraktion.

#### Gødningsopbevaring

- Fast gødning:** Ved forkompostering af den faste gødning i mile kræves en funderet møddingsplads til opbevaring af maximum 3 døgn's gødningsproduktion svarende til en fuldtlastet gødningssspreder med en kapacitet på ca. 5 t.
- Gylle:** Ved milekompostering af fiberfraktionen sættes lagerkapaciteten til 3 døgn's gylleproduktion svarende til ca. 30 m<sup>3</sup> samt funderet areal til opbevaring af ca. 5 t fiberfraktion.
- Forbehandling:** Ved behandling af fast gødning forudsættes det, at den anvendte halmstrøelse er snittet. Forbehandling af såvel fast gødning som fiberfraktion fra gylle omfatter således kun eventuel tilsætning af snittet halm og/eller vand til passende C/N- og tørstofforhold er opnået.

#### Forkompostering

Komposteringsmilerne opbygges v.h.a. gødningssspreder på funderet areal med afløb til gylle- eller ajlebeholder. Der opsættes ca. 5 t hver 3. dag, og komposteringstiden er 2-4 uger, hvorunder milen vendes én gang for at sikre tilstrækkelige iltforhold. Eventuel justering af vandindholdet foretages manuelt ved oversprinkling. Der forventes en vægtreduktion på ca. 20%.

#### Regnormekompostering

Regnormekomposteringen foregår i indendørs bænke opbygget på støbt underlag med afdræning til opsamlings- eller ajlebeholder. Bænkene opvarmes med el, og temperaturreguleringen sker v.h.a. termostatregulerede varmeslanger, der er placerede i bænkenes underlag.

Udlægning af materiale foretages med 1-3 dages intervaller i tynde lag indtil bænke er 0,5-0,6 m høje. Ved opbygning til denne højde kan der opretholdes passende iltforhold uden beluftning af materialet. Vandindholdet kontrolleres og reguleres jævnlige ved oversprinkling.

Der regnes med 4 produktionscykler á 3 måneders varighed pr. år, og høst og sortering af regnorme finder sted efter hver cyklus. Vægtreduktionen ved regnormekompostering skønnes til ca. 25%.

Proces-  
kontrol:

Ved forkompostering i mile er mulighederne for under processen at styre de procesregulerende fysisk-kemiske parametre ringe, men anaerobe forhold, som følge af højt vandindhold eller for tæt pakning af materialet, kan modvirkes ved strukturering og vending af milen, mens for lavt vandindhold og for kraftig beluftning af materialet kan modvirkes ved oversprinkling og pakning af milen.

Temperaturregulering af regnormekomposteringen foregår automatisk, mens vandindholdet reguleres manuelt.

Miljøkrav:

Gødningsopbevaring, forkompostering og regnormekompostering foregår på befæstede arealer, mens rågylle og separeret gylle opbevares i beholdere i overensstemmelse med de opbevarings- og kapacitetskrav, der er angivet i Folketingsbeslutningen om nedbringelse af forureningen med næringssalte og organisk stof.

Ved produktion af fast gødning og ajle forudsættes det, at der på ejendommen forefindes tilstrækkelig lagerkapacitet til opbevaring af ajlen, således at denne faktor ikke indgår i modellen.

Den færdige regnormekompost opbevares overdækket på funderet areal.

Teknik og  
anlæg:

Der må påregnes en del investeringer til maskiner og anlæg, da processerne så vidt muligt er mekaniserede for at undgå for stort arbejdskraftbehov.

Der anvendes ikke specialmaskineri til sortering af regnorme og kompost, idet de sorteringsmaskiner, der i øjeblikket findes på markedet, har for lav kapacitet og automatiseringsgrad i forhold til investerings- og arbejdskraftbehovet til, at det kan betale sig for den enkelte landmand selv at sortere og pakke komposten ved en kompostproduktion af denne størrelse.

Hovedparten af regnormen vil imidlertid kunne høstes ved fjernelse af det senest tilførte øverste kompostlag.

Anvendelse af  
produkterne:

Komposten med den opkoncentrerede regnormebiomasse kan anvendes til fortsat regnormekompostering på bedriften, eller muligvis sælges ud af bedriften til fabrikker, der kan sortere og videreforarbejde regnormebiomassen til foder.

Regnormekomposten kan dels anvendes i egen bedrift eller som bulkvare sælges til interesserede haveejere, planteskoler og

gartnerier. En anden mulighed er at sælge den uforarbejdede regnormekompost til kompostproducenter, der kan videreforarbejde (sigte, blande og pakke) den, så den kan sælges som pottemuld el. lign. i mindre enheder.

#### MELLEMTeknologisk ANLæg MED MILEKOMPOSTERING

##### OPSTILLING AF ANLÆGS- OG DRIFTSPARAMETRE:

Gødningsproduktion:	Fast gødning eller fiberfraktion: (22-25% TS, vf.: ca. 700 kg/m <sup>3</sup> )	600 t/år.
Gødningsopbevaring:	Opbevaringskapacitet: fast gødning/fiber:	3 dg ca. 5t
	Opbevaringskapacitet: rågylle	: 3 dg 30 m <sup>3</sup>
Forkompostering (hver 3. dag):	Mængde	: ca. 5 t/3. dg.
	Miledimension (h x b)	: 1,5 m x 2,5 m
	Milelængde	: ca. 3.8 m
	Mileareal	: ca. 9,5 m <sup>2</sup>
	Antal vendinger af komposten	: 1
	Opholdstid	: 2-4 uger
	Vægtreduktion	: ca. 20%
Regnormekompostering:	På årsbasis:	
	Råkompostmængde (ca. 28% TS)	: ca. 480 t
	Omsætning/m <sup>2</sup>	: ca. 2 t/m <sup>2</sup>
	Arealbehov til bænke	: ca. 240 m <sup>2</sup>
	Startpopulation af regnorme (ca. 2 kg/m <sup>2</sup> )	: ca. 480 kg
	Bæklængde ved bredde 3 m	: ca. 27 - 40 m
	Antal bænke	: 2
	Komposteringstid	: ca. 3 mdr.
	Høst af regnorme og kompost	: 4 gange/år
	Vægtreduktion af kompost	: ca. 25%
	Kompost (ca. 34% TS, vf.: ca. 600 kg/m <sup>3</sup> ):	ca. 360 t

### Anlægs- og driftsparametre på årsbasis

#### Arealforbrug:

Opbevaring af fast gødning/fiber	:	30 m <sup>2</sup>
Opbevaring af rågylle	:	15 m <sup>2</sup>
Funderet areal til milekompostering incl. arbejdsareal og lovpligtig randzone	:	ca. 260 m <sup>2</sup>
Regnormekomposteringsbænke (indendørs)	:	ca. 240 m <sup>2</sup>
Indendørs arbejdsareal	:	ca. 100 m <sup>2</sup>
Kompostlager (udendørs)	:	<u>ca. 100 m<sup>2</sup></u>
 Arealforbrug i alt til kompo- stering m.m.	:	 ca. 745 m <sup>2</sup>

På ejendomme med gylleproduktion skal der desuden beregnes kapacitet til 6 måneders opbevaring af den flydende gyllefraktion svarende til ca. 1.200 m<sup>3</sup> samt opsamlet regnvand. Gyllebeholdervolumen i alt: ca. 1.400 m<sup>3</sup>.

#### Forbrug af regnorme:

Ved høst af regnormekompost 4 gange/år : ca. 500 kg  
og omsætning af 2 t/m<sup>2</sup>/år

#### ÅRSPRODUKTION:

Kompost (TS-indhold ca. 34%,  
vf. ca. 600 kg/m<sup>3</sup>) : ca. 360 t  
ca. 600 m<sup>3</sup>

Regnormebiomasse (TS-indhold: ca. 20%,  
omsætningsfaktor fra substrat til  
regnorme: 7,5%) : ca. 36 t +)

+ ) Heraf skal der til regnormekompo-  
stering forbruges ca. 500 kg/år

### ANLEGSUDGIFTER:

#### Opbevaring og forbehandling:

a) Med produktion af fast gødning:

Funderet areal til gødningsopbevaring og forkompostering m. afløb til ajlebeholder (ca. 290 m<sup>2</sup>) : ca. kr. 80.000

b) Med gylleproduktion:

- + ) Fortank til rågylle (kapacitet: 30 m<sup>3</sup>)
- + ) Gyllepumpe
- Halmsnitter : ca. kr. 20.000
- Funderet areal til gødningsopbevaring og forkompostering m. afløb til gyllebeholder (ca. 290 m<sup>2</sup>) : ca. kr. 80.000
- + ) Forudsættes at forefindes på ejendommen.

#### Regnormekompostering:

Funderet areal (340 m<sup>2</sup>) med 240 m<sup>2</sup> afdrænedede bænke incl. installationer til til opvarmning til el og vand : ca. kr. 185.000

PVC-telt : ca. kr. 75.000

Vintermåtter : ca. kr. 5.000

2 motoriserede udlæggere : ca. kr. 40.000

#### Maskiner:

- + ) Traktor m. frontlæsser
- + ) Gødningsspreader
- + ) Gødningstransportør
- + ) Det forudsættes, at disse maskiner allerede forefindes på ejendommen.

#### DRIFTSOMKOSTNINGER:

Arbejdskraftbehov: ca. 300 timer

#### Energiforbrug:

Dieselolie : ca. 2.500 l

Elforbrug:

- ved behandling af fast gødning: ca. 30.500 kWh
- ved behandling af gylle : ca. 35.000 kWh

## INDUSTRIEL MODEL.

Denne type anlæg er baseret på en industriel proces ved behandling af organisk materiale.

Procesforløbet vil være under konstant overvågning med muligheder for indgreb i produktionen. Procesforløbet fastlægges fra starten og orme-foderets sammensætning bestemmes udfra de optimale betingelser.

Processen er reproducerbar og derved sikres et ensartet slutprodukt, der er egnet til salg eller videre behandling. Anlægget kan på økonomisk forsvarlig måde behandle ca. 10.000 tons årligt af organisk affald (svarer til 13.000 tons/år af forbehandlet materiale). Ved større kapaciteter vil økonomien blive forbedret.

Ved behandling af organisk affald i det omtalte anlæg, vil der være fordele og nye muligheder i forhold til lav- og mellem-teknologiske anlæg.

De umiddelbare fordele er som følger:

1. Investeringer per ton behandlet materiale er lavt.
2. Arbejdsindsats er lav.
3. Lille pladsbehov.
4. stort udbytte.

Som nye muligheder kan nævnes manipulation med foderblanding, hvor der kan opkoncentreres tungmetaller i regnormene. Regnormene kan i det tilfælde, ikke bruges bagefter i fødekæder.

Anlægget vil have et overskud af lavenergi. I det omtalte projekt er der ikke taget stilling til hvordan dette kan nyttiggøres.

Det kan nævnes, at anlægget kan udvides med et biogasanlæg til produktion af energi til dækning af anlæggets energibehov, evt. i tilknytning til et lokalt kraftvarmeværk, hvor der således er skabt mulighed for at nyttiggøre en stor del af anlæggets overskud af lavenergi. Disse muligheder anses imidlertid for irrelevante i forbindelse med nærværende rapport på nuværende tidspunkt.

Anlægget er opbygget af følgende dele:

1. Modtagerpladsen.
2. Forkompostering.
3. Vækst- og produktionskamre.
4. Fabrikken.
5. Automatik.

I det følgende gives en beskrivelse af hver del samt af de processer der anbefales til behandling af produkterne. Opstilling af anlægs- og driftsparametre, med nøgletal til dimensionering er dernæst samlet under et og til sidst i afsnittet er opstillet anlægs- og driftsbudget.

I appendiks 6.1 vises en skitse af det foreslåede anlæg. Anlægget er dimensioneret for ca. 28 tons organisk affald med et rumvolumen på ca. 32 m<sup>3</sup> om dagen.

Der regnes med et udbytte på ca. 15 tons kompost og 2.6 tons regnorme om dagen.

Energi til opvarmning og ventilation stammer hovedsagligt fra forkompostering (se appendiks 6.2).

#### ANLÆGSBESKRIVELSE.

##### Modtager- pladsen

Det organiske materiale af forskellig karakter modtages på en speciel modtagerplads. Materialet lagres efter karakter og blandes lige inden brug til det ønskede substrat.

I nogle tilfælde kan det materiale der modtages udelukkende bestå af gylle, hvilket ikke er specielt redegjort for i det følgende. I appendiks 6.3 skitseres derimod kort, hvorledes gyllen skal behandles inden videre behandling i det industrielle anlæg.

Ved modtagelse af materialet foregår en findeling (gødnings-sprederprincip). Der indrettes ligeledes en halmplads. Ved for lille tørstofindhold i substratet tilføres snittet halm (halm-snitte).

Transporten fra blande-beholder til forkompostering foregår ved hjælp af en ekscentersnekkepumpe. Foran pumpen er der placeret en "Allweier macerator" til yderligere findeling og homogenisering af materialet.

Der er tilstræbt en høj hygiejnisk standard ved udformning af pladsen, samt værn mod luft- og grundforurening.

For-  
kompostering

Substratet bliver ved hjælp af en ekscentersnekkepumpe transporteret til et forkomposteringskammer, hvor forkomposteringen foregår ved hjælp af ilt fra luften (oxidering). Ved denne proces formes varme, vand, ammoniak og kultveilte, som de væsentligste biprodukter. Korrekt iltning opnås ved at:

- A - Materialet er tilpas findelt.
- B - Vandindholdet i materialet er højt.
- C - Alt materialet regelmæssigt bliver bragt direkte i kontakt med luften.

ad. A

Findeling er foretaget ved modtagelsespladsen i maceratoren.

ad. B

På grund af ventilation i kamret for tilførsel af ilt og en temperatur i kamret på 60 °C vil der kunne bortledes mere vand fra kamret end der bliver produceret. Ved at styre vandmængde og temperatur i den tilførte luft til oxidering kan processen styres.

Ved måling af vand, kultveilte, ammoniak, ilt og temperatur i den bortledte luft, og under forudsætning af en optimal oxidering, kan processen styres ved at regulere indblæsningsluften (mængde og temperatur).

ad.C

Ved rotation af kamret vil materialet regelmæssigt blive vendt således at hver partikel regelmæssigt kommer i direkte kontakt med luften i kamret, hvorved ilten i luften overføres.

Forkompostering af materialet har til formål at fremstille et egnet substrat til regnormene hvor C/N forholdet er optimalt, ammoniak udvikling er nedsat til et minimum og reaktionshastighed (varmeudvikling) er nedsat væsentligt.

Processen har yderligere 2 væsentlige funktioner; p.g.a. den relativt høje temperatur vil der opstå en nedbrydning af parasitter og patogener. Yderligere kan forkomposteringsvarmen bruges til den efterfølgende regnormekultur, tørringsprocesser og opvarmning af bygningerne.

Ammoniak er et værdifuldt element p.g.a. indholdet af kvælstof. Omvendt er det et stof der ikke må udledes til det eksterne miljø. Ammoniak er let opløseligt i vand. Da forkompostering vil foregå i vådt miljø vil en stor del blive opløst til  $\text{NH}_4\text{OH}$ , hvor det bliver nedbrudt i processen.

Den del af  $\text{NH}_3$ , der bliver medført af ventilationsluften bliver kondenseret og opløst i vand ved genvindings køleflade. Kondensat fra kølefladerne føres til blandebeholderen og bliver således ført tilbage i processen.

Indblæsningsluften vil være en blanding af udsugningsluften og frisk luft. Blandingsforholdet afgøres af den ønskede ilttilførsel. Temperatur og luftbefugtning styres efter målte værdier i den udsugede luft fra kamret.

Transport af materialet gennem kamret sker ved rotation af kamret. Kamret forsynes med en lede spiral på ca. 50 mm i højde og en stigning svarende til omdrejningstal og kamrets længde, samt gennemløbstider. Kamret vil have svagt fald i transportretningen.

Tilførsel af materialet til kamret sker gennem et 3" trykrør og afleveres i begyndelsen af kamret. Ved udløbet af kamret opfanges materialet i en forrådsbeholder, hvorfra det transporteres videre til klimakammerne ved hjælp af en ekscentersnekkepumpe.

PH i forrådsbeholdere kontrolleres og der tilsættes om fornøden kalkmælk.

Klima-  
kammerne

Kammerne kan opdeles i klæknings-/ vækstkammer og produktionskammer. Der dimensioneres for 10 % regnorme af oprindeligt anvendt råmateriale.

Vækstkammer, population og omsætning af materiale er hovedsagligt baseret på forsøg udført af Roy Hartenstein, Neuhauser, David Kaplan m.fl. Her henvises specielt til OIKOS 35 .93-98 1983 og J. environ. Qual. vol. 10 no. 3 1981.

Vækst-  
kammer

Kamret består af et rør  $\varnothing$  380 cm og  $L = 30$  m. Rotationshastighed er ca.  $15^\circ/\text{h}$ , og gennemløbstiden er 40 dager.

Der tilføres dagligt 2 tons kompost med ca.  $1.6 \times 10^6$  regnorme i alder fra 1-10 dage (ca. 120 kg) og  $3.3 \times 10^5$  kokoner sammen med 4 tons substrat til fodring.

Der høstes hver dag 5 tons kompost sammen med 1 ton regnorme. Materialet fordeles over 4 stk. produktionskamre. Transport af materialet gennem kamret foregår på lignende måde som ved forkompostering.

Vækstkamret har til formål at fremstille regnorme til podning til den endelige produktion. Regnorme, kokoner og muld tilføres vækstkamret fra sorteringsanlæg i en container. Transporten foregår ved hjælp af en hænge transportør.

Materialet tilsættes i begyndelsen af vækstkamret. Fodring med substrat fra forkomposteringen sker i takt med væksten og omsætningen i kamrets fulde længde.

Efter ca. 40 dage modtages regnorme og kompost til podning i produktionskamrene. Materialet bliver opsamlet i container og transporteret videre i en hænge conveyor til produktionskamre.

Væksten er betinget af temperatur, vandindhold og tilgængelighed af substratet. Temperatur og vandindhold styres ved hjælp af ventilationsanlæg.

I kamret placeres en del dyser til forstøvning af vand for lokalt at kunne foretage korrektion i temperatur og fugtighed, samt en dyse til damp til befugtning af luften.

Tilgængelighed af materialet er baseret på en findeling som allerede er foretaget tidligere og fordeling af foderet i kamret. Fordeling af foderet er styret af et foderprogram. Programmet giver impulser til 10 stk. pneumatisk betjente foderhaner, der således fordeler foderet i kamret.

En anden vigtig forudsætning for vækst er, at substratet har den rigtige pH-værdi, samt at der ikke opstår anaerobe lommer eller at der bliver dannet ammoniak. For at sikre tilstrækkelig ilttilførsel vil materialet blive vendt ved en eller to daglige rotationer af kamret.

Yderligere vil der blive anvendt methan-sensorer og ilt- og CO<sub>2</sub> indholdet i den bortledte luft blive kontrolleret. Disse parametre har betydning for kontrol af processens forløb.

Ved overskridelse af de indstillede grænseværdier vil der afgives alarmsignal, hvorefter der kan gribes ind og afhjælpe fejlen. Dannelse af syre er ligeledes et tegn på et forkert procesforløb, der skal rettes op. Dannelse af ammoniak tyder på en dårlig forkompostering, der i så fald skal udbedres.

En rigtig udformning af måleudstyr med tilstrækkelig lavt indstillede grænseværdier anses som en forholdsvis hurtig registrering af procesfejl, således at alvorlige skader på regnormekulturen kan undgås.

#### Produktionskamre

Produktionskamrene, 4 stk. ialt, er stedet hvor langt den største del af materialet bliver omsat og den største tilvækst for regnorme finder sted. Kamret består af et rør  $\varnothing$  380 cm og L = 30 m. Rotationshastighed er ca. 15<sup>o</sup>/h og gennemløbstid er 30 dager.

Hvert kammer tilføres dagligt 1.25 tons kompost og 250 kg regnorme med en gennemsnitsalder på 5 uger (ca.  $6.25 \times 10^5$  regnorme) sammen med 5 tons substrat.

Der overvåges for iltforbrug, temperatur, vandindhold og dannelse af methan. Hver dag høstes 5.5 tons muld og 650 kg regnorme per kammer.

Materialet fra vækstkamret tilføres i begyndelsen af produktionskamret. Inden for 7 dage vil den største del af regnormene være kønsmoden, hvorefter kokonproduktion vil starte. Dette er vigtigt for kontinuiteten i processen. Fodring foregår som ved vækstkamret ved hjælp af et foderprogram.

Ventilation, styring og kontrol af pH, vand, ilt, kalk, ammoniak, methan, temperatur og kultveilte er som før beskrevet under vækstkamret. Ventilation er dog i modstrøm med materialet i kamret. Produktionskamre er stedet hvorfra der høstes muld, regnorme og kokoner.

Ved udløbet fra produktionskamre modtages materialet i en accumuleringsbeholder, hvorfra det ved hjælp af et transportbånd bliver transporteret videre til fabrikken til efterbehandling.

#### Fabrikken

Fabrikken er stedet, hvor produkterne får en efterbehandling og færdiggøres til salg (se skemaform i appendiks 6.4). Efter modtagelse af produkterne vil der først foretages en grovsortering med en efterfølgende finsortering.

Sortering består i adskillelse af muld fra regnorme. Mulden bliver yderligere sorteret i en landbrugskvalitet og en finere kvalitet til gartnerbrug. Regnormene sorteres i store og små regnorme.

Små orme bliver sammen med en del kompost og kokoner ført tilbage til væstkamret. Store regnorme bliver for den største del aflivet og tørret (tør overflade) emballeret og lagt på frostlager til brug som dyrefoder. Levende regnorme emballeres og bringes i dvale på kølelageret. Levende regnorme er beregnet for fiskerne, zoologiske haver, dyrehandlere m.m.

Muldjorden undergår en tørringsproces før lagring. Den fine kvalitet muld emballeres og sælges til prydplanter, stueplanter mm. Landbrugskvaliteten sælges til jordstrukturforbedring og erstatning for kunstgødning m.m. Mulden lagres tørt på fast underlag.

#### Automatik

Kraftstyring og overvågning vil blive bygget sammen i en fælles tavle, der vil blive anbragt i maskinstuen i fabrikken.

Styrings og overvågningscentralen vil have de nødvendige ind- og udgangsporte til digital/analogsignaler. Processen kan følges via et dynamisk skærbillede.

Fejldrift, afvigelser og status udskrives efter behov. Produktionstal, modtaget materiale samt driftstal udskrives hver dag. Eventuelt salg af overskudsenergi kan ligeledes registreres i driftsrapporterne.

#### PROCESBESKRIVELSE.

#### Regnorme-sortering

Sortering foregår på en skånsom måde for at undgå beskadigelse af regnorme. Nuværende kendte mekaniske metoder til regnorme-sortering er for hård behandling for regnorme og vil give for usikre resultater for genanvendelse af regnorme til væstkamret.

Der foreligger imidlertid enkelte andre ikke afprøvede metoder baseret på naturloven eller på regnormes adfærd. Forsøg med forskellige muligheder for sorteringsanlæg agtes gennemført, før der tages stilling til den enkelte udformning.

Som muligheder kan nævnes påvirkning af regnorme under kontrollerede forhold:

Der har under bestemte forhold kunnet konstateres regnormeflugt. Situationen har f.eks. kunnet iagttages ved slukning af lys, mørke huller, dannelse af syre og/eller methan eller ammoniak i komposten, varme påvirkning, vibrationer og elektrisk påvirkning

Ved at drive regnorme til et veldefineret lag kunne dette lag til sidst adskilles fra den regnormeforladte del. Metoden kan bruges som grovsortering, hvor regnorme er usorterede og stadigvæk blandet med en del muld og kokoner.

En yderligere sortering kunne være baseret på massen af hver enkelt orm og muldpartikler samt kokoner. Her skal tages i betragtning at kun store regnorme skal høstes, små regnorme samt en del af komposten, f.eks. den del af komposten der er frasorteret sammen med regnorme og kokoner, skal tilbageføres til væstkamret.

Regnormenes aktivitet skal nedsættes væsentlig ved finsortering for at undgå sammenklumpning. Her foreligger muligheden for at bruge et V-bånd, hvor regnorme ligger i et minimalt tykt lag med rysteanordning. Båndet ledes gennem en køletunnel, hvor der samtidig vil være en vis nedsættelse af materialets fugtindhold. Ved afslutningen af båndet vil hver partikel forlade båndet med samme hastighed.

Hver partikel påvirkes under dens fald inden for et begrænset område med en kraft således, at der opstår en ændring i banen, alt afhængig af størrelse og masse. Kraften udøves af en luftstrøm. Systemet kræver en ensartet kornstørrelse i komposten.

Frasorteret muld, kokoner og små regnorme føres med et hænge-transportbånd til væstkamret.

Videre  
behandling af  
regnorme

De store regnorme skilles i en del til aflivning og en del til salg af levende orme. De levende regnorme bliver ved finsortering modtaget i en bakke med ca. 1-2 cm sphagnum blandet med kompost og et passende vandindhold. Bakken fyldes med en tilsvarende mængde regnorme, hvorefter bakken placeres på et kølelager. Der regnes med max. 5 dages lagring.

Regnorme til aflivning modtages i en bakke, der føres gennem et varmebad, hvorefter bakken med regnorme tømmes i et roterende tørretromle for at opnå en tør overflade med gennemløbstid på ca. 30 min.

Fra tørretromlen føres regnormene ind i en roterende lynfrost-tunnel med en gennemløbstid på ca. 30 min., hvor den yderste skal af regnormene bliver nedkølet til ca.  $-15^{\circ}\text{C}$ . Temperaturudligning foregår i frostlager, hvor regnormene efter lynfrysning og emballering vil blive lagret. Emballering sker i 70 l papirposer. Lagringstid vil max. være 14 dage.

Videre  
behandling af  
kompost

Efter sortering af muld og regnorme vil der være muld og kokoner tilbage. Såfremt der er frasorteret for få kokoner sammen med regnormene ved grovsortering vil der frasorteres kokoner fra mulden ved hjælp af sorteringsanlæg, som for finsortering af regnorme.

Kokonerne føjes sammen med små regnorme og kompost, der skal føres til vækstkamret. Herefter føres mulden gennem en tørretromle for at opnå et passende tørt produkt.

Efter tørring sigtes materialet i en tromlesi. Den fineste del embaleres i 70 l papirsække til blomstergartnere, potteplanter mm. og stilles på lager. Resterende del føres med transportbånd til lagring. Der regnes med max. 10 dages lagring på et overdækket areal på ca. 200 m<sup>2</sup>.

#### OPSTILLING AF ANLÆGS- OG DRIFTSPARAMETRE.

I det følgende gives en dimensionering samt investerings- og driftsbudget for et industrielt anlæg med en kapacitet på 28 tons/dag af organisk materiale.

Der regnes med et udbytte på ca. 15 tons kompost og 2.6 tons regnorme om dagen. Energi til opvarmning og ventilation stammer hovedsagligt fra forkompostering.

Anlægget består af følgende:

1. Modtagerplads til staldgødning
2. Forkompostering
3. Regnormekomposteringskamre
4. Fabrikken mm. (efterbehandling)
5. Udlevering
6. Diverse uforudset.

#### Ad. 1. MODTAGERPLADSEN.

Beholderen

Beholderen er støbt i beton med ca. 15 m<sup>3</sup> rumindhold. Tanken er lukket. I bunden ligger der perforerede rør til indblæsning af luft og i toppen tages gassen fra beholderen. Ved aflæsning af gødning i beholderen løsnes materialet.

Beholder til andet gødning med højt tørstofindhold skal være tilsvarende.

Beholder til gylle	Gyllebeholderen består af en beton tank med pumpeump på ca. 20 m <sup>3</sup> . I bunden ligger perforerede rør til indblæsning af luft og i toppen tages gassen fra beholderen.  Alt beton i tankene får en overfladebehandling for at sikre at beholderne er vandtætte.
Halmlager	Til halmlager afsættes en plads til oplagring af ca 200 m <sup>3</sup> halm
Tilførsels- rampe	Som tilførselsrampe anvendes en betonplade foran gødningsbeholdere. Længde x bredde = 12 m x 8 m = 100 m <sup>2</sup> .
Let over- dækning	Til aflæsning af gødning bygges en lukket hal på 160 m <sup>2</sup> . Huset rummer tillige macerator, halmsnitte og ekscenterpumpe.
Kloak, jord- arbejde mm.	Pladsen nivileres, dræn, vej og kloakarbejde udføres. Spule-slange og trykluft skal være tilgængeligt.
Maskinudstyr	Af maskinudstyr på modtagerpladsen skal følgende anvendes:  2 stk. snegletransportører til gødningsbeholdere. 1 stk. gyllepumpe 1 stk. halmsnitte, rør og slidser.
Blandingsværk	Til blandingsværk skal følgende anvendes:  Betontank ca. 50 m <sup>3</sup> Rørværk. Macerator og ekcenterpumpe. Diverse rør, ventiler m.m.
Styring Overvågning El-kraft	Kørsel af motorer styres fra central tavle. Der installeres overvågning for fejldrif. El-kraft og belysning styres fra samme tavle.
Diverse	For uden det ovenfor nævnte indeholdes følgende i forbindelse med modtagerplads:  Elektrisk arbejde incl. belysning Styring og overvågning

Montage af maskiner  
Igangsætning  
Projektering

Ad. 2. FORKOMPOSTERING:

Kamret

Kamret består af et rør  $L = 30$  m, gennemløbstid på 60 timer.  
Fyldningsgrad 50 -60 %  
Massefylde af gødning ved indløb ca.  $950 \text{ kg/m}^3$ .  
Omsætning i 60 timer ca. 25 %  
Vægttab ca. 20 %  
Tørstofindhold ved indløb ca. 15%  
Tørstofindhold ved udløb ca. 25 %

Før videre behandling i regnormekamret tilsættes vand til tørstofindhold på 15 % (vandtilførsel delvis fra dræning).

Nødvendig  
rumvolumen

26 t gødning/dag = 1.04 t/h  
 $60 \text{ h} = 62,5 \text{ t}$  svarende til  $0.95 \times 62.5 : 0.95 = 62.5 \text{ m}^3$ .  
 $62.5 \text{ m}^3 = 55 \%$  af komposteringskamrets rumvolumen.  
kamrets rumvolumen =  $114 \text{ m}^3$  eller  $3.8 \text{ m}^3/\text{m}$  kammer.  
Kamrets diameter = 2.2 m.

Der modtages dagligt ca.  $25 \text{ m}^3$  forkomposteret materiale, svarende til 22 t materiale.

Ved en diameter = 3250 mm, er kapaciteten på tromlevolumen =  
 $0.7854 \times 3.25^2 \times 30 = 249 \text{ m}^3$ .  
Anvendt volumen/h =  $249:60 = 4.15 \text{ m}^3$ , kompost er 55% heraf.  
 $q = 2.28 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 = 55 \text{ m}^3/\text{dag}$  hvilket svarer til ca. 50 t/dag.

Bortledt energi dimensioneres for  $330 \text{ kw/t} \times 25 \times 366 : 8700 = 368 \text{ kw}$ .

Ventilationsanlæg dimensioneres for fjernelse af 500 kw.  
Min. indblæsningstemperatur på  $20^\circ \text{C} -70 \%$ .  $I = 11 \text{ kcal/kg}$ .  
Max. udsugningstemperatur på  $60^\circ \text{C} -95 \%$ .  $I = 104 \text{ kcal/kg}$ .  
Delta  $I = 93 \text{ kcal/kg}$  eller  $108 \text{ W/kg}$ .

Luftmængde =  $500.000 : 108 = 4600 \text{ kg/h}$  svarende til  $3900 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Der vælges anlæg for  $6000/4000 \text{ Nm}^3$  svarende til  $7200/4800 \text{ kg/h}$

Ventilations-  
anlæg

Ventilationsanlæg med vandkøleflade -freonkøleflade, var flade

genvindingsanlæg, med reguleringsspjæld, 3 filtre, blandekamre og ventilatorerne beregnes for 6000/4000 Nm<sup>3</sup>/h.

Vandkøleflade, 4000 Nm<sup>3</sup>/h 60°C - = 95 % -> 48°C - 99 %  
6000 Nm<sup>3</sup>/h 60°C - = 70 % -> 48°C - 99 %

Freonkøleflade 6000 Nm<sup>3</sup>/h 49°C -> 99 % - 30°C - 99 %

Varmeflade 6000 Nm<sup>3</sup>/h - 20°C -> 40°C.

Installationer Følgende installationer skal anvendes til forkomposteringen:

Indblæsnings- og udsugningskanaler.  
Damp og vandbefugtning.  
Belysning.  
Indblæsnings- og udsugningskanaler.  
Modtagerbakke, ekcentersnekkepumpe m.m.  
Elektrisk styring og overvågning

Bygnings-  
arbejde

Af forskelligt bygningsarbejde skal udføres fundamenter, betonplader m.m.

Ad. 3. REGNORMEKOMPOSTERING.

Regnorme-  
kamre

Indført mængde 27 m<sup>3</sup>  
Svind i 30 dage ca. 25 %  
Total indhold af kamre 27 x (1 - 0.25 : 2) x 30 = 708 m<sup>3</sup>  
Fyldningsgraden ca. 55 %.  
Total kammervolumen skal herefter være 1288 m<sup>3</sup>.  
Max. diameter i kammer, 3.35 m i længde, = 30 m.  
Rumvolumen af 1 kammer 264 m<sup>3</sup>.  
Der anvendes 5 stk. regnormekamre.

Ventilation

Ialt skal der kunne tilføres 150 kW med ventilationsanlæg.  
Dimensioner for 150 kW = 130.000 kcal/h.  
Indblæsningstemperatur max. 30°C - = 40 % I = 16 kcal/h.  
min. 18°C - = 90 % I = 11.5 kcal/h.  
Udsugning 30 kW dimensioneres for 120 kW.  
Udsugningstemperatur max. 28°C - = 70 % I = 17 kcal/h.

Klimakamret  
komplet

Et komplet klimakammer indbefatter drivstation, ruller og isolering (5 stk.).

- Ventilations-  
anlæg Et komplet ventilationsanlæg indbefatter anlæg for 25.000 m<sup>3</sup>/h, freonkøleflade, filtre, bløndekamre, 5 stk eftervarme-flader, genvindingsanlæg for 5.000 m<sup>3</sup>/h, reguleringsspjæld og ventilatorerne.
- Installationer Indblæsnings- og udsugningskanaler.  
Damp og vandbefugtning -bæringer i kamret.  
Belysning.  
Indblæsnings- og udsugningskammer.  
Modtagerbakke, ekscentersnekkepumpe m.m.  
Rør, ventiler m.m.  
El., styring og overvågning.
- Bygnings-  
arbejde Fundamenter.<sup>2</sup>  
Hal - 1200 m<sup>2</sup>, kr. 800,-/m<sup>2</sup>.  
Gangarealer, ca. 200 m<sup>2</sup> - kr. 400,-/m<sup>2</sup>.
- Ad. 4. FABRIKKEN.
- I fabrikken modtages produkter fra klimakamrene, til tørring og sortering, samt lagring og forsendelse af færdige produkter. Yderligere vil der være faciliteter til personale. Fra klimakamrene modtages materialet via et transportbånd.
- Ved modtagelse vil der foregå en metodisk grovsortering af muld og regnorme. Regnormene sorteres herefter elektronisk fra mulden, i store og små regnorme.
- Små regn-  
orme Små regnorme sendes tilbage til klimakamrets indløb, sammen med en del store regnorme, muld og kokoner. Regnorme m.v. transporteres ved hjælp af en hængetransportør, tilbage.
- Store regn-  
orme Store regnorme sorteres efter behov, en del til levende foder og en del til forarbejdning, som tørfoder. Levende regnorme lagres i et kølerum, mens regnorme til tørfoder, efter aflivning i et gaskammer, bliver tørret og lagret i et frostlager.
- Kompost Komposten til forsendelse vil blive tørret for at opnå et let håndterligt materiale, og sendes videre til lager og udleveringspladsen.
- Sorterings-  
metode Sortering af regnorme er ikke en færdigudviklet metode. Hovedsigtet ved egnede metoder for sorteringer er:

1. At undgå beskadigelse af regnormene.

Beskadigede regnorme vil være, dels værdiløse for den videre proces til kompostering, og dels stride mod nogle etiske opfattelser om beskadigelser af dyr.

2. At undgå stress hos regnormene.

Der findes ikke litteratur af betydning på området. Der kan dog konstateres et bestemt adfærdsmønster hos regnorme ved kraftig forstyrrelse, der må betegnes som uønsket i den type af anlæg der her er omtalt.

Til slut kan det bemærkes at aflivning af regnorme, tilstræbes at blive udført hurtigt og effektivt, for at opnå ensartet og godt produkt.

Grovsortering Grovsortering agtes foretaget ad elektronisk vej, ved hjælp af varme, lydbølger eller ultravibrationer. Teknikken er kendt men har ikke været udviklet til industrielt niveau.

Der regnes med en kapacitet på 470 kg/h regnorme, eller ca. 0.5 m<sup>3</sup>/h, blandet med ca. 1.5 m<sup>3</sup>/h muld eller 2 m<sup>3</sup>/h incl. regnorme.

Ved behandling af 25 t/dag organisk affald påregnes, at høste ca. 20 m<sup>3</sup>/dag + recirkulere 6 m<sup>3</sup>/dag af kompost og ca. 2.500 kg regnorme + 750 kg regnorme fra recirkulation.

Dette giver ved 8 h arbejdsdag (6 h effektiv), følgende kapaciteter:

Komposthøst 4.5 m<sup>3</sup>/h recirkulation 1 m<sup>3</sup>  
Nettohøst 3.5 m<sup>3</sup>/h eller ialt 20 m<sup>3</sup>/dag.

Regnormehøst 575 kg/h rec. 160 kg/dag.

Nettohøst 415 kg/h eller ialt 2.500 kg/dag.

Finsortering Muld fra grovsorteringen tilbageføres til klimakamret sammen med kokoner, små regnorme og en del kønsmodne regnorme, til videre behandling.

Hovedparten af disse orme føres til aflivning og tørring. Resterende del føres til kølerummet, til videre ekspedition, som levende foder.

Princippet i sorteringen er at få aktiveret regnormene, således at de ruller sig sammen (hvilestilling), ved hjælp af nedsæt-

telse af temperaturen, samtidig med sænkning af muldens fugtindhold, hvorefter masse og acceleration udnyttes.

Aflivningsgrubbe

Aflivningsgrubben udstyres med en elevator, hvor regnormene i trådkurve bliver sænket ned. Grubben udføres som en dyb skakt, og forsynes med et gasanlæg.

Tørreanlæg

Tørreanlægget har et afsnit for muld, og et afsnit for regnorme. Tørringen foregår med varm tør luft ved en temperatur på ca. 50°C.

Tørring er kun beregnet til at opnå en tør overflade på regnormene og undgå drænvand af mulden ved lagring, og for at formindske tab af værdier.

Transportanlæg, emballering

Fabrikkens transportanlæg er som følger:

- Transportbånd L = 140 m med 200 ltr. beholder (5 stk.) til recirkulering af muld, kokoner og regnorme, komplet med drivværk og skiftespor.
- Diverse transportbånd i forbindelse med tørreri og sortering.
- Sækkefyldningsstation, og diverse kasser, trådkurve m.m.
- Diverse sække, vogne osv.

Maskinanlæg

Følgende maskinanlæg er indbefattet:

- Trykluft
- 2 stk. kølerum.
- Køleanlæg/varmepumpe

V.P.	Fordamper	Kondensator	
Forkompost	290	20	Mcal/h
Klimakamret	144	90	-
Tørring	300	400	-
Vent. fabrik		260	-
	734	770	-
Køleanlæg	30		-
	764		

- Lager, reoler -indretning af værksted.
- Inventar.

Automatik El. skab, styring og overvågning.

Bygnings-  
arbejde Fabrikshal 500 m<sup>2</sup>, kr. 3000,-/m<sup>2</sup>.  
Ventilation  
V.V.S.  
El. og kraft.

Ad. 5. UDLEVERING.

Udlevering består af en hal på ca. 200 m<sup>2</sup> (a kr. 800,-/m<sup>2</sup>) til lagring af kompost.  
Vende og parkeringsplads på ca. 400 m<sup>2</sup>.  
Diverse håndteringsredskaber.  
Transport m.m.  
El., vand, belysning m.m.

Ad. 6. DIVERSE.

Foruden de ovenfor nævnte anlæg og anlægskomponenter skal der i forbindelse med finansiering påregnes følgende:

- Uforudsete udgifter
- Projektering - tilsyn m.m. afsættes ca. 10 %.

OPSTILLING AF ANLÆGS- OG DRIFTSBUDGET.

I nedenstående tabel er investeringsbehovet for det anlæg der er beskrevet ovenfor anslået, idet der henvises til de enkelte poster der er forklaret.

**Investeringer (anlæg til 28 t/dag husdyrgødning og halm)**

1.0 Modtagerplads (kr. 841.000,-)		
1.1 - 3 stk beholdere til gylle og gødning	kr.	130.000
1.2 - Bygningsarbejde	-	220.000
1.3 - Maskinudstyr	-	110.000
1.4 - Blanding - findeling, homogenisering m.m.	-	160.000
1.5 - Styling - overvågning - kraft og belysning	-	105.000
1.6 - Diverse	-	180.000
2.0 Forkompostering (kr. 879.000,-)		
2.1 Komposteringskammer	kr.	420.000
2.2 Ventilationsanlæg	-	150.000
2.3 Installationer	-	269.000
2.4 Bygningsarbejde	-	40.000
3.0 Regnormekomposteringskamre (kr. 6.690.000,-)		
3.1 Klimakamre	kr.	3.500.000
3.2 Ventilationer	-	225.000
3.3 Installationer	-	1.665.000
3.4 Bygningsarbejde	-	1.300.000
4.0 Fabrikken m.m. (kr. 5.125.000,-)		
4.1 Grovsortering	kr.	80.000
4.2 Sortering	-	150.000
4.3 Aflivning	-	120.000
4.4 Tørreanlæg	-	200.000
4.5 Transportanlæg	-	455.000
4.6 Maskinanlæg	-	1.270.000
4.7 Automatik og El-skab	-	650.000
4.8 Bygningsarbejde	-	2.200.000
5.0 Udlevering (kr. 900.000,-)		
5.1 Lagerhal	kr.	160.000
5.2 Vende- og posteringsplads	-	140.000
5.3 Div. håndteringsredsk.(gummiged,transp.m.m)	-	500.000
5.4 El, vand, belysning	-	100.000
6.0 Diverse	kr.	1.455.000
		-----
IALT	kr.	15.800.000

Tabel 8.1. Investeringsbehov for et højteknologisk anlæg til 28 t/dag af husdyrgødning og halm.

I tabel 8.2. er produktion og omsætning angivet for det anlæg der er beskrevet i nærværende kapitel og i tabel 8.3. er det totale el-forbrug angivet.

#### Produktion og omsætning.

Ved 28 tons staldgødning startes med 800 kg regnorme og 6 m<sup>3</sup> kompost. Ved behandling af 28 tons staldgødning høstes ca. 16 tons = 20 m<sup>3</sup> kompost og 2.5 tons levende vægt regnorme (+ 800 kg regnorme og 6 m<sup>3</sup> kompost til recirkulation).

30 % regnorme sælges levende 750 kg x 3,00 kr. =	kr.	2.250
70 % regnorme sælges tørrede 750 kg x 3,50 kr. =	kr.	6.125
10 tons våd kompost = 7 tons tørret kompost.		
10 tons levende regnorme = 6 tons tørrede regnorme.		
Kompostpris = ca. 200 kr./m <sup>3</sup> uemballeret.		
Emballeret tørt 70 l poser, kr. 30 per pose.		
70 % løssalg = 14 m <sup>3</sup> til kr. 260,- =	kr.	3.640
30 % emballeret = 6 m <sup>3</sup> til kr. 550,- =	kr.	3.300
		-----
Dagsproduktion	kr.	15.315
Årsomsætning 360 x 15.315	kr.	5.510.000

#### Driftsomkostninger ved 28 tons/dag.

El ca. 1.600.000 kw a kr 0,45	kr.	720.000
Løn	-	600.000
Vedligeholdelse	-	250.000
Emballage - salg m.m.	-	300.000
		-----
Omkostninger	kr.	1.800.000
Omsætning	kr.	5.510.000
		-----
Driftsoverskud	kr.	3.640.000
Investering	kr.	15.800.000
Køb og transport af råmaterialet ca. 40 kr./ton x 9000 tons =	kr.	360.000
Forrentning af investering	kr.	3.280.000

Tabel 8.2. Produktion og anslået driftsbudget for industrielt anlæg til 28 t/dag af husdyrgødning og halm.

Estimeret El - forbrug.

Varmepumpe/køleanlæg.

$$\text{Belastningseffekt} \times \text{effekttab}^{-1} \times \text{nominel forbrug/år}$$
$$0,6 \times \frac{1}{3,7} \times \frac{600}{0,86} \times 360 \times 24 = 977.498 \text{ kWh}$$

Ventilation

$$26 \text{ kW} \times 360 \times 24 = 224.640 \text{ kWh}$$

Trykluft

$$0,5 \times 10 \text{ kW} \times 360 \times 24 = 43.200 \text{ kWh}$$

Diverse motorer.

$$0,4 \times 45 \times 360 \times 24 = 155.520 \text{ kWh}$$

Klimakammer belysn.

$$5 \times 1 \times 360 \times 24 = 43.200 \text{ kWh}$$

Anden belysn. m. m.

$$0,6 \times 50 \times 360 \times 8 = 86.400 \text{ kWh}$$

Diverse.

69.542 kWh

Ialt årsforbrug 1.600.000 kWh

Tabel 8.3. Estimeret El-forbrug i et højteknologisk anlæg til 28 tons/dag husdyrgødning og halm.

KONKLUSION AF INDUSTRIELT ANLÆG.

Generelt

Under de opstillede betingelser vil det beskrevne anlæg være en mulig løsning for affaldsproblemet, idet der kan behandles en rimelig mængde affald på en ensartet måde.

Økonomi

Ved forædling af organisk affald og produktion af regnorme vil anlægget under de opstillede betingelser være rentabelt.

Der er ikke taget stilling til evt. salg eller anvendelse af overskudsenergi. Ligeledes er ikke vurderet hvilke besparelser, der vil være for landbruget ved mindre håndtering og opbevaring af det organiske affald.

Den type anlæg, der er beskrevet, er i stand til at udnytte værdierne i affaldet optimalt, og kan indgå i landbruget som et andelsselskab, evt. i forbindelse med en maskinstation eller grovvarehandel.

Den mest fordelagtige drift vil være, såfremt betingelserne tillader det, at kombinere anlægget med en kraftvarmecentral. En del af anlæggets udstyr vil på den måde kunne udnyttes bedre og derfor give en bedre forrentning. Samtidig vil der være en større flexibilitet i produktionen, der kan tilpasses behovet.

#### Miljø

Der vil ved omdannelsen af organisk affald til muld og regnorme være vigtige fordele:

1. Kompost kan nedbringe forbruget af kunstgødning.
2. Komposten kan nedbringe forbruget af pesticider.
3. Der anvendes ikke forurende brændsel til energifremstilling.

Kompost anvendt på markerne vil medføre en væsentlig besparelse af kunstgødning, idet kvælstofforbindelser vil blive frigjort i takt med at planterne kan optage disse. Herved undgås spild af kvælstof, og derfor skal der ikke tilsættes mere kvælstof end nødvendigt for planterne.

Samtidig vil der opstå en større mikrobiologisk aktivitet, sammenholdt med en bedre struktur for jorden og en mere rigtig mineralbalance, hvilket vil bevirke at mangelsygdomme nedsættes eller helt undgås. Planterne vil herved have en langt større modstand mod biogene og anvendelse af pesticider kan nedsættes væsentligt.

## INDLEDNING.

I det følgende er det økonomiske resultat for de tre tidligere beskrevne systemmodeller beregnet.

Det økonomiske resultat består af tre komponenter: omkostninger til råmateriale (gylle, fast gødning og halm), behandlingsomkostninger (forbehandling, regnormekompostering, efterbehandling m.v.), indtægter ved salg af produkter (kompost og regnorm). Denne opdeling er fastholdt i beregningerne først og fremmest for at vise betydningen af hver af forudsætningerne for det samlede resultat.

I alle tilfælde regnes der med, at gødningen til regnormekomposteringen købes til en værdi der svarer til en beregnet alternativ nytteværdi af næringsstofferne: N, P og K. (Se bilag 7). Det skal bemærkes, at der er benyttet normtal, som er behæftet med nogen usikkerhed og desuden vil kunne variere betydeligt i praksis. Halm forudsættes indkøbt til en lidt reduceret markedspris (350 kr./ton), idet regnormekomposteringen ikke stiller de samme krav til halmkvaliteten som halmvarmeværker.

Eventuelle transportomkostninger og sparede udvidelser af gødningslagre på de enkelte bedrifter er ikke medtaget i ovennævnte omkostningsberegninger, men diskuteres i det afsluttende afsnit.

Omkostningsberegningerne for regnormekomposteringen (samt ved det industrielle anlæg yderligere behandling) er baseret på data fra de tekniske beskrivelser i kapitel 8.

For det lavteknologiske og det mellemteknologiske anlæg omfatter behandlingsomkostningerne kun forbehandling og regnormekompostering, medens sortering og eventuel videreforarbejdning ikke er medtaget. (Se kapitlerne 8.1 og 8.2) Ved det industrielle anlæg er videreforarbejdningens omkostninger medtaget, og beskrivelse af de tekniske data findes i kapitel 8.3.

Produktet er således i de to mindste anlægstyper en blanding af kompost og regnorm, som enten kan anvendes på egen bedrift eller sælges som jordforbedringsmiddel. Eventuelle ekstra transportomkostninger m.v. i denne forbindelse er ikke medtaget.

Værdien af produkterne ved regnormekompostering er vanskelig at fastlægge. Eksempler på priser for produkter med forskellig forarbejdningsgrad er vist i kapitel 6. Forarbejdnings- og markedsføringsforingsomkostninger m.v. udgør imidlertid ofte meget væsentlige poster, hvorved den reelle produktpris ab anlæg bliver betydeligt lavere. Andre forhold, der spiller ind, er eksempelvis "mode". I korte perioder kan der være betydelig efterspørgsel på sætteorm og regnorm til fx havebrug, hvilket giver mulighed for høje priser, indtil markedet finder et stabilt niveau.

Indholdet af plantenæringsstoffer samt virkningen af regnormekompost på plantevækst og som jordforbedrende middel under danske forhold er, som det fremgår af kapitel 4, endnu ikke tilstrækkeligt belyst. Den økonomiske værdi af kompost er derfor vanskelig at bestemme. Hvis det eksempelvis forudsættes, at mængden af næringsstoffer og markeffekten er nogenlunde ens i ukomposteret og komposteret gødning, vil regnormekomposteringen give et økonomisk underskud netop svarende til anlægs- og driftsomkostningerne. Der ses i denne forbindelse bort fra halm. Et andet udgangspunkt kunne være prisen for spagnum/kompost i større partier, hvor markedet imidlertid er begrænset. Beregningerne gennemføres for salgspriser på 0,50 - 1,00 kr./kg.

De økonomiske resultater for de alternative systemer og forudsætninger beskrives ved det gennemsnitlige årlige resultat - eventuelt omregnet pr. produktenhed.

Afskrivningstiden for de enkelte anlægsdele fastlægges individuelt ved de to mindste anlæg og under eet for det industrielle anlæg. Anlægsomkostningerne omfatter det gennemsnitlige årlige beløb til forrentning og afskrivning af investeringsbeløbet over den valgte levetid og med en rente, der svarer til realrenten før skat: 6,8 %.

De fundne resultater kan ikke uden videre anvendes ved individuel planlægning. Erfaringsgrundlaget vedrørende regnormekompostering er som nævnt begrænset, og resultatet må vurderes kritisk i forhold til investeringernes omfang og risiko og usikkerhed. Ligeledes må der naturligvis tages individuelt hensyn til aktuelle forhold vedrørende organisk materiale, anlæg, arbejdskraft, kapitalforhold m.v.

## 9.1

LAVTEKNOLOGISK ANLÆG.

Ved det lavteknologiske anlæg behandles en årlig gødningsmængde på 150 ton fast gødning med et tørstofindhold på minimum 22%. Ved fast gødning fra svin regnes med tilsætning af snittet halm og vand.

Råmateriale specifikationer	ton/år	%TS	ton TS/år
Fast gødning, kvæg i alt	150	22	33
Fast gødning, svin	90,5	25	22,6
Halm	17,5	85	14,9
Vand	42,0	0	0
Fast gødning, svin m.v. i alt	150	25	37,5

De årlige råmaterialeomkostninger kan herefter beregnes ud fra data i bilag 7:

Råmateriale omkostning	kr./år
Fast gødning, kvæg:	
-150 ton gødning a 45,50 kr.	6.825
Fast gødning, svin:	
-90,5 ton gødning a 77,49 kr. =	7.013 kr.
-17,5 - halm a 350 kr. =	6.125 -
Fast gødning, svin m.v. i alt	13.138

Årlige anlægs- og driftsomkostninger Halmforbrug til bund- og afdækning ved forkompostering og regnormekompostering: 14,6 ton/år.  
Halmomkostning: 14,6 ton a 350 kr.= 5.110 kr.

Arbejdskraftforbrug til forkompostering, regnormekompostering og vedligeholdelse m.v.: 125 timer/år.  
Arbejdsmkostning: 125 timer a 75 kr.= 9.375 kr.

Der regnes med investering i halmsnitter, medens traktor med frontlæsser, gødningsspreader og funderet areal forudsættes at være til stede på ejendommen og kunne benyttes uden omkostninger. (Data for tidsforbrug foreligger ikke).

Halmsnitter, pris: 20.000 kr., som afskrives over 5 år og forrentes med en realrente på 6,8%: 4.852 kr.  
Halmsnitter vedligeholdelse, 10%: 2.000 kr.  
Halmsnitter i alt: 6.852 kr.

Energiforbruget omfatter dieselolie til traktor og elektricitet til halmsnitter m.v.

Dieselolie: 1000 liter a 1,30 kr. = 1.300 kr.

Elektricitet: 100 kWh a 0,36 kr. = 36 -

Energi i alt: 1.336 kr.

Indkøb af regnorm til opstart af produktion: 125 kg regnorm a 200 kr. = 25.000 kr., som eksempelvis afskrives over 5 år:

6.065 kr.

Årlige anlægs- og driftsomkostninger i alt

-----  
Anlægs- og driftsomkostninger i alt: 28.738 kr.  
-----

Herefter kan de samlede årlige omkostninger ved det lavteknologiske anlæg beregnes:

Omkostninger i alt

	kr./år	kr./ton kompost <sup>1)</sup>
<u>Fast gødning, kvæg:</u>		
-Råmateriale	6.825	71
-Anlægs- og driftsomkostninger	28.738	301
-I alt	35.563	372
<u>Fast gødning, svin:</u>		
-Råmateriale	13.138	138
-Anlægs- og driftsomkostninger	28.738	301
- I alt	41.876	439

Indtægter

	kr./år	kr./ton kompost
<u>Ved næringsstofværdi:</u>		
- Fast gødning, kvæg	6.825	71
- Fast gødning, svin	13.138	138
<u>Ved 0,50 kr./kg:</u>	47.750	500
<u>Ved 1,00 kr./kg:</u>	95.500	1.000

1): Produktmængde: 90 ton kompost, 6 ton regnorm, -0,5 ton sætteorm, i alt 95,5 ton.

Årligt  
resultat

	kr./år	kr./ton kompost
<u>Ved næringsstofværdi:</u>	-28.738	-301
<u>Ved 0,50 kr./kg:</u>		
- Fast gødning, kvæg	12.187	128
- Fast gødning, svin	5.874	62
<u>Ved 1,00 kr./kg:</u>		
- Fast gødning, kvæg	59.937	628
- Fast gødning, svin	53.624	562

Det skal bemærkes, at anlægget indtjener en arbejds løn på ca. 10.000 kr., hvilket kan være af betydning i tilfælde, hvor den alternative indtjeningsmulighed er lav.

MELLEEMTEKNOLOGISK ANLÆG.

Ved det mellemteknologiske anlæg behandles en årlig råmateriale mængde på 600 ton med et tørstofindhold på minimum 22%. Råmaterialet kan enten være fast gødning fra kvæg eller svin eller separeret gylle. Ved fast gødning fra svin tilsættes desuden snittet halm. Anlægsudformning og råmaterialevalg er beskrevet i kapitel 8.2.

Råmateriale  
specifikation-  
tioner

	ton/år	%TS	ton TS/år
<u>Fast gødning, kvæg i alt</u>	600	22	132
<u>Fast gødning, svin:</u>	362	25	90,5
Halm	70	85	59,5
Vand	168	0	0
<u>Fast gødning, svin m.v. i alt</u>	600	25	150
<u>Separeret kvæggylle:</u>			
- rågylle	3.000	10	300
- separeret kvæggylle	600	22	132
<u>Separeret svinegylle:</u>			
- rågylle	3.000	7	210
- separeret svinegylle	600	22	132

De årlige råmaterialeomkostninger kan herefter beregnes ud fra data i bilag 7:

Råmateriale-  
omkostning

	kr./år
<u>Fast gødning, kvæg:</u>	
- 600 ton gødning a 45,50 kr. =	27.300
<u>Fast gødning, svin:</u>	
- 362 ton gødning a 77,49 kr. =	28.051 kr.
- 70 ton halm a 350 kr. =	24.500 -
	52.551
<u>Separeret kvæggylle:</u>	
- 600 ton fiberfraktion a 18,15 kr. =	10.890
<u>Separeret svinegylle:</u>	
- 600 ton fiberfraktion a 28,33 kr. =	16.998

Årlige anlægs- og driftsomkostninger

Funderet areal til gødningsopbevaring og forkompostering, ca. 290 m <sup>2</sup> , pris 80.000 kr., som afskrives over 15 år og forrentes med 6,8%: 8.673 kr.	
Vedligeholdelse (0,5%): 400 kr.	
Funderet areal i alt:	<u>9.073 kr.</u>
Halmsnitter (som ved lavteknologisk anlæg):	<u>6.852 kr.</u>
Gylleseparator, pris 80.000 kr, afskrivning og forrentning over 10 år: 11.285 kr.	
Vedligeholdelse (10%): 8.000 kr.	
Gylleseparator i alt:	<u>19.285 kr.</u>
Funderet areal til regnormekompostering, ca. 340 m <sup>2</sup> , med ca. 240 m <sup>2</sup> afdrænedede bænke incl. installationer til opvarmning, el og vand, pris 185.000 kr. Afskrivning og forrentning over 15 år: 20.056 kr.	
Vedligeholdelse (2%): 3.700 kr.	
Funderet areal til regnormekompostering i alt:	<u>23.756 kr.</u>
PVC - telt, pris 75.000 kr. Afskrivning og forrentning over 10 år: 10.580 kr.	
Vedligeholdelse (7,5%): 5.625 kr.	
PVC - telt i alt:	<u>16.205 kr.</u>
Vintermætter, pris 5.000 kr. Afskrivning og forrentning over 5 år:	<u>1.213 kr.</u>
Motoriserede udlæggere, 2 stk, pris 40.000 kr. Afskrives og forrentes over 7,5 år: 6.984 kr.	
Vedligeholdelse (10%): 4.000 kr.	
Motoriserede udlæggere i alt:	<u>10.984 kr.</u>
Traktor med frontlæsser, gødningsspreader, gødningstransportør m.v. forudsættes at være til stede på ejendommen og kunne udnyttes uden omkostninger.	
Arbejdsmkostning: 300 timer a 75 kr.:	<u>22.500 kr.</u>
Energiomkostninger:	
Dieselolie: 2.500 liter a 1,30 kr.: 3.250 kr.	
Elektricitet: 350 kWh a 0,36 kr.: 126 kr.	
Energiomkostninger i alt:	<u>3.376 kr.</u>
Regnorme til opstart af produktion:	
500 kg a 200 kr. = 100.000 kr., som eksempelvis afskrives og forrentes over 10 år:	<u>14.106 kr.</u>

Anlægs- og  
driftsomkost-  
ninger i alt

	kr./år
Fast gødning, kvæg	101.213
Fast gødning, svin	108.065
Separeret kvæggylle	120.498
Separeret svinegylle	120.498

Omkostninger  
i alt

	kr./år	kr./ton kompost <sup>1)</sup>
<u>Fast gødning, kvæg:</u>		
- råmateriale	27.300	69
- anlægs- og driftsomkostninger	101.213	256
<u>Fast gødning, kvæg i alt</u>	<u>128.513</u>	<u>325</u>
<u>Fast gødning, svin:</u>		
- råmateriale	52.551	133
- anlægs- og driftsomkostninger	108.065	273
<u>Fast gødning, svin i alt</u>	<u>160.616</u>	<u>406</u>
<u>Separeret kvæggylle:</u>		
- råmateriale	10.890	28
- anlægs- og driftsomk.	120.498	305
<u>Separeret kvæggylle i alt</u>	<u>131.388</u>	<u>332</u>
<u>Separeret svinegylle:</u>		
- råmateriale	16.998	43
- anlægs- og driftsomk.	120.498	305
<u>Separeret svinegylle i alt</u>	<u>137.496</u>	<u>348</u>

1): Produktmængde: 360 ton kompost, 36 ton regnorm, -0,5 ton

sætteorm, i alt: 395,5 ton.

Indtægter

	kr./år	kr./ton kompost
<u>Ved næringsstofværdi:</u>		
- fast gødning, kvæg	27.300	69
- fast gødning, svin	52.551	133
- separeret kvæggylle	10.890	28
- separeret svinegylle	16.998	43
<u>Ved 0,50 kr./kg:</u>	197.750	500
<u>Ved 1,00 kr./kg:</u>	395.500	1.000

Årligt  
resultat

	kr./år	kr./ton kompost
<u>Ved næringsstofværdi:</u>		
- fast gødning, kvæg	-101.213	-256
- fast gødning, svin	-108.065	-273
- separeret kvæggylle	-120.498	-305
- separeret svinegylle	-120.498	-305
<u>Ved 0,50 kr./kg:</u>		
- fast gødning, kvæg	69.237	175
- fast gødning, svin	37.134	94
- separeret kvæggylle	66.362	168
- separeret svinegylle	60.254	152
<u>Ved 1,00 kr./kg:</u>		
- fast gødning, kvæg	266.987	675
- fast gødning, svin	234.884	594
- separeret kvæggylle	264.112	668
- separeret svinegylle	258.004	652

INDUSTRIELT ANLÆG.

Ved det industrielle regnormekomposteringsanlæg udgør den årlige råmateriale mængde ca. 13.000 ton med et tørstofindhold på ca. 25%. Råmaterialet kan foreligge som fast gødning (A), gylle iblandet snittet halm (B) eller separeret gylle tilsat mindre mængder halm (C). I alle tilfælde regnes med gødning fra svin.

Råmateriale  
specifikationer

	ton/år	%TS	ton TS/år
(A) Fast gødning (svin)	10.280	25	2.570
Halm	800	85	680
Vand	1.920	0	0
Fast gødning m.v. i alt	13.000	25	3.250
(B) Gylle (svin)	10.000	7	700
Halm	3.000	85	2.550
Gylle og halm i alt	13.000	25	3.250
(C) Separeret gylle (svin) opr.	(50.000)	(7)	(3.500)
-	10.000	25	2.500
Halm	800	85	680
Vand	1.920	0	0
Separeret gylle m.v. i alt	12.720	25	3.180

De årlige råmaterialeomkostninger kan herefter beregnes ud fra data i bilag 1. Det skal understreges, at råmaterialeomkostningerne ikke omfatter omkostninger til transport.

Råmateriale  
omkostning

	1.000 kr./år
(A) Fast gødning 10.280 ton a 77,49 kr.=	797
Halm 800 ton a 350 kr. =	280
Fast gødning og halm i alt	1.077
(B) Gylle 10.000 ton a 40,11 kr.=	401
Halm 3.000 ton a 350 kr. =	1.050
Gylle og halm i alt	1.451
(C) Fibre 10.000 ton a 28,33 kr.=	283
Halm 800 ton a 350 kr. =	280
Separeret svinegylle og halm i alt	563

Årlige anlægs- og driftsomkostninger

Anlægsprisen udgør ca. 15 mill. kr. i følge oplysninger i kapitel 8.3, hvortil der henvises for nærmere beskrivelse. Der regnes ikke med forskelle i anlægs- og driftsomkostningerne ved de forskellige gødningstyper, idet anlægget forudsættes at være fleksibelt. Indkøb af regnorm til opstart af produktionen forudsættes inkluderet i anlægssummen.

De gennemsnitlige årlige omkostninger til afskrivning og forrentning afhænger - ud over af renten - af den tekniske og økonomiske levetid for investeringen. Beregningerne er gennemført for levetider på henholdsvis 10 og 15 år, hvilket giver årlige omkostninger på henholdsvis 2.116.000 kr. og 1.626.000 kr. Levetiden er nøje forbundet med det årligt afsatte beløb til vedligeholdelse, reparation, reinvesteringer m.v.

Vedligeholdelse m.v. er i kap. 8.3 sat til 250.000 kr./år, hvilket svarer til ca. 1,67% af anlægssummen. Dette beløb forekommer lavt, når der tages hensyn til reinvesteringer. Ved eksempelvis 5% bliver beløbet 750.000 kr./år.

Arbejds løn udgør 600.000 kr./år, elektricitet 720.000 kr. og emballage, salg m.v. 300.000 kr.

Anlægs- og driftsomkostninger i alt

	1.000 kr./år
<hr/>	
<u>Ved afskrivningstid 10 år:</u>	
- 1,67% vedlh.	3.986
- 5,00% -	4.486
<u>Ved afskrivningstid 15 år:</u>	
- 1,67 vedlh.	3.496
- 5,00% -	3.996

De samlede årlige omkostninger kan herefter beregnes for de valgte afskrivningstider, omkostninger til vedligeholdelse m.v. og råmateriale typer.

Årlige omkostninger i alt

Råmateriale type	(A)	(B)	(C)
<hr/>			
-----1.000 kr.-----			
<u>Ved afskrivningstid 10 år:</u>			
- 1,67% vedlh.	5.063	5.437	4.549
- 5,00% -	5.563	5.947	5.049
<u>Ved afskrivningstid 15 år:</u>			
- 1,67% vedlh.	4.573	4.947	4.059
- 5,00 -	5.073	5.447	4.559

Indtægter

Indtægtsberegningerne er baseret på opskalerede produktionsdata fra kap. 8.2.

Hvis der regnes med en samlet vægtreduktion for kompostfraktionen på ca. 40% og samtidig en stigning i tørstofindholdet til 34% bliver den årlige kompostproduktion ca. 7.800 ton.

Den årlige regnormproduktion udgør herefter ca. 780 ton, hvoraf der anvendes ca. 10 ton til recirkulering. Tørstofindholdet i regnorm er ca. 20%, og ved nedtørring til godt 90% tørstof bliver der ca. 170 ton regnormemel. Regnormemel forudsættes solgt til 3 kr./kg, hvilket er et gennemsnit af prisen på fiskemel, som koster ca. 4 kr./kg, og kød-benmel, som koster godt 2 kr./kg.

Årlige  
indtægter

		1.000 kr./år
<u>Ved kompostpris på 500 kr./ton:</u>		
- salg af kompost: 7.800 ton a 500 kr.	=	3.900
- salg af regnormemel: 170 ton a 3.000 kr.	=	510
<u>I alt ved kompostpris på 500 kr./ton:</u>		<u>4.410</u>
<u>Ved kompostpris på 1.000 kr./ton:</u>		
- salg af kompost: 7.800 ton a 1.000 kr.	=	7.800
- salg af regnormemel: 170 ton a 3.000 kr.	=	510
<u>I alt ved kompostpris på 1.000 kr./ton:</u>		<u>8.310</u>

Årligt  
resultat

		(A)	(B)	(C)
		-----1.000 kr./år-----		
<u>Ved kompostpris på 500 kr./ton:</u>				
<u>- ved afskr. på 10 år:</u>				
- 1,67% vedlh.	-518	-892	-4	
- 5,00% -	-1.018	-1.392	-504	
<u>- ved afskr. på 15 år:</u>				
- 1,67% vedlh.	10	-364	524	
- 5,00% -	-490	-864	24	
<u>Ved kompostpris på 1.000 kr./år:</u>				
<u>- ved afskr. på 10 år:</u>				
- 1,67% vedlh.	3.382	3.008	3.896	
- 5,00% -	2.882	2.508	3.396	
<u>- ved afskr. på 15 år:</u>				
- 1,67% vedlh.	3.910	3.536	4.424	
- 5,00% -	3.410	3.036	3.924	

## KONKLUSION.

Beregningerne viser, at såfremt komposten ved det lavteknologiske anlæg blot udbringes på ejendommens marker, vil det betyde ret betydelige omkostninger (ca. 300 kr./ton kompost). Det skønnes usandsynligt, at denne ekstraomkostning vil kunne dækkes ind ved større nytteværdi i marken i forhold til udbringning af ubehandlet gødning.

Såfremt der ikke findes tilstrækkeligt areal til udbringning af gødningen på bedriftens egne arealer, vil kompostering (eventuelt kun af den overskydende mængde) kunne være en fordel. Især i områder med høj husdyrtæthed, idet det komposterede materiale sandsynligvis vil være lettere at afsætte fx til private.

På ejendomme med utilstrækkelige eller forældede lagre til fast gødning vil regnormekompostering efter den lavteknologiske model kunne spare betydelige omkostninger til udvidelse eller renovering af gødningslagrene.

Ved kompostering med salg for øje er det årlige resultat ca. 100 kr./ton kompost ved en salgspris på 0,50 kr./kg, hvilket giver et samlet årligt resultat på ca. 15.000 kr./år. Dette potentielle resultat skal vurderes i forhold til risiko og usikkerhed ved en investering og første års driftsomkostning på ca. 65.000 kr. Resultatet skal desuden dække omkostninger til drift og vedligeholdelse af traktor med frontlæsser, gødningsspreder em.v. Det samlede årlige resultat bliver ca. 90.000 kr. ved en salgspris på 1,00 kr./kg.

Det mellemteknologiske anlæg stiller betydeligt større investeringskrav - i alt ca. 585.000 kr., og driftsomkostningerne udgør ca. 50.000 kr./år. Omregnet svarer det til en gennemsnitlig produktionspris på ca. 375 kr./ton. Ved separeret gylle som råmateriale er råmaterialeomkostningerne lidt lavere end ved fast gødning, men til gengæld er anlægs- og driftsomkostningerne højere.

Som ved det lavteknologiske anlæg bliver det samlede resultat negativt med ca. 300 kr./ton, hvis komposten udbringes på egen jord, og værdien af plantenæringsstofferne forudsættes uændret i forhold til ubehandlet gødning.

Ved fast svinegødning bliver råmaterialeomkostningerne omkring dobbelt så store som ved de øvrige råmateriale typer, idet der tilsættes betydelige mængder snittet halm.

Resultatet pr. ton kompost bliver ca. 165 kr. (dog 94 kr. for fast svinegødning) afhængig af råmateriale typen og ved en

salgspris på 0,50 kr./kg kompost. Dette svarer til et samlet årligt resultat på ca. 65.000 kr. Ved 1,00 kr./kg bliver det årlige resultat ca. 265.000 kr.

De beregnede resultater skal vurderes i forhold til den investerede kapitalens omfang og den risiko der er ved produktionen, idet der ikke foreligger afprøvninger af produktionens stabilitet eller resultaterne i praksis.

Råmaterialeomkostningerne afhænger ved det industrielle anlæg i betydelig grad af råmaterialetypen. Laveste omkostninger har separeret svinegylle, ca. 0,5 mill. kr., medens fast gødning koster godt 1 mill. kr. og gylle iblandet snittet halm knap 1,5 mill. kr. Transportomkostningerne er imidlertid ikke inkluderet, og vil i særlig grad belaste alternativet med separeret gylle, idet separationen foretages centralt. Den fraseparerede tynde fraktion vil dog kunne udnyttes til biogasproduktion i et anaerobt filter, men dette er ikke medtaget i beregningerne.

Anlægs- og driftsomkostningerne udgør imidlertid betydelig større poster, henholdsvis 1,6 - 2,1 mill. kr. og 1,9 - 2,4 mill. kr., afhængig af anlæggets afskrivningstid og især omfanget af reparationer og reinvesteringer.

Der gøres opmærksom på, at resultaterne for det industrielle anlæg ikke uden videre kan sammenlignes med resultaterne for de to mindre anlæg. Ved det industrielle anlæg omfatter omkostningerne sortering af regnorm og kompost, efterbehandling og i en vis udstrækning tillige salgskomkostninger, medens produktet ved de to mindste anlæg er en ubehandlet blanding af regnorm og kompost.

Under de benyttede forudsætninger er komposten indtægtsmæssigt langt vigtigere end regnormene. Salg af regnorme udgør således kun 5 - 10% af indtægterne. Salg af større mængder levende regnorm som sætteorm vil naturligvis kunne ændre dette.

Ved en salgspris på 500 kr./ton kompost bliver det samlede årlige resultat stort set negativt, medens det bliver positivt, 2,4 - 4,3 mill. kr., ved en salgspris på 1.000 kr./ton.

Anlæggets lønsomhed er således meget afhængig af den opnåede pris for komposten. Anlægsprisen, driftsomkostningerne og produktionsresultaterne er endvidere ikke afprøvet i praksis, hvilket betyder, at usikkerheden ved investeringen er stor.

## KONKLUSION.

På grundlag af den gennemførte driftsøkonomiske analyse kan der med de opstillede forudsætninger drages følgende hovedkonklusioner:

Anvendelse og salg af regnormekompost alene på grundlag af kompostens næringsstofværdi (N,P,K -værdi) er ikke rentabel. Hvorvidt kompostens nytteværdi på markafgrøder kan opveje komposteringsomkostningerne er uklart.

Ved salg af regnormekompost til priser på 0.50-1.00 kr/kg vil følgende økonomiske resultater kunne opnås.

I lavteknologiske anlæg (150 tons/år) kan opnås et samlet årligt resultat på mellem 15.000 og 60.000 kr.

I mellemteknologiske anlæg (600 tons/år) kan opnås samlede årlige resultater på mellem 65.000 og 265.000 kr.

I det industrielle anlæg må der forventes et mindre negativt resultat ved en salgspris på 500 kr/ton, mens et resultat på mellem 2.4 og 4.3 mill. kr. kan opnås ved en salgspris på 1000 kr/ton.

Resultaterne fra det industrielle anlæg kan dog ikke uden videre sammenlignes med resultaterne fra de 2 mindre anlæg, idet de i det industrielle anlæg omfatter omkostninger til sortering, efterbehandling og en vis del af salgsomkostningerne.

Der kan endvidere være en økonomisk fordel ved anvendelse af regnormekompostering til reducere af omkostningerne ved etablering og restaurering af lagerfaciliteter til gødningsopbevaring.

Regnormekompost kan have signifikante væksthæmmende egenskaber i forhold til alternative gødningsmetoder.

En række driftstekniske forhold, især vedrørende mellemteknologiske og industrielle anlæg kræver nærmere undersøgelse for at opnå bedre grundlag for vurdering af driftsøkonomien.

Det fremlagte udredningsarbejde efterlader en række spørgsmål ubesvarede. For at opnå et mere fyldestgørende billede af de økonomiske perspektiver ved regnormekompostering som en integreret del af landbrugsproduktionen har projektgruppen valgt at prioritere følgende emner som indsatsområder for udvikling af regnormekompostering.

**a. Teknik og økonomi for lav- og mellemteknologiske anlæg.**

For at kunne få en bedre bedømmelse af mulighederne for en decentral regnormekompostering i landbruget under danske forhold, bør der etableres nogle forsøgsanlæg, hvor produktion, energi- og arbejdskraftbehov analyseres i relation til teknik og økonomi.

Det anbefales desuden, at der ydes støtte til energibesparende metoder og udvikling af ny teknik til optimering af processerne: forkompostering, regnormekompostering, sortering, efterbehandling og pakning af kompost- og regnormeprodukter.

I Storbritanien foreligger der et omfattende forsknings- og forsøgsmateriale vedr. produktionsteknik for mellemteknologiske anlæg og værdien af regnormekompost som vækstmedium for en række afgrøder. Dette materiale kan blive tilgængeligt via et videnskabsprogram.

**b. Teknik og økonomi for industrielle anlæg.**

Den i rapporten beskrevne industrielle regnormekomposteringsmodel er, med undtagelse af klimakamre, baseret på kendt eller tilpasset procesudstyr. Kombinationen af de enkelte dele er dog ikke afprøvet i praksis.

Vigtige spørgsmål vedrørende omsætning af organisk materiale i klimakamre, regnormenes formeringsevne i anlægget samt forskellige funktioner ved efterbehandling, som sortering og lagring, bør belyses nærmere gennem etablering af et pilotanlæg bestående af et forkomposteringskammer og 2 klimakamre med for- og efterbehandlingsanlæg som beskrevet.

### c. Procesoptimering.

- Undersøgelse af forskellige organiske substrater og forskellige regnormearter til regnormekompostering.
- Undersøgelse af næringsstofftab (især N) under forkompostering, regnormekompostering og lagring af regnormekompost.
- Procesoptimering med henblik på at nedsætte komposteringstiden, bevare næringsstofferne og forbedre kompostkvaliteten.

### d. Produktkvalitet og -anvendelse.

Eksisterende viden om regnormekompost som vækstmedium er baseret på udenlandske forsøg. Der er behov for systematiske undersøgelser under danske klimatiske forhold og jordbundsforhold af følgende forhold:

- Værdi af regnormekompost som gødnings- og jordforbedringsmiddel til forskellige afgrøder.
- Sammenligning af udbytter og N-tab ved anvendelse af regnormekomposteret, mikrobielt komposteret og ubehandlet husdyrgødning med og uden tilsætning af handelsgødning til anbefalet niveau med anvendelse af handelsgødning.
- Direkte måling af eventuel N-fikserende mikrobiel aktivitet i regnormekompost.

Forarbejdningsmetoder og anvendelsesmuligheder for regnormebiomasse er endnu ret dårligt undersøgt. Der er derfor et stort behov for udvikling af nye metoder og teknikker tilpasset forskellige produktionsstørrelser, som kan gøre frasorteringen og forarbejdningen af regnormebiomassen til en rentabel produktion.

Den stigende interesse for regnormekompostering har allerede medført en del handel med komposteringsprodukter over landegrænserne. Såvel ved export og import som ved indenlandsk handel med regnorme og regnormekompost er der stort behov for, at det forhindres gennem lovgivning og veterinærbestemmelser, at plante og dyrepatogener samt parasitter spredes, således at der kan sikres en høj hygiejnisk standard af handelsprodukter.

Det er endvidere nødvendigt, at der stilles større krav til en kundevenlig deklaration af kompostprodukterne m.h.t. ensartethed, indhold og fysisk-kemiske egenskaber (jfr. app. 1), hvis regnormekompost skal kunne markedsføres effektivt.

## APPENDIKS 1

### REGNORMEKOMPOST - KRAV OG SPECIFIKATIONER

Lovgivning I øjeblikket er handel og specifikationskrav m.h.t. regnormekompost og andre kompostprodukter, som ikke har haft spildevandsslam og/eller husholdningsaffald som udgangsmateriale, bestemt af de regler, der er indeholdt i:

Lov nr. 41 af 26. januar 1977 om handel med gødning og grundforbedringsmidler m.m.

samt

Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 664 af 15. december 1977 om handel med gødning og grundforbedringsmidler m.m.

I loven udstikkes de generelle regler for handel med og specifikationer for gødninger, komposteringspræparater, grundforbedringsmidler og voksemedier samt krav m.h.t. laboratorieanalyser og tilsyn m.m. Disse regler uddybes og konkretiseres i bekendtgørelsen.

Definitioner: I lovgivningen er kompostprodukter (herunder regnormekompost) ikke medtaget som en selvstændig enhed, men henregnes afhængigt af anvendelsen under grundforbedringsmidler og voksemedier, som defineres således:

Grundforbedringsmidler:

Stoffer, der er bestemt til ændring af jords eller voksemediers fysiske, kemiske eller biologiske tilstand, og hvis virkning ikke eller kun i ringe grad beror på et indhold af plantenæringsstoffer.

Voksemedier:

Teknisk behandlede faste stoffer, som med eller uden tilsætning af plantenæringsstoffer er bestemt til anvendelse som voksebund for planter.

Regnormekompost betragtes således i henhold til lovgivningen ikke som en gødning, idet gødninger defineres som teknisk behandlede stoffer, herunder affaldsstoffer, som er bestemt til fremme af planterens vækst, og hvis virkning helt eller overvejende beror på deres indhold af plantenæringsstoffer.

Gødningstilsynet nævner som vejledende regel, at stoffer med et indhold af N, P og K på mindre end 1% må betragtes som uinteressante som gødninger.

Undtagelser  
fra loven

Gødningslovens bestemmelser kommer ikke til anvendelse på de i jordbrugsbedrifter normalt forekommende affaldsstoffer (f.eks. husdyrgødning) bortset fra champignonkompost, med mindre disse stoffer underkastes en teknisk behandling, hvorved de mister deres oprindelige karakter. I tvivlstilfælde afgør landbrugsministeren (Gødningstilsynet), om en udbudt vare omfattes af loven, og til hvilken gruppe den skal henhøres.

Desuden gælder loven ikke for varer, der sælges i pakninger under et vist kvantum uanset årsproduktionens størrelse. For regnormekompost, der sælges efter volumen som grundforbedringsmiddel eller voksemedium, er denne minimumsgrænse sat ved pakninger under 10 l.

Lovgivningens  
krav

Generelle krav:  
-----

Ved ethvert salg af regnormekompost som grundforbedringsmiddel eller voksemedium skal sælgeren på emballage eller følgeseddel oplyse køberen om følgende:

- 1) Typebetegnelse for den solgte vare.
- 2) Varens indhold og egenskaber i overensstemmelse med, hvad der er bestemt for den pågældende vareart.
- 3) Varens rumfang.
- 4) Navn og adresse på sælgeren eller producenten.

Producenter af regnormekompost skal til Landbrugsministeriets Gødningstilsyn anmelde og have godkendt typebetegnelse, handelsnavn samt øvrige mærkning af emballage og/eller følgesedler, hvorunder varen agtes solgt. Desuden skal Gødningstilsynet hvert år inden 1. august have modtaget oplysninger om størrelsen af produktion, salg og eventuel import i sidst forløbne gødningsår (1. juli - 30. juni) samt hvilke varer, der ønskes anmeldt i påbegyndte gødningsår.

Deklarationskrav:  
-----

Deklarationskravene til regnormekompost solgt som grundforbedringsmiddel er ikke umiddelbart fastlagt i loven eller bekendtgørelsen, med mindre der er tilsat plantenæringsstoffer og/eller kalkningsmidler, idet loven da kræver samme oplysninger om indhold og egenskaber som for voksemedier.

Sælges regnormekomposten uden tilsætning af plantenæringsstoffer og/eller kalkningsmidler fastlægger Landbrugsministeriets Gødningstilsyn i hvert enkelt tilfælde, hvad der skal deklarerer ud over det, der er bestemt i de generelle krav. I praksis er deklarationens omfang blevet bestemt ved, at Gødningstilsynet har spurgt den enkelte producent, hvad denne ønskede deklareret udover de generelle krav, og i de fleste tilfælde er resultatet blevet en deklaration svarende til kravene for voksemedier.

Deklarationskravene vil således være følgende:

Typebetegnelse: regnormekompost - organisk grundforbedringsmiddel/organisk voksemedium.

Handelsnavn:

Varens hovedbestanddele: f.eks. regnormekomposteret heste-, ko-, svinegødning etc.

Produktionsstedet:

Fysisk-kemiske forhold:

-----

Mængden: angives i m<sup>3</sup> eller i liter i upresset tilstand. For sammenpressede varer angives mængden inden sammenpresningen.

Emballerede varer: Varens brugsvolumen angivet i liter.

Findeling af grundmaterialet:

fin: produkter, der ved fremstillingen har passeret en sigte med en maskevidde på 20 mm.

mellemlin: produkter, der ved fremstillingen er blevet tilbageholdt af en sigte med en maskevidde på 20 mm og har passeret en sigte med en maskevidde på 40 mm.

grov: produkter, der ved fremstillingen er blevet tilbageholdt af en sigte med en maskevidde på 40 mm.

- usorteret: produkter, der ikke kan henføres under ovennævnte betegnelser.
- pH-værdi: Måles i vand og opgives med én decimal. Værdien angives som en nedre og en øvre grænseværdi, hvis forskel højst må være 1 enhed.
- Ledningsværdi: Måles i enheder á 100 uS og opgives med én decimal. Værdien angives som en nedre og en øvre grænseværdi, hvis forskel højst må være 2 enheder.
- Indhold af hovednæringsstoffer og magnesium: Angivelse af de enkelte næringsstoffer skal ske som en nedre og en øvre grænseværdi, hvis forskel højst må være:
- Nitratværdi: 40 enheder; nitratværdien defineres som mg  $\text{NO}_3$ /100 ml.
- Fosforværdi: 20 enheder; fosforværdien måles i enheder á 3 mg P/1000 ml.
- Kaliumværdi: 20 enheder; kaliumværdien defineres som mg K/100 ml.
- Magnesiumværdi 15 enheder; magnesiumværdien måles i mg ombytteligt Mg/100 ml.
- Calciumtal: Måles i mg ombytteligt Ca/100 ml og opgives uden decimal. Mængden opgives som en mindsteværdi.
- Mikronæringsstoffer: Hvis der naturligt forefindes et indhold af mikronæringsstoffer fra regnormekompostens grundbestanddele, skal dette opgives. Indholdet opgives som tal eller værdier, defineret på grundlag af mængden af det pågældende stof i mg pr. fastsat volumenenhed.
- Følgende tal opgives:
- mangantallet, kobbertallet, zinktallet, molybdántallet, chloridtallet, natriumtallet, jerntallet og borværdien.

#### Tilsatte mineraler:

Kalkningsmidler: Hvis regnormekomposten er tilsat et kalkningsmiddel skal dets form (f.eks. hydratkalk) eller geologiske oprindelse (f.eks. dolomitmalk, skrivekridt) angives. Den tilsatte mængde angives i  $\text{kg/m}^3$  af produktet i upresset tilstand og opgives med én decimal.

Mikronæringsstoffer: Er regnormekomposten tilsat mikronæringsstoffer skal mængden af disse opgives for hvert enkelt stof i  $\text{g/m}^3$  med højst én decimal.

#### Indhold af patogener parasitter m.m.:

Der foreligger i øjeblikket ingen krav om hygiejnisering af kompost for at undgå eventuel spredning af plante- og dyrepato­gener, parasitter og ukrudtsfrø. I gødningslovens §10 stk. 3 er der dog taget højde for eventuelle indgreb, idet det heri hedder: "Landbrugsministeren kan forbyde, at en vare sælges som gødning, komposteringspræparat, grundforbedringsmiddel, voksemedium eller kvælstofbindende organisme, når ministeren skønner, at betegnelsen er vildledende, f.eks. hvis varens virkning er betydningsløs, eller at dens anvendelse let kan give anledning til skader på planter eller kan antages at frembyde fare for fremkaldelse af sygdomme hos mennesker, dyr eller planter".

Ved import af kompost baseret på staldgødning kan de veterinære krav til hygiejnisering af produktet til gengæld være ret skrappe. F.eks. er det af et produkt baseret på kogødning og tørvestrøelse krævet, at varen under kompostering (overalt i materialet) har opnået en temperatur på  $67^{\circ}\text{C}$  i mindst 75 dage.

Det kan derfor ikke udelukkes, at der i fremtiden også kan blive stillet krav om hygiejnisering af danske produkter, hvis der opstår begrundet mistanke om, at dyre- og planteparasitter og -patogener spredes via regnormekompost.

#### Ændringer i lovgivningen:

Som tidligere nævnt er lovgivningen m.h.t. krav og specifikationer for kompostprodukter ret diffus, og er

arbejdes i øjeblikket i Gødningstilsynet på en revision af Bekendtgørelsens indhold, så teksten bliver mere entydig og deklARATIONERNE mere anvendelige. Den nye tekst forventes færdig i løbet af det næste års tid, og vil i følge oplysninger fra Magnus Brink, Gødningstilsynet sandsynligvis indeholde bl.a. følgende ændringer:

Begrebet grundforbedringsmidler suppleres med begrebet jordforbedringsmidler, defineret som materialer, der ændrer jordens struktur.

Voksemedier defineres som materialer, man planter i direkte.

Kravene til indholdsdeklarationen vil, i det mindste for jordforbedringsmidlernes vedkommende, sandsynligvis ændres således, at næringsstofindholdet opgives som den absolutte mængde af næringsstoffer udtrykt i % af total stofmængde. En sådan indholdsdeklaration vil muliggøre en dosering af regnormekomposten under hensyntagen til næringsstofindholdet, ligesom sammenligningsgrundlaget for forskellige typer af kompost, husdyr- og handelsgødning forbedres.

I europæiske lande, hvor regnormekompostering har været praktiseret i længere tid, som f.eks. England og Italien er deklARATIONEN af regnormekompost som regel langt mere udførlig og forbrugervenlig end i Danmark.

DeklARATIONEN omfatter som regel:

- Vægt eller rumfang
- Vand- eller tørstofindhold
- Indhold af organisk stof
- Askeindhold
- Indhold af total N, P og K samt evt.  $\text{NO}_3$
- Indhold af andre plantenæringsstoffer
- pH
- Ledningsevne

Desuden kan følgende parametre af værdi for anvendelsen være oplyst:

- Vandholdende evne
- Kationadsorptionskapacitet (C.E.C.)
- C/N-forhold
- Indhold af humusstoffer.

## APPENDIKS 2. VÆKSTFORSØG.

I det følgende gives en oversigt over vækstofforsøg, som er udført for at teste regnormekompost som gødningsmedie.

Regnormekompost  
og handels-  
gødning

I eksempel 1 (Grantzau, E., 1984) sammenlignedes effekten af regnormekompost (RK), baseret på kogødning som gødningsmiddel med en handelsgødning (N:P2O5:K2O = 15:12:15). De to gødningsmidler doseredes i tørvesubstrat og testedes med Pelargonium på 2 kvælstofniveauer, 600 og 800 mg total-N pr. plante. Fordelingen af plantetilgængelig N, P og K i det RK-gødede substrat var ugunstig med højt indhold af K og især P samt lavt N-indhold.

Efter 7 ugers vækst optræder N-mangel symptomer i de RK-gødede planter. Symptomerne forstærkes gennem forsøgsperioden, og den opnåede biomassetilvækst udgør kun 22 og 27 % af tilvæksten i handelsgødede planter ved de 2 doseringer på hhv. 600 og 800 mg total-N pr. plante.

EKSEMPEL 1. Testplante: Pelargonium

Substrat	pH	Makronæringsstoffer (mg/l)					CaCO <sub>3</sub> kg/m <sup>3</sup>	Vækstresultat friskvægt pr. plante, g
		salt	N	P2O5	K2O	Mg		
Tørvesubstrat + regnormekompost (600 mg N pr. plante)	6.1	1300	80	2170	890	240	2	22
Tørvesubstrat + regnormekompost (800 mg N pr. plante)	6.1	1600	110	2700	1160	260	1	28
Tørvesubstrat + osmocote 15:12:15 (600 mg N pr. plante)	5.8	2100	330	550	880	80	6	100
Tørvesubstrat + osmocote 15:12:15 (800 mg N pr. plante)	5.8	2300	490	270	930	70	6	105
1) Regnormekompost	7.2	4600	290	8219	4499	550	-	-

1) Som udgangspunkt er anvendt kogødning.  
Kilde: Grantzau, E. 1984

Regnormekompost  
i organiske  
substrater

I eksempel 2 (Leidenfrost, E., 1983) testedes effekten af 3, 6, 10 og 20 % regnormekompost til forskellige organiske substrater: TKS 1 (TKS 1 : tørv (1:1)), Forestina Dauerhumus og Forestina RTS. Som testplanter anvendtes Begonia elatior, Cyclamen persicum og julestjerne. Gennem alle forsøg sikredes tilstrækkelig tilførsel af lettilgængeligt kvælstof ved dosering med flydende N-gødning.

Tilsætning af 10 % og 20 % RK medførte i alle tilfælde et fald i tilgængeligt kvælstof samt en markant stigning i indholdet af P og K. Forsøgene med tilsætning af 3 og 6 % RK udførtes efter lagring af komposten og tilsætningen medførte en stigning i alle 3 næringssalte.

I forsøgene med Begonia (jævnf. tabel) opnåedes signifikant bedre tilvækst (ca. 11 %) ved tilsætning af 10 % RK til TKS 1 efter, at testplanterne på alle de anvendte substrater med 10 og 20 % RK (TKS 1, Forestina Dauerhumus og RTS) efter 4 ugers vækst kunne observeres med afsvedne blade. Den negative effekt, som tilskrives de forhøjede P- og K-koncentrationer, udlignedes ved forsøgsafslutningen i de 2 førstnævnte substrater, men forblev signifikant i RTS/ RK-substraterne.

EKSEMPEL 2.

Testplante	Substrat	pH	Salt	Makronæringsstoffer mg/l						Vækstresultater			
				N	P2O5	K2O	Mg	CaCO3	Højde cm	Tørvægt g/plante	Stængel længde cm	"Brakteen" diam. cm	
Begonia elatior	1) TKS 1	5.66	1400	223	146	246	298	+	17.7	-	22.85		
"	TKS 1 + 10% regnormekompost 3)	6.11	1700	204	623	837	383	+	*19.6	-	25.7		
"	TKS 1 + 20% regnormekompost	6.37	1900	165	855	898	421	+	17.7	-	26.5		
Cyclamen persikum	TKS 1	5.66	1400	223	146	246	298	+	-	15.86			
"	TKS 1 + 10% regnormekompost	6.11	1700	204	623	837	383	+	-	**24.70			
"	TKS 1 + 20% regnormekompost	6.37	1900	165	855	898	421	+	-	**24.82			
Julestjerne	TKS 1	5.59	1190	195	135	279	294	+	29.25	-	22.85	17.6	
"	TKS 1 + 3% regnormekompost	5.65	1650	245	239	461	369	-	31.3	-	25.7	*21.00	
"	TKS 1 + 6% regnormekompost	5.7	1890	234	289	577	373	-	31.5	-	*26.50	**23.90	
"	TKS 1: tørv 1:1:1	5.88	850	102	82	176	597	-	27.35	-	21.88	18.35	
"	do. + 3% regnormekompost	5.85	1210	142	198	366	522	-	27.2	-	23.25	*20.25	
"	do. + 6% regnormekompost	5.9	1690	201	284	522	522	-	*32.90	-	**28.05	**21.40	
"	2) RTS	5.75	1500	305	239	282	174	-	30.95	-	25.55	20.8	
"	RTS + 3% regnormekompost	5.73	2150	420	358	514	222	-	*27.00	-	**21.60	**23.55	
"	RTS + 6% regnormekompost	5.76	2170	440	390	653	255	-	*28.25	-	**23.40	**24.15	

1) TKS og 2) RTS er kommercielt tilgængelige organiske substrater  
3) regnormekompost (RK) med følgende sammensætning: pH = 7.44, salt = 3.9 g/l RK, næringssalte i mg/l RK: NH4+ - N = 24, NO3 - N = 117, P2O5 = 1150, K2O = 2386, Mg = 2169.  
\* signifikant forskel  
\*\* højsignifikant forskel

I *Cyclamen persicum*-forsøgene konstateredes ingen bladskader ved RK-tilsætning, men derimod en forøget vegetativ vækst allerede efter 1 uge. Ved forsøgsafslutning udviste *Cyclamen* på TKS 1-substrat hhv. 55,7 % og 56,5 % højere tørstoffilvækst ved tilsætning af 10 og 20 % RK (jævnf. tabel). På de øvrige substrater målttes ingen signifikante ændringer ved RK-tilsætning.

I forsøgene med julestjerne anvendtes 3 grundsubstrater med tilsætning af 3 og 6 % RK med en stigning i N, P og K-værdierne til følge. Stigningen i P og K var væsentligt mindre end i forsøgene med større tilsætning af RK. Resultatet af disse forsøg var signifikante vækstforøgelser på alle substrater.

#### Vækst- forbedrende egenskaber

I eksempel 3 (Balzer, F.M., 1983) er RK's vækstforbedrende egenskaber testet på en række grøntsager og prydblplanter. Et udsnit af resultaterne er gengivet i tabellen. Som grundsubstrat er anvendt en kommercielt tilgængelig organisk kompost. I testsubstratet er tilsat 15 % RK.

I forsøg med hovedsalat og kålrabi fandtes ingen signifikante forskelle i spiringsprocent og kimplantebiomasse mellem RK-berigede planter og kontrol. Efter 30 dages vækstperiode opnåedes signifikant højere tilvækst - ca. 20 % i friskvægt og 18 % i tørvægt (jævnf. tabel) - i kårabiplanter på RK-substrat.

EKSEMPEL 3

Testplante	Substrat	pH	Salt %	N %	Makronæringsstoffer			Ca mg	Forsøgs- længde dage	Vækstresultater			Blomstersæt- ning, middel- tal/uge
					P2O5	K2O	Mg mg/100 g			Friskvægt g/plante	Tørvægt g/plante	Plante- højde cm	
Hovedsalat	Godet blomsterjord (kontrol)	5.1	0.24	1.04	40	102	98	1030	30	1.43	0.075	10.9	-
"	do + 15 vol % RK	5.4	0.29	1.19	103.3	164.7	132.2	1361.5	30	2.26	0.113	11.8	-
Kålrabi	Godet blomsterjord (kontrol)	5.1	0.24	1.04	40	102	98	1030	30	1.38	0.148	14.3	-
"	do + 15 vol % RK	5.4	0.29	1.19	103.3	164.7	132.2	1361.5	30	1.66	0.175	15.6	-
Ung Petunia	Blomsterjord (kontrol)	5.4	0.25	0.58	36	90	63	860	60	-	-	-	33.8
"	do + 15 vol % RK	5.6	0.29	0.8	100	155	102	1217	60	-	-	-	42.5
Ung Geranium	Blomsterjord (kontrol)	5.4	0.25	0.58	36	90	63	860	60	-	-	-	11.9
"	do + 15 vol % RK	5.6	0.29	0.8	100	155	102	1217	60	-	-	-	10.9

Kilde: Balzer, F.M. 1983

Tilsvarende opnåedes med hovedsalat 58 % friskvægtforøgelse og 51 % tørstofforøgelse. Effekten angives at skyldes en kombination af en jordforbedrende effekt og en egentlig gødningseffekt pga. forhøjet indhold af makronæringsstofferne N, P og K, selv om saltindholdet i komposten vurderes at ligge over optimalområdet.

I forsøg med prydblomsterne Petunia og Geranium testedes samme tilsætning af RK (15 vol.%). Resultatet af forsøgene udviste en signifikant forbedring (25 %) i blomstersætning i RK-gødet Petunia, hvorimod der ikke kunne påvises forskelle med Geranium. Den manglende vækstforøgelse i Geranium skyldes denne plantes særligt høje krav til næringsstoffer.

5% og 50%  
regnormekompost

Eksempel 4 (Brandjes, P., 1983) beskriver væksteffekter på tomatplanter ved forskellige doseringer af regnormekompost (5 og 50 %) til hhv. havespagnum og lunterenjord (næringsfattig lerjordart). Endvidere er effekten af dampning eller autoklavering af substraterne testet. Det er gennem forsøgsperioden tilstræbt, at sikre en tilstrækkelig kvælstofforsyning ved tilførsel af calciumnitrat (jævnf. tabel).

EKSEMPEL 4  
Testplante: Tomat. Vækstperiode: 70 dage.

Substrat	Total frugt-vægt, g	Vægt af plantedel over jord, g	Bemærkninger	Vægt af plantedel signifikant forskellig fra substrat
1. Forkomposteret org. materiale	0	27.82		2, 3, 5, 7-10, 12, 13
2. RK, dampet	1562	334.04		1, 4-7, 9-11, 13
3. RK, dampet og autoklaveret	1450	305.86		1, 4-7, 9-11, 13
4. Lunterenjord	0	9.76		2, 3, 5, 7-10, 12, 13
5. 50% lunteren + 50% RK, dampet	1780	242.7	+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> efter 45 dage	1-4, 6-8, 11, 13
6. 95% lunteren + 5% RK, dampet	0	34.27		2, 3, 5, 7-10, 12, 13
7. Havespagnum	2036	132.18	+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> efter 55 dage	1-6, 8, 10-12
8. 50% havespagnum + 50% RK, dampet	2223	305.52	do.	1, 4-7, 9-11, 13
9. 95% havespagnum + 5% RK, dampet	2025	186.45	do.	1-4, 6-8, 11, 12
10. 50% lunterenjord + 50% RK, autoklav.	1868	219.24	+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> efter 45 dage	1-4, 6-8, 11, 12
11. 95% havespagnum + 5% RK, autoklav.	0	30.08		2, 3, 5, 7-10, 12, 13
12. 50% havespagnum + 50% RK, autoklav.	1807	298.28		1, 4, 6, 7, 9-11, 13
13. 95% havespagnum + 5% RK, autoklav.	2309	182.12	+Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> efter 55 dage	1-6, 8, 11, 12

1) Lunterenjord er en næringsfattig lerjord  
2) RK = Regnormekompost med følgende sammensætning:  
Org. stof = 43% af tørstof, ledn.evne = 2,2 mmho, pH = 7,2, CaCO<sub>3</sub> = 2% af tørstof, CEC = 36 me pr 100 g tørstof, org. C = 18% af tørstof, total N = 0,9% tørstof, C:N = 20, salte i mmol pr l: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 0,1, K<sup>+</sup> = 9,4, Ca<sup>2+</sup> = 1,4, Mg<sup>2+</sup> = 0,6, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 0,6, Cl<sup>-</sup> = 6,8, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 1,8, P = 0,55

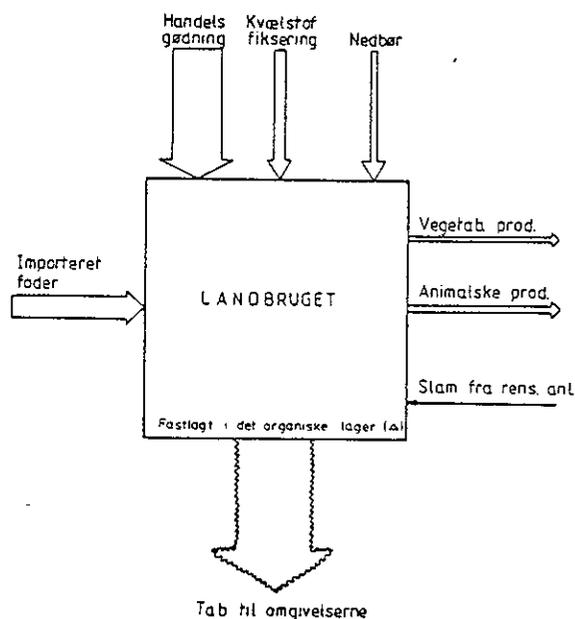
Resultaterne af forsøgene kan resumeres som følger:

- Forkomposteret organisk materiale og lunterenjord med 0 og 5% RK gav ingen frugtsætning (prøve 1,4,6 og 11), men tenderer en forbedret vækst ved 5 % RK-tilsætning (prøve 6 og 11).
- Signifikant forbedret plantevækst i lunterenjord ved 50 % RK-tilsætning (prøve 5 og 10).
- Ingen signifikant forbedring (men tendens dertil) af plantevækst i havespagnum ved 5 % RK-tilsætning (prøve 7 sml. med 9 og 13).
- Signifikant forbedret plantevækst i havespagnum ved 50 % RK-tilsætning (prøve 7 sml. med 8 og 12).
- Svag tendens (ikke signifikant) til negativ væksteffekt ved autoklavering i forhold til dampning.

### APPENDIKS 3. LANDBRUGETS FORHOLD I DAG.

I nærværende afsnit redegøres for de væsentligste årsager til den ændrede kvælstofbalance i landbruget og virkningerne heraf beskrives i korte træk, idet detaljerne kan indhentes i relevant litteratur, f.eks. (Miljøstyrelsen 1984) (Vandkvalitetsinstituttet 1984) (Landbrugsministeriet 1984).

Kvælstofomsætningen i landbruget som helhed, kan skitseres som vist i figur A.3.1 (Vandkvalitetsinstituttet 1984).

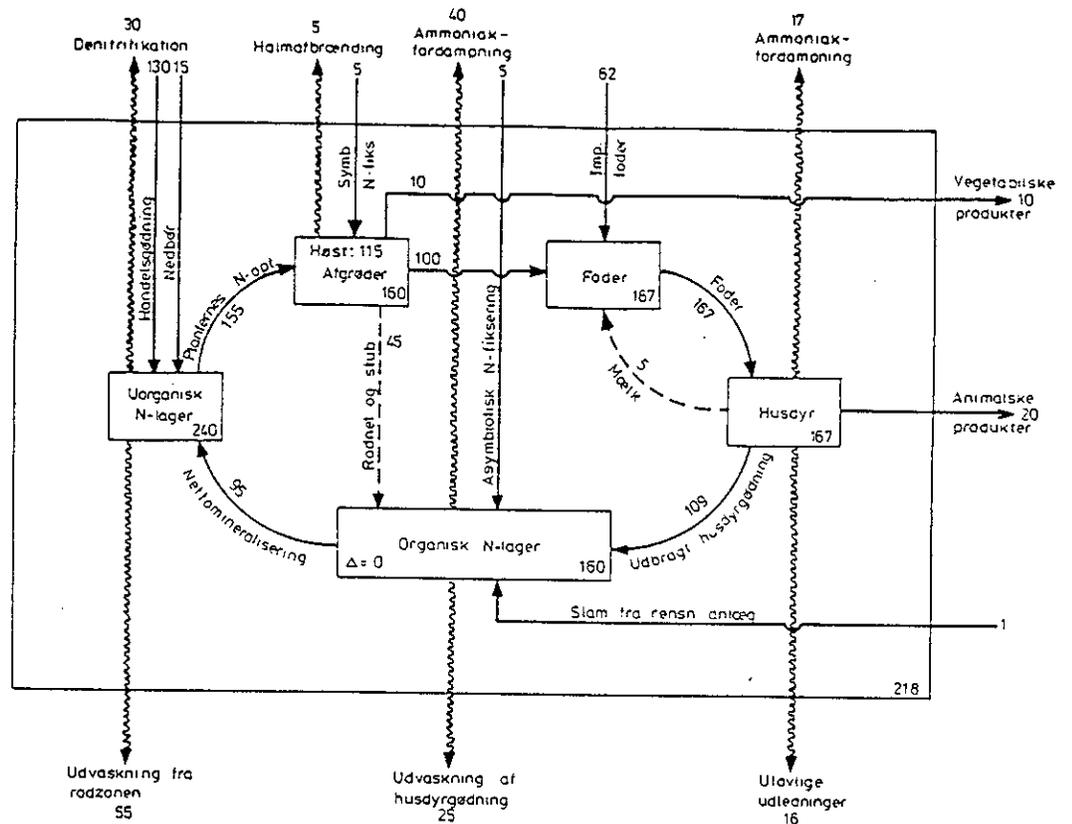


Figur A.3.1. Principskitse af kvælstofomsætning i landbruget (Vandkvalitetsinstituttet 1984).

Det skønnes at der i gennemsnit ikke oplagres kvælstof i dansk landbrugsjord, hvorved massebalancen er udregnet som følger:

$$\text{Tilført} = \text{Fraført} + \text{Tabt.}$$

I figur A.3.2. vises en oversigt over kvælstofmassebalance for landbruget omkring 1980 (Vandkvalitetsinstituttet 1984).



Figur A.3.2. Kvælstoffets kredsløb og balance i dansk landbrug omkring 1980 (Vandkvalitetsinstituttet 1984). Alle tal er kg N/år pr. ha af landbrugsarealet.

Der gøres opmærksom på, at alle de anvendte talstørrelser er angivet i kg N/år pr. ha landbrugsjord (ialt 2.9 mill. ha). Tallene er således gennemsnitstal for hele landet og viser derfor ikke de faktiske forhold med meget store variationer indenfor de enkelte bedrifter, afhængig af beliggenhed, produktionsform, besætningsstørrelse m.m.

I nedenstående tabel A.3.1. er tallene fra figur A.2.2. lagt sammen og til sammenligning er de tilsvarende tal fra 1950 angivet, samt de procentvise stigninger der har været over de 30 år.

1980	kg N/ha	1950	kg N/ha	Stigning i %
Tilført	233	Tilført	103	126 %
Fraført	30	Fraført	19	58 %
<hr/>				
Tabt	203		84	142 %

Tabel A.3.1. Opgørelse af kvælstoftab i dansk landbrug omkring 1980 og til sammenligning, samme tal omkring 1950.

Af tabellen fremgår bl.a. at udnyttelsesgraden af kvælstoffet er faldet fra 18 % i 1950 til 13 % i 1980, idet den procentvise stigning i det fraførte kvælstof i landbrugsprodukter er langt lavere end stigningen i henholdsvis tilført og tabt kvælstof.

Hvis udgangspunktet er, at tabet skal reduceres mest muligt, er det de nedenstående tilførte delmængder, der på lang sigt skal ændres, således at forholdet mellem tilført og fraført kvælstof er mere rimeligt.

	1980 kg N/ha	1950 kg N/ha
Handelsgødning	130	20
Kvælstoffiksering	25	60
Nedbør	15	5
Importeret foder	62	17
Slam fra rensningsanlæg	1	1
	-----	-----
Ialt	233	103

Tabel A.3.2. Tilførte kvælstofmængder i landbruget omkring 1980 og til sammenligning, samme tal omkring 1950. (Vandkvalitetsinstituttet 1984).

Langt den største del af stigningen skyldes øget forbrug af handelsgødning, men hvis man går ud fra, at der ikke anvendes mere end nødvendigt, må forskellen skyldes, at den tilførte gødningsmængde er blevet dårligere tilgængelig end før. Det kan enten skyldes den form gødningen forefindes på, eller jordens struktur, som gør, at en langt større del af gødningen siver for hurtigt ned igennem de lag, hvor planterne kan optage næringsstofferne.

Således kan man tale om en ond cirkel set ud fra landbruget, idet landmanden står over for enorme produktionsmæssige krav og samtidig får større og større miljømæssige krav.

Som omtalt tidligere skyldes stigningen i tilført og tabt kvælstof forskellige strukturændringer indenfor landbruget i de seneste 30 år. En af de væsentligste strukturændringer, som bliver påpeget, er specialisering henimod enten husdyravl eller planteavl, med deraf følgende hhv. overskud og underskud af naturgødning på de enkelte bedrifter.

Denne opdeling indenfor landbruget betyder, at bedrifter med planteavl anvender større og større mængder af handelsgødning, idet den manglende adgang til naturgødning bevirker, at jordens humusindhold og dermed kvælstofindholdet falder, og udvaskningen fra rodzonen stiger.

En anden væsentlig ændring har været den store stigning i forbruget af importeret foder, som skyldes det ændrede afgrødevalg henimod korndyrkning frem for foderafgrøder.

I appendiks 4 gives en teoretisk redegørelse for hvorledes regnormekompostering kan være med til at rette op på dette misforhold.

#### APPENDIKS 4. ÆNDRING I LANDBRUGETS KVÆLSTOFBALANCE VED HJÆLP AF REGNORMEKOMPOSTERING -EN TEORETISK REDEGØRELSE.

Som en mulig metode til forbedring af kvælstofbalancen i landbruget, peges her på indragelse af regnormekompostering som et aktivt led i landbruget. Som udgangspunkt for en vurdering af mulige effekter heraf på landbrugets kvælstofbalance er ændringer i kvælstofbalancen gennem perioden 1950 - 1980 gennemgået i appendiks 3.

Kvælstoftabene fra landbrugsproduktionen kan rubriceres i 3 grupper (jfr. figur A.3.2. i appendiks 3).

1. Gårdbidrag (ammoniakfordampning, utilsigtede udledninger)
2. Markbidrag (ammoniakfordampning, udvaskning)
3. Jordstruktur (denitrifikation, udvaskning).

Denne tredeling kan også ses som en successiv forbedringsplan for kvælstoftabene, dvs. at forbedringer i gårdbidragets andel er mulige på forholdsvis kort tid, mens de tab der skyldes markbidrag og jordens struktur vil kunne forbedres på lidt længere sigt.

**Gårdbidrag** Denne del af miljøbelastningen er i forvejen i søgelyset, og der er opstillet en række krav til landbruget om nedbringelse af denne del af belastningen. Kravene gælder først og fremmest forbedringer af gødningsopbevaringsanlæg m.h.t. kvalitet og kapacitet. De anslåede omkostninger i den forbindelse kan blive af en størrelsesorden på 6-8 mia.kr. (miljøstyrelsen 1984).

Hvis gødningsstofferne i stedet anvendes til regnormekompostering, kan disse betragtes som en vigtig ressource på to niveauer.

1) Den enkelte landmand kan selv opbygge en regnormekompostering og få salgbare produkter ud af det (kompost og regnorme) og anvende komposten til eget forbrug (jfr. afsn. om lavteknologisk produktionsmodel).

2) Landmanden kan også vælge at aflevere gødningen til et større komposteringsanlæg og dermed få løst et affaldsproblem. Sandsynligheden for, at gødningen desuden får en salgspris ved stigende efterspørgsel, betyder selvfølgelig, at der vil komme større indtægt til bedriften. Denne fremgangsmåde vil egne sig bedst til bedrifter med større besætninger. Gødningen kunne også tænkes at blive afleveret mod en tilsvarende mængde færdig kompost (se ligeledes afsnittet om industriel produktionsmodel).

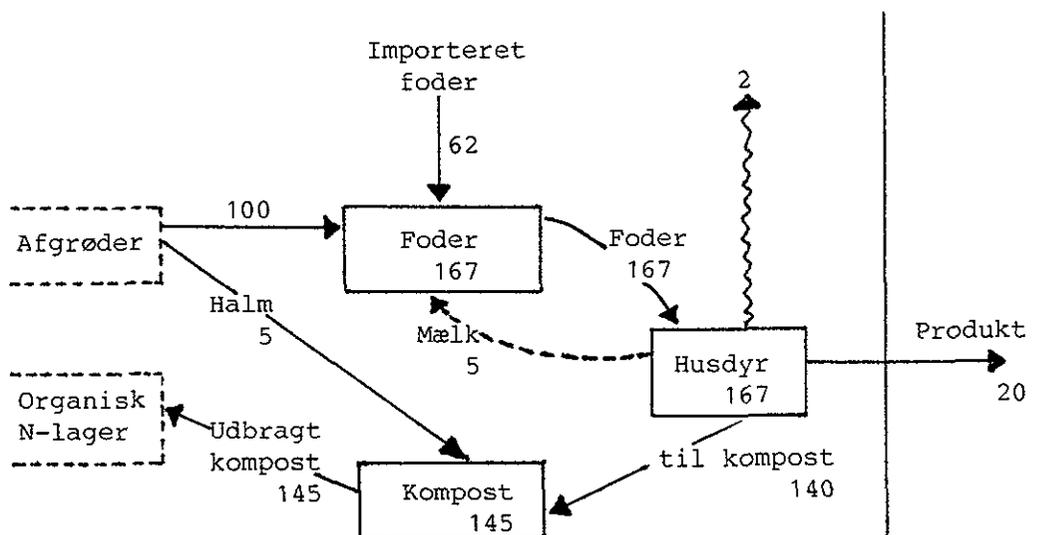
I alle tilfælde vil en større eller mindre del af gødningsproblemet kunne løses på en konstruktiv måde, ved hjælp af kompostering, frem for ved forskellige opbevaringsregulativer.

For at opnå et sammenligningsgrundlag med modellen i fig A.3.2 tages den del ud, der har forbindelse med selve komposteringsprocessen (se fig A.4.1).

De tab, der her har relevans, er ammoniakfordampning og utilsigtet udvaskning fra gødningspladser, samt tab ved halm-afbrænding. Ammoniakfordampningen anslås at blive reduceret til 10 % af nuværende niveau, mens de to sidst nævnte forventes bragt til 0 ved komposteringen, under forudsætning af anvendelsen af en tæt bund i kompostbedet, samt overdækning hvor dette er nødvendigt.

I figur A.4.1. vises således den optimale situation, hvorved den anslåede kvælstofmængde i husdyrgødningen vil være ca. 140 kg/år per ha landbrugsjord.

Det tab, der forekommer ved halmafbrænding, forventes som nævnt bragt til 0 ved anvendelse af halmen i komposten. Således bliver den totale mængde af kvælstof i komposten ca. 145 kg N/år per ha landbrugsjord, eller ialt ca. 420.000 tons N/år på landsbasis.



Figur A.4.1. Optimal delmodel af landbrugets kvælstofkredsløb, hvor kompostering er indraget som led i produktionen. Se tekst for nærmere forklaring. Alle tal er kg N/år pr. ha landbrugsjord.

For overskuelighedens skyld er selve regnormebiomassen, som udgør 5-10 % af totalbiomassen, ikke medregnet i kredsløbet, men der gøres opmærksom på, at denne del kan få en væsentlig betydning til forskellige formål (kap. 6).

Idet det først og fremmest er de omtalte 3 tabspuljer, som man fra myndighedernes side har tænkt sig reduceret ved diverse foranstaltninger og forbud kan det, set ud fra et miljømæssigt synspunkt, være ligegyldigt med inddragelse af komposteringen som et nyt "besværligt" led i landbrugsproduktionen.

Men der opnås nogle fordele ved komposteringen, der overstiger de kommende foranstaltninger/forbud, idet der foruden reduktion i miljøbelastningen, produceres et materiale til yderligere forbedring af forholdene på lidt længere sigt, nemlig til reduktion af tab fra udbragt husdyrgødning (markbidrag).

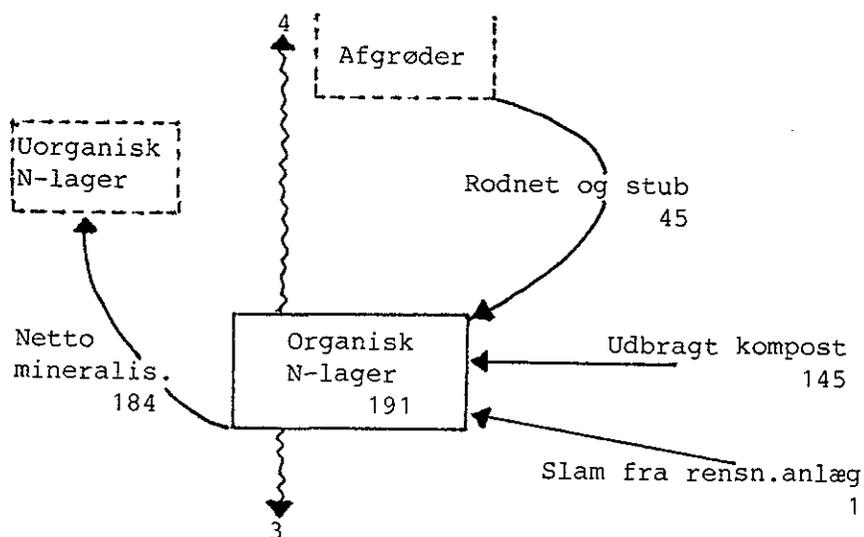
#### Markbidrag

De tab, der har relevans her, er ammoniakfordampning og udvaskning fra den udbragte husdyrgødning. Tabenes størrelse, som angivet i modellen i figur A.3.2 i appendiks 3, forventes reduceret betydeligt ved anvendelse af kompost i stedet for husdyrgødning. Det skyldes, at det regnormekomposterede materiale har en anden sammensætning end den ukomposterede husdyrgødning, bl. a. ved relativt højere nitratindhold og lavere ammoniakindhold.

Udvaskningen skyldes hovedsaglig udbringelse af husdyrgødningen i efterårs- og vintermånederne, hvilket ikke vil være aktuelt ved udbringelse af komposten, som har lettere tilgængelige næringsstoffer og helt oplagt til forårsudbringning. Udvaskningen anslås derfor til 10 % af nuværende niveau.

På grund af den hurtigere mineralisering og forøgelse af nitratindholdet, hhv. reduktion af ammoniakindholdet, kan fordampningen af ammoniak fra den udbragte kompost ligeledes forventes reduceret, og anslås til 10 % af nuværende niveau.

I figur A.4.2 er den del af modellen, der har relevans i forbindelse med markbidraget, skitseret. Det drejer sig om det organiske kvælstoflager, der får sit vigtigste input fra husdyrgødning, samt fra planterester efter høsten.



Figur A.4.2. Optimal delmodel af kvælstofkredsløbet, hvor kompostering er indraget som et led i landbruget. Alle tal er kg N/år pr. ha landbrugsjord. Se tekst vedr. forudsætninger for de anvendte talstørrelser.

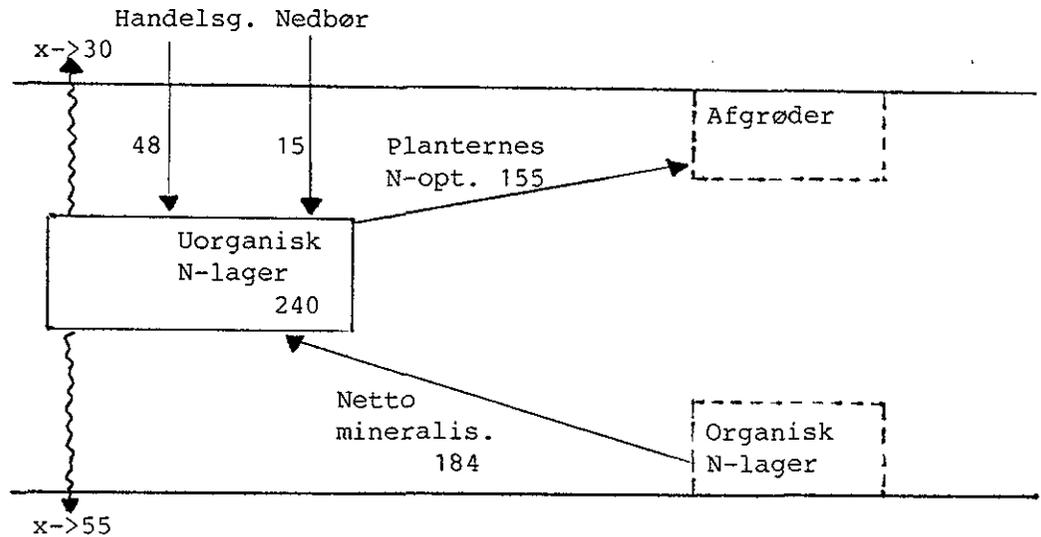
Idet det forudsættes at planteavlen er af samme størrelse som hidtil, sættes input fra planterester som uændret, hvorimod input fra husdyrgødning og tabene er ændret i forhold til landbrugsdrift uden kompostering.

Alt i alt vil mængden af organisk materiale (humusindholdet) således stige, med følgende øget nettomineralisering og derfor øget indhold af uorganisk kvælstof i jorden.

#### Jordens struktur og sammensætning

Som omtalt i appendiks 3 anses forskellige strukturændringer indenfor landbruget, at have medført ændringer i jordens sammensætning og struktur (f.eks. faldende humusindhold) med øget udvaskning fra markjorden til følge. Det forventes således at en gradvis genopbygning af markjorden er mulig. I figur A.4.3 vises, hvilke dele er involveret i denne del af modellen.

Værdierne for tabene er angivet som et interval, blot for at angive at processen er gradvis og den mest langsigtede af de nævnte forbedringer. Resten af tallene er baseret på de maksimale tab.

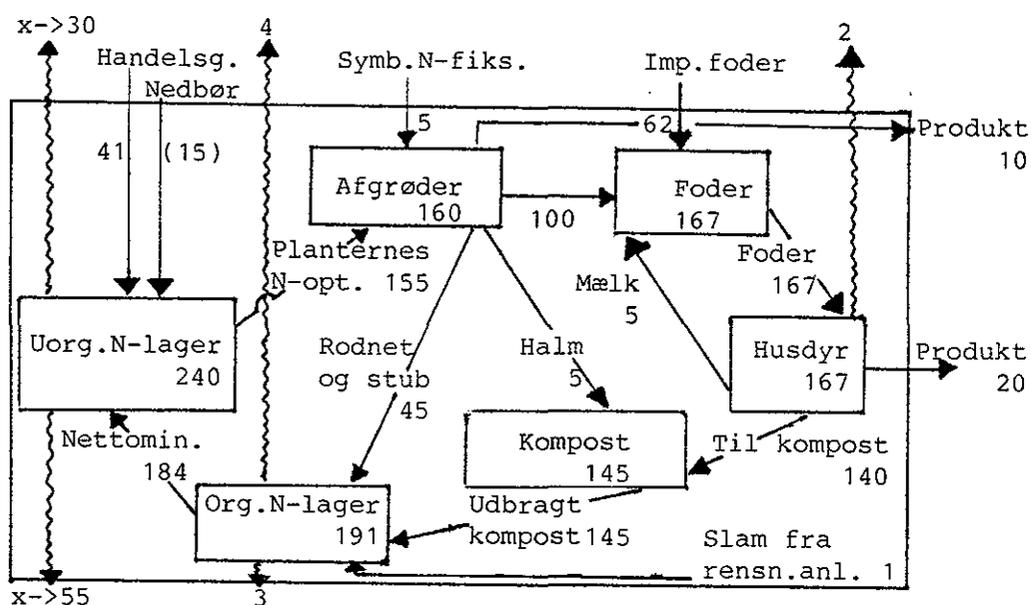


Figur A.4.3. Delmodel af kvælstofkredsløbet, hvor anvendelse af komposteret husdyrgødning kan forbedre forholdene på lang sigt. Alle tal er i Kg N/år pr. ha landbrugsjord. Se tekst vedr. forudsætninger for de anvendte talstørrelser.

På lang sigt kan anvendelsen af handelsgødning tænkes reduceret en hel del, men først på det tidspunkt jordstrukturen er genopbygget, idet det forudsættes at samme mængde afgrøde produceres.

Samlet kvælstofbalance for landbruget med kompostering

I figur A.4.4 vises hvordan forholdene ser ud, når de 3 delmodeller samles under et. Der gøres igen opmærksom på, at tallene er baseret på et skøn om hvordan kvælstofbalancen vil kunne se ud, under optimale betingelser og på lang sigt, hvilket vil kræve en god koordinering og samarbejde på forskellige niveauer.



Figur A.4.4. Kvælstofmassebalance for landbruget, hvor regnormekompostering er inddraget som et aktivt led. Alle tal er Kg N/år pr. ha landbrugsjord. Se tekst vedr. forudsætninger for de anvendte talstørrelser.

For at sammenligne forholdene under sådanne betingelser med landbrugets nuværende situation opstilles i tabel A.4.2 størrelserne på hhv. tilført, fraført og tabt kvælstof.

	Landbrug 1980 Kg N/år pr. ha	Landbrug med regnormekompostering Kg N/år pr. ha.
Tilført	233	124
Fraført	30	30
Tabt	203	94

Tabel A.4.2. Sammenligning mellem nuværende mængder af tilført og fraført kvælstof og tilsvarende mængder hvor kompostering indgår i landbruget.

Det ses, at muligheden findes for opnåelse af et mere rimeligt forhold imellem tilført og fraført kvælstof, hvilket er en af hovedmålsætningerne i forbindelse med ændring af nuværende kvælstofbalance. Således kan udnyttelsesprocenten for landbrug med kompostering nå op på 24 % i modsætning til de 13 % uden kompostering.

De anvendte tal i figurerne A.4.1 - A.4.4 bør betragtes som potentielle muligheder, hvorimod eksakte talstørrelser først kan opnås i forbindelse med praktiske forsøg eller igangsætning af kompostering.

I forbindelse med de forventede reguleringer fra miljømyndighedernes side, vedrørende opbevaring af gødning og udbringningstidspunkt på markerne, vil en række af de "forbedringer" der angives i delmodellerne under alle omstændigheder kunne opnås.

Endvidere henledes opmærksomheden på, at alle talstørrelser er baseret på gennemsnit for hele landet og dækker derfor over store variationer. Som ydertilfælde kan man således forestille sig hhv. rent agerbrug på leret jord og blandet brug, med stort husdyrhold, på sandet jord.

## APPENDIKS 5

### ANLÆGS- OG DRIFTSPARAMETRE FOR MELLEMTÉKNOLOGISK MODEL VED ANVENDELSE AF KOMPOSTERINGSVARMELÆG TIL FORKOMPOSTERING

#### Gødningsofpevaring:

- Fast gødning:** Der kræves ikke lagerkapacitet til opbevaring af fast gødning, når forkomposteringen foregår i KV-anlæg, idet den daglige produktion (ca. 1,7 t) indmades direkte i anlægget.
- Gylle:** Ved forkompostering af fiberfraktionen i KV-anlæg separeres gyllen dagligt, således at den nødvendige lagerkapacitet svarer til et døgn's gylleproduktion = ca. 10 m<sup>3</sup>, mens der ikke kræves lagerkapacitet til fiberfraktionen, idet denne overføres direkte til KV-anlægget.
- Forbehandling:** Ved behandling af fast gødning forudsættes det, at den anvendte halmstrøelse er snittet. Forbehandling af såvel fast gødning som fiberfraktion fra gylle omfatter således kun eventuel tilsætning af snittet halm og/eller vand til passende C/N- og tørstofforhold er opnået.

#### Forkompostering:

Forkomposteringen foregår kontinuert i et komposteringsvarmelæg med kapacitet svarende til ca. 1,7 t/dg.

Opholdstiden er 5-7 dage, hvilket skulle sikre hygiejniserung af materialet. Processen styres ved regulering af vand- og beluftningsforholdene, og den producerede varme udnyttes via varmevekslere til bl.a. opvarmning af regnormebænkene. Der forventes en vægtreduktion på ca. 20%.

#### Regnormekompostering:

Regnormekomposteringen foregår i indendørs bænke opbygget på støbt underlag med afdræning til opsamlings- eller ajlebeholder. Bænkene opvarmes med varmt vand fra KV-anlægget v.hj.a. termostaterede varmeslanger, der er placerede i bænkenes underlag.

Udlægning af materiale foretages med 1-3 dages intervaller i tynde lag, indtil bænkene er 0,5-0,6 m høje. Ved opbygning til denne højde kan der opretholdes passende iltforhold uden beluftning af materialet. Vandindholdet kontrolleres og reguleres jævnligt ved oversprinkling.

Der regnes med 4 produktionscykler á 3 måneders varighed pr. år, og høst og sortering af regnorme finder sted efter hver cyklus. Vægtreduktionen ved regnormekompostering skønnes til ca. 25%.

Proceskontrol: Ved forkompostering i KV-anlæg er mulighederne for at styre de procesregulerende fysisk-kemiske parametre gode, idet vandindhold og beluftning under processen automatisk justeres til optimalt niveau. I KV-anlæggets luftvasker opsamles desuden afdampet  $\text{NH}_3$  i vaskevandet, hvorfra det kan ledes til en opsamlingsbeholder, eller det kan opsamles v.h.j.a. snittet halm og komposteres.

Temperaturregulering af regnormekomposteringen foregår automatisk, mens vandindholdet reguleres manuelt.

MELLEMTÉKNOLOGISK ANLÆG MED KV-ANLÆG: OPSTILLING AF ANLÆGS- OG DRIFTSPARAMETRE

Gødnings- produktion:	Fast gødning eller fiberfraktion (22-25% TS, vf.: ca. 700 kg/m <sup>3</sup> )	600 t/år
Gødnings- opbevaring:	Opbevaringskapacitet: fast gødning/fiber: Opbevaringskapacitet: rågylle	0 dg. 1 dg. 10 m <sup>3</sup>
Forkomposte- ring (dgl.):	Mængde (600 t : 365 dg.) Opholdstid Vægtreduktion	: ca. 1,7 t/dg. : ca. 1 uge : ca. 20%
Regnorme- kompostering:	På årsbasis: ----- Råkompostmængde (ca. 28% TS) Omsætning/m <sup>2</sup> Arealbehov til bænke Startpopulation af regnorme (ca. 2 kg/m <sup>2</sup> ) Bænk længde ved bredde 3 m Antal bænke Komposteringstid Høst af regnorme og kompost Vægtreduktion af kompost Kompost (ca. 34% TS, vf.: ca. 600 kg/m <sup>3</sup> )	: ca. 480 t : ca. 2 t/m <sup>2</sup> : ca. 240 m <sup>2</sup> : ca. 480 kg : ca. 27-40 m : 2 : ca. 3 mdr. : 4 gange/år : ca. 25% : ca. 360 t

### Anlægs- og driftsparametre på årsbasis

Arealforbrug:	Opbevaring af fast gødning/fiber	:	0 m <sup>2</sup>
	Opbevaring af rågylle	:	ca. 5 m <sup>2</sup>
	KV-anlæg incl. funderet arbejdsareal (30 m <sup>2</sup> + 25 m <sup>2</sup> )	:	ca. 55 m <sup>2</sup>
	Regnormekomposteringsbænke (indendørs)	:	ca. 240 m <sup>2</sup>
	Indendørs arbejdsareal	:	ca. 100 m <sup>2</sup>
	Kompostlager (udendørs)	:	<u>ca. 100 m<sup>2</sup></u>
	Arealforbrug i alt til kompostering m.m.	:	ca. 500 m <sup>2</sup>

På ejendomme med gylleproduktion skal der desuden beregnes kapacitet til 6 måneders opbevaring af den flydende gyllefraktion svarende til ca. 1.200 m<sup>3</sup> samt opsamlet regnvand. Gyllebeholdervolumen ialt: ca. 1.400 m<sup>3</sup>.

Forbrug af  
regnorme:

Ved høst af regnormekompost 4 gange/år og omsætning af 2 t/m <sup>2</sup> /år	:	ca. 500 kg
---	---	------------

### ÅRSPRODUKTION:

Kompost (TS-indhold ca. 34%, vf. ca. 600 kg/m <sup>3</sup> )	:	ca. 360 t ca. 600 m <sup>3</sup>
---	---	-------------------------------------

Regnormebiomasse (TS-indhold: ca. 20%, omsætningsfaktor fra substrat til regnorme: 7,5%)	:	ca. 36 t <sup>+</sup> )
--	---	-------------------------

+) Heraf skal der til regnormekompostering forbruges ca. 500 kg/år.

### ANLÆGSUDGIFTER

#### Opbevaring og forbehandling:

a) Med produktion af fast gødning:

KV-anlæg (kapacitet ca. 1,7 t/dg.)	:	ca. kr. 300.000
+) Funderet arbejdsareal m. afløb til ajlebeholder (ca. 30 m <sup>2</sup> )	:	ca. kr. 10.000

b) Med gylleproduktion:

- + ) Fortank til rågylle  
(kapacitet: 10 m<sup>3</sup>)
  
- + ) Gyllepumpe  
Gylleseparator : ca. kr. 80.000  
Halmsnitter : ca. kr. 20.000  
KV-anlæg : ca. kr. 300.000  
Funderet arbejdsareal til  
gylletank (ca. 30 m<sup>2</sup>) : ca. kr. 10.000
  
- + ) Forudsættes at forefindes på ejendommen.

Regnormekompostering:

- Funderet areal (340 m<sup>2</sup>) med 240 m<sup>2</sup>  
afdrænede bænke incl. installationer  
til opvarmning, el og vand : ca. kr. 185.000
- PVC-telt : ca. kr. 75.000
- Vintermåtter : ca. kr. 5.000
- 2 motoriserede udlæggere : ca. kr. 40.000

Maskiner

- + ) Traktor m. frontlæsser
- + ) Gødningsspreder
- + ) Gødningstransportør
  
- + ) Det forudsættes, at disse maskiner allerede forefindes på  
ejendommen.

DRIFTSOMKOSTNINGER

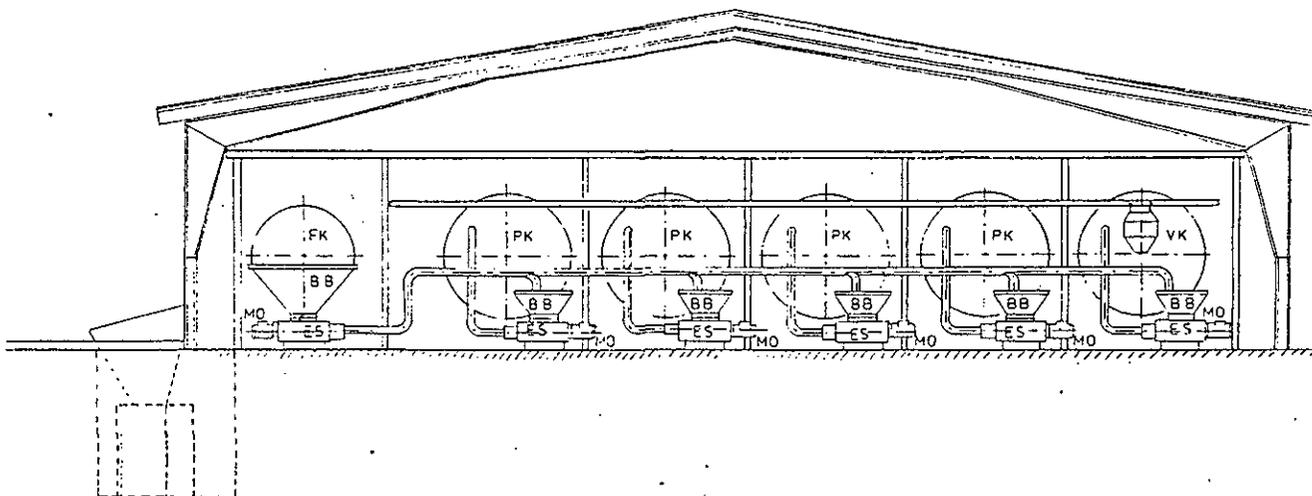
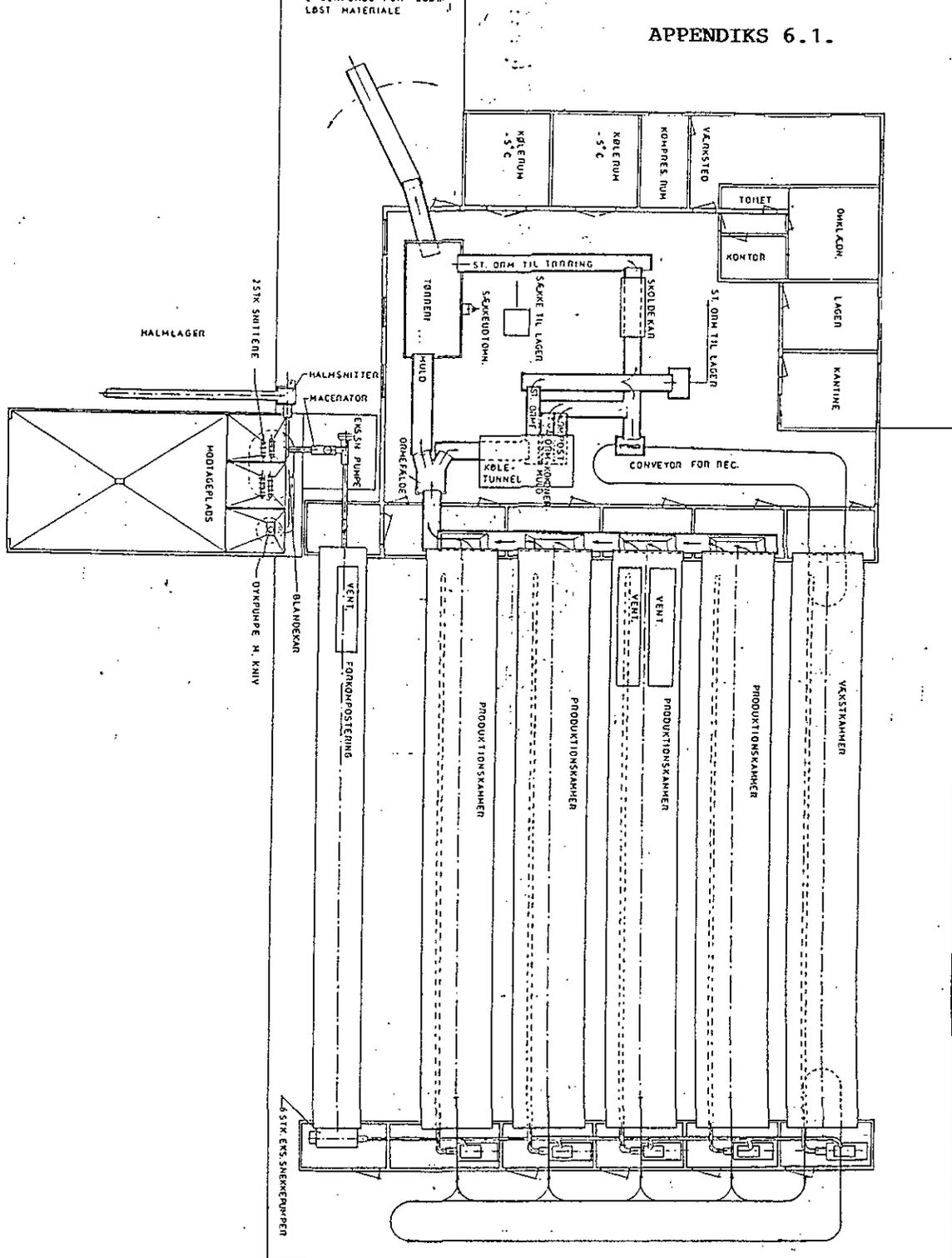
Arbejdskraftsbehov: : ca. 200 timer

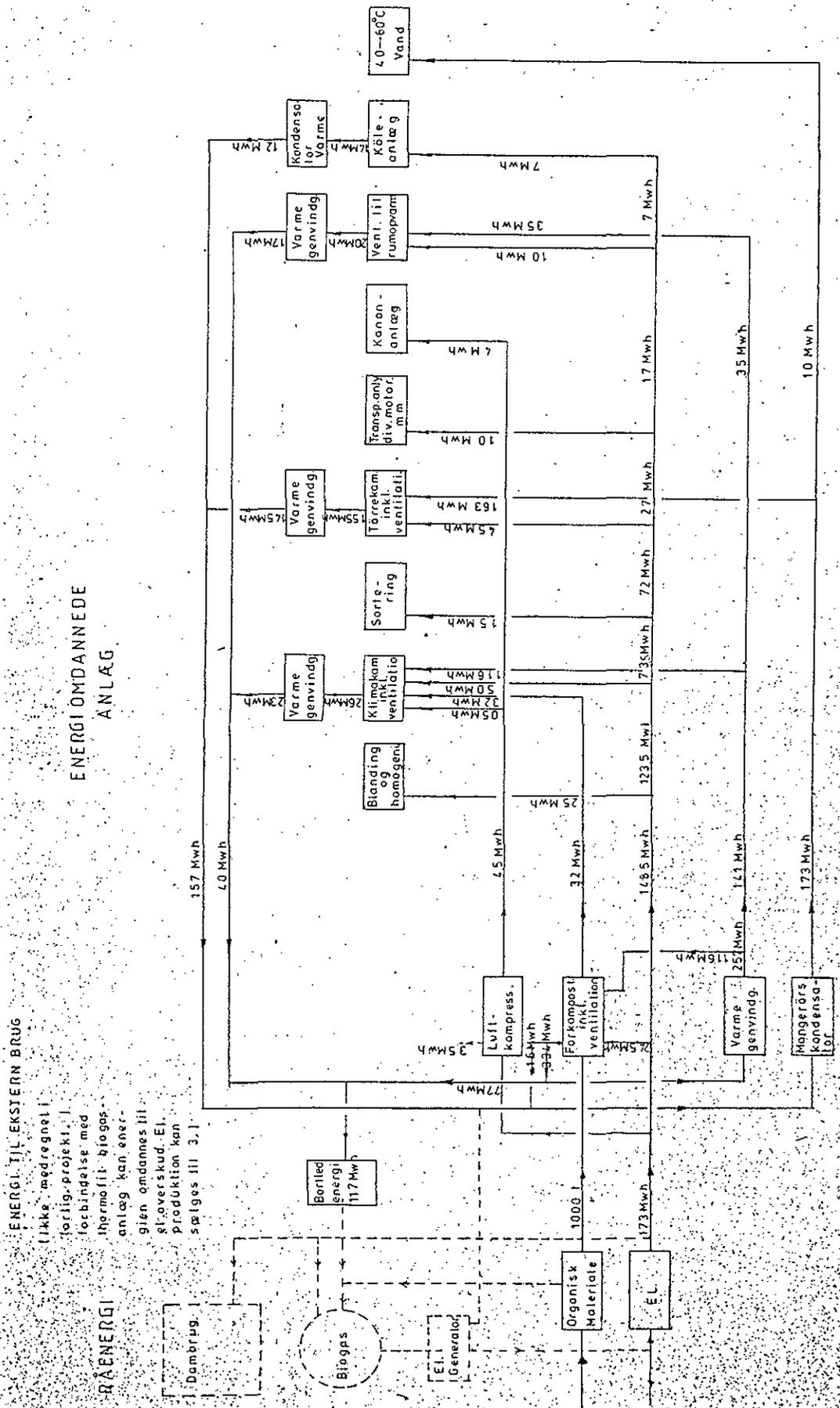
Energiforbrug:

Dieselolie : ca. 1.000 l  
Elforbrug  
ved behandling af fast gødning : ca. 18.500 kWh  
ved behandling af gylle : ca. 23.000 kWh

Energiproduktion:

KV-anlæg : ca. 150.000 kWh  
Heraf til opvarmning af bænke : ca. 25.000 kWh  
  
Overskudsvarme : ca. 125.000 kWh



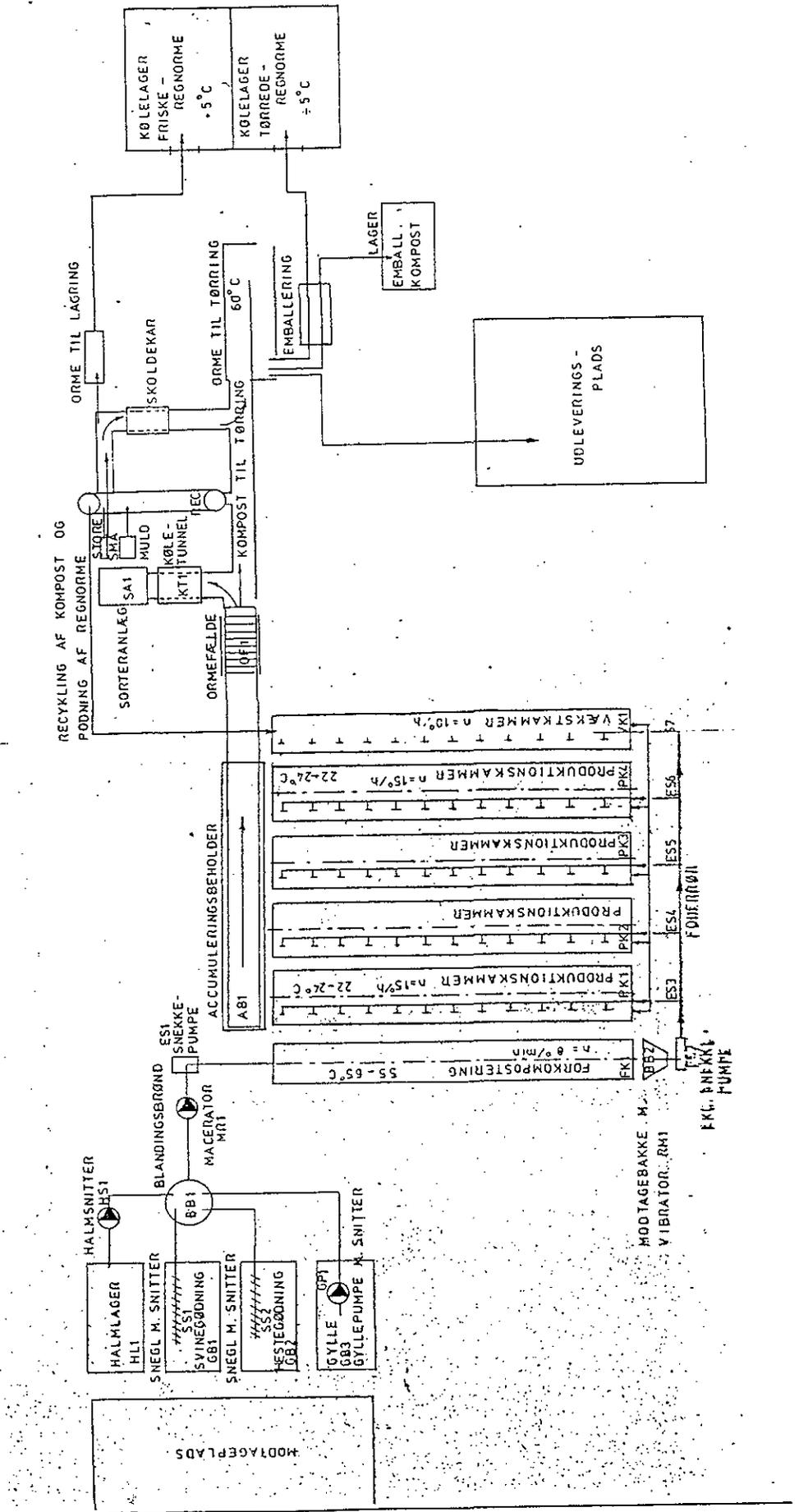


ENERGIANALYSE FOR 1000 t/år  
 OVERSIGTSDIAGRAM AF ÅRLIGE ENERGIMÆNGDER

### APPENDIKS 6.3.

#### Behandling af gylle.

- Alt modtaget materiale skal hygiejniseres.
- Hygiejnisering kan foregå ved en
  - forkompostering eller/og
  - termofil anaerobt filter.
- Ved tillæg til E & M's rapport af d. 11.2.86, er der gjort opmærksom på disse forhold.
- Uafhængigt af hvilken form for drift der vælges, regnes med en komposthøst på ca. 25 m<sup>3</sup>/dgl. med ca. 7 t tørstof og 2,5 t/dgl. regnorme-biomasse med ca. 240 kg tørstof. Således bliver høsten om året:
  - kompost ca. 9000 m<sup>3</sup> /år - 2.500 t tørstof
  - biomasse ca. 900 t/år - 87 t tørstof.
- Foranstående gælder ved anvendelse af:
  - 10.000 t rågylle - 7% T.S.
  - og 3.000 t halm - 70% T.S.
  - og recirkuleret kompost 1.600 - 2.300 t - 50% T.S.
- Merpris for foranstående behandling ca. kr. 220.000,-.



APPENDIKS 7 GØDNINGSVÆRDI.

PLANTENÆRINGSSTOFFER I GØDNING.

	N	kg/ton	
		P	K
Kvæggylle	4,5	0,8	4,0
Svinegylle	6,0	1,6	2,7
Fast gødning, kvæg	5,5	1,8	3,0
Fast gødning, svin	7,3	3,6	3,8
Fiberfraktion, kvæg	2,3	0,7	1,2
Fiberfraktion, svin	4,5	1,4	0,8

ØKONOMISK VÆRDI AF HUSDYRGØDNING.

	Gns. markeffekt kg/ton	Værdi kr./ton	Værdi i alt kr./ton
<u>Kvæggylle:</u>			
- N	1,49	9,01	
- P	0,80	11,16	
- K	4,00	13,40	33,57
<u>Svinegylle:</u>			
- N	1,50	9,08	
- P	1,60	22,32	
- K	2,60	8,71	40,11
<u>Fast gødning, kvæg:</u>			
- N	1,93	11,68	
- P	1,80	25,11	
- K	2,60	8,71	45,50
<u>Fast gødning, svin:</u>			
- N	2,58	15,61	
- P	3,60	50,22	
- K	3,48	11,66	77,49
<u>Fiberfraktion, kvæg:</u>			
- N	0,81	4,90	
- P	0,70	9,77	
- K	1,04	3,48	18,15
<u>Fiberfraktion, svin:</u>			
- N	1,05	6,35	
- P	1,40	19,53	
- K	0,73	2,45	28,33

## Litteraturfortegnelse

- Andersen, Caspar (1983): Regnormene og Os, ASK, (Danmark).
- Balzer, F.M., 1983. "Erforschung der Einsatzbereiche und Eigenschaften von Wurmhumus". Labor für Bodenuntersuchungen und Spurenmetall -Analytik Dr. Balzer.
- Barois, I. and Lavelle, P. (1985): Mutualism between the tropical geophagous earthworm *Pontoscolex corethrurus* and the microflora in the exploitation of the humic reserves of the soil. International Symposium on Earthworms, Bologna and Carpi, 31 March - 5 April 1985, Abstracts p. 10.
- Barois, I., Verdier, B., Kaiser, P., Lavelle, P., Mariotti, A. and Rangel, P. (1985): Role of the tropical earthworm *Pontoscolex corethrurus* in the nitrogen cycle and particularly in the anaerobic nitrogen fixation. International Symposium on Earthworms, Bologna and Carpi, 31. March - 5. April 1985.
- Brandjes, P., 1983. "Landbouwhogeschool te Wageningen, Holland. Rapport udarbejdet til Piton Vermiculturen te Voorschaten, Holland.
- Brithish Earthworm Technology 1985. Personlig kommunikation, Dr. John Mullet.
- Brown, B.A. and Mitchell, M.J. (1981): Role of the earthworm *Eisenia foetida*, in affecting survival of *Salmonella enteritidis* ser. typhimurium. *Pedobiologia* 22: 434-438.
- Carmody, F., 1981 "List of Research Needs". p. 299-305 i M. Appelhof (ed.) "Workshop on the Role of Earthworms in the Stabilization of Organic Residues" Vol. 1. Proceedings, Beech Leaf Press, Kalamazoo, Michigan, 1981.
- Citernesesi, U., Neglia, R., Serittti, A., Lepidi, A. A., Filippi, C., Bagnoli, G., Nuti, M. P. and Galuzzi, R. (1977). Nitrogen fixation in the gastro-enteric cavity of soil animals. *Soil Biol. Biochem.* 9:71-72.
- Dhennin, L., Balsac, H.H. de, Verge, I. et Dhennin, L. (1963): Recherches sur le rôle éventuel de *Lumbricus terrestris* dans la transmission expérimentale du virus de la fièvre aphteuse. *Bul. Acad. Vet.* 36: 153-155.
- Dumas, R. (1981): Vermitein, the third shaker ...if?, pp. 268-270. - In M. Appelhof (ed.). Workshop on the Role of Earthworms in the Stabilization of Organic Residues, Vol. 1, Proceedings, Beech Leaf Press (Kalamazoo, Michigan).
- Edwards, C.A., Burrows, I., Fletcher, K.E. and Jones, B.A. (1985): The use of earthworms for composting farm wastes, pp. 229-241. - In J.K.R. Gasser (ed.), *Composting of Agricultural and other Wastes*. Elsevier Applied Science Publishers (London).
- Edwards, C.A. and Lofty, J.R. (1977): *Biology of earthworms* Chapman and Hall, sec.ed., London.

- Edwards, C., Rothamsted Experimental Station, U.K., 1984. "The breakdown of animal and vegetable wastes by earthworms" Paper presented at the Internat. Conf. on Earthworms in Waste and Environmental Management, Cambridge, 23-27. July 1984.
- Ferruzzi, C., 1984. "Dosage and use of earthworm castings in horticulture, agriculture and floriculture, and plant-growing comparisons between castings and chemical fertilizers". In: The Humus Manual, Lombrico Ravenna s.r.l., Ravenna Italien.
- Fisher, C., 1984. "The nutritional value of earthworm meal for poultry". Paper presented at the Internat. Conf. on Earthworms in Waste and Environmental Management, Cambridge, 23-27. July 1984.
- Gottschall, R. (1984): Kompostierung: Optimale Aufbereitung und Verwendung organischer Materialien im ökologischen Landbau. C.F. Müller (Karlsruhe), (Alternative Konzepte; 45).
- Graff, O. (1981): Preliminary Experiments of vermicomposting of different waste materials using Eudrilus eugeniae (Kinberg), pp. 178-191. - In M. Appelhof (ed.), Workshop on the Role of Earthworms in the Stabilization of Organic Residues. Vol. 1, Proceedings, Beech Leaf Press (Kalamazoo, Michigan).
- Graff, O. (1978): Physiologische Rassen bei *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) (Oligochaeta, Lumbricidae)? Ein Beitrag zur Frage der Domestikation dieser Art. Rev. Écol. Biol. Sol. 15:251-263.
- Grantzau, E., 1984. "Wurmhumus nicht als Langzeitdünger geeignet". Taspo Magazin 30 s. 7.
- Grønvold, J. (1979): The possible role of earthworms in the transmission of *Ostertagia ostertagi* third-stage larvae in feces to soil. J. Parasitol. 65: 831-832.
- Hartenstein, R. (1983): Assimilation by the earthworm *Eisenia fetida*, pp. 297-308. - In J.E. Satchell (ed.) Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture, Chapman and Hall (London).
- Hartenstein, R. and Amico L. (1983): Production and carrying capacity for the earthworm *Lumbricus terrestris* in culture. Soil Biol. Biochem. 15:51-54.
- Hartenstein, R. and Hartenstein, F. (1981): Physiochemical changes effected in activated sludge by the earthworm *Eisenia foetida*. J. Environ. Qual. 10: 377-382.
- Hartenstein, R., Neuhauser, E.F. and Kaplan D.L. (1979): Reproductive potential of the earthworm *Eisenia foetida*. Oecologia (Berl.) 43:329-340.
- Hepherd, R.Q., Pain, B.F. and Pittman, R.J. (1978): Factors affecting the performances of four slurry separating machines. J. Agric. Engineering Research 23:231-242.
- Hoffmann, J.A. and Purdy, L.H. (1964): Germination of dwarf bunt teliospores after ingestion by earthworms. Phytopathology 54: 878-879.
- Honor, S.G. and Mitchell, M.J. (1981): Effect of the earthworm, *Eisenia foetida* (Oligochaeta), on fluxes of volatile carbon and sulfur compounds from sewage sludge. Soil Biol. Biochem. 13: 367-372.

- Johnson, J.W. (1979): Insect and mite pests of earthworm cultures. AG facts, Kansas State University, Cooperative Extension Service, Manhattan, Kansas, 2 pp.
- Kale, R.D., Bano, K. and Krishnamoorthy, R.V. (1982): Potential of *Perionyx excavatus* for utilizing organic wastes. *Pedobiologia* 23:419-425.
- Kaplan, D.L., Hartenstein, R., Neuhauser, E.F. and Malecki, M.R. (1980): Physiochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida*. *Soil Biol. Biochem.* 12: 347-352.
- Kaplan, D.L., Hartenstein, R. and Neuhauser, E.F. (1980): Coprophagic relations among the earthworms *Eisenia foetida*, *Eudrilus eugeniae* and *Amyntas*, spp. *Pedobiologia* 20:74-84.
- Kaplan, D.L., Hartenstein, R., Malecki, M.R. and Neuhauser, E.F. (1980): Role of the Pheretomoid worms, *Amyntas hawayana* and *A. rodericensis* in soils and recycling. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 17: 165-171.
- Kretzschmar, A. (1985): AFIDEL. An organisation and a programme to advance scientific and technical questions in vermiculture by grouping researchers and professionals in France (AFIDEL). Lecture given at International Symposium on Earthworms, Bologna and Carpi 31 March - 6 April 1985.
- Kroodsmā, W. en Poelma, H.R. (1985): Mestscheiding. Instituut vor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen, IMAG publikatie 209.
- Landbrugsministeriet, 1984. "Kvælstoftilførsel og kvælstofudvaskning i dansk planteproduktion".
- Lei den Frost, E., 1983. "Versuche mit Wurmhumus". Institut für Bodenurde und Planzenernahrung der Forschungsanstalt Geisenheim.
- Lofs-Holmin, A. (1985): Vermiculture. Present knowledge of the art of earthworm farming - a summary of recent litterature. Institutionen för ekologi och miljövård rapport 20, Swedish University of Agricultural Sciences, (Uppsala).
- Lonc, E. (1980): The possible role of the soil fauna in the epizootiology of cysticercosis in cattle. I. Earthworms - the biotic factor in a transmission of *Taenia saginata* eggs. *Angew. Parasitol.* 21: 133-139.
- Markussen, L.B. (1986): Sygdomsudbrud i *eisenia fetida* populationer i kultur, *Regnorme-nyt*, 1:15-16.
- Miljøstyrelsen, 1984. NPO-Redegørelsen.
- Minnich, J. (1977): *The Earthworm Book*. Rodale press (Emmaus, P.A.)
- Mitchell, M.J., Mulligan, R.M., Hartenstein, R. and Neuhauser, E.F. (1977): Conversion of sludges into "topsoils" by earthworms. *Compost Science* 18:28-32.
- Ndubizo, T.O.C. (1977): Effects of earthworms, nematodes, cultivations and host plants on *Verticillium* wilt of peach and cherry. *Ann. appl. Biol.* 86: 153-161.

- Neale, R.E. (1984): The growth of earthworms in pig manure. International Conference on Earthworms in Waste and Environmental Management Cambridge 23-27 July 1984, Abstracts p. 21.
- Negrisolò, P. and Casellato, S. (1985): Preliminary observations on some Monocystids (Sporozoa, Eugregarinida) parasites of *Allolobophora caliginosa* (Sav.) (Oligochaeta, Lumbricidae). International Symposium on Earthworms, Bologna and Carpi, 31. March-5 April 1985, Abstracts p. 26.
- Neuhauser, E.F., Kaplan, D.L., Malecki, M.R. and Hartenstein, R. (1980): Materials supporting weight gain by the earthworm *Eisenia foetida* in waste conversion systems. *Agricultural Wastes* 2:43-60.
- Niederer, A., Meat Res. Inst. of New Zealand, 1984. "Processing earthworms for animal feed" Paper presented at the Internat. Conf. on Earthworms in Waste and Environmental Management, Cambridge, 23-27. July 1984.
- Pos, J., Trapp, R. and Harvey, M. (1984): Performance of a brushed screen/roller press manure separator. *Trans ASAE* 27:1112-1118.
- Rouelle, I, Lhuissir, M. et Roch, P. (1985). Experimental evidence for antithiamine activity in the earthworm *Eisenia fetida*. International Symposium on Earthworms, Bologna and Carpi, 31 March-5 April 1985, Abstracts p. 41.
- Ruschmann, G. (1953): Über Antibiosen und Symbiosen von Bodenorganismen und ihre Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit - Regenwurm - Symbiosen und Antibiosen. *Z. f. Acher - und Pflanzenbau* 96:201-218.
- Sabine, J.R. (1981): Vermiculture as an option for resource recovery in the intensive animal industries, pp. 216-218. - In M. Appelhof (ed.), Workshop on the Role of Earthworms in the Stabilization of Organic Residues, Vol. 1, Proceedings, Beech Leaf Press (Kalamazoo, Michigan).
- Samson, P. (1986): Sundhedsproblemer i regnormekulturer. *Regnorme-nyt* 1:13-14.
- Satchell, J.E. (1981): Earthworm evolution: Pangea to production prototype, pp. 3-35. - In M. Appelhof (ed.) Workshop, on the Role of Earthworms in the Stabilization of Organic Residues, Vol. 1, Proceedings, Beech Leaf Press (Kalamazoo, Michigan).
- Schulz, E. und Graff, O. (1977): Zur Bewertung von Regenwurmmehl aus *Eisenia foetida* (Savigny 1826) als Eiweissfuttermittel. *Landbauforsch. Völkenrode* 27:216-218.
- Segun, A.O. (1972): Distribution of acephaline gregarines of British earthworms and their comparison with those of other neighbouring European countries. *Parasitology* 65:47-53.
- Shields, E.B. (1982): Raising Earthworms for Profit. Shields Publications, P.O. Box 669, Eagle River, Wisconsin 18 th ed.
- Stafford, E.A. & Tacon, A.G.J., 1984 a. "Fish thrive on a diet of Worms" *Fish Farmer*, vol. 7, no.3 (1984).
- Stafford, E.A. & Tacon, A.G.J., 1984 b. "The use of earthworms as a feed for rainbow trout *Salmo gairdneri*. Paper presented at the Internat. Conf. on Earthworms in Waste and Environmental Management, Cambridge, 23-27. July 1984.

- Taboga, L., 1980. "The nutritional value of earthworms for chickens". *British Poultry Science*, 21; 405-410.
- Tacon, A.G.J., Stafford, E.A. & Edwards, C.A., 1983. "A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout". *Aquaculture* 35: 187-199. Elsevier Science Publishers, B.V., Amsterdam.
- Taboga, L. (1981): *Rhabditis terricola*: An opportunistic nematode parasite of earthworm cocoons. *J. Invertebrate Pathology* 38:22-25.
- Vandkvalitetsinstituttet, ATV, 1984. "Udviklingen i kvælstof-tabene fra dansk landbrug og konsekvenserne for vandmiljøet".
- Wei-chun Ma (1984): Research on the use of earthworms in organic-waste utilization, p. 52 - In Annual Report 1983, Jaarverslag, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem, Leersum en Texel.