

Biologiske klosetter – virkemåte og muligheter

Av dr. philos. Tor Arve Pedersen

Tor Arve Pedersen er ansatt som førsteamanuensis ved Mikrobiologisk Institutt, Norges landbrukshøgskole. Han er cand. real. (1955) og dr. philos. (1963) fra Universitetet i Oslo.

INNLEDNING

Mange kommuner har støtt på store problemer i forbindelse med vannforsyning, avløp og renovasjon i områder med fritidsbebyggelse. Det finnes dessverre godt om eksempler på at de sanitære forhold har nærmet seg det uholdbare i utbygde hyttegrender. Dårlige erfaringer har ført til midlertidig forbud mot videre utbygging av fritidsområder i hele kommuner eller deler av disse. Dette kan føre til vansker i distrikter hvor anlegg og drift av fritidsområder spiller en stor rolle for økonomi og sysselsetting. Samtidig vil menigmann, som vil skaffe seg en hytte, få store problemer med å realisere sitt ønske.

En vesentlig del av renovasjonsproblemene knytter seg til klosettavfallet. Hittil har stort sett tre alternativer vært tenkelige for å løse problemet:

Utedo eller gammeldass,
Kjemikalieklosett,
Vannklosett.

La oss kort vurdere disse tre ulike systemene og deres anvendelse i fritidsområder.

For noen år tilbake fikk gammel-dassen sin egen «venneforening» som vel nærmest skulle arbeide for systemets renessanse og videre utbredelse. Dette var neppe vel overveid. I meget grissgrendte områder kan den vanlige utedoen fortsatt brukes, men i utbygde fritidsområder vil faren for forurensing av vann og smittespredning med smådyr, insekter osv. være stor. Når doen må tømmes, vil det raskt oppstå problemer med deponering av massen. Anvendt i større skala må man forutsette en kontrollert og fullstendig oppsamling både hos den enkelte bruker og av det offentlige. Om dette skal gjennomføres begynner problemet straks å anta anselige dimensjoner.

Kjemikalieklosettene er fortsatt meget utbredt, men myndighetene begynner etter hvert å innta en noe skeptisk holdning til deres bruk. Systemet bygger på tilsetning av kjemikalier som virker desinfiserende og samtidig hindrer eller fjerner dårlig lukt. Vansken med disse klosettene oppstår når de skal tømmes. Selv om det er bygget egne tømmeplasser i rimelig avstand fra de enkelte hytter og ordnet med kom-

munal borttransport og videre behandling av klosettmassen, viser det seg i praksis at «initiativrike» personer finner store muligheter til ukontrollert tømning og tilgrising i naturen.

Vannklosettet anses av de fleste for å være høyeste standard når det gjelder å ta hånd om klosettavfall. Mange innser dessverre ikke det betenkelige i å overføre denne standard til vår fritidsbebyggelse. Vannklosett i større utbyggingsområder krever tilknytning til renseverk. Anleggsomkostningene blir høye og eventuelle sprengingsarbeider påfører lett naturen skjemmende sår. Med den periodiske bruk av fritidsbebyggelsen som vi normalt har i vårt land, kombinert med ekstreme klimatiske forhold, vil nytten av slike anlegg i mange tilfelle være tvilsom.

Her står så myndigheter, såvel som brukere, i et dilemma. Hvorledes skal en kunne løse klosettproblemet i fritidsbebyggelsen? Flere nye klosetttyper er blitt lansert i den siste tiden. Selv om det er en interessant utvikling i gang når det gjelder modifikasjoner av de tre systemer som ble nevnt innledningsvis, kan en ikke gå nærmere inn på dette i denne sammenheng. Når det gjelder systemer som bygger på nye prinsipper, kan vi ordne disse i fire grupper:

- Fryseklosetter,
- Innpakningsklosetter,
- Forbrenningsklosetter,
- Biologiske klosetter (kompostering eller formulding).

De tre førstnevnte typer kan fungere privathygienisk tilfredsstillende.

Når det gjelder tømning av fryse- og innpakningsklosettene vil en stå overfor de samme problemer som ble nevnt for kjemikalieklosettene. Forbrenningsklosetter forasker massen og oppsamling og fjerning av sluttproduktet er normalt intet problem. Hittil har sterk utvikling og spredning av dårlig lukt, samt høyt elektrisitetsforbruk i korte perioder, vært argumenter som er blitt frem satt mot bruk av dette systemet. For en nærmere presentasjon av de ulike systemer vises til litteraturlisten (1, 2, 3, 4, 5, 6).

I det følgende vil vi behandle de biologiske klosetter mer detaljert. På det nåværende tidspunkt vil det være riktig først og fremst å anse denne type klosetter som en alternativ løsning i fritidshus. Med en gunstig utvikling på området kan en håpe at slike system i nær fremtid kan få anvendelse også i ulike typer av helårsbebyggelse.

BIOLOGISKE KLOSETTER — GENERELLE BETINGELSER

Et biologisk klosett er et lukket system hvor det skjer en oppsamling og biologisk nedbryting av feces, urin, papir og eventuelt organisk husholdningsavfall. Slike klosetter har den store fordel at transport av feces og urin blir overflødig, at utvikling av lukt under riktige forhold vil være minimal, samtidig som sluttproduktet forventes å være hygienisk og estetisk akseptabelt som jordforbedringsmiddel. Målsettingen for ethvert biologisk klosett bør være at intet avfallsprodukt skal slippe ut av systemet før det kan anses for

hygienisk risikofritt. Om en gunstig omsetning skal kunne oppnås i løpet av et rimelig tidsrom, må en rekke forutsetninger være tilstede. Dette vil bli behandlet noe nærmere i det følgende.

Kompostering. Lufttilførsel. Smitting.

I de biologiske klosettene tar en sikte på å få i stand en komposteringsprosess. Med dette menes en nedbryting av organisk materiale under aerobe forhold ved hjelp av forskjellige mikroorganismer. Sagt på en annen måte betyr dette at tilførsel av luftens oksygen er nødvendig for at prosessen skal foregå. Figur 1 viser den prinsipielle forskjell mellom en nedbrytingsprosess hvor luften slipper til (aerob) og en anaerob (luftfri) nedbryting. Fremfor alt blir det klart at en skikkelig gjennomført komposteringsprosess med tilstrekkelig lufttilførsel ikke vil føre til utvikling av illeluktende gasser.

Mikrobecellene finnes i meget stort antall fordelt rundt omkring i massen. For at nedbrytingen skal foregå slik vi helst ønsker, trenger de enkelte celler tilførsel av luftens oksygen. En må derfor sørge for at luften slipper til på en slik måte at organismene kan utnytte den. Fordelingen av den luftmengde som står til rådighet er følgelig av vesentlig betydning for resultatet.

Alt organisk materiale som er naturlig produsert, pluss en rekke syntetiske produkter, kan brytes ned av mikroorganismer. Sammensetningen av det komposterbare materialet spiller mindre rolle. Løv, halm, gjødsel, matrester eller menneskelig avføring vil alle gi en luktfri omsetning, og tilbake vil det være en rest av organisk materiale som kan brukes som jordforbedringsmiddel.

Erfaringen har lært oss at nedbrytingsprosesser kan foregå meget raskt i jord. Om en skal starte et nytt biologisk klosett vil det derfor

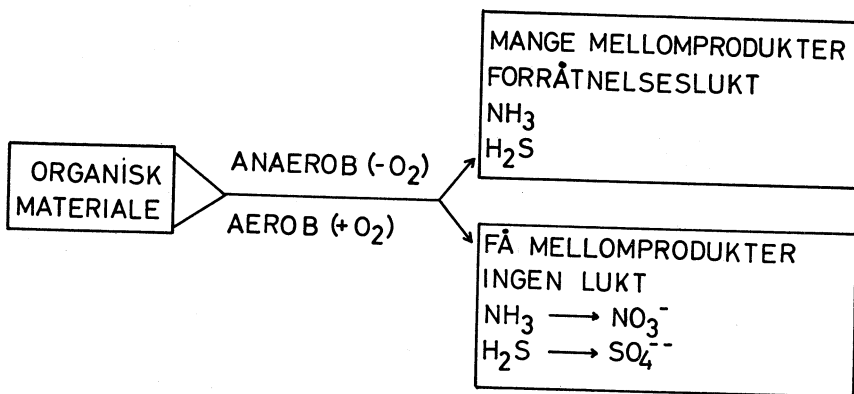


Fig. 1.

Prinsipielle forskjeller mellom aerobe og anaerobe nedbrytingsprosesser.

lønne seg å tilføre litt jord som smittemateriale. I tillegg kan gress, løv eller matrester føre til at prosessen kommer raskere i gang. En bør ta inn jord direkte fra hage, åker eller komposthaug. En må ikke bruke jord som markedsføres i ferdigpakker, idet denne ofte er behandlet på en slik måte at innholdet av mikroorganismer er meget lavt. Det blir ofte anbefalt å tilsette torv til biologiske klosetter. Verdien av dette ligger først og fremst i at torven suger opp og holder på fuktighet.

Fuktighet.

For at biologiske prosesser skal foregå må de aktive organismene ha tilgang på vann. Selv om mikroorganismer prinsipielt ikke har vansker med å utvikle seg i vandige løsninger av næringsstoffer, vil aerobe organismer raskt kunne bli hemmet av oksygenmangel under slike forhold. Dette skyldes at oksygen er relativt dårlig løselig i vann. En må derfor i slike tilfelle foreta rysting eller luftinnblåsing for at aerobe organismer skal kunne utvikle seg. Dette må en være klar over ved kompostering av klosettmasse. Om forholdene blir slike at klosettet fylles opp av store urinmengder, vil dette være ødeleggende for komposteringsprosessen i et system som står i ro. Forholdene vil da meget raskt kunne bli oksygenfrie. En vil få en anaerob nedbryting og utvikling av all den lukt som en forråtnelsesprosess fører med seg (Fig. 1).

For stort væsketap fra materialet kan være et problem i forbindelse med kompostering. Om uttørringen går tilstrekkelig langt, vil det vann

som fortsatt er tilstede sitte så hardt bundet at organismene ikke greier å nyttiggjøre seg det. Dette leder til at nedbrytingsprosessen stanser.

Temperatur.

Alle levende organismer blir påvirket meget sterkt av temperaturen i sine omgivelser. Mikroorganismer er aktive ved temperaturer i nærheten av nullpunktet såvel som ved +70—80 °C. Det er ikke de samme organismer som trives under alle forhold, men nye populasjoner overtar etter hvert som temperaturen forandrer seg.

Figur 2 er en prinsipiell fremstilling av nedbrytingshastigheten ved ulike temperaturer for forskjellige typer av mikroorganismer. De psykrofile (P = kuldeelskende) arter har sin optimumsverdi noe under 20 °C. Som figuren viser er aktiviteten relativt liten selv ved den gunstigste temperatur for kuldeelskende mikroorganismer. De mesofile organismer (M) utvikler seg best ved midlere temperaturer og deres maksimale aktivitet blir noe større. Som det fremgår av figuren, vil de termofile (T = varmeelskende) mikroorganismer dominere voldsomt når det gjelder den totale omsetningshastighet. Dette skyldes at de biokjemiske reaksjoner går raskere og raskere med økende temperatur, inntil den blir så høy at celleproteinene denatureres og mister sin evne til å fungere.

Det sier seg selv at gjennomføring av kompostering ved så høy temperatur som mulig vil være fordelaktig om man er interessert i relativt hurtig nedbryting. Figuren gir et inn-

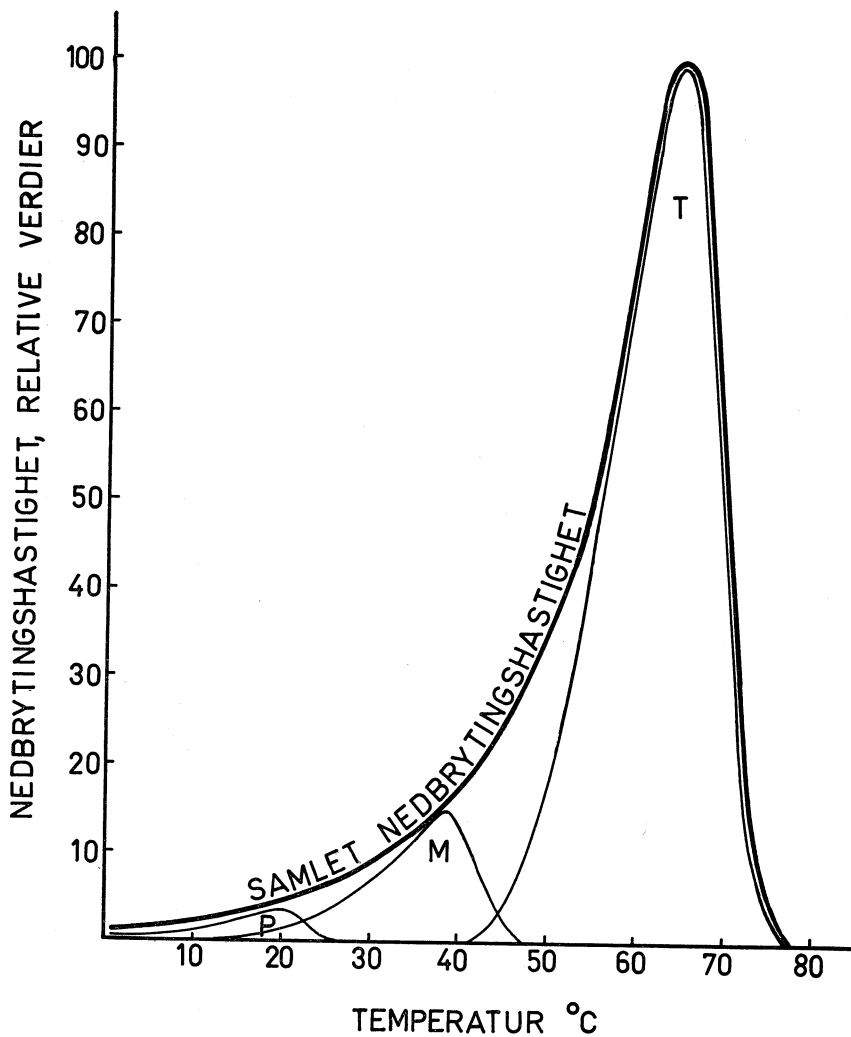


Fig. 2. Skjematisk fremstilling av samlet nedbrytingshastighet i kompost ved forskjellige temperaturer.

P = psykrofile, M = mesofile, T = termofile mikroorganismer.

trykk av samlet nedbrytingshastighet ved forskjellige temperaturer. I praksis vil en ikke finne den klare atskillelse av mikroorganismene i tre ulike temperaturtyper, men en gradvis overgang fra det ene temperaturområdet til det andre.

Det er velkjent at det skjer en selvoppvarming i større komposthauger. Dette skyldes at det frigjøres varme under nedbrytingen. Om denne varmen blir tatt vare på, vil den forårsake en høyning av temperaturen i komposten. Selv om dette skjer naturlig i store komposthauger, kan det være vanskelig å oppnå temperaturstigning i små biologiske klostetter. For å bedre på forholdene kan systemene enten være godt isolert slik at varmetapet reduseres mest mulig, og /eller tilleggsvarme blir tilført ved hjelp av et varmeelement.

C/N-forholdet.

For at mikroorganismer skal utvikle seg må de ha sine næringskrav

dekket. Det vil si at de forskjellige elementer som skal til for å bygge opp cellene må være tilgjengelige, og cellenes energibehov må dekket. Skal utviklingen bli god må dessuten elementene være tilstede i et visst innbyrdes forhold. Spesielt viktig er dette når det gjelder C/N-forholdet. Tabell 1 viser skjematisk hvorledes det går med en komposteringsprosess når C/N-forholdet fra starten av varierer innen visse grenser.

I blandinger av husholdningsavfall og gjæret slam vil en ofte finne C/N-forhold i nærheten av 30 (alternativ A i tabellen). I dette tilfelle er det balanse mellom karbon- og nitrogenmengden i materialet. Det er regnet med at $\frac{2}{3}$ av karboninnholdet blir mineralisert i energigivende prosesser. Denne karbondelen vil følgelig forsvinne som CO_2 . Organismene vil assimilere karbon og nitrogen. Et rimelig forhold er at 10 C-atomer blir tatt opp for hvert N-atom. Dette tilsvarende det C/N-forhold en gjennom-

Tabell 1.

Forløpet av en komposteringsprosess ved tre ulike C/N-forhold (skjematisk).
N-innholdet er konstant i alle tilfelle (1).

C/N-forholdet	Deler av C mineralisert	Deler av C assimilert og uomsatt	C/N-forholdet etter en nedbrytingscykel	Anmerking
A. 30 : 1	20	10	10 : 1	Ferdig kompost (10 : 1).
B. 100 : 1	20	80	80 : 1	Må omsettes videre. Utvikling begrenset av nitrogenmengden.
C. 15 : 1	10	5	5 : 0.5	Ferdig kompost (10 : 1). Nitrogen tapes. Utvikling begrenset av karbonmengden.

snittlig finner i mikrobeceller og i humus. I dette tilfelle vil en raskt kunne oppnå en fullstendig kompostering.

I tilfelle B vil den tilgjengelige mengde nitrogen være begrensende faktor. Etter den samme utvikling som for A foreligger det fortsatt et stort karbonoverskudd. For at prosessen skal gå videre vil en måtte vente på at nitrogen frigjøres fra den første mikrobepopulasjonen etter hvert som denne går til grunne. En vil i dette tilfelle måtte vente relativt lenge før en oppnår en fullstendig kompostering. For materiale som har en slik sammensetning vil komposteringshastigheten øke vesentlig om en tilsetter nitrogengjødsel, f.eks. i form av salpeter.

I det siste tilfelle (C) vil karbonforsyningen være begrensende faktor. Kun halvparten av det nitrogen som er tilgjengelig vil bli assimilert. Under slike forhold vil nedbryting av organisk nitrogenholdig materiale kunne føre til en vesentlig økning av kompostens pH. Dette kan føre til at nitrogen forsvinner i gassform.

Denne oversikten viser at effektiviteten av en komposteringsprosess er

avhengig av en rekke faktorer. Det laboratorieforsøk som blir beskrevet i det følgende ble utført for å fastslå de gunstigste betingelser for kompostering av klosettmasse. Om en kjenner de forskjellige parametrenes optimalverdier, vil en ha et objektivt mål for å fastslå de forskjellige biologiske klosetters funksjonsdyktighet.

LABORATORIEFORSØK

Materiale og metoder.

Den klosettmasse som trengtes til forsøkene ble mottatt fra Oslo Renholdsverk. Den var samlet inn fra priveter i Oslo som fortsatt er i daglig bruk. Massen var ikke tilsatt noen form for kjemikalier.

Materialet ble fordelt i sylteglass av en liters størrelse. Bunnen av glassene var på forhånd dekket med et lag av kompostjord. For å undersøke effekten av tilsetning av matavfall og papir på komposteringen, ble forskjellige mengder med små potetbiter og toalett-papir tilsatt noen av glassene. Tabell 2 gir en oversikt over oppsetningen av forsøket.

Hvert komposteringskar ble luk-

Tabell 2.

Oversikt over de ulike ledd i komposteringsforsøket.

<i>Serie</i>	<i>Antall kar</i>	<i>Klosettmasse</i>	<i>Potetbiter</i>	<i>Toalett-papir</i>
A	9 + 1*	500 g	—	—
B	9 + 1*	415 g	70 g	15 g
C	9 + 1*	330 g	150 g	20 g

* Et glass fra hver serie ble dypfryst og brukt som kontroll ved de kjemiske undersøkelser som ble utført ved avslutningen av eksperimentet.

ket med en gummipropp. Proppen var utstyrt med to rør for gjennomstrømning av luft. Tilførselsrøret for luft ble ført ned mot bunnen av karet. Munningen var påsatt en hette av relativt stivt plastnett for å hindre tilstopping. Gjennomstrømningshastigheten ble regulert for hvert kar til ca. 0.5 l pr. minutt. Dette ble ansett for å være tilstrekkelig til at komposteringshastigheten ikke skulle bli begrenset av for liten lufttilførsel. For å hindre eventuell ubehagelig lukt i laboratoriet, ble den avgitte luft samlet opp og ledet ut i friluft.

Den relative fuktigheten av den luft som ble ledet gjennom komposteringskarene var h.h.v. 20 %, 40 % og 60 %. Dette ble oppnådd ved å blande hovedstrømmen av luft med luft som hadde strømmet gjennom et oppvarmet vanntårn. Ved individuell regulering var det mulig å oppnå den ønskete relative fuktighet i hvert enkelt kar. Fuktigheten ble kontrollert umiddelbart etter at luften hadde strømmet gjennom forsøkskaret ved å lede den gjennom en tett beholder som inneholdt et hygrometer. Denne beholderen var termostatert og holdt samme temperatur som komposteringskarene.

De 27 komposteringskarene ble fordelt på tre forskjellige vannbad hvor temperaturen var h.h.v. 20°, 40° og 60° C. Hvert vannbad inneholdt tre kar av hver serie A, B og C, og alle tre fuktighetsgrader ble etablert på hvert temperaturnivå. Oppstillingen av eksperimentet for en bestemt temperatur er vist i figur 3. I tillegg til de detaljer som fremgår av figuren var tilførselsledningene for luft utstyrt med ventiler for innstilling av

gjennomstrømningshastighet og ønsket luftfuktighet. Luftfuktigheten ble kontrollert daglig i den første tiden, senere hver annen eller tredje dag.

Den totale tid for eksperimentet var to måneder. Etter en måned ble alle kar fotografert, eventuelle makroskopiske kolonier av mikroorganismer ble notert, og forandringer av massens lukt og farge ble bestemt. Det ble også foretatt visse isoleringer av bakterier, sopp og actinomyceter.

Innholdet av mikroorganismer i materialet etter 1½ måned ble undersøkt på prøver tatt ut fra hvert kar. Coliform-tallet og innholdet av fekal coli ble bestemt som det mest sannsynlige antall etter gassutvikling i standard laktosebuljong ved 37°, h.h.v. 44 °C. Kimtallet ble funnet etter spredning i vanlig næringsagar og inkubering ved 25 °C.

Intensiteten av CO₂-produksjonen ble brukt som et mål for komposteringshastigheten. Den ble bestemt to ganger i løpet av forsøksperioden. Utstrømningsrøret for luft ble koblet til et system som besto av en kolonne med blågel og et rør med dehydrite (magnesium perklorat) som tørremidler, samt et rør med en bestemt mengde ascarite (Thomas Company, U.S.A.) for absorpsjon av CO₂. Ved hjelp av gravimetrisk bestemmelse ble netto CO₂-produksjon pr. time beregnet.

Ved forsøkets avslutning etter to måneder ble innholdet av karbon og nitrogen i det komposterte materialet bestemt. Den konvensjonelle Kjeldahl-metode ble brukt til N-bestemmelsene. Karbon ble bestemt etter oksydasjon i O₂-atmosfære til CO₂

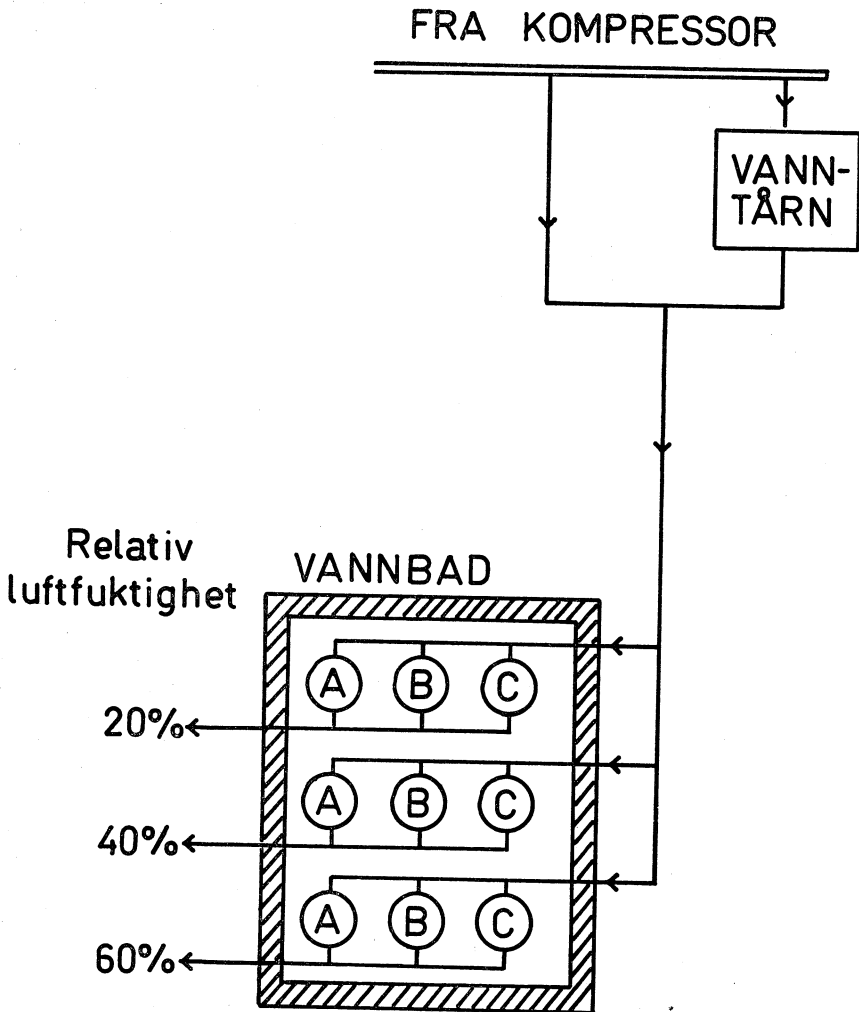


Fig. 3. Oppstilling av komposteringsforsøket for en bestemt temperatur.
Ytterligere forklaring i teksten.

Tabell 3.

Bedømmelse av lukt og utseende av klosettmasse kompostert under forskjellige betingelser i en, henholdsvis to måneder.

Kar nr.	Betingelser			Lukt		Nedbrytingsgrad	
	°C	% luftfuktighet	Sammenstilling (se tabell 2)	Etter én måned	Etter to måneder	Etter én måned	Etter to måneder
1	20	20	A	+++	+	+	++
2	»	40	»	+++	—	+	++++
3	»	60	»	+++	++	+	++
4	»	20	B	++	++	++	++
5	»	40	»	+	—	++	++++
6	»	60	»	++	++	+	++
7	»	20	C	++	—	+	++++
8	»	40	»	+	—	+	++++
9	»	60	»	++	+	++	++
10	40	20	A	+	—	+++	+++
11	»	40	»	++	—	++	+++
12	»	60	»	+++	+	++	++
13	»	20	B	+	—	+++	+++
14	»	40	»	—	—	+++	+++
15	»	60	»	+	—	+++	+++
16	»	20	C	—	—	+++	+++
17	»	40	»	—	—	+++	+++
18	»	60	»	+	—	+++	+++
19	60	20	A	+	—	+++	+++
20	»	40	»	—	—	+++	+++
21	»	60	»	+	—	+++	+++
22	»	20	B	—	—	+++	+++
23	»	40	»	—	—	+++	+++
24	»	60	»	—	—	+++	+++
25	»	20	C	+	—	+++	+++
26	»	40	»	—	—	+++	+++
27	»	60	»	—	—	+++	+++

+++ sterk; ++ middels; + svak.
— ikke lukt av feces.

ved 600—650 °C og oppsamling og bestemmelse av den utviklede CO₂-mengde som beskrevet tidligere for CO₂-produksjon. Tre parallelle prøver ble tatt fra hvert kar. Resultatene stemte meget godt overens.

Resultater og diskusjon.

For å få en oppfatning av forløpet av nedbrytingsprosessen er forandringer av materialets lukt og farge blitt registrert to ganger i løpet av forsøksperioden (tabell 3). Resultatene bygger på iakttagelser av laboratoriepersonalet, og graderingen er selvsagt noe underlagt den enkeltes subjektive skjønn. Resultatene synes likevel å gi et meget godt uttrykk for prosessens forløp.

Lukt.

Etter kompostering i en måned ved 20 °C var det fortsatt tildels kraftig lukt av feces i samtlige komposteringskar. Klosettmassen, uten noen tilsetning (A), luktet fremdeles like intenst som startmaterialet, mens det var en tydelig luktreduksjon i de kar hvor det var tilsatt potetavfall (B) eller potetavfall + papir (C). Best resultat ble det dersom luftfuktigheten var 40 %. Under slike forhold var to av forsøksleddene nesten luktfrie allerede etter en måned. Om tidsperioden for kompostering ble fordoblet, kunne en overhodet ikke merke feceslukkt fra fire av karene. Forholdene hadde forbedret seg generelt, men tabellen viser at samtlige kar med 40 % luftfuktighet nå var luktfrie.

Ved 40 °C fant en tre luktfrie forsøksledd allerede etter en måned. Etter to måneder var det lukt bare

fra et av karene. Det kan se ut til at den høyeste fuktighetsgraden (60 %) førte til at materialet luktet ubehagelig i lengre tid enn om fuktigheten var lavere. Årsaken til dette er sannsynligvis at luften har vansker med å trenge tilstrekkelig godt gjennom materialet når fuktigheten blir høy. Følgelig vil det ligge igjen partier i massen hvor nedbrytingen foregår langsomt. Dette merkes fort på lukten.

Om temperaturen var 60 °C ble materialet raskest luktfritt. Allerede etter en måned kunne det registreres ubehagelig lukt bare fra tre av karene, og etter to måneder var materialet luktfritt i samtlige tilfelle.

Nedbrytingsgrad.

Etter hvert som nedbrytingen skjer vil den komposterte masse anta et mer og mer matjordliknende utseende. Tabell 3 gir en inndeling etter forskjellig nedbrytingsgrad. Sterk nedbryting betyr at massen har fått et humus eller matjordaktig utseende. Slikt materiale kaller vi ferdig kompost. Det poengteres spesielt at svarte utfellinger, noe som i denne sammenheng kunne tyde på anaerobe forhold med derav følgende H₂S-produksjon og sulfid-dannelse, aldri ble iaktatt.

Etter to måneder ble materialet beskrevet som ferdig kompost i de aller fleste tilfelle. Unntakene stammet hovedsakelig fra 20 °C-serien. Et enkelt tilfelle ble observert ved 40 °C. Det var fullstendig overensstemmelse mellom lukt og utseende. Om materialet så ut som ferdig kompost etter to måneder, var også lukten forsvunnet.

Tabell 4.

Forekomst av makroskopiske kolonier av ulike typer av mikroorganismer på overflaten av kompostert klosettmasse etter h.h.v. en og to måneder.
Forsøksbetingelser som i tabell 3.

Kar nr.	Bakterier		Actinomyceter		Sopp	
	Etter en måned	Etter to måneder	Etter en måned	Etter to måneder	Etter en måned	Etter to måneder
1	+	—	—	—	—	—
2	+	—	—	—	+	—
3	+	—	—	+	—	+
4	+	—	—	+	+	+
5	+	—	—	+	+	+
6	+	—	—	+	+	+
7	+	—	—	+	+	—
8	+	—	—	+	+	—
9	+	—	—	+	+	—
10	—	—	+	+	+	—
11	—	—	+	+	+	+
12	+	—	+	+	+	+
13	—	—	+	+	+	+
14	—	—	+	+	+	+
15	+	—	+	+	+	+
16	—	—	+	+	+	+
17	—	—	+	+	+	+
18	+	—	+	+	+	+
19	—	—	+	—	+	—
20	—	—	+	—	+	—
21	—	—	+	+	+	—
22	—	—	+	+	+	—
23	—	—	+	+	+	—
24	—	—	+	+	+	—
25	—	—	+	—	+	—
26	—	—	+	+	+	—
27	—	—	+	+	+	—

+ makroskopiske overflatekolonier.

— ikke makroskopiske overflatekolonier.

Ved å følge utviklingen av resultatene for lukt og nedbrytingsgrad fant en at lukten var den mest følsomme indikator av disse to. Etter en måneds kompostering viste det seg at 7 av de kar hvor materialet ble karakterisert som sterkt nedbrutt fortsatt hadde en svak lukt av feces. Dette skyldtes sannsynligvis at komposten på det tidspunkt inneholdt små fragmenter av delvis uomsett materiale. Disse fragmenter ble oversett ved den visuelle bedømming. Etter to måneder var disse uoverensstemmelser eliminert.

Overflatevekst av mikroorganismer.

Ganske snart etter at komposteringsforsøket var startet, fant en at synlige kolonier av mikroorganismer ble dannet på overflaten av materialet. Rask nedbryting er avhengig av at mikroorganismene har gode utviklingsmuligheter. Organismene vil utvikle seg overalt i massen. Forutsatt at forholdene er aerobe vil koloniene på overflaten være representative for den aktive mikroflora. Det var stor forskjell mellom den synlige overflateveksten av mikroorganismer på de forskjellige forsøksledd. I tabell 4 er det satt opp en oversikt over forekomsten av forskjellige organismetyper på overflaten, slik de kan iakttas med det blotte øye. Mikroskopisk ble tatt til hjelp i de tilfelle gruppeinndelingen var vanskelig.

Av tabell 3 gikk det klart frem at den serie som var plassert ved 20 °C (1—9) ga dårligst luktreduksjon og langsom nedbryting. I denne serie utviklet det seg fort store, synlige bakteriekolonier på overflaten av massen. Koloniene var hvite, grålige

eller gulfargete og hadde alltid et slimet utseende. Resultatet tyder på at kompostering av fekalier ved relativt lav temperatur fører til rikelig utvikling av makroskopiske overflatekolonier av bakterier i den første fase av nedbrytingen.

I de andre seriene ble makroskopiske bakteriekolonier iakt tatt svært sjelden. De eneste forekomster ble observert ved 40 °C i de kar hvor fuktigheten var 60 %. Da bakteriene generelt er den gruppe av mikroorganismer som trenger rikeligst tilgang på vann for at aktiviteten skal være optimal, kan utvikling av overflatekolonier av bakterier være en indikasjon på for stor fuktighet i materialet. Forekomst av bakterier slik som beskrevet i begge disse tilfelle, ser ut til å indikere en relativt ugunstig utvikling av nedbrytingsprosessen i massen. Etter to måneder var komposteringen godt i gang i samtlige kar og det ble nå ikke iaktatt makroskopiske bakteriekolonier i noen av karene.

Actinomycetkolonier opptrådte på en helt annen måte enn bakteriene. Etter en måned hadde de overhodet ikke utviklet seg på overflaten av massen ved 20 °C, mens utviklingen var meget god ved høyere temperaturer. Etter to måneder kunne en iaktta actinomyceter i praktisk talt alle forsøksledd. Det kan se ut til at forekomst av actinomycetkolonier på overflaten gjenspeiler en gunstig utvikling av nedbrytingsprosessen i klosettmasse.

Soppene utviklet seg godt på overflaten under alle betingelser i løpet av den første del av nedbrytingsperioden. Ved 60 °C autolyserte mycelet

Tabell 5.

Kimtallet av mikroorganismer, coliforme bakterier og fekal coli i fersk og kompostert klosettmasse. Komposteringstiden var 1½ måned. For sammenlikningens skyld er tallene hele veien oppgitt pr. gram materiale. Betingelser forøvrig som for tabell 3.

Kar nr.	Kimtallet av mikroorganismer pr. g	Antall av coliforme bakterier pr. g	Antall av fekal coli pr. g
1	3.7 · 10 ⁹	3.5 · 10 ⁴	1.1 · 10 ⁴
2	1.8 · 10 ⁸	5.4 · 10 ⁵	3.5 · 10 ⁴
3	3.0 · 10 ⁷	1.6 · 10 ⁶	3.5 · 10 ⁴
4	1.0 · 10 ⁸	9.0 · 10 ³	2.8 · 10 ³
5	2.3 · 10 ⁹	1.0 · 10 ³	5.0 · 10 ²
6	1.8 · 10 ⁸	1.6 · 10 ⁶	3.0 · 10 ³
7	4.0 · 10 ⁷	9.0 · 10 ³	7.0 · 10 ²
8	1.0 · 10 ⁹	1.6 · 10 ⁶	3.5 · 10 ⁴
9	3.5 · 10 ⁹	1.6 · 10 ⁶	4.3 · 10 ⁴
10	2.0 · 10 ⁷	5.4 · 10 ³	2.0 · 10 ³
11	2.3 · 10 ⁷	1.0 · 10 ³	3.3 · 10 ²
12	1.1 · 10 ⁷	4.0 · 10 ³	3.5 · 10 ³
13	5.8 · 10 ⁸	7.0 · 10 ²	8.3 · 10 ¹
14	2.0 · 10 ⁸	9.2 · 10 ³	1.3 · 10 ³
15	2.8 · 10 ⁸	1.6 · 10 ⁶	8.0 · 10 ²
16	1.5 · 10 ⁹	5.4 · 10 ⁴	8.0 · 10 ²
17	2.5 · 10 ⁹	1.6 · 10 ⁶	5.0 · 10 ²
18	7.0 · 10 ⁸	2.2 · 10 ⁵	5.0 · 10 ²
19	1.2 · 10 ⁷	2.0 · 10 ²	7.8 · 10 ¹
20	1.5 · 10 ⁴	5.0 · 10 ¹	4.0 · 10 ¹
21	1.0 · 10 ⁴	7.9 · 10 ²	2.3 · 10 ²
22	4.0 · 10 ⁸	2.2 · 10 ⁵	2.2 · 10 ²
23	2.0 · 10 ⁷	7.9 · 10 ²	4.9 · 10 ²
24	1.5 · 10 ⁵	4.5 · 10 ¹	4.0 · 10 ¹
25	5.5 · 10 ⁷	2.0 · 10 ¹	0
26	5.1 · 10 ⁷	0	0
27	5.0 · 10 ⁷	3.3 · 10 ²	3.3 · 10 ²
Fersk masse	2.9 · 10 ⁸	2.4 · 10 ⁵	1.4 · 10 ⁵

innen to måneder, mens det overlevde bedre ved lavere temperatur. Soppene spiller uten tvil en stor rolle under nedbryting av klosettmasse. Det ser ikke ut til at de er nyttige indikatororganismer på omsetningsforholdene på samme måte som bakterier og actinomyceter.

Antallet av mikroorganismer i massen.

Innholdet av noen hovedgrupper av mikroorganismer i klosettmassen ble bestemt ved starten av forsøket og etter 1½ måneds kompostering. Resultatene er vist i tabell 5.

Kimtallet i den ferske klosettmassen var av størrelsesorden noen hundre millioner pr. gram. Etter kompostering ved 20 ° og 40 °C varierte antallet mellom 10^7 — 10^9 organismer pr. gram. Dette tyder på at mengden av mikroorganismer under disse forhold holdt seg tilnærmet konstant under komposteringen. Ved 60 °C var innholdet noe mer varierende, men med tydelig nedgang i visse tilfelle.

Coliformtallene varierte mellom 10^3 — 10^6 pr. gram om komposteringen hadde foregått ved de to laveste temperaturer, mens antallet generelt lå lavere ved 60 °C. Resultatene viser en tydelig nedgang i coliformtallet for flertallet av prøvene.

Antallet av fekal coli gikk ned i samtlige prøver etter 1½ måneds kompostering. Ved 20 °C var de høyeste verdier noe i overkant av 10^4 , for 40 °C var de største verdier av størrelsesorden 10^3 , mens det ved 60 °C ble funnet fra null til noen hundre fekale coli; alt regnet pr. gram materiale. Følgelig førte temperaturøkning til en raskere hygienisering av

den komposterte klosettmassen. Erfaringen har vist at kompostering ved 60 °C ikke kan gjennomføres i praksis i biologiske klosetter. En må følgelig nøye seg med noe lavere temperatur, men til gjengjeld regne med at det er nødvendig å øke behandlingstiden. En eksakt beregning av nedgangen i bakterieinnholdet er ikke gjennomført. Det skjer en sterk konsentrasjon av massen under komposteringsprosessen, p.g.a. fordampning og mineralisering, og størrelsen av dette er ikke bestemt. Med et rimelig skjønn kan en regne med at kompostering i 1½ måned ved forskjellige temperaturer i hvert fall fører til følgende reduksjoner av antallet fekal coli: 20 °C—99 %, 40 °C—99.9 % og 60 °C—99.99 %.

Utvikling i karbondioksyd.

CO₂-utviklingen på ethvert tidspunkt er et godt mål for nedbrytingsaktiviteten. Tabell 6 gir en oversikt over intensiteten etter at komposteringen hadde pågått i h.h.v. en og to måneder. For de kar som var plassert ved 60 °C var aktiviteten null i fire kar etter en måned. Sammenliknet med tabell 3 var disse forsøksleddene luktfrie og nedbrytingen var tilsynelatende fullstendig. Det samme var også tilfelle for karene 20 og 23. Her ble det funnet en meget svak CO₂-utvikling. Dette er et uttrykk for at prosessen er i ferd med å bli fullført. Den samme utvikling ble også observert for tre forsøksledd ved 40 °C. For de ni kar som er omtalt viste målingene etter to måneder en viss variasjon, men aktiviteten var i alle tilfelle svært lav.

Tabell 6.

Intensiteten av CO₂-utviklingen i klosettmasse etter h.h.v. en og to måneders kompostering. Verdien oppgitt som mg CO₂ dannet pr. time. Forsøksbetingelser som i tabell 3.

nr. Kar	Mengde CO ₂ i mg pr. time	
	Etter en måned	Etter to måneder
1	107.4	34.7
2	19.8	4.8
3	0	58.2
4	66.0	35.4
5	56.4	0.6
6	61.2	18.0
7	48.0	3.2
8	73.2	0
9	43.2	23.4
10	52.8	1.8
11	24.0	2.4
12	31.8	15.0
13	141.0	2.5
14	12.0	0
15	60.0	1.0
16	0	12.0
17	0	0.6
18	67.8	12.0
19	13.8	0
20	9.6	0
21	27.0	0
22	0	12.0
23	3.6	0
24	0	1.8
25	245.4	13.8
26	0	0
27	0	0

Utviklingen av CO₂ var også null i kar nr. 3 etter en måned. Sammenliknes dette med resultatene i tabell 3 finner en at omsetningen har vært ubetydelig. I dette tilfelle var derfor nullverdien tilsynelatende et uttrykk for at prosessen ikke hadde kommet ordentlig i gang. Etter to måneder derimot var CO₂-utviklingen sterkest nettopp i dette forsøksleddet. Dette bekrefter at lav temperatur og stor fuktighet hindrer en gunstig utvikling av komposteringsprosessen i klosettmasse.

Alle forsøksledd som var luktfrie og viste en sterk grad av nedbryting hadde etter en måned en CO₂-produksjon lik eller mindre enn 12 mg pr. time. Kombinert med bestemmelser av lukt og utseende sier derfor CO₂-målingene meget om forholdene i den masse som komposteres.

En meget god overensstemmelse ble funnet mellom resultatene i tabellene 3 og 6 etter to måneder. Utviklingen av CO₂ var nå størst i en del av de kar som var plassert ved 20 °C. I kar med fortsatt ubehagelig lukt og relativt liten nedbryting var CO₂-produksjonen stor, mens den var null eller meget lav for de andre serier ved 20 °C. Ved 40 °C var det bare et kar som fortsatt luktet svakt av feces. Dette stemte overens med at CO₂-produksjonen var relativt høy i dette karet. Det ser følgelig ut til at lav CO₂-produksjon etter to måneder er et entydig bevis på at komposteringsprosessen er gjennomført.

Verdiene kan stort sett aksepteres som et uttrykk for en gjennomsnittlig utviklingsintensitet av CO₂ over en lengre periode. En reservasjon må tas for kar nr. 25 hvor den målte

verdi teoretisk er for høy på grunnlag av det materiale som er til stede. Dette skyldes visse vansker med tilførsel av luft og fuktighet til dette karet.

Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N).

Forløpet av en komposteringsprosess er avhengig av forholdet mellom C og N i startmaterialet. I biologiske klosetter er en ofte interessert i relativt hurtig nedbryting. Det vil derfor være ugunstig om C-innholdet er høyt (se tabell 1).

Analysen viste at C/N-forholdet i den klosettmasse som ble brukt i denne undersøkelsen var svært lavt. For å endre forholdet noe i visse forsøksledd ble det tilsatt papir og potetavfall. På grunn av relativt høyt nitrogeninnhold i potet og at kun moderate mengder av papir kunne tilsettes, ble forskyvningene svært små. Utgangsverdiene samt noen sluttverdier er gitt i tabell 7. Alle forsøksledd viste sluttverdier som lå innen det område som er vist i tabellen.

I samtlige forsøksledd var karbonmengden minimumsfaktor. Under slike forhold vil uorganisk nitrogen (ammonium/ammoniakk) akkumuleres i materialet under nedbrytingen. Massens pH, som fra starten var i nøytralområdet, ble følgelig forskjøvet i basisk retning. Tabellen viser at pH i komposten var i området 8.5 — 9.0. En slik forskyvning, sammen med ammoniakkproduksjon, fører til nitrogenøst fra materialet.

Under komposteringen vil store deler av det tilgjengelige karbon bli mineralisert og forsvinne som karbondioksyd. Følgelig vil både karbon- og nitrogenmengdene avta. De noe variable C/N-verdier etter to måneder skyldes en viss variasjon når det gjelder det innbyrdes forhold mellom karbon- og nitrogenetapene.

For prosessen i et biologisk klosett spiller det prinsipielt ingen rolle om C/N-forholdet er lavt. Da det i praksis viser seg at tilsetning av matavfall har en gunstig virkning på nedbrytingshastighet og luktreduksjon, vil slik tilsetning likevel være en fordel. Mer av det nitrogen som tilføres

Tabell 7.

C/N-forholdet ved start og etter to måneder ved kompostering av klosettmasse med og uten tilsetning av annet organisk materiale.

Nærmere forklaring i tabell 2 og 3.

Startmateriale		Ferdig kompost		
Sammen- setning	C/N	Forsøkskar nr.	C/N	pH
A	8.3 : 1	11	6.8 : 1	8.5
B	10.4 : 1	14	21.3 : 1	8.9
C	12.4 : 1	17	10.2 : 1	8.8

systemet vil i dette tilfelle finnes igjen i den ferdige komposten. Det er i praksis liten fare for at C-innholdet skal bli for høyt og på den måten føre til forlengelse av komposteringsperioden.

ETTERKOMPOSTERING AV MASSE FRA KJEMIKALIEKLOSETTER

Som nevnt tidligere må kjemikalieklosettene tømmes regelmessig, og det bør være etablert et system for organisert innsamling og borttransport. Selv om et relativt enkelt og praktisk innsamlingsystem foreligger, viser det seg at tilfeldig dumping og tilgrising ofte blir et problem.

For å bedre publikums muligheter til å ta vare på avfall fra kjemikalieklosetter har det i den senere tid vært en viss interesse for etterkompostering av slikt materiale. Det er et motsetningsforhold mellom bruk av saneringsmidler og ønske om å gjennomføre en komposteringsprosess. Mens saneringsmidlene tar sikte på å virke desinfiserende, dvs. hindre utvikling av mikroorganismer,

vil en heldig gjennomført kompostering være avhengig av at mikroorganismene får gode vekstforhold og formerer seg raskt. Virkningen av et desinfeksjonsmiddel er sterkt avhengig av konsentrasjonen. Mens høye konsentrasjoner virker desinfiserende kan fortynnete løsninger være uten effekt eller de kan til og med øke utviklingen av mikroorganismer. Om følgelig avfall fra kjemikalieklosetter blandes med store mengder annet avfall, f.eks. i et reningsverk, vil det ikke ha noen skadelig effekt på reningsprosessen. Ved deponering i jord vil en ofte få en fortynning, evt. avrenning, og materialet vil etter at dette har funnet sted i en viss utstrekning kunne brytes ned. Ved plassering i komposteringskasser hvor avrenning er hindret, vil saneringsmidlene kunne ha en nedsettende effekt på komposteringsprosessen i relativt lang tid.

Effekten av noen ulike saneringsmidler på de mikroorganismer som tar del i en komposteringsprosess,

Tabell 8.

Virkning av et saneringsmiddel, beregnet for bruk i kjemikalieklosett, på mikroorganismer som tar del i komposteringsprosessen.

a) Vekst av organismene under kontinuerlig påvirkning av saneringsmidlet.

Konsentrasjon av midlet	Behandling i antall døgn							
	1	2	5	6	7	8	9	15
1/10	—	—	—	—	—	—	—	—
1/100	—	—	—	—	—	—	—	—
1/1.000	—	—	+	+	+	+	+	+
1/10.000	—	+	+	+	+	+	+	+

- b) Overleving av organismene etter behandling med saneringsmidlet en viss tid. Bestemt som vekst etter overføring til substrat fritt for saneringsmidler.

Konsentrasjon av midlet	Behandlingstid før overføring							
	5 min.	20 min.	80 min.	320 min.	1 døgn	2 døgn	5 døgn	15 døgn
1/10	—	—	—	—	—	—	—	—
1/100	+	—	—	—	—	—	—	—
1/1.000	+	—	—	—	+	+	+	+
1/10.000	+	—	—	—	+	+	+	+

+ vekst; — ingen utvikling.

ble undersøkt nærmere. Mikroorganismene ble podet på rør med næringsbuljong. Rørene var på forhånd tilsatt saneringsmidler i bestemte konsentrasjoner. Tilvekst ble angitt som synlig blakking av løsningen. Etter bestemte perioder ble det overført smitte fra ovenfor nevnte rør til nye buljongrør som ikke inneholdt saneringsmidler. Vekst i disse rør viste om organismene hadde overlevd behandlingen med saneringsmidlet. Virkningen var svært lik for alle midlene. Et typisk resultat gjengis i tabell 8. Prinsipielle sider ved resultatene fremgår av det følgende.

Om saneringsmidlene ble fortynnet 10 ganger (dvs. den konsentrasjon de ofte blir brukt i), ble vanlige mikroorganismer, som normalt vil være aktive i en komposteringsprosess, fullstendig inaktivert (tabell 8 a). Om organismene etter slik behandling ble overført til et miljø fritt for saneringsmidler var de ikke i stand til å formere seg. Dette betyr at organismene er drept. Grensekonsen-

trasjoner for å oppnå sterilisering lå i området rundt 100 gangers fortykning. Av de tre midler som ble undersøkt drepte et av dem alle organismer ved 100 gangers fortykning, men for de to andre midler startet organismene sine aktiviteter på nytt etter å ha vært hemmet i 5—15 døgn etter overføring. Om konsentrasjonen ble senket til 1/1.000 eller lavere var organismene hindret i sine aktiviteter bare noen få timer.

Om en skal tilrå kompostering i små beholdere (med tett bunn og lufttilgang fra sidene), må en ha mulighet til å fortygne massen fra kjemikalieklosettene mellom 10 og 100 ganger med jord eller kjemikaliefri kompost som allerede finnes i komposteringsbeholderen. Dette betyr at om en tømmer porsjoner på ca. 20 liter hver gang må volumet av den masse som skal motta dette være minst 1 m³. En mer eksakt angivelse av en sikkerhetsgrense er ikke mulig på grunnlag av de utførte undersøkelser. Det synes som

om etterkompostering av fekalier og urin fra kjemikalieklosetter kan være et brukbart alternativ i visse tilfelle, spesielt der hvor hovedbelastningen skjer i den varme årstid. Hvorvidt noen av midlene vil hope seg opp ved lengre tids bruk er ikke undersøkt, men dette anses for mindre sannsynlig. Gjentatt tømning i den kalde årstid vil føre til akkumulering av kjemikalier og nedsett eller ødelagt kompostering.

BRUK AV INSEKTMIDLER I BIOLOGISKE KLOSETTER

På steder hvor lettomsattelig organisk materiale blir deponert, f.eks. søppelkasser, fyllinger, gjødselkjellere o.l. vil det være fare for at visse insekter, spesielt fluer, kan slå seg ned og få mulighet til å formere seg. I en del biologiske klosetter har dette skjedd i slik grad at det har blitt en plage for brukerne og omgivelsene. Rent teknisk kan en med enkle midler iverksette visse tiltak for å hindre at insekter slipper til. På den måten kan en unngå eller redusere plagen, men en har vært i tvil om hva en skal tilrå for å bekjempe insektene om de først har fått anledning til å formere seg i klosettmassen.

De biologiske klosettene er, som nevnt flere ganger allerede, avhengig av en aktiv komposteringsprosess for å fungere. Det er viktig å få klarlagt om vanlige kjemiske insektmidler (insekticider) virker uheldig inn på mikrofloraen i massen, og følgelig også på nedbrytingsprosessen. En har lenge kjent til at forskjellige plantevernmidler ikke er strengt spesifikke. I tillegg til de organismegrupper

som midlene skal bekjempe, kan de ha en viss effekt på andre typer av organismer. I det følgende blir det kort redegjort for en undersøkelse som er utført for å gi svar på om tilførsel av visse insekticider nedsetter den mikrobielle aktiviteten i biologiske klosetter. For en mer detaljert fremstilling henvises til litteraturlisten (7).

Som kilde for mikroorganismer ble brukt ferdig kompost, fremstilt ved omsetning av hageavfall. Dette materialet inneholdt ca. 10^9 (1 milliard) organismer pr. gram. Antallet ble bestemt ved platespredninger. En kan gå ut fra at disse organismene er representative for den mikroflora som er aktiv under en komposteringsprosess. En vanlig næringsagar med kjøtt ekstrakt/pepton ble brukt til dyrking av mikroorganismene. Skålene ble vanligvis plassert ved 28 °C og telling av utvokste kolonier ble foretatt etter 3 døgn. Insektmidlene ble blandet inn i substratet i de ønskede konsentrasjoner. Antallet av mikroorganismer som utviklet seg under påvirkning av insektmidlene, ble bestemt og sammenliknet med kontrollprøver uten noen tilsetning.

Fem forskjellige insektmidler ble undersøkt. Resultatene ser ut til, grovt sett, å kunne skilles i to grupper. Typiske resultater er gjengitt i figur 4. For Malathion (og Basudin) inntrådte ingen endring i antallet så lenge konsentrasjonen holdt seg under 100 ppm. Øket konsentrasjonen ytterligere, førte dette til markert nedgang i innholdet av mikroorganismer. For Baytex (også Pymax Puder og Radar) holdt antallet seg

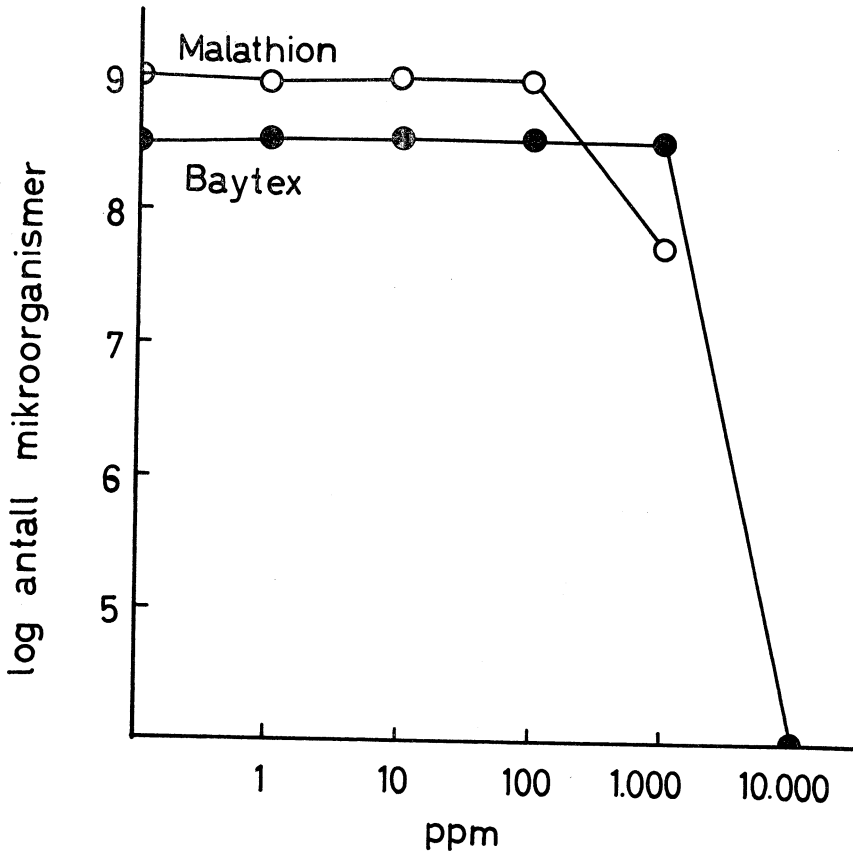


Fig. 4.

Effekt av to forskjellige insektmidler på antall mikroorganismer i kompost.

relativt konstant opp til 1.000 ppm, fulgt av en kraftig nedgang ved høyere konsentrasjoner.

For å kunne sammenlikne bruksverdien av insektmidlene i biologiske klosetter ble konsentrasjonen av virksomt stoff beregnet i hvert enkelt tilfelle. Tabell 9 viser den største konsentrasjon av forskjellige virksomme komponenter som med sikker-

het er uten uheldig virkning på utviklingen av komposteringsmikrofloraen. Under forutsetning av at det tilførte insektmidlet blir fordelt i 100 l masse, at det overhodet ikke skjer noen nedbryting av midlet under komposteringsprosessen, og at en bruker de konsentrasjoner som er foreskrevet på bruksanvisningen, gir dette et visst antall behandlings-

Tabell 9.

Oversikt over de aktive komponenter i fem undersøkte insektmidler, den største konsentrasjon av disse komponenter som ikke har antimikrobiell effekt, og et beregnet antall behandlinger som en med sikkerhet kan si ikke vil hemme utviklingen av mikroorganismer i kompost.
Øvrige betingelser beskrevet i teksten.

Insektmiddel	Aktive komponenter	Største konsentrasjon (ppm) uten antimikrobiell virkning	Antall behandlinger (ca.) uten at antimikrobiell virkning kan være oppnådd
Radar	Pyretriner I og II	2	10
	Piperonylbutoksyd	15	
	1,1-Bis(4-etylfenyl)-2,2-dikloretan	50	
Pymax Puder	Pyretriner I og II	1	4
	Piperonylbutoksyd	1	
	Malathion	20	
Malathion 60	Malathion	60	30
Basudin 25	Diazinon	23,5	70
Baytex	Merkaptofos	400	65

ganger før en eventuell hemmende konsentrasjon kan være nådd. Antall behandlinger som med sikkerhet ikke vil føre til antimikrobielle effekter, er beregnet og ført opp i tabellen.

Tabellen viser at en kan dele midlene i to grupper. Om en regner med relativt lang brukstid for vedkommende klosett med derav følgende behov for gjentatte behandlinger, vil det være sikrest å bruke Basudin, Baytex eller Malathion. Om brukstiden kun er noen få uker i den varme årstid, tyder forsøkene på at en kan bruke hvilket som helst av de midler som er undersøkt.

SMITTEMATERIALE — JORD ELLER «KOMPOSTERINGSPREPARAT»

Flere såkalte «komposteringspreparater» er kommet på markedet og blir i visse tilfelle anbefalt som tilsetning til biologiske klosetter. Innholdet av mikroorganismer i et av disse preparatene ble sammenliknet med kompostjord (tabell 10). Resultatene viser at antallet i «komposteringspreparatet» alltid var lavere enn i tilsvarende mengde kompostjord. Dette var spesielt tydelig ved 28 °C, men det var også tilfelle ved 37 °C.

Vanlig jord fra hage eller åker inneholder i hvert fall ca. 10⁷ mikro-

Tabell 10.

Innholdet av mikroorganismer i kompostjord og i et markedsført «komposteringsapparat». Alle bestemmelser gjort på 1 g av vedkommende materiale. Hver verdi er midlet av 10 spredninger.

Serie nr.	Kompostjord Antall pr. gram		«Komposteringspreparat» Antall pr. gram	
	28 °C	37 °C	28 °C	37 °C
1	7.1 · 10 ¹⁰	1.8 · 10 ¹⁰	1.8 · 10 ⁹	1.7 · 10 ¹⁰
2	7.3 · 10 ¹⁰		2.5 · 10 ⁹	
3	4.6 · 10 ¹⁰		2.3 · 10 ⁹	
4	7.2 · 10 ¹⁰	2.4 · 10 ¹⁰	2.2 · 10 ⁹	1.6 · 10 ¹⁰
5	3.5 · 10 ¹⁰		1.9 · 10 ⁹	

organismer pr. gram. Dette er noe i underkant av antallet i «komposteringspreparatet». Ved at en bruker større mengder når en smitter med jord, vil totalantallet av tilførte organismer bli vel så stort som ved bruk av preparatet. For å få aktiv jord må denne hentes inn direkte fra feltet. En kan ikke bruke jord som selges i småporsjoner emballert i plastposer e.l., idet denne som regel er behandlet slik at innholdet av mikroorganismer er vesentlig redusert.

Tilsetning av jord sammen med torv virker gunstig på nedbrytingsprosessen i biologiske klosetter. Om en skal bruke et «komposteringspreparat», bør dette komme i tillegg til de nevnte tilsetninger. Den mulighet er tilstede at «komposteringspreparatets» utvalgte mikroorganismer i visse tilfelle kan ha en gunstig effekt på nedbrytingsprosessen.

HYGIENISKE SYNSPUNKTER

Generelt.

Et vesentlig punkt når det gjelder anbefaling av biologiske klosettsyste-

mer er hvorvidt de kan sies å være forsvarlige fra et hygienisk synspunkt. På dette område er det meget sparsomt med data, og det vil være en hovedoppgave i nærmeste fremtid å få et grunnlag for å fastlegge retningslinjer for vurdering av disse klosettsystemene.

En gunstig nedbrytingsprosess er avhengig av et høyt innhold av mikroorganismer i massen. Av hygieniske grunner er det langt fra likegyldig hva slags organismer dette er. Eventuelle sykdomsfrembringende mikroorganismer bør ikke kunne overleve i systemet. Slike organismer vil kunne bli tilført med ekskrementene. Som et mål for nærvær av tarmbakterier er brukt det mest sannsynlige antall av fekale coli-bakterier.

Når det gjelder hygienisering eller avsmitting av kompost, er det gjort en rekke undersøkelser i utlandet (8). Spesielt ved samkompostering hvor en av komponentene er råslam har det vært nødvendig med sikkerhet for avdøding av patogene organismer. Det er to forhold som normalt spiller en rolle for en gunstig hygienisering.

For det første vil en kompostering normalt føre til temperaturstigning i massen. Det er en alminnelig oppfatning at kompostering i noen dager eller uker ved 60—65 °C fører til et hygienisk innvendingsfritt produkt. For det andre vil det under komposteringsprosessen bli dannet mikrobielle stoffskifteprodukter som virker som antibiotika. Det er påvist bakteriostatisk, baktericide og fungicide effekter i kompost, og mange regner med at viricide forbindelser også vil bli funnet. Det har vist seg at den avdødende virkning overveidende er rettet mot mikroorganismer som er fremmede for kompost og jord. I tabell 4 ble det vist at fekalier som gjennomgår en gunstig kompostering normalt inneholder en rik flora av sopper og actinomyceter. Organismer av disse typer er ofte antibiotikaproducenter, men bakterier kan også skille ut slike stoffer. Fra våre egne forsøk har vi isolert bakteriestammer som ser ut til å være meget kraftige antibiotikaproducenter.

I biologiske klosetter hvor avfallsmengden ofte er liten og luftgjennomstrømming og fordamping er stor, vil det være umulig å oppnå så høye temperaturer at det alene vil føre til en godtagbar desinfeksjon. Det er realistisk å regne med å nå temperaturer i området 40—45 °C. Langtidsbehandling i dette temperaturområdet eller lavere ser ut til å ha en meget god avdødende effekt på fekale bakterier. Her er det rimelig å anta at antimikrobielle effekter spiller en stor rolle. Undersøkelser på dette feltet vil derfor bli fortsatt.

Foreløpige resultater fra to klosettsystemer.

I samarbeid med et par produsenter har vi fått anledning til å følge bakterieinnholdet i biologiske klosetter i relativt lang tid. Det ene klosett (A) har vært plassert i en villa og brukt kontinuerlig, mens det andre (B) ble brukt sommeren 1973 på en hytte og har deretter stått ubrukt. For klosett (A) er prøvene hele tiden tatt fra bunnlaget av den masse som ble kompostert, mens det fra (B) ble tatt prøver både fra topp- og bunnlag. Resultatene er vist i tabell 11.

Det er antallet av fekal coli som først og fremst er av interesse. I del A er likevel vist både kimtallet og innholdet av coliforme bakterier. Mens kimtallet holdt seg relativt konstant i området rundt 10^8 organismer pr. gram, ble spesielt de fekale coli meget sterkt redusert. Etter en måned var innholdet i bunnlaget kun 23 fekale coli pr. gram. En ser hvorledes rysting og sammenblanding av gammelt og nytt materiale førte til øking av innholdet av fekal coli i bunnlaget. Dette viser hvor viktig det er å komme frem til konstruksjoner som på en sikker måte skiller gammelt og nytt materiale i klosettene. Tilførsel av ekstra varme i system (A) har sannsynligvis hatt en gunstig effekt, idet innholdet av fekale coli var vesentlig høyere (780) i klosett (B) etter 1½ måneds lagring. På den annen side er det tydelig at en forlenget komposteringsperiode, selv under meget ugunstige forhold, har en god avdødende effekt på fekale coli-bakterier.

I tillegg til de resultater som er

Tabell 11.

Innholdet av mikroorganismer i to biologiske klosetter
etter forskjellig nedbrytingstid.

A. Brukt kontinuerlig. B. Brukt sommeren 1973, deretter ubrukt.

A. Klosettet stått innendørs og er utstyrt med varmeelement.

Dato	Kimtall pr. gram		Coliforme bakterier pr. gram	Fekal coli pr. gram	Anmerkning
	25 °C	37 °C			
7/2	2.5 · 10 ⁸	12.9 · 10 ⁸	240 000	90 000	Oversvømmet
14/2	2.3 · 10 ⁸	3.1 · 10 ⁸	110 000	1 200	
28/2	0.6 · 10 ⁸	0.3 · 10 ⁸	3 500	45	
7/3	0.5 · 10 ⁸	0.4 · 10 ⁸	17 000	23	
9/4	3.5 · 10 ⁸	3.4 · 10 ⁸	2 400	23	
13/4	5.7 · 10 ⁸	4.7 · 10 ⁸	5 400	49	
8/5	1.6 · 10 ⁸	2.7 · 10 ⁸	5 400	1 300	
29/5	0.4 · 10 ⁸	0.3 · 10 ⁸	920	130	
28/6	0.6 · 10 ⁸	0.6 · 10 ⁸	2 400	200	Rystet kraftig ned

B. Klosettet står utendørs.
Ingen tilleggsvarme.

Dato	Fekal coli pr. gram		Anmerkning
	Topp- lag	Bunn- lag	
4/10	780	7 000	Ikke brukt etter 20.8.
5/11	78	180	
7/1	790	5 400	Toalettet an- vendt én gang
1/4	110	330	
6/5	21	240	

gjengitt i tabell 11 har vi etterhvert
utført mange tilfeldige analyser av
innlevert klosettmaterialer hvor fekale

coli helt er forsvunnet eller bare kan
påvises i et antall av under 5 pr.
gram. Før videre diskusjoner av de
muligheter kompostering gir for
hygienisering av slikt materiale, er
det nødvendig med systematiske og
kontrollerte undersøkelser. Dette vil
bli gjennomført i nærmeste fremtid.

Brukt i fritidsbebyggelse vil et bio-
logisk klosett normalt produsere 1
—2 bøtter ferdig kompost pr. år.
Rent praktisk synes det uten beten-
keligheter at denne lille mengden
brukes på egen mark som jordfor-
bedringsmiddel. Om en likevel vil
anse materialet som avfall inntil en
har fått sikkerhet for en 100 % effek-
tiv hygienisering, må det samles inn
sammen med annet søppel. Selv i
dette tilfelle innebærer de biologiske

klosettene store fordeler, idet 300 liter flytende klosettmasse blir redusert til 15—20 l tørt materiale. Dette er luktfritt og kan legges i samme sekk som annet avfall som likevel skal kjøres bort. Tømmingen reduseres fra 1—2 ganger pr. uke i bruksperioden til 1 gang pr. år.

SAMMENDRAG

1. Det er gitt en summarisk oversikt over de forskjellige klosettsystemer som er aktuelle i dag. Deres anvendbarhet er vurdert på bakgrunn av bruk i fritidsbebyggelse.

2. De generelle betingelser for å få en effektiv komposteringsprosess er gjennomgått.

3. Et laboratorieforsøk med kompostering av klosettmasse er gjennomført under forskjellige kontrollerte betingelser. Følgende forhold ble undersøkt:

- a) lukt; b) nedbrytingsgrad; c) overflatevekst av mikroorganismer;
- d) antall av mikroorganismer;
- e) utvikling av karbondioksyd;
- f) C/N-forholdet.

a) Etter kompostering i en måned ved 20 °C var det tildels kraftig lukt av feces i samtlige kar. Tilsetting av annet avfall førte til bedret luktreduksjon, men mange av karene luktet fortsatt ubehagelig etter to måneder. Resultatet ble best om luftfuktigheten var 40 %. Øket temperatur førte generelt til raskere luktreduksjon. Ved 40 ° og 60 °C var forholdene

generelt gode etter to måneder.

- b) Etter to måneder så materialet ut som ferdig kompost i de fleste tilfelle. Unntakene stammet hovedsakelig fra de forsøksledd som var behandlet ved 20 °C. Ferdig kompostert materiale var luktfritt.
- c) Forskjellige typer av makroskopiske overflatekolonier av mikroorganismer kan bli brukt som indikatorer på nedbrytingsforholdene. Bakteriekolonier på overflaten ble observert ved lave temperaturer og høy fuktighet og synes følgelig å være indikasjon på ugunstige komposteringsforhold. Actinomycetkolonier på overflaten tydet på en ønsket utvikling av nedbrytingsprosessen i klosettmasse. Sopper utviklet seg under alle forhold og kan ikke brukes som indikatororganismer i denne forbindelse.
- d) Totalantallet av mikroorganismer var tilnærmet konstant under komposteringen. Coliformtallene avtok tydelig i de fleste prøver. Innholdet av fecal coli gikk ned i samtlige prøver etter 1½ måneders kompostering. Temperaturøkning opp til 60 °C førte til raskest nedgang. For å oppnå samme effekt ved lavere temperatur vil en måtte øke behandlingstiden.
- e) Lav CO₂-produksjon etter en måneders kompostering kan bety to ting. Enten var nedbrytingen praktisk talt gjennomført og massen var luktfri, eller omsetningen var ikke kommet ordentlig i gang og materialet var meget lite omsatt. Etter to måneder var lav CO₂-produksjon et entydig be-

vis på gjennomført kompostering. Kombinert med bestemmelser av lukt og nedbrytingsgrad forteller CO₂-målingene meget om forholdene i den masse som komposteres.

- f) C/N-forholdet i klosettmassen var svært lavt (8.3:1). pH i komposten lå i området 8.5—9.0. Under slike forhold vil ammoniakk gå tapt i gassform. En del av materialets karbon forsvinner under mineraliseringen. På grunn av variasjon i tapene fant en C/N-verdier i det ferdige materialet som varerte mellom 22:1 og 6:1. Det er i praksis liten sjanse for at C/N-forholdet skal bli for høyt. Da matavfall så ut til å ha en gunstig virkning på nedbrytingshastighet og luktreduksjon, anbefales slik tilsetning.

4. Masse fra kjemikalieklosetter kan komposteres under forutsetning av at materialet fortynnes med jord eller allerede kjemikaliefri kompost. For å hindre avrenning må slik kompostering gjennomføres i kasse med tett bunn. For å sikre en tilstrekkelig fortynning av saneringsmidlet bør kassen minst ha et volum på 1 m³.

5. Det er mulig å bruke visse insektmidler i biologiske klosetter uten at dette hindrer nedbrytingen. Under bestemte forutsetninger kan Basudin, Baytex og Malathion brukes gjentatte ganger i klosetter med relativt lang brukstid. Om brukstiden kun er noen få uker i den varme årstid, tydet forsøkene på at hvilket som helst av de fem midler som er undersøkt (de tre nevnte pluss Radar og Pymax Puder) kan brukes.

6. Innholdet av mikroorganismer i jord var like høyt eller høyere enn i et innkjøpt «kompostingspreparat». En anbefaler derfor rikelig med jord som smittemateriale. Det kan tenkes at «preparatets» utvalgte organismer under visse forhold kan virke gunstig på nedbrytingsprosessen.

7. To faktorer er av avgjørende betydning for hygienisering av kompost. For det første vil selvopvarming til 60—65 °C i noen dager eller uker føre til et hygienisk innvendingsfritt materiale. For det andre vil noen organismer skille ut antimikrobielle stoffer som dreper patogene organismer. Det siste forhold spiller en stor rolle ved hygienisering av klosettavfall.

8. Bakterieinnholdet er fulgt gjennom lengre tid i to forskjellige biologiske klosetter. Avdøingen av fekal coli gikk raskest i et system med tilleggsvarme. Det er mottatt flere tilfeldige prøver av kompostert klosettmasse hvor fekal coli er helt forsvunnet eller under 5 pr. gram. For å oppnå en sikker hygienisering er det nødvendig å komme frem til systemer hvor en kan skille mellom gammel og ny klosettmasse. Det er en forutsetning at klosettet er slik utformet at det tillater en aktiv komposteringssprosess.

*

LITTERATUR :

1. Anonym: Klosetter för fritidshus samt små reningsverk. *Statens institut för konsumentfrågor*. 1972. 52 s.

2. Anonym: Dine muligheter. *Helse-direktoratet*. 1970. 39 s.
3. Pedersen, T. A. og Larsen, T.: Biologiske klosetter gir færrest miljø-problemer. *Forbruker-rapporten*. 1973 (nr. 5): 13—18.
4. Finsrud, R.: Sanitærtekniske forhold i fritidsområder. *Vann*. 1973. 8: 179—194.
5. Lindstrøm, C. R.: Multrum. *Eksamensarbeide KTH, Stockholm*. 1969. 44 s.
6. Rodale, R.: Goodbye to the flush toilet. *Compost Science*. 12 (nr. 6): 24—25.
7. Pedersen, T. A.: Flere insektmidler egnet for bruk i biologiske klosetter. *Tidsskr. Kjemi, Bergv., Metallurgi*. 1974 (nr. 3): 19—21.
8. Knoll, K.-H.: Allgemeine Verfahren der Kompostierung im Hinblick auf ihren hygienischen Effekt. I: Kumpf, E., Maas, K. og Straub, H.: *Müll- und Abfall-beseitigung*. Bd. 2. Avdeling 5155. Erich Schmidt Verlag. 1969. 6 p.