



Vitenskapskomiteen for mattrygghet
Norwegian Scientific Committee for Food Safety

Vurdering av mikrobielle indikatorer for hygieniserte gjødselvarer mv. av organisk opphav

Uttalelse fra Faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mattrygghet

Dato: 28.03.2011
Dok. nr.: 10-103-endelig
ISBN: 978-82-8259-017-4



Vurdering av mikrobielle indikatorer for hygieniserte gjødselvarer mv. av organisk opphav

Jørgen Lassen (leder), Karl Eckner, Lars Hem, Lars Nesheim, Espen Rimstad, Lucy Robertson

Bidragstere

Den som utfører arbeid for VKM, enten som oppnevnte medlemmer eller på ad hoc-basis, gjør dette i kraft av sin egen vitenskapelige kompetanse og ikke som representanter for den institusjon han/hun arbeider ved. Forvaltningslovens habilitetsregler gjelder for alt arbeid i VKM-regi.

Takk til

VKM har nedsatt en ad hoc-gruppen bestående av medlemmer av VKM og eksterne eksperter til å besvare oppdraget fra Mattilsynet. Medlemmene av ad hoc-gruppen takkes for arbeidet med denne risikovurderingen.

Medlemmer av ad hoc-gruppen er:

VKM-medlemmer

Jørgen Lassen (leder), Faggruppe nr. 1

Karl Eckner, Faggruppe nr. 1

Espen Rimstad, Faggruppe nr. 8

Lucy Robertson, Faggruppe nr. 1

Eksterne eksperter

Lars Nesheim, Forsker, Bioforsk

Lars Hem, Seniorforsker, SINTEF

Vurdert av

Rapporten fra ad hoc-gruppen er vurdert og godkjent av

Faggruppe for hygiene og smittestoffer:

Karl Eckner, Georg Kapperud, Jørgen Lassen (leder), Bjørn-Tore Lunestad, Truls Nesbakken, Karin Nygård, Lucy Robertson, Michael Tranulis, Morten Tryland, Siamak Yazdankhah.

Koordinator(er) fra sekretariatet

Danica Grahek-Ogden

Sammendrag

I forbindelse med gjennomgang av "Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav" (04.07.2003) har Mattilsynet (MT) sett behov for å vurdere dagens hygieneparagraf. Forskriften stiller i dag krav til at produkter og bruken av dem, "inkludert sannsynlig misbruk", ikke skal medføre fare for overføring av sykdomssmitte til mennesker, dyr og planter. Det er pr i dag krav til at produktene ikke skal inneholde salmonellabakterier eller infektive parasittegg og at innholdet av termotolerante koliforme bakterier (TKB) skal være mindre enn 2500 CFU pr gram TS (tørrstoff). Flere har stilt spørsmål til om TKB er egnet som indikatororganisme. Mattilsynet spør VKM om å gjøre en vurdering av hvilke indikatororganismer som egner seg for å vise at produktene har vært gjennom en tilfredsstillende hygienisering for å unngå sykdomssmitte til planter, dyr og mennesker. MT ber også om en generell kommentar til dagens krav og praksis.

Hovedkonklusjonene er at de viktigste parametrene for å sikre trygge produkter i denne sammenheng er rutinemessig dokumentasjon av *prosess*indikatorerne som influerer på mikrobenes overlevelsessevne, herunder særlig hvilken temperatur som er oppnådd gjennom hvor lang tid (eksponeringstid), eventuelt ved hvilken pH-verdi.

Mikrobielle *produkt*indikatorer vil bare være et *supplement* til dette. Slike mikrober kan anvendes som indikasjoner på

- (i) en tilfredsstillende gjennomgått hygieniseringsprosess og
- (ii) om en eventuell rekontaminering av produktet kan ha funnet sted.

Begge disse formålene forutsetter at prøvetaking finner sted etter avsluttet prosess og tettest mulig opp til at produktet skal distribueres.

Når det gjelder rutinemessige driftsundersøkelser av produkter, vil de eneste aktuelle mikrobielle indikatorer være mikrober innen bakteriegruppen. Undersøkelser for henholdsvis virus og parasitter anses fortsatt å være for ressurskrevende og krever dessuten en såpass spesialisert kompetanse at den bare finnes på enkelte sentrale institusjoner. De vil derfor ikke være egnet for denne type rutinemessige undersøkelser. I denne forbindelse er det imidlertid et problem at mikroorganismer innen både virus og parasitter kan ha en bedre toleranse og overleve lenger i miljøet enn mange bakteriearter. Hygieniseringsmetodene som anvendes må derfor forutsettes å være validert også med henblikk på effekten på parasitter.

Aktuelle bakterielle indikatorer er:

- Termotolerante koliforme bakterier (TKB). Dette er en gruppe som tidligere ble ansett for å være nærmest synonym med *E. coli*, men som omfatter et noe bredere spekter av arter. I motsetning til *E. coli*, vil noen av "tilleggsartene" være i stand til å formere seg fritt i miljøet og vil derfor kunne føre til en "ettervekst" i produktene.. TKB er derfor ikke lenger akseptert som indikator for en fekal forurensing i drikkevann- og næringsmiddelhygienen hvor den er erstattet med *E. coli*. Som indikator på hygieniseringseffekten, vil den sannsynligvis være bedre enn *E. coli* (men dårligere enn den mer robuste *Enterococcus*). Som indikator på en mulig rekontaminering av produktene, vil den derimot være dårligere enn *E. coli*. Dette er derfor en indikator som med fordel kan erstattes av andre mikrober.
- *E. coli* har sitt spesifikke reservoar i mennesker og varmblodige dyrs tarmkanal. Den dør relativt raskt ut utenfor tarmtraktus. En reduksjon av denne mikroben indikerer derfor ikke uten videre en effektiv hygieniseringsprosess. Derimot vil den være svært velegnet for å indikere en relativ fersk fekal *rekontaminering* av produktet.

- *Enterokokker* er mer resistente mot ytre miljøfaktorer enn TKB og *E. coli* og vil dels også kunne oppformere seg fritt i miljøet. Denne gruppen vil derfor kunne fungere som en god indikator for effekten av hygieniseringsprosessen. Fordi denne gruppens overlevelsessevne er mer på linje med en rekke patogene virus, er den i en viss grad også en indikator for slike.
- *Salmonella* er ingen indikatorbakterie, men en viktig målbakterie. Norge har, når det gjelder denne mikroben, en i internasjonal sammenheng usedvanlig fredelig epidemiologisk situasjon. En kvalitativ undersøkelse med henblikk på denne mikroben vil derfor ha en svært lav sensitivitet og et negativt funn vil ha svært begrenset utsagnskraft. Det anses derfor som unødvendig å kreve dokumentert fravær av denne mikroben i de aktuelle produktene. Skulle dette kravet imidlertid opprettholdes, bør denne undersøkelsen - i motsetning til hva tilfelle er for indikatorbakteriene - finne sted når muligheten for å finne mikroben er størst, dvs. *før* hygieniseringsprosessen kommer i gang. En evt. positivitet må i så fall følges opp med et flertall prøver mot slutten av prosessen.

Summary

The review of the "Regulations for fertilizer products, etc. of organic origin (07/04/2003)" has resulted in a need for the National Food Safety Authority (NFSA) to assess the hygiene section of the current regulations. The regulation today demands that products and their use, "including likely abuse" should not result in transmission of disease to humans, animals and plants. At present it is required that the products do not contain *Salmonella* or infective parasite eggs and that thermotolerant coliform bacteria (TCB) counts are less than 2500 colony forming units (CFU) per gram of dry matter (DM). It has been questioned whether TCB is a suitable indicator organism. NFSA asked VKM to assess which indicators are suitable for demonstrating that the products have undergone a satisfactory sanitizing process to prevent disease transmission. NFSA also requested a general comment on the current requirements and practices.

The main conclusions are that the most important parameter for ensuring that the products are safe in this context is routine documentation of those process indicators that influence the microbes' survival, particularly the temperature that has been achieved over the period of time (exposure time) or the pH value.

Microbial product indicators will only be supplementary to this documentation. Such microbes can be used as indicators of:

- (i) a satisfactory sanitizing process
- (ii) any recontamination of the product that may have occurred.

Both these objectives require that samplings for analysis are taken following completion of the sanitizing process, and preferably as close as possible to the time at which the product is to be distributed.

Regarding routine internal control analyses, the only relevant microbial indicators are bacterial. Analyses for viruses and parasites are still considered to be too demanding and also require specialized expertise that exists only in few institutions, and are therefore not suitable for this type of routine investigation. However, viruses and parasites often have a better survival rate in the environment than many bacterial species, and therefore the sanitizing methods used must be validated regard their effect on parasites and viruses.

Suitable bacterial indicators are:

- Thermotolerant coliform bacteria (TCB). This group was previously considered to be virtually synonymous with *E. coli*, but covers a wider range of species. In contrast with *E. coli*, some of the "additional species" are able to multiply in the environment and could therefore increase in the products. Therefore, TCB is no longer accepted as an indicator of faecal contamination in drinking water and food hygiene, and has been replaced with *E. coli*. As an indicator of a sanitizing effect, TCB would probably be more suitable than *E. coli* (but less suitable than the more robust *Enterococcus*). As an indicator of recontamination of the products, it would be less effective than *E. coli*. Therefore, this indicator can be replaced by others.
- *E. coli* has its specific reservoir in the intestinal tract of humans and warm-blooded animals and doesn't survive for long outside the intestinal tract. Therefore, a reduction in number of this microbe does not necessarily indicate an effective sanitizing process. However, it is very suitable for indicating relatively recent faecal recontamination of the product.
- *Enterococci* are more resistant to external environmental pressures than TCB and *E. coli* and has some ability to multiply in the environment. Thus, this is a good indicator of the effectiveness of the sanitizing process. Because the survival of *Enterococci* is more similar to that of a number of pathogenic viruses, it may provide a suitable indicator for these.
- *Salmonella* is not an indicator bacteria, but an important pathogen. The *Salmonella* situation in Norway is exceptionally good, and therefore qualitative analysis for this microbe would seldom give positive results and negative results would have very limited power. It is therefore considered unnecessary that documented absence of *Salmonella* in the products should be mandatory. However, should this requirement be maintained, then samples should be taken when the opportunity to find the microbe is greatest, i.e. before sanitizing process (unlike sampling for the indicator organisms). All positive results obtained from untreated material should be followed by analysis of sufficient samples from the end of the process to document adequate inactivation.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Innholdsfortegnelse	7
Bakgrunn	8
Oppdrag fra Mattilsynet	9
1 Definisjoner	11
2 Forekomst av patogener	13
2.1 Bakterier.....	13
2.2 Parasitter	14
2.3 Virus.....	15
3 Indikatorer	16
3.1 Definisjoner	16
3.2 Indikatorer i bruk i Norge	18
3.3 Indikatorer i bruk i andre land.....	18
3.4 Forekomsten av indikatorbakterier i avløpslam.....	18
4 Behandlingsmetoder for avløpslam og gjødsel	19
5 Hvordan patogener og indikatorer overlever forskjellige typer behandling	20
6 Diskusjon	23
6.1 Hygieneseringsprosessen:	23
6.2 Aktuelle mikrobielle hygieneindikatorer:	23
6.3 Dagens krav og praksis	26
7 Svar på spørsmål	28
8 Referanser	30
9 Vedlegg 1	34
10 Vedlegg 2	37
11 Vedlegg 3	42

Bakgrunn

I brev av 4. oktober 2010. til VKM skriver Mattilsynet:

”I forbindelse med gjennomgang av forskrift 4. juli 2003 nr 951 om gjødselvarer mv. av organisk opphav ser Mattilsynet behov for å se på dagens hygieneparagraf. Forskriften stiller krav til at produkter og bruken av dem, inkludert sannsynlig misbruk, ikke skal medføre fare for overføring av sykdomssmitte til mennesker, dyr og planter. Videre heter det at produktene ikke skal inneholde salmonellabakterier eller infektive parasittegg og at innholdet av termotolerante koliforme bakterier (TKB) skal være mindre enn 2500 CFU pr. gram tørrstoff (TS).

Flere har stilt spørsmål til om TKB er egnet som indikatororganisme. TKB er en ”gammel” parameter, og i mange sammenhenger er den nå erstattet av *Escherichia coli* (*E. coli*). En viktig grunn til erstatningen er at analysen for *E.coli* er mer spesifikk enn analysen for TKB. I analyse for TKB kan man få inkludert en del bakterier som ikke har fekal opprinnelse, slik at det vil kunne bli falske positive. Noen av disse kan kanskje ha sitt opphav i og til og med formere seg i enkelte typer gjødsel, litt avhengig av hva som er blandet inn i gjødselen.

Husdyrgjødsel og silopressaft til bruk på eget og leid areal har vært unntatt hygienebestemmelsene. Skrell, frukt vann, potetrasp, jord, jordslam fra potetindustrien er det forbud mot å bruke på potetarealer, eller på arealer hvor det er planer om slik dyrking de nærmeste 20 årene. Vedlegg 4 i Forskriften gir en oversikt over ulike typer opphavsmateriale.

Veileder og praksis

I veilederen til Forskriften er hygienekravet utdypet med at alle produkt skal analyseres for salmonellabakterier og termotolerante koliforme bakterier (TKB). For parasittegg har praksis vært at det er metoden og ikke prøvetaking som skal vise at produktet er fritt for parasitter.

For produkter basert på råvarer hvor parasittegg kun forekommer i meget lave konsentrasjoner har det vært ansett som lite aktuelt å kreve analyser av produktet eller verifisering av metode. Veilederen beskriver også at dersom det anses som relevant så skal man foreta en risikovurdering om produktet kan være smitteførende i forhold til plante og dyresykdommer.

Det brukes ulike prosesserer for å tilfredsstille dagenes hygienekrav, som for eksempel pasteurisering, kompostering og kalktilsetning. De ulike prosessene vil ha ulik risiko for svikt i systemet. I dag er det krav til at alle faktorer som har betydning for hygienisering og stabilisering skal beskrives, eksempelvis blandingsprosedyrer, lufting og regulering av fuktighet. For mange produksjoner vil det være naturlig å skille mellom hygieniseringsmetode og stabiliseringsmetode. Der hygieniseringen baseres på varmebehandling, skal oversikt over temperatur- utviklingen (temperatur/tidskurve) legges ved registreringen. Under dette punktet skal det også beskrives den tekniske/praktiske framstillingsmetoden dersom denne har betydning for produktets kvalitet. Det gjelder for eksempel dokumentasjon på at nødvendige forhåndsregler er tatt for å unngå gjensmitte av hygienisert produkt.

Historie

Krav som er i dag kom inn i forskrift 2. januar 1995 nr 05 om avløpsslam, men med først krav om at det skulle iverksettes i 1998. I 1996 var dette endret til å gjelde straks på areal der det var aktuelt å dyrke poteter på grunn av faren for potetcystenematode. Forskrift om avløpsslam ble opphevet i 2003, da det ble laget en ny forskrift som omfattet alle organiske gjødselslag.

Kravet knyttet til TKB er trolig et særnorsk krav, som har sin bakgrunn i arbeid gjort ved Veterinærinstituttet rundt 1990. I drikkevannsforskriften ble TKB erstattet med *E. coli* i 2001.

Det er gjort enkelte undersøkelser rundt forekomsten av smittestoffer i organisk gjødsel noen av disse er oppsummert i Amundsen et al, 2001. Paulsrud et al (2010) har nylig vurdert hygieniske sider ved langtidslagring av slam fra avløpsanlegg. WHO lagde i 2006 en guide for trygg bruk av avløpsslam (Pettersen & Ashbolt, 2006). I 2009 gjorde VKM en vurdering av helsefaren ved spredning av gylle, og denne inneholder en oversikt over flere av de aktuelle sykdomsframkallende organismene.

Biproduktforordningen og andre lands regelverk

I forskrift 27. oktober 2007 nr 1254 om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum (biproduktforordningen) er det krav til analyser av *Salmonella* og i tillegg *E. coli* eller *Enterococcaceae*. Enkelte organiske gjødselproduktet må forholde seg til både kravene i biproduktforordningen og forskrift om gjødselvarer av organisk opphav mv.

I Sveriges forslag til ny forskrift for avløpsslam er slam delt inn i to grupper etter blant annet hvor høy temperatur en oppnår i behandlingen. For å dokumentere at det har vært tilstrekkelig høg temperatur i alle deler av materialer er enterokokker valgt som parameter (Naturvårdsverket, 2010).

I den danske "Bekendtgørelse om anvendelse af affald til jordbudsformål" er det krav til behandlingsformer, men også hygieniske kvalitetskrav: *Salmonella* må ikke påvises, innholdet av *E.coli* skal være mindre enn 100CFU/g våt vekt og innholdet av enterokokker skal være mindre enn 100CFU/g våt vekt. Før 2000 var det krav til at *Salmonella* ikke skulle påvises og at innholdet av fekale streptokokker skulle være mindre enn 100/g.

I 2008 vart det gitt ut en rapport om kompostproduksjon og bruk i EU. Denne inneholder i Tabell 22 en oversikt over ulike krav til hygiene i nasjonal standarder og forskrifter. Hvilke krav som er gjeldene varier mellom landene det er både tid/temperaturkrav og direkte metoder med analyser av indikatororganismer. Flere land har også en kombinasjon av disse."

Oppdrag fra Mattilsynet

"Mattilsynet ber VKM gjøre en vurdering av hvilke indikatororganismer som egner seg for å vise at produktene har vært gjennom en tilfredsstillende hygienisering for å unngå sykdomssmitte til planter, dyr og mennesker. Dersom vurderingen viser at det kan være hensiktsmessig med en differensiering av parametre etter produktgruppe eller hygieniseringsprosess ber vi om at dette også blir kommentert. Det ønskes også en generell kommentar til dagens krav og praksis."

Terms of reference

"The Norwegian department of agriculture has decided that it is necessary to re-evaluate the regulation regarding organic fertilisers and soil improvers. In this regard, Mattilsynet (Norwegian Food Safety Authority) also want to focus on the hygienic demands in the regulation. The current requirement is that the products should not contain *Salmonella* bacteria or infective eggs of parasites. In addition, the contents in thermotolerante coliform bacteria (TKB) should be less than 2500 per gram dry matter. The hygienisation methodology should show that the product is free from parasites. There is also a general requirement that the products should not pose any health risk to humans, animals or plants.

However, an exception to the demand for hygiene applies as regards to manure used on the farmers' own fields. Most products need to be registered in the Norwegian Food Safety Authority's database. A time and temperature curve should be included in the registration of the product when relevant.

There have been questions whether TKB is a suitable parameter or if it should be replaced with *E. coli* for example.

Current requirements date back to the regulation on use of sewage sludge of 1995. In 2003, that regulation and the regulation on manure and soil improvers were integrated into one common regulation.

Mattilsynet asks VKM to carry out a risk assessment on suitable indicator organisms in order to ascertain that the products have been through a proper hygienisation process. The objective is to avoid the contamination of humans, animals and plants by diseases. Should it appear that different parameters may be appropriate for different product groups or hygienisation processes this should also be commented. A general comment to current requirements and practise is also asked for.”

1 Definisjoner¹

Begrep/ord	Forklaring
Aerob slamstabilisering	Mikrobiell prosess for omdanning av organisk stoff i slam til stabile forbindelser ved tilførsel av oksygen (lufting).
Aerob, termofil forbehandling	Aerob biologisk nedbrytning av organisk stoff med korte oppholdstider (1,5-2 timer). Prosessen produserer varme, men det må også tilføres eksternvarme for å få en hygienisering av slamm.
Anaerob slamstabilisering	Mikrobiell prosess uten tilførsel av oksygen for omdanning av organisk stoff i slam til stabile forbindelser. Prosessen produserer biogass. Også kalt utråtning eller biogassanlegg.
Anaerobt stabilisert og tørket slam	Slam som har gjennomgått anaerob slamstabilisering, avvanning og tørking slik at tørrstoffinnholdet er over 85 %. (Tørket slam fra VEAS har lavere tørrstoffinnhold). Foreligger som granulat eller pellets.
Avløpsslam	Slam fra avløpsrensseanlegg (inneholder human gjødsel).
Avvannet slam	Slam som er behandlet slik at det oppnås en volumreduksjon ved fjerning av en del av vanninnholdet. Avvannet slam ligger i haug og inneholder normalt fra 20 til 40 % tørrstoff (60 til 80 % vann).
Biologisk slam	Slam fra biologiske renseprosesser (levende og døde mikroorganismer).
Biogassanlegg	Se anaerob slamstabilisering
Fellingskjemikalier	Kjemikalier (normalt jern- eller aluminiumsalter, eller kalk) for koagulering og flokkulering av avløpsvann (kjemisk felling).
Fortykket slam	Slam som har gjennomgått gravitasjonsfortykking eller maskinell fortykking for å fjerne en del av vanninnholdet (tørrstoffinnhold normalt fra 3 til 7 %, vanninnhold: 93-97 %).
Gjødsel	Samlebegrep for det som tilføres planter som næring, kan ha både mineralsk og organisk opphav.
Hygienisering	Behandling som har som hovedmål å redusere antall mikroorganismer med det formål å minimere faren for overføring av smittestoffer til mennesker, dyr eller planter ved bruk eller annen håndtering av det organiske materialet.
Hygienisert og anaerobt stabilisert slam	Avvannet slam som er hygienisert ved aerob, termofil forbehandling, pasteurisering eller termisk hydrolyse og deretter anaerobt stabilisert.
Indikatorbakterier	Bakterier som brukes for å avdekke muligheten for at andre, vanligvis helsefarlige, bakterier av interesse kan være tilstede.

¹ Definisjoner er for det meste hentet fra rapport fra Norsk Vann "Behandlingsmetoder som er i bruk i Norge, for å stabilisere og hygienisere slam" 2008.

Kalkbehandlet slam	Avvannet slam som er tilsatt brent kalk i slike mengder at temperaturen i slammet har økt til over 55 °C og holdt dette nivået i minst to timer. pH skal være minimum 12.
Langtidslagret slam	Avvannet råslam som har ligget i haug eller ranke i minst 3 år.
Mesofil	Temperaturområde mellom 20 og 40 °C
Pasteurisering	Oppvarming til minimum 65 °C i minst 30 minutter (vanligvis 70°C i 30 minutter).
Ranke	Kompostering i en avlang haug av ulik størrelse med flate på 3-6 m ² i snitt. Størrelsen er avhengig av metoden for snuing.
Råslam	Slam som ikke er stabilisert og/eller hygienisert.
Septikslam	Slam fra slamavskiller eller septiktank som har gjennomgått en ufullstendig anaerob nedbrytning.
Slamkompost	Stabilisert og hygienisert materiale som er dannet ved en aerob biologisk nedbrytning av organisk stoff i slam og tilsatsmateriale (strukturmateriale).
Stabilisering	Behandling som har som hovedmål å redusere luktulempene ved disponering av slam og annet organisk materiale.
Termofil	Temperaturområde over ca. 50 °C.
Termofil anaerob stabilisering av slam	Anaerob stabilisering av slam ved en temperatur på minimum 55 °C, der alle slampartiklene har vært utsatt for denne temperaturen i minst 2 timer.
Termisk hydrolyse	Spalting av organisk materiale ved høy temperatur og høyt trykk. Ved slambehandling brukes over 130 °C og over 6 bar trykk.
Tilsatsmateriale (strukturmateriale)	Materialer som tilsettes for å endre konsistens og struktur i slammet.
Utråtning	Se anaerob slamstabilisering
Våtkompostering	Aerob biologisk nedbrytning av organisk stoff i slam ved lavt tørrstoffinnhold (3 – 5 % TS). Ved lufttilførsel og isolering av reaktorer stiger temperaturen i slammet til over 55°C og en oppnår hygienisering.

Faggruppens vurdering av Mattilsynets oppdrag og spørsmål

Mattilsynet har gitt VKM i oppgave å foreta en vurdering av hvilke indikatororganismer som egner seg for å vise at produktene har vært gjennom en tilfredsstillende hygienisering. Vurderingsomfanget er, i samråd med Mattilsynet blitt avgrenset til småfe-, storfe-, grise- og fjørfegjødsel samt slam. Fare for overføring av sykdomssmitte til planter blir vurdert av andre faggrupper. Faggruppen har valgt å utarbeide vurderingen ved å sammenligne de aktuelle indikatorer og deres evne til å indikere tilfredsstillende hygienisering, eventuelt rekontaminering av de aktuelle produkter. Andre forhold, herunder prøvetaking, prøvetakingsfrekvens og analysemetoder, har ikke vært gjenstand for vurdering.

2 Forekomst av patogener

2.1 Bakterier

De sykdomsfremkallende bakteriene som danner en risiko i avløp er etter WHO's mening, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., ETEC-gruppen innen *E. coli*, *Campylobacter* spp. og *Vibrio cholerae* (Pettersen & Ashbolt 2011). I tillegg må det antas at også *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes* og andre tarmpatogene *E. coli* kan representere en smitterisiko via avløp.

I det senere er det også rapportert spredning av *Legionella longbeachae* via potteplantejord og kompost, mest sannsynlig gjennom innpusting av støv mens man arbeidet med hage- og innendørsplanter (Cramp *et al.*, 2010; O'Connor *et al.*, 2007; Steele *et al.*, 1990). Denne mikroben skiller imidlertid ikke ut med avføring, men er åpenbart tilført produktene via jord eller vann.

Det har også lenge vært spekulert på om *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP), som er årsak til Johne's sykdom hos dyr (først og fremst hos drøvtyggere) også er årsak til kroniske tarminfeksjoner (som ulcerøs colitt og Crohns sykdom) hos mennesker. Denne mistanken kan se ut til å ha styrket seg i det siste (Pierce 2010).

Med unntak av *L. monocytogenes* og MAP er de ovennevnte mikrobene alle gram-negative stavbakterier (og følgelig ikke-sporedannere). Som gram-negative staver er de relativt følsomme for uttørring, har som regel et temperaturoptimum ved 37°C, kan formere seg ved temperaturer vanligvis opp til 42-44°C og blir drept ved en temperatur på 55°C i ca. 1 time eller ved 60°C i 15-20 minutter. Med unntak av *L. monocytogenes*, *Y. enterocolitica* og *Aeromonas* vil de fleste ikke formere seg ved lave temperaturer (< 10°C), men overlevelsessevnen øker. Ved 0°C eller lavere vil mikrobene (med unntak av *Campylobacter*) kunne overleve (men altså ikke formere seg) i måneder eller år.

Av de nevnte mikrobene finnes det pr i dag i Norge ikke noe endemisk nivå av *Shigella* spp., ETEC-gruppen og *Vibrio cholerae*. For *Salmonella* sp. finnes det for *S. Typhimurium* et lite endemisk nivå, i alt vesentlig er knyttet til piggsvin og småfugler, men ikke til norske husdyrbesetninger. Mer enn 80% av humane tilfeller av salmonelloser er smittet i utlandet. For *Campylobacter* spp. og *Y. enterocolitica* finnes et endemisk nivå; for *Campylobacter* er dette knyttet til en lang rekke pattedyr og fugler, både husdyr og viltlevende arter; for humanpatogene varianter av *Y. enterocolitica* er gris det eneste reservoardyret.

Listeria monocytogene er en gram-positiv, ikke-sporedannende stavbakterie som finnes naturlig i miljøet som vann, jord, råtnende plantemateriale, men også i tarmkanalen hos en lang rekke dyr. Blant husdyr er særlig sauer ofte utsatt for smitte. Mikroben er relativt tolerant for uttørring og kan formere seg i temperaturer helt ned i 0°C.

MAP er en syrestabil mykobakterie som er relativt robust for ytre miljøpåvirkninger, men sannsynligvis ikke vil formere seg utenfor sine vertsorganismer. Den er årsak til Johne's sykdom hos dyr (som i de senere årene også er blitt påvist i et fåtall tilfeller i Norge).

Anaerobe gram-positive sporedannere som *Clostridium perfringens*, *C. tetani* og *C. botulinum* finnes naturlig i miljøprøver som jord, sedimenter, vegetasjon samt tarmkanalen hos en lang rekke dyr. Som sporedannere er de resistente mot alle behandlingsmetoder med unntak av sterilisering. De utgjør imidlertid vanligvis ikke noe problem for mennesker i avløpssammenheng (Schöning 2003).

Den epidemiologiske situasjonen i Norge for de ovennevnte bakteriene er nevnt i noe mer detalj i Vedlegg 1. I Tabell 5 i vises en oversikt over de viktigste aktuelle patogene bakteriene.

2.2 Parasitter

Overføringsstadier av parasitter som kan representere en fare i gjødsel er de som har en oral-fekal smittevei. Artene som forekommer er avhengig av gjødselkildene (Tabell 6 i Vedlegg 2). Noen parasitter er vertsspesifikke, og er dermed smittsomme bare for en bestemt vertsdyrart (*Eimeria* spp. som forekommer i storfe, er således bare smittsomme til storfe; *Eimeria* spp. som forekommer i sau bare til sauer), mens andre parasitter har begrenset vertsspesifisitet, eller er smittsomme til mange forskjellige arter (f.eks er *Cryptosporidium parvum* som ofte er funnet i unge storfedyr, smittsom for de fleste arter av pattedyr, inkludert mennesker).

Parasitter som har en fekal-oral smittevei, har ofte et robust og miljøresistent overføringsstadium (cyster og egg) som gjør overføringen enklere. Hvorvidt disse overføringsstadiene vil overleve i gjødsel, og fortsette å være smittefarlig når gjødsel blir brukt, vil være avhengig av behandling og lagringsforhold. Eksperimenter har vist at enkelte parasitter (f.eks *Cryptosporidium*) har betydelig lengre overlevelse i flytende husdyr avfall enn bakterier (Hutchison *et al.*, 2005). I tillegg har spredning av protozoer via avrenning fra landbruksarealer gjødslet med storfe- og grisegjødsel blitt bekreftet i kontrollerte studier (Thurston-Enriquez *et al.*, 2005).

Det finnes et stort antall forskjellige parasitter hos mennesker, og spesielt hos dyr, i Norge hvis overføring stadier kan forekomme i gjødsel / slam. Her har vi vurdert de som vi mener er av særlig relevans. Endemisk nivå for de aktuelle parasitter:

Ascaris lumbricoides/suum Forekomst av *A. suum* i den norske bestanden varierer avhengig av grisealderen – data fra 1980s viser prevalens fra 1 % i pattegris til nesten 25 % i eldre slaktegriser. *A. lumbricoides* er uvanlig.

Strongylid nematoder (forskjellige arter og species) er vanlig forekommende hos storfe, sau, hest osv. i Norge.

Ecchinococcus E. multilocularis er blitt påvist på Svalbard (prevalens på 60 % i polarrev) i Grumant in 2004 (Fuglei *et al.*, 2008), men er ikke funnet på fastlandet. I desember 2010 er den blitt funnet hos en rev i Sverige (mellom Uddevalla og Vänersborg).

Toxocara canis/cati (Toxascaris) Vanlig forekommende hos hunder spesielt unge.

Balantidium coli Sannsynligvis lav prevalens hos gris. Diagnostisert for første gang i 2000 i Norge og identifisert et par ganger siden. Synes å være av liten humanpatogen betydning i Norge.

Cryptosporidium (forskjellige species) Vanlig forekommende hos kalver (*C. parvum*). Forekommer også hos andre pattedyr men ikke alle er zoonotiske. Forekomst i human populasjon er underestimert men parasitten er vanlig i avløpsslam.

Giardia duodenalis (forskjellige genotyper) Forekommer i de fleste pattedyr, hvor de kan være kommensaler hos noen dyr, men ikke alle er zoonotiske. Forekomst i human populasjon er underestimert men parasitten er vanlig i avløpsslam.

Eimeria Forskjellige species vanlig forekommende hos forskjellige vertspopulasjoner. Har ingen humanpatogen betydning

Toxoplasma Serologiske studier (Kapperud 1978) viste at 24 % katter i Norge var seropositive. De forblir infisert i en kort periode men skiller ut store mengder oocyster.

2.3 Virus

Virus som kan representere en fare i gjødsel er de som har en oral-fekal smittevei. Hvorvidt ulike virus vil være infeksiose i gjødsel, og kunne være smittefarlig når gjødsel blir brukt, vil være avhengig av hvilke dyrearter gjødselen hovedsakelig stammer fra, og behandling og lagringsforhold av gjødsel.

De fleste virus er dyreartsspesifikke. Det innebærer at det generelt vil være en høyere risiko for overføring av humane sykdommer via gjødsel med humant opphav enn husdyrgjødsel og vice versa for ulike husdyrarter.

Listen nedenfor er ikke fullstendig for alle virus hos ulike dyrearter (inklusive mennesket) som kan smitte fekalt – oralt og dermed representere en mulighet for overføring gjennom gjødsel (Tabell 7 i Vedlegg 2). Virus som er listet opp er de som antas å kunne forekomme i størst mengde, og dermed har størst sannsynlighet for å kunne overføres gjennom gjødsel. Det er mange studier som har undersøkt forekomst av ulike virus i råkloakk (influks) og bearbeidet kloakk (effluks) og de virus som påvises med høyest forekomst i slikt materiale er adenovirus, picobirnavirus (van Leeuwen *et al.*, 2010), norovirus og enterovirus (Okoh *et al.*, 2010; Symonds *et al.*, 2009).

Det er forskjell i overlevelsessevne (= at virus er infeksivt) for de ulike virus. Mange av de opplistede virus vil ha lenger overlevelse enn vanlig brukte indikatorbakterier. I motsetning til en rekke bakteriearter, vil virus imidlertid ikke bli oppformert fritt i miljøet.

Når det gjelder forekomst vil det selvsagt variere, men eksempelvis fant man i en amerikansk undersøkelse adenovirus og picobirnavirus i 100 % av prøver fra råkloakk, og i 25% and 33% i behandlet kloakk (Symonds *et al.*, 2009), mens enterovirus og norovirus ble funnet i 75% og 58% i råkloakk og begge i 8% i behandlet kloakk.

Når det gjelder videre inndeling av de ulike virus i species, serotyper, genotyper, dyreartsspesifikke subtyper og så videre henvises det til taksonomiske bøker (Fauquet *et al.*, 2005). Noen inndelinger er likevel nevnt nedenfor.

Rotavirus. Grupperes i syv arter, A-G, hvor A-C regnes å være infeksiose for mennesker.

Enterovirus er delt inn i 9 species og mange tentative medlemmer, bovine enterovirus, humane enterovirus A-D, poliovirus, porcine enterovirus A-B, m.fl. (Oberste *et al.*, 2006; Palacios & Oberste 2005)

Det er 6 species av humane adenovirus som klassifiseres i genus Mastadenovirus, men totalt er det omlag 20 species i dette genus (Kajon *et al.*, 2007).

Endemisk nivå for de aktuelle virus:

Hepatitis A virus: Forekommer hos mennesker, men ikke hos husdyr

Rotavirus: Svært vanlig hos storfe (kalver). Hos mennesker hyppig årsak til enteritt, særlig hos småbarn i alderen ½ - 3 år.

Norovirus: Forekomst ukjent, antatt å være vanlig hos storfe i Norge. Høy insidens hos mennesker, særlig i vinterhalvåret. Ofte utbrudd på helsestasjoner.

Astrovirus: Forekomst ukjent, antatt å være vanlig hos flere dyrearter

Hepatitis E virus: Forekomst ukjent. I Sverige fant man HEV-RNA i avføringsprøver fra 16 av 22 undersøkte grisebesetninger (Widen *et al.*, 2011). I Norge sjelden forekommende hos mennesker, de få registrerte tilfeller har vært smittet i utlandet.

Sapovirus: Vanlig forekommende i avføring fra grisebesetninger i mange europeiske land (Reuter *et al.*, 2010). Ukjent forekomst hos gris i Norge

Coronavirus: Vanlig hos storfe. Særlig i den kalde årstid. Kan hos mennesker være årsak til diareesykdom, særlig hos barn, men er sannsynligvis av liten betydning.

Circovirus: Meget vanlig. Kan antas å finnes i alle grisebesetninger.

Adenovirus, Enteroviruser, Picobirnavirus og Birnavirus - forekomst hos dyr eller mennesker er ukjent.

3 Indikatorer

3.1 Definisjoner

Indikatororganismer er mikrobielle hygieneindikatorer som vanligvis i seg selv ikke er patogene, men som brukes som signal om at andre og helsefarlige organismer *kan* være tilstede.

Den vanligste bruken av indikatororganismer er for å påvise en eventuell fekal forurensning av næringsmidler eller vann. Aktuelle indikatorer i en slik sammenheng vil være bakterier som skilles ut med avføring fra mennesker og/eller andre varmblodige dyr og som fortrinnsvis oppfyller følgende krav: (i) de bør være mest mulig *spesifikke* (dvs. at de *bare* finnes i avføring/ gjødsel, men ikke ellers i miljøet) (ii) til gjengjeld skal de *alltid* være tilstede i avføring, fortrinnsvis i store mengder, (iii) de skal være lette å påvise., (iv) de skal ikke kunne oppformere seg utenfor tarmkanalen, men (v) ha samme eller bedre overlevelsessevne i miljøet som målorganismene.

Indikatororganismer som anvendes i forbindelse med hygienisering av gjødsel/avløpsslam skal selvsagt ikke indikere nærvær av avføring, men at

- (i) normalt tilstedeværende mikrober i avføring er blitt tilstrekkelig redusert i henhold til hygieniseringskravene og
- (ii) at det etter hygieniseringsprosessen ikke er skjedd en rekontaminasjon av produktet.

De vanligst anvendte mikrobielle hygieneindikatorer og deres vanlig anvendte definisjoner (Annon. 1990), har vært:

Koliforme bakterier ("Escherichia coli-lignende bakterier") defineres som "Bakterier som danner syre og gass fra laktose innen 48 timer ved inkubering i et selektivt vekstmedium ved 37°C". Dette er gram-negative, fakultativ aerobe eller anaerobe staver som ikke danner sporer. De er oksidase-negative.

Denne gruppen omfatter foruten *E. coli* også genera som *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia* og *Citrobacter*. Avhengig av hvilket medium som anvendes kan den også omfatte en rekke andre, til dels sjelden isolerte og derfor dårlig kjente genera, som *Buttiauxella*, *Kluyvera*, *Cedeca*, *Ewingella* osv. Mange av disse mikrobene - som ikke tilhører *E. coli* - kan formere seg foruten i varmblodige dyrs tarm også i miljøprøver som plantemateriale, papirmasse o.a. og enkelte av dem anses å være først og fremst miljømikrober (som *Cedeca*, *Ewingella* o.a.).

Gruppen av koliforme bakterier er, i henhold til WHO, ikke egnet som en indikator for fekal forurensning, men kan være brukbar som en indikator på behandlingseffektivitet (og/eller for en potensiell tilstedeværelse av biofilm).

Termotolerante koliforme bakterier (TKB) defineres som ”koliforme bakterier som danner gass fra laktose eller mannitol i løpet av 24 timer ved inkubering i et selektivt vekstmedium ved 44 - 44,5°C”.

Langt de fleste koliforme bakterier som ikke tilhører *E. coli* er ikke i stand til å formere seg ved denne temperaturen. De fleste TKB vil derfor være *E. coli*, men det finnes unntak. Gruppen TKB omfatter derfor et noe større spekter av arter enn “*E. coli*” eller “presumptiv *E. coli*”.

Presumptiv *Escherichia coli* defineres som ”TKB som er i stand til å produsere indol fra tryptofan i løpet av 24 timer ved inkubering ved 44 – 44,5°C”. Alternativt defineres som ”TKB som i løpet av 24 timer hydrolyserer MUG (4-methylumbelliferyl-β-D-glucuronidase) ved 44 – 44,5°C og viser fluorescens i UV-lys.

Det finnes *E. coli*-stammer som er negative i disse testene, men de er relativt sjeldne (ofte omkring 1%). Tilleggskrav om indolproduksjon eller MUG-hydrolyse er derfor ingen *garanti* for at man påviser samtlige *E. coli*-stammer, men eventuelle negative stammevarianter vil med overveiende sannsynlighet alltid skiller ut sammen med positive stammevarianter i dominerende mengder. Presumptive *E. coli* representerer derfor med stor sannsynlighet *E. coli* og vil normalt kunne vurderes som det.

***Escherichia coli* (*E. coli*)** defineres som en presumptiv *E. coli* som tilfredsstillter en rekke nærmere definerte fenotypiske karaktertrekk. Dette forutsetter utvidete, til dels ressurskrevende undersøkelser og en slik vitenskapelig-eksakt identifikasjon kan ikke kreves, og er heller ikke nødvendig, ved vanlige screeningundersøkelser.

Reservoaret for *E. coli* anses for å være nærmest spesifikt tarmtraktus hos mennesker og varmblodige dyr. De vil heller ikke overleve lenge utenfor tarmen. Påvisning av denne mikroben anses derfor for å være en pålitelig indikator på en relativ *fersk* fekal forurensning.

Som det fremgår av ovenstående, er alle definisjonene basert på en kombinasjon av stammens morfologi og biokjemiske egenskaper som fremkommer ved ulike, men stort sett enkle påvisningsmetoder. Dette fører til en sirkulær logikksituasjon der metodene kan være avgjørende for hvilken definisjon av bakterien som brukes samtidig som bakteriene blir påvist med disse metodene.

Enterococcus er en slekt av gram-positive, fakultative anaerobe kokker i familien *Enterococcaceae*. *E. faecalis* og *E. faecium* tilhører den normale tarmfloraen hos en lang rekke dyr (inkludert fugler og insekter) og mennesker (Garrity 2005), men kan også finnes normalt i miljøprøver som jord og vann.

Enterokokker er mer stresstålelige enn *E. coli*, kan formere seg i miljøet gjennom hele temperaturspekteret 10 – 45°C, er - som en gram-positiv bakterie - tolerant for uttørring og kan overleve over lengre perioder i miljøet. I den menneskelige tarmen finnes enterokokker vanligvis i langt lavere antall enn *E. coli*, hos dyr kan forholdet være omvendt. Enterokokker er således ikke like spesifikke for varmblodige dyrs tarmkanal som *E. coli*, men fordi den er mer resistent og overlever lengre enn *E. coli* i miljøet kan den være en god indikator for hygieniseringsnivået. I vann kan den være en indikator på en eventuell lenger tilbakeliggende fekal forurensning, spesielt hvis det samtidig foreligger ingen eller bare et svært lavt antall *E. coli* (fordi disse som nevnt vil dø relativt raskt ut)..

Det er foreslått at *Enterococci* vil være best egnet som indikator for hygienisk status i organisk avfall som er behandlet i biogassanlegg. *Enterococcus*, tidligere også kalt "fekale streptokokker" (FS) blir benyttet som indikator i flere land. I et arbeid av De Luca et al. (1998) ble det funnet at FS var den eneste indikatorbakterien som hadde en statistisk korrelasjon med "miljøbakterien" *L. monocytogenes* i slambehandlingsanlegg.

3.2 Indikatorer i bruk i Norge

I Forskrift om gjødselvarer mv av organisk opphav 2003-07-04 nr 951 er det krav om undersøkelse med henblikk på følgende indikatororganismer:

- 1) Produktet skal være fri for *Salmonella*, d.v.s. at *Salmonella* spp. ikke skal påvises. *Salmonella* er egentlig ingen indikatorbakterie, men den kanskje mest aktuelle "målbakterien".
- 2) Produktet skal være fri for infektive parasittegg, d.v.s. at slike ikke skal kunne påvises. Det finnes ikke egnede rutineanalyser for infektive parasittegg som kan dekke kravet.
- 3) Innholdet av TKB skal være under 2500 cfu/g TS. TKB kan som nevnt omfatte flere arter enn *E. coli* og er derfor ikke optimalt spesifikk.

3.3 Indikatorer i bruk i andre land

I 2008 ble det gitt ut rapport "*Compost production and use in the EU*" (Barth et al., 2008). Denne inneholder i Tabell 22 en oversikt over ulike krav til hygieneparametre i nasjonale standarder og forskrifter.

I tabellen er angitt indirekte metoder (først og fremst tid og temperaturer) og direkte metoder (mikrobiologiske analyser) som indikatorer for en tilfredsstillende gjennomført hygieniseringsprosess.

Enkelte land opererer med differensierte krav, avhengig av anvendelsesområdet for produktet, men de fleste ser ut til å ha felles krav, uavhengig av anvendelsesområde.

Når det gjelder indirekte metoder kreves stort sett at hygieniseringen skjer ved 55°C over en periode på 12-14 dager, 60-65°C over 4-7-10 dager eller 70°C i 1 time.

Når det gjelder hygieneparametre krever de fleste at *Salmonella* sp. ikke skal påvises, mens krav til *E. coli* gjennomgående er $< 10^3$ /g. Enterokokker brukes av et par land (Danmark, Tsjekia) med grenseverdier på hhv. 10^2 og 10^3 /g. Et fåtall land (Italia, Frankrike) krever at parasittegg ikke skal påvises.

I Danmark er det av indirekte metoder krav om en kombinasjon av temperatur og tid (55°C – 14dager), og under direkte metoder fravær av *Salmonella* og $< 10^2$ /g av *E. coli* og enterokokker (Sahlstrom 2003). I et forslag til ny forskrift i Sverige anbefales det nå å bruke *E. coli* for å sjekke gjenvekst etter hygienisering, enterokokker fordi de tåler høyere temperatur samt at *Salmonella* ikke skal påvises (Naturvårdsverket 2010).

3.4 Forekomsten av indikatorbakterier i avløpslam

Fordi indikatororganismene som anvendes for gjødsel og avløpslam skal indikere ikke minst effekten av en hygieniseringsprosess, dvs. dokumentere *reduksjonen* av mikrober som finner sted i forløpet av prosessen, er det nødvendig å kjenne til mengden av slike mikrober i utgangsmaterialet.

Det er rimelig å anta at forholdene vedrørende forekomst av indikatorbakterier i avløpslam er den samme i Norge som i Sverige. Det følgende er sakset fra Naturvårdsverkets rapport nr. 5215, "Risiker för smittspridning via avloppsslam", 2003. I følge Stenström (1996) er

konsentrasjonen av indikatorbakterier i ubehandlet avløpsslam om lag 4 log lavere enn i avføring. Råslam derimot har ca. 3 log høyere konsentrasjoner enn innkommende avløpsvann (fordi mikrobene stort sett er partikkelbundet og derfor konsentreres ved lagring).

Tabell 1 Konsentrasjon (CFU/ml) av indikatorbakterier i fersk avføring, ubehandlet avløpsslam, råslam og behandlet avløpsslam (Naturvårdsverket 2010)

Indikatorbakterie	Avføring	Ubehandlet avløpsvannslam	Råslam	Behandlet avløpsvann
Totale koliforme	10^7-10^9	10^3-10^5	10^6-10^8	10^1-10^3
<i>E. coli</i>	10^7-10^9	10^3-10^5	10^5-10^7	10^0-10^3
Enterokokker	10^5-10^7	10^3-10^4	10^4-10^6	10^1-10^2
Clostridier	10^5-10^6	10^2	10^3-10^5	10^0-10^1

4 Behandlingsmetoder for avløpsslam og gjødsel

I Forskrift om organisk gjødsel er det krav om stabilisering og hygienisering, men disse kravene gjelder ikke for husdyrgjødsel brukt på eget eller leid areal. Det er usikkert hvor stort omfanget er av bruk av husdyrgjødsel utenom eget bruk der det er krav om hygienisering. Trolig er omfanget lite, og det er grunn til å tro at slik bruk først og fremst er aktuell i distrikt med mange fjørfehus. Men problemstillingen kan bli mer aktuell dersom det blir bygget flere biogassanlegg for husdyrgjødsel. Ved fellesanlegg der gjødsel fra flere gårder blir behandlet sammen i en biogassreaktor, må bioresten hygieniseres før den blir transportert tilbake til den enkelte gård. Ved bruk av samme utstyr for transport inn og ut av anlegget, må også transportutstyret kunne behandles for å hindre rekontaminering.

Det eksisterer anvendte og praktiske metoder for hygienisering av ulike typer organisk avfall, inkludert matavfall, kompost og slam. I Vedlegg 3 er disse metodene nærmere beskrevet. De fleste metodene kombinerer temperatur og tid, og i Tabell 2 er det satt opp krav til temperatur og minimum behandlingstid for metodene. Teksten i Vedlegg 3er i stor grad hentet fra en rapport fra Norsk Vann med tittelen "Behandlingsmetoder som er i bruk i Norge, for å stabilisere og hygienisere slam" (Norsk Vann 2008).

Tabell 2 Tider/temperaturer evt. pH for alle behandlinger, etter (Norsk Vann 2008)

Nr.	Behandling	Temperatur, °C	Tid
11.1	Våtkompostering	50-55	5-10 døgn
11.2	Termofil forbehandling	60	1,5 time
11.3	Pasteurisering	65	30 minutter
11.4	Termofil anaerob stabilisering	55	2 timer
11.5	Anaerob stabilisering og termisk tørking	80	11 minutter
11.6	Termisk hydrolyse	165-170	30 minutter
11.7	Kalktilsetting ¹	55	2 timer
11.8	Rankekompostering	55	15 døgn
11.9	Reaktorkompostering	55-65	48 timer
11.10	Langtidslagring	25-30	6 måneder ²

¹ pH12-12,5

² Slammet bør ligge i minst et halvt år (inklusive sommermånedene) for å overholde kravet til bakterieinnhold men Mattilsynet krever at avvannet slam skal ligge i minst tre år for å sikre hygienisering.

5 Hvordan patogener og indikatorer overlever forskjellige typer behandling

Pasteurisering (70 °C i 60 min) inaktiverer bakterier, parasitter og virus med moderat motstandsdyktighet mot varme, mens temperaturen må økes til 90 °C for å inaktivere motstandsdyktige virus (Martens & Bohm 2009). Tørking ved mer moderate temperaturer vil ikke gi noen vesentlig inaktivering.

Kalkstabilisering vil inaktivere bakterier og virus (Martens & Bohm 2009). Inaktivering av *Ascaris* egg ble oppnådd etter 5-75 min ved 55 °C og 1-8 min ved 60 °C (Capizzi-Banas *et al.*, 2004). Venglovsky *et al.* (2006) angir at metoden har liten effekt på parasitter. EFSA (2010) angir at 30 min ved 70 °C eller 60 min ved 60 °C, begge alternativer ved pH 12, møter EFSAAs krav til reduksjon av fare for spredning av smittestoffer. Årsakene til disse tilsynelatende sprikende resultatene og konklusjonene er ikke studert nærmere, men både variasjoner i temperatur og varierende grad av homogenisering kan ha spilt en rolle.

Aerob og anaerob termofil stabilisering kan inaktivere mikroorganismer, mens mesofil stabilisering ikke kan forventes å ha en hygieniserende effekt innenfor en rimelig oppholdstid (Martens & Bohm 2009). Som det fremgår av Tabell 3 forutsetter mesofil stabilisering en oppholdstid i reaktoren på dager før vegetative bakterier ikke kan påvises i slammet, mens en ved termofil stabilisering oppnår det samme i løpet av timer. Det må imidlertid påpekes at hva som kan anses som "rimelig oppholdstid" kan variere avhengig av belastning og anleggsstørrelse. I anaerob stabilisering vil reduksjonen av patogene mikroorganismer avhenge av en rekke faktorer som temperatur, tid, pH, innholdet av flyktige fettsyrer og næringsalter, type og art av mikroorganismer, om reaktoren driftes satsvis eller kontinuerlig med mer (Sahlstrom 2003).

Inaktivering av parasitter

Strongyloides: Både egg og larvæ blir raskt inaktivert ved kompostering

Taenia: Et forsøk i Frankrike hvor avløpsslam og flytende gjødsel med infektive *T. saginata* egg var brukt på beite, som deretter ble beitet av storfe (6 uker mellom spredning og beiting) viste ingen infeksjoner (Moussavou-Boussougou *et al.*, 2005).

Cryptosporidium: Lagring av husdyrgjødsel ser ut til ikke å være nok til å inaktivere *Cryptosporidium* (Hutchison *et al.*, 2005). Aerob slambehandling fjerner ca. 80 % av *Cryptosporidium* oocyster, mens termofil behandling fjerner 4.3 log enheter (Reinoso & Becares 2008). Anaerob slamstabilisering ved lavere temperaturer har vist å redusere *Cryptosporidium* i flytende grisegjødsel (slurries) under deteksjonsgrense (Masse *et al.*, 2010).

Giardia: Aerob slam behandling fjerner ca. 80 % *Giardia* cyster. Anaerob slamstabilisering ved lavere temperaturer har vist å redusere *Giardia* i flytende grisegjødsel under deteksjonsgrense (Masse *et al.*, 2010).

Eimeria: Mangel på data om overlevelse i gjødsel, men *Eimeria* fra fjørfe er inaktivert av anaerob slamstabilisering, spesielt ved høyere temperaturer (Lee & Shih 1988)

Toxocara: Det ble funnet levende *Toxocara*-egg i 3 år gammelt langtidslagret slam, og mulig levende *Toxocara*-egg i 6 år gammelt langtidslagret slam (Norsk Vann 2008).

Ascaris: Laboratorietekstperimenter og feltstudier har vist at egg av både *Ascaris* og *Toxocara* er svært robuste, og en del overlever mange aerobe og anaerobe behandlinger (Black *et al.*, 1982; Kato *et al.*, 2003; Papajova *et al.*, 2008).

Inaktivering av patogene mikroorganismer i ulike slambehandlingsprosesser er angitt i Tabell 3 og Tabell 4. I Tabell 3 er det angitt resultater fra ulike forsøk, mens det i Tabell 4 er gjengitt en vurdering av hva som kan forventes oppnådd ved de ulike behandlingsmetodene. Mange virus beskrevet i vurderingen vil ha lenger overlevelse enn vanlig brukte indikatorbakterier

Tabell 3 Inaktivering av enkelte bakterier og parasitter i slambehandling

Behandling	Patogener		Indikatorer	
	Vegetative bakterier	Parasitter	<i>E. coli</i>	<i>Enterococcus</i>
Termofil anaerob stabilisering	ND etter 24 timer ¹ (55 °C) ^a ND etter 3 timer ^{1,b}	4.3 log reduksjon av <i>Cryptosporidium</i>		
Mesofil anaerob stabilisering	ND etter 10 dager ¹ (37 °C) ^a	reduserer <i>Giardia</i> i flytende grise gjødsel under deteksjonsgrense		
Frilandskompostering, varierende temperatur	ND etter 21 dager ^{3,a}	<u>Strongyloides</u> : Både egg og larvæ raskt inaktivert		1 log etter 21 dager ³
Reaktorkompostering, 50-60 °C	4 log etter 1-4 timer ^{3,a}		4 log etter 60-140 timer ³	ND etter 28 dager ⁴
Pasteurisering	ND etter 5 min ¹ (70 °C) ^a			
Mesofil aerob stabilisering	ND etter 48 timer (26-38 °C) ^{2,a}	ca. 80 % av <i>Cryptosporidium</i> oocyster og <i>Giardia</i> cysts fjernet		
Kalkstabilisering	ND etter 1 time ^a			

¹ (Sahlstrom 2003)

^a *Salmonella*

² (Placha *et al.*, 2008)

^b mykobakterier

³ (Møller *et al.*, 20105)

ND=not detected

⁴ (Guardabasse *et al.*, 2003)

Tabell 4 *Inaktivering av bakterier, virus og parasitter i ulike slambehandlingsprosesser (Venglovsky et al., 2006)*

Behandlinger	Bakterier	Virus	Parasitter
Kompostering	3-4 log	3-4 log	3-4 log
Mesofil anaerob stabilisering	3-4 log	2 log	Liten
Mesofil aerob stabilisering	3-4 log	2 log	Liten
Lufttørking	3-4 log	2-3 log	2-3 log
Kalkstabilisering	3-4 log	4 log	Liten

Basert på data fra litteraturen er det nærliggende å konkludere med at termofil stabilisering samt pasteurisering kan gi en hygienisering av slammet, men at mesofil stabilisering og kalkstabilisering krever relativt lange oppholdstider dersom en skal oppnå en tilfredsstillende hygienisering. Med hensyn til effekten av tørking varierer konklusjonene hentet fra litteraturen.

6 Diskusjon

6.1 Hygieneseringsprosessen:

Den tidligere Slamforskriften av 1995 inneholdt ingen anvisninger eller råd for hvordan anleggseierne skulle dokumentere om slammet overholder kravene til hygienisering. Dette er i motsetning til tungmetallkravene, hvor Slamforskriften anga at det skal utarbeides en innholdsdeklarasjon som skal følge med alle leveranser av slam til jordbruk eller grøntarealer

Da Slamforskriften ble erstattet med Gjødselforskriften (juli 2003) ble det stilt krav om at samtlige anlegg måtte innføre internkontrollsystem, som også inkluderte hygieniseringsprosessen av slammet. Denne internkontrollen skulle være basert på HACCP-prinsippene (Hazard Analysis and Critical Control Points) (Norsk Vann 2010). En slik prosesskontroll forutsetter på sin side aktuelle risikovurderinger av kritiske kontrollpunkter

En effektiv hygienisering forutsetter at produktet under prosessen er rimelig homogenisert. De viktigste parametrene i en hygieniseringsprosess som fører til en reduksjon av mikrober (patogene og apatogene) er temperaturen som oppnås over en gitt tid (eksponeringstid), eventuelt også den pH-verdien prosessen skjer under. Det er viktig at disse parametrene er gjeldende for alle deler av produktvolumet – og at dette blir dokumentert i den aktuelle internkontrollen.

Ingen av de nedennevnte indikatorene kan *garantere* fravær av patogener. Det må derfor forutsettes at den valgte prosessens effektivitet alltid blir dokumentert med henblikk på de ovennevnte prosessparametrene som inngår som del av produsentenes internkontroll.

Mikroorganismenes evne til å tåle varmebehandling er i betydelig grad avhengig av den aktuelle vannaktiviteten (a_w -verdien, dvs. den andelen av vanninnholdet som i praksis er tilgjengelig for dem). Ved lav vannaktivitet vil mikrobenes ikke lenger *formere* seg, men kan *overleve* i langt høyere temperaturer ($< 100^\circ\text{C}$). En eventuell tørkeprosess må derfor driftes slik at inaktivering av mikroorganismene er fullført før a_w -verdien er sunket til under 0,9 (Norsk Vann 2010).

6.2 Aktuelle mikrobielle hygieneindikatorer:

Fravær av patogene mikrober kan ikke indikeres direkte. En viktig årsak er at prøvevolum (i størrelsesorden gram) alltid vil være forsvinnende lite i forhold til produktvolum (i størrelsesorden tonn) og at homogeniteten innen et gitt produkt sannsynligvis vil kunne variere, men aldri være absolutt. Det er derfor ikke gitt at hva som finnes i det *store* produktvolumet gjenfinnes i det *lille* prøvevolumet. Undersøkelser med henblikk på mikrobielle indikatorer må derfor først og fremst baseres på *kvantitative* undersøkelser som vil ha en statistisk utsagnskraft. *Kvalitative* undersøkelser (mhp. en spesifikk patogen) vil normalt ha en svært lav sensitivitet.

Regelmessige uttak av prøver til undersøkelse med henblikk på de indikatormikrobenes som "Gjødselforskriften" setter krav til, vil i realiteten bare fungere som et *supplement* til den løpende prosessorienterte internkontrollen. Hensikten med en slik produktkontroll bør være å dokumentere

- (i) effekten av hygieniseringsprosessen og
- (ii) at det, etter denne prosessen, ikke har funnet sted en rekontaminering.

Effekten av denne produktkontrollen forutsetter følgelig at prøvetaking finner sted etter avsluttet prosess og tettest mulig opp mot tidspunktet hvor produktet avhentes.

Aktuelle indikatorer i denne forbindelse vil i realiteten være begrenset til bakterier. Verken for virus eller for parasitter finnes det undersøkelsesmetoder som man med rimelighet kan forlange utført i en løpende ”screening” av slike miljøprøver, dels fordi slike metoder er for ressurskrevende, dels fordi den aktuelle kompetansen bare finnes ved et fåtall større sentre.

E. coli anses for å ha sitt eneste, og derfor *spesifikke*, reservoar i menneskers og andre varmblodige dyrs tarmkanal. Den finnes ikke fritt i miljøet, og når den skilles ut der vil den ikke kunne oppformere seg der. Tvert i mot vil den relativt raskt dø ut. For mat eller drikkevann anses den derfor som en god indikator for en eventuell og *relativt nylig* fekal forurensning.

Mikroben vil heller ikke oppformere seg i gjødsel-/avløpsslamprodukter, men vil også her desimere relativt raskt. Lagringstiden alene vil derfor føre til en betydelig reduksjon av mikroben. Den er derfor ikke en god indikator på effekten av selve hygieniseringsprosessen. Den er heller ikke uten videre en tilfredsstillende indikator for fravær av patogene mikrober. Det ville forutsette at heller ikke de patogene mikroben er i stand til oppformere seg fritt i miljøet og at de dør like raskt ut som *E. coli*. Og det er ikke gitt. Under optimale forhold kan enkelte patogene mikrober, herunder f. eks. *L. monocytogenes*, men også i visse tilfeller *Salmonella*, kunne oppformere seg. Likeledes vil enkelte patogene agens, som ulike virus og nær sagt alle parasitter, overleve over lengre perioder enn *E. coli*.

E. coli vil derimot være en god indikator på om det har funnet sted en eventuell *rekontaminasjon* av produktet med ”fersk” gjødsel/avløpsslam.

Termotolerante koliforme bakterier (TKB): Denne gruppen av koliforme bakterier var i utgangspunktet ansett for å representere *E. coli*, men har vist seg å omfatte også enkelte varianter av andre arter (som *Klebsiella*, *Enterobacter* og lignende). Noen av disse ”tilleggsartene” er langt mindre spesifikke for varmblodige dyrs tarm enn *E. coli* og de kan til dels også oppformere seg fritt i miljøet. Det er derfor gode grunner til at denne gruppen generelt ikke lenger blir akseptert som en indikatorbakterie for en fekal forurensning (innen næringsmiddelhygienien).

Når det gjelder gjødsel/avløpsslam, er det imidlertid ikke en mulig ”fekal forurensning” som skal indikeres, derimot effekten av en prosess som skal føre til reduksjon/fravær av potensielle patogene mikrober.

Patogene mikrober utgjør, på samme måte som TKB-gruppen, et bredere spekter av mikrobearter som alle kan ha noe ulike egenskaper, herunder også evnen til oppformere seg fritt i miljøet og resistens mot ulike miljøfaktorer. Det er mulig å forestille seg at den noe bredere artssammensetningen av TKB i større grad enn den strengt spesifikke *E. coli* vil gjenspeile hva som også skjer i den likeledes bredere sammensatte gruppen av aktuelle patogene mikrober. TKB kan således – i noe større grad enn *E. coli* – kunne indikere effekten av hygieniseringsprosessen og av fravær av patogene mikrober. Fordi TKB-gruppen stort sett vil være dominert av *E. coli*, vil forskjellen nok likevel være liten. Og fordi man dessuten har en antatt bedre mikrobiell indikator for hygieniseringsprosessen (de mer robuste enterkokkene), anbefales det at man frafaller kravet om påvisning av parameteret TKB.

(Det kan også være en god pragmatisk grunn til å frafalle dette kravet. Fordi TKB-gruppen med god grunn ikke lenger aksepteres som en indikator for næringsmiddelhygiene må man anta at de fleste aktuelle laboratorier ikke lenger vil ha noen erfaring med denne gruppen mikrober).

Salmonella: Dette er i utgangspunktet ikke noen indikatorbakterie, men en ”målbakterie” – en patogen mikrobe. Pr i dag er det satt krav til dokumentert fravær av denne mikroben i de aktuelle produktene.

I gjødsel fra norske husdyrbesetninger vil det imidlertid med den nåværende svært fredelige epidemiologiske situasjonen praktisk talt ikke forekomme *Salmonella*. Hvis de likevel en sjelden gang skulle forekomme, vil det under normale forhold være i et så forsvinnende lite antall at sensitiviteten av undersøkelse for den vil være tilsvarende svært liten. En kvalitativ undersøkelse med henblikk på en spesifikk mikrobe som ikke foreligger regelmessig og eventuelt bare i svært små mengder, vil - ikke minst med tanke på forholdet mellom prøve- og produktvolumet (se over) - etter en vellykket hygieniseringsprosess ha en så liten sensitivitet at et eventuelt negativ resultat i (det lille) prøveløvet knapt vil ha noe utsagnskraft for (det store) produktvolumet. En negativ prøve vil derfor i seg selv ikke være en tilstrekkelig garanti for fravær av mikroben. Gruppen ser derfor ikke at det skulle være noe behov for et krav om dokumentert fravær av *Salmonella*.

(Hvis kravet til dokumentert fravær av *Salmonella* frafaller, kan dette eventuelt ses på som en tribut til vår sær-skandinaviske svært gunstige epidemiologiske situasjon – som står i sterk kontrast til hva som er tilfelle i langt de fleste andre land).

Dersom dette kravet likevel skulle bli opprettholdt, bør det i så fall forutsette at prøvetakingen finner sted på et tidspunkt hvor sjansen for at mikroben er tilstede, er størst mulig, nemlig i råkloakken *før* hygieniseringsprosessen kommer i gang (for så – ved evt. positivitet – å følges opp i sluttfasen med et flertall prøver). Dette vil være i motsetning til hva som gjelder for de øvrige indikatorbakteriene hvor prøvetakingen bør finne sted *etter avsluttet* prosess tettest mulig opp til utkjøring fra anlegget.

Når det gjelder avløpsslam som et større antall mennesker står bak, vil *Salmonella* med større sannsynlighet kunne være tilstede, men også da vanligvis i et lite antall (fordi det pr i dag vil være svært *få* som skiller ut mikroben, selv om den enkelte pasient kan skille den ut i større mengder).. Også her vil under normale forhold undersøkelsens sensitivitet sannsynligvis være for liten til at en negativ prøve i seg selv er en tilstrekkelig garanti for fravær av mikroben.

Gruppen ser derfor heller ikke her at det skulle være noe behov for et krav om dokumentert fravær av *Salmonella*.. Og også her gjelder at dersom kravet likevel ønskes opprettholdt, bør prøvetaking for denne parameteren finne sted *før* hygieniseringsprosessen kommer i gang, for så – ved eventuell positivitet – å følges opp i sluttfasen med et flertall prøver.

Enterococcus: Enterokokker er mer robuste og overlever lenger og under vanskeligere forhold enn *E. coli*/TKB. De kan derfor i større grad enn *E. coli*/TKB gjenspeile hva som skjer med de mer robuste patogene mikroben, kanskje først og fremst virus (Berg & Berman 1980).

Fordi enterokokker er så robuste og kan oppformere seg i fritt miljø, anses de for å være en god indikator for hygieniseringsprosessen, men mindre god for en eventuell rekontaminering av produktet..

Infektive parasittegg: For en rutinemessig screening, finnes det som sagt foreløpig ikke akseptable undersøkelsesmetodikk som er enkle nok – eller godt nok distribuert - for masseundersøkelser av infektive parasittegg (eller cyster). Dette er et problem fordi parasittcyster og -egg vil kunne ha en bedre overlevelsessevne enn indikatormikroben. Ved en rutinemessig driftskontroll må derfor antatt fravær av cyster og egg bygge på en dokumentert og tilfredsstillende hygieniseringsprosess. Det bør imidlertid forutsettes at de hygieniseringsmetoder som anvendes er kontrollert (validert) også med henblikk på effekten versus parasittegg.

Grenseverdier: Internasjonalt ser det ut til å være en rimelig god konsensus om at akseptable grenseverdier for TKB og/eller *E. coli* er 10^3 cfu/g. De fleste land anfører samme grenseverdi for enterokokker, mens Danmark her (for øvrig i likhet med for *E. coli*) opererer med en grenseverdi på 10^2 cfu/g.

For de relativt mange land som stiller krav til *Salmonella* og de få (Frankrike, Italia) som stiller krav til "parasittære egg" er kravet 0 (ikke påvist).

De anførte grenseverdiene for TKB og *E. coli*, representerer - med utgangspunkt i de opprinnelige verdiene som er anført i Tabell 3 – en reduksjon av mikrobenes på 4 log (dvs. en reduksjon på 99,99%). En tilsvarende reduksjon av enterokokker vil tilsvare en grenseverdi på 10^2 cfu/g (som i Danmark), men med tanke på at det for denne mikrobegruppen kan forekomme en viss gjenvekst, kan en grenseverdi på 10^3 cfu/g også her synes rimelig.

Gruppen finner derfor en grenseverdi på 10^3 cfu/g TS å være et rimelig krav for både *E. coli* og enterokokker.

6.3 Dagens krav og praksis

6.3.1 Bruk av gjødsel:

Husdyrgjødsel kan bare spres på godkjent spredeareal, det vil si fulldyrket jord. Produkter som inneholder avløpsslam kan ikke spres på areal der det dyrkes grønnsaker, poteter, bær eller frukt. Slam kan heller ikke spres på eng eller i gartnerier. I private hager, parker, lekeareal og lignende må slam bare brukes som del av et dyrkingsmiddel, og ikke på overflata. Det er tillatt å bruke slam til korn. Andre bruksområder for slam kan være ved etablering av vegetasjon i vegskråninger og lignende.

6.3.2 Dagens praksis vedrørende prøvetaking.

Alle aktuelle anlegg er i Gjødselforskriften pålagt å følge et internkontrollsystem, basert på HACCP-prinsippene.

Mattilsynet opplyser følgende om dagens praksis vedrørende sin kontroll med anleggene:

"Ved registrering av et produkt må (produsentene) oppgi analyseresultat på hygiene og prosess for parasitter. Men produserer de det samme produktet år etter år, krever vi ikke ny registrering og vi får ikke nye resultat. Måten vi da kan oppdage at de ikke følger forskriftens krav på, er tilsyn.

Mattilsynet sjekker internkontrollen for å se at produsentene tar tilstrekkelig med analyser og har rutiner, f. eks. for å hindre gjensmitte.

Vi tar ikke ut prøver for å sjekke innholdet uten at vi eventuelt har fått et tips".

Arbeidsgruppen har, via Mattilsynet, spurt en rekke produsenter om hvor ofte de analyserer for indikatorer og andre bakterier og har videre spesielt spurt om hvor ofte de påviser *Salmonella* sp. i hygienisert gjødsel.

Av svarene fremgår at prøver tas ut fra hver batch. "Batch" defineres noe ulikt, herunder f. eks. volumer på 250, 500 og 1000 m^3 , en produsent angir at det tas ut prøver hver dag som undersøkes som en samleprøve én gang i måneden.

Alle undersøker for TKB, *E. coli* og *Salmonella* (i henhold til gjeldende forskrift), ingen ser ut til å undersøke direkte for parasittære egg.

Fire laboratorier angir metodene som anvendes, for TKB og *E. coli* er det for alle en MPN-metode, for *Salmonella* hhv. "Vidas" (n=3) og ISO 6579 (n=1).

Når det gjelder hygieneindikatorer ser det ut som om alle respondentene følger etablerte rutiner for prøvetaking og prøveparametre på en tilforlatelig måte (muligens som en bieffekt av de konkrete kravene som stilles til tungmetaller og andre parametre).

Samtlige respondenter angir funn (dels gjennom alle de siste 5 – 10 årene) som alltid ser ut til å holde seg innenfor de mikrobielle kravene som er stilt. Av resultatene vi har mottatt kan vi ikke se at *Salmonella* noensinne er blitt påvist gjennom disse årene.

I henhold til Forskriften stilles det krav til at “Produkter og bruken av dem, *inkludert sannsynlig misbruk*, ikke skal medføre fare for overføring av sykdomssmitte til mennesker, dyr og planter”. Til dette kan det bemerkes at dersom heller ikke “misbruk” skal kunne utgjøre noen fare for overføring av smitte, vil forholdsregler mot slik smitte i realiteten være unødvendige. Denne bisetningen bør derfor vurderes fjernet fra Forskriften.

7 Svar på spørsmål

Hvilke indikatororganismer som egner seg for å vise at produktene har vært gjennom en tilfredsstillende hygienisering for å unngå sykdomssmitte til planter, dyr og mennesker (fare for overføring av sykdomssmitte til planter blir vurdert av andre faggrupper)

Fordi ingen mikrobielle indikatorer i seg selv kan representere en garanti for fravær av patogene mikrober, bør undersøkelser med henblikk på indikatormikrober bare anses som et *supplement* til en løpende dokumentasjon av hygieniseringsprosessenes viktigste fysiske parametre (prosessenes krav til temperatur, tid og evt. pH).

- De bakterielle indikatorene skal forutsetningsvis indikere
 - *Hygieniseringsprosessens effektivitet* og
 - *en eventuell rekontaminering av produktet under eller etter avsluttet hygieniseringsprosess*
- *Indikatorer for hygieniseringsprosessens effektivitet*
 - *Enterococcus* er mer robuste enn gram-negative staver. Den kan under mer optimale forhold også oppformere seg i miljøet. Under en hygieniseringsprosess skal imidlertid ikke slike optimale forhold foreligge og denne mikrobegruppen anses derfor å være en god indikator på effekten av hygieniseringsprosessens.

Den vil også (i større grad enn f. eks. *E. coli*) være en brukbar indikator for fravær av virus (som kan overleve i lengre perioder enn gram-negative staver). Fordi den kan overleve lenge og dessuten oppformere seg i fritt miljø, er den derimot ikke en optimal indikator for en eventuell rekontaminasjon.

Enterokokker kan derfor anses som en god indikator for *hygieniseringseffekten*. Det anbefales en grenseverdi på 10^3 cfu/g TS

- *Indikatorer for rekontaminering av produktet*
 - *E. coli*, som alltid er til stede i avføring fra varmblodige dyr, men ikke oppformerer seg utenfor tarmkanalen og dessuten dør relativt raskt ut i fritt miljø, er en god indikator for påvisning av en eventuell rekontaminasjon (men derimot en mindre god indikator for effekten av hygieniseringsprosessens eller fravær av patogener).

E. coli kan derfor anses som en god indikator for en mulig *rekontaminasjon* av produktet. Også her er det rimelig å anbefale en grenseverdi på 10^3 cfu/g TS

- *Andre aktuelle indikatorer:*
 - Termostabile koliforme bakterier (TKB) er tidligere brukt i næringsmiddelhygienien, men aksepteres ikke lenger som en indikator på fekal forurensing. For slam / gjødsel kunne den i prisnippet være en indikator på hygieniseringseffekten, men denne effekten indikeres bedre av *Enterococcus*. Gruppen ser derfor ingen grunn til å opprettholde krav til denne parameteren.
 - *Salmonella* er ingen ”indikatorbakterie”, men en ”målbakterie”. En kvalitativ undersøkelse med henblikk på denne mikroben vil med stor sannsynlighet ha en så lav sensitivitet at en negativ prøve i realiteten har svært liten utsagnskraft. Gruppen ser

derfor ingen grunn til at det skal opprettholdes krav til dokumentert fravær av denne mikroben.

- For parasitter og virus finnes det ikke brukbare indikatorer og heller ikke akseptable metoder for en rutinemessig påvisning. For virus kan enterokokker i en viss grad fungere som indikator, for parasitter må man stole på en dokumentert hygieniseringsprosess med metoder som er validert også med henblikk på parasitter
- Gruppen ser ikke noe grunnlag for å differensiere kravene for hygieneindikatorer mellom ulike produktgrupper eller hygieniseringsprosesser.

Generell kommentar til dagens krav og praksis

Forskrift om organisk gjødsel setter krav til at alle aktuelle anlegg har etablert internkontrollsystemer som også dekker hygieniseringsprosessen, basert på HACCP-prinsippene.

Mattilsynets tilsyn med anleggene er basert på kontroll av internkontrollsystemene ”for å se at produsentene tar tilstrekkelig med analyser og har rutiner, f. eks. for å hindre gjensmitte”. Hvor ofte MT utfører et slikt tilsyn anføres ikke, heller ikke hvor ofte det påvises avvik.

Etter innhentet informasjon fra et titalls anlegg, ser det ut til at prøvetaking med henblikk på mikrobielle hygieneindikatorer inngår som et ledd i en langt bredere undersøkelse av produktene. Disse undersøkelsene omfatter parametre for en betydelig mengde fysiske og kjemiske egenskaper. Det ser ut til at undersøkelser med henblikk på hygieneindikatorer inngår som en naturlig del av dette omfattende prøveprogrammet og at prøvetakingen med henblikk på disse indikatorene følgelig skjer i henhold til rutiner som sjelden avvikes.

Enkelte av de ovennevnte produsentene angir også resultatene av undersøkelsene, til dels gjennom alle de siste 5-10 årene. Ingen ser ut til noensinne å ha påvist *Salmonella*.. Når det gjelder TKB eller *E. coli*, angir enkelte produsenter funn av et tilforlateglig varierende antall i ulike prøver. Andre anfører imidlertid konsekvent funn som ”alltid” er < (enn 2, 20 eller et annet lavt tall). Dette kan selvsagt bety at de har påvist et antall som er lavere enn den anførte grenseverdien, men kan også bety at de faktisk ikke påviser disse indikatorene. Det er imidlertid liten grunn til å tro at disse produktene alltid vil være noe nær ”sterile” og hvis slike ”standardresultater” faktisk innebærer at mikroben aldri påvises, bør dette være et godt grunnlag for å vurdere de aktuelle metodene og gjennomføringen av dem.

8 Referanser

- Annon. 1990, *Vannundersøkelse - koliforme bakterier, termotolerante koliforme bakterier og presumtiv E. coli. MPN-metode.*, NS 4714.
- Barth, J., Amlinger, F., Favoino, E., Siebert, S., Kehres, B., Gottschall, R., Bieker, M., Löbig, A., & Bidlingmeier, W. 2008, *Compost production and use in the EU.*, European Compost Network, J02/35/200.
- Berg, G. & Berman, D. 1980, "Destruction by anaerobic mesophilic and thermophilic digestion of viruses and indicator bacteria indigenous to domestic sludges", *Appl Environ Microbiol*, **39**, 361-368.
- Black, M. I., Scarpino, P. V., O'Donnell, C. J., Meyer, K. B., Jones, J. V., & Kaneshiro, E. S. 1982, "Survival rates of parasite eggs in sludge during aerobic and anaerobic digestion", *Appl Environ Microbiol*, **44**, 1138-1143.
- Capizzi-Banas, S., Deloge, M., Remy, M., & Schwartzbrod, J. 2004, "Liming as an advanced treatment for sludge sanitisation: helminth eggs elimination--Ascaris eggs as model", *Water Res*, **38**, 3251-3258.
- Cramp, G. J., Harte, D., Douglas, N. M., Graham, F., Schousboe, M., & Sykes, K. 2010, "An outbreak of Pontiac fever due to *Legionella longbeachae* serogroup 2 found in potting mix in a horticultural nursery in New Zealand", *Epidemiol Infect*, **138**, 15-20.
- De, L. G., Zanetti, F., Fateh-Moghadm, P., & Stampi, S. 1998, "Occurrence of *Listeria monocytogenes* in sewage sludge", *Zentralbl.Hyg.Umweltmed.*, **201**, 269-277.
- Fauquet, C., Mayo, M. A., Maniloff, J., Desselberger, U., & Ball, D. A. 2005, *Virus Taxonomy: VIIIth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses*, 2nd Revised edition edn, Academic Press.
- Fuglei, E., Stien, A., Yoccoz, N. G., Ims, R. A., Eide, N. E., Prestrud, P., Deplazes, P., & Oksanen, A. 2008, "Spatial distribution of *Echinococcus multilocularis*, Svalbard, Norway", *Emerg.Infect Dis*, **14**, 73-75.
- Garrity, G. M. 2005, *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2nd edn, Springer.
- Guardabasse, L., Dalsgaard, A., & Sobsey, M. 2003, *Occurrence and survival of viruses in composted human faeces. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning.*, Miljøstyrelsen, Danmark, 32.
- Hofshagen, M., Heier, B. T., & Hauge, K. 2009, *Zoonoserapporten 2008*, Veterinærinstituttet.
- Hutchison, M. L., Walters, L. D., Moore, T., Thomas, D. J., & Avery, S. M. 2005, "Fate of pathogens present in livestock wastes spread onto fescue plots", *Appl Environ Microbiol*, **71**, 691-696.
- Johnsen, G., Zimmerman, K., Lindstedt, B. A., Vardund, T., Herikstad, H., & Kapperud, G. 2006, "Intestinal carriage of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* among cattle from

south-western Norway and comparative genotyping of bovine and human isolates by amplified-fragment length polymorphism", *Acta Vet.Scand*, **48**, 4.

Kajon, A. E., Moseley, J. M., Metzgar, D., Huong, H. S., Wadleigh, A., Ryan, M. A., & Russell, K. L. 2007, "Molecular epidemiology of adenovirus type 4 infections in US military recruits in the postvaccination era (1997-2003)", *J Infect Dis*, **196**, 67-75.

Kapperud, G. 1978, "Survey for toxoplasmosis in wild and domestic animals from Norway and Sweden", *J Wildl.Dis*, **14**, 157-162.

Kato, S., Fogarty, E., & Bowman, D. 2003, "Effect of aerobic and anaerobic digestion on the viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts and *Ascaris suum* eggs", *Int J Environ Health Res*, **13**, 169-179.

Lee, M. R. & Shih, J. C. 1988, "Effect of anaerobic digestion on oocysts of the protozoan *Eimeria tenella*", *Appl Environ Microbiol*, **54**, 2335-2341.

Martens, W. & Bohm, R. 2009, "Overview of the ability of different treatment methods for liquid and solid manure to inactivate pathogens", *Bioresour.Technol*, **100**, 5374-5378.

Masse, D. I., Masse, L., Xia, Y., & Gilbert, Y. 2010, "Potential of low-temperature anaerobic digestion to address current environmental concerns on swine production", *J Anim Sci*, **88**, E112-E120.

Møller, J., Backlund, A., Tønner Jørgensen, L. F. A., & Dalsgaard, A. 2010, *Overlevelse av indikatororganismer i komposttoiletter og ved simulert centraliseret efterkompostering af afføring fra mennesker. Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning.*, Miljøstyrelsen, Danmark, 56.

Moussavou-Boussougou, M. N., Geerts, S., Madeline, M., Ballandonne, C., Barbier, D., & Cabaret, J. 2005, "Sewage sludge or cattle slurry as pasture fertilisers: comparative cysticercosis and trichostrongylosis risk for grazing cattle", *Parasitol.Res*, **97**, 27-32.

Naturvårdsverket. Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp". 525-205-09. 2010.

Ref Type: Bill/Resolution

Norsk Vann 2008, *Behandlingsmetoder som er brukt i Norge, for å stabilisere og hygienisere slam.*, Norsk Vann.

Norsk Vann 2010, *Hygienisering av avløpslam; anbefalt opplegg for kontroll/dokumentasjon av hygieniseringsmetoder.*, Norsk Vann.

O'Connor, B. A., Carman, J., Eckert, K., Tucker, G., Givney, R., & Cameron, S. 2007, "Does using potting mix make you sick? Results from a *Legionella longbeachae* case-control study in South Australia", *Epidemiol Infect*, **135**, 34-39.

Oberste, M. S., Maher, K., Williams, A. J., Dybdahl-Sissoko, N., Brown, B. A., Gookin, M. S., Penaranda, S., Mishrik, N., Uddin, M., & Pallansch, M. A. 2006, "Species-specific RT-PCR amplification of human enteroviruses: a tool for rapid species identification of uncharacterized enteroviruses", *J Gen.Virol.*, **87**, 119-128.

- Okoh, A. I., Sibanda, T., & Gusha, S. S. 2010, "Inadequately treated wastewater as a source of human enteric viruses in the environment", *Int J Environ Res Public Health*, **7**, 2620-2637.
- Palacios, G. & Oberste, M. S. 2005, "Enteroviruses as agents of emerging infectious diseases", *J Neurovirol.*, **11**, 424-433.
- Papajova, I., Juris, P., Szabova, E., Venglovsky, J., Sasakova, N., Sefcikova, H., Martinez, J., & Gabon, T. 2008, "Decontamination by anaerobic stabilisation of the environment contaminated with enteronematode eggs *Toxocara canis* and *Ascaris suum*", *Bioresour.Technol*, **99**, 4966-4971.
- Petterson, S. A. & Ashbolt, N. J. 2011, *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture.*, Microbial Risk Assessment Section, WHO.
- Pierce, E. S. 2010, "Ulcerative colitis and Crohn's disease: is *Mycobacterium avium* subspecies paratuberculosis the common villain?", *Gut Pathog.*, **2**, 21.
- Placha, I., Venglovsky, J., Makova, Z., & Martinez, J. 2008, "The elimination of *Salmonella typhimurium* in sewage sludge by aerobic mesophilic stabilization and lime hydrated stabilization", *Bioresour.Technol*, **99**, 4269-4274.
- Reinoso, R. & Becares, E. 2008, "The occurrence of intestinal parasites in swine slurry and their removal in activated sludge plants", *Bioresour.Technol*, **99**, 6661-6665.
- Reuter, G., Zimsek-Mijovski, J., Poljsak-Prijatelj, M., Di, B., I, Ruggeri, F. M., Kantala, T., Maunula, L., Kiss, I., Kecskemeti, S., Halaihel, N., Buesa, J., Johnsen, C., Hjulsager, C. K., Larsen, L. E., Koopmans, M., & Bottiger, B. 2010, "Incidence, diversity, and molecular epidemiology of sapoviruses in swine across Europe", *J Clin Microbiol*, **48**, 363-368.
- Robertson, L. J., Gjerde, B. K., & Furuseth, H. E. 2010, "The zoonotic potential of *Giardia* and *Cryptosporidium* in Norwegian sheep: a longitudinal investigation of 6 flocks of lambs", *Vet.Parasitol.*, **171**, 140-145.
- Sahlstrom, L. 2003, "A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants", *Bioresour.Technol*, **87**, 161-166.
- Schöning, C. 2003, *Risker för smittspridning via avløppsslamm. Redovisning av behandlingsmetoder och föreskrifter.*, Naturvårdverket, 5215.
- Steele, T. W., Lanser, J., & Sangster, N. 1990, "Isolation of *Legionella longbeachae* serogroup 1 from potting mixes", *Appl Environ Microbiol*, **56**, 49-53.
- Symonds, E. M., Griffin, D. W., & Breitbart, M. 2009, "Eukaryotic viruses in wastewater samples from the United States", *Appl Environ Microbiol*, **75**, 1402-1409.
- Thurston-Enriquez, J. A., Gilley, J. E., & Eghball, B. 2005, "Microbial quality of runoff following land application of cattle manure and swine slurry", *J Water Health*, **3**, 157-171.
- van Leeuwen, M., Williams, M. M., Koraka, P., Simon, J. H., Smits, S. L., & Osterhaus, A. D. 2010, "Human picobirnaviruses identified by molecular screening of diarrhea samples", *J Clin Microbiol*, **48**, 1787-1794.

Venglovsky, J., Martinez, J., & Placha, I. 2006, "Hygienic and ecological risks connected with utilization of animal manures and biosolids in agriculture.", *Livestock Science*, 197-203.

Widen, F., Sundqvist, L., Matyi-Toth, A., Metreveli, G., Belak, S., Hallgren, G., & Norder, H. 2011, "Molecular epidemiology of hepatitis E virus in humans, pigs and wild boars in Sweden", *Epidemiol Infect*, **139**, 361-371.

9 Vedlegg 1

Den epidemiologiske situasjonen i Norge for de viktigste aktuelle humanpatogene bakteriene er:

Salmonella: Viktigste smittekilde utgjøres av infiserte dyr og mennesker, vanligste smittemåte er gjennom kontaminerte næringsmidler. Forekomst i Norge:

Humanpopulasjonen: Det registreres rundt 1.200-1.900 humane tilfeller pr år i Norge. Rundt 70-80% er smittet i utlandet, knapt 20% i Norge, de øvrige ukjent. En ukjent andel av de som er smittet i Norge representerer sekundærsmitte til utlandssmittede tilfeller. Antall tilfeller økte tidligere år for år, men har de siste årene stabilisert seg noe mer. En nedgang ble registrert i 2009 og 2010 på grunn av redusert utenlandssmitte. Selv om det i tillegg til de registrerte tilfellene foreligger et ukjent, men sannsynligvis stort, mørketall, er den epidemiologiske situasjonen for *Salmonella* åpenbart svært fredelig i Norge sammenlignet med de fleste andre land. Likevel må man anta at en kloakk som betjener et f. eks. tresifret antall mennesker, kan inneholde *Salmonella*, men bare i små mengder.

Husdyrbesetninger: Norge opererer betydelige overvåkingsprogrammer når det gjelder *Salmonella* i både husdyrbesetninger, slakt og kjøtt. Hvert år tas ut om lag 3000 prøver fra både storfe og svin, dessuten om lag like mange fra slakt av storfe, svin og sau. Norske matproduserende dyr er svært sjelden infisert med *Salmonella* (Hofshagen *et al.*, 2009). I 2009 ble *Salmonella* ikke påvist i overvåkingsprogrammene for verken storfe eller svin, mens det i ”andre prøver” ble påvist *S. Typhimurium* i to storfe-besetninger (hvorav en var oppfølging fra 2007).

Sjansen for å påvise *Salmonella* i gjødsel fra storfe- eller svinebesetninger vil derfor være nærmest forsvinnende små.

Viltlevende dyr og fugler: *S. Typhimurium* er den eneste humanpatogene serovarianten som er etablert på endemisk og enzootisk nivå i Norge. Reservoaret er viltlevende fugler (brettflugl og måker) og piggsvin. Bakterier fra dette reservoaret er hvert år årsak til en rekke sykdomstilfeller hos mennesker, og epizootier blant småfugl. Indirekte smitte via drikkevann spiller en vesentlig rolle også for denne bakterien.

Shigella: Viktigste smittekilde er infiserte mennesker, vanligste smittemåte er direkte fekal-oral kontaktsmitte eller vehikkelsmitte gjennom vann eller mat. Forekomst i Norge:

Humanpopulasjonen: Det registreres om lag 150-200 tilfeller pr år, praktisk talt alle smittet i utlandet. Det finnes ikke noe epidemiologisk nivå av infeksjonen i Norge. Mikroben er dessuten svært sårbar for ytre miljøpåvirkninger. Det er derfor lite sannsynlig å kunne påvise mikroben i avløpsvann/slam.

Husdyrbesetninger: Mikroben er i praksis spesifikk humanpatogen og vil aldri påvises i gjødsel fra husdyrbesetninger.

Escherichia coli: Mikroben er den mest stabilt forekommende aerobe normalflora-mikroben i menneskers og varmblodige dyrs tarmkanal. Til tross for dette, finnes det ulike grupper av den som - med ulik patogenese og epidemiologi - kan være tarmpatogene. De viktigste gruppene er ”typiske” og ”atypiske” enteropatogene *E. coli* (tEPEC og aEPEC), enterotoksigene *E. coli* (ETEC), enteroinvasive *E. coli* (EIEC) og enterohemorragisk *E. coli* (EHEC). Av disse er tEPEC og EIEC humanspesifikke og påvises ikke hos dyr. tEPEC kan gi et alvorlig sykdomsbilde og var tidligere fryktet som årsak til alvorlige utbrudd., men ser i dag ikke ut til å ha noe utbruddspotensiale. aEPEC, som er vanligere og også kan påvises hos dyr, gir vanligvis et langt mildere sykdomsbilde. ETEC kan ramme både dyr og mennesker,

men det ser ut som om de enkelte stammene er artsspesifikke og har således ikke noe zoonotisk potensiale. EHEC – som i dag er den mest alvorlige av de patogene *E. coli*-gruppene – har derimot storfe og småfe som sitt hovedreservoar (uten at dyrene selv blir syke). Forekomst i Norge:

Humanpopulasjonen: tEPEC påvises i dag meget sjelden gang, særlig blant småbarn. aEPEC er vanligere; fra 2001 til og med 2008 ble det registrert 134 tilfeller av slike infeksjoner i Norge. Antallet meldte tilfeller av aEPEC-infeksjon økte betydelig i 2009, sannsynligvis som følge av økt prøvetaking i forbindelse med utbruddene det året, og bedre diagnostiske metoder. Antallet meldte aEPEC infeksjoner i 2009 var 299. EIEC og ETEC påvises svært sjeldent – og da bare som importtilfeller. For EHEC, den i dag alvorligste *E. coli*-infeksjonen, ble det innført meldingsplikt i 1994. Frem til 2006 ble det årlig rapportert 0-20 tilfeller av slike infeksjoner, hvorav ca. 65 % var smittet i Norge. I 2006 økte antall meldte tilfeller i Norge betydelig i forhold til tidligere år. Denne økningen skyldtes hovedsakelig et nasjonalt utbrudd der 17 ble syke, hvorav 10 utviklet HUS og én døde. Smittekilden var morrpølse som inneholdt kontaminert sauekjøtt. I 2009 ble det meldt 108 tilfeller av infeksjon med EHEC til MSIS. Det er det høyeste antallet registrert i Norge noen sinne, og det er over dobbelt så mange tilfeller som i utbruddsåret 2006. Denne økningen skyldes i hovedsak syv sykdomsutbrudd og den omfattende smitteoppsporingen blant kontaktpersoner som ble foretatt under utbruddene. EHEC – som omfatter en lang rekke serotyper, hvorav O157:H7 er den hyppigst påviste - har en svært liten smittedose og skilles vanligvis også ut i svært små mengder. Det vil derfor være tilsvarende vanskelig å påvise slike mikrober i slam/avløpsvann.

Husdyrbesetninger: Det finnes egentlig lite data om forekomsten i storfebesetninger. I undersøkelser fra 1995 og 1999 ble VTEC O157 påvist i hhv. 1% og 0,2% av besetningene, i 2000 fra ingen av 155 undersøkte besetninger og i 2003 i 1 av 137 undersøkte besetninger. Det ble imidlertid påvist enkelte andre aktuelle serotyper, de fleste uten å være toksinproduserende (og derfor ansett for å være apatogene). I 2008 ble 585 sauebesetninger undersøkt med positivt funn av VTEC i ni (fem med O157). aEPEC med samme virulensgener, samme serotyper og samme DNA-profiler som hos pasienter, ble påvist hos 18 % av de undersøkte besetningene. I tillegg var 9 % av besetningene bærere av EPEC med virulensprofil tilsvarende kliniske isolater, men med DNA-profiler som hittil ikke er funnet blant norske pasienter. Isolater av disse typene kom fra besetninger i 10-11 fylker. Dette viser at forekomsten av potensielt humanpatogene *E. coli* blant sau er betydelig, og vidt utbredt geografisk.

Campylobacter: En lang rekke pattedyr og fugler, både domestiserte og ville, er friske bærere av *Campylobacter*. Indirekte smitte via drikkevann som vehikkel er den vanligste smitemåten i Norge. Andre risikofaktorer er tilberedning av fjørfekjøtt og kontakt med reservoardyrene. Forekomst i Norge:

Humanpopulasjonen: Forekomsten har økt kraftig gjennom en del år og er i dag hyppigste bakterielle årsak til diaré sykdommer med 2-3000 meldte tilfeller årlig de siste årene. Om lag 50-60% smittes i utlandet.

Husdyrbesetninger: : Fra 2001 har det foreligget en handlingsplan med systematisk undersøkelse av slaktekyllingflokker mht. *Campylobacter*. I perioden 2002-2007 var 3,3 – 6,3% av flokkene positive, hvilket er en klar nedgang fra 1990-tallet sannsynligvis grunnet bedre hygiene og tryggere vannforsyning. Forekomsten blant høns og kalkuner er vesentlig høyere. Det er påvist høy prevalens av *Campylobacter* også hos storfe (Johnsen *et al.*, 2006), sau og gris. Sannsynligheten for å finne *Campylobacter* i gjødsel er følgelig stor.

Listeria monocytogenes: Mikroben finnes naturlig i jord/vann/planter. Smittemåte er vanligvis vehikkelsmitte gjennom mat, ikke minst kjøleskapslagrede matvarer med lang holdbarhetstid, som spises uten ytterligere varmebehandling. Forekomst i Norge:

Humanpopulasjonen: Siden århundreskiftet har antallet tilfeller av listeriose som årlig meldes til MSIS, variert fra 12 til 49 (www.msis.no). Sett over et lengre tidsperspektiv viser insidensen en økende tendens. Det høyeste antallet hittil ble registrert i 2007, da 49 tilfeller ble meldt, hovedsakelig på grunn av et alvorlig utbrudd som rammet pasienter Radiumhospitalet og Rikshospitalet. Infeksjonen rammer særlig fostere (med mulig abort eller dødfødsel som følge) og eldre, immunsvekkete personer (med alvorlige infeksjoner i sentralnervesystemet som følge). Mikroben *kan* skilles ut med avføringen, men er en relativ sjelden gjest hos mennesker.

Husdyrbesetninger: Sporadiske tilfeller forekommer relativt hyppig, spesielt hos sau. Mikroben vil sannsynligvis kunne finnes i enhver gjødsel.

Yersinia enterocolitica: Mikroben hører til i kjølig klima og er derfor endemisk i Norden. Reservoaret for humanpatogene arter er i Norge grisen. Smittemåten er vehikkelsmitte gjennom mat og drikkevann, og kontakt med infiserte dyr. Direkte kontaktsmitte mellom mennesker forekommer, men er sjelden. Forekomst i Norge:

Humanpopulasjonen: Antall meldte tilfeller var tidligere opp mot et par hundre pr år, men etter omlegging til mer hygieniske slakterutinene for gris ble antallet umiddelbart redusert med ca. 50% og ligger nå vanligvis på mindre enn 100 tilfeller pr år, de siste årene rundt 50.

Husdyrbesetninger: I 1980-årene ble *Yersinia* påvist i opp mot (og til dels over) 80% av grisebesetninger, særlig fra munnhulen, men også fra slakteskrott. Gris blir ikke selv syke av mikroben. Etter omlegging av slakterutinene i 1990-årene synes det å ha vært en klar reduksjon av forekomsten av mikroben i svinekjøttprodukter. Mikroben vil kunne finnes i gjødsel fra svin.

Legionella longbeachae: *Legionella* spp., særlig *L. pneumophila* serotype 1, er årsak til dels alvorlige utbrudd av lungeinfeksjoner. Dette er aquatiske mikrober som spres ikke minst med aerosoler. *L. longbeachae* er en art som er påvist å kunne smitte via plantejord/kompost. Den er særlig påvist i Australia, New Zealand og Japan, men sjelden i Europa. Et mindre utbrudd i blant "hobbygartnere" i Storbritannia er imidlertid beskrevet og nylig også to av hverandre uavhengige tilfeller i Norge – uten påvist smittekilde. (Med dagens diagnostiske rutiner vil nok p.t. imidlertid de fleste tilfeller bli oversett).

Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis: Det endemiske nivået i Norge er ukjent, men sannsynligvis svært lavt. Mikroben er ikke isolert fra mennesker gjennom de siste 10 årene, men påvisning er vanskelig. Økende dokumentasjon (Pierce 2010) støtter at bakterien kan ha en etiologisk rolle ved Crohn's sykdom, kanskje også ved ulcerøs kolitt, selv om det fremdeles er uenighet om dens zoonotiske potensial. Forårsaker alvorlig, kronisk tarmbetennelse hos drøvtyggere (Johnes sykdom). Sykdommen var tidligere ukjent i Norge. I perioden 1996-2009 er agens påvist i totalt seks saueflokker (sist 2007), ni storfebesetninger (sist 2002/2003), og 30 geiteflokker (sist 2009). Smitte hos sau forklares enten ved import (tidlige tilfeller) eller ved kontakt med infiserte geit eller storfe. Infeksjonen er påvist hos geit i seks fylker (Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Telemark og Buskerud). Sommeren 2010 er det påvist ett tilfelle hos storfe i et område med paratuberkulose på geit.

10 Vedlegg 2

Tabell 5 Oversikt over de viktigste patogene bakterier som skilles ut med avføring fra mennesker og dyr.

Organisme	Kilde/råstoff	Smittsomme for		Kommentarer
		Mennesker	Dyr	
<i>Salmonella</i>	Avføring fra mennesker og dyr	X	X	70-80% smittet i utlandet. Intet endemisk nivå blant husdyr. Et visst endemisk nivå av <i>S. Typhimurium</i> knyttet til piggsvin og småfugler.
<i>Shigella</i>	Avføring fra mennesker	X		Forekommer ikke endemisk i Norge
<i>Escherichia coli</i> (EPEC gruppe)	Avføring fra mennesker og dyr	X	(X)	Stort sett artsspesifikke, men dyr kan være bærer av humanpatogene stammer Forekommer ikke endemisk i Norge
<i>Escherichia coli</i> (EHEC gruppe)	Avføring fra mennesker og dyr	X	X	Drøvtyggere, som ikke selv blir syke av mikroben, anses som hoved-reservoar. Er i dag den alvorligste E. coli-infeksjonen.
<i>Escherichia coli</i> (aEPEC gruppe)	Avføring fra mennesker og dyr	X	X	Drøvtyggere, som ikke selv blir syke av mikroben, anses som hovedreservoar. Vanligvis mindre alvorlig sykdomsbilde
<i>Escherichia coli</i> (tEPEC gruppe)	Avføring fra mennesker	X		Sjelden, men kan være alvorlig. Har i dag, i motsetning til tidligere, ikke noe utbruddspotensiale
<i>Escherichia coli</i> (EHEC gruppe)	Avføring fra mennesker og dyr	X	X	Drøvtyggere, som ikke selv blir syke av mikroben, anses som hovedreservoar.
<i>Escherichia coli</i> (aEPEC gruppe)	Avføring fra mennesker og dyr	X	X	Drøvtyggere, som ikke selv blir syke av mikroben, anses som hovedreservoar.
<i>Escherichia coli</i> (tEPEC gruppe)	Avføring fra mennesker	X		Sjelden, har i dag ikke noe utbruddspotensiale
<i>Campylobacter</i>	Avføring fra mennesker og dyr	X	X	Vanlig hos en lang rekke pattedyr og fugler, både ville og domestiserte arter.

<i>Listeria monocytogenes</i>	Avføring fra dyr og mennesker. Silofôr kompost, jord, vann	X	X	Vanlig hos mange dyrearter og i miljøet.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Avføring fra mennesker og dyr	X	X	Gris, som ikke selv blir syke av mikroben, er eneste reservoardyr i Norge
<i>Legionella longbeachae</i>	Plantejord	Mennesker via aerosoler	?	Aquatisk mikrobe, knyttet til kompost, men med fortsatt stort sett ukjent epidemiologi

Tabell 6 Oversikt over viktigste parasitter forekommende i mennesker og dyr

Organisme	Produkt	Smittsomme for		Kommentarer
		Menneske	Dyr	
Helminter				
<i>Ascaris</i>	Grisegjødsel Avløpsslam	x	x	Vertsspesifikk, <i>A. lumbricoides</i> hos mennesker og <i>A. suum</i> hos gris. <i>A. suum</i> kan smitte til mennesker, men patent infeksjon forekommer ikke. Forekomst i den norske bestanden varierer avhengig av grisalderen – data fra 1980s viser prevalens fra 1 % (pattegris) til nesten 25 % (eldre slaktegriser)
Strongylid nematoder	Storfejødsel Småfejødsel		x	Veldig vanlig i Norge
<i>Taenia</i>	Avløpsslam (mennesker)	x	x	<i>T. saginata</i> er ikke smittsom for mennesker direkte, men kan smitte gjennom dårlig varmebehandlet kjøtt hvis storfe er infisert. Det samme er for <i>T. solium</i> (<i>T. solium</i> cyster fra mennesker kan smitte menneske, men infeksjon forekommer ikke (cysticercosis)). Trolig sjelden i Norge per i dag – men globalisering osv kan forandre situasjonen. Forskjellige utbrudd var forbundet med spredning av ubehandlet avløpsslam på beite: storfe må ikke beite på områder gjødslet med ubehandlet avløpsslam i 6

				måneder, eller med behandlet avløpsslam i 3 uker. Et forsøk i Frankrike hvor avløpsslam og flytende gjødsel med infektive <i>T. saginata</i> egg var brukt på beite, som deretter ble beitet av storfe (6 uker mellom spredning og beiting) viste ingen infeksjoner (Moussavou-Boussougou <i>et al.</i> , 2005).
<i>Echinococcus</i>		x	x	Egg følsomhet lik <i>Teniae</i>
<i>Toxocara/Toxascaris</i>	Avløpsslam ¹ (katt, hund)	x	x	Vanlig forekommende hos hund/katt i Norge. Smittsom for mennesker (mennesker kan være tilfeldig vert for <i>T. canis</i> – VLM og OLM -, men livssyklus blir ikke fullført).
Protozoer				
<i>Balantidium coli</i>	Grisegjødsel	x	x	Smittsom for mennesker, men er av liten betydning (de fleste er asymptomatiske). Sannsynligvis lav prevalens hos gris. Diagnostisert for første gang i 2000 i Norge og identifisert et par ganger siden.
<i>Cryptosporidium</i>	Avløpsslam (mennesker, hund, katt) Storfegjødsel Småfegjødsel Grisegjødsel	x	x	<i>C. parvum</i> (ikke vertsspesifikk), <i>C. hominis</i> (ganske vertsspesifikk, men har blitt påvist i prøvene fra storfe og småfe), <i>C. cuniculus</i> (også påvist hos kanin – utbrudd hos mennesker i England 2009), <i>C. ubiquitum/C. suis/C. canis/C. felis</i> (noen tilfeller) m.fl. Flere arter er smittsomme for dyr; flere arter er vertsspesifikke – men ikke alle. Storfe: <i>C. parvum</i> , <i>C. andersonii</i> , <i>C. bovis</i> m.fl. Småfe: <i>C. xiaoi</i> , <i>C. ubiquitum</i> , <i>C. parvum</i> m.fl. Gris: <i>C. suis</i> og svinegenotype II var påvist i norske gris, og er vertsspesifikke.

<i>Giardia duodenalis</i>	Avløpsslam (mennesker, hund, katt) Storfegjødsel Småfegjødsel Grisegjødsel	x	x	Avhengig av genotype. Storfe og småfe: Assemblage E er funnet oftest i norsk storfe og småfe og er smittsom for andre drøvtyggere. Gris: <i>Giardia</i> fra norske gris har, så vidt oss kjent, blitt genotypet, men i Danmark, Ass A var identifisert. Bare genotype A og B er smittsomme for mennesker. Vanlig forekommende i avløp (over 90 % av 40 STW positive; 4000-28000 cyster per liter). For det meste Ass A, noe Ass B. (Robertson <i>et al.</i> , 2010).
<i>Eimeria</i>	Fjørfe-gjødsel Storfegjødsel Småfegjødsel		x	Alle <i>Eimeria</i> arter er vertsspesifikke Fjørfe: <i>E. tenella</i> , <i>E. necatrix</i> m.fl. Storfe: <i>E. bovis</i> , <i>E. zuernii</i> m.fl. Småfe: <i>E. ovinoidalis</i> ; <i>E. crandallis</i>
<i>Toxoplasma</i>	Avløpsslam (katt)	x	x	Endeverten er katt, som skiller ut oocyster i avføringen. Flere dyr kan bli mellomvert, blant annet sau (spesielt), storfe, gris og hjort, men parasitten danner ikke vevscyster hos storfe. Serologiske studier utført for en stund siden peker på at 25 % katter i Norge var infisert. De forblir infisert i en kort periode men skiller ut store mengder oocyster. Viktig for gravide kvinner.

¹ Det bør anmerkes at produkter fra et kommunalt kloakkrenseanlegg kan inneholde parasitter både fra dyr og fra mennesker. Produkter fra renseanlegg som tar avrenning fra land og / eller avfall fra slakterier kan inneholde parasitter fra husdyr (storfe, sau, gris), mens privat kloakk sannsynligvis også inneholder overføringsstadier av parasitter fra husdyr (f. eks katter, hunder). Ettersom husdyrs parasitter er inkludert andre steder i tabellen, er kun parasitter fra mennesker og fra kjæledyr inkludert her.

Tabell 7 Oversikt over virus forekommende hos mennesker og dyr

Virus		Produkt	Smittsomme for		Kommentarer
			Mennesker	Dyr	
Adenovirus		Avføring, avløpsvann, avløpsslam Husdyrgjødsel	X	X	Vertsspesifikke
Hepatitis A virus		Avføring, avløpsvann, avløpsslam	X		
Rotavirus		Avføring, avløpsvann, avløpsslam Husdyrgjødsel	X	X	I all hovedsak vertsspesifikke
Enteroviruses	Coxsackievirus	Husdyrgjødsel	X		Vertsspesifikke.
	Echovirus	Avføring, avløpsvann, avløpsslam	X		
	Poliovirus		X		
Norovirus		Avføring, avløpsvann, avløpsslam Husdyrgjødsel	X	X	Vertsspesifikke Vanligst i den kalde årstid
Astrovirus		Avføring, avløpsvann, avløpsslam	X	X	Vertsspesifikke (?)
Hepatitis E virus			X	X	
Picobirnavirus		Avføring, avløpsvann, avløpsslam	X	X	Vertsspesifikke (?)
Sapovirus		Avføring, avløpsvann, avløpsslam	X	X	Vertsspesifikke (?)
Coronavirus		Husdyrgjødsel		X	Storfe, hund, (norske forhold)
Circovirus		Husdyrgjødsel		X	Gris
Birnavirus		Husdyrgjødsel		X	Fjørfe

11 Vedlegg 3

Det eksisterer anvendte og praktiske metoder for hygienisering av ulike typer organisk avfall, inkludert matavfall, kompost og slam. Men for flytende husdyrgjødsel er trolig den eneste praktiske metoden anaerob behandling i biogassanlegg, en metode som nå er lite brukt i Norge. I dette kapitlet er det gitt en oversikt over aktuelle metoder for å behandle avløpsslam og andre typer organisk avfallslam. Beskrivelser er i stor grad hentet fra en rapport fra Norsk Vann med tittelen ”Behandlingsmetoder som er i bruk i Norge, for å stabilisere og hygienisere slam” (Norsk Vann 2008).

11.1 Våtkompostering (aerob, termofil stabilisering)

Våtkompostering er basert på biologisk omsetning av organisk materiale i fortykket slam (>2,5-3 % tørrstoffinnhold) under tilgang på oksygen. Prosessen utnytter varmen som aerobe bakterier utvikler ved nedbrytning av organisk stoff, slik at temperaturen i prosessen stiger til mellom 40 og 70 °C, avhengig av omstendighetene. På grunn av de høye temperaturene i prosessen blir omsetningshastigheten høy. Med nok oksygen til stede vil oppholdstider på fra 5 til 10 døgn være tilstrekkelig til å oppnå et stabilisert slam. Dersom temperaturen holdes over 50-55 °C, og det skjer en satsvis tilførsel av råslam, oppnås det også en hygienisering av slammet. Tyske retningslinjer for våtkomposteringsanlegg som skal gi et stabilisert og hygienisert slam, er:

- Minimum 2 reaktorer i serie.
- Oppholdstid: min. 5 døgn
- Kombinasjoner av temperatur og holdetider: 50 °C i minimum 23 timer, 55 °C i minimum 10 timer eller 60 °C i minimum 4 timer uten at det tilføres nytt råslam

Våtkompostering av slam er en relativt rimelig og velegnet stabiliserings- og hygieniseringsmetode for renseanlegg mindre enn ca. 15.000 personenheter (PE) hvor slammet kan brukes i jordbruket, eller til revegetering av massetak, gruveområder osv. Dersom man skal lage jordblandinger av slammet, bør det ligge ute noen måneder etter avvanning og tørke før man blander det med andre komponenter.

Det er bare ett kommunalt renseanlegg i Norge som har tatt i bruk denne metoden, Vårnes renseanlegg i Stokke kommune. I tillegg er det ett anlegg for slam fra biologisk-kjemisk rensing av avløpsvannet fra potetchipsproduksjon ved Maaruds anlegg på Disenå, og tre små anlegg for samkompostering av husdyrgjødsel og septikslam på gårdsbruk i Etnedal i Valdres, i Meldal i Sør-Trøndelag og i Aremark i Østfold.

11.2 Aerob, termofil forbehandling og mesofil, anaerob stabilisering

Den aerobe, termofile forbehandlingen er i prinsippet samme prosess som våtkompostering. Oppholdstiden er imidlertid vesentlig kortere fordi hensikten bare er å få en hygienisering av slammet og ingen vesentlig nedbrytning av organisk stoff, da dette skal skje i den etterfølgende anaerobe stabiliseringen. For å få tilstrekkelig høye temperaturer i prosessen for hygienisering (> 60 °C ved de aktuelle holdetider), må det tilføres varme i tillegg til den som utvikles i prosessen, og det benyttes ulike typer varmevekslere for dette.

For den etterfølgende anaerobe stabiliseringen er det vanlig å dimensjonere råtnetankene for ca. 12 døgn oppholdstid i stedet for 15 døgn. Grunnen til dette er at det skjer en

slamhydrolyse allerede i den aerobe, termofile forbehandlingen, og tiden som trengs for en tilfredsstillende stabilisering i råtnetanken, kan derfor reduseres. Råtnetanker bør tilføres slam jevnt fordelt over hele døgnet, og det innebærer at den aerobe, termofile forbehandlingen også må ha ut- og innpumping av slam mange ganger i døgnet. Det er vanlig å benytte 10-15 innpumperinger av slam per døgn, dvs. at det teoretisk sett blir en holdetid på 1,6-2,4 timer mellom hver innpumping av råslam. Dette kan stort sett kompenseres for ved å øke reaktortemperaturen opp mot 65 °C. Norsk Vann anbefaler minimum 1,5 times holdetid ved 60 °C (Paulsrud *et al.* 2004). Tyske retningslinjer for hygienisering ved aerob, termofil forbehandling er:

- ≥ 60 °C i minimum 4 timer, eller som for pasteurisering
- ≥ 30 °C i etterfølgende råtnetank

Det ble bygd 8 anlegg i Norge med denne metoden. Ett av anleggene i Norge er senere ombygd til termofil, anaerob stabilisering av slam og våtorganisk avfall, og den aerobe forbehandlingen er tatt bort. Aerob, termofil forbehandling er en hygieniseringsmetode med relativt lite problemer og lave driftskostnader. Dersom man skal lage jordblandinger av slammet etter avvanning, bør det ligge ute noen måneder og tørke før man blander det med andre komponenter.

11.3 Pasteurisering og mesofil, anaerob stabilisering

Pasteurisering betyr i denne sammenheng å utsette slammet for en viss temperatur (normalt 70 °C) i så lang tid (normalt 30 minutter) at bakterier og parasittegg i slammet blir inaktivert. I tillegg vil også parasittcyster og oocyster bli inaktivert. Slammet kan varmes opp ved hjelp av varmevekslere, ved lavtrykks damp som blåses inn i slammet eller ved hjelp av gassbrenner neddykket i slammet. I Norge brukes kun varmevekslere. For å få minst mulig energitap i prosessen varmer man vanligvis slammet i tre trinn. I første trinn varmes kaldt råslam opp til 25-30 °C ved å varmeveksle det mot utrånnet slam fra råtnetanken. I neste trinn varmes det opp til 50-60 °C ved å varmeveksle det mot ferdig pasteurisert slam, slik at det pasteuriserte slammet også blir avkjølt til ca. 40 °C før det tilføres råtnetanken. I det tredje trinnet varmes slammet ytterligere opp til ca. 70 °C ved å varmeveksle det med varmt vann (80-95 °C) fra en fyrkjele som benytter biogassen som energikilde.

Ved store anlegg (>ca. 50.000 PE) benytter man normalt helkontinuerlig drift av pasteuriseringsanlegget. På mindre anlegg produseres det ikke nok slam til at man kan pumpe det gjennom pasteuriseringen kontinuerlig uten å få for lave hastigheter i pumpeledningene. Etersom både pasteurisering og anaerob stabilisering er lukkede prosesser uten avtrekksluft, er det ikke nødvendig med separat luktbehandling ved disse prosessene. Tyske retningslinjer for pasteurisering angir:

- Alle slampartikler < 5 mm (siling, kverning)
- Kombinasjon av temperaturer og holdetider: 65 °C i 30 minutter; 70 °C i 25 minutter; 75 °C i 20 minutter; 80 °C i 10 minutter

Basert på Norsk Vanns fullskala validering av metoden må pasteurisering foran anaerob stabilisering ha en holdetid på minimum 30 minutter ved 65 °C, men her må det også legges inn sikkerhetsmarginer basert på en risikovurdering ved hvert anlegg. Det anbefales derfor 70 °C i minimum 30 minutter.

Det ble bygd tre norske slambehandlingsanlegg med pasteurisering og anaerob stabilisering på begynnelsen av 1990-tallet: Øra renseanlegg (FREVAR - Fredrikstad Vann Avløp og Renovasjonsselskap Vannverk) i Fredrikstad, Sandefjord renseanlegg og Ladehammeren

renseanlegg i Trondheim. I tillegg har Høvringen renseanlegg i Trondheim også basert slambehandlingen på denne prosess-kombinasjonen. Pasteurisering har fungert bra på de fire norske renseanleggene som benytter denne hygieniseringsformen. Slammet fra anlegg med pasteurisering har hatt tendenser til å være ”utflytende” etter avvanningen, dvs. sprute ved opplastning og måtte tørkes opp i laguner selv om tørrstoffinnholdet har vært høyt. Dersom man skal lage jordblandinger av slammet, bør det avvannede slammet ligge ute noen måneder og tørke før man blander det med andre komponenter.

11.4 Termofil, anaerob stabilisering

Anaerob stabilisering (biogassanlegg) har tradisjonelt blitt drevet ved en temperatur på mellom 35 og 40 °C (mesofil stabilisering). Det finnes imidlertid et høyere temperaturområde (53–58 °C) hvor omdanningshastigheten og gassproduksjonen er spesielt høy (termofil stabilisering). For å oppnå tilfredsstillende hygienisering i henhold til den norske gjødselvereforskriften, må man sikre et minimum holdetid for alt slam i råtnetanken(e) ved en gitt temperatur, og det kan f. eks ordnes ved at slam pumpes ut av råtnetanken(e) før nytt ubehandlet slam pumpes inn (d.v.s. satsvis drift av råtnetanker). En annen mulighet er fortsatt å bruke tilnærmet kontinuerlig drift av råtnetanken(e), men sikre den nødvendige holdetiden (eksponeringstiden) ved å bruke 3 parallelle tanker (hver med den ønskete holdetiden) plassert etter råtnetanken(e).

Denne formen for hygienisering er ikke tatt med verken i det tyske eller det amerikanske slamregelverket. I forslaget til nytt slamregelverk for EU fra 2003 er følgende krav satt til metoden: Temperatur på minst 55 °C i 4 timer for alle slampartikler. I Danmark er metoden godkjent så lenge hver slampartikkel oppholder seg i råtnetanken i 10 timer ved 52 °C, 8 timer ved 53,5 °C eller 6 timer ved 55 °C. Samtidig er det stilt krav om minimum 7 døgn hydraulisk oppholdstid (ved et visst hydraulisk trykk) i råtnetanken. Det danske regelverket har ikke krav til inaktivering av parasittegg i slam. Ved validering av metoden etter Norsk Vanns opplegg (fullskala testing med parasittegg) har en dokumentert at for termofil anaerob stabilisering er det tilstrekkelig med en holdetid på 1,5 time ved 55 °C, men for å ha en sikkerhetsmargin anbefales min. 2 timer ved 55 °C (Paulsrud *et al.* 2006).

Metoden er tatt i bruk på fire norske renseanlegg: Bekkelaget renseanlegg i Oslo, Sellikdalen renseanlegg i Kongsberg (anlegget sambehandler avløpsslam og våtorganisk avfall i felles råtnetanker), Gardermoen renseanlegg og Øra renseanlegg (FREVAR - Fredrikstad Vann Avløp og Renovasjonsselskap Vannverk), men flere andre renseanlegg har utredet mulighetene og har konkrete planer om å gå over fra mesofil til termofil drift av råtnetanker. Erfaringene med termofil, anaerob stabilisering i Norge er av relativt kort varighet.

11.5 Anaerob stabilisering og termisk tørking

Ved kombinasjonen anaerob stabilisering og termisk tørking får vi et slam som både er stabilisert, hygienisert, og med tørrstoffinnhold over 85 %. Dette betyr at slammengdene (m³/døgn) etter tørking utgjør bare 25-35 % av slammengdene etter avvanning. Ved en anaerob stabilisering av slammet vil man også få biogass som kan brukes som energikilde for tørkeprosessen. Det kan brukes både mesofil og termofil, anaerob stabilisering foran tørkeprosessen. Ved termofil, anaerob stabilisering får man dobbel sikring av at hygieniseringen er tilfredsstillende, dvs. at slammet kan brukes på jordarealer selv om tørketrinnet er ute av drift.

Ved termisk tørking fordampes mesteparten av det vannet som er igjen i slammet etter avvanning med maskinelt avvanningsutstyr. Vanligvis drives tørkeprosessen så langt at man oppnår 85-90 % tørrstoffinnhold i slammet, men tørkingen kan også avsluttes ved et tørrstoffinnhold på 40-65 % dersom slammet etterpå skal forbrennes.

Tørket slam (85-90 % tørrstoff) vil foreligge som en relativt uhomogen masse bestående av alt fra finkornig pulver til større klumper, dersom det ikke benyttes utstyr for å pelletere eller granulere slammet. Ved nye tørkeanlegg er slikt utstyr tatt i bruk når det ferdige slamproduktet skal brukes som jordforbedringsmiddel/gjødsel på jordarealer.

Det finnes en rekke fabrikat av tørkeutstyr for avløpsslam på det internasjonale markedet, men prinsipielt kan disse deles inn i to hovedgrupper: Direkte og indirekte tørking. Ved direkte tørking føres varm luft, vanddamp eller forbrenningsgasser direkte i kontakt med slammet, og en stor del av slammets vanninnhold vil fordampe. I lukkede systemer som arbeider med damp som tørkemedium, vil overskuddsdampen fra slammet bli kondensert ut, mens i åpne systemer vil tørkemediet (damp eller forbrenningsgasser) forlate tørken sammen med partikler (støv) og illeluktende gasser fra det tørkede slammet. Direkte tørking av slam medfører derfor en relativt omfattende rensing av gassene for å kunne tilfredsstille vanlige standarder for utslipp til atmosfæren. Det er imidlertid mulig å ha indirekte oppvarming av direkte tørker, men dette er mindre energieffektivt, selv om man da unngår ulempene med utslippene. Vanlige typer av direkte tørker er roterende trommeltørker, virvelsjikts ("fluidized bed") tørker og båndtørker.

Indirekte tørking er karakterisert ved at varmemediet (damp evt. termoolje) og slammet holdes atskilt ved hjelp av en metalloverflate (jf. varmevekslere). Dette innebærer at mengden forurensede avgasser (damp) fra tørkeprosessen blir liten sammenlignet med den direkte tørkingen, og både gassrensing og varmegjenvinning kan gjøres enklere. Vanlige typer av indirekte tørker er skivetørker, tynnsjiktstørker og rørtørker.

Generelt er oppstart og nedkjøring de mest kritiske fasene under tørkeprosessen hvor det er størst fare for brann og eksplosjon. Det er derfor både tekniske og økonomiske fordeler med døgkontinuerlig drift. Erfaringer viser at dersom de sikkerhetsmessige forhold er ivaretatt under design for fullautomatisert drift, kan anlegget driftes døgkontinuerlig og uten bemanning.

Det er bygd 8 tørkeanlegg for slam i Norge, men halvparten av disse er tatt ut av drift av økonomiske eller driftsmessige årsaker. Det finnes lite informasjon og veiledning om planlegging, bygging og drift av tørkeanlegg i Norge. Mangel på kjennskap til erfaringer, praksis, veiledninger etc. er trolig en medvirkende årsak til problemene ved noen norske anlegg. I tillegg er valg av tørkeutstyr ofte gjort uten hensyn til aktuelle bruksområder for slammet etter behandling.

På VEAS (Vestfjorden Avløpsselskap) har man en spesiell form for tørking av slammet, idet fortykket slam tilsettes lesket kalk (ca. 40 % av slamtørrstoff) og avvannes i spesielle kammerfilterpresser som tilføres varmt vann og opererer under vakuüm. Slammet kommer ut av tørkene som "sponplater" med et tørrstoffinnhold på ca 55 %. Platene blir malt opp til en grynet struktur før slammet kjøres ut til jordbruket.

Ved IVAR (vann, avløp og renovasjon på Jæren) sitt slamtørkeanlegg (Rotadisc indirekte tørking) er det gjennomført tracertester for å bestemme den korteste oppholdstid (holdetid) for slammet i tørken, og det er utført metodekontroll (validering) med parasittegg. Resultatene viste at parasittegg (*Ascaris suum*) ble inaktivert ved ca. 100 °C (normal temperatur i slammet i tørken) og en holdetid på 6 minutter, mens minimum holdetid ved normal drift er 11 minutter.

Det har vært store innkjøringsproblemer med de fleste norske anlegg med termisk tørking av slam. Det er derfor kun på de største rensesanleggene som satser på å lage høyverdige produkter som organisk gjødsel eller vekstjord av slammet, at metoden kan anbefales brukt. For disse anleggene er også den store volumreduksjonen viktig.

11.6 Termisk hydrolyse og anaerob stabilisering

Slam fortykkes med sentrifuger til 15-17 % tørrstoff, før det pumpes til en silo. Fra siloen pumpes slammet til pulpertanken. Denne tanken er der for å utnytte dampen som er i etterfølgende hydrolysetank og flashtank (gjennbruk av damp/energi), og temperaturen øker her til ca. 80 °C. Etter pulpertanken går slammet til selve hydrolysen. I hydrolysetanken tilsettes damp, og tørrstoffinnholdet synker til ca 13 %. Temperaturen øker til 165-170 °C og trykket øker til 7-7,5 bar. Temperaturen holdes i ca. 30 minutter. Dette dreper alle patogene organismer og organismer som kan forårsake plantesykdommer. Damp kjøres i retur fra hydrolysetanken til pulpertanken, og trykket reduseres fra 7-7,5 bar til ca 1,5 bar.

Etter hydrolysetanken kommer det som kalles flashtank. Gjenværende trykk i hydrolysetanken (1,5 bar) benyttes til å få slammet inn i flashtanken. Dette er en tank uten overtrykk hvor temperaturen er ca. 100 °C. Før slammet pumpes til utråtning, kjøles og fortynnes det, slik at temperaturen går ned til ca 40 °C før råtnetanken.

På HIAS-anlegget (Interkommunalt vann-, avløp- og renovasjonsselskap i Hedmark) ved Hamar har man bygget et anlegg for termisk hydrolyse av slammet før anaerob stabilisering og avvanning. Anlegget er levert av Cambi AS, og har vært i drift siden 1996. Den termiske hydrolysen fører til at slammet blir sterilisert. Mattilsynet har derfor gitt tillatelse til at det ferdige produktet kan benyttes fritt uten bruksrestriksjoner (bortsett fra krav til tungmetallinnhold), og HIAS betegner det ferdige produktet som ”biomasse”.

I tillegg er det et interkommunalt anlegg i Verdal (anleggseier er Ecopro AS) hvor det behandles en blanding av slam og matavfall. Det er forøvrig bygget mer enn 10 anlegg basert på Cambi-teknologien rundt om i verden de siste 10 årene. Termisk hydrolyse egner seg bra for større anlegg, dersom man ønsker et sterilt slam som kan brukes i alle sammenhenger. Det har vært lite driftsproblemer med anlegget og lite arbeid med oppfølging/kontroll. Det er viktig å ta hensyn til luktproblematikken ved bygging av nye anlegg.

11.7 Kalktilsetning til avvannet slam (Orsa-metoden)

Ved tilsetning av ulesket (brent) kalk til avvannet slam vil man i tillegg til økning i pH også få en kraftig temperaturstigning i slammet. Dette skyldes den energien som frigjøres når ulesket kalk kommer i kontakt med vann. Temperaturøkningen i slammet vil i første rekke avhenge av tilsatt kalkmengde og tørrstoffinnholdet i det avvannede slammet. I tillegg vil isoleringen av lagertanken for det kalkbehandlede slammet avgjøre hvor raskt temperaturen faller igjen under lagring. Det kan gjøres teoretiske beregninger av hvor mye temperaturen og tørrstoffinnholdet i slammet øker ved økende kalkmengder. Et slam med for eksempel 25 % tørrstoff etter avvanning trenger en kalktilsetning på ca. 550 kg CaO/tonn tørrstoff for å oppnå en temperatur på ca. 60 °C (forutsatt 15 °C i slammet før kalktilsetning). Sammen med kalkens pH-effekt (inkl. ammoniakkeffekten) vil en slik temperaturøkning gi en god hygienisering av slammet.

En del av vannet i slammet vil bindes kjemisk til kalken, og samtidig vil noe vann fordampe pga. temperaturøkningen. Dette vil, sammen med den tørrstofftilførselen som kalken representerer, medføre at man får en betydelig økning av tørrstoffinnholdet i slammet. Slam med tørrstoffinnhold på 25 % før kalktilsetning vil for eksempel oppnå ca. 50 % tørrstoff ved en kalkdosering på ca. 550 kg CaO/tonn tørrstoff.

Tidligere brukte man bare toakslende skruer som blandede enhet for slam og kalk, men nå har man også tatt i bruk tørrslampumper til dette formålet. Det siste forutsetter <30 % tørrstoffinnhold i avvannet slam. Etter kalktilsetningen må slammet lagres i en lukket, isolert beholder for å sikre at temperaturen i alt slammet holder seg over 55 °C i minst 2 timer. I

vanlige vertikale siloer for avvannet slam med regelmessig tilførsel og uttak av slam kan det være vanskelig å dokumentere reell eksponeringstid for hver slampartikkel.

En annen kalkbehandlingsmetode som er i bruk i USA og også ved ett anlegg i Norge (Veidekke Gjenvinning Vestfold), er å bruke en kombinasjon av elektrisk energi og ulesket kalk for oppvarming av slammet til 55 °C. På denne måten kan kalkdoseringen omtrent halveres, og det kan gi større fleksibilitet ved bruken av det ferdige produktet. Prosessen er utformet som en "plug flow" prosess for å ha kontroll på eksponeringstiden for alt slammet.

I henhold til det tyske slamregelverket skal pH i slammet være 12,5 rett etter kalkinnblanding, og temperaturen i slammet skal være minst 55 °C i minimum 2 timer etter kalkinnblanding. Det er ikke angitt krav til en slik metode i det amerikanske slamregelverket. I EUs forslag til nytt slamdirektiv er det satt krav om pH 12 eller mer og en temperatur på minst 55 °C i minimum 2 timer etter kalkinnblanding. Validering av metoden, basert på Norsk Vanns opplegg for testing med parasittegg, har gitt de samme krav til minimum temperatur og holdetid.

Tilsetting av ulesket kalk til avvannet slam ble først tatt i bruk ved Orsa renseanlegg i Sverige på slutten av 1960-tallet. I Norge er metoden tatt i bruk på flere mindre og noen få store renseanlegg (totalt ca 10 anlegg). Kalkbehandling av slam egner seg godt for mindre renseanlegg i områder hvor slammet kan brukes i jordbruket. Slammet egner seg ikke så bra på grøntarealer, da pH i slammet er for høyt for de fleste grøntanleggsplanter. Det er lite driftsproblemer med metoden, men det er viktig å ta hensyn til den sterke ammoniakklukta som prosessen avgir.

11.8 Rankekompostering

Rankekompostering er tatt i bruk på mange mindre og noen få store slambehandlingsanlegg i Norge. På mange mindre rankekomposteringsanlegg oppnår man ikke en temperatur i rankene på minst 55 °C i minimum 15 døgn, med minst 5 vendinger ved høy temperatur, som er minstekravet for å få et hygienisert slam i henhold til det amerikanske slamregelverket og forslaget til EUs reviderte slamdirektiv. Tyske retningslinjer krever 3 uker ved over 55 °C. Rankekompostering er her definert som en metode som skal kunne opprettholde en temperatur på over 55 °C i minst 15 døgn.

Ved rankekompostering (også kalt frilandskompostering) blandes avvannet slam og strukturmateriale (for eksempel bark, flis, oppmalt hageavfall) og legges opp i ranker. Normalt må det tilsettes 1 til 2 volumdelere strukturmateriale til 1 volumdel slam for å få tilstrekkelig lufttilførsel til massen. Jo lavere tørrstoffinnholdet i slammet er, jo mer strukturmateriale må tilsettes. Rankene kan være store eller små (3 til 6 m² tverrsnitt), og dette avhenger som regel av størrelsen på rankevenderen. Kompostering er en aerob prosess som avgir varme. Når det er nok lufttilgang i rankene, vil aerobe bakterier starte nedbrytningen av organisk stoff og utvikle varme. For å oppnå en stabil temperatur på minst 55 °C i hele kompostmassen, må rankene normalt vendes et par ganger i uken. Vendingen bør foregå med en rankevender, men på mindre plasser kan man også bruke hjullaster. Komposten bør ligge ute i ranker i minst to, helst tre måneder, for å oppnå et godt resultat. Komposten vil da ha skrumpet inn til ca. halvdel av det opprinnelige volumet. Etterpå bør komposten legges til ettermodning i hauger i tre-seks måneder. Det er da ikke nødvendig med vending av komposten. På Lindum i Drammen oppnår man en stabil kompost etter 8 uker i sommerhalvåret og 12 uker i vinterhalvåret. Det blandes da inn 2 volumdelere granbark til en volumdel avvannet slam.

Temperatur, O₂-, CO₂- og CH₄-innhold i komposten bør måles minst en gang i uken under rankekomposteringen, og resultatene bør logges i anleggets internkontrollsystem. Det bør

også måles stabilitet i ferdig kompost ved hjelp av Dewar (rottegrad), Solvita- eller SOUR-tester, samt gjøres tester med hensyn på spirehemming. Det kan være en fordel å sikte fra barken før komposten brukes, og bruke noe kompostert bark i nye kompoststranker, da ferdig kompostert bark inneholder mikroorganismer som vil være en fordel i nye ranker.

Det er blandede erfaringer med rankekompostering i Norge. Det har vist seg å være luktplager fra slike anlegg, spesielt under vending av rankene. På enkelte plasser har man måttet vente til vindretningen er "riktig" før man vender rankene, for å unngå klager fra naboer. På steder med mye nedbør som regn om vinteren (Vestlandet og Trøndelag) har man problemer med å få opp temperaturen i rankene, og her kan det være en fordel å legge tak over anlegget. Også i andre deler av landet kan det være perioder med mye nedbør, og da kan man bli nødt til å øke mengden strukturmateriale og komposteringstiden for å få et godt nok resultat, både hygienisk og når det gjelder bruksegenskaper.

Skal man oppnå et tilfredsstillende resultat, er det viktig å blande inn strukturmateriale av riktig kvalitet og i stor nok mengde til at man får god lufttilgang i komposten.

11.9 Reaktorkompostering

Reaktorkompostering er kompostering av avvannet slam og strukturmateriale i en lukket prosess hvor driftsbetingelsene kan holdes optimale, slik at ferdig kompost kan tilfredsstille gjødselvereforskriften med kortere behandlingstid enn ved rankekompostering. Første del av komposteringsprosessen foregår i en lukket beholder, eller komposteringshall med behandlingstid på vanligvis mindre enn to uker. I Norge er det flere typer komposteringsreaktorer som brukes:

- Trommel- eller bingekompostering
- "Pølse"-kompostering
- AgroNova-prosessen

Trommelreaktorene er normalt liggende ståltromler som roterer langsomt og skyver komposten gradvis gjennom trommelen. Bingereaktorene er støpte haller eller binger hvor en vendemaskin vender slammet og flytter det gradvis fra innløpsenden til utløpsenden av bingen.

"Pølse"-kompostering innebærer at slam og strukturmateriale plasseres i lange plastpølser hvor det også ligger fleksible lufterør og hvor man har et kontrollert avsug for den brukte lufta. Systemet kalles "AG BAG" og er relativt nytt i Norge (1-2 anlegg), men det finnes flere anlegg i Skandinavia og ellers i Europa. Det positive ved dette systemet er at investeringskostnadene er relativt lave, men det er fortsatt usikkert om metoden gir en tilfredsstillende inaktivisering av parasittegg, da det kan være vanskelig å få temperaturer over 55 °C i slammet som ligger ute ved veggene i pølsa.

AgroNova-prosessen er basert på en innblanding av polymerbehandlet avisepapir ("Superfibral") i avvannet slam før blandingen komposteres. Hittil har komposteringen foregått satsvis i spesialbygde containere, men prosessleverandøren (AgroNova i Moss) arbeider nå med å utvikle en kontinuerlig kompostering i trommel e.l. Det finnes så langt ett fullskala-anlegg med satsvis kompostering i Moss, og det er dokumentert at prosessen kan gi en tilfredsstillende hygienisering av slam i henhold til gjødselvereforskriften (Paulsrud et al. 2006).

Ved reaktorkompostering bør tørrstoffinnholdet i slam pluss strukturmateriale være over 30 % før det tilføres reaktoren. C/N-forholdet i slam pluss strukturmateriale bør være mellom 20 og 35, oksygeninnholdet 5 - 15 % metning og ideell temperatur er 55 – 65 °C.

Den reelle oppholdstiden i reaktoren skal etter tyske retningslinjer være minst 10 døgn ved en temperatur på minst 55 °C, og med en varmesone hvor temperaturen er minst 65 °C og oppholdstiden minst 48 timer. Etter reaktorkomposteringen må komposten ettermodnes i minst to uker med minst én vending av haugene, i henhold til tyske retningslinjer. I USA er det nok å ha 55 °C i minst 3 døgn ved reaktorkompostering for å dokumentere at hygieniseringskravene er overholdt.

Reaktorkompostering er en metode som først og fremst bør benyttes dersom slammet primært skal brukes ved anlegg av grøntområder, og der mulighetene for rankekompostering er begrensede (for eksempel på grunn av naboer nær anlegget). Erfaringene med reaktorkompostering av slam er rimelig gode, men det er viktig med riktig luktbehandlingsanlegg for avtrekksluften fra anlegget. Også etter reaktorkomposteringen lukter det av slammet, slik at ettermodning må foregå på et sted hvor ikke naboer blir sjenert av lukt fra plassen. I Norge er det i dag 5-6 anlegg for reaktorkompostering av slam.

11.10 Langtidslagring og enkel rankekompostering

Norsk Vann gjennomførte i 1999 en undersøkelse av langtidslagring og rankekompostering av slam som grunnlag for utarbeidelse av en veiledning for disse slambehandlingsmetodene. Det ble sendt ut et spørreskjema til 187 anlegg, og 53 anleggseiere svarte. Det ble avlagt besøk på 14 av anleggene for å få et bedre grunnlag for vurdering av løsningene.

Avvannet slam legges ut i hauger eller ranker. Det er mange forskjellige praktiske løsninger på anleggene, fra utlegging av slammet i hauger uten mer bearbeiding, til utlegging av slam i ranker med strukturmateriale og flere vendinger (opptil månedlig) i lagringstiden.

Langtidslagring vil si å legge slammet ut i hauger og la det ligge til det skal brukes. Nedbrytningen av organisk stoff i slammet vil stort sett foregå anaerobt, og normalt vil temperaturen i slike hauger ikke komme over 25-30 °C. Slammet bør ligge i minst et halvt år (inklusive sommermånedene) for å overholde kravet til bakterieinnhold. Det er usikkert hvor lenge slammet må ligge for å inaktivere parasittegg. Slammet vil lukte når det skal brukes, selv om det har ligget i flere år.

Enkel rankekompostering vil si å legge ut slammet i hauger eller ranker som vendes en sjelden gang (normalt 1 til 2 ganger i året, men opptil månedlig på enkelte anlegg). Noen anlegg blander også inn strukturmateriale i slammet. Det blir normalt ikke særlig stor temperaturutvikling i slammet, men etter noen år vil slammet likevel bli luktsvakt og få jordkonsistens. Det er sannsynlig at en slik enkel rankekompostering vil kunne inaktivere parasittegg raskere enn vanlig langtidslagring.

Erfaringene fra undersøkelsen i 1999 (Norsk Vann) er at kravene til bakterieinnhold i slammet overholdes etter at slammet har ligget over sommeren (i ca. 6 måneder). Kravet til parasittegg er det derimot vanskeligere å overholde. Slam fra 11 av anleggene ble analysert for egg fra parasittene *Ascaris* og *Toxocara*. *Ascaris* er innvollsorm hos gris og mennesker, mens *Toxocara* er innvollsorm hos rev, hund og katt men har også betydning for human helse. Det ble funnet levende *Toxocara*-egg i 3 år gammelt langtidslagret slam, og mulig levende *Toxocara*-egg i 6 år gammelt langtidslagret slam.

Langtidslagring og rankekompostering av slam er metoder som egner seg i spredt bebygde områder der man har lagringsplasser som ligger langt fra naboer. Metoden medfører luktulemp, og det er derfor svært viktig å ta hensyn til dette i lokaliseringen av behandlingsstedet. Det er ikke avklart hvor lenge slam må langtidslagres eller rankekomposteres (når ikke temperaturen har vært over 55 °C i to uker med flere vendinger) for å være sikker på at parasittegg er uskadeliggjort. Termotolerante koliforme og *Salmonella*-bakterier forsvinner imidlertid i løpet av noen måneder.

11.11 Organisk avfall behandla i biogassanlegg

Sahlström (2003) har drøftet overlevelse av patogene bakterier i avfall som er behandlet i biogassanlegg. Slikt avfall kan inneholde patogene bakterier som *Salmonella*, *Listeria*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Mycobacteria*, *Clostridia* og *Yersinia*. Overlevelse av organismene er avhengig av faktorer som temperatur, behandlingstid, pH, flyktige fettsyrer (VFA) og behandlingsmetode (porsjonsbehandling, kontinuerlig).

Temperatur er den viktigste faktoren. Anaerob omsetning kan enten utføres mesofilt (30-38 °C) eller termofilt (50-55 °C). Tiden som er nødvendig for å oppnå en reduksjon på 90 % av "viable counts" blir kallet "the decimation reduction time", T90.

Pasteurisering kan brukes for å redusere innholdet av patogene organismer. For eksempel vil ikke *Salmonella* overleve etter mer enn 5 minutter ved 70 °C. Pasteurisering kan enten gjøres før eller etter biogassbehandling. I praksis vil pasteurisering i etterkant være mest lønnsomt.

Innhold av flyktige fettsyrer (VFA) og pH vil påvirke overlevelse av bakterier. Giftigheten av VFA var mye høyere ved pH 4 enn ved pH 5 og høyere.