



Risikovurdering av helsefare ved spredning av gylle

**Uttalelse fra Faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen
for mattrygghet**

August 2009

ISBN: 978-82-8082-340-3

VKM Report 2009: 29

Innholdsfortegnelse

Definisjoner/forkortelser	5
1. Sammendrag	7
1 Summary	9
2 Bakgrunn	10
2.1 Regelverk	10
2.2 Arbeidsmiljø	11
3 Mandat	11
4 Forutsetninger	11
4.1 Gylle (mengder, lagring, spredningsmetoder)	12
4.2 Meteorologiske forhold i Norge mhp gylling	14
4.3 Yrkeshygieniske aspekter	18
5 Fareidentifisering og karakterisering	20
5.1 Mikroorganismer i gylle (bakterier, virus, parasitter, sopp,)	20
5.2 Overlevelse av ulike sykdomsframkallende mikroorganismer under lagring av gjødsel og i miljøet	22
5.3 Spredning av mikroorganismer	23
5.4 Antimikrobiell resistens, inkludert ulike antimikrobielle midler	24
5.5 Dose-respons for mennesker/dyr for ulike patogene mikroorganismer	25
5.6 Jordbruksprodukter	26
6 Eksponeringsvurdering	26
7 Kunnskapsmangler	29
8 Risikokarakterisering	30
8.1 Svar på spørsmål fra Mattilsynet	30
9 Konklusjon	31
Appendiks I	33
Appendix 2	35
Referanser	36

Risikovurdering av helsefare ved spredning av gylle

Jørgen Lassen (leder)
Ivar Dugstad
Wijnand Eduard
Gro Johannessen
Lars Nesheim

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*-gruppe 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

Leder

Jørgen Lassen, Faggruppe for hygiene og smittestoffer

Eksterne eksperter

Ivar Dugstad, Meteorolog, pensjonist

Wijnand Eduard, Forsknings sjef, Statens arbeidsmiljøinstitutt

Gro S. Johannessen, Forsker, Veterinærinstituttet

Lars Nesheim, Forsker, Bioforsk

Vurdert av

Rapporten fra *ad hoc*-gruppen er vurdert og godkjent av:

Faggruppe for hygiene og smittestoffer

Espen Rimstad (leder), Bjørn-Tore Lunestad, E. Arne Høiby, Georg Kapperud, Jørgen Lassen, Karin Nygård (permisjon 2009), Lucy Robertson, Truls Nesbakken, Ørjan Olsvik, Michael Tranulis, Morten Tryland.

Koordinatorer fra sekretariatet: Siamak Yazdankhah og Danica Grahek-Ogden

Definisjoner/forkortelser

Administrative normer	Administrative normer angir den maksimale konsentrasjonen for forurensninger i arbeidsatmosfæren som en arbeidstaker kan bli utsatt for (eksponering), og oppgis vanligvis som gjennomsnittsverdien for et arbeidsskift på 8 timer
Alveole:	lungeblære. Her skjer utvekslingen av karbondioksyd og oksygen mellom innåndingsluft og blod
Beite	Grasmark på fulldyrka eller overflatedyrka jord som blir høsta ved beiting
Breispreder	Metode for spredning av husdyrgjødsel. Breisprederen kan monteres på vogn, eller på traktor med slepeslange. Lavt trykk, spredebredde 8-10 meter
DGI-metoden	Metode for gjødselspredning, der gjødsla blir skutt ned i bakken med høgt trykk (Direct Ground Injection)
EHEC	”Enterohemorragisk <i>E. coli</i> ”; - den humanpatogene gruppen av verotoksinproduserende <i>E. coli</i> (VTEC)
Endotoksiner	Giftstoffer som finnes i celleveggen til Gram-negative bakterier og som frigjøres når bakterien dør
Eng	Grasmark på fulldyrka eller overflatedyrka jord som blir høsta ved slått
EU	Måleenhet for endotoksiner (=endotoxin units). EU er et relativt mål for den toksiske aktiviteten sammenlignet med et standard endotoksin fremstilt av <i>E. coli</i>
Gjødseldyrenhet	En melkeku produserer årlig en gjødselmengde tilsvarende en gjødseldyrenhet
Gylle	Vannblanda husdyrgjødsel der blandingsforholdet er minst 1:1 mellom gjødsel og vann. I praksis blir begrepet også brukt om gjødsel med mindre tilsetning av vann
Halm	Restprodukt fra kornproduksjon, plantemateriale som blir igjen etter tresking. Blir i en viss grad brukt som strø i husdyrproduksjon
Inhalerbar fraksjon	Andel av luftbårne partikler som inhaleres gjennom nese og munn
Nedfelling	Metoder for spredning av husdyrgjødsel der gjødsla blir lagt ned i bakken, enten mekanisk (ved hjelp av slepesko, skiver o.l.) eller ved hjelp av høyt trykk
Referanseverdi	Generell betegnelse for sammenligningskriterier, for eksempel administrative normer fastsatt av Arbeidstilsynet i Norge, grenseverdier fra andre land, og eksponeringsverdier anbefalt som en øvre grense for unngåelse av helseeffekter i vitenskapelige og oversiktsartikler
Respirabel fraksjon	Andel av luftbårne partikler som passerer de øvre og nedre luftveiene og kan nå alveolene
Stripespreder	Metode for spredning av husdyrgjødsel. Legger gjødsla i striper (5-8 cm brede) på bakken, med 20-40 cm radavstand. Stripesprederen kan monteres på vogn, eller på traktor med slepeslange
Stubb	Høsta kornåker som ikke er pløyd
Takverdi	En administrativ norm med takverdi angir maksimalkonsentrasjonen som ikke skal overskrides på noe tidspunkt i løpet av et skift. Takverdier fastsettes for stoffer som virker raskt slik at en norm basert på gjennomsnittsverdien for et arbeidsskift på 8 timer ikke gir tilstrekkelig beskyttelse

Talle	Blanding av husdyrgjødsel og halm/høy. Oppstår i stakker/båser fordi gjødsla ikke blir fjernet. Relativt tørr gjødsel
Torakal fraksjon	Andel av luftbårne partikler som passerer nesen og strupehodet og penetrerer til de nedre luftveiene
VTEC	Verotoksinproduserende <i>E. coli</i> .

1. Sammendrag

I brev av 10.02.2009 til VKM ba Mattilsynet om en vurdering av helsefaren ved spredning av gylle under norske forhold med særlig vekt på mulig spredning av *Salmonella*, *Cryptosporidium*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* og *Yersinia enterocolitica*, enten direkte til mennesker eller indirekte ved spredning via vann, planter og husdyr.

Bakgrunnen for henvendelsen er at Danmark fra 2001, på grunnlag av en risikovurdering hvor *Salmonella* og *Cryptosporidium* ble brukt som modeller, har innført forbud mot spredning av fortynnet gylle med vanningskanoner med begrunnelsen at metoden er ”forbundet med sunnheitsmessige risikoer for folk som oppholder seg i, eller ferdes i nærheten av, områdene som gjødsles”.

Det anslås at det i Norge årlig produseres 6,8 millioner tonn storfegjødsel og 3,7 millioner tonn grisegjødsel. Om lag halvparten av jordbruksarealet ved enheter med husdyr gjødsles minst én gang årlig, 75 % av gjødsla spres som ”bløtgjødsel” (gylle) på eng og beite, ca. 2/3 spres om våren.

Mikrobene som befinner seg i gylle vil stort sett stamme fra dyrenes tarmflora. De vil derfor kunne være tarmpatogene, men vanligvis ikke luftveispatogene. Et mulig unntak kan likevel være *Legionella* - dersom de finnes i gylle. Men det er foreløpig ukjent. Av aktuelle zoonotiske agens er forekomsten av *Salmonella* svært lav i norske husdyrbesetninger. *Campylobacter* og verotoksinproduserende *E. coli* (VTEC) forekommer derimot sannsynligvis regelmessig i norske storfebesetninger. Hva angår serotypene av EHEC (den humanpatogene gruppen av VTEC) som oftest er assosiert med sykdom hos menneske (O26, O103, O111, O145 og O157), er forekomsten hos dyr lav. Man kan allikevel aldri utelukke at humanpatogene EHEC-stammer er tilstede i avføring fra drøvtyggere. Gris er hovedreservoar for *Yersinia enterocolitica*. Også parasittene *Cryptosporidium* og *Giardia* forekommer regelmessig både i storfe- og grisebesetninger i Norge. Man må derfor anta at gylle her i landet, basert på storfe- og griseavføring, kan være en potensiell spredde av EHEC, *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica* og begge de nevnte parasittene, mens spredning av *Salmonella* er mindre sannsynlig.

Eksponeeringspotensialet for gylle er særlig knyttet til følgende faktorer (som eventuelle risikoreducerende tiltak må ta utgangspunkt i):

- *Spredningsmetode*: Det finnes i prinsippet to metoder for spredning av husdyrgjødsel på grasmark;
 - gjødselen legges på overflaten (med stripespredere) eller felles ned i jorden (nedfellere) hvor eksponering mot luft, og følgelig spredningsfaren, er svært liten, eller
 - sprøytes under trykk gjennom luft utover jorden (under lavt trykk med ”breispredere” og under høyt trykk med ”vannkanoner”). Her er eksponeringen mot luft betydelig og spredningen langt mindre kontrollert.
- *Meteorologiske forhold som relativ fuktighet, temperatur, vind og turbulens*. Potensialet for aerosoldannelse er minst ved høy fuktighet (aller minst i regnvær) og ved lave temperaturer, og størst i tørt, varmt vær. Ved svak vind og turbulens vil aerosolene ikke spres særlig langt, men vil kunne kontaminere områder innen en omkrets av et par hundre meter i konsentrasjoner som ikke ligger langt fra det man har i kildeområdet. (Bosetningsforholdene i Norge er slik at mennesker ofte oppholder seg nærmere enn 200 meter fra kildeområdet). Sterkere vind og større turbulens vil føre til en raskere uttytning, men også til større muligheter for at vanddråpene fordamper og dermed danner små restkjerner som kan spres over lengre avstander.

- *Spredningstidspunkter* Risikoen for *indirekte smitte via kontaminerte jordbruksprodukter* øker hvis spredningen foregår nær opp til innhøstningsperioden. Risikoen for *smitte av dyr* er størst dersom dyrene slippes på beite mer eller mindre umiddelbart etter gylling. Slik risiko kan reduseres eller elimineres ved bruk av ”karanteneperioder” etter gylling (f.eks. 1 måned).

Smitte ved gyllespredning kan skje

- *Direkte* med (i) store dråper som faller ned i kildeområdet og rammer dem som oppholder seg der (først og fremst bonden selv), eller med (ii) ”kjernedråper” i form av aerosoler som kan spres over større områder og som deponeres i luftveiene eller svelges.
Dosen av mikroorganismer som en bonde eksponeres for ved spredning av gylle via luft er beregnet til å kunne være $10^5 - 10^6$ mikrober per arbeidsdag. Av disse mikrobenes vil igjen bare en liten brøkdel være potensielt patogene. En eventuell smittedose vil derfor som regel være liten og gylle vil som mulig smittekilde sannsynligvis være begrenset til infeksjoner hvor den nødvendige smittedosen er liten, dvs. til såkalte ”lavdoseinfeksjoner” som EHEC- eller *Campylobacter*-infeksjoner, eller som rammer spesielt infeksjonsutsatte personer (småbarn, eldre, immunkompromitterte).
- *Indirekte* smitte kan skje ved at vann eller jordbruksprodukter i nærheten av kildeområdet blir kontaminert. Til frukt, bær og grønnsaker blir det ikke spredd husdyrgjødsel etter såing eller planting. Dette er derfor antakelig ingen stor kilde til forurensing av frukt og grønnsaker, men der gylle blir spredt med ”kanoner” under ugunstige forhold kan f. eks. salat og bær i det nære nabolag bli tilfeldig forurenset. Overlevelsessevnen for mikrobenes ved en slik forurensing vil være avhengig av ulike miljø- og produktfaktorer, men typisk humanpatogene bakterier vil vanligvis i betydelig grad bli destruert i løpet av få timer og dager. En liten ”persisterrate” av mikrobenes vil imidlertid ofte være mer robuste og vil kunne overleve over en lengre periode (uker). Indirekte smitte kan også skje ved at primært kontaminerte produkter senere krysskontaminerer andre, og for mikrobenes mer optimale, produkter, f. eks. på kjøkkenet.

Det er ikke kjent at spredning av gylle skal ha vært årsak til infeksjonsutbrudd i Norge. Større utbrudd med dette som smittekilde er derfor også av denne grunn lite sannsynlig. Det er videre heller ikke kjent om sporadiske enkelttilfeller kan ha hatt gylle som smittekilde, men i slike tilfeller blir smitekilden praktisk talt aldri påvist. En slik mulig sammenheng kan ikke utelukkes.

1 Summary

The Norwegian Food Safety Authority (NSFA) asked the Norwegian Food Safety Committee to undertake a risk assessment concerning a health risk from the spreading of slurry under Norwegian conditions, with special focus on potential transfer of *Salmonella*, *Cryptosporidium*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* and *Yersinia enterocolitica* to humans, either directly or indirectly via ingestion of water, plants or animals.

Microorganisms present naturally in slurry originate mainly from farm animal's intestinal flora, hence are intestinal pathogens rather than respiratory pathogens. Of these potential pathogens, *Salmonella* seldom occurs in Norwegian farm animals. *Campylobacter* and verotoxin producing *E. coli* (VTEC) are generally found routinely in farm animals but the occurrence of EHEC (the humanpathogenic group of VTEC) commonly found in human infections (e.g. O26, O103, O111, O145 and O157) is very low. However, the presence of EHEC in animal faeces cannot be excluded. Pigs are the main reservoir for *Yersinia enterocolitica* and the parasites *Cryptosporidium* and *Giardia* are also found routinely in farm animals. It can therefore be assumed that slurry from cattle and pigs can potentially spread EHEC, *Campylobacter*, *Yersinia* and both parasites while the transfer of *Salmonella* is less likely.

Exposure to slurry is depending on the following factors that risk reducing measures must to take into account:

- *Method of spreading*: generally there are two methods used to spread slurry onto pasture;
 - *Trailing hose* - the spreader boom has hoses connected to it which distribute slurry close to the ground in strips or bands or *Injector* - slurry is injected into the soil. In both cases exposure to the air and consequently the risk of spreading the contamination very low
 - *Broadcast spreader* - slurry is forced under pressure through a nozzle, often onto an inclined plate (splash plate) to increase the lateral spread. Exposure to the air is great and spreading of slurry less controlled.
- *Meteorological conditions* e.g. relative humidity, temperature, and air velocity and turbulence. Potential for aerosol formation is lowest in conditions of high humidity and low temperature and highest in dry, warm weather. At low wind speed aerosols would not be spread widely but can contaminate the immediate surrounding area to almost the same level as in the source of contamination. Strong winds and turbulence would increase dispersion but also the evaporation rate of droplets that are reduced to small residual nuclei that can be spread over longer distances.
- *Timing of spreading*: the risk for indirect infection via the contaminated produce is increasing if spreading occurs close to harvest.

Infection due to spreading of slurry can occur:

- *Directly* by (i) large aerosol particles falling in the source area affecting humans nearby (primarily the farmer spreading slurry) or (ii) by small residual nuclei of aerosols spread widely and subsequently inhaled or ingested
- *Indirectly* by contaminating water or produce close to source area.

There are no known outbreaks of infections caused by slurry spreading in Norway, and significant sized outbreaks appear unlikely. However, the role of slurry in the epidemiology of sporadic infections is unknown and an association cannot be excluded.

2 Bakgrunn

I Danmark er det fra 1. august 2001 innført forbud mot spredning av gylle med vanningskanoner fordi metoden anses for kunne være forbundet med helsemessige risikoer for folk som oppholder seg i, eller ferdes i nærheten av, områdene hvor det gjødsles. Forbudet er et resultat av en risikovurdering gjort av representanter fra flere instanser i Danmark; Miljøstyrelsen, Fødevarerdirektoratet, Sundhetsstyrelsen, Skov- og naturstyrelsen samt Statens Veterinære Serumlaboratorium. Man har vurdert risiko for luftbåren overførsel av sykdomsfremkallende bakterier, virus og protozoer ved både luftveis- og peroral smitte, spredning av antibiotikaresistente organismer til miljøet, samt spredning av kjemiske stoffer som medisinerester, hormoner, mercaptaner, ammoniakk, metan, desinfeksjonsmidler m.m. i områdene hvor slik spredning gjøres. Rapporten konkluderer med at det foreligger risiko for spredning av aktuelle patogener.

Helse- og omsorgsdepartementet har på denne bakgrunnen bedt Folkehelseinstituttet (FHI) om en vurdering av den helsemessige risikoen ved denne gjødslingsmetoden. FHI skriver i sitt svar at forholdene i det norske landbruket ikke uten videre er sammenlignbare med forholdene i Danmark (06/584-7/SMAO/LIVO, 27.06.2007). For eksempel er utbredelsen av *Salmonella*, som er en av modellene for smittespredning i den danske rapporten, et mindre problem i husdyrnæringen i Norge enn i Danmark. For den andre modellorganismen brukt i rapporten, *Cryptosporidium*, er mye uvisst omkring smittepresset i den norske befolkningen (Nygard *et al.*, 2003). Den påvises her svært sjelden, men undersøkelser mhp parasitten foretas i svært liten grad. Antall påviste tilfeller er derfor med sikkerhet langt lavere enn det reelle antallet. Undersøkelser gjort av Norges veterinærhøgskole (Hammes *et al.*, 2006) indikerer at parasitten er langt vanligere i husdyrnæringa enn man har trodd. Andre patogener, som *Campylobacter*, forekommer regelmessig i den norske husdyrbeholdningen. En rekke andre, som verotoksinproduserende *Escherichia coli* (VTEC) og *Yersinia enterocolitica*, er aktuelle å vurdere ved spredning av gylle i Norge.

FHI anfører i sitt skriv at de så langt ikke er kjent med utbrudd av sykdom knyttet til bruk av denne metoden for spredning av gjødsel. Det er imidlertid kjent at sprut av vann med patogener som *Campylobacter* har vært tilstrekkelig til å gi utbrudd av sykdom, jamfør campylobakterioseutbruddene i 1997 og 1999 hvor smitte ble knyttet til sprut av vann fra sykkeldekk (Kapperud *et al.*, 2000). Videre anføres at FHI ikke har kjennskap til at man i Norge skal ha sett *utbrudd* som skyldes smittespredning pga aerosoldannelse annet enn for *Legionella*. Det er imidlertid ikke mulig å utelukke at spredning av gylle kan ha forårsaket sporadiske infeksjoner med aktuelle patogener. FHI anbefaler at det gjøres en mer omfattende vurdering av metoden under norske forhold.

Mattilsynet har på ovennevnte bakgrunn bedt Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) om en risikovurdering (2007/66347, 10.02.2009). På grunnlag av denne henvendelsen ble en ad hoc-arbeidsgruppe nedsatt for å gjennomføre oppdraget. Vurderingen er utført av faggruppe for hygiene og smittestoffer ved VKM.

2.1 Regelverk

Lagring og bruk av husdyrgjødsel er regulert av FOR 2003 07 04 nr 951: Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (Landbruks- og Matdepartementet 2003). I kapittel 6 er det satt krav til at kapasiteten til husdyrgjødsellager skal være minimum 8 måneders produksjon. Det innebærer at det skal være mulig å spre all husdyrgjødsel i vekstsesongen. Men i områder med kort vekstsesong og eventuelt vanskelige værforhold for spredning av husdyrgjødsel, kan det være behov for lager med større kapasitet.

Krav til bruk av husdyrgjødsel er omtalt i kapittel 7 i forskriften. Husdyrgjødsel kan bare spres på godkjent spredeareal. En må ha minimum 4 dekar tilgjengelig spredeareal (fulldyrka

jord) per **gjødseldyrenhet** (1 melkeku = 1 GDE). Spredning av gjødselvarer av organisk opphav er kun tillatt i perioden 15. februar til 1. november. Det er ikke tillatt å spre gjødsel på snødekket eller frossen mark. Spredning uten nedmolding/nedfelling skal gjøres senest innen 1. september. Landbruksforvaltningen i kommunene kan tillate en senere frist for spredning uten nedmolding/nedfelling, men ikke senere enn 1. oktober. Husdyrgjødsel spredd på åpen åker skal moldes ned straks og senest innen 18 timer.

Det er ikke krav i forskriften om at gjødsla skal lagres en viss tid før spredning. Men det blir *anbefalt at bløtgjødsel bør lagres minst en måned om sommeren og minst to måneder under vinterforhold før spredning på grasareal* (Tveitnes *et al.*, 1993). Det blir også anbefalt at en ikke bør slippe dyr på beitet den første måneden etter spredning av husdyrgjødsel.

Under spesielle krav til bruk av husdyrgjødsel står det følgende: ”Ved spredning i nærheten av boliger skal det tas rimelig hensyn til luktulempere og ulemper som følge av partikkelspredning”. Det er landbruksforvaltningen i kommunene som avgjør hva som er rimelig hensyn.

EUs Vanddirektiv gir minimumsrammer for en helhetlig vannforvaltning i EU. Formålet er å beskytte – og om nødvendig forbedre – vanntilstanden i alle elver, innsjøer, grunnvann og kystnære områder. Forurensing skal fjernes, og andre tiltak skal settes inn der det trengs for å styrke miljøtilstanden gjennom målrettede planer. Gjennom EØS-samarbeidet har Norge forpliktelser til å følge opp dette direktivets målsetninger. Direktivet er tatt inn i norsk rett gjennom en egen forskrift om vannforvaltning (FOR 2006-12-15 nr 1446: Forskrift om rammer for vannforvaltningen).

2.2 Arbeidsmiljø

Arbeidsmiljøloven som ble vedtatt i 1967 gjelder for alle arbeidstakere i Norge (AID 2008). Arbeidstilsynet har i tillegg utarbeidet en forskrift for anvendelse av loven innen virksomheter i jordbruk og skogbruk som ikke sysselsetter arbeidstakere (AT 2002a). Arbeidstilsynet utarbeider også forskrifter, veiledninger og brosjyrer for ulike bransjer og problemområder. Veiledningen om administrative normer angir den maksimale konsentrasjonen for forurensninger i arbeidsatmosfæren som en arbeidstaker kan bli utsatt (eksponert) for, og er sentral for vurdering av eksponeringsrisiko (AT 2007). Administrative normer oppgis vanligvis som gjennomsnittsverdien for et arbeidsskift på 8 timer, men for stoffer som virker raskt kan såkalte takverdier fastsettes. En takverdi er maksimalkonsentrasjonen som ikke skal overskrides på noe tidspunkt i løpet av et skift. Det er ikke fastsatt normer for mikroorganismer i arbeidsmiljø, verken i Norge eller i andre land. Forskriften om biologiske agens deler infeksiose organismer inn i fareklassene 1-4 (avhengig av mikrobens patogenitet, hvor lett den spres og eventuelle behandlingsmuligheter) med tilhørende krav til inneslutningstiltak (AT 2002b). Disse fareklassene er mest relevant for arbeid ved mikrobiologiske laboratorier og i bioteknologiske bedrifter.

3 Mandat

- Foreligger risiko for infeksjon ved spredning av gylle?
- Direkte (aerosol) til mennesker
 - Indirekte (spredning) til planter og husdyr

4 Forutsetninger

4.1 Gylle (mengder, lagring, spredningsmetoder)

4.1.1 Definisjon av gylle

Gylle er i Norge definert som vannblanda gjødsel der blandingsforholdet er minst 1:1 mellom gjødsel og vann (Tveitnes *et al.*, 1993). I praksis blir begrepet også brukt om gjødsel med mindre tilsetning av vann. I Danmark blir gylle brukt som betegnelse på alle typer bløtgjødsel.

4.1.2 Mengde husdyrgjødsel, lagring, vanntilsetning og bruk

I Tabell 5 (Appendiks I) er det vist mengde husdyrgjødsel fra ulike dyreslag i de ulike fylker. Det er gjødsel fra storfe og gris som er mest aktuell å spre med utstyr som krever en flytende konsistens. Tallene er framkommet på grunnlag av antall dyr i 2008 (Statistisk sentralbyrå 2008) og gjennomsnittlig mengde gjødsel per dyr (Morken, pers. opplysning). Det må presiseres at beregningene er usikre. Tabellen viser at det er Rogaland, Oppland og Nord-Trøndelag som har størst mengde storfegjødsel, mens Rogaland og Nord-Trøndelag skiller seg klart ut med hensyn til størst mengde gjødsel fra gris. Dersom en forutsetter at ett tonn gjødsel er lik en m³, vil mengdene i tabellen tilsvare 6,8 millioner m³ gjødsel fra storfe og 3,7 millioner m³ gjødsel fra gris.

Statistisk sentralbyrå gjennomførte i 2000 en utvalgsundersøkelse for å kartlegge praksis rundt lagring og bruk av husdyrgjødsel. Utvalg, metoder og resultat er omtalt av (Gundersen & Rognstad 2001). Formålet med undersøkelsen var å gi myndighetene et bedre grunnlag for å vurdere tiltak som kan redusere ammoniakkutslippet fra jordbruket. Det ble beregnet at av total mengde husdyrgjødsel kom 64 % fra enheter med storfe. Svinehold sto for 12 % av husdyrgjødsel. Om lag 75 % av gjødsel ble lagret som bløtgjødsel, i gjødselkjeller (67 %) eller i kum med og uten tak (8 %). Totalt ble det spredd husdyrgjødsel minst én gang på 3,65 millioner dekar jordbruksareal, noe som tilsvarer 47 % av jordbruksarealet i drift på enheter med husdyr. I Rogaland og i Trøndelag var tilsvarende andel nær 60 %. På eng og beite ble det i 2000 spredd i alt 10,9 millioner m³ gjødsel. Det ble spredd husdyrgjødsel minst én gang på 2,56 millioner dekar eng og beite, av dette ble 2,23 millioner dekar gjødsel om våren, 1,65 millioner dekar om sommeren og 0,26 millioner dekar om høsten. I gjennomsnitt ble det spredd 2,8 m³ gjødsel per dekar om våren og om lag 2,4 m³ ved senere tidspunkt. Det ble tilsatt vann til om lag 75 % av husdyrgjødsel som ble spredd på eng og beite. Driftsenheter med storfe som viktigste husdyrslag tilsatte vann til 79 % av gjødsel. Tilsvarende tall for andre husdyrslag var: svin 67 %, sau og geit 65 %, fjørfe 71 % og hest og pelsdyr 49 %. Det var 19 800 driftsenheter som tilsatte vann til gjødsel. Av disse var det ca 75 % som tilsatte mindre enn 1 del vann til 1 del gjødsel.

I utvalgsundersøkelsen kom det fram at det ble spredd husdyrgjødsel minst én gang på i alt 1,19 millioner dekar åpen åker. To tredjedeler av gjødsel på åpen åker ble spredd om våren, med en middels tilføring på 3,6 m³ gjødsel per dekar. I alt 60 % av gjødsel ble moldet ned fra 4 til 12 timer etter spredning. I undersøkelsen er det ikke nevnt spredning av husdyrgjødsel til hagebruksvekster som frukt, bær og grønnsaker. Om det blir brukt husdyrgjødsel til slike vekster, vil det mest trolig være før såing eller planting. Ved spredning av husdyrgjødsel på eng etter første slått (juni/juli) kan det være en fare for avdrift til hagebruksvekster som skal høstes innen kort tid.

4.1.3 Omtale av spredemetoder for husdyrgjødsel som er vanlige i Norge

1. *Gjødselvogn for spredning av fast gjødsel*. Spesialspreder for fast gjødsel. Brukes mest til fast saue- og fjørfe gjødsel og talle (blanding av gjødsel og halm/høy) fra ulike dyreslag. Det blir ikke brukt trykk, mekanisk spredning.

2. *Breispreder (bladspreder eller fanespreder) for spredning av bløtgjødsel, med og uten vogn.* (Appendiks 2 Bilde 1) Metode for spredning av bløtgjødsel, med og uten vanntilsetning. Breisprederen kan monteres på vogn, eller på traktor med slepeslange. Lavt trykk, spredebredde 8-10 meter. Hvor høyt gjødsla blir kasta opp i luften kan være forskjellig fra vogntype til vogntype. Betydelig eksponering av gjødsla i luft.
3. *Stripespreder, med og uten vogn.* (Appendiks 2 Bilde 2 og Bilde 3) Legger gjødsla i striper (5-8 cm brede) på bakken, med 20-40 cm radavstand. Stripesprederen kan monteres på vogn, eller på traktor med slepeslange. Kan brukes til bløtgjødsel, fordel med vanninnblanding. Lavt trykk. Liten eksponering mot luft ved spredningen, men gjødsla blir liggende i striper på overflata.
4. *Nedfeller.* (Appendiks 2 Bilde 4) Gjødsla blir plassert ned i bakken, ved hjelp av ulike metoder. I Norge er det et visst omfang av den såkalte DGI-metoden (Direct Ground Injection), der gjødsla blir skutt ned i bakken med høgt trykk. Ikke nødvendig med vanninnblanding, men en fordel. Ingen eller liten eksponering mot luft, men noe gjødsla og jord blir liggende på overflata.
5. *Tankvogn med kanon.* (Appendiks 2 Bilde 5 og Bilde 6) Gjødsla blir kastet opp til 60 meter ut fra sprederen ved hjelp av høgt trykk (> 5 bar). Blir også kalt jetvogn. Stor eksponering mot luft. Potensiell risiko for danning av aerosol, partikkelspredning. De fleste jetvogner har også bladspreder.
6. *Vanningsvogn med kanon.* Metode som mest er aktuell i tørre distrikt, der en har behov for vatningsanlegg. Betingelser innblanding av mye vann. Krever høgt trykk (> 5 bar), gir potensiell risiko for danning av aerosol, partikkelspredning.

4.1.4 Bruk av ulike spredemetoder i Norge

Utvalgsundersøkelsen fra 2000 (Gundersen & Rognstad 2001) viste at det ble brukt breispreder eller kanonspreder på 93 % av eng- og beitearealet som ble tilført husdyrgjødsel. På resten av arealet ble gjødsla tilført med stripespreder eller nedfeller. Det finnes ingen opplysninger om fordelingen mellom breispreder og kanonspreder, og mellom stripespreder og nedfeller. I åpen åker ble 95 % av arealet gjødsla med breispreder.

Etter år 2000 finnes det ingen statistikk for hvor mye brukt de ulike spredemetodene er i ulike deler av landet. Men det er liten tvil om at stripespredning og nedfelling er mer vanlig nå enn i 2000. Moi AS, som produserer DGI-nedfelleren, opplyser at det er levert ca 150 enheter i Norge, mest til større gårdsbruk og etter hvert også til maskinentreprenører. De har solgt DGI-utstyr i hele Sør-Norge, men trolig flest enheter i Rogaland. Moi AS anslår at DGI-metoden blir brukt på ca 50 000 dekar. Dersom en forutsetter at DGI-metoden kun blir brukt på eng, tilsvarer 50 000 dekar 1 % av spredearealet på fulldyrka eng. Det er flere leverandører som selger stripespredere, og det er derfor vanskelig å få gode tall på hvor mange enheter som er solgt de siste årene. En leverandør anslår at 300-400 stripespredere er i bruk i Norge.

Samtaler med rådgivere i Norsk Landbruksrådgivning og med maskinleverandører tyder på at vogn med breispreder fremdeles er den dominerende metoden i alle landsdeler. I Nord-Norge finnes nesten ikke annet spredeutstyr, men det er stor interesse både for stripespredning og nedfelling. Stripespredning er trolig den metoden som har størst økning i hele landet. Vanningsvogn med kanon er litt brukt i tørre innlandsstrøk på Østlandet, men trolig i mindre grad enn tidligere. Tankvogn med kanon er særlig mye brukt i enkelte distrikt på Vestlandet med mye overflatedyrka jord, der det er vanskelig å komme til med traktor og breispreder. Men fordi vognene med kanon også stort sett har breispreder, er det vanskelig å vite hvordan de blir brukt. Rådgivere i Sogn og Fjordane har inntrykk av at bruk av kanonspreder er mindre vanlig nå enn tidligere.

4.1.5 Spredemetoder i andre land

I Danmark ble det i år 2000 anslått at 75 % av husdyrgjødsel ble spredd ved hjelp av stripespreder montert på tankvogn, ca 15 % med breispreder og ca 10 % ble felt ned i jorda (Miljøstyrelsen 2001). Det er nå innført forbud mot bruk av breispreder i Danmark. Det er også forbud mot spredning av husdyrgjødsel med vanningsvogn. I Sverige var det for noen år siden en ordning der en kunne søke om økonomisk støtte til kjøp av godkjente miljøvennlige spredesystem for husdyrgjødsel. Ordningen er nå avsluttet. I Skåne er det innført forbud mot bruk av breispreder. De vanligste spredemetodene i Sverige er også stripespredning og nedfelling. Det er ingen direktiv i EU som direkte regulerer spredning av husdyrgjødsel, med unntak av "Vanndirektivet" som kan gi restriksjoner i bruk av husdyrgjødsel nær vannveier og i spesielt utsatte områder for forurensing av grunnvann. Det betyr at EU-landene kan lage sine egne forskrifter om lagring og bruk av husdyrgjødsel. For eksempel er det i Nederland krav om at all gjødsel som blir spredd på eng må felles ned.

4.1.6 Anbefalt bruk av husdyrgjødsel

I Kvalitetssystem for landbruket (KSL/Matmerk) er det ikke satt opp konkrete krav eller anbefalinger om spredning og bruk av husdyrgjødsel. Det er krav om gjødslingsplan/miljøplan, og i den planen er målet å få en best mulig utnyttelse av næringsstoffene i husdyrgjødsel.

Næringsstoffene i husdyrgjødsel blir best utnyttet ved å spre små mengder per arealenhet i vekstsesongen, og virkningen er stort sett bedre ved spredning i åker enn på eng. Det skyldes i stor grad at fordampingen av ammoniakk blir mindre når gjødsel blir molda ned i åker. Værforholdene under og etter spredning kan ha stor innvirkning på utnyttelse og tap av næringsstoff. Ved å spre gjødsel i kjølig vær med lett duskregn, og med utstyr som kan brukes under slike forhold, vil risikoen for tap være langt mindre enn ved spredning i varmt vær med vind.

I forskrift om tilskudd til miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel (Landbruks- og Matdepartementet 2008) er det lagt opp til en ordning med tilskudd i tre utvalgte distrikt i fylkene Buskerud, Hedmark og Rogaland til brukere som sprer gjødsel på miljøvennlige måter som reduserer utslipp til luft, forurensing av vann og gir minst mulig luktulempet. Spredningen skal foregå slik at mest mulig av næringsstoffene i gjødsel gjøres tilgjengelig for plantevekst. Det kan gis tilskudd til spredning av husdyrgjødsel, under følgende forutsetninger:

- i voksende kultur, åpen åker og i stubb (høsta kornåker som ikke er pløyd) der gjødsel enten blir ført direkte ned i bakken, mekanisk eller ved hjelp av høyt trykk (nedfelling), eller blir ført i slanger eller rør helt ned på bakken (nedlegging) eller
- ved harving eller pløying eller overflatespredning av husdyrgjødsel, slik at gjødsel dekkes av jord eller blandes inn i det øverste jordlaget innen 2 timer (nedmolding).

Det kan gis et tillegg dersom det ved spredning av husdyrgjødsel i voksende kultur benyttes slangeutstyr. Som slangeutstyr regnes utstyr for uttransport av husdyrgjødsel der gjødsel føres ut på arealet gjennom slanger eller rør direkte til forskjellige typer spreder.

Det er antydnet fra Landbruk og Matdepartementet og Statens Landbruksforvaltning at tilskuddsordningen vil gjelde for hele landet fra 2010.

4.2 Meteorologiske forhold i Norge mhp gylling

Gylle er en blanding av storfe- eller grisemøkk, urin og vekslende mengder vann. For å få denne blandingen ut over jordene bruker man mange steder vannkanoner der stoffet blir

sprøytet ut i luften under høyt trykk. Dermed produseres en sky av dråper som varierer i størrelse fra svært små (aerosoler) til store regndråper og klumper avhengig av fortyningen.

Mesteparten av massen faller ned der den skal, men ikke alt. Små dråper har liten fallhastighet og vil derfor kunne drive langt med vinden og komme inn over områder der de er uønsket. Dråpekonsentrasjoner over disse områdene vil avhenge av de meteorologiske forholdene.

Tabell 1. Fallhastighet og typisk antall dråper i uforurenset luft i atmosfæren. Her er diameter målt i μm . N er antall per liter. v er fallhastighet i cm/sek.

	Diameter (μm)	Antall (N per liter)	Fallhastighet (v i cm/sek)
Sky kondensasjonskjerne	0,2	1000000	0,0001
Typisk skydråpe	20	1000000	1
Stor skydråpe	100	1000	27
Typisk regndråpe	2000	1	650

Vindstyrke og retning samt luftens turbulensstilstand er viktig for konsentrasjonen i omegnen av utslippstedet. Men også luftens relative fuktighet samt temperatur kan virke inn på spredningen ved at de påvirker dråpespektret.

4.2.1 Vind og turbulens

En deler gjerne inn fenomener i atmosfæren etter rom og tidsskala (Utaaker 1991). Vanlige lavtrykk har stor romskala og lang tidsskala, det vil si at vindstyrke og retning kan være nær på konstante over flere timer. I daler og fjorder er vindretningen mer uforanderlig enn over flatt terreng pga. kanaliseringseffekten (Utaaker 1991).

Mer lokale vindsystemer som solgangsbris, fjell- og dalvind og konvektive systemer har kortere tidsskala, men også her kan vindretningen være nær på den samme i noen timer.

Småskala bevegelser - turbulens trenger tilførsel av energi for å holdes ved like. Det er to energikilder: Mekanisk turbulens henter energi fra middelbevegelsen og oppstår der det er vindskjær, det vil si: vinden endrer seg i rommet som f. eks ved bakken der vinden øker med høyden. Den andre energikilden er potensiell energi. Varmes luften opp nedenfra vil det produseres lett luft nede ved bakken og det oppstår konveksjon.

4.2.2 Relativ fuktighet og temperatur

Luftens relative fuktighet kan variere mye, fra 40 % og opp mot 100 %.

Spesielt om våren kan fuktigheten være lav. Tabell 6 i Appendiks I viser vanndamp tettheten ved metning som funksjon av temperaturen. En ser at varm luft kan inneholde mye mer vanndamp enn kald luft.

4.2.3 Luktplagen

Den ekstremt kraftige lukten forbundet med gylling henger i høy grad sammen med produksjonen av smådråper. Lukten skyldes gassmolekyler som strømmer ut gjennom overflaten av gyllen. Jo mindre dråpestørrelse, jo større relativ overflate. En klump som har form som en terning med sidekant 1cm. har en overflate på 6 cm^2 . Deles terningen opp i terninger med sidekanter 0,01 cm får vi 1 million terninger med en samlet overflate på 600 cm^2 . Den totale overflaten, for den samme massen, er blitt 100 ganger større! Og lukten tilsvarende sterkere.

4.2.4 Transportmodell

Transport og uttynningsmekanismer i en sky bestående av aerosoler og dråper er en meget komplisert prosess. Dråper fordampes, de kolliderer, noen av kollisjonene fører til sammensmelting slik at dråpespekteret hele tiden forandrer seg (Wallace & Hobbs 1997). Det vises i denne forbindelse til resultatene i det danske prosjektet (Miljøstyrelsen 2001).

Her skal forsøksvis gis en kort kvalitativ beskrivelse av prosessen med tanke på anvendelse av de danske resultatene på norske forhold.

Anta at gyllen spres ut i et volum av lengde L i vindretningen, bredde B normalt på vindretningen og høyde H . Luft passerer gjennom dette volumet med en konstant hastighet U . Hver del av en luftpakke av samme form og størrelse som det faste volumet bruker en tid $T = L/U$ for å passere volumet. Betegner vi tilførselen av gylle med Q (masse per tidsenhet) vil konsentrasjonen av gylle i luftpakken i det den forlater kildeområdet være:

$$C = Q \times T / (L \times B \times H) = Q / (B \times H \times U)$$

I følge den danske undersøkelsen er 80 % av gyllen fordelt på partikler og dråper større enn 1 millimeter i diameter, disse faller så fort ned at de ikke byr på problemer. Ved lave vindstyrker vil oftest turbulensen være svak, vertikale turbulente hastigheter er små i forhold til fallhastigheten til dråper ned til skydråpe størrelser. Derfor faller også disse ned nær kilden. Eksempel: La $H = 27$ m, $U = 0,5$ m/sek.

Store skydråper faller 27 cm/sek. Dråpene i toppen av skyen faller ned i løpet av 100 sek. Da har skyen flyttet seg 50 m. Typiske skydråper faller 1cm/sek. Fra toppen og ned bruker de 2700 sek, og i løpet av den tiden har skyen flyttet seg 1350 m.

Ved numeriske beregninger kan en finne konsentrasjonen på et gitt sted ved en gitt tid ved å summere opp bidraget fra en rekke pakker sluppet løs etter hverandre. Her er det da anledning til å variere f. eks vindretning og styrke fra pakke til pakke.

Vi sitter da igjen med følgende bilde: Ved svak vind og svak turbulens vil nedfallet bli stort nær kilden, men de farlige små dråpene vil drive med vinden relativt uførtynnet. Disse opptrer da i høy konsentrasjon nær kildeområdet så lenge vindretningen er bevart. Lenger unna vil skyen også være relativt uførtynnet, men her er sjansen større for at den "bommer" på et gitt mål i det små endringer i vindretningen gir større forflytninger i horisontalplanet. Dermed blir middelverdien over en valgt tid mindre. Et viktig spørsmål er derfor over hvor lang tid en kan tåle en gitt konsentrasjon C .

Ved større vindstyrker vil dråpekonsentrasjonen i utgangspunktet være lavere (omvendt proporsjonell med vindstyrken) Turbulens vil føre til en raskere uttynning av skyen. Men en skal her være oppmerksom på at innblanding av tørr luft vil få dråper til å fordampe. En dråpe som mister vann ved fordamping tar med seg sitt innhold av smittestoffer, samtidig som fallhastigheten avtar.

La oss se på to eksempler:

Eks. 1) La $Q = 18 \text{ m}^3$ gylle/time = 5 kg/sek og anta $B = L = 50$ m, $H = 10$ m og vindhastigheten $U = 1$ m /sek. En finner da at konsentrasjonen av gylle $C = 10 \text{ g} / \text{m}^3$. Mesteparten faller ut med en gang, men ca 20 %, altså $2 \text{ g} / \text{m}^3$ vil etter den danske undersøkelsen være fordelt på dråper med diameter mindre enn 1 mm. En stor del av disse

kan en regne med befinner seg i skyen i det den forlater kildeområdet. Dersom antall mikrober per gram gylle betegnes med N_{gylle} vil da skyen ha en konsentrasjon på:

$$C_{\text{mikrobe}} = 20/100 C_{\text{gylle}} \times N_{\text{gylle}} \text{ som i dette tilfelle blir lik } 2N \text{ (antall mikrober/m}^3\text{)}$$

Eks. 2) La $Q = 90 \text{ m}^3 \text{ gylle / time} = 25 \text{ kg/sek}$ og anta $B = L = 75 \text{ m}$, $H = 20 \text{ m}$ og $U = 1 \text{ m/sek}$. Det gir $C = 16,67 \text{ g gylle/m}^3$ og mengden gylle fordelt på dråper av diameter mindre enn 1 mm blir $3,3 \text{ g gylle/m}^3$ som gir $C_{\text{mikrobe}} = 1/5 CN = 3,3 N$ (antall mikrober/m³).

Nå er lufta sjelden mettet med fuktighet. Er temperaturen 18°C og den relative fuktighet 50 %, ser en av Tabell 6 i Appendiks I at vanddamptettheten ved metning er $15,37 \text{ g/m}^3$, med andre ord er det plass til $7,68 \text{ g / m}^3$ i den omgivende luft.

I de to eksemplene ovenfor var det henholdsvis 2 og $3,3 \text{ g gylle/m}^3$ med dråper mindre enn 1 mm. Dersom lufta har temperatur 18°C og relativ fuktighet 50 % har den da mer enn nok kapasitet til å oppta vann fra disse dråpene. Om de rekker å fordampe beror på høyden de slippes ut i og fallhastigheten.

Dersom p prosent av dråpeinnholdet er tørrstoff vil en dråpe av diameter D som fordampes krympe til en partikkel av diameter d der $d = D \times (p/100)^{1/3}$.

Setter vi $p = 3,7 \%$ får vi $d = 1/3 D$
og med $p = 1,56 \%$ får vi $d = 1/4 D$.

Tabell 14 i den danske publikasjonen gir dråpevolumfordelingen i intervaller fra 0 opp til 900μ . En ser at $0,92 \%$ består av dråper mindre enn 100μ . Dersom tørrstoffprosenten $p = 3,7 \%$ og dråpene opp til $D = 300 \mu$ fordampes, vil $2,82 \%$ av smittestoffet være knyttet til partikler mindre enn 100μ og med $p = 1,56 \%$ får vi $4,38 \%$. Det betyr en 3-5 dobling av smittestoffet knyttet til partikler mindre enn 100μ .

Uten å legge for mye vekt på tallene, viser dette med all tydelighet at å sprøyte gyllen høyt opp (stor fallhøyde) i tørt vær (stor fordampning) er ugunstig. Partiklene blir mindre og spredningen øker.

To eksempler vil illustrere hvilke konsentrasjoner av gylle man vil finne i lufta i vindretningen nær utslippsstedet (avstander mindre enn 300 meter). Vi følger danskene og antar at 20% av gyllen er fordelt på dråper med diameter mindre enn $1000 \mu\text{m}$ og 1% på dråper mindre enn $100 \mu\text{m}$. I tørt og varm luft vil dråpefordelingen endres på grunn av fordampning og smittestoffet forbundet med om lag 4% av gyllen kan være knyttet til dråper av diameter mindre enn $100 \mu\text{m}$.

I eksemplene nedenfor er det regnet som om dråper mindre enn $1000 \mu\text{m}$ fremdeles befinner seg i luftpakken i det den forlater kildeområdet. Dette er åpenbart en overestimering, men når det gjelder dråper mindre enn $100 \mu\text{m}$ er det tilnærmet riktig.

Vi betegner konsentrasjonen av gylle knyttet til dråper mindre enn $1000 \mu\text{m}$ med C_{1000} , mindre enn $100 \mu\text{m}$ med C_{100} , og til dråper mindre enn $100 \mu\text{m}$ i tørt varmt vær med C_{100M} .

Tabell 2. Mulige konsentrasjoner av mikrober i nærområdet til utslippsstedet. I eksemplene er valgt den høyeste verdien av N

	Antall mikrober per gram gylle, N	N · C ₁₀₀₀ Antall mikrober per m ³ luft		N · C ₁₀₀ Antall mikrober per m ³ luft		N · C _{100M} Antall mikrober per m ³ luft		”Minste nødvendige infeksjons-dose”
		Eks1	Eks2	Eks1	Eks2	Eks1	Eks2	
<i>Legionella</i>	?							10 ³
<i>Salmonella</i>	0-10 ⁴	2·10 ⁴	3,3·10 ⁴	10 ³	1,7·10 ³	4·10 ³	6,8·10 ³	10 ⁶
<i>Campylobakter</i>	10 ⁴ -10 ⁶	2·10 ⁶	3,3·10 ⁶	10 ⁵	1,7·10 ⁵	4·10 ⁵	6,8·10 ⁵	10 ³
EHEC / STEC	0-10 ⁵	2·10 ⁵	3,3·10 ⁵	10 ⁴	1,7·10 ⁴	4·10 ⁴	6,8·10 ⁴	10 ¹
<i>Listeria</i>	?							10 ⁶
<i>E. coli</i>	10 ⁴ -10 ⁷	2·10 ⁷	3,3·10 ⁷	10 ⁶	1,7·10 ⁶	4·10 ⁶	6,8·10 ⁶	

(Hutchison *et al.*, 2004) oppgir som høyest målte konsentrasjon av en patogen bakterier til 3.10⁸ cfu/g for *E. coli* O157 i fersk bløtgjødsel fra storfe (i 107 undersøkte prøver) I lagret gjødsel var høyest målte konsentrasjon 7.10⁶ cfu/g for *Salmonella* i storfe gjødsel (39 prøver).

Til slutt noen ord om modellen som er benyttet. Det er antatt at gyllen fordeles jevnt i det volumet den sprøytes ut i. Med en lengde L = 60 m i vindretningen og vindhastighet på 1 m/sek tar det 1 minutt å passere tilførselsområdet og i 1 time passerer 60 luftpakker. Konsentrasjonen av gylle vil langt fra være uniform i disse pakkene. En pakke der utsprøytingen er på tvers av vindretningen, vil ha en konsentrasjonsfordeling som er helt annerledes enn der utsprøytingen er langs vindretningen. I løpet av 1 time vil dette jevne seg ut og den beregnede konsentrasjon gir et rimelig mål for middelverdien i pakkene.

En luftpakke som driver med vinden, vil kunne nå bebyggelse i løpet av 2 til 5 minutter. Selv om turbulens virker fortynnende på konsentrasjonen, vil den ikke ha stor innvirkning på så kort tid.

I tørt varmt vær fordamper dråper. Forstet fordamper de små siden de har stor overflate i forhold til volum. Smittestoffene forblir i restkjernen, dermed blir det mer smittestoffer knyttet til små partikler. Små partikler har mindre fallhastighet og derfor transporteres smittestoffene lengre bort. Dette kan ha en viss betydning for ulempene. Det er ikke minst i tørt, varmt vær at ”nabobarna” er ute og leker. Og det er også da ”nabokona” henger ut klesvasken. På den annen side vil overlevelsessevnen til mikrober bli redusert ved uttørring og – ikke minst – hvis de utsettes direkte for sollysets UV-stråler.

4.3 Yrkeshygieniske aspekter

Bonden er en utsatt yrkesgruppe med økt risiko på flere områder. Dødsulykker forekommer hvert år. Arbeidstilsynet registrerte 48 dødsfall i jord og skogbruk fra 2004 til 2008 (AT 2008). Disse er som oftest maskinrelaterte. Gjødselgassforgiftninger forekommer også, men de har ikke ført til dødsfall hos bønder i denne perioden. Imidlertid er dødsfall i besetninger som følge av gjødselgassforgiftning et kjent problem.

Helserisiko ved spredning av husdyrgjødsel er knyttet til flere aspekter, mellom andre disse:

- Giftgassfare ved omrøring av husdyrgjødsel i lager
- Spredning av mikroorganismer i små partikler
- Lukt

Spredning av husdyrgjødsel representerer en helserisiko for bonden som utfører arbeidet. Hydrogensulfid og organiske svovelforbindelser dannes ved mikrobiell nedbryting under anaerobe forhold i bløtgjødsel. Disse gasser kan frigjøres meget raskt når bløtgjødsel røres om før spredning på åkeren, og spesielt hydrogensulfidnivåene kan medføre risiko for akutt forgiftning. Organiske svovelforbindelser kan være meget luktsterke, og noen alkylsulfider har luktskler ned mot ppt området (ppt = part per trillion; 1 mm³ gass per 1000 m³ luft). Ammoniakk produseres også i bløtgjødsel ved bakteriell nedbryting av urea og proteiner, hvor det kan forårsake luftirritasjon hos bonden og dyra, men det foreligger ingen fare for akutte forgiftninger fra denne gassen. Ved spredning av bløtgjødsel kan dråper frigjøres som inneholder bakterier, eventuelt også virus og protozoer, som representerer risiko for å infeksjoner samt kjemiske komponenter som først og fremst kan gi irritasjon i slimhinner og luftveiene. Spredningsmåten har stor betydning for dråpedannelsen og eksponeringsgraden. Det er målt eksponering for bakterier i tillegg til endotoksiner (giftstoffer fra Gram-negative bakterier), soppsporer, ammoniakk og hydrogensulfid, som tyder på at bløtgjødsel forstøves med breispredning.

Det foreligger ingen norske målinger av aerosolen som genereres ved spredning av gylle med vannkanon. Statens arbeidsmiljøinstituttets undersøkelse av bondens eksponering i Sørøst Norge i 1992-1996 har fremskaffet data om håndtering av bløt- og tørrgjødsel, se Tabell 3 (Melbostad & Eduard 2001). Håndtering av bløtgjødsel omfatter omrøring i gjødselkjeller, fylling på tank og spredning med bladspreier og varer i 5-7 timer per dag. Det var ikke signifikante forskjeller mellom disse oppgavene slik at eksponeringsnivået for bakterier som er vist i Tabell 3 også gjelder for spredning av bløtgjødsel.

Tabell 3. Eksponering for totalstøv, soppsporer, bakterier, endotoksiner og ammoniakk ved håndtering av bløt- og tørrgjødsel. (Undersøkelser utført i Sør-øst Norge 1992-1996)

Arbeidsoppgave	Eksponering, geometrisk middelverdi (geometrisk standardavvik)					
	Totalstøv mg/m ³	soppsporer 10 ⁶ /m ³	bakterier 10 ⁶ /m ³	endotoksiner EU ^a /m ³	ammoniakk ppm ^b	Hydrogen sulfid ppm ^b
Håndtering av bløtgjødsel	0,7 (1,9)	0,1 (2,0)	0,7 (6,0)	500 (3,2)	7,4 (1,4)	0,05 (10)
tørrgjødsel	1,9 (3,7)	0,2 (5,2)	24 (17)	2700 (9,2)	8,2 (2,9)	0,02 ^c
Referanseverdi	5,0 ^d	0,1 ^e	1 ^f	200 ^e	25 ^d	10 ^d (takverdi)

^a EU = endotoxin units

^b ppm = part per million (1 cm³ gass per m³ luft)

^c de fleste verdiene var under deteksjonsgrensen

^d administrativ norm

^e anbefalt verdi, se tekst nedenfor

^f effektnivå hos kloakk- og renovasjonsarbeidere, se tekst nedenfor

Denne undersøkelsen viser at støveksponeeringen er ca 0,7 mg/m³, hvilket tilsvarer 3,5 mg gylle/m³ ved et tørstoffinnhold på 20%. Til sammenligning estimerer en britisk undersøkelse (Hutchinson & al., 2008) en gyllekonsentrasjon på 180 g/m³ på bakken 50 m medvinds fra en vannkanon som sprer gylle over et sirkel-formet areal med diameter på 25 m.

Konsentrasjonen ble estimert ved hjelp av en tilsatt viabel *E. coli* markørorganisme, og representerer derfor et nedre estimat. Selv om bonden vil unngå så høyt kontaminerte soner, må det antas at bondens eksponering for gylle ved spredning med vannkanon kan bli meget høy hvis han bruker vanningsvogn uten ventilasjonstiltak og/eller åndedrettsvern.

Eksponering for støv og ammoniakk ligger som oftest under de administrative normene for hhv. organisk støv (5 mg/m³) og ammoniakk (25 ppm), (AT 2007) mens eksponering for soppsporer ligger ofte høyere enn 100.000 sporer/m³ som er angitt som en nedre grense for effekter i luftveiene i et nylig publisert kriteriedokument (Eduard 2007).

Denne verdien gjelder for sporer fra sopparter som ikke er infeksjøs og som ikke produserer mykotoksiner, og er basert på luftveisobstruksjon, -inflammasjon og -irritasjon observert i humane provokasjonsstudier og i epidemiologiske undersøkelser av ulike yrkesgrupper. Endotoksineksponeringen ligger betydelig høyere enn grenseverdien på 200 EU/m³ som er foreslått i Nederland, hovedsakelig basert på luftveisobstruksjon (Heldal & Eduard 2004). Hydrogensulfideksponeringen ligger vanligvis langt under 1 ppm, men kan øke dramatisk når bønder rører om bløtgjødsellageret før spredning. Den høyest målte verdien ved håndtering av bløtgjødsel var 9 ppm som gjennomsnitt for hele arbeidsoppgaven mens maksimum verdier i løpet av måleperioden var opptil 45 ppm (ikke publiserte resultater fra Eduard W, Statens arbeidsmiljøinstitutt). Disse resultatene omfatter hovedsakelig spredning med breispreder. Eksponering for hydrogensulfid var lavere ved håndtering av tørrgjødsel (bl.a. fra gris) og spesielt var maksimumsverdien i løpet av måleperioden lavere (1,4 ppm). Til sammenligning har hydrogensulfid en administrativ norm på 10 ppm som ikke skal overskrides på noe tidspunkt (= takverdi). For bakterier er det ikke fremmet forslag på grenseverdier, men undersøkelser hos kloakk- og renovasjonsarbeidere tyder på at 10⁶ bakterier/m³ fører til økt luftveisirritasjon (Heldal & Eduard 2004; Melbostad *et al.*, 1994). Eksponeringen ved håndtering av bløtgjødsel ligger nær dette nivået, men sammenlignet med andre arbeidsoppgaver i landbruket og håndtering av tørrgjødsel, er eksponeringen for bakterier ved håndtering av bløtgjødsel lav.

Med hensyn til lukt er det mer eller mindre luktplager ved alle metodene siden flyktige luktsterke forbindelser også vil fordampe fra bakken etter spredning. Men trolig er ulempene størst ved bruk av metoder der det blir en stor kontaktflate mellom gjødsel og luft (størst ved spredning med kanon, mindre ved breispredding og minst ved nedfelling).

5 Fareidentifisering og karakterisering

5.1 Mikroorganismer i gylle (bakterier, virus, parasitter, sopp,

Avføring fra dyr inneholder store mengder mikroorganismer. Nedenfor skal vi konsentrere oss om innholdet av mikroorganismer i avføring fra storfe og gris fordi det i alt vesentlig er dette som inngår i gylle. Av de tradisjonelle sykdomsframkallende zoonotiske bakteriene som har tarmen hos varmblodige dyr som sitt hovedreservoar er nok verotoksinproduserende og andre patogener *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Campylobacter* og *Yersinia enterocolitica* de viktigste i denne sammenhengen.

I bakgrunnskapittelet til denne risikovurderingen ble det nevnt at *Legionella* kan gi utbrudd og smittespredning via aerosoldannelse. I litteraturen er det rapportert svært få tilfeller av infeksjon av *Legionella* hos dyr og forekomsten av denne i dyreavføring. (Fabbi *et al.*, 1998) konkluderer med at legionellose hos storfe antakelig representerer en svært liten risiko for human helse. Hvorvidt den akvatiske mikroben *Legionella* likevel kan etablere seg i et gjødsellager på samme måte som den kan etablere seg i biofilmer i andre stillestående akvatiske miljøer er ukjent.

Avføring fra storfe

Tarmen hos storfe er reservoaret til flere sykdomsframkallende bakterier, for eksempel VTEC, *Salmonella*, *Campylobacter* osv. samt for parasitter. Ved peroral smitte hos mennesket kan de føre til alvorlig sykdom. Det er dokumentert at norske matproduserende dyr svært sjelden er infisert med *Salmonella* (Hofshagen *et al.*, 2008) slik at forekomsten av *Salmonella* i storfegjødsel vil være lav.

Verotoksinproduserende *E. coli* (VTEC): VTEC omfatter en lang rekke serotyper av *E. coli*, de humanpatogene (EHEC) tilhører hyppigst gruppene O157, O145, O111, O103 og O26. Storfe kan være friske smittebærere av VTEC, men det finnes egentlig lite data om forekomsten i den norske storfebestanden. For å være humanpatogen må bakterien ha enkelte virulensfaktorer, noe de ikke alltid har. For eksempel ble det i 2003 undersøkt 137 melkekubesetninger for forekomsten av de ovennevnte viktigste humanpatogene gruppene. Resultatene viste at *E. coli* O103 ble isolert fra 124 besetninger (90 %), mens de andre VTEC-serotypene ble isolert i mye mindre grad. De aller fleste isolatene hadde imidlertid ikke virulensfaktorer (Hofshagen *et al.*, 2008) og antas derfor ikke å ha vært humanpatogene. Infeksjonsdosen for EHEC er svært lav slik at hvis disse forekommer i gjødsel som ved spredning enten forurenses vann eller vegetabilier som skal spises rå, kan det være en risiko.

***Campylobacter*:** I 2006 var 6 % av 295 undersøkte storfe (individprøver) positive for *Campylobacter* (Hofshagen *et al.*, 2008). I en studie fra sørvest-Norge, ble det funnet *Campylobacter jejuni* i 26 % av 804 storfe, og resultatene tydet på at det var en hyppigere frekvens hos kalver enn hos voksne dyr (Johnsen *et al.*, 2006). I denne studien konkluderte forfatterne med at storfe er en betydelig og stabil kilde for *Campylobacter* i dette området.

Sopp: Det er sannsynligvis ikke store mengder muggsopp i fersk avføring, derimot kan det være mer gjærsopp (Ellen Christensen, VI, pers. komm.).

Virus: I følge Cook *et al* (2004) har rotavirus generelt vært ansett som artsspesifikke, men det er likevel påvist at dyr fra en art kan smittes av rotavirus som har blitt isolert fra en annen art, inkludert mennesker. Det vil si at zoonotisk overføring kan finne sted via ulike transmisjonsruter. Forekomsten av rotavirus i norske dyrebesetninger (både storfe og svin) er ukjent, men den antas å være temmelig utbredt (Mette Myrmel, NVH, pers.komm.).

Parasitter: I perioden juni 2001 – mars 2003 ble det undersøkt nærmere 1400 prøver av avføring fra kalver fra 136 gårder med melkekyr for forekomst av *Cryptosporidium* og *Giardia* (Hamnes *et al.*, 2006). Gårdene lå i tre ulike områder i Norge. I denne undersøkelsen fant man en forekomst av hhv *Giardia* og *Cryptosporidium* på 93 % og 53 % på gårdsnivå, mens individforekomsten var på hhv 49 % og 12 %. Nivået av parasittene var lavt hos flesteparten av de infiserte kalvene. Det viste seg at forekomsten av begge parasittene var høyere om vinteren enn om sommeren. Dette betyr at avføring fra storfe kan være en kilde til både *Giardia* og *Cryptosporidium* og at gylle basert på storfeavføring kan inneholde disse parasittene.

Avføring fra gris

Bakterier: Gris regnes som hovedkilden til *Yersinia enterocolitica* og svinekjøtt er sannsynligvis den viktigste smitekilden til yersiniose hos mennesker. Bakterien kan være tilstede i store mengder i munnhulen, men skilles ut med grisens avføring. I en studie av grisebesetninger fra Canada hadde 80 % av besetningene minimum ett dyr som var infisert med *Y. enterocolitica* (Pilon *et al.*, 2000).

I følge Zoonoserapporten 2007 (Hofshagen *et al.*, 2008) ble det påvist *Salmonella* Typhimurium i ett dyr i en EU-studie, mens det i tillegg var tre besetninger hvor *S. Typhimurium* ble påvist i enkelt dyr. Det tyder på at det er lite sannsynlig at griseavføring skal være en stor kilde til *Salmonella*.

Parasitter: I perioden mars 2004 – oktober 2005 ble 684 kull av grisunger fra 100 innendørs svinebesetninger undersøkt for forekomst av *Cryptosporidium* og *Giardia*. Besetningene var hentet fra hele Norge (Hamnes *et al.*, 2007). Resultatene viste for *Cryptosporidium* at 31 % av

besetningene og 8,3 % av kullene var positive, mens *Giardia* ble funnet i 10 % av besetningene og 1,5 % av kullene. Det var en signifikant forskjell i forekomst av *Cryptosporidium* mellom ulike områder i Norge der Sør-Norge (Vestfold, Telemark, Aust- og Vest-Agder) hadde den laveste forekomsten. Det ble observert en viss forskjell mellom forekomsten av *Cryptosporidium* i ulike måneder, men det var ingen signifikant forskjell mellom årstidene. Dette betyr at avføring fra gris kan være en kilde særlig til *Cryptosporidium*, i noe mindre grad også til *Giardia* og at gylle basert på griseavføring kan inneholde disse parasittene.

Virus: Det er vist at hepatitt E-viruset (HEV) er et zoonotisk virus og at bl.a. gris kan være reservoar for dette viruset (Mushawar 2008). Kontaminert drikkevann og konsum av rått eller lite varmebehandlet kjøtt er dokumenterte smitteveier. Andre dyrearter, som for eksempel villsvin, hjort, kuer, sauer osv er også mottakelige for HEV infeksjon og kan dermed være et reservoar. Hvordan disse dyreartene er smittet er ukjent, men forfatteren spekulerer i om det kan være fekal forurenset vann og vegetasjon som igjen er smittet av infiserte dyr. I en studie fra Ungarn, ble det påvist HEV i feces fra svin vha revers-transkriptase PCR i 23 % av prøvene (Reuter *et al.*, 2009). Forekomsten av hepatitt E i norske svinebesetninger er ukjent, men er antakelig relativt vanlig forekommende (Mette Myrmel, NVH, pers. komm.).

5.2 Overlevelse av ulike sykdomsframkallende mikroorganismer under lagring av gjødsel og i miljøet

Evnen til sykdomsframkallende mikroorganismers overlevelse under lagring av gjødsel og i miljøet varierer mellom de ulike organismene. Overlevelsessevnen vil avhenge av fysiske faktorer som temperatur, sollys, fuktighet osv. Tilgang på næringsstoffer, predasjon og bakgrunnsflora har også betydning. Generelt vil cyster, oocyster og sporedannende bakterier være robuste overfor de fleste miljøfaktorer, men cyster/oocyster er likevel ganske følsomme for direkte sollys og uttørking (Hamnes 2008). "Miljøbakterier" (bakterier som normalt finnes i det ytre miljø), som f. eks. *L. monocytogenes*, er også robuste og klarer seg svært godt. Bakterier som derimot er adaptert til varmlodige dyr (herunder til menneske) som f. eks. *Salmonella*, *Campylobacter* og *E. coli*, vil vanligvis være langt mer følsomme for ulike miljøfaktorer og desimeres relativt raskt. VTEC er imidlertid en gruppe av *E. coli* som tåler forholdsvis store miljøpåkjenninger. De er forholdsvis sensitive for høyere temperaturer (vokser ikke over 42°C), men tåler lave temperaturer, lav pH og uttørring. *Campylobacter* spp. er svært følsom overfor uttørring og vokser kun i mikroaerofil atmosfære. For *Campylobacter* betyr dette at så lenge bakterien befinner seg i et fuktig miljø, vil den ha en relativ god overlevelsessevne, men skulle den for eksempel havne på jord hvor den er utsatt for direkte sollys vil den mest sannsynlig ikke overleve utover en meget kort periode.

En undersøkelse fra Storbritannia så på reduksjonen av ulike zoonotiske agens i flytende gjødsel under lagring (Hutchison *et al.*, 2005a). Undersøkelsen tok for seg *Salmonella*, *E. coli* O157, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes* og *Cryptosporidium parvum*. Flytende gjødsel fra ulike dyreslag og med forskjellig tørrstoffinnhold ble benyttet. Resultatene tydet på at for bakterier varierte D-verdien (1 log₁₀-enhet reduksjon) fra seks til 44 dager der *C. jejuni* hadde den raskeste reduksjonen, mens *E. coli* O157 hadde den langsomste reduksjonen. D-verdien for *Cryptosporidium parvum* varierte fra 133 til 345 dager.

I 2002 fant man i et forskningsprosjekt tilfeldigvis *E. coli* O157:H7 i storfe gjødsel som var benyttet til gjødsling av grønnsaker (Johannessen *et al.*, 2004; Wasteson *et al.*, 2005). Ved å ta prøver av både gjødslet jord, gjødsel og dyr over en periode, isolerte man bakterien fra den gjødslede jorden kun en uke etter gjødsling, altså i juli, mens den ble isolert fra

gjødselskjelleren i september (bakterien ble første gang isolert i slutten av juni 2002). Bakterien ble også isolert fra seks kuer og to sauer i september. I de etterfølgende prøveuttakene (fram til mai 2003) ble det ikke isolert *E. coli* O157:H7 fra noen av prøvene. I et norsk eksperiment ble *E. coli* O157:H7 som var tilsatt fersk storfegjødsel isolert fra den gjødslede jorda åtte uker etter gjødsling, men ikke etter 12 uker (Johannessen *et al.*, 2005). I dette eksperimentet så man også en reduksjon i antallet *E. coli* (fekal indikator) åtte uker etter gjødsling, hvilket tyder på at *E. coli* vil forsvinne eller være tilstede i bare et svært lite antall etter en periode i jord.

I Storbritannia har det blitt gjort flere eksperimenter med spredning av gjødsel tilsatt ulike sykdomsframkallende mikroorganismer både på beite og på jord (Hutchison *et al.*, 2004; Hutchison *et al.*, 2005b). Det ble benyttet forskjellige typer gjødsel (bløtgjødsel fra melkeku, kjøttfe og gris) som var inokulert med ulike typer *Salmonella*, *E. coli* O157, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, samt at *Cryptosporidium parvum*. Resultatene fra disse forsøkene viser at de typiske tarmbakteriene (*E. coli*, *Salmonella* og *Campylobacter*) generelt klarer seg dårligere i jord og på beitemark enn *L. monocytogenes* som er en miljøbakterie som finnes i naturen og også i avføring fra dyr. Det var allikevel stor variasjon. For eksempel isolerte man *Salmonella* fra jordprøvene etter hhv. 63, 32 og 16 dager etter spredning av bløtgjødsel fra henholdsvis melkeku, kjøttfe og gris, mens for *E. coli* O157 var den lengste overlevelsesperioden 32 døgn for de samme gjødseltypene. D-verdiene (90 % reduksjon, 1 log₁₀ enhet) varierte mellom ca halvannet til nesten tre døgn. D-verdien for oocyster av *C. parvum* varierte mellom 8 og 31 dager noe som viser at protozoene er betydelig mer hardføre enn bakteriene. Det var mulig å isolere oocyster fra *C. parvum* fra overflaten av grassland/eng 63 dager etter tilførsel av bløtgjødsel fra gris (Hutchison *et al.*, 2005b). Når tarmbakterier ble spredd på jord, viste det seg at tidspunktet for nedmolding spilte en stor rolle for overlevelsen av bakterier fra gjødselen (Hutchison *et al.*, 2004). Reduksjonen i antall bakterier (de tilsatte tarmbakteriene) var raskere når gjødselen ble liggende oppe på jorden enn når gjødselen ble moldet ned etter senest 2 timer. Forfatterne forklarer dette med at gjødselen da blir utsatt for temperaturvariasjoner, UV-stråling fra sola, effekten av vind osv. De argumenterer likevel med at dette nødvendigvis ikke er den beste praksisen fordi gjødsel som blir liggende på overflaten medfører en risiko for spredning til miljøet.

Det er svært mye ukjent i forhold til persistens av ulike virus på og i forskjellige materialer. (Pesaro *et al.*, 1995) viste i et eksperiment at bovint rotavirus hadde en D₉₀ verdi (90 % inaktivering) på 27,5 dager i ”slurry” (som består av for det meste urin, vann og litt strø) og 197 dager i ”manure” (som består av avføring, urin, vann og strø) i en periode fra april til juni. Rotavirus kan også persistere i ferskvann i flere dager (Cook *et al.*, 2004).

Hvis det er mugg- og gjærsopp til stede i fersk avføring vil disse kunne overleve/vokse under lagring av avføringen. I tillegg finnes det muggsopper som vokser i avføring. Disse kan tilføres gjødselen via luft/jord eller vann.

5.3 Spredning av mikroorganismer

Når gylle sprøytes over åkeren vil en del av oppløste gasser frigjøres, bl.a. luktsterke forbindelser som hydrogensulfid (H₂S), dimetylsulfid (CH₃)₂S, og merkaptaner (organiske SH forbindelser). Dessuten vil det dannes dråper som til dels vil fordampe meget fort når den relative luftfuktighet er < 90 % og dermed danner restkjerner med mindre partikkelstørrelse ned til 1-2 µm. Bakteriene i restkjerner ligger ”innbakt” mellom løselige og suspenderte stoffer som delvis beskytter bakteriene mot uttørkingsstress. Partikler som er mindre enn 10 µm forblir luftbåren lenge og kan lett spres over større avstander.

(Hutchison *et al.*, 2008) har også undersøkt luftbåren spredning av bløtgjødsel fra gris som ble spredt med en såkalt "rain gun sprayer". Her ble bløtgjødselen tilsatt en merket *E. coli* slik at man enkelt kunne finne igjen den tilsatte stammen blant de naturlig forekommende. Gjødselen ble spredt i et sirkulært mønster ca 25 m i diameter. De tilsatte bakteriene ble gjenfunnet i lufta både 50 og 125 m fra sprederen, men ikke 250 m unna. I følge denne artikkelen er denne spredningsmåten fortsatt vanlig praksis i Storbritannia selv om det er ønskelig å gå over til andre metoder. Forfatterne konkluderer med at denne metoden har et potensiale for smittespredning direkte til miljøet og til dyr og mennesker i umiddelbar nærhet, og indirekte til mennesker ved at frukt og grønnsaker som spises rå og vannkilder som skal brukes til drikkevann eller vanningsvann blir forurenset.

5.4 Antimikrobiell resistens, inkludert ulike antimikrobielle midler

Salmonella

I 2007 ble det gjort resistensbestemmelse av 25 *Salmonella* spp. isolater, funnet hos dyr i Norge (NORM-NORM-VET 2007 2008), hvorav fem fra storfe og fire fra svin. Med unntak av to *S. Typhimurium* DT104-isolater, var praktisk talt alle stammene følsomme for midlene det ble testet mot. Tallene er små, men resultatet tyder på at resistens ikke er utbredt blant *Salmonella* isolert fra disse dyreartene i Norge.

Escherichia coli

I følge rapporten fra (NORM-NORM-VET 2007 2008), var 71,2 % av alle *E. coli* isolater fra i alt 198 svin i Norge følsomme overfor alle undersøkte antimikrobielle midler. 11,6 % av isolatene var resistente mot et antimikrobielt middel (hovedsakelig streptomycin), 7,6 % var resistente mot to (streptomycin og sulfamethoxazole) og 9,6 % var resistente mot tre eller flere av de testede antimikrobielle midlene.

Campylobacter

Det største zoonotiske reservoaret for *Campylobacter* antas å være fjørfe og det er derfor undersøkelser av isolater fra kalkun- og broiler-besetninger som ligger til grunn for de rapporterte resistensforholdene i (NORM-NORM-VET 2007). Det er rimelig å anta at de samme resistensforholdene vil gjøre seg gjeldende hos isolater fra øvrige norske dyrebefolkninger. Av i alt 50 undersøkte stammer var 94 % følsomme mot alle testede antimikrobielle midler, en stamme var resistent mot ett middel (streptomycin) og to var resisente mot to midler (hhv. mot nalidixin og ciprofloxacin og mot streptomycin og tetracyclin). Resistensmønsteret svarer omtrent til det som påvises hos humane isolater smittet i Norge (hvor ca. 90 % er følsomme for alle midler), men de anførte funnene viser at de er langt mer følsomme for antibiotika enn stammer isolert fra pasienter som er smittet i utlandet (hvor bare ca. 28 % var følsomme for alle midler)

Yersinia enterocolitica

Det foreligger ikke data for resistensforholdene hos zoonotiske (kyr, gris) isolater av *Yersinia enterocolitica* i Norge. Alle *Y. enterocolitica*-stammer er resistente for ampicillin. For humane isolater var ca. 80 % fullt følsomme mot alle øvrige testede midler. Fordi de fleste *Y. enterocolitica*-infeksjoner her i landet representerer "hjemmesmitte" (dvs. har sin smittekilde i Norge) er det rimelig å anta at resistensforholdene for humane og zoonotiske isolater er noenlunde lik.

Det største zoonotiske reservoaret for *Y. enterocolitica* er gris, men forekommer her i særlig grad i dyrets munnhule.

5.5 Dose-respons for mennesker/dyr for ulike patogene mikroorganismer

Den nødvendige infeksjonsdosen er i mange tilfeller vanskelig eller umulig å angi. Det skyldes dels at sikre oppgaver mangler eller at de kan være innbyrdes motstridende, dels at infeksjonsdosen i realiteten kan variere i betydelig grad, avhengig både av vertens tilstand, smittemåte og smittekilde.

Generelt gjelder at den nødvendige infeksjonsdosen hos personer med svekket almenntilstand eller som er immunsupprimerte kan være langt lavere enn hos ellers friske personer. Likeledes kan den nødvendige infeksjonsdosen være sterkt redusert dersom mikroben ligger mer eller mindre beskyttet mot vertens normale primære forsvarsmekanismer (som mavesyre), f. eks. når den er ”pakket inn” i fettrike næringsmidler.

Tabell 4. Aktuelle mikrober som kan spres med gylle og deres antatte ”minste nødvendige infeksjonsdose” hos mennesker¹

Bakterielle infeksjoner		Parasitter	
Mikrobe	Infeksjonsdose	Mikrobe	Infeksjonsdose
<i>Campylobacter</i>	Lav (< 10 ³)	<i>Giardia duodenalis</i>	Lav – høy*
<i>E. coli</i> – EPEC	Høy (?)	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Høy (?) (10 ¹ – 10 ²)
<i>E. coli</i> – EIEC	Høy (?)	<i>Toxoplasma gondii</i>	Lav – høy*
<i>E. coli</i> – ETEC	Høy (10 ⁶ – 10 ⁸)	Taenia ?	
<i>E. coli</i> – EHEC	Meget lav (10 ¹)		
<i>Y. enterocolitica</i>	Høy (10 ⁵ – 10 ⁸)		
<i>Salmonella</i>	Høy		
<i>L. monocytogenes</i>	Høy		

Hvis en antar at en typisk eksponering for bakterier ved spredning av bløt gjødsel for en bonde er ca 10⁶ /m³ luft (summen av døde og levende bakterier) og at en puster inn ca 1 m³ luft per time, inhaleres 10⁶ bakterier pr time. Av disse vil sannsynligvis <10 % være viable som gir et dose-estimat på <10⁵ viable bakterier pr time. Et uavhengig estimat får vi ved å gå ut fra støveksponeringen som er ca 1 mg/m³. Når gylle inneholder 20 % tørrstoff tilsvarer det 5 mg gylle/m³ og ved et innhold av 3x10⁸ viable *E. coli* O157 bakterier/ml gylle (Hutchison *et al.*, 2004) estimeres konsentrasjonen av viable bakterier til ca 10⁶/m³, hvilket er ca 10 ganger høyere enn det første estimatet. Således kan bonden inhalere 10⁵-10⁶ viable *E. coli* O157 bakterier per time under arbeid med bløt gjødsel avhengig av arbeidstiden. Dette er en ”worst case”-scenario hvor en ikke tar med i vurderingen at bakteriene kan dø som følge av uttørking. For personer som oppholder seg på flere hundre meters avstand vil fortyningen og aldring av aerosolen - og dessuten med en vanligvis vesenlig kortere eksponeringstid - føre til en mye lavere inhalert dose. En britisk undersøkelse understøtter dette ved at bakterier fra en tilsatt *E. coli* markørorganisme kunne detekteres på 125 m avstand fra en vannkanon som sprøytet gylle, men ikke ved ≥250 m (Hutchison *et al.*, 2008). En usikkerhet er imidlertid at gylle kan inneholde en 100 000 ganger høyere konsentrasjon av *E. coli* O157 enn markørorganismen som ble tilsatt i den britiske undersøkelsen.

¹ Næringsmiddelbårne virus, som for eksempel norovirus antas å ha mennesket som spesifikt reservoar og anses følgelig ikke å være zoonoser. De vil derfor med stor sannsynlighet ikke være aktuelle ved spredning av gylle. Andre virus, som for eksempel rotavirus og hepatitt E virus ansees nå for å være zoonotiske virus.

5.6 Jordbruksprodukter

Siden frukt og grønnsaker i Norge stort sett produseres på friland (åpen åker), vil miljøfaktorer spille en stor rolle ved forurensing av slike produkter med zoonotiske agens som er aktuelle i denne sammenhengen. Zoonotiske agens kan overleve på overflaten av frukt og grønnsaker, og det er også vist i eksperimenter at bakterier kan internaliseres i slike produkter. Forurensningskilder for frukt og grønnsaker kan være forurenset vann, husdyrgjødsel, ville dyr, fugler og insekter, samt utstyr og håndtering av produktene etter høsting. I Norge spres husdyrgjødsel som oftest enten om våren eller om høsten. Husdyrgjødsel kan også spres mellom første og andre slått av eng, dvs. vanligvis i perioden slutten av juni – begynnelsen av juli. Selv om husdyrgjødsel sjelden eller aldri benyttes for eksempel i en salatåker mens det står planter ute på åkeren, kan det i denne perioden likevel være en risiko for tilfeldig forurensing av frukt og grønnsaker tett opptil høsting. Overlevelse av bakterier på produkter vil bl.a. avhenge av været. Foreløpig upublisererte resultater fra Johannessen et al. viste at *E. coli* tilført overflaten av salat med vanningsvann i relativt store mengder ikke kunne påvises 7 dager etter vanning. *Campylobacter* forsvant enda raskere og kunne ikke påvises etter tre dager.

Forurenset vann, utstyr og håndtering vil mest sannsynlig være de viktigste forurensningskildene for frukt og grønnsaker i Norge. I en kartlegging av mikrobiell status av frukt og grønt fra 1999 og 2000 ble det påvist termotolerante koliforme bakterier (fekal indikator) og *L. monocytogenes* i et lite antall prøver av norskprodusert salat og jordbær (Johannessen et al., 2001). Prøvene ble tatt ut hos grossist før de skulle ut i butikker. I den samme undersøkelsen ble det også sett på forekomsten av *Cryptosporidium*, *Giardia* og *Ascaris*- eller andre helmintegg. Det ble ikke påvist *Ascaris*- eller andre helmintegg i noen av prøvene, mens det ble påvist *Cryptosporidium* i to og *Giardia* i to prøver hver av norskprodusert salat. Konsentrasjonen av oocyster og cyster var relativt lave i disse prøvene. Dette viser at forekomsten av patogene bakterier og parasitter i norsk frukt og grønnsaker ikke er veldig stor.

Det er en risiko for overføring av zoonotiske virus via frukt og grønnsaker som spises rå hvis disse blir forurenset med for eksempel gylle, men det blir den samme indirekte spredningen som er beskrevet for bakterier ovenfor. Enten blir produktene tilfeldig forurenset eller de blir vannet med vanningsvann som er forurenset med avføring fra dyr.

6 Eksponeringsvurdering

Gylledråper kan – som nevnt – antas å inneholde mikrober i størrelsesorden 10^6 pr gram. De stammer i alt vesentlig fra dyrenes tarmflora. De fleste mikrobenes vil være døde eller apatogene, men en viss andel vil kunne være tarmpatogene (i Norge er sannsynligvis VTEC, *Campylobacter*, *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes* og parasitter som *Giardia* og *Cryptosporidia* de mest aktuelle, mens *Salmonella* er mindre sannsynlig).

Hvorvidt de også kan inneholde potensielt luftveispatogene ”miljøbakterier” (f. eks. *Legionella*) er ukjent (se 5.1).

Risikoen for å bli eksponert for patogene mikrober ved spredning av gylle er knyttet til;

- **Spredningsmetode.** Risikoen er større når spredning skjer under trykk *til luft* med breispreedere eller ”kanoner” enn om gyllen *legges* på jorden med stripespreedere eller nedfellere. Selv om det nå ser ut til at de sistnevnte, mindre eksponeringsutsatte metodene blir noe mer brukt, er det åpenbart fortsatt de førstnevnte som dominerer i alle deler av landet. Hovedgrunnen til at mer miljøvennlige metoder som stripespreedere og nedfellere ikke anvendes i større grad, skyldes med stor sannsynlighet kostnadene forbundet med

slikt utstyr. I spesielt kuperte områder – ikke minst på Vestlandet – kan det dessuten være umulig å komme til med maskinene som disse metodene forutsetter.

- *Spredningstidspunkter.* Risikoen for *indirekte smitte via kontaminerte jordbruksprodukter* øker hvis spredningen foregår nær opp til innhøstningsperioden. Risikoen for smitte av dyr er størst dersom dyrene slippes på beite mer eller mindre umiddelbart etter gylling.
- *Meteorologiske forhold.* Potensialet for å danne og spre aerosoler er i stor grad avhengig av relativ fuktighet, temperatur, vind og turbulens. Potensialet for å danne aerosoler er minst ved høy fuktighet (aller minst i regnvær) og ved lave temperaturer, størst i tørt, varmt vær – hvor gylling derfor bør unngås i størst mulig grad. Ved svak vind og liten turbulens blir nedfallet stort i kildeområdet. Sterkere vind og større turbulens vil føre til en raskere uttynning, men også til at aerosolene spres over lengre avstander. Uttørring og direkte påvirkning av sollysets UV-stråler vil føre til en desimering av levende mikrober.

Eksposering i kildeområdet: Eksposeringen kan skje med store ”skydråper” (med diameter >100 µm) som sedimenterer raskt og bare vil ramme dem som oppholder seg i kildeområdet. Det er beregnet at en bonde ved spredning av gylle typisk kan eksponeres for 10⁶ bakterier (hvorav kanskje om lag 10% kan være levende) pr time. I løpet av en arbeidsdag kan eksposeringen dermed komme opp mot 10⁶ levende bakterier. For ”lavdoseinfeksjoner” og for personer med nedsatt immunforsvar, kan dette teoretisk være tilstrekkelig for å utløse sykdom (se 5.5).

God håndhygiene er generelt en forutsetning for å unngå tarminfeksjoner. Mot dråpe- og aerosolsmitte vil bruk av åndedrettsvern som beskytter mot partikler og gjødselgasser være effektiv. En lukket kabin på en gjødselspreder vil kunne være effektiv dersom vinduer og dører holdes lukket.

Eksposering utenfor kildeområdet: Eksposeringen kan også skje med aerosoler av små ”kondensasjonskjerner” (ofte med diameter < 5 µm) som - avhengig av værforholdene - kan drive med vinden over lengre avstander. I tørt, varmt vær med forholdsvis liten turbulens og svak vind, vil aerosolene kunne spres relativt ufortynnet noen hundre meter. Selv om både fortynning og aldring av aerosolene etter kort tid vil føre til en markert redusert eksposering. (se 4.2), kan både mennesker og dyr i det nære nabolaget kunne rammes. Det samme kan gjelde eventuelle jordbruksvekster på en ”naboåker”. Mens mennesker her sannsynligvis bare vil oppholde seg i kort tid i en aktuell ”risikosone”, gjelder det ikke nødvendigvis dyr på beite og det gjelder definitivt ikke jordbruksvekstene.

Risikoen for slik eksposering kan reduseres ved at gyllespredning via ”kanoner” ikke tillates under gitte værforhold. Den kan også reduseres ved at det innføres en ”karantenetid” (eksempelvis på 4 uker) før eventuelt kontaminerte produkter høstes eller før dyr slippes ut på kontaminert beite. Eksposering av vannkilder kan unngås ved at det settes grenser for hvor nær slike kilder gyllespredning kan foregå.

Eksposering av mennesker:

Eksposering av mennesker (og dyr) kan skje dels direkte med dråper og aerosoler, dels indirekte via forurensete jordbruksprodukter eller drikkevann.

Eksposeringen kan skje via 3 inngangsporter:

(i) Fordøyelsessystemet:

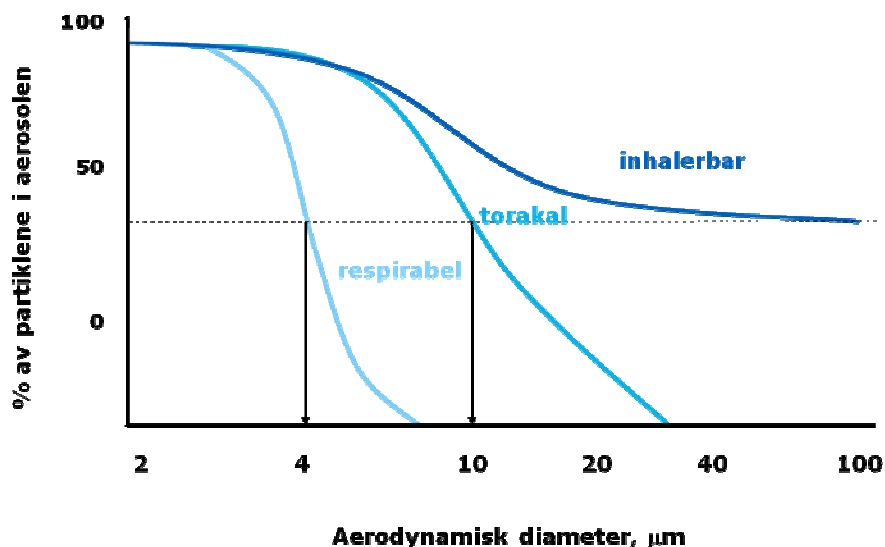
Fordøyelsessystemet er sannsynligvis den mest utsatte inngangsporten, også fordi mikrober som i utgangspunktet stammer fra andre varmblodige dyrs tarmkanal vil ha en langt større affinitet til menneskers tarmtrakt enn til deres respirasjonstrakt (mikrobers patogenitet er som regel epitelspesifikk; tarmpatogene mikrober forårsaker sjelden eller aldri luftveisinfeksjoner og vice versa).

Ved *direkte* smitte skjer dette med store dråper som svelges umiddelbart (hvilket stort sett bare vil skje i kildeområdet) eller ved mindre dråper som først rammer luftveiene (hvilket kan skje også utenfor kildeområdet), men deretter transporteres opp fra luftveiene - for så å bli svelget. Fordi mengden mikrober vil være begrenset, og dessuten i stor grad vil bestå av døde eller apatogene mikrober, må man anta at risikoen for å bli eksponert for en tilstrekkelig stor infeksjonsdose (som overstiger den ”minste nødvendige infeksjonsdosen”, se Tabell 4) på denne måten er liten. Slik smitte kan likevel ikke utelukkes, særlig ikke ved sterk og eventuelt langvarig eksponering for gylle med ”lav-dose-infeksjons”-mikrober (først og fremst EHEC, men også f. eks. *Campylobacter*). Risikoen er desto større hvis eksponeringen rammer spesielt infeksjonsutsatte personer som små barn, eldre og sterkt immunsupprimerte pasienter.

Indirekte smitte kan skje via kontaminerte produkter eller vann. Fordi humanpatogene mikrober vanligvis har en begrenset (men vekslende) overlevelsestid i fritt miljø, vil faren for slik smitte sannsynligvis være begrenset til de første dagene etter gylling. Hvis slike produkter imidlertid får anledning til å krysskontaminere andre næringsmidler (f. eks. under bearbeiding på kjøkkenet mer eller mindre umiddelbart etter gylling) hvor de eventuelt også får anledning til å oppformere seg, kan man ikke utelukke at dette i sin tur eventuelt kan føre til *utbrudd*. De samme problemene vil foreligge dersom vann som brukes til vanning av slike jordbruksprodukter blir forurenset med gylle (f. eks. ved kontaminering av jordbær som spises umiddelbart etterpå).

(ii) Respirasjonsveiene – inhalasjonssmitte.

Av partikler som inhaleres (inhalerbar fraksjon) deponeres de største partiklene i nesene, partikler som er mindre enn ca 10 μm (torakal fraksjon) penetrerer til de nedre luftveiene, og partikler under ca 4 μm (respirabel fraksjon) kan nå alveolene. Dette er en grov forenkling fordi det ikke er skarpe skiller mellom partikkelfraksjonene. Ved avtakende partikkelstørrelse øker andelen av de inhalerte partiklene som kan nå lenger ned i luftveiene kontinuerlig som vist i Figur 1 (CEN 1993). Oppholdstiden i luftveiene vil spille en viktig rolle. Den er kortest i de øvre luftveiene, noen timer i de nedre luftveiene og dager for partikler som når alveolene. Det finnes imidlertid betydelige individuelle forskjeller som følge av alder og sykdommer i luftveiene. Deponerte mikroorganismer blir utsatt for angrep fra alveolære makrofager og andre betennelsesceller som kan være mer effektiv her enn i mage-tarm.



Figur 1. Kriteria for helserelevante partikkel fraksjoner definert i EN 481 (CEN 1993).

Den reelle faren for å etablere en luftveisinfeksjon ved spredning av gylle, må imidlertid vurderes på bakgrunn av at gylle i utgangspunktet normalt ikke vil inneholde luftveispatogene mikrober. Som tidligere nevnt bør man foreløpig imidlertid ikke se helt bort fra at det her *kanskje* kan finnes et viktig unntak i form av *Legionella pneumophila*. Dette er i utgangspunktet en ”miljømikrobe” som trives i et akvatisk miljø hvor de kan oppformere seg i biofilmer og i amøber. Denne mikroben har i de senere årene har vært årsak til en rekke større utbrudd av alvorlige lungebetennelser. De fleste utbruddene skyldes spredning av mikroben med aerosoler fra kontaminert vann – til dels over avstander på flere km. Vi er ikke kjent med at det foreligger undersøkelser om eventuell forekomst av denne mikroben i gjødsel eller kompost, men med de kunnskaper man har om mikrobens overlevelsessevne i naturen, er det ikke urimelig å anta at gjødsel som lagres over noen måneder i god ”sommertemperatur” vil kunne utgjøre et vekstmedium også for denne mikroben.

(iii) Huden

En direkte smitte via huden er bare aktuell dersom denne er skadet (ved sår eller uttalt eksem) og vil sannsynligvis i alt vesentlig bare inntre som ”nærdråpesmitte” i selve kildeområdet. Slik smitte kan lett unngås ved påpasselig såravdekning og påkledning.

Eksposering av dyr:

Det kan tenkes at dyr kan smittes hvis gyllen er spredd på beite og dyr slippes på dette beitet rett etter at spredning har funnet sted. Det anbefales derfor at man har et opphold på fire uker fra gjødsling til beiting. Hvis gyllespredningen skjer én gang og karantenetiden overholdes, vil det antakelig skje en stor reduksjon i antallet bakterier som er blitt spredd med gyllen til beitet og smittefaren for dyr vil antas å være relativt liten.

Hvis det er dyr på beite i områder i umiddelbar nærhet av steder der gyllespredning foregår, vil smittefaren være tilsvarende som for mennesker som oppholder seg i nærheten av gyllespredning.

7 Kunnskapsmangler

- Anvendelsen av ulike spredningsmetoder for gylle. Omkring år 2000 ble >90 % spredd med ”breispredere” eller ”kanoner”, senere er det et inntrykk at mindre eksponeringsutsatte metoder brukes i noe større grad.
- Objektive målinger av aerosoldannelse og den reelle eksponeringen for mikrober som bonden og eventuelle naboer utsettes for når gylle spres med vannkanon.
- Overlevelsessevnen til patogene organismer ved lagring av bløtgjødsel under ulike miljøforhold.
- Overlevelsessevnen av patogene organismer ved spredning fra gylle til luft.
- Den reelle forekomsten av en rekke tarminfeksjoner. Spesielt er forekomsten av sporadiske infeksjoner og – ganske særlig – av parasittinfeksjoner mangelfull.
- Årsaken(e) til den økende forekomsten av alvorlige EHEC-infeksjoner som har funnet sted de siste årene, særlig i I-landsområder.
- Smittekilder ved utbrudd med tarmpatogene mikrober blir ofte ikke erkjent og ved sporadiske infeksjoner praktisk talt aldri. Sammenligning mellom landbruks-, by- og landbefolkningene kan gi informasjon om spredningsrisiko fra husdyrgjødsel
- Den mulige forekomsten av *Legionella pneumophila* i et ”gyllemedium” har, så vidt vites, aldri blitt undersøkt.

- Ved mange infeksjoner mangler det mer eksakt informasjon om den minste nødvendige infeksjonsdose.

8 Risikokarakterisering

8.1 Svar på spørsmål fra Mattilsynet

Foreligger risiko for infeksjon ved spredning av gylle?

8.1.1 Direkte smitte til mennesker

Direkte smitte til mennesker kan skje når gylle spres under trykk via luft ved:

- ”Nædråpesmitte”, i alt vesentlig i selve kildeområdet med store ”skydråper” (>100 µm) som deponeres i nese og munn og i prinsippet kan utløse infeksjoner i øvre luftveier, tarm eller hud. Fordi gylle i alt vesentlig vil inneholde mikrober som stammer fra tarm, er luftveisinfeksjoner lite sannsynlig. For tarminfeksjoner er beregnet eksponeringsnivå for den som arbeider i kildeområdet gjennom en hel arbeidsdag såpass liten at også slike infeksjoner er lite sannsynlige, men ikke utelukket. Særlig kan dette gjelde for infeksjoner hvor nødvendig smittedose er lav (*Campylobacter*, EHEC, parasitter), men også for befolkningsgrupper hvor den nødvendige smittedosen erfaringsmessig er redusert (som hos eldre, småbarn eller immunsupprimerte).
- ”Aerosolsmitte” med små restkjerner (< 5µm) som kan fraktes over lengre avstander. Ved svak vind og turbulens kan slik smitte spres noen hundre meter uten nevneverdig fortykning, over lengre avstander vil det inntre en fortykningseffekt som gjør det lite rimelig at man kan smittes med den vanligvis nødvendig smittedosen
 - Restkjerner kan inhaleres og nå lungealveolene og i prinsippet utløse en nedre luftveisinfeksjon. Men også slike infeksjoner er lite sannsynlige fordi mikrober i gylle om sagt primært vil være tarmbakterier som ikke er luftveispato gener.
 - Det er imidlertid mulig at det her kan finnes et viktig unntak ved en eventuell forekomst av *Legionella*. Slik forekomst er ukjent, men dette er en ”akvatisk” mikrobe som har utløst en rekke større utbrudd av alvorlige lungebetennelser ved spredning nettopp med aerosoler.

Det er mulig at ”aerosoldråper” som primært fanges opp av luftveiene, blir fraktet eller hostet opp til svelgområdet og deretter blir svelget. De kan da utløse en tarminfeksjon på lik linje med en ”nædråpesmitte”.

- Deponering av dråper på skadet hud – med hudinfeksjoner som resultat - vil sannsynligvis være mulig i selve kildeområdet, dvs. hos den som utfører arbeidet. Slike infeksjoner kan imidlertid unngås ved at man dekker til skadet hud, alternativt vasker og desinfiserer slike skader umiddelbart etter en eventuell synlig forurensing.

8.1.2 Indirekte (spredning) til planter og husdyr

- *Jordbruksprodukter*: Gylle benyttes sjelden til gjødsling av frukt og grønnsaker, og dette er derfor antakelig ingen stor kilde til forurensing av slike produkter. I tilfeller der gylle blir spredd via luft (under trykk), kan f. eks. salat og bær i nabolaget likevel bli tilfeldig forurenset. Overlevelsessevnen ved en slik forurensing er avhengig av miljø og produkt, men vil stort sett være begrenset til få dager. Risikoen vil være størst hvis spredning av gylle skjer tett opptil innhøsting. En liten andel av mikrobenes kan likevel overleve i lengre tid (”persisterrate”) og kan – hvis de får optimale vekstforhold (f. eks. ved å krysskontaminere et nytt matprodukt på et kjøkken) - oppformeres til en

reell smittedose. Det finnes ikke data i Norge som belyser hvorvidt dette er en reell problemstilling.

- *Dyr.* Smitte til dyr kan tenkes hvis dyr slippes på beite rett etter gylling. Det foreligger derfor allerede en anbefaling om at det bør være en karantenetid på 4 uker fra gjødsling til beiting finner sted.

9 Konklusjon

- Som gylle anvendes i alt vesentlig avføring fra storfe (ca. 65 %) og gris (ca. 35 %).
- Mikroorganismer som finnes i gylle vil først og fremst være tarmbakterier fra storfe og svin, herunder potensielle tarmpatogener som EHEC, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica* *Campylobacter* samt parasitter som *Giardia* og *Cryptosporidium*. Av disse er EHEC, *Campylobacter* og parasittene, som påvises regelmessig i norske storfebesetninger, årsak til såkalte ”lavdoseinfeksjoner”, mens *Salmonella*, som forekommer svært sjelden i norske storfebesetninger, og *Y. enterocolitica* derimot er ”høydoseinfeksjoner”.
- Eksponeringspotensialet for gylle, som eventuelle risikoreduserende tiltak må ta utgangspunkt i, er avhengig av:
 - *Spredningsmetode*: Det finnes i prinsippet to metoder for spredning av husdyrgjødsel på grasmark;
 - gyllen legges på overflaten (med stripespredere) eller felles ned i jorden (nedfellere) hvor eksponering mot luft, og følgelig spredningsfaren, er svært liten, eller
 - sprøytes under trykk gjennom luft utover jorden med ”breispredere” (lav trykk) eller ”vannkanoner” (høy trykk). Her er eksponeringen mot luft betydelig og spredningen langt mindre kontrollert. Mens ”breispredning” er forbudt i enkelte land, er dette fortsatt den dominerende metoden i Norge. Etter år 2000 har det imidlertid sannsynligvis likevel vært en viss overgang til bruk av nedfellere og stripespredere. Spredning av husdyrgjødsel med kanonspreder (jetvogn) kan imidlertid i enkelte kupertede områder (særlig på Vestlandet) være eneste mulige metode fordi landskapet hindrer bruk av maskiner som er nødvendig for de andre metodene.
 - *Spredningstidspunkter* Risikoen for *indirekte smitte via kontaminerte jordbruksprodukter* øker hvis spredningen foregår nær opp til innhøstningsperioden. Risikoen for smitte av dyr er størst dersom dyrene slippes på beite mer eller mindre umiddelbart etter gylling.
 - *Meteorologiske forhold*. Potensialet for aerosoldannelse er minst ved høy fuktighet (aller minst i regnvær) og ved lave temperaturer, men stor i tørt, varmt vær (hvor gylling derfor bør unngås i størst mulig grad). Ved svak vind og liten turbulens blir nedfallet stort i kildeområdet. Sterkere vind og større turbulens vil føre til en raskere uttynning, men også til større muligheter for spredning over lengre avstander. Uttørring og direkte eksponering for sollysets UV-stråler vil desimere innholdet av levende mikrober.
- Smitte til mennesker kan skje til
 - *fordøyelsessystemet* ved (i) direkte peroral ”nærdråpesmitte” og (ii) indirekte via vann eller jordbruksprodukter som er blitt kontaminert med gylleaerosoler.
 - *luftveiene* ved ”aerosolsmitte”. Siden det er snakk om tarmbakterier, er dette lite sannsynlig. Et mulig unntak her er likevel *Legionella* som man på teoretisk grunnlag skulle tro kan trives også i denne type aerosoler, men her mangler data
 - *hud* ved ”nærdråpesmitte” direkte på skadet hud.
 Størst risiko for *direkte* smitte vil foreligge ved spredning via luft i selve kildeområdet (dvs. for bonden selv), men risikoen vil kunne reduseres hvis vedkommende utfører

arbeidet ved å sitte i lukket kabin eller ved bruk av åndedrettsvern, eventuelt ved å dekke til skadete hudpartier. Eventuell risiko for direkte smitte til naboer i umiddelbar nærhet av kildeområdet kan reduseres hvis gyllespredning via luft ikke skjer på tidspunkter og under meteorologiske forhold som fremmer aerosolspredning.

Risikoen for *indirekte* smitte kan reduseres ved at spredning ikke får skje i nærhet av drikkevann og ved å innføre karantenetider for innhøsting av jordbruksprodukter og bruk av beiteområder i umiddelbar nærhet av kildeområder.

- Man er ikke kjent med at gylle har forårsaket verken utbrudd eller sporadiske tilfeller av luftveis- eller tarminfeksjoner. Hvis gylle hadde vært kilde til større eller gjentatte utbrudd av slike infeksjoner, ville dette sannsynligvis ha vært erkjent. Når det derimot gjelder smitekilden ved sporadiske tilfeller, blir denne praktisk talt aldri erkjent og gylle som en mulig kilde i slike tilfeller kan derfor ikke utelukkes. Det antas at dette vil gjelde spesielt for såkalte "lavdoseinfeksjoner" (som EHEC eller campylobakterioser), men også for infeksjoner hos personer med nedsatt motstandskraft (småbarn, eldre, immunsvekkete).

Appendiks I

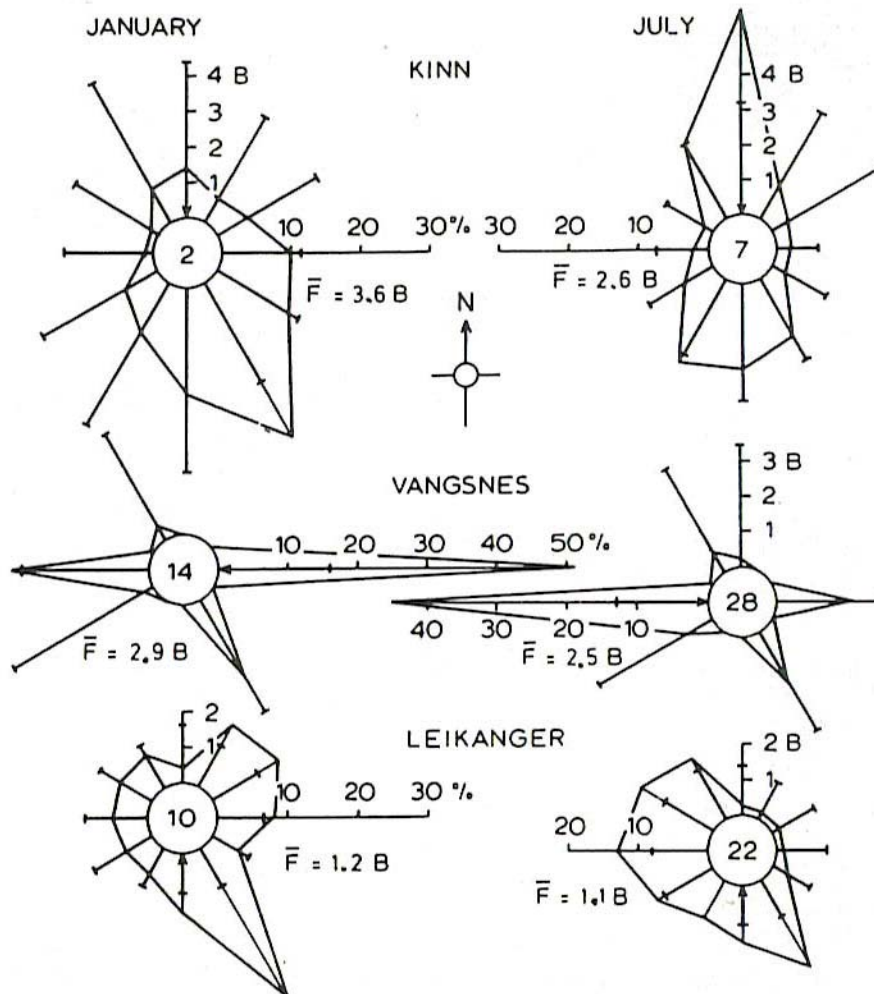
Tabell 5. Mengde husdyrgjødsel fra ulike dyreslag i ulike fylker i 2008, oppgitt i tonn per år. Tallene er estimert ut fra dyretall per 1. januar 2008 (Statistisk Sentralbyrå 2008, Morken pers. opplysning).

Fylke	Storfe	Gris	Sau/geit	Andre dyr	Totalt
Østfold	151 000	307 000	3 000	96 000	557 000
Oslo og Akershus	148 000	188 000	8 000	40 000	384 000
Hedmark	426 000	445 000	46 000	92 000	1 009 000
Oppland	803 000	309 000	90 000	27 000	1 229 000
Buskerud	169 000	50 000	36 000	29 000	284 000
Vestfold	90 000	272 000	3 000	46 000	411 000
Telemark	83 000	70 000	23 000	16 000	192 000
Aust-Agder	63 000	31 000	12 000	10 000	116 000
Vest-Agder	165 000	26 000	20 000	12 000	223 000
Rogaland	1 185 000	960 000	155 000	127 000	2 427 000
Hordaland	330 000	68 000	82 000	26 000	506 000
Sogn og Fjordane	424 000	59 000	86 000	11 000	580 000
Møre og Romsdal	645 000	67 000	54 000	20 000	786 000
Sør-Trøndelag	665 000	103 000	50 000	54 000	872 000
Nord-Trøndelag	768 000	561 000	34 000	60 000	1 423 000
Nordland	485 000	153 000	74 000	14 000	726 000
Troms	136 000	32 000	54 000	6 000	228 000
Finnmark	67 000	7 000	9 000	2 000	85 000
Sum	6 803 000	3 708 000	839 000	688 000	12 038 000

Tabell 6. Vanndampens metningstrykk i luft

Tabell A 3. Vanndampens metningstrykk i luft (hPa) like over en vannflate, $e^*_{(T)}$, og over en isflate, $e^*_{(T)is}$, og tilsvarende absolutt fuktighet ($g\ m^{-3}$) over vann, $\rho^*_{(T)}$, ved lufttemperaturer fra $-40^\circ C$ til $39^\circ C$.

T	$e^*_{(T)}$	$e^*_{(T)is}$	$\rho^*_{(T)}$	T	$e^*_{(T)}$	$\rho^*_{(T)}$	T	$e^*_{(T)}$	$\rho^*_{(T)}$
-40		0,13		0	6,11	4,85	20	23,37	17,30
-35		0,22		1	6,57	5,20	21	24,96	18,35
-30		0,38		2	7,05	5,56	22	26,43	19,44
-25	0,81	0,63	0,70	3	7,98	5,96	23	28,08	20,59
-20	1,25	1,03	1,07	4	8,13	6,37	24	29,83	21,79
-15	1,91	1,65	1,60	5	8,72	6,81	25	31,67	23,05
-14	2,08	1,81	1,73	6	9,35	7,27	26	33,61	24,39
-13	2,26	1,98	1,87	7	10,01	7,76	27	35,65	25,79
-12	2,45	2,17	2,03	8	10,72	8,27	28	37,79	27,24
-11	2,65	2,38	2,18	9	11,47	8,82	29	40,05	28,78
-10	2,86	2,60	2,36	10	12,27	9,40	30	42,43	30,38
- 9	3,10	2,84	2,54	11	13,12	10,02	31	44,93	32,07
- 8	3,35	3,10	2,74	12	14,02	10,66	32	47,55	33,83
- 7	3,62	3,38	2,95	13	14,97	11,35	33	50,31	35,68
- 6	3,91	3,68	3,17	14	15,97	12,07	34	53,20	37,61
- 5	4,22	4,01	3,41	15	17,04	12,83	35	56,23	39,63
- 4	4,55	4,37	3,66	16	18,17	13,63	36	59,42	41,75
- 3	4,90	4,76	3,93	17	19,37	14,48	37	62,76	43,96
- 2	5,28	5,17	4,22	18	20,63	15,37	38	66,26	46,26
- 1	5,68	5,62	4,52	19	21,96	16,31	39	69,93	48,67



Figur 2. Utklipp fra (Utaaker 1991) som viser hyppigheten av ulike vindretninger og tilsvarende midlere vindstyrke

Appendix 2



1
2 **Bilde 1 Tankvogn med breispreder**
3



9
10 **Bilde 4 Nedfeller, DGI (Direct Ground Injection)**
11



4
5 **Bilde 2 Stripespreder montert på tankvogn**
6



12
13 **Bilde 5 Tankvogn med kanonspreder i tettbebyggelse**
14



7
8 **Bilde 3 Stripespreder med slepeslange**



15
16 **Bilde 6 For store mengder husdyrgjødsel spredd**
17 **på eng med kanonspreder**

18 **Referanser**

19 References

- 20
- 21 AID 2008, *Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (Arbeidsmiljøloven)*,
 22 Arbeids- og inkluderingsdepartementet. <http://www.lovdatab.no/all/hl-20050617-062.html>.
- 23 AT 2002a, *Arbeidsmiljølovens anvendelse på virksomhet i jordbruk og skogbruk som ikke*
 24 *sysselsetter arbeidstaker*. <http://www.arbeidstilsynet.no/c26981/forskrift/vis.html?tid=27977>,
 25 Forskrift til arbeidsmiljøloven best. nr. 462.
- 26 AT 2002b, *Vern mot eksponering for biologiske faktorer (bakterier, virus, sopp m.m.) på*
 27 *arbeids-plassen (Forskrift om biologiske faktorer)*,
 28 <http://www.arbeidstilsynet.no/binfil/download.php?tid=27826>, Forskrift til arbeidsmiljøloven
 29 best. nr. 550.
- 30 AT 2007, *Veiledning om administrative normer for forurensning i arbeidsatmosfære*,
 31 <http://www.arbeidstilsynet.no/c26983/veiledning/vis.html?tid=28034>, Veiledning til
 32 arbeidsmiljøloven best. nr. 361.
- 33 AT 2008, *Døde etter næring og type ulykke 2004, 2005, 2006, 2007 og 2008*.
- 34 CEN 1993, *Workplace atmospheres. Size fractions definition procedures for measurement of*
 35 *airborne particles (EN481)*, Comité Européen de Normalisation (CEN), Brussels, Belgium.
- 36 Cook, N., Bridger, J., Kendall, K., Gomara, M. I., El Attar, L., & Gray, J. 2004, "The zoonotic
 37 potential of rotavirus", *J Infect.*, **48**, 289-302.
- 38 Eduard, W. 2007, *The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from*
 39 *Chemicals. 139. Fungal spores. Arbete och Hälsa 2006; 21:1-145*,
 40 http://gupea.ub.gu.se/dspace/bitstream/2077/4359/1/ah2006_21.pdf.
- 41 Fabbi, M., Pastoris, M. C., Scanziani, E., Magnino, S., & Di Matteo, L. 1998,
 42 "Epidemiological and environmental investigations of Legionella pneumophila infection in
 43 cattle and case report of fatal pneumonia in a calf", *J Clin.Microbiol*, **36**, 1942-1947.
- 44 Gundersen, G. I. & Rognstad, O. 2001, *Lagring og bruk av husdyrgjødsel*, Statistisk
 45 sentralbyrå, Oslo, Rapport 2001/39.
- 46 Hamnes, I. S. 2008, *Cryptosporidium and Giardia in selected domestic and wild animal*
 47 *species in Norway*, Thesis for the degree of Philosophiae Doctor. ISBN 978-82-7725-156-1,
 48 Norges Veterinærhøgskole, Oslo.
- 49 Hamnes, I. S., Gjerde, B., & Robertson, L. 2006, "Prevalence of Giardia and Cryptosporidium
 50 in dairy calves in three areas of Norway", *Veterinary Parasitology*, **140**, 204-216.
- 51 Hamnes, I. S., Gjerde, B. K., Forberg, T., & Robertson, L. J. 2007, "Occurrence of
 52 Cryptosporidium and Giardia in suckling piglets in Norway", *Veterinary Parasitology*, **144**,
 53 222-233.
- 54 Heldal, K. K. & Eduard, W. 2004, "Associations between acute symptoms and bioaerosol
 55 exposure during the collection of household waste", *Am J Ind.Med*, **46**, 253-260.

- 56 Hofshagen, M., Nygård, K., & Hauge, K. 2008, *Zonnoserapporten 2007*, Veterinærinstituttet,
57 Oslo, ISSN 1502-5713.
- 58 Hutchison, M. L., Avery, S. M., & Monaghan, J. M. 2008, "The air-borne distribution of
59 zoonotic agents from livestock waste spreading and microbiological risk to fresh produce
60 from contaminated irrigation sources", *J Appl.Microbiol*, **105**, 848-857.
- 61 Hutchison, M. L., Walters, L. D., Moore, A., & Avery, S. M. 2005a, "Declines of zoonotic
62 agents in liquid livestock wastes stored in batches on-farm", *J Appl.Microbiol*, **99**, 58-65.
- 63 Hutchison, M. L., Walters, L. D., Moore, A., Crookes, K. M., & Avery, S. M. 2004, "Effect of
64 length of time before incorporation on survival of pathogenic bacteria present in livestock
65 wastes applied to agricultural soil", *Appl.Environ.Microbiol*, **70**, 5111-5118.
- 66 Hutchison, M. L., Walters, L. D., Moore, T., Thomas, D. J., & Avery, S. M. 2005b, "Fate of
67 pathogens present in livestock wastes spread onto fescue plots", *Appl.Environ.Microbiol*, **71**,
68 691-696.
- 69 Johannessen, G. S., Torp, M., Robertson, L., Kruse, H., & Loncarevic, S. 2001, *Mikrobiell*
70 *status i frukt og grønnsaker.*, Oslo, Rapport til SNT.
- 71 Johannessen, G. S., Bengtsson, G. B., Heier, B. T., Bredholt, S., Wasteson, Y., & Rorvik, L.
72 M. 2005, "Potential uptake of Escherichia coli O157:H7 from organic manure into crisphead
73 lettuce", *Appl Environ Microbiol*, **71**, 2221-2225.
- 74 Johannessen, G. S., Froseth, R. B., Solemdal, L., Jarp, J., Wasteson, Y., & Rorvik, M. 2004,
75 "Influence of bovine manure as fertilizer on the bacteriological quality of organic Iceberg
76 lettuce", *J Appl.Microbiol*, **96**, 787-794.
- 77 Johnsen, G., Zimmerman, K., Lindstedt, B. A., Vardund, T., Herikstad, H., & Kapperud, G.
78 2006, "Intestinal carriage of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli* among cattle from
79 south-western Norway and comparative genotyping of bovine and human isolates by
80 amplified-fragment length polymorphism", *Acta Vet.Scand*, **48**, 4.
- 81 Kapperud, G., Lønmo, O. M., Styrmo, K., Gregusson, S., Melby, K., & Vardund, T. 2000,
82 *Two outbreaks of Campylobacter after a bicycle race - mud splutter as infection source?*,
83 Norwegian Institute of Public Health, Norway, Commun.Dis. Rep. **28**, (In Norwegian).
- 84 Landbruks- og Matdepartementet 2003, *Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk*
85 *opphav.*
- 86 Landbruks- og Matdepartementet 2008, *Forskrift om tilskudd til miljøvennlig spredning*
87 *av husdyrgjødsel.*
- 88 Melbostad, E. & Eduard, W. 2001, "Organic dust-related respiratory and eye irritation in
89 Norwegian farmers", *Am J Ind.Med*, **39**, 209-217.
- 90 Melbostad, E., Eduard, W., Skogstad, A., Sandven, P., Lassen, J., Sostrand, P., & Heldal, K.
91 1994, "Exposure to bacterial aerosols and work-related symptoms in sewage workers", *Am J*
92 *Ind.Med*, **25**, 59-63.

- 93 Miljøstyrelsen 2001, *Risikovurdering ved anvendelse af vandingskanoner til udspreddning af*
94 *gylle fortyndet med vand*, www.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-564-0/html,
95 Miljøprojekt nr. 606.
- 96 Mushawar, I. K. 2008, "Hepatitis E virus: molecular virology, clinical features, diagnosis,
97 transmission, epidemiology and prevention.", *J Med Virol*, **80**, 646-658.
- 98 NORM-NORM-VET 2007 2008, *Usage of antimicrobial agents and occurrence of*
99 *antimicrobial resistance in Norway*, Oslo / Tromsø.
- 100 Nygard, K., Vold, L., Robertson, L., & Lassen, J. 2003, "[Are domestic Cryptosporidium and
101 Giardia infections in Norway underdiagnosed?]", *Tidsskr.Nor.Laegeforen.*, **123**, 3406-3409.
- 102 Pesaro, F., Sorg, I., & Metzler, A. 1995, "In situ inactivation of animal viruses and a
103 coliphage in nonaerated liquid and semiliquid animal wastes", *Appl.Environ.Microbiol*, **61**,
104 92-97.
- 105 Pilon, J., Higgins, R., & Quessy, S. 2000, "Epidemiological study of Yersinia enterocolitica in
106 swine herds in Quebec", *Can.Vet.J*, **41**, 383-387.
- 107 Reuter, G., Fodor, D., Forgách, P., Kátai, A., & Szücs, G. 2009, "Characterization and
108 zoonotic potential of endemic hepatitis E virus strains in humans and animals in Hungary. ,
109 **44**, 277-281.", *J Clin Virol.*, **44**, 277-281.
- 110 Tveitnes, S., Baruset, A., Bærug, R., & Nesheim, L. 1993, *Husdyrgjødse*., Statens
111 fagtjeneste for landbruket.
- 112 Utaaker, K. 1991, *Mikro -og lokalmeteorologi* Alma Mater forlag AS 1991.
- 113 Wallace, J. M. & Hobbs, P. V. 1997, *Atmospheric Science, an introductory survey* Academic
114 Press Inc..
- 115 Wasteson, Y., Johannessen, G. S., Bruheim, T., Urdahl, A. M., O'Sullivan, K., & Rorvik, L.
116 M. 2005, "Fluctuations in the occurrence of Escherichia coli O157:H7 on a Norwegian
117 farm*", *Lett.Appl.Microbiol*, **40**, 373-377.
118
119