



# OVERDÆKNING AF GYLLE

Redegørelse, opdatering og vurdering af videnskabelig dokumentation

# Overdækning af gylle

Redegørelse, opdatering og vurdering af videnskabelig dokumentation

Af Martin Nørregaard Hansen, AgroTech

## INDHOLD

---

INDHOLD .....	2
Baggrund .....	3
Ammoniakfordampning .....	3
Lugt .....	4
Overdækningens effekt på emissioner af gasser fra gyllelagre .....	4
Faste overdækningstyper .....	5
Teltoverdækning .....	5
Betondæk .....	6
Flydedug .....	7
Vurdering af Teknologilistens nuværende miljøeffekt af fast overdækning .....	9
Tætte overdækningstyper .....	10
Organiske overdækningstyper .....	10
Letklinker (LECA) .....	11
Vurdering af Teknologilistens nuværende miljøeffekt af tætte overdækningstyper .....	12
Andre teknologier der kan sidestilles med overdækning af gyllebeholdere .....	13
Flydebrikker .....	13
Forsuring af gylle .....	14
Vurdering af Teknologilistens nuværende miljøeffekt af forsuring .....	16
Referencer .....	17

## BAGGRUND

---

I husdyrgødningsbekendtgørelsens § 20 er der krav om overdækning af flydende husdyrgødning (overdækningskrav). For nuværende er flydelag og fast overdækning optaget på Teknologilisten. Listen angiver miljøeffekten af disse teknologier, som er det effektkrav, der skal opfyldes af teknologi, der ønskes anvendt i stedet for disse.

Fra 1/1 2013 skal teknologi på Teknologilisten have en VERA-erklæring eller tilsvarende dokumentation. Da der endnu ikke er gennemført VERA-tests for hverken tætte eller faste overdækningstyper, ønskes der en vurdering af den eksisterende dokumentation for miljøeffekten af disse. Analysen skal afdække det eksisterende dokumentationsniveau for teknikkernes ammoniak- og lugtreducerende effekt med kildeangivelse. Analysen skal redegøres for antallet af gennemførte undersøgelser med opsummering af data. Desuden skal data holdes op mod test gennemført efter den respektive VERA-testprotokol. Desuden skal rimeligheden af det nuværende effektkrav ift. sidestilling med overdækningskrav, vurderes med baggrund i indsamlede data.

### Ammoniakfordampning

Nedfald af kvælstof fra atmosfæren har flere uønskede effekter på miljøet. Nedfaldet i Danmark stammer primært fra udledninger af NO<sub>x</sub> og ammoniak til atmosfæren. Mens NO<sub>x</sub> primært dannes ved afbrænding af fossile brændstoffer, stammer ammoniakfordampningen næsten udelukkende fra landbruget.

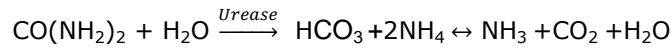
Ammoniakfordampningen fra landbruget påvirker følsomme naturområder som heder, overdrev og næringsfattige søer og vandløb. Der er derfor ønske om, at nedfaldet af ammoniak til disse områder ikke må overstige det, disse områder kan tåle. Endvidere deponeres en betydelig del af det fordampede ammoniak i havet, hvor den øgede kvælstoftilførsel har en negativ effekt på vandmiljøet (Ellermann et al., 2007).

Landbrugsproduktion er estimeret til at bidrage med ca. 97 % af ammoniakfordampningen i Danmark (Gyldenkerne & Mikkelsen, 2007). Husdyrgødningen er den vigtigste kilde til udledning af ammoniak, og tidligere undersøgelser har estimeret, at husdyrgødningen bidrager med mellem 70 og 80 % af Danmarks udledning af ammoniak (Hansen et al., 1992; Andersen et al., 1999; Mikkelsen et al., 2005; Gyldenkerne & Mikkelsen, 2007).

Ammoniakfordampningen fra husdyrgødningen finder sted fra husdyrgødning, der lagres i henholdsvis stald og lager, samt i forbindelse med udbringning. En tidligere redegørelse har således opgjort, at fordampningen af ammoniak fra henholdsvis stald, lager og udbringning udgør 35, 23, og 38 % af den samlede beregnede emission fra husdyrgødning, mens ca. 5 % af fordampningen finder sted fra husdyrgødning afsat fra dyr på græs (Hansen et al., 1992). Håndteringen af husdyrgødning er derfor i fokus, når ammoniakemissionen ønskes reduceret nationalt og lokalt.

Ammoniakfordampningen fra husdyrgødning skyldes fordampningen af kvælstofindholdet i den udskildte gødning. Kvæg og svin afsætter som andre pattedyr gødning i form af henholdsvis urin og fæces. Hovedparten af kvælstofindholdet i fæces forefindes som organisk bundet kvælstof primært i form af protein. Det organiske bundne kvælstof mineraliseres mikrobielt til ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), som står i ligevægt med ammoniak (NH<sub>3</sub>). Processen er dog forholdsvis langsom, specielt ved lave temperaturer, hvilket betyder, at under normale forhold er urinen den mest betydende kilde til ammoniaktabet.

Hovedparten af kvælstofindholdet i urin udskilles som urea (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>). Kvælstof på ureaform er ikke flygtigt, men mikroorganismer som bl.a. findes i jord og fæces udnytter energiindholdet i urea ved at udskille enzymet urease som hydrolyserer urea til ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Den dannede ammonium er i kemisk ligevægt med ammoniak (NH<sub>3</sub>), som er flygtbar.



Under lagring af gylle fordamper den dannede ammoniak løbende fra gyllens overflade. Fordampningsraten afhænger af en række faktorer, hvoraf gyllens temperatur, overfladeareal, ammonium ( $\text{NH}_4$ ) indhold, og pH er de vigtigste. Fordampningen af ammoniak er lav ved lave temperaturer. Dette indvirker på den relative effekt af overdækningsteknologier, dels fordi emissionen kan blive så lav, at den ikke kan bestemmes præcist, og dels fordi effekten af overdækningsteknologier ofte vil være korreleret med gyllens temperaturforhold.

## Lugt

Måling af lugt er problematisk, fordi lugt er en subjektiv sansning af et meget stort antal kemiske stoffer i kombination. Bestemmelse af lugtkoncentration foregår derfor ofte ved hjælp af menneskeligt lugtpanel, som afgør hvor mange gange en lugtprøve skal fortyndes før den ikke længere kan adskilles fra en ikke lugtende luftprøve (olfaktometri). I praksis udtages en luftprøve med lugtstofferne i en pose, som sendes til analyse ved lugtpanelet. Lugtkoncentrationen opgøres normalt som lugtenheder, hvor antallet af lugtenheder svarer til det antal gange en lugtprøve skal fortyndes, før netop 50 % af paneldeltagerne kan lugte prøverne. Olfaktometri er behæftet med en række usikkerhedsfaktorer:

- Prøvetagningen er usikker
- Lugtstoffer "tabes" i poserne under transport
- Lugtstoffer tabes i fortyndingssystemet på laboratoriet
- Analysen er dyr, og derfor gennemføres undersøgelser med et lavt antal gentagelser
- Stor tilfældig variation, f.eks. stor variation mellem laboratorier.

De refererede undersøgelser er derfor typisk kendetegnet ved store usikkerheder. Olfaktometri er dog stadig den mest udbredte metode til at fastlægge lugtkoncentrationer, da der stadig ikke findes en klar sammenhæng mellem koncentrationen og kombination af specifikke lugtstoffer og den menneskelige lugtopfattelse.

## Overdækningens effekt på emissioner af gasser fra gyllelagre

Overdækning indvirker markant på gas emissioner fra gyllelagre. VanderZaag et al. (2008) lister følgende tre årsager til dette.

- 1) Overdækningslaget reducerer diffusionen af gasser fra væskefasen ved at danne en fysisk barriere eller ved at skabe et substrat der biologisk eller kemisk kan binde gasserne. Dette begrænser koncentrationsgradienten i og over gyllen og dermed diffusionshastigheden.
- 2) Overdækningslaget kan begrænse den turbulente transport i væskelaget ved at reducere vindpåvirkningen og varmetabet fra overfladelaget.
- 3) Overdækningslaget kan begrænse transporten af gasser i bobler, idet overfladelaget kan bryde eller stoppe boblerne, således at gasserne "tvinges" til at transporteres ved diffusion gennem grænselaget.

Det er derfor vigtigt om gyllen er overdækket eller ej, da et fysisk overdækningslag begrænser hastigheden og omfanget af transporten af gasmolekyler fra væskefasen til den overliggende luftfase.

Overdækningslaget kan bestå af et naturligt flydelag, som ofte dannes naturligt, eller som kan dannes ved at der tilføres halm, LECA-nødder eller lignende på gyllens overflade. Alternativt kan gyllelageret overdækkes med plast eller plastelementer, som flyder på gyllens overflade, eller med et telt som rejses over gyllelageret. Med henblik på at begrænse udledningen af ammoniak og lugt fra gyllelagre er der indført en række kravspecifikationer vedrørende overdækningskrav til gylleop-

bevaring. Disse er beskrevet i husdyrgødningsbekendtgørelsen, som beskrives nærmere i det følgende.

I henhold til § 20, stk. 1 i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 764 af 28. juni 2012 om erhvervs-mæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. skal beholdere for flydende husdyrgødning (gylle) være forsynet med fast overdækning med henblik på at reducere lugtgener og ammoniakfordampning (Husdyrgødningsbekendtgørelsen, 2012). Den faste overdækning kan bestå af flydedug, telt-overdækning eller låg.

Husdyrgødningsbekendtgørelsen giver dog, forudsat at beholderen er placeret i tilstrækkelig afstand fra bebyggelser og beskyttede naturtyper, mulighed for at undlade fast overdækning i følgende tilfælde:

- 1) Ved anvendelse af ammoniakreducerende tiltag på den flydende husdyrgødning (f.eks. for-suring) eller anden teknologi, der er optaget på Miljøstyrelsens teknologiliste (Husdyrgød-ningsbekendtgørelsen, 2012, § 20, stk. 1).
- 2) Ved etablering af tæt overdækning, f.eks. i form af naturlig flydelag eller anden tæt over-dækning, der er optaget på Miljøstyrelsens teknologiliste som en teknologi, der kan erstat-te flydelag (Husdyrgødningsbekendtgørelsen 2012, § 20, stk. 3). Tæt overdækning i form af naturligt flydelag kan erstatte fast overdækning, såfremt der føres logbog. Logbogen skal sikre, at der er tilstrækkelig flydelag på beholderen, at det kan betragtes som tæt overdækning.

Lovgivningsmæssigt gives der dermed følgende to overdækningsmuligheder:

- Fast overdækning i form af flydedug, teltoverdækning eller lignende.
- Tæt overdækning i form af naturligt flydelag, halm, letklinker (LECA) eller lignende.

De miljømæssige effekter samt drifts- og økonomiforhold ved fast overdækning er bl.a. beskrevet i et af Miljøstyrelsens teknologiblade; Fast overdækning af gyllebeholdere (Miljøstyrelsen, 2010a), mens driftsforhold og miljøeffekter af en række tætte overdækningstyper som eksempelvis halm, LECA og flydebrikker er beskrevet i en række af Miljøstyrelsens teknologiudredninger (Miljøstyrelsen, 2010b, 2010c, 2010d).

I det følgende gives en opdateret redegørelse og vurdering af den viden, der ligger til grund for de nuværende teknologiblade samt en vurdering de overdækningstyper, der pt. er på Miljøstyrelsens teknologiliste.

## **FASTE OVERDÆKNINGSTYPER**

---

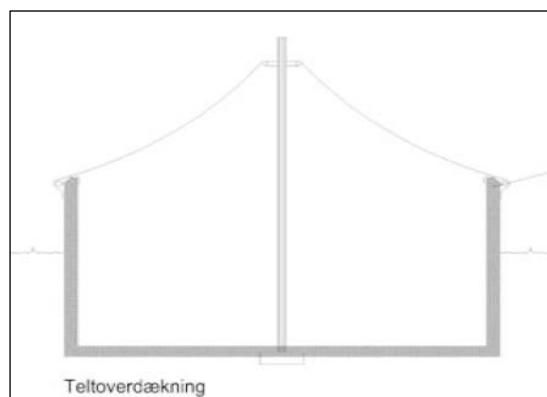
I henhold til husdyrgødningsbekendtgørelsen (2012) skal beholdere for flydende husdyrgødning (gylle) være forsynet med fast overdækning med henblik på at reducere lugtgener og ammoniakfordampning. Den faste overdækning kan bestå af teltoverdækning, flydedug eller låg. I det følgende gives der en opdateret redegørelse og vurdering for hver af de nævnte overdækningstyper, som indgår i det teknologiblade, der er udarbejdet for fast overdækning af gyllebeholdere (Miljøstyrelsen, 2010a).

### **Teltoverdækning**

En teltoverdækning er en tæt overdækning bestående af kunststof, der udspændes som et telt over gyllebeholderen. Gyllebeholderen forsynes med en høj centermast af beton, metal eller træ, hvorefter teltdugen spændes ud mellem masten og beholderens elementer (Figur 1). Telt-overdækning er i dag almindelig udbredt og anvendes i stigende omfang. Teltoverdækning er

specielt udbredt i forbindelse med overdækning af svinegylle og afgasset gylle, da disse gylletyper har mindre tendens til at danne et naturligt flydelag end eksempelvis kvæggylle.

Der er hverken nationalt eller internationalt gennemført undersøgelser af teltoverdækningens miljømæssige effekter. Der er dog i forbindelse med en teknologiudredning gennemført af Danmarks Jordbrugsforskning vurderet, at telt- såvel som betonoverdækning begrænser lugtgener fra gyllelagre, og at overdækningen reducerer ammoniakfordampningen med 90 %, sammenlignet med gylle, der ikke er dækket af naturligt flydelag eller anden overdækning (Udredningsrapport for teknologier, 2006). Denne vurdering bygger på, at teltoverdækning begrænser luftskiftet over gyllen. Dette reducerer vindhastigheden og øger ammoniakkoncentrationen i luften over gyllen, hvilket reducerer potentialet for ammoniaktab (Ni, 1999; Olesen & Sommer, 1993). På baggrund af dette, er det vurderet, at fast overdækning i form af telt eller betonlåg reducerer ammoniakfordampningen fra gylletanke med 50 % sammenlignet med et referencebeholdersystem dækket med naturligt flydelag (Miljøstyrelsen, 2010a).



Figur 1. Eksempel på teltoverdækning af en gyllebeholder. Til højre ses et skematisk udsnit af overdækningsprincippet.

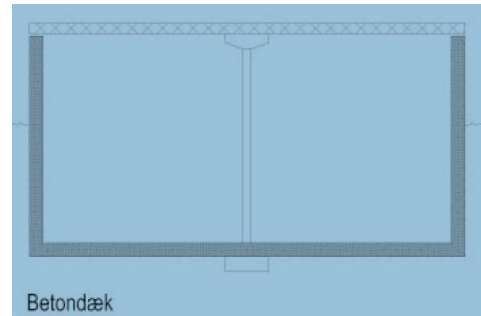
### Vurdering af datagrundlaget

Miljøeffekten af teltoverdækning er ikke dokumenteret i danske eller udenlandske undersøgelser. Effekten af overdækningstypen kan derfor alene vurderes på baggrund af tilsvarende undersøgelser gennemført på andre faste overdækningstyper.

Teltoverdækning reducerer emissionspotentialet, men vil ikke sikre en fuldstændig hindring af ammoniakfordampningen, bl.a. fordi overdækningen ikke må være fuldstændig tæt, da det kan føre til så høje metan koncentrationer, at det kan medføre risiko for selvantænding (Rom HB., 1996). Teltoverdækning vurderes som nævnt at begrænse udledningen af lugt og ammoniak fra gyllelagre. Den præcise miljøbegrænsende effekt kan ikke fastlægges på det nuværende dokumentationsgrundlag, men vurderes at være på niveau med den reduktion, der kan opnås ved overdækning med betondæk og flydedug.

### Betondæk

Et betondæk er et betonlåg, der dækker gyllebeholderen (Figur 2). Betondækket vil typisk være understøttet af en eller flere betonsøjler afhængig af beholderens diameter. Betondæk anvendes hovedsageligt til mindre beholdere, da prisen ved store beholdere er uforholdsmæssig høj.



Figur 2. Eksempel på betondæk overdækning af gyllebeholder. Betondækket hviler på gyllebeholderens sider og en eller flere betonsøjler. Skitsen til højre viser overdækningsprincippet.

### Vurdering af datagrundlaget

Den miljømæssige effekt af betondæk er ikke undersøgt. Der er dog gennemført enkelte undersøgelser, hvor en betonoverdækning er simuleret ved overdækning med trælæg eller tilsvarende. Undersøgelserne viser, at overdækning med trælæg reducerer ammoniak-fordampningen med mellem 14 og 100 % sammenlignet med fordampningen fra gylle, som ikke er overdækket med flydelag eller anden overdækning (Amon et al., 2007, Sommer et al., 1993). Undersøgelserne er gennemført i beholderstørrelser, der modsvarer kravene i VERA protokollen, men opfylder ikke alle kravene i VERA protokollen. De nærmere forsøgs- og resultatmæssige forhold kan ses i tabel 1.

Tabel 1. Forsøgsforhold og miljømæssige effekter af fast overdækning af gyllebeholdere med trælæg.

Kilde	Amon et al., 2006	Amon et al., 2006	Amon et al., 2007	Amon et al., 2007	Sommer et al., 1993	Sommer et al., 1993
Gødningstype	Kvæggylle	Kvæggylle	Svinegylle	Svinegylle	Kvæggylle	Svinegylle
Lagerstørrelse, m <sup>3</sup>	10	10	10	10	4,3	4,3
Overdækningstype	Trælæg (wodden lid)	Trælæg (wodden lid)	? (solid cover)	? (solid cover)	Trælæg (wodden cover)	Trælæg (wodden cover)
Årstid	Vinter	Sommer	Vinter	Sommer	Forår og sommer	Efterår og sommer
Målt ammoniak reduktion ift. flydelagsdækket gylle, %	28	46				
Målt ammoniak reduktion ift. udækket gylle, %			14	28	97-99	95-100
Målt Lugt og støvreduktion, %	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt
VERA niveau	Nej.	Nej.	Nej	Nej	Nej	Nej
Mangler i forhold til VERA testniveau	Måleperiodens længde <sup>1</sup> Antal replikater <sup>2</sup>	Måleperiodens længde <sup>1</sup> Antal replikater <sup>2</sup>	Antal replikater <sup>2</sup> Målesystem <sup>6</sup>	Antal replikater <sup>2</sup> Målesystem <sup>6</sup>	Antal replikater <sup>2</sup>	Antal replikater <sup>2</sup>

1) Måleperioden er kortere end de 30 dage anført i VERA protokollen.

2) Antallet af replikater er lavere end de to anført i VERA protokollen.

3) Undersøgelsen er ikke gennemført ved såvel sommer og forårs/efterårsforhold som anført i VERA-protokollen.

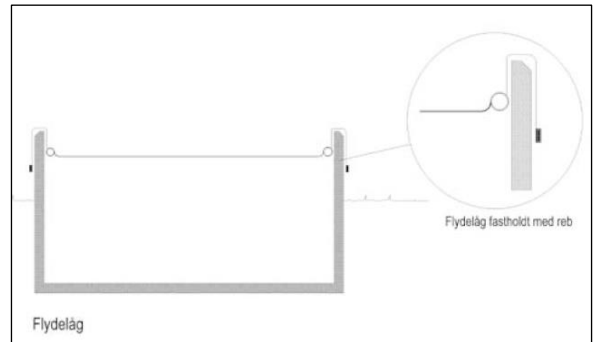
6) Målesystem er ikke opgivet.

### Flydedug

En flydedug er en kunststofdug, som flyder direkte ovenpå gyllen og følger gyllens bevægelser op og ned. Dugen skræddersyes til beholderen og er ofte forsynet med en opbukket flydbar kant, der



skal slutte tæt til beholderens indvendige side.



Figur 3. Eksempel på flydedugsoverdækning af gyllebeholder. Flydedugen flyder direkte på gylleoverfladen. Skitsen til højre viser overdækningsprincippet.

Der er meget begrænsede erfaringer med flydedug som overdækning i Danmark. Der har tidligere været få producenter/forhandlere af denne type overdækninger, men på grund af ulemper, såsom håndtering af flydedugen ved tømning og omrøring samt kæntring ved snetryk (Rasmussen et al. 2001), er det en teknologi, der i dag kun benyttes i meget begrænset omfang. Ved overdækning flydedug kan der ske en opløftning af dugen pga. den metan produktion, der løbende finder sted i lageret. Flydedugen skal derfor indrettes med ventilationsventiler for at forhindre at dugen letter fra gyllens overflade.

De miljømæssige effekter af flydedugsdækning er undersøgt i nogle få danske og udenlandske undersøgelser. Scotford og Williams (2001) sammenlignede ammoniakfordampningen fra et lager med udækket gylle med et gyllelager overdækket med flydedug, ved at placere et dynamisk målekammersystem direkte på flydedugen. De var ikke i stand til at bestemme den præcise effekt af overdækningen, men vurderede, at overdækningen stort set forhindrede ammoniakfordampningen fra lageret.

Portejoie et al. (2003) sammenlignede i et laboratorieforsøg ammoniakfordampningen fra ikke overdækket gylle og gylle overdækket med plastfolie. De fandt, at plastoverdækningen reducerede ammoniakfordampningen med 99 % sammenlignet med ingen overdækning. Undersøgelsen blev dog gennemført på meget små gyllemængder (5 l) og ved en fuldstændig tæt overdækning, resultaterne kan derfor ikke direkte overføres til praktiske forhold. De nærmere forsøgs- og resultatmæssige forhold af disse og tilsvarende kan ses i tabel 2.

Tabel 2. Forsøgsforhold og miljømæssige effekter af overdækning af gyllebeholdere med flydedug.

Kilde	Scotford et al., 2001	Portejoie et al., 2003	Bicudo et al., 2004	Sommer et al., 1993	Sommer et al., 1993
Gødningstype	Svinegylle	?	Svinegylle	Kvæggylle	Svinegylle
Lagerstørrelse, m <sup>3</sup>	1.000	0,005	>3.000		
Overdækningstype	Plastflydedug (polyethylen)	Plastfolie	Geotextil (Biocap)	PVC coated Polyester	PVC coated Polyester
Årstid	?	?	Sommer	Forår og sommer	Efterår og sommer
Målt ammoniakreduktion ift. gylle overdækket med naturligt flydelag, %	-	-	29-45	-	-
Målt ammoniakreduktion ift. til udækket gylle, %	Høj ~100 %	99	-	74-93	91-98
Lugtreduktion, %	Ikke bestemt	Ikke bestemt	51	Ikke bestemt	Ikke bestemt
Støv, %	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt
VERA niveau	Nej.	Nej.	Nej	Nej	Nej
Mangler i forhold til VERA test-niveau	Måleperiodens længde <sup>1</sup> Målesystem <sup>4</sup>	Måleperiodens længde <sup>1</sup> Lagringssystemets størrelse <sup>5</sup>	Antal replikater <sup>2</sup> Måleperioder <sup>3</sup>	Antal replikater <sup>2</sup>	Antal replikater <sup>2</sup>

1) Måleperioden er kortere end de 30 dage anført i VERA protokollen.

2) Antallet af replikater er lavere end to som anført i VERA protokollen.

3) Undersøgelsen er ikke gennemført ved såvel sommer og forårs/efterårsforhold som anført i VERA-protokollen.

4) Målesystemet er ikke listet i VERA protokollen.

5) Volumen af det benyttede lagringssystem er lavere end de 4 m<sup>3</sup> anført i VERA protokollen.

## Vurdering af Teknologilistens nuværende miljøeffekt af fast overdækning

Fast overdækning af gyllebeholdere er såvel i Husdyrgødningsbekendtgørelsen (2012) som i teknologibladet (Miljøstyrelsen, 2010a) defineret til at omfatte telt, betonlåg og flydedugsdækning. Dokumentationen af miljøeffekten er gennemført på flydedug og betonlåg, mens det i praksis kun er teltoverdækningen, der i dag benyttes af praktiske og økonomiske årsager (Miljøstyrelsen, 2010a). Det vurderes, at den dokumentation, der er gennemført på flydedug og betonlåg, er dækkende for teltoverdækning, forudsat at teltoverdækningen slutter tæt til beholderkanten og ikke har åbninger/utætheder udover de lovpligtige.

De gennemførte undersøgelser viser, at ammoniakfordampningen fra gylle overdækket med et naturligt flydelag reduceres med mellem 28 og 46 % ved fast overdækning af gyllebeholderen, mens ammoniakfordampningen fra gylle, som ikke er overdækket, reduceres med mellem 14 og 100 % (tabel 1 og tabel 2).

I Miljøstyrelsens teknologiliste er ammoniakeffekten af fast overdækning af gyllebeholdere anført til 50 % af ammoniaktab fra lager. Ved antagelse af at ammoniakfordampningen fra gyllelagre reduceres med 80 % når gyllen er overdækket med et naturligt flydelag (Miljøstyrelsen, 2010b) betyder dette, at en fast overdækning af gyllebeholderen reducerer ammoniakfordampningen fra gylle, der ikke er dækket med et naturligt flydelag eller andet, med 90 %.

På Miljøstyrelsens Teknologiliste er ammoniakeffekten af et flydedug (står opført på Teknologilisten som flydebarriere) anført til 25 %, hvilket er lavere end den anførte ammoniakeffekt af øvrige faste

overdækningstyper. Forudsat at flydeduggen dækker hele gylleoverfladen, vurderes miljøeffekten af flydedug at være på niveau med effekten af øvrige faste overdækningstyper (telt og betonlåg).

Ingen af de gennemførte undersøgelser opfylder testniveauerne i VERA protokollen for overdækning af husdyrgødning (VERA test protocol, 2009). De gennemførte undersøgelser viser desuden en betydelig variation på effekten af fast overdækning, hvilket bl.a. skyldes forskelle i metoder, overdækningstyper og ikke mindst valg af referencesystem. Undersøgelserne viser dog entydigt, at fast overdækning reducerer ammoniakfordampningen fra gyllebeholdere. På baggrund af de gennemførte undersøgelser vurderes det, at der er grundlag for at bevare Teknologilistens nuværende estimat, at fast overdækning af gyllebeholdere reducerer ammoniakfordampningen med 50 % sammenlignet med et referencesystem bestående af gylle overdækket med et naturligt flydelag.

De gennemførte undersøgelser giver ikke grundlag for at vurdere de lugt- og støvbegrænsende effekter af fast overdækning.

## TÆTTE OVERDÆKNINGSTYPER

---

Husdyrgødningsbekendtgørelsen giver, forudsat at beholderen er placeret i tilstrækkelig afstand fra bebyggelser og beskyttede naturtyper, og at der løbende føres logbog over overdækningens kvalitet og udbredelse, mulighed for at unklade fast overdækning i følgende tilfælde:

- 1) Ved etablering af tæt overdækning f.eks. i form af naturligt flydelag eller anden tæt overdækning, der er optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste som en teknologi, der kan erstatte flydelag (Husdyrgødningsbekendtgørelsen 2012, § 20, stk. 3).

Tæt overdækning kan bestå af organiske overdækningstyper som naturlig flydelag, halm, flis etc. samt letklinker (LECA), der flydende på gylles overflade kan begrænse fordampning af ammoniak og lugt. De drifts- og miljømæssige effekter af en række tætte overdækningstyper er beskrevet i en flere teknologiudredninger udarbejdet af Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 2010b; 2010c), men de forskellige tætte overdækningstyper vil kort blive beskrevet i det følgende.

### Organiske overdækningstyper

Overdækning af gyllebeholdere med organiske tætte overdækningstyper som halm, flis, naturligt flydelag etc. (Figur 4) har en væsentlig begrænsende effekt på ammoniakfordampningen fra gyllelagre.



Figur 4. Eksempler på gyllelagre overdækket med organiske overdækningstyper. Til venstre vises et gyllelager overdækket med et naturligt flydelag, til højre vises et gyllelager overdækket med halm.

Danske og tyske undersøgelser har fundet, at et overdækningslag bestående af halm under praktiske forhold begrænsede ammoniakfordampningen fra gyllelagre med ca. 80 % sammenlignet med ammoniakfordampningen fra udækkede lagre (Hörning et al., 1999; Sommer et al. 1993; Sommer, 1994; VanderZaag et al., 2009). Tilsvarende er det fundet, at den gennemsnitlige ammoniakfordampning fra gyllelagre overdækket med organiske overdæknings-materialer generelt reduceres med ca. 80 % i forhold til tabet fra udækkede lagre, og at reduktionen er relativ uafhængig af typen af overdækningslag, dvs. om overdækningen består af et naturligt flydelag, eller om det er dannet ved tilsætning af halm eller andet organisk materiale, forudsat at lagets tykkelse udgør ca. 15 cm og dækker gyllens overflade (Xue et al., 1999; Guarino et al., 2006). På den baggrund er det vurderet, at tætte overdækninger bestående af organiske materialer har samme ammoniakbegrænsende effekt som et naturligt flydelag, forudsat at gyllens overflade er dækket, og at overdækningslaget har en tykkelse på minimum 15 cm (Miljøstyrelsen, 2010b). De forskellige organiske overdækningslag er dog i forskellig grad påvirket af vindforhold. Et naturligt flydelag vil normalt ikke blive brudt af vind, mens et halmoverdækningslag ved kraftig vind kan "skubbes" sammen, således at en del af gylleoverfladen efterlades uden overdækning (Sommer et al., 1997).

### **Letklinker (LECA)**

Tæt overdækning kan tilsvarende etableres ved, at gyllelageret tilføres et overdækningslag bestående af letklinker (LECA). Letklinker er hårdtbrændte teglsten, som indeholder små lukkede, luftfyldte celler, hvilket betyder, at de flyder og fordeler sig på gyllens overflade. Overdækningslaget oprettes ved, at gylleoverfladen tilføres et 10 cm tykt lag letklinker pr. m<sup>2</sup> gylleoverflade, hvilket svarer til 0,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> gylleoverflade. Der vil normalt være behov for efterfyldning af letklinker efter tømning af gyllebeholderen. Der kan normalt regnes med en efterfyldning på ca. 10 % af flydelagets tykkelse.

Den ammoniakbegrænsende effekt af letklinker er undersøgt i en række danske og udenlandske undersøgelser (Tabel 3). Undersøgelserne viser, at et tæt overdækningslag bestående af letklinker i gennemsnit reducerer ammoniakfordampningen fra gyllebeholdere med ca. 80 %, hvilket svarer til den reduktion, der kan opnås med andre tætte overdækningstyper (Miljøstyrelsen, 2010b). Ingen af de gennemførte undersøgelser opfylder kravene anført i VERA testprotokollen (VERA testprotokol, 2009), men samlet set vurderes det, at der er tilstrækkelig dokumentation for den ammoniakbegrænsende effekt af letklinker.

De lugtbegrænsende effekter af letklinker er undersøgt i nogle få undersøgelser (Li et al., & Guarino et al., 2006). Brug af letklinker er fundet at begrænse lugtafgivelsen med ca. 80 % sammenlignet med ikke overdækket gylle (tabel 3).

Tabel 3. Reduktion i fordampningen af ammoniak (NH<sub>3</sub>) fra gyllelagre overdækket med letklinker sammenlignet med gylle, som ikke er overdækket.

Kilde	Type letklinke	Tykkelse	Gylletype	Reference	Reduktion af NH <sub>3</sub> tab, %	Reduktion af lugt, %	VERA test niveau
SJF, 1988	LECA	10 cm	Svinegylle	Udækket	80	-	Nej
Huther et al. 1997	LECA	?	?	Udækket	90	-	Nej
Maff projekt, 2000	LECA	30 cm	?	Udækket	82	-	Nej
Sommer et al., 1997	LECA	15 cm	Bioforgasset	Udækket	97	-	Nej
Sommer et al., 1993	LECA	15 cm	Svinegylle	Udækket <sup>a</sup>	90	-	Nej
Guarino et al., 2006	LECA	14 cm	Svinegylle	Udækket	75	69	Nej
Guarino et al., 2006	LECA	14 cm	Kvæggylle	Udækket	64	89	Nej
Balsari et al., 2006	LECA	10 cm	Svinegylle	Udækket	73-87	-	Nej
Li et al.,	LECA	4 cm	Svinegylle	Udækket	-	90	Nej
<b>Gennemsnit</b>		<b>15 cm</b>		<b>Udækket</b>	<b>82</b>	<b>83</b>	

<sup>a</sup> Omrørt en gang ugentligt.

## Vurdering af Teknologilistens nuværende miljøeffekt af tætte overdækningstyper

Miljøstyrelsens teknologiliste indeholder pt. kun letklinker som en tæt overdækning.

Miljøstyrelsens Teknologiliste beskriver den ammoniakbegrænsende effekt af letklinker således: "Letklinker har ingen ammoniakbegrænsende effekt, men letklinker kan erstatte flydelag" (Teknologilisten, 2012).

Der er ikke gennemført undersøgelser af letklinker, som opfylder VERA protokollens test niveauer. På baggrund af antallet af gennemførte undersøgelser vurderes det dog, at der samlet set er tilstrækkelig dokumentation for den teknologieffekt, der er anført i den nuværende teknologiliste.

Overdækning med letklinker reducerer emissionen af lugt fra lageret (Bicudo et al., 2004; Li L.; Guarino et al., 2006). De gennemførte undersøgelser viser, at et overdækningslag bestående af LECA reducerer lugtafgivelsen med ca. 80 % sammenlignet med lugtafgivelsen fra gylle, der ikke er overdækket med et naturligt flydelag eller anden tæt overdækning.

## ANDRE TEKNOLOGIER DER KAN SIDESTILLES MED OVERDÆKNING AF GYLLEBEHOLDERE

---

### Flydebrikker

Flydebrikker er typisk opbygget som sekskantede plader fremstillet af flydbare plastmaterialer. Flydebrikker er udviklet til at forme en flydende overdækning til gyllebeholdere, hvor der ikke dannes et naturligt flydelag. Flydebrikker danner en overflade af elementer, der tilsammen dækker hele gylleoverfladen, idet flydebrikkerne i løbet af kort tid fordeler sig jævnt i et dækkende mønster **(Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.)**



Figur 5. Billeder af flydebrikker (Hexa-cover) udlagt i gylletanke. Det venstre billede viser, at flydebrikkerne fordeler sig jævnt over gylleoverfladen. Billedet til højre viser, at der ikke sker en jævn fordeling af flydebrikker på gylletyper, der danner et naturligt flydelag.

Da flydebrikker flyder på en væskeoverflade, er deres fordeling i nogen grad vindpåvirket. Ved stor vindhastighed vil flydebrikker presses sammen i "klumper", og der vil periodisk opstå et udækket areal på gylleoverfladen. Det generelle billede er, at det er mest kritisk for beholdere større end 20 m i diameter. Der kan dog opstå periodiske åbninger på mindre beholdere.

Den ammoniakreducerende effekt af flydebrikker er testet i laboratorieforsøg for henholdsvis Hexa-Cover og Wintex Cover. Hexa-Cover blev testet i en laboratorietest udført af DLG (2005). Denne test viser, at overdækning af gylle med Hexa-Cover reducerer ammoniakfordampningen, og at reduktionen afhænger af overdækningsgraden.

I testen blev det fundet, at overdækningen, afhængig af overdækningsgraden reducerede ammoniaktabet med mellem 50 og 95 % sammenlignet med lager uden flydelag. Overdækningsgraden vil i praksis være lavere end 100 %. I testen har man antaget en overdækningsgrad på 95 %, hvilket i testen er vurderet til at reducere ammoniaktabet med ca. 90 % sammenlignet med lager uden flydelag.

I praksis ses ofte, at overdækningsgraden er lavere end det potentielt mulige, idet overdækningsgraden vil afhænge af fyldningsgrad, et eventuelt flydelag og brikernes indbyrdes placering. Det vurderes, at overdækningsgraden i praksis er ca. 90 %, hvilket ifølge testen reducerer ammoniakfordampningen med lidt over 80 % sammenlignet med ingen overdækning. Dette svarer til den ammoniakreduktion, der kan opnås ved overdækning med et naturligt flydelag, snittet halm eller lignende.

Den ammoniakreducerende effekt af Wintex Cover er blevet testet af firmaet LugtTek i 2005. Testen blev gennemført i en mindre ventileret beholder på under 2 m<sup>3</sup> (2,05 m lang, 1,10 m bred og 0,80 m høj). Målingerne af ammoniakfordampningen fra svinegylle blev bestemt henholdsvis med

og uden overdækning af et Wintex Cover lag. Testen fandt, at et overdækningslag bestående af Wintex Cover flydebrikker ved en overdækningsgrad på 91 % begrænsede ammoniaktabet med 89 % sammenlignet med ingen overdækning (LugtTek, 2005).

Som nævnt er de lugt- og ammoniakreducerende effekter af flydebrikker kun testet i laboratorieforsøg og ikke i mere praksisnære forsøg. Testniveauet opfylder derfor ikke de krav til testniveau der angives i VERA testprotokollen. Derudover mangler der dokumentation for driftsikkerhed, specielt i forbindelse med gylletyper, der danner et naturligt flydelag. Dokumentationsgrundlaget vurderes derfor for spinkelt til, at de lugt- og ammoniakreducerende effekter af et overdækningslag bestående af flydebrikker kan endeligt fastlægges.

På baggrund af ovenstående vurderes de lugt- og ammoniakbegrænsende effekter mangelfuldt dokumenteret. Teknologien kan begrænse lugt- og ammoniakemissionen i forhold til lager uden flydelag, men effekten vurderes uændret i forhold til gyllelager overdækket med et naturligt flydelag (Miljøstyrelsen, 2010d).

### **Vurdering af flydebrikkers miljøeffekt**

Som nævnt er de lugt- og ammoniakreducerende effekter af flydebrikker kun testet i laboratorieforsøg og ikke i mere praksisnære forsøg. Testniveauet opfylder derfor ikke de krav til testniveau der angives i VERA testprotokollen. Derudover mangler der dokumentation for driftsikkerhed, specielt i forbindelse med gylletyper, der danner et naturligt flydelag. Dokumentationsgrundlaget vurderes derfor for spinkelt til, at de lugt- og ammoniakreducerende effekter af et overdækningslag bestående af flydebrikker kan endeligt fastlægges.

På baggrund af ovenstående vurderes de lugt- og ammoniakbegrænsende effekter mangelfuldt dokumenteret. Teknologien kan begrænse lugt- og ammoniakemissionen i forhold til lager uden flydelag, men effekten vurderes uændret i forhold til gyllelager overdækket med et naturligt flydelag (Miljøstyrelsen, 2010d).

Overdækning med flydebrikker reducerer emissionen af lugt fra lageret (DLG, 2005). Den gennemførte undersøgelse giver dog ikke det fornødne grundlag for at fastlægge reduktionsniveauet.

Samlet set vurderes det, at effekten af flydebrikker kan sidestilles med effekten af et naturligt flydelag.

### **Forsuring af gylle**

Husdyrgødningsbekendtgørelsen giver, forudsat at beholderen er placeret i tilstrækkelig afstand fra bebyggelser og beskyttede naturtyper, mulighed for at undlade fast overdækning i følgende tilfælde

1. Ved anvendelse af ammoniakreducerende tiltag på den flydende husdyrgødning (f.eks. forsuring) eller anden teknologi, der er optaget på Miljøstyrelsens teknologiliste (Husdyrgødningsbekendtgørelsen, 2012, § 20, stk. 1)

I det følgende gives der en opdateret redegørelse for de nationale og internationale undersøgelser, der dokumenterer de miljømæssige effekter af forsuring.

Forsuring af gylle reducerer potentialet for ammoniaktab fra gyllelagre. På basis af et enkelt forsøg (Kai et al., 2008) vurderes tabet fra forsuret gylle at være under 20 % af fordampningen fra et ubehandlet, udækket lager. Da resultaterne af det gennemførte forsøg alene er baseret på masse-

balancebestemmelse af kvælstofindholdet i henholdsvis en mindre lagertank (1 m<sup>3</sup>) indeholdende forsuret gylle og en tilsvarende tank indeholdende ikke forsuret gylle, vurderes størrelsen af den ammoniakreducerende effekt ikke tilstrækkeligt dokumenteret. Udover denne undersøgelse har Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet ved Århus Universitet gennemført en laboratorieundersøgelse af ammoniakfordampningen fra forsuret kvæggylle. Undersøgelsen viste at, at forsuringen reducerede ammoniaktabet med henholdsvis 94 og 96 % sammenlignet med ammoniakfordampningen fra ikke forsuret og ikke overdækket gylle. (Petersen et al., 2012). Gyllen blev i forsøget forsuret til et pH på ca. 5,5. I løbet af de 90 dage undersøgelsen blev gennemført steg dette niveau gradvist, hvilket kan føre til at reduktionseffekten begrænses i løbet af lagringsperioden. Forsuringsgraden i forsøget var ved dog lavere end den praksis, der benyttes i forbindelse med gylleforsuring. På baggrund af de få praksisnære forsøg skønnes det, at en forsuring til omkring pH 5,5, vil kunne begrænse ammoniakfordampningen fra gyllelageret med ca. 80 - 95 % sammenlignet med ammoniakfordampningen fra et lager af ikke forsuret og ikke overdækket gylle. Dette svarer til, at en forsuring til pH på ca. 5,5 vurderes at kunne begrænse ammoniakfordampningen med ca. 50 % sammenlignet med ammoniaktabet fra ikke forsuret gylle, som er overdækket et naturligt flydelag eller anden tæt overdækning.

Forsuring af gylle kan potentielt forøge gyllens lugtgener, da tilsætningen af svovlsyre (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) øger gyllens svovlindhold, hvilket potentielt kan øge dannelsen og emissionen af svovlholdige lugtstoffer (Eriksen et al., 2012). Desuden kan sænkningen af gyllens pH øge udledningen af lugtstoffet svovlbrinte (H<sub>2</sub>S). Eriksen et al. (2012) fandt at tilsætning af svovlsyre potentielt kan øge emissionen af svovlholdige lugtstoffer, mens Dai & Blanes-Vidal (2013) ikke fandt en signifikant forøgelse af svovlbrinte emissionen ved forsuring med svovlbrinte.

Tabel 4. Forsøgsforhold og miljømæssige effekter af forsuring af gyllelagre.

Kilde	Kai et al., 2008	Petersen et al., 2012	Dai & blanes-Vidal, 2013
Gødningstype	Svinegylle	Kvæggylle	Svinegylle
Lagerstørrelse, m <sup>3</sup>	1	0,02	0,03
Tilsat syre, l m <sup>-3</sup> gylle	?	?	?
pH	?	4,5 – 6	5,5
Årstid	Vinter	Laboratorium	Laboratorium
Målt ammoniakreduktion i forhold til udækket gylle	>90 %	94-96 %	77 %
Lugtreduktion	Ikke bestemt	Potentiel forøget emission af svovlholdige lugtstoffer <sup>6</sup>	Ingen signifikant forøgelse af svovlbrinte emission
Støv	Ikke bestemt	Ikke bestemt	Ikke bestemt
VERA niveau	Nej	Nej	Nej
Mangler i forhold til VERA testniveau	Antal replikater <sup>2</sup> Perioder <sup>3</sup> Målesystem <sup>4</sup> Lagervolumen <sup>5</sup>	Perioder <sup>3</sup> Målesystem <sup>4</sup> Lagervolumen <sup>5</sup>	Perioder <sup>3</sup> Lagervolumen <sup>5</sup>

2) Antallet af replikater er lavere end anført i VERA protokollen.

3) Undersøgelsen er ikke gennemført ved såvel sommer og forårs/efterårsforhold som anført i VERA protokollen.

4) Målesystemet er ikke listet i VERA protokollen.

5) Volumen af det benyttede lagringssystem er lavere end anført i VERA protokollen (4 m<sup>3</sup>).

6) Eriksen et al. 2012



## **Vurdering af Teknologilistens nuværende miljøeffekt af forsuring**

Miljøstyrelsens teknologiliste beskriver den ammoniakbegrænsende effekt af forsuring således: "Ammoniakeffekten medregnes husdyrgodkendelse.dk. Kan erstatte flydelag" (Teknologilisten, 2012).

Fagligt set er der ingen tvivl om, at forsuring af gyllebeholdere reducerer ammoniakfordampningen. Testniveauet af de få gennemførte undersøgelser på området, er dog langt under det testniveau, der angives i VERA testprotokollen. Der er derfor ikke tilstrækkelig dokumentation til at fastlægge reduktionsniveauet. Dokumentationsniveauet vurderes derfor utilstrækkeligt til, at teknologien kan sidestilles med effektkravene af fast overdækning. Med baggrund i de få gennemførte undersøgelser vurderes det dog, at ammoniakeffekten af forsuring kan sidestilles med ammoniak-effekten ved tæt overdækning af gyllelageret.

Forsuring af gyllelagre kan påvirke lugtgenen af lageret, idet tilsætning af svovl i form af svovlsyre og reduktion af gyllens pH indvirker på dannelsen og afgivelse af lugtstoffer. Effekten vurderes ikke tilstrækkeligt undersøgt og kan ikke kvantificeres på det nuværende dokumentationsniveau.

## REFERENCER

---

- Amon B., Kryvoruchko V., Fröhlich, Amon T et al. 2007. Ammonia and greenhouse gas emissions from a straw flow system for fattening pigs: Housing and manure storage. *Livestock Science*, Pages 199–207
- Amon B., Kryvoruchko V., Amon T. 2005. Influence of different methods of covering slurry stores on greenhouse gas and ammonia emissions. *Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update. Proceedings of the 2nd International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture*, held in Zurich, Switzerland between 20 and 24 September 2005. Vol 1293 Pages 315–318.
- Amon B., Kryvoruchko V., Amon T., and Zechmeister-Boltenstern S. 2006. Methane, Nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 112: 153-162.
- Andersen, J.M., Sommer, S.G., Hutchings, N.J., Kristensen, V.F. og Poulsen, H.D. 1999. Ammoniakfordampning – redegørelse nr. 1. Emission af ammoniak fra landbruget – Status og kilder. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Danmarks JordbrugsForskning. Pp 71.
- Bicudo, J.R.; Clanton, C.J.; Schmidt, D.R.; Powers, W.; Jacobson, L.D.; Tengman, C.L. 2004. Geotextile covers to reduce odor and gas emissions from swine manure storage ponds. *Applied engineering in agriculture* 20:(1) 65-75.
- DLG 2005. Hexa-Cover Aps – Emission reduction of odour and ammonia. DLG Test Report 5451F. Cover system for liquid manure/slurry tanks.
- Ellermann, T., Fenger, J., Hertel, O., Markager, S., Tybirk, K. & Bak, J.L. (2007) Luftbåren kvælstofforurening. Danmarks Miljøundersøgelser. 88 pp.
- Eriksen J.; Petersen SO. 2010. Ammoniakfordampning fra forsuret gylle under lagring. Pers. Com.
- Eriksen J., Andersen A., Poulsen H.V., Adamsen A.P., Petersen S.O. 2012. Sulfur turnover and emission during storage of cattle slurry: Effects of acidification and sulfur addition. *Journal of Environmental Quality*, **41**:(5), 1633-1641.
- Hansen E., Christensen B.T., Christiansen P., Huld T., Kristensen V.F., Jensen J.D. 1992. Ammoniakfordampning fra stald og lager. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen., København.
- Husdyrgødningsbekendtgørelsen 2012. Husdyrgødningsbekendtgørelsen – Bekendtgørelsen om erhvervs-mæssigt dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v. Bek. Nr. 764 af 28/06/2012. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=142174#Kap7>
- Guarino, A., C. Fabbri, M. Brambilla, L. Valli, and P. Navarotto. 2006. Evaluation of simplified covering systems to reduce gaseous emissions from livestock manure storage. *Transactions of the Asabe* **49**: 737-747.
- Gyldenkerne S. and Mikkelsen, M. H. 2007. Projection of the Ammonia Emission from Denmark from 2005 until 2025. NERI Technical Report No. 239, 2007.
- Mikkelsen, M.H., Gyldenkerne, S., Poulsen, H.D., Olesen, J.E. og Sommer, S.G. 2005. Opgørelse og beregningsmetode for landbrugets emissioner af ammoniak og drivhusgasser. Arbejdsrapport fra Danmarks Miljøundersøgelser nr. 204, 2005 Pp 84.
- Kai P., Pedersen P., Jensen J.E., Hansen M.N., Sommer S.G. 2008. A whole farm assessment of the efficiency of slurry acidification on ammonia emissions. *European Journal of Agronomy* **28**: 148-154.
- Li XW.; Bundy DS.; Zhu J.; Huss M.; .?????. Controlling manure odor emission using covers, pp 322-328.
- LugtTek, 2005. Testrapport - Virkning af Wintex flydebrikker på ammoniakafgasning fra gylleoverflade.
- Miljøstyrelsen, 2010a. Teknologiblad – Fast overdækning af gyllebeholder. [http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/1FC0BFCA-3BF4-4795-A060-46069A1463A8/0/Fastoverdækning\\_svin\\_mink\\_kvæg\\_endelig\\_101108.pdf](http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/1FC0BFCA-3BF4-4795-A060-46069A1463A8/0/Fastoverdækning_svin_mink_kvæg_endelig_101108.pdf)
- Miljøstyrelsen, 2010b. Teknologiuudredning – Tæt overdækning af gyllebeholdere, organiske materialer. [http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/785F0729-76E5-41D8-9660-181E68378E62/0/Udkast\\_tætoverdækning\\_organiskmaterialeredigeretaflonkh.pdf](http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/785F0729-76E5-41D8-9660-181E68378E62/0/Udkast_tætoverdækning_organiskmaterialeredigeretaflonkh.pdf)

- Miljøstyrelsen, 2010c. Teknologiudredning – Tæt overdækning af gyllebeholdere, letklinker. [http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/8D8E5869-A7D3-4BA7-B1DF-F5F402E96F61/0/Udkast\\_tætoverdækning\\_letklinkerredigeretaflonkh.pdf](http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/8D8E5869-A7D3-4BA7-B1DF-F5F402E96F61/0/Udkast_tætoverdækning_letklinkerredigeretaflonkh.pdf)
- Miljøstyrelsen, 2010d. Teknologiudredning – Tæt overdækning af gyllebeholdere, flydebrikker. [http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/23136D9F-524A-4D87-90D4-A5CFD318A892/0/20100604\\_Teknologiudredning\\_overdækninggylle\\_flydebrikker\\_endelig\\_sen\\_dttilMSTmedændringereft.pdf](http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/23136D9F-524A-4D87-90D4-A5CFD318A892/0/20100604_Teknologiudredning_overdækninggylle_flydebrikker_endelig_sen_dttilMSTmedændringereft.pdf)
- Ni, L. 1999. Mechanistic Models of Ammonia Release from Liquid Manure: a Review. J. Agric. Engng. Res. **72**: 1-17.
- Olesen, J.; Sommer S.G. 1993. Modeling effects of wind speed and surface cover on ammonia volatilization from stored pig slurry. Atmospheric Environment, **27**:(16), 2567-2574.
- Petersen S.O., Andersen A.J., Eriksen J.E. 2012. Effects of cattle slurry acidification on ammonia and methane evolution during storage. Journal of Environmental Quality, 41: 88-94.
- Rasmussen T.D.; Hedemand L.; Hviid J.; Høy J.J. 2001. Overdækning af gyllebeholdere. Farm test Bygninger nr. 1. Landskontoret for Bygninger og Maskiner.
- Rom, H.B., 1996. Artificial covers for slurry storage tanks. Reductions of gas emissions combined with operational safety. FAO European Cooperative Network on Animal Waste Management, 9-11 October 1996, Hungary.
- Scotford I.M.; Williams A.G. 2001. Practicalities, costs and effectiveness of a floating plastic cover to reduce ammonia emission from a pig slurry lagoon. J. agric. Engng Res. **80**:(3), 273-281.
- Sommer S.G. (1994): Ammoniakfordampning fra lagret kvæg- og svinegylle, Grøn viden nr. 135 juli 1994, Statens Planteavlsvforsøg.
- Sommer,S.G.; Christensen, B.T.; Nielsen, N.E.; and Schjorring, J.K. 1993. Ammonia Volatilization During Storage of Cattle and Pig Slurry - Effect of Surface Cover. Journal of Agricultural Science **121**:, 63-71.
- Sommer S.G., Moller H.B. 2000. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production – effect of straw content. Journal of Agricultural Science. **134**: 327–335.
- Sommer S.G., Gennermont S., Cellier P., Hutchings N.J., Olesen J.E. Morvan T. 2003. Processes controlling ammonia emissions from livestock slurry in the field. European Journal of agronomy, 19:(4), 465-468.
- Teknologilisten, 2012. Miljøstyrelsens vejledende teknologiliste. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen. [http://www.mst.dk/Virksomhed\\_og\\_myndighed/Landbrug/Husdyrgodkendelser/bat/Teknologiliste\\_ny.htm](http://www.mst.dk/Virksomhed_og_myndighed/Landbrug/Husdyrgodkendelser/bat/Teknologiliste_ny.htm)
- Udredningsrapport 2006. Udredningsrapport for teknologier – med særligt henblik på miljøeffektive teknologier til husdyrproduktionen. Miljø- og Planlægningsudvalget MPU alm. del - Bilag 427. Offentligt. <http://www.folketinget.dk/samling/20051/almdel/MPU/Bilag/427/286553.PDF>
- VanderZaag, A.C., Gordon, R.J., Glass J.M., Jamieson R.C. 2008. FLOATING COVERS TO REDUCE GAS EMISSIONS FROM LIQUID MANURE STORAGE: A REVIEW. Applied Engineering in Agriculture, 24(5): 657-671.
- VanderZaag, A.C., Gordon, R.J., Jamieson R.C., Burton D.L., Stratton G.W. 2009. Gas emissions from straw covered liquid dairy manure during summer storage and autumn agitation. Transactions of the ASABE 52:(2) 599-608.
- VERA test protokol. 2009. Test protocol for covers and other mitigation technologies for reduction of gaseous emissions from stored manure. Version 1, 2009-12-09.
- Xue S.K.; Chen S.; Hermanson R.E. 1999. Wheat straw cover for reducing ammonia and hydrogen sulfide emissions from dairy manure storage. Transactions of the ASAE. **42**:(4),1095-1101