Det højteknologiske landbrug

- reduktion af tabet af næringsstoffer

Hans Nielsen

En arbejdsrapport i forbindelse med projektet

Teknologi og miljø i landbruget – nye løsninger?

Det Økologiske Råd, december 2010

Kolofon:

ISBN: 978-87-92044-04-4

Tekst: Hans Nielsen

Layout: Det Økologiske Råd

1. udgave: Januar 2011

Rapporten findes kun i elektronisk udgave.

Rapporten kan frit downloades fra Det Økologiske Råds hjemmeside: www.ecocouncil.dk

Citering, kopiering og øvrig anvendelse af rapportens indhold er meget ønskelig og kan frit foretages med angivelse af kilde.

Denne rapport er udarbejdet med støtte fra Promilleafgiftsfonden for landbrug, Poul Due Jensens Fond, EU-nævnet – Nævnet for fremme af Debat og Oplysning om Europa, samt fra Dansk Energinets Energisparepulje.

Udgivet af:

Det Økologiske Råd
Fremtidens miljø skabes i dag

Blegdamsvej 4B
2200 København N
Tlf. 33 15 09 77
email: info@ecocouncil.dk
Web: www.ecocouncil.dk

Forord

Projektet ***Teknologi og miljø i landbruget – nye løsninger?*** bygger ovenpå flere forskellige projekter fra Det Økologiske Råds arbejde med landbrug gennem de seneste år. Vi har taget fat i løse ender fra et tidligere projekt, ***Miljøintegration i EU's landbrugspolitik*** fra 2008. Desuden prøver vi at udlede handlingsforslag ud fra vores arbejde med husdyrklager for at fremme den bedste miljøteknologi til husdyrbrug. Og vi går videre ud fra debatten omkring Grøn Vækst og Sundhedstjekket af EU's landbrugspolitik og kigger på de aktuelle forhandlinger om en ny reform af landbrugspolitikken.

Projektet er mundet ud i en række artikler og arbejdsrapporter samt et hæfte med anbefalinger til nye teknologier i landbruget og et debathæfte med en artikelsamling om projektets temaer.

Projektet er udført gennem hele året 2010 med deltagelse af Det Økologiske Råds landbrugsmedarbejdere:

- Hans Nielsen - Det højteknologiske landbrug, næringsstoffer og pesticider
- Jette Hagensen - Reformen af EU's landbrugspolitik, CAP
- Leif Bach Jørgensen - Landbrugets energiforbrug, biomasse og bioenergi
- Vibeke Ærø Hansen - Jordens frugtbarhed
- Christian Ege - Det højteknologiske landbrug, afholdelse af seminarer

Hver enkelt medarbejder er ansvarlig for rapporter og artikler inden for de enkelte emner. Vi har haft indgående debatter om indholdet i medarbejdergruppen, men uden en fuldstændig afstemning af fokus og holdninger. Denne arbejdsrapport er udarbejdet af Hans Nielsen.

Vores arbejde med projektet er blevet fulgt af en følgegruppe, som har bidraget med værdifuld kritisk feedback undervejs i processen. Følgegruppens medlemmer kan ikke tages til indtægt for indholdet i rapporter og artikler, men vores diskussioner i den bredt sammensatte gruppe har bidraget til at udbrede problematikkerne, uden at vi nødvendigvis er nået frem til enighed i alle sager.

Følgende personer har taget aktiv del i følgegruppen:

Mikkel Stein Knudsen	Landbrug og Fødevarer, Klima
Rikke Lundsgaard	Danmarks Naturfredningsforening
Bo Læssøe	Svanholm
Sybille Kyed	Økologisk Landsforening
Evald Vestergaard	Økologisk Landsforening
Bjarne Thomsen	Fødevareerhverv, Koordinationskont. for Landdistrikter og Erhvervsudvikling
Alex Dubgaard	Fødevare Økonomisk Institut
Ole Dall	Syddansk Universitet
Allan Skovgaard	Infarm
Gunver Bennekou	Det Økologiske Råds landbrugsgruppe
Knud Vilby	Det Økologiske Råds landbrugsgruppe

Vi har desuden fået konsulenthjælp ift. de højteknologiske muligheder fra Sven G. Sommer, Professor ved Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi ved Syddansk Universitet.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning..... 5

2. Husdyrgødningen i stald..... 7

2.1 Kvæg..... 7

2.2 Slagtesvin..... 16

2.3 Smågrise..... 20

2.4 Søer..... 22

2.5 Fjerkræ..... 25

2.6 Mink..... 30

3. Husdyrgødningen på lager..... 33

4. Gylleseparering..... 36

4.1 Fordele ved gylleseparering..... 39

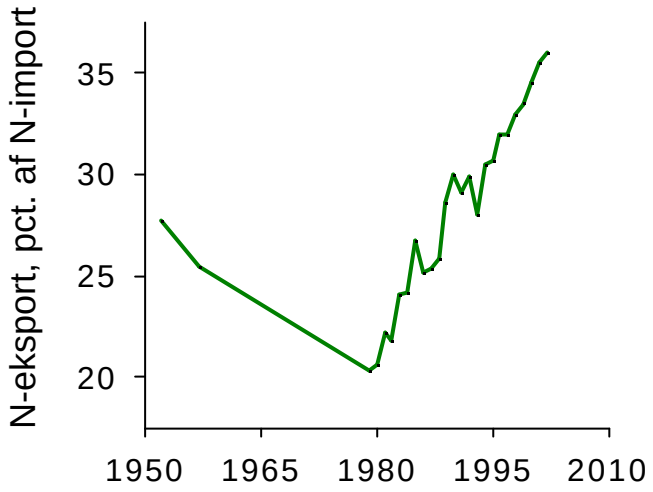
5. Biogasanlæg..... 41

6. Husdyrgødningen i marken..... 44

7. Næringsstofferne i marken..... 49

1. Indledning

Dansk landbrug har forbedret udnyttelsen af næringsstofferne i husdyrgødning voldsomt i de seneste årtier (Figur 1). I begyndelsen af 1980'erne var udnyttelsen af N i husdyrgødningen i marken ca. 20% i forhold til udnyttelsen af N i handelsgødning, mens der i dag er krav om, at der skal indregnes en udnyttelse på 70% for kvæggylle og 75% for svinegylle i gødningsregnskabet. Dette har i høj grad medvirket til, at nitratudvaskningen fra markerne er blevet næsten halveret siden 1980'erne.



Figur 1. Kvælstof i animalske og vegetabilske produkter eksporteret fra dansk landbrug i procent af kvælstof importeret (Kyllingsbæk).

Ammoniaktabet starter, så snart gødningen "forlader" husdyrene og slutter først, når gødningen er udbragt på markerne og nedmuldet, eller når dens ammonium er bundet til jordpartikler, omdannet til nitrat eller optaget af planter. Da husdyrproduktionen hovedsagelig sker indendørs, finder ammoniaktabet hovedsagelig sted i stalde, fra lagre af husdyrgødning og i forbindelse med udbringningen af husdyrgødningen. I stalde varierer ammoniaktabet kraftigt fra husdyrtype til husdyrtype. Tabet er typisk på 4-5% af total-kvælstof (N) i kvægstalde, 10-14% i svinestalde og 25-31% i minkstalde, mens det fra overdækkede lagre typisk varierer fra 1-6% og fra udbringningen af husdyrgødningen fra 2-20%.

Tabel 1: Ammoniaktabet i Danmark i 2008 fordelt på kilder

Kilde	Ammoniaktab i tons N/år
Stald, lager og udbringning af husdyrgødning	48.600
Afgrøder, spildevandsslam og ammoniakhalm	4.250
Handelsgødning	4.250
Afgræsning	1.800
Andre kilder end landbruget	1.800
I alt	60.700

Kilde. Emissionsopgørelser af luftforurening i 2008. DMU

Nitratudvaskningen fra markerne er højere ved anvendelse af husdyrgødning end ved anvendelse af handelsgødning, fordi en betydelig del af N-indholdet i husdyrgødningen er bundet i organisk stof, og derfor ikke umiddelbart er tilgængeligt for afgrøderne. Nedbrydningen af det organiske stof er størst sidst på

sommeren og i begyndelsen af efteråret, hvor jordtemperaturen er højest, men hvor afgrødernes vækst enten er afsluttet eller ringe. Der er derfor stor risiko for, at det kvælstof, der på dette tidspunkt bliver frigjort ved nedbrydningen af det organiske stof i husdyrgødningen, vil blive omdannet til nitrat og udvasket. Hvis der opstår iltfrie forhold i jorden f.eks. i forbindelse med nedbrydning af det organiske stof i husdyrgødningen, vil bakterier kunne omdanne nitraten til frit kvælstof (N_2) eller lattergas (N_2O). Lattergas er en kraftig drivhusgas med et opvarmningspotentiale, som er ca. 300 gange kuldioxids (IPCC).

Fosforoverskuddet er reduceret fra 28.600 tons P i 2001/2002 til 22.600 tons P i 2007/2008. Baggrunden for denne reduktion er, at der tilsættes mindre mængder mineralsk fosfor til foderet, at foderudnyttelsen er forbedret, og at der tæres på jordens fosforreserver på en del af de marker, der ikke modtager husdyrgødning.

Tabel 2: Tilførsel (tons P) med handelsgødning, organisk affald og fodermidler.

År	Handelsgødning	Organisk affald + atmosfærisk	Vegetabilsk og animalsk foder	Foderfosfat	I alt
2001/02	15.300	6.198	25.041	17.950	64.489
2004/05	14.500	6.155	27.758	14.500	62.912
2007/08	13.400	6.161	29.012	12.118	60.691

Kilde: Udviklingen i landbrugets fosforoverskud og forbruget af foderfosfat. Baggrundsnotat til Vandmiljøplan III – midtvejsevaluering. Finn P. Vinther og Hanne Damgaard Poulsen, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet Aarhus Universitet

Tabel 3: Samlede til- og fraførsler af fosfor samt overskud pr. år

År	Tilførsel i alt	Fraførsel i alt	Fosforoverskud
2001/02	64.489	38.810	28.679
2004/05	62.912	36.565	26.347
2007/08	60.691	38.003	22.688

Kilde: Udviklingen i landbrugets fosforoverskud og forbruget af foderfosfat. Baggrundsnotat til Vandmiljøplan III – midtvejsevaluering. Finn P. Vinther og Hanne Damgaard Poulsen, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet Aarhus Universitet

Overgødskningen med fosfor skyldes, at husdyrgødningen generelt har et fosforindhold, der overstiger afgrødernes behov, når den udbringes i de mængder, som gødningsreglerne tillader dvs. 1,4 DE pr. ha af svine-, fjerkræ og minkgødning og 1,7-2,3 DE pr. ha af kvæggødning. Det skyldes, at gødskningsreglerne er udformet, så tilførslen af husdyrgødning svarer til afgrødernes behov for kvælstof.

Ophobningen af fosfor i dyrkningsjorden medfører en stigende overfladisk afstrømning og udvaskning af fosfor til både vandområder og naturarealer.. Selv om overgødskningen med fosfor falder, så vil der ifølge vandmiljøplan 3 i 2015 stadig ske en overgødskning med ca. 15.000 tons fosfor/år, som medfører at potentialet for både afstrømning og udvaskning fortsat vil stige. Der er således både behov for, at der skabes fosforbalance på markniveau på alle landbrugsarealer, og at fosforindholdet reduceres på de marker, der har et højt fosforindhold, og hvor der er stor risiko for udvaskning af fosfor til fosforfølsomme vand- eller naturområder.

2. Husdyrgødningen i stald

Næsten hele den danske husdyrproduktion foregår i stalde, da det kun er en lille del af kvægproduktionen og en helt ubetydelig del af svine- og fjerkræproduktionen, der foregår på friland.

2.1 Kvæg

Tabel 4: Kvægbestanden i Danmark i antal dyr i 2009

Antal dyr	
Malkekøer	574.000
Ammekøer	108.000
Kvier	655.000
Tyre	283.000
I alt	1.620.000

Kilde: Danmarks Statistik

Mælkeproduktion var i 2009 på 4.814 mio. kg mælk ab landmand, og heraf var 443 mio. kg økologisk mælk svarende til 9,2%.

Ved de fleste husdyrtyper anvendes der flere forskellige staldsystemer og med betydelige forskelle i ammoniaktabet.

Tabel 5: Oversigt over forskellige staldsystemer til kvæg og deres ammoniaktab i % af udskilt kvælstof (total-N).

Staldsystem	Ammoniaktab i stald i % af udskilt N	Ammoniaktab fra lager uden fast overdækning i % af N ab stald	Samlet ammoniaktab stald + lager i % af udskilt N***
Sengestald med præfabrikeret drænet gulv	4%	2%	5,9%
Sengestald med spalter (kanal, linespil) +/- skraber	4/6 %	2%	5,9/7,9%
Sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal) +/- skraber	6/8%	2%	7,9/9,8%
Stald med dybstrøelse, lang ædeplads med spalter (kanal, linespil)	6%*	3,4%**	9,2%
Stald med dybstrøelse, lang ædeplads med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal)	6,8%*	3,4%**	10%
Stald med dybstrøelse	6%	4,4%**	10,1%
Stald med dybstrøelse, lang ædeplads fast gulv	7,6%*	3,5%**	10,8%
Sengestald med fast gulv og skraber	10%	2%	11,8%

Kilde: Amtsregneark 2006/2007 og egne beregninger.

* 40% gylle og 60% dybstrøelse

** 65% af dybstrøelsen oplagres ikke, men køres direkte ud på marken. For de resterende 35% af dybstrøelsen, der oplagres inden udbringning, er ammoniaktabet på 12,5%.

*** Samlet ammoniaktab er ikke summen af ammoniaktab fra stald og lager, da ammoniaktabet fra lager beregnes af N ab stald.

I kvægstalde er der 2 typer gødningssystemer nemlig gyllesystemer og dybstrøelsessystemer.

I kvæggylle findes størstedelen af kvælstoffet som ammonium, mens størstedelen af kvælstoffet findes bundet i organisk stof i dybstrøelse. Det betyder, at afgrøderne kan udnytte 70% af kvælstoffet i kvæggyllen og kun 45% i dybstrøelsen. Kvæggylle har således en væsentlig større gødningsværdi end dybstrøelse.

I de eksisterende kvægstalde til malkekøer er det dominerende staldsystem sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal). I dette staldsystem findes der en gyllekumme under hele spaltegulvet og spalterne skrabes mindst hver 4 time for at reducere ammoniaktabet. Gyllen pumpes 1-2 gange om måneden til gyllebeholder. Gyllen har derfor en lang opholdstid i stalden, og det giver et relativt højt ammoniaktab.

I nye kvægstalde er det dominerende staldsystem sengestald med præfabrikeret, drænet gulv. Gulvet er drænet og hælder ind mod midten, hvor der ligger en kanal, som urinen straks løber ned i og som den fast gødning skrabes ned i mindst hver 2. time. Gyllen pumpes til gyllebeholderen flere gang om dagen. Gyllens opholdstid i stalden er derfor kort, og det giver et relativt lavt ammoniaktab.

Øvrige staldsystemer, der anvendes i nye stalde, er i et vist omfang sengestald med spalter (kanal, linespil) og dybstrøelsesstald. I sengestald med spalter (kanal, linespil) er der ingen gyllekumme, idet gyllen skrabes sammen i en kanal under spalterne og pumpes ud i gyllebeholderen flere gange om dagen. I dybstrøelsesstalde, der især anvendes til småkalve, tyrekalve, syge køer og goldkøer, går dyrene på halm, som tilføres dagligt, så halmmåtten er tør. Dybstrøelsen fjernes fra stalden 1-2 gange om året.

Tabel 6: Skønnet opstaldning af malkekøer

Staldsystem	2004	2010	2020
Bindestald	26	0	0
Spalter, kanal, bagskyl/ringkanal	42	52	20
Spalter, kanal, linespil	6	6	10
Fast gulv, skraber	16	18	0
Fast drænet gulv, skraber	0	14	65
Dybstrøelse	10	10	5

Kilde: Evaluering af det generelle ammoniakkrav. Rapport april 2008. Udarbejdet af repræsentanter fra Dansk Landbrug, Dansk Svineproduktion, Landscentret, Dansk Kvæg, Fødevareøkonomisk Institut (Københavns Universitet), Danmarks Miljøundersøgelser (Aarhus Universitet), Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (Aarhus Universitet) og Miljøstyrelsen.

Det nye staldsystem til malkekvæg og kvier med præfabrikeret, drænet gulv med skrabning hver anden time har et ammoniaktab på 4% svarende til BAT (Bedste Tilgængelige Teknik) for kvægstalde. Sengestald med spalter (kanal, linespil) med skrabning både under og over spalterne har nu også et ammoniaktab på 4%. I sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal) er ammoniaktabet 6% ved etablering af skraber på spalterne. En opfyldelse af BAT-niveauet i disse stalde kan opnås ved gylleforsuring eller ved foderoptimering.

Dybstrøelsesstalde har et ammoniaktab på 6%, men i modsætning til stalde med gyllesystem har de også et denitrifikationstab på 5%, men da disse stalde har særlige dyreværnsmæssige kvaliteter, er dette staldsystem også BAT.

Alle staldsystemerne kan give problemer med husdyrvelfærden, og specielt stalde med fast præfabrikeret drænet gulv er blevet beskyldt for at skabe problemer med Digital Dermatitis, fordi kvægets klove bliver oversvømmet af gylle ved skrabningen. Dette problem kan dog løses ved at gyllen hurtigere ledes til skrabekanalen.

Miljøklagenævnet har i en række afgørelser fastslået, at der ikke er fundet dokumentation for, at Digital Dermatitis optræder hyppigere i stalde med præfabrikerede, drænede gulve end stalde med andre gulvtyper. Ofte har staldhygiejne betydning for udbredelse af Digital Dermatitis, hvorfor bl.a. god ventilation og rene og tørre gangarealer er vigtigt. Man skal undgå glatte og ujævne gulve, hvor der kan dannes små søer med gødningsrester. Miljøklagenævnet har på den baggrund fastslået, at dyrevelfærd ikke kan anvendes som argument for fravalg af stalde med fast præfabrikeret drænet gulv.

Producenterne af staldsystemer arbejder løbende med at forbedre husdyrvelfærden, og det er påvist, at gummimåtter på de præfabrikerede drænede gulve gør gulvet mere skridsikkert. Det er således muligt at forbedre husdyrvelfærden ved at modificere gulvene.

Foderoptimering

I miljøgodkendelser af kvægbrug anvendes foderoptimering kun til malkekvæg og omfatter både kvælstof (N) og fosfor (P).

En reduktion af N-udskillelsen fra kvæg kan opnås på flere måder nemlig både ved at sænke proteinindholdet i foderet, ved at forbedre foderudnyttelsen og ved at øge mælkeydelsen pr. årsko.

Når proteinindholdet i foderet sænkes, medfører det især en reduktion af udskillelsen af ammonium gennem urinen, mens udskillelsen af organisk bundet kvælstof i fæces er næsten uændret. En nedsættelse af proteinindholdet i foderet giver derfor en relativ stor ammoniakreduktion. En forbedring af fodereffektiviteten vil derimod reducere mængden af udskilt N i fæces, og derfor give en relativ tinge ammoniakreduktion. En stigende mælkeydelse pr. årsko vil medføre et øget foderforbrug og en tilsvarende forøgelse af kvælstofudskillelsen i fæces, mens N-udskillelsen i urinen ikke øges tilsvarende. Det betyder, at forholdet mellem urin-N og fæces-N ændres kraftigt ved stigende mælkeydelse. Over en 15-20 års periode er indholdet af urin-N faldet fra 50-60% af udskilt N til under 40% af udskilt N. Dette gælder dog kun, hvis proteinkoncentrationen kan fastholdes på samme niveau, som det har været tilfældet i en lang årrække. Hertil kommer, at stigende mælkeydelse også reducerer N-udskillelsen pr. kg produceret mælk som følge af et mindre vedligeholdelsesstofskifte. En øget mælkeydelse medfører således både et væsentligt fald i ammoniaktabet og et væsentligt fald i udvaskningen af kvælstof.

Tabel 7: Normtal 2005 og 2010 for malkekøer

	Normtal 2005	Normtal 2010
Foderenheder (FE)/årsko	6.593	6.984
Råprotein/FE	173 g	172 g
Mælkeproduktion/årsko	8.754 kg	9.357 kg

FE/kg mælk	0,75	0,75
Råprotein/kg mælk	130,4	128,4
Fosfor/FE	4,6 g	4,43 g
Fosfor/kg mælk	3,47 g	3,3 g
Udskilt fosfor/kg mælk	2,46 g	2,30 g
Fosforudnyttelsesprocent	29,1%	30,3%

Kilde: Normtal for husdyrbrug. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet og egne beregninger.

Der er således ikke sket nogen ændring i antal FE/kg mælk fra normtal 2005 til normtal 2010, men der har været et fald på 2 g råprotein/kg mælk og 0,17 g P/kg mælk.

Det er imidlertid muligt at reducere både indholdet af råprotein og fosfor yderligere ved at optimere fodringen. I Miljøstyrelsens Teknologiudredning "Reduceret AAT og PBV tildeling til malkekøer" vurderes det, at ammoniakfordampningen kan reduceres med ca. 13% for malkekøer af tung race og ca.14% for jerseykøer ved at optimere fodringen med hensyn til indholdet af råprotein. Optimeringen indebærer, at proteinindholdet i foderet reduceres til 164 g råprotein/FE svarende til, at der anvendes 121 g råprotein/kg produceret mælk.

For at opnå denne effekt må andelen af græsbaseret grovfoder ikke overstige 40-50%, og den kan ikke opnås for køer, der er på græs i sommerperioden, som eksempelvis er et lovkrav ved økologisk produktion. Foderoptimering er derfor som udgangspunkt ikke en relevant teknik for bedrifter med køer på græs eller med mere end 40-50% græsbaseret grovfoder.

ved afgræsning af kløvergræsmarker, som er udbredt i økologisk produktion, kan være en meget stor N-udskillelse og dermed et meget stort ammoniaktab. Da en del af husdyrgødningen afsættes udendørs, hvor ammoniaktabet er højere end på stald, vil der ved optimering af fodersammensætningen for græssende malkekvæg være et betydeligt potentiale for at minimere N-udskillelsen og dermed også ammoniaktabet ved blot at overholde de gældende fodernormer. (Baggrundsnotat til Teknologiblad for Reduceret tildeling af råprotein til malkekøer (AAT-PBV-teknologien)).

Malkekøer har en P-udnyttelse på ca. 30%, men ved at fodre mere præcist og tættere på dyrenes individuelle fysiologiske behov forventes P-udnyttelsen at kunne øges til i størrelsesordenen 35-40%. Der er således et potentiale for en reduktion i anvendelsen af mineralsk foderfosfat til kvæg på i størrelsesordenen 2.500 til 3.500 tons P/år svarende til en reduktion på 55-75%. (Rapport fra arbejdsgruppen for udarbejdelse af en strategi for nedbringelse af landbrugets belastning af vandmiljøet med fosfor, Del IV. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2003.)

Gylleforsuring

Gylleforsuring er en teknik, der reducerer ammoniaktabet fra både stald, lager og udbringning. Ved tilsætning af syre nedsættes gyllens pH-værdi, så en stigende del af dens ammoniak omdannes til ammonium, der ikke fordamper. Gylleforsuringen foregår ved, at der foretages forsuring af en mængde gylle i en fortank, som herefter pumpes tilbage i stalden og forsurer gyllen her. Samtidig pumpes en del af gyllen i stalden til gylletank.

Ved normaldrift bliver al gylle i en ringkanal behandlet mindst én gang dagligt, og alle processer styre og overvåges automatisk. Ved tilsætning af 5-7 kg koncentreret svovlsyre pr. tons kvæggylle, sænkes gyllens pH-værdi til mellem 5,5 og 6,0. Gylleforsuring anvendes i løsdriftsstalde med sengebåse, og hvor der er spaltegulv i gangarealerne og ringkanal under spaltegulvet. Herved reduceres ammoniakfordampningen fra gyllekanalerne med ca. 50%. Gylleforsuring har en markant negativ indvirkning på metanproduktionen under lagringen, mens der kun kan dokumenteres en effekt på lattergasemissionen, hvis det forøgede kvælstofindhold i kvæggyllen fører til en reduktion i forbruget af handelsgødning.

Baseret på normtal 2008 for kvæg er det vurderet, at ammoniaktabet ved gylleforsuring alt i alt reduceres med 11 kg N/dyreenhed fra stald, lager og udbringning. Til sammenligning reduceres ammoniaktabet med 2 kg N/DE ved anvendelse af staldsystem med 4% ammoniaktab f.eks. præfabrikeret drænet gulv. Den store forskel skyldes hovedsagelig, at der ved gylleforsuring sker en reduktion på 50-67% i både stald, lager og ved udbringning. (Teknologiblad Svovlsyrebehandling af kvæggylle. Miljøstyrelsen 2009.)

Effekter ved anvendelse af forskellige teknologier til reduktion af ammoniaktabet på kvægbrug

På kvægbrug er de mest effektive virkemidler til reduktion af ammoniaktabet gylleforsuring, foderoptimering og overdækning af gyllebeholdere.

Tabel 8: Effekter ved anvendelse af ammoniakreducerende tiltag i stald og lager.

Ammoniaktab kg N/DE	Spaltestald med ringkanal og skraber	Fast præfabrikeret drænet gulv	Dybstrøelsesstald
Ingen tiltag	8,3	6,3	10,7
Overdækning af gyllebeholder	7,3	5,2	-
Foderoptimering 13% reduktion	7,2	5,5	9,3
Gylleforsuring	4,2	-	-

- Kan ikke anvendes i det pågældende staldsystem

Kilde: Egne beregninger på baggrund af normtal 2010

Klimagasser

I 2002 var metanproduktionen fra kvæg i Danmark 114.000 tons metan fra kvægets fordøjelse og 12.000 tons fra lagre af kvæggødning. Det svarer til 70% af den samlede metanproduktion fra husdyr i Danmark på 180.000 tons metan/år. (Emission of ammonia, nitrous oxide and methane from Danish Agriculture 1985-2002).

Metan dannes i fordøjelseskanalen hos de fleste husdyr, men er især stor for kvæg, fordi metan dannes, når foderet under iltfrie forhold forgæres i formaver eller i blind- og tyktarm. Det er især omsætningen i vommen hos drøvtyggere, der giver en stor produktion af metan. En malkeko producerer dagligt 250-500 liter metan (167-333 g). Metan, der har en brændværdi på 39,8 MJ/kg, udgør 90% af den danske naturgas og er således energirig. Typisk udgør energien i den producerede metan 5-7% af bruttoenergien (7-10% af fordøjelig energi).

Det er specielle bakterier (metanogene bakterier), der danner metan. Produktionen af metan er en energigivende proces for de metanogene bakterier, der samtidig forbruger overskydende brint som er fremkommet ved forgæring af foderet til eddikesyre og smørsyre. I vommen dannes metan primært ved reduktion af kuldioxid, en proces der er med til at opretholde et lavt brinttryk i vommen.
http://www.landbrugsinfo.dk/Kvaeg/Foder/Sider/Metan_fra_droevtyggere.aspx

Mens dannelse af eddikesyre og smørsyre er forbundet med brintproduktion, så medfører dannelse af propionsyre et forbrug af brint. Derfor vil produktionen af metan afspejle balancen mellem på den ene side produktionen af propionsyre og på den anden side produktionen af eddikesyre og smørsyre, som det ses af nedenstående reaktionsligninger:

$C_6H_{12}O_6 + 2\ H_2O \rightarrow 2\ CH_3COOH + 2CO_2 + 4H_2$ Eddikesyre

$C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \rightarrow 2\ CH_3CH_2COOH + 2\ H_2O$ Propionsyre

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2$ Smørsyre

$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$ Metan

Metanproduktion er ikke en energigivende produktion, da syredannelse rent faktisk er energiforbrugende, men metanogenesen er energidannende. Det er kun, fordi mikroorganismerne samarbejder effektivt, at processen kan forløbe. Energibalancen er neutral, og derfor sker der ingen opvarmning af lagret gylle, der er et anaerobt miljø.

Reaktion	ΔG [kJ/mol]
$CH_3CH_2OH(aq) + H_2O \longleftrightarrow CH_3COO^-(aq) + H_3O^+ + 2H_2(aq)$	+9.6
$CH_3CH_2COO^-(aq) + 3H_2O \longleftrightarrow CH_3COO^-(aq) + H_3O^+ + 3H_2(aq) + HCO_3^-$	+76.1
$CH_3CH_2CH_2COO^-(aq) + 2H_2O \longleftrightarrow 2CH_3COO^-(aq) + H_3O^+ + 2H_2(aq)$	+48.1
$C_7H_5O_2(aq) + 7H_2O \longleftrightarrow 3CH_3COO^-(aq) + 3H_3O^+ + 3H_2(aq) + HCO_3^-(aq)$	+53

Det vides, at en kemisk reaktion forløber spontant ved en negativ ΔG værdi. Heraf kan vi konkludere, at ovennævnte reaktioner ikke kan forløbe, medmindre vi ved kombination med andre kemiske reaktioner kan frembringe en bruttoreaktion, der har en negativ ΔG værdi. Den energi kan hentes af en anden gruppe bakterier ved omsætning af dihydrogen og kuldioxid til metan.

Processer for omsætning af brint og kuldioxid til metan og eddikesyre til metan og kuldioxid:

Reaktion	?G [$kJmol^{-1}$]
$CO_2(aq) + 4H_2(aq) \longleftrightarrow CH_4(aq) + 2H_2O$	- 130,4
$CH_3COOH(aq) \longleftrightarrow CO_2(aq) + CH_4(g)$	- 32,5

Bakterierne, der deltager i biogasprocessen, skal derfor samarbejde, således at brintkoncentrationen holdes på et rimeligt lavt niveau. Ellers kommer man i den situation at f.eks. propansyre ikke omsættes, men tværtimod ophobes. Propansyre er i større koncentrationer giftig for især de bakterier der danne metan (metanogenerne), der bliver stærkt hæmmede, når propansyrekoncentrationen er for høj. Herved forværres situationen i retning af øget brintkoncentration og biogas processen bliver ustabil.

Faktisk fungerer biogasprocessen på den måde, at bakterierne befinder sig i store "konsortier" blandet med hinanden. Brint i processen kommer aldrig ud i opløsning, fordi bakterierne overfører næring, herunder brint direkte til hinanden i en proces kaldet "inter-art-overførsel".

Omfanget af metanproduktionen pr. ko eller pr. kg fodertørstof kan variere betydeligt. Således vil produktionen af metan stige med øget foderoptagelse, men langt fra proportionalt med øgningen i foderoptagelsen. Ligeledes kan en ændring i rationens næringsstofsammensætning have en stor effekt på produktionen af metan, især gennem ændring af forgæringsmønsteret eller ved direkte hæmning af de metanogene bakterier. Da produktionen af metan medfører et energitab, og samtidig via drivhuseffekten er en miljøtrussel, er det ønskeligt at reducere produktionen af metan.

Det kan bl.a. ske gennem et øget produktionsniveau. En malkeko bruger de første 5-6 kg fodertørstof til basale livsytringer (vedligehold). Derfor vil et øget produktionsniveau (tilvækst eller mælkeproduktion) medføre, at produktionen af metan pr. kg produceret kød eller mælk bliver reduceret.

Et øget produktionsniveau vil medføre en øget foderoptagelse, som vil reducere metanproduktionen både som følge af et ændret forgæringsmønster i vommen med mere propionsyre og mindre eddike- og smørsyre, og især fordi det normalt vil medføre en større andel kraftfoder i forhold til grovfoder, fordi der er grænser for, hvor meget grovfoder vommen kan indeholde. Produktionen af metan vil derfor normalt reduceres både i forhold til optaget foder og optaget bruttoenergi.

Et øget foderniveau vil desuden medføre en reduceret fordøjelighed i vommen på grund af et mindre optimalt vommiljø og en øget passagehastighed, hvilket også vil reducere produktionen af metan i forhold til optaget bruttoenergi.

I modsætning til kulhydrater forgæres fedtsyrer ikke i vommen og vil derfor ikke i sig selv resultere i produktion af metan. Især umættede fedtsyrer og mellem-langkædede fedtsyrer har en betydelig effekt på forgæringen i vommen i retning af mere propionsyre. Disse fedtsyrer hæmmer forgæringen af kulhydrater og hæmmer de metanogene bakterier.

Fedtsyrer reducerer endvidere antallet af protozoer i vommen og dermed produktionen af metan, dels fordi mange metanproducerende bakterier lever i symbiose sammen med protozoer, og dels fordi protozoer danner meget smørsyre, som giver brintoverskud og dermed grundlag for produktion af metan.

Umættede fedtsyrer har en eller flere dobbeltbindinger, dvs. kapacitet til at binde brint (mætning). De umættede festsyrer mættes i vid udstrækning i vommen og udnytter derved brint, der ellers ville være blevet brugt til at danne metan.

Modelberegninger indikerer, at produktionen af metan kan variere fra mellem 184 og 439 g metan pr. ko pr. dag for køer på højt foderniveau ved at variere foderrationen på en måde, som ikke er urealistisk for

danske forhold. Den foderændring, der har størst effekt på produktionen af metan er ændring af fedtniveauet, f.eks. kan en øgning af fedtniveauet fra 400 til 800 g tilskudsfedt pr. ko pr. dag forventes at sænke produktionen af metan med 93 g metan pr. ko pr. dag. Med den omfattende forskning, der foregår i mange lande vedrørende produktion af metan hos drøvtyggere, kan det forventes, at der vil fremkomme effektive og acceptable metanhæmmere. Men indtil sådanne metanhæmmere evt. er på markedet, er ændringer i fodringen den eneste mulighed for at reducere produktionen af metan fra drøvtyggerne.

Metanproduktionen i stalden kan reduceres betydeligt ved hyppig tømning af stalden for gylle, fordi temperaturen er højere i stalden end i lageret, og da produktionen af metan stiger med stigende temperatur.

Der forventes en fortsat stigning i produktionsniveauet i de kommende år, og det vil som nævnt i sig selv medføre en reduceret produktion af metan pr. produceret kg mælk eller kød. Øget fodring med tilskudsfedt vil ligeledes som nævnt medføre en reduktion i produktionen af metan, men den nuværende mælkekvote med fedtregulering betyder, at det er økonomisk fordelagtigt at minimere brugen af tilskudsfedt, idet øget brug af tilskudsfedt reducerer protein procenten i mælken, og dermed den økonomiske værdi af den mælk, der kan sælges inden for den tilladte kvote. Forsøg på forsøgscenter Foulum viser, at fodring med mættede fedtsyrer (palmitinsyre) vil øge indholdet af de sundhedsskadelige mættede fedtsyrer i mælken, mens fodring med umættede fedtsyrer (raps og hørfrø) vil nedsætte indholdet af mættede fedtsyrer og øge indholdet af umættede fedtsyrer og dermed give sundere mælk.

Fosfor

Ifølge Normtal 2010 udskiller malkekøer 21,5 kg P/årsko svarende til 16,1 kg P/DE. Ved udbringning af 2,3 DE/ha medfører det en overgødskning på 11,7 kg P/ha/år.

Det fremgår af "Rapport fra arbejdsgruppen for udarbejdelse af en strategi for nedbringelse af landbrugets belastning af vandmiljøet med fosfor", at anvendelsen af foderfosfat ved foderoptimering kan nedsættes med 2.500 til 3.500 tons P/år svarende til at P-udskillelsen kan nedsættes med ca. 20%. Herved vil overgødskningen med fosfor ved 2,3 DE kunne reduceres fra 11,7 kg P/ha til ca. 4,3 kg P/ha.

Lugt

Lugten fra husdyrproduktion skyldes, at der dannes en lang række forskellige lugtstoffer, når bakterier nedbryder gyllen. Der er krav om flydelag oven på gyllen i gyllebeholdere eller anden form for overdækning for at begrænse lugten. Når gyllen spredes på markerne, kan det imidlertid ikke undgås, at det lugter. For at mindske lugten skal gyllen spredes enten med slæbeslanger, så den ikke kommer op i luften, eller nedfældes direkte i jorden direkte eller inden for 6 timer.

Lugtemissionen fra kvægstalde er baseret på, at man som gennemsnit forventer en lugtemission på 170 lugtenheder/sekund pr. tons kvæg for alle staldsystemer. En malkekvægproduktion på 250 DE svarende til 187 malkekøer har en lugtemission på ca. 24.000 lugtenheder/sekund. Kvægbrug giver alt andet lige færre lugtgener end svinebrug dels på grund af en mindre lugtemission pr. DE og dels på grund af en mindre generende lugt.

Teknologiske og administrative potentialer/barrierer

De staldsystemer, der har det mindste ammoniaktab, har et ammoniaktab på 4% i stalden. Det gælder staldsystemet sengestald med fast præfabrikeret drænet gulv med 2% fald og staldsystemet sengestald med spaltegulv (kanal, linespil).

Disse staldsystemer har ingen strukturel effekt, da de ikke er dyrere end andre staldsystemer, og da omkostningerne til mindre stalde ikke forholdsmæssigt er væsentlig større end til store stalde.

Der er et betydeligt potentiale i gylleforsuring, fordi det giver det laveste ammoniaktab i både stald, lagertank og ved udbringning. Gylleforsuring reducerer ammoniaktabet til 3% i stalden, men reducerer også samtidig ammoniaktabet fra lager med 50% og fra udbringning med 65%.

Det vurderes ikke, at det vil være muligt at reducere ammoniaktabet yderligere ved at udvikle nye staldsystemer og teknikker, da kvægstaldene er åbne stalde, hvor der ikke kan etableres luftrensning. Men ved anvendelse af foderoptimering kan ammoniumindholdet i husdyrgødningen reduceres med ca. 13% og dermed også ammoniakfordampningen.

Miljø-ranking af ammoniaktabet fra malkekvæg (stald + lager)

1. Sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal) + gylleforsuring	4,2 kg N/DE
2. Præfabrikeret drænet gulv + foderoptimering + fast overdækning af lager	4,6 kg N/DE
3. Sengestald med præfabrikeret, drænet gulv + fast overdækning af lager	5,2 kg N/DE
4. Sengestald med spalter (kanal, linespil) med skraber + foderoptimering	5,5 kg N/DE
5. Sengestald med spalter (kanal, linespil) med skraber	6,3 kg N/DE
6. Sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal) m. skraber + foderopt.	7,2 kg N/DE
7. Sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal) med skraber	8,3 kg N/DE
8. Stald med dybstrøelse, 65% dybstrøelse udbringes direkte fra stald til mark	10,7 kg N/DE

Kilde: Egne beregninger på grundlag af Normtal 2010.

Konklusion:

Ammoniaktabet i kvægproduktionen kan reduceres med 40-50% fra 2010 til 2020 ved i nye stalde enten at anvende et staldsystem med 4% ammoniaktab kombineret med foderoptimering og fast overdækning af lager eller et staldsystem med spaltegulv og gylleforsuring.

Emissionen af metan kan reduceres væsentligt ved at ændre fodersammensætningen og ved at øge mælkeydelsen.

Det vurderes, at fosforindholdet i kvæggyllen kan reduceres med ca. 20% ved at optimere fodringen, så overgødskningen med fosfor ved 2,3 DE kan reduceres fra 11,7 kg P/ha/år til ca. 4,3 kg P/ha/år.

2.2 Slagtesvin

Tabel 9: Svinebestanden i Danmark i 2009

Svinebestand i Danmark i antal svin	
Søer	1.088.000
Smågrise hos søer	2.506.000
Smågrise (fravænnede under 50 kg)	5.348.000
Slagtesvin (over 50 kg)	3.158.000
Sopolte m.m.	269.000
I alt	12.369.000

Kilde: Danmarks Statistik

I 2009 var der ca. 180.000 økologiske svin svarende til ca. 1,5% af svinebestanden..

Svinestalde omfatter både slagtesvinestalde, fare-, løbe- og drægtighedsstalde til søer samt smågrisestalde.

Næsten hele svineproduktionen foregår i dag i stalde med gyllesystemer. Undtagelsen er svineproduktion på friland og nogle få slagtesvinestalde og drægtighedsstalde med dybstrøelse og drægtighedsstalde med dybstrøelse kombineret med fast gulv eller spaltegulv.

Næsten alle svinestalde er lukkede stalde med ventilationsanlæg, så det er muligt at rense ventilationsluften i en luftvasker eller et biologisk filter.

Slagtesvin er grise fra ca. 32 kg til slagtning.

I slagtesvinestalde er der 2 dominerende staldsystemer

- svinestalde med delvist fast gulv (25-75%), hvor der ikke er gyllekumme under det faste gulv, men kun under spaltegulvet.
- Svinestalde med fuldspaltegulv eller drænet gulv + spalter (33/67), hvor der er gyllekumme under hele stalden.

I 2000 forbød EU fuldspaltegulv i nye slagtesvinestalde, men fuldspaltegulv kan fortsat lovligt anvendes i eksisterende stalde indtil 1. juli 2015.

Tabel 10: De forskellige staldsystemer, der anvendes i slagtesvineproduktionen, og deres ammoniaktab

Staldsystem	**Ammoniaktab i stald i % af udskilt N**	**Ammoniaktab fra lager uden fast overdækning i % af N ab stald**	**Samlet ammoniaktab stald + lager i % af udskilt N****
50-75% fast gulv	8	2	9,8
25-49% fast gulv	11	2	12,8
Spalter og drænet gulv (67/33)	14	2	15,7
Fuldspaltegulv	16	2	17,7
Dybstrøelse, opdelt lejeareal*	13	5,6	17,9
Dybstrøelse	15	9,4	23
Fast gulv	18	14	29,5

Kilde: Amtsregneark 2006/2007 og egne beregninger
*50% gylle og 50% dybstrøelse
** Samlet ammoniaktab er ikke summen af ammoniaktab fra stald og lager, da ammoniaktabet fra lager beregnes af N ab stald.

Foderoptimering for slagtesvin

I miljøgodkendelser af slagtesvin anvendes foderoptimering i relativ stor udstrækning, men det skyldes til dels, at der i ansøgningsskemae t anvendes forældede normtal fra 2005/2006.

Foderoptimeringen omfatter hovedsagelig en reduktion i indholdet af råprotein/FE.
For slagtesvin vurderes det, at det gennem yderligere tilpasning af foderets aminosyreindhold til grisenes aktuelle behov vil blive muligt at forbedre kvælstofudnyttelsen. På kort sigt forventes det, at forbedringen hovedsageligt vil komme til udtryk gennem fremgang i produktivitet ved nedsat foderforbrug. På længere sigt vil det måske blive muligt at substituere protein gennem tilsætning af flere forskellige industrielt fremstillede aminosyrer. Samlet vurderes det, at kvælstofudskillelsen pr. produceret slagtesvin kan reduceres med omkring 1 %/år svarende til omkring 50 g pr. produceret slagtesvin. Kilde: Notat vedr. muligheder for at reducere husdyrgødningens indhold af kvælstof via fodringen, Teknisk undergruppe til forberedelse af VMP3.

Tabel 11: Normtal 2005 og 2010 for slagtesvin

	Normtal 2005 (30-102 kg)	Normtal 2010 (32-107 kg)
Foderenheder (FE)/kg tilvækst	2,87	2,85
Råprotein/FE	157,6 g	151 g
Råprotein/kg tilvækst	452 g	430 g
Udskilt N/kg tilvækst	44,3 g	39,2 g
Fosfor/FE	4,7 g	4,3 g
Fosfor/kg tilvækst i foder	13,5	12,0
Udskilt fosfor/kg tilvækst	8,1 g	6,8 g
Fosforudnyttelsesprocent	40,0 %	43,3%

Kilde: Normtal for husdyrbrug. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Der er således fra normtal 2005 til normtal 2010 sket en reduktion i råproteinforbruget på 4,9% og i udskilt N på 11,5% pr. kg tilvækst.

Tabel 12: Ammoniakfordampning pr. slagtesvin i gram og i % ved forskellige foderoptimeringer i forskellige staldsystemer i forhold til 157 g råprotein/FEsv.

Råprotein gram/FEsv*	Ammoniakfordampning, gram pr. svin ved 3 staldsystemer			Reduktionsprocent
	Over 50% fast gulv	25-49% fast gulv	Drænet gulv	Alle
157	314	408	501	0
153	296	385	473	5,6
147	268	348	428	14,5
141,5	245	318	391	21,9

*Der er regnet med et marginalt stigende foderforbrug fra 2,87 FEsv/kg tilvækst ved 157 g råprotein og 2,91 FEsv/kg tilvækst ved 141,5 g råprotein.
Kilde: Teknologiblad: Råprotein i slagtesvinefoder. Miljøstyrelsen 2010.

Reduktion af proteinindholdet i foderet ved hjælp af frie aminosyrer har ved moderat anvendelse kun fordele, da det er muligt at opretholde samme produktion, samtidig med at lavere proteinindhold i foderet reducerer risikoen for diarré og medicinforbruget til behandling af diarré. Sænkes proteinindholdet yderligere, sker der produktionstab primært i form af forringet kødprocent.

Ved anvendelse af fasefodring hæves proteinindholdet i starten af vækstperioden, hvilket faktisk øger risikoen for diarré i den periode, hvor grisene er mest følsomme. Det er én af grundene til, at man i praksis er tilbageholdende med at anvende fasefodring.

Det er ukendt, hvor stor en andel af svinene, der bliver fodret med fasefodring, men det forventes at være 15-30%.

Gylleforsuring

Ved forsuring sænkes gyllens pH-værdi, så ammoniakken i gyllen i stigende grad omdannes til ammonium, der ikke fordamper. Ved tilsætning af 4-6 kg koncentreret svovlsyre pr. ton svinegylle sænkes dens pH-værdi til mellem 5,5 og 6,0. Gylleforsuring i svinestalde reducerer ammoniaktabet med ca. 70%.
Ved behandlingen ledes gylle fra en række gyllekummer til procestanken, hvor der tilledes svovlsyre, så pH sænkes til 5.5 under omrøring og kombineres med en beluftning. Efter behandlingen pumpes hovedparten af gyllen tilbage til gyllekummerne i stalden, mens resten pumpes til gyllebeholderen. Normalt vil al gyllen blive behandlet 1-3 gange dagligt. Alle processer styres og overvåges automatisk. Kilde: Svovlsyrebehandling af gyllen i slagtesvinestalde, Teknologiblad fra Miljøstyrelsen 2009.

Tabel 13: Ammoniakfordampning fra 3 typer slagtesvinestalde med og uden gylleforsuring. Normtal 2010.

	Ammoniakfordampning fra stald incl. lager	
Staldsystem	Uden gylleforsuring*	Med gylleforsuring
Fast gulv + drænet (67/33)	15,7 kg N/DE	5,5 kg N/DE
25-49% fast gulv	12,6 kg N/DE	4,5 kg N/DE
50-75% fast gulv	9,4 kg N/DE	3,6 kg N/DE

* Med fast overdækning på gyllebeholder
Kilde: Egne beregninger.

Kemisk luftvasker

I en kemisk luftvasker også kaldet en scrubber renses luften fra ventilationsanlægget med svovlsyre, hvorved der fjernes ca. 95% af ammoniakken.

Ved anvendelse af kemisk luftvasker er det muligt at opnå en relativ høj ammoniakreduktion, selv om man ikke renser al luften. F.eks. kan rensning af 20% af den maksimale ventilation reducere ammoniaktabet med 60% i stalde med drænet gulv og 40% i stalde med delvist fast gulv.

De mindste decentrale luftrensere har en kapacitet på 10.000 m^3/time, og det vil i mange tilfælde svare til ventilationsbehovet for en hel staldsektion, så det vil også blive anvendt.

Det skønnes, at over 90% af svine- og fjerkræstalde i Danmark ventileres af mekaniske ventilationsanlæg. En luftrenser, der kan rense afkastningsluften kan derfor være en effektiv teknisk løsning til reducering af ammoniak-emissionen fra disse stalde.
Ved kemisk luftrensning opsamles det frarensede kvælstof, som efterfølgende kan anvendes som plantegødning og derfor indgå i gødningsregnskabet.

Biologisk luftvasker

En biologisk luftvasker fungerer på den måde, at staldluft (afgangsluft) ledes gennem et filtermateriale, der holdes fugtigt ved overrisling med vand. Ammoniak og lugtstoffer overføres fra staldluften til væskefasen på filtermaterialet, hvor der dannes en biofilm af bakterier og andre mikroorganismer. Ammoniak, lugtstoffer og støv fjernes, når staldluften kommer i kontakt med vandet og biofilmen i filtrene.

Størrelsen af filtrets overflade har betydning for effekten, da der skal ske en masseoverførsel fra staldluften til biofilmen. Mikroorganismernes primære opgave er at omsætte ammoniak og lugtstofferne således, at afgangsluften ikke længere indeholder disse stoffer. Ammoniak omsættes til nitrit og derefter til nitrat via nitrifikation.

Tabel 14: Luftrensning

Teknik	Forventet reduktion af ammoniak i afgangsluft
Kemisk luftvasker	90%
Biologisk luftvasker	50-70%
Biofilter	70-80%

Kilde: Afrapportering fra udredningsgruppen vedr. ammoniak. Miljøstyrelsen 2006
Reduktionsprocenterne refererer til reduktion af ammoniak. Imidlertid er der risiko for at noget af den opsamlede kvælstof tabes ved emission af lattergas og kvælstofilter.

Det skal bemærkes, at de nævnte anlæg endnu ikke ved afprøvning er undersøgt for processtabilitet, sideeffekter, etc. Derfor kan det i løbet af de kommende år vise sig, at nogle anlæg i høj grad vil blive anvendt og andre vil gå ud af markedet.

For så vidt angår renseeffektiviteten af det enkelte luftrensningsprodukt må det påhvile producenten at dokumentere den faktiske renseeffektivitet.

Biofilter

I et biofilter sker rensningen i en bunke halm, flis eller leca, hvori der opstår en biofilm, der fjerne lugtstoffer og fjerner ammoniakken. En del af ammoniakken ophobes i biofilteret, men der er et betydeligt kvælstoftab som følge af denitrifikation i biofilteret.

Gyllekøling

Ved gyllekøling lægges der køleslanger i bunden af gyllekakanalerne, så temperaturen i gylleoverfladen typisk nedsættes med 5 grader C, hvorved ammoniaktabet kan reduceres med ca. 30%.

Gyllekøling anvendes kun i ringe omfang i slagtesvinestalde, da der stort set ikke er noget varmebehov i slagtesvineproduktionen. Hvis varmen ikke udnyttes er gyllekøling ikke en miljøvenlig teknologi på grund af det relativt høje elforbrug.

Fosfor

Normtal 2010 for fosfor i foder til slagtesvin er 4,3 g P/FE svarende til 12,26 g fosfor/kg tilvækst. Heraf udskilles 6,8 g i gyllen, så udnyttelsesprocenten er 44,5%.

Normtal 2005/2006 for fosfor i foder til slagtesvin var 4,6 g P/FE svarende til 13,2 g fosfor/kg tilvækst. Heraf udskilles 8,06 g/kg tilvækst i gyllen, så udnyttelsesprocenten var på 38,9%.

Selv om fosforudskillelsen er reduceret med 15,6% pr. kg tilvækst er fosforindholdet i gyllen pr. dyreenhed kun reduceret fra 20,3 kg P/DE til 18,36 kg P/DE på grund af ændring af beregningen af dyreenheder. 18,36 kg P/DE svarer til 25,7 kg P/ha ved udbringning af 1,4 DE gylle/ha. S4 er et hyppigt anvendt sædskifte på svinebrug, hvor der fjernes 21,1 kg P med afgrøderne, så der vil ske en overgødskning med ca. 4,6 kg P/ha/år.

Miljø-ranking af ammoniaktab fra stald + lager i slagtesvineproduktion

1. 50-75% fast gulv + gylleforsuring	3,3 kg N/DE
2. 25-49% fast gulv + gylleforsuring	4,2 kg N/DE
3. Spaltegulv + drænet gulv (67/33) + gylleforsuring	5,0 kg N/DE
4. 50-75% fast gulv	10,4 kg N/DE
5. 25-49% fast gulv	13,5 kg N/DE
6. Spaltegulv + drænet gulv (67/33)	16,6 kg N/DE
7. Dybstrøelse, opdelt lejeareal (50% gylle og 50% dybstrøelse)	18,9 kg N/DE
8. Dybstrøelse	24,3 kg N/DE

Kilde: Egne beregninger på grundlag af normtal 2010.

Konklusion

Ammoniaktabet på store slagtesvinebrug kan reduceres med ca. 65% ved anvendelse af enten gylleforsuring eller luftvasker. På mindre slagtesvinebrug kan ammoniaktabet reduceres med ca. 30% ved anvendelse af foderoptimering og staldsystemer med lavt ammoniaktab.

2.3 Smågrise

Smågrise er grise fra ca. 7-32 kg.

I smågrisestalde er det altdominerende staldsystem toklimastald med delvist fast gulv, hvor der typisk er en stor andel fast gulv (50-75%).

I smågrisestalde med ovennævnte staldsystem er ammoniaktabet på 10% af udskilt total-N.

Tabel 15: De forskellige staldsystemer, der anvendes i smågriseproduktionen, og deres ammoniaktab

Staldsystem	Ammoniaktab i stald	Ammoniaktab fra lager uden fast	Samlet ammoniaktab

		overdækning	stald + lager
2-klima stald delvist fast gulv	10%	2%	11,8%
Spalter og drænet gulv (50/50)	14%	2%	15,7%
Fuldspaltegulv	16%	2%	17,7%
Fast gulv	25%	13,5%	35,1%
Dybstrøelse	15%	9,4%	23,0%

Kilde: Amtsregneark 2006/2007 og egne beregninger.

For smågrisestalde er gyllekøling den eneste teknologi på teknologilisten, men der stilles også vilkår om foderoptimering i en række miljøgodkendelser, men den er typisk ikke skrappere end de aktuelle fodernormer.

For smågrise er den eneste realistiske foderoptimering at tilsætte 0,5-1% benzoesyre, som dog kun giver en ammoniakreduktion på 5-10%. Det er imidlertid økonomisk neutralt, fordi gevinsten i form af bedre tilvækst og foderudnyttelse går lige op med merprisen på foderet.

Tabel 16: Normtal 2005 og 2010 for smågrise

	Normtal 2005 (7,2-30 kg)	Normtal 2010 (7,4-32 kg)
Foderenheder (FE)/kg tilvækst	2,03	1,98
Råprotein/FE	164,8 g	161,0 g
Råprotein/kg tilvækst	334,5 g	318,8 g
Udskilt N/kg tilvækst	25,4 g	20,7 g
Fosfor/FE	5,5 g	5,0 g
Fosfor/kg tilvækst i foder	11,2 g	9,9 g
Udskilt fosfor/kg tilvækst	5,7 g	4,87 g
Fosforudnyttelsesprocent	49,1 %	50,8%

Kilde: Normtal for husdyrbrug. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Der er således fra normtal 2005 til normtal 2010 sket en reduktion i råproteinforbruget på 4,7% og i udskilt N på 18,5% pr. kg tilvækst.

Luftvasker

I en luftvasker renses luften fra ventilationsanlægget med svovlsyre, hvorved der fjernes ca. 90% af ammoniakken.

Ved anvendelse af luftvasker i smågrisestalde vil dens kapacitet svare til ventilationsbehovet for en hel staldsektion, så der vil blive opnået en effekt på ca. 90%.

Biologisk luftvasker og biofilter

Biologisk luftvasker og biofilter renser både luften for ammoniak og lugt.

Gylleforsuring

Gylleforsuring kræver en relativ stor produktion, så luftvasker vil ofte være billigere medmindre der også er en slagtesvineproduktion på bedriften. Der kan opnås en reduktion af ammoniaktabet på 70%.

Gyllekøling

Gyllekøling anvendes i et vist omfang i smågrisestalde, da der er et varmebehov til de mindre smågrise og til den relativt hyppige rengøring. Der kan ved gyllekøling opnås en reduktion af ammoniaktabet i stalden på 30%.

Fosfor

Smågrise udskiller ca. 24 kg P/DE ved fodernorm 2010 svarende til 33,6 kg P/ha ved udbringning af 1,4 DE/ha. Der sker således en voldsom overgødskning med fosfor ved udbringning af gylle fra smågrise, idet afgrøderne i de typiske svinesædskifter fjerner mellem 21,1 og 26,6 kg P/ha.

Miljø-ranking af ammoniaktab fra stald + lager i smågriseproduktion

1. Klimastald med 50-75% fast gulv + luftvasker (90%)	3,0 kg N/DE
2. Klimastald med 50-75% fast gulv + gylleforsuring (70%)	4,0 kg N/DE
3. Klimastald med 50-75% fast gulv + gyllekøling (30%)	9,0 kg N/DE
4. Klimastald med 50-75% fast gulv + foderoptimering	11,0 kg N/DE
5. Klimastald med 50-75% fast gulv	12,0 kg N/DE
6. Spalter og drænet gulv (50/50)	16,0 kg N/DE
7. Dybstrøelse	23,4 kg N/DE

Kilde: Egne beregninger på grundlag af normtal 2010.

Konklusion

Ammoniaktabet i nye smågrisestalde på større bedrifter kan reduceres til ca. 3 kg N/DE ved anvendelse af anvendelse af luftvasker eller 4,0 kg N/DE ved gylleforsuring. Mulighederne for foderoptimering i forhold til de gældende fodernormer er begrænset til tilsætning af benzoesyre. På mindre bedrifter kan ammoniaktabet reduceres til 9 kg N/DE ved anvendelse af gyllekøling.

2.4 Søer

Stalde for søer består dels af farestalde og dels af løbe- og drægtighedsstalde.

I farestalde er det mest anvendte staldsystem stalde med delvist spaltegulv, men der findes også stalde med fuldspaltegulv. I stalde med delvist spaltegulv er ammoniaktabet på 10%, mens det i stalde med fuldspaltegulv er på 20%.

I drægtighedsstalde er det mest anvendte staldsystem stalde med delvist spaltegulv, men der findes også stalde, hvor hele eller dele af arealet er dybstrøelse. I staldene med delvist spaltegulv og løsdrift er ammoniaktabet på 12%. I dybstrøelse er ammoniaktabet på 15%.

I nye farestalde og/eller nye drægtighedsstalde etableres der ofte gyllekøling med en effekt på op til 30%.

Tabel 17: Ammoniaktab i stald og lager i forskellige staldsystemer til søer

Staldsystem	Ammoniaktab i stald i % af udskilt N	Ammoniaktab fra lager uden fast overdækning i % af N ab stald	Samlet ammoniaktab stald + lager*
Delvist spaltegulv i farestald, kassestier	10%	2%	10,8%
Delvist spaltegulv i farestald, løsgående	12%	2%	13,8%
Fuldspaltegulv i farestald, kassestier	20%	2%	21,6%
Friland, farestald	15%	0	15%
Delvist spaltegulv i drægtighedsstald	12%	2%	13,8%
Dybstrøelse + spaltegulv i drægtighedsstald	11,3%	3,4%	14,3%
Dybstrøelse + fast gulv i drægtighedsstald	14,3%	3,4%	17,2%
Dybstrøelse i drægtighedsstald	15%	6,3%	20,3%
Friland i drægtighedsstald	15%	6,3%	20,3%

Kilde: Amtsregneark 2006/2007 og egne beregninger.
* Samlet ammoniaktab er mindre end summen af ammoniaktab i stald og lager, fordi ammoniaktabet på lager beregnes i % af N ab stald.

Foderoptimering

I miljøgodkendelser anvendes foderoptimering af kvælstof og/eller fosfor på nogle bedrifter med søer, men den mest anvendte teknologi til reduktion af ammoniaktabet er gyllekøling.

Tabel 18: Normtal 2005 og 2010 for søer

	Normtal 2005 (1 årsso med 24,6 smågrise til 7,2 kg)	Normtal 2010 (1 årsso med 27,2 smågrise til 7,4 kg)
Foderenheder (FE)/årsso	1.428	1.500
Råprotein/FE	142,8 g	138 g
Råprotein/kg smågris	1.151 g	1.028 g
Udskilt N/kg smågris	153,6 g	129,2 g
Fosfor/FE	5,2 g	4,6 g
Fosfor/kg smågris i foder	41,9 g	34,3 g
Udskilt fosfor/kg smågris	35,6 g	25,4 g
Fosforudnyttelsesprocent	17,7 %	25,9 %

Der er således fra normtal 2005 til normtal 2010 sket en reduktion i råproteinforbruget på 10,7% og i udskilt N på 15,95% pr. kg smågris.

Fasefodring med lavproteinfoder i drægtighedsperioden er gratis ved nyinvestrring i stalde og fodringsanlæg, da besparelsen på foderpris normalt er større end investeringen.

Fodring efter minimumsnormer, der er afprøvede, forventes at kunne reducere ammoniakfordampningen med 20-25%.

Det er BAT at anvende gyllekøling i drægtighedsstalde, og det er normalt i nye stalde. I nogle udvidelser sker der endvidere gyllekøling i farestalde. Behovet for varme til smågrisene er imidlertid faldende på grund af ny teknik, og der vil derfor på sigt ikke være brug for al varmen fra gyllekølingen i staldene.

Luftvasker

Ved anvendelse af luftvasker i sostalde vil dens kapacitet svare til ventilationsbehovet for en hel staldsektion i farestalde og til ca. halvdelen af ventilationsbehovet i drægtighedsstalde. Luftvaskere kan anvendes i både fare - og drægtighedsstalde.

Gylleforsuring

Gylleforsuring kræver et relativ stor produktion, så luftvasker vil typisk være billigere, medmindre produktionen sker i stalde med fuldspaltegulv. Gylleforsuring vil derfor fortrinsvis blive anvendt i farestalde med fuldspaltegulv, mens luftvasker vil blive anvendt i alle staldsystemer. kan opnås en reduktion af ammoniaktabet på 70% ved gylleforsuringen.

Gyllekøling

Gyllekøling er BAT i drægtighedsstalde, da der er et betydeligt varmeforbrug i farestaldene. Der kan ved gyllekøling opnås en reduktion af ammoniaktabet i stalden på 30%.

Miljø-ranking af ammoniaktab fra stald + lager i soproduktion (normtal 2010).

1. Drægtighedsstald (DS), farestald (FS) med gylleforsuring 5,9 kg N/DE
2. Delvist spaltegulv i drægtighedsstald og farestald med 60% luftrensning 7,5 kg N/DE
3. Gyllekøling i drægtighedsstald + foderoptimering + gyllekøling 8,7 kg N/DE
3. Delvist spaltegulv i drægtighedsstald og farestald med gyllekøling 11,4 kg N/DE
4. Delvist spaltegulv i drægtighedsstald og farestald med foderoptimering 11,6 kg N/DE
5. Delvist spaltegulv i drægtighedsstald og farestald (løsgående) 15,4 kg N/DE
6. Delvist spaltegulv i drægtighedsstald og fuldspaltegulv i farestald (løsgående) 17,6 kg N/DE
7. Dybstrøelse i drægtighedsstald og delvist spaltegulv i farestald (løsgående) 20,9 kg N/DE

Kilde: Amtsregneark 2006/2007 og egne beregninger.

Konklusion

Ammoniaktabet i nye sostalde på større bedrifter kan reduceres til 6-7 kg N/DE ved anvendelse af luftvasker eller gylleforsuring. Mulighederne for foderoptimering i forhold til de gældende fodernormer er betydelige. På mindre bedrifter kan ammoniaktabet reduceres til ca. 9 kg N/DE ved anvendelse af gyllekøling og foderoptimering.

2.5 Fjerkræ

Slagtekyllinger

Konventionelle slagtekyllinger produceres stort set alene i store dybstrøelsesstalde, hvor de går i flokke på op til 40.000 kyllinger i hver hal. For økologiske slagtekyllinger gælder, at flokstørrelsen ikke må overstige 4.800 kyllinger i hver flok. I konventionel drift må der være 40 kg kyllinger/m^2, mens der i økologisk drift må være 21 kg kyllinger/m^2. Konventionelle slagtekyllinger slagtes efter 35-40 dage, mens økologiske slagtekyllinger slagtes efter 81 dage. Dybstrøelsen fjernes fra staldene efter hvert hold kyllinger.

Potentialet for ammoniakfordampning i slagtekyllingestalde er stort, fordi gødningen ikke fjernes løbende fra staldene, og fordi kyllingerne har mulighed for at rode i dybstrøelsen. Kyllingerne udskiller kvælstof som urinsyre, der først skal omdannes til ammonium af bakterier, før ammoniakfordampningen kan finde sted. Hvis dybstrøelsen holdes meget tør f.eks. ved gulvvarme eller stor tilførsel af halm, vil det hæmme omdannelsen af urinsyre til ammonium og dermed ammoniakfordampningen.

Da hallerne er lukkede, og der typisk produceres over 500.000 slagtekyllinger på de konventionelle bedrifter, er der tale om store ammoniakemissioner, som det er muligt at fjerne ved at lede ventilationsluften forbi et filter med lameller, der konstant overrisles med en svovlsyreopløsning. Derved opsamles ammoniak og støv samt en del lugtstoffer fra luften. Returvæsken er en flydende svovlholdig ammoniumgødning (6-7 % kvælstof) (Stein, 2004). Væsken er stabil og kan køres direkte ud på markerne som gødningstilskud eller hældes direkte i gylletanken Der er endnu kun stillet krav om luftvasker i ganske få miljøgodkendelser i Danmark, selv om teknologien har været anvendt i bl.a. Holland i en årrække. En luftvasker fjerner ca. 90% af ammoniakken i den rensede luft, men dimensioneres normalt ikke til at rense den maksimale luftstrøm. Ved dimensionering til 20% af den maksimale luftstrøm vil der typisk blive fjernet 50% af ammoniakken på årsplan.

Tabel 19: Ammoniaktab i stald og lager i slagtekyllingeproduktionen

Staldsystem	Ammoniaktab i stald i % af udskilt N	Ammoniaktab fra overdækket lager i % af N ab stald	Samlet ammoniaktab stald + lager i %**
Konventionel slagtekylling	20	6,4*	25,1
Økologisk slagtekylling	25	6,4*	29,8

* 15% af dybstrøelsen udbringes direkte fra stald til mark

** Samlet ammoniaktab er mindre end summen af ammoniaktab i stald og lager, fordi ammoniaktabet på lager beregnes i % af N ab stald.

Foderet til slagtekyllinger produceres på foderstoffabrikker og er standardfoder. Der anvendes derfor ikke foderoptimering på de enkelte bedrifter. Da miljøgodkendelserne er baseret på forældede normtal fra 2005/2006, bliver miljøbelastningen undervurderet i miljøgodkendelserne, fordi N-udskillelsen fra konventionelle slagtekyllinger er steget fra 56,8 til 65,5 g N/slagtekylling i normtal 2010 (tabel 20).

Tabel 20: Normtal for slagtekyllinger 2005 og 2010

Slagtekyllinger	Konventionelle (40 dage)		Økologiske (81 dage)
	Normtal 2005	Normtal 2010	Normtal 2005/2010
Tilvækst	2,18	2,47	2,15
Kg foder/kylling	3,87 kg	4,27 kg	6,99 kg
Proteinindhold i foder	19,5%	20%	16,9%
Udnyttelsesprocent for kvælstof (N)	52,1%	51,1%	31,4%
Fosfor i foderet	0,66%	0,57%	0,69%
Gram N udskilt/kylling	56,8 g	65,5 g	127 g
Kg N/DE udskilt	164,7 kg	144,1 kg	165,1 kg
Kg P/DE i gødning	31,3 kg	17,1 kg	43,9 kg

Kilde: Normtal for husdyrbrug. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Der er derimod sket et kraftigt fald i fosforindholdet pr. DE fra 31,3 kg P/DE i normtal 2005 til 17,1 kg P/DE i normtal 2010 både som følge af mindre fosforudskillelse og faldet fra 2.900 til 2.200 slagtekyllinger pr. DE. Det betyder, at der nu ved et husdyrtryk på 1,4 DE/ha udbringes 24 kg P/ha, hvilket svarer nogenlunde til behovet i de typisk anvendte sædskifter, der har en fosforfjernelse på 21,1-26,6 kg P/ha.

Fosforudskillelsen fra økologiske slagtekyllinger er derimod steget fra 40,6 kg P/DE til 43,9 kg P/DE som følge af stigningen fra 1.200 til 1.300 slagtekyllinger/DE. Ved udbringning af 1,4 DE dybstrøelse/ha tilføres der 61,5 kg P/ha. Da der "kun" fjernes 21-26 kg P/ha i de typisk anvendte sædskifter, vil der ske en kraftig overgødskning med fosfor fra økologiske slagtekyllinger, medmindre der udbringes langt mindre end 1,4 DE dybstrøelse/ha.

Konklusion

Det Økologiske Råd vurderer, at ammoniaktabet i konventionelle slagtekyllingehaller kan reduceres med 50% ved at lade ca. 15% af den maksimale ventilationsluft passere gennem en luftvasker. Det svarer til at ammoniaktabet fra slagtekyllinger (35 dage) i stald og lager reduceres fra 36,8 kg N/DE til 22,7 kg N/DE.

Æglæggende høns

Der er ca. 3 mio. æglæggende høner hos ca. 250 professionelle og registrerede ægproducenter. Herudover er der ca. 1,2 mio. stalddørs- og baghavehøner.

Den mest udbredte form for ægproduktion foregår i bure, hvor hønerne går i små grupper.

Ægproduktionen foregår i en række forskellige produktionsformer, der giver navn til 4 forskellige "ægtyper" nemlig "buræg", "skrabeæg", "frilandsæg" og "økologiske æg".

Buræg

En burhøne lægger æg i ca. 392 dage (ca. 13 måneder), hvorefter den udsættes (slagtes eller sælges). Hønen lægger omkring 335 æg svarende til 20,8 kg i denne periode dvs. 6 æg om ugen. En høne i bur optager ca. 43 kg foder i æglægningsperioden.

Hver høne skal have 600 cm^2, og der må maksimalt være seks høner i et bur. Der er ikke krav om strøelse, reder eller siddepinde. Derudover behøver der ikke at være vinduer i stalden, og hønerne kommer ikke ud i en hønsegård, men lever i bure. Hønerne må næbtrimmes, hvis det sker inden de er 10 dage gamle.

Hver høne skal have 600 cm^2, og der må maksimalt være seks høner i et bur. Der er ikke krav om strøelse, reder eller siddepinde. Derudover behøver der ikke at være vinduer i stalden, og hønerne kommer ikke ud i en hønsegård, men lever i bure.
Derudover findes berigede bure. Fra den 1. januar 2012 forbydes al produktion af æg i de konventionelle bure, men der må gerne benyttes berigede bure.

For berigede bure gælder:

- At hver høne skal mindst have et areal svarende til 750 cm^2, hvoraf 600 cm^2 skal være nyttearealet.
- Buret skal mindst være 2.000 cm^2. Højden andre steder end over nyttearealet skal mindst være 20 cm.
- I buret skal der være en rede, et støv-/strå-/sandbad samt siddepinde, så hver høne mindst har 15 cm siddeplads.
- Hver høne skal have mindst 12 cm fodertrug, og der skal være installeret et passende drikkesystem, således at hver høne mindst har adgang til tre vandnipler eller drikkekopper.
- Gangen mellem burene skal mindst være 90 cm, og det nederste bur skal mindst være 35 cm over bygningens gulv.
- Der må maksimalt være 10 høner i et bur.

Ammoniaktabet i traditionelle hønsestalden med fastgødning og dybstrøelse er ammoniaktabet 40% ved den faste gødning og 25% ved dybstrøelse. Ammoniaktabet fra buræg kan reduceres til 10% ved anvendelse af gødningsbånd, hvor al gødningen fjernes fra stalden typisk 3 gange om ugen. Det relativt lave ammoniaktab skyldes, at fjerkræ afgiver kvælstof som urinsyre, der først giver anledning til ammoniakfordampning, når bakterier har omdannet den til ammoniak. Når gødningen fjernes 3 gange om ugen, når ammoniaktabet ikke at blive særlig højt.

Skrabeæg

Skrabeæg produceres af høns i flokke på 3.000 til 10.000 stk. Hønerne lever indendørs i stalde, hvor der højest må være 9 høner pr. m^2 (1.111 cm^2/høne). En del af produktionen har dog kun 7 høner pr. m^2 (1.429 cm^2/høne).
En skrabehøne lægger æg i ca. 364 dage (ca. 12 måneder), hvorefter den udsættes (slagtes eller sælges). Hønen lægger omkring 274 æg svarende til 17,4 kg i denne periode dvs. 5 æg hver uge. En skrabehøne optager ca. 44 kg foder i æglægningsperioden.
I staldene skal der ikke være vinduer, men der er krav om reder og siddepinde til hønerne samtidig med, at mindst 1/3 af gulvarealet skal dækkes med strå, høvlspåner, sand eller tørv. Hønerne må være næbtrimmet, hvis det sker, inden de er 10 dage gamle.

Ved skrabeæg er 33% af gødningen dybstrøelse og 67% fast gødning, der har et ammoniaktab på henholdsvis 25% og 40%. Der er udviklet et nyt staldsystem for høns, der ikke holdes i bur, hvor der sker hyppig fjernelse af den faste gødning med et gødningsbånd. Staldsystemet kaldes voliere med bånd, og der kan herved opnås en reduktion i ammoniaktabet på henholdsvis 30% og 36% ved 2 og 3 ugentlige udmugninger.

Frilandsæg

Frilandsæg produceres af fritgående høner. Husene er indrettet på samme måde som til høner, der lægger skrabeæg. Forskellen er, at fritgående høner har adgang til fri luft på et udeareal.

En fritgående høne lægger æg i ca. 364 dage (ca. 12 måneder), hvorefter den udsættes (slagtes eller sælges). Hønen lægger omkring 274 æg svarende til 17,4 kg i denne periode dvs. 5 æg hver uge. En fritgående høne optager ca. 40 kg foder i æglægningsperioden.

De fritgående høner lever i flokke på 3.000 til 10.000 stk., hvor de har adgang til både stald og hønsegård. I stalden er der krav om, at der højest må være 9 høner pr. m^2. Derudover skal der være reder og siddepinde samt strøelse i mindst 1/3 af gulvsarealet i form af enten strå, høvlspåner, sand eller tørv. Der er ikke krav om vinduer i stalden.

I hønsegården, hvor høner har adgang til om dagen, skal der være minimum 4 m^2 jord pr. høne, og jorden skal overvejende være dækket af vegetation. De fritgående høner må næbtrimmes, hvis det sker inden de er 10 dage gamle.

Ved frilandsæg er staldsystemet det samme som ved skrabeæg, og her kan der også anvendes staldsystemet voliere med bånd, hvor der sker hyppig fjernelse af den faste gødning. Der kan herved opnås en reduktion i ammoniaktabet på henholdsvis 30% og 36% ved 2 og 3 ugentlige udmugninger.

Økologiske æg

Økologiske æg produceres på mange måder ligesom æg fra fritgående høner, hvor nogle af de væsentligste forskelle er, at hønerne får økologisk foder og ikke må næbtrimmes.
En økologisk høne lægger æg i ca. 364 dage (ca. 12 måneder), hvorefter den udsættes (slagtes eller sælges). Hønen lægger omkring 274 æg svarende til 17,4 kg i denne periode dvs. 5 æg hver uge. En økologisk høne optager ca. 40 kg. foder i æglægningsperioden, men fortærer herudover en del grovfoder.
Flokke med økologiske høner består af op til 3.000 høner.
I staldene skal hønerne udover dagslys have reder og siddepinde, og der må højest være 6 høner pr. m^2. Derudover skal mindst 1/3 af gulvarealet være dækket med enten strå, høvlspåner, sand eller tørv. Hønsegårdens størrelse skal minimum svare til 4 m^2 pr. høne, hvor jorden overvejende skal være dækket af græs. Derudover skal der være mere end én hønsegård, således at de enkelte hønsegårde kan være fri for høner mindst ét år ad gangen.

Ved økologiske æg er staldsystemet det samme som ved skrabeæg og frilandsæg, og her kan der også anvendes staldsystemet voliere med bånd, hvor der sker hyppig fjernelse af den faste gødning. Der kan herved opnås en reduktion i ammoniaktabet på henholdsvis 30% og 36% ved 2 og 3 ugentlige udmugninger.

Dybstrøelse

I hønsestalde, hvor en del af gødningen består af dybstrøelse vil der foregå en komposteringsproces. Forholdet mellem kulstof og kvælstof (C:N) har betydning for tabet af kvælstof ved kompostering. Normalt er C:N forholdet i fjerkrædybstrøelse lavt. Ved at øge C:N forholdet til ca. 20, kan kvælstoftabet mindskes. En forøgelse af C:N forholdet fordrer anvendelse af større halmmængder, end der anvendes i dag. En anden effekt af øget halmmængde er, at strøelsen blev holdt mere tør. Fjerkræ afgiver som nævnt kvælstof som urinsyre, der er meget stabil under tørre forhold. Kilde: Gaseous emissions during the management of solid manures. A review: J. Webb et al.

Tabel 21: Kvælstoftab i stald og lager fra æglæggende høns i forskellige staldsystemer

Konsumægproduktion	**Ammoniaktab i % af udskilt N**			**Denitrifikation i lager i % af N ab lager**	**Samlet N-tab i % af udskilt N**
Type produktion	Stald	Lager	I alt		
Burhøns med bånd, fast gødning	10	5	14,5	10	23,4
Burhøns med gødningskælder	12	5	16,4	10	25,2
Skrabehøns m. gødningskumme	25/40*	5/5*	34,2	0/10*	43,1
Høns i voliere med bånd	25/10*	5/5*	18,1	0/10*	25,0
Fritgående uden gødningskumme	28	5	31,6	0	31,6
Fritgående med gødningskumme	25/40*	5/5*	37,5	0/10*	40,9
Økologiske uden gødningskumme	28	5	31,6	0	31,6
Økologiske med gødningskumme	25/40*	5/5*	37,4	0/10*	40,9

Kilde: Ammoniaktabet er fra amtsregneark 2006/2007 og samlet N-tab er fra 2010 norm.
***** Her produceres 2 gødningstyper: dybstrøelse/fast gødning

Fodernormer og hønsegødning

Det fremgår af Tabel 21, at fodermængden har været stigende for skrabehøns og fritgående høns og svagt faldende for burhøns og økologiske høns. Kvælstofudnyttelsen er steget mest for burhøns, mens den er faldet for økologiske høns på grund af et stigende proteinindhold i foderet. Fosforindholdet i foderet er faldet markant med 22-25% for konventionelle æg og med 10% for økologiske æg med en markant forøgelse af fosforudnyttelsen til følge.

På trods heraf tilføres der ved udbringning af 1,4 DE hønsegødning/ha stadig 36,5 kg P fra burhøns, 41,9 kg P fra skrabehøns, 37,9 kg P fra fritgående høns og 48 kg P fra økologiske høns.

Da der "kun" fjernes 21-26 kg P/ha i de typisk anvendte sædskifter, er der stadig en kraftig overgødskning med fosfor fra alle typer høns, hvis der udbringes 1,4 DE hønsegødning/ha.

Tabel 22: Normtal 2005 og 2010 for æglæggende høns

	Burhøns		Skrabehøns		Fritgående høns		Økologiske høns	
	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005
Kg foder	40,7	41	47,1	44,3	47,4	45,3	47,3	47,5
Proteinindhold i foder i %	16,4	16,8	16,3	16,8	16,3	16,8	18	16,8
Fosforindhold i %	0,49	0,63	0,47	0,63	0,47	0,63	0,57	0,63
Kvælstofudnyttelse i %	33,8	28,1	28,3	28,1	27,3	25,9	24,3	24,8
Fosforudnyttelse i %	21	14,7	18,1	14,7	17,6	13,7	15,2	13,0
Kg P/DE i hønsegødning	26,1	35,7	29,9	39,5	27,1	40,8	34,3	43,2

Kilde: Normtal for husdyrbrug. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Konklusion

Det Økologiske Råd vurderer, at ammoniaktabet i produktionen af buræg kan reduceres til ca. 15% svarende til ca. 17 kg N/DE ved anvendelse af stalde med gødningsbånd med udmugning 3 gange om ugen,

og at ammoniaktabet i produktionen af æg fra høns, der ikke er i bur, kan reduceres til ca. 18% svarende til ca. 26 kg N/DE ved anvendelse af gødningsbånd med udmugning 3 gange om ugen.

2.6 Mink

Mink produceres i trådbure, hvorfra næsten al gyllen opsamles i en gyllerende, der typisk er mellem 32 og 36,5 cm bred, mens resten falder ved siden af gyllerenden og normalt opsamles i halm under burene. Gyllerenderne tømmes fra 1 gang ugentlig til 1 gang dagligt. Den ugentlige tømning sker manuelt, mens den daglige sker automatisk. Tømningen sker ved bagskyl eller vakuum.

Tabel 23: Ammoniaktab i stald og lager i minkproduktionen

Staldsystem	**Ammoniaktab i stald i %**	**Ammoniaktab fra overdækket lager i %**	**Ammoniaktab stald + lager i %**
Gyllerender	31,1	2	32,5

Krav om gyllerender blev vedtaget i 2001 og er siden da indført på alle minkfarme.
I forbindelse med vedtagelsen blev der fastlagt nedenstående10 kombinationer af rendebredde, hyppighed af udmugning, tilførsel af halm og proteinindhold i % af OE i uge 30-47.

Tabel 24: De 10 kombinationer for overholdelse af ammoniakkrav

Rendebredde	Hyppighed af tømning af renden	Tilførsel af halm	Proteinindhold i % af OE i uge 30-47
Over 36½ cm	1 gang om ugen	Halm ad libitum	Ingen krav
Over 32 cm	1 gang om ugen	Halm ad libitum	32%
Over 32 cm	1 gang om ugen	Ingen krav	31%
Over 32 cm	2 gange om ugen	Ingen krav	Ingen krav
Over 32 cm	1 gang om ugen	Halm ad libitum + 0,2 kg	Ingen krav
Over 28 cm	Dagligt	Ingen krav	Ingen krav
Over 28 cm	2 gange om ugen	Halm ad libitum	Ingen krav
Over 28 cm	2 gange om ugen	Ingen krav	32%
Over 28 cm	1 gang om ugen	Halm ad libitum	31%
Over 28 cm	1 gang om ugen	Halm ad libitum + 0,2 kg	32%

Kilde: Vejledning om minkfarme. Skov- og Naturstyrelsen 2004.

Skulle senere undersøgelser - mod forventning - vise, at kravet til maksimalt tab på 1,65 kg N og 0,16 kg P pr. årstæve ikke opnås ved disse anvisninger, vil de her anviste løsninger alligevel betragtes som opfyldelse af kravet om opsamling.

Ifølge vejledningen til lov om miljøgodkendelse m.v. af husdyrbrug kan ammoniaktabet påvirkes ved følgende supplerende tiltag:

Tømning 2 gange ugentlig reducerer ammoniaktabet med 0,15 kg N/årstæve
Daglig tømning af gyllerender reducerer ammoniaktabet med 0,3 kg N/årstæve
Rendebredde ved +/- 1cm ændrer ammoniaktabet med +/- 0,03 kg N
1% reduktion i proteinindhold reducerer ammoniaktabet med 0,03 kg N/årstæve
Halm ad libitum reducerer ammoniaktabet med 0,1 kg N/årstæve
Halm ad libitum + 0,2 kg reducerer ammoniaktabet med 0,05 kg N/årstæve

Tabel 25: Normtal 2005 og 2010 for mink

	Normtal 2005 (5,29 hvalpe)	Normtal 2010 (5,52 hvalpe)
Fodermængde i kg	201,0	228,8
Udskilt N/årstæve	5,07	5,51
Udskilt fosfor/årstæve	0,91 kg	0,86 kg

Kilde: Normtal for husdyrbrug. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet

Miljøbelastningen

Med en N-udskillelse på 5,51 kg N/årstæve og et N-indhold ab lager på 3,54 kg N ved ugentlig tømning ved normtal 2010, bliver ammoniaktabet fra stald og lager på 1,97 kg N/årstæve dvs. væsentligt højere end de 1,65 kg N/årstæve, der er angivet i vejledningen om pelsdyrfarme.

3,54 kg N/årstæve ab lager svarer til 120,36 kg N/DE eller 168,5 kg N/ha ved udbringning af 1,4 DE/ha. Ved daglig tømning øges N-indholdet i minkgyllen til 3,84 kg N/årstæve ab lager svarende til 130,56 kg N/DE eller 182,8 kg N/DE. Hermed overskrides nitratdirektivet, der maksimalt tillader udbringning af 170 kg N/ha fra husdyrgødning.

Fosforindholdet i minkgyllen er på 29,24 kg P/DE ved 34 årstæver/DE svarende til 40,9 kg P/ha ved udbringning af 1,4 DE minkgylle/ha.

Da der "kun" fjernes 21-26 kg P/ha i de typisk anvendte sædskifter, er der en kraftig overgødskning med fosfor, hvis der udbringes 1,4 DE minkgylle/ha.

Kvælstofudskillelsen er steget fra 5,07 kg N/årstæve til 5,51 kg N/årstæve fra normtal 2005 til normtal 2010 svarende til en stigning på 8,7%. Fosforudskillelsen pr. årstæve er derimod faldet fra 0,91 til 0,86 kg/årstæve svarende til et fald på 5%. Ændringen af antal årstæver/DE fra 44 til 34 har reduceret overgødskningen med fosfor og nitratudvaskningen betydeligt, men den er fortsat meget høj.

Ammoniaktabet fra minkfarme reduceres ved daglig udmugning fra 31,1% til 25,1%, så det er fortsat meget højt i forhold til andre husdyrtyper. Mange minkfarme ligger i områder med kvælstoffølsom natur og udgør derfor en væsentlig trussel mod denne.

I en del miljøgodkendelser stilles der nu krav om daglig udmugning af gyllerenderne, hvorved ammoniaktabet reduceres med 0,3 kg N/årstæve. Med et ammoniaktab i norm 2010 på 1,97 kg N/årstæve ved ugentlig udmugning reduceres det til 1,67 kg N/årstæve. Hele miljøgevinsten ved daglig udmugning er således spist op af forøgelsen i N-udskillelsen fra normtal 2005 til 2010.

Den maksimale ammoniakreduktion kan med de nuværende virkemidler opnås ved en rendebredde på over 36½ cm, daglig udmugning, halm ad lib. + 0,2 kg, et proteinindhold på 32% af OE i uge 30-47 samt fast overdækning af gyllebeholderen.

Det giver et ammoniaktab på 1,34 kg N/årstæve ved normtal 2010.

Den daglige udmugning sker typisk enten ved anvendelse af Gjøl Vakuums Farmcat eller ved hjælp af wiretræk med en trækstation i enden af hallen.

Miljøstyrelsen har i 2010 indgået en aftale med Dansk Pelsdyravlerforening om, at den oprindelige skærpelse af dyreenhedsfaktoren fra 44 årstæver/dyreenhed (DE) til 30 årstæver pr. DE ændres til 34 årstæver/DE. Til gengæld forpligter Dansk Pelsdyravlerforening og Dansk Pelsdyrfoder sig til at reducere proteinindholdet i minkfoder med i alt 15% i forhold til normen i 2009/2010 over 4 år startende i august 2010.

Aftalen indeholder delmål på 5% reduktion i proteinindholdet i 2012, 10% i 2014 og 15% i 2015.

Såfremt der ikke konstateres tilstrækkeligt fremskridt, skærpes dyreenhedsfaktoren til 30 årstæver pr. 1. august samme år.

Endvidere indeholder aftalen, at Dansk pelsdyravlerforening skal iværksætte forsøg med hensyn til forsuring af minkgylle med en virksomhed med ekspertise inden for forsuring af gylle. Målsætningen er igangsættelse i 2011 og endelig afrapportering senest i 2013.

Arbejdet med dokumentation af effekten af hyppig udmugning i gyllerender afsluttes med udgangen af oktober 2010, så denne teknologi snarest kan anvendes som grundlag for BAT standardvilkår og dokumenteres i forbindelse med godkendelse/tilladelse af minkfarme.

Tabel 26: Aftalens miljøeffekt i 2015.

Reduktion	Reduktion i forhold til normtal 2009/10	Normtal 2009/2010	Aftalens mål	Normtal 2005/2006
Udskilt N ab dyr	16,1%	5,28	4,43	5,07
Kvælstof ab lager	15,9%	3,39	2,85	2,5
Ammoniakfordampning	16,5%	1,71	1,43	1,65
Udskilt fosfor	10,5%	0,85	0,72	0,91

Kilde: Miljøstyrelsen og egne beregninger

Konklusion

Der mangler viden om, hvor meget ammoniaktabet i minkproduktionen kan reduceres ved anvendelse af alle de teknikker, der i dag står til rådighed for minkavlerne med hensyn til rendebredde, daglig tømning af gyllerender, halm ad libitum + 0,2 kg, proteinindhold i % af OA i uge 30-47 og overdækning af gyllebeholder.

Ud fra den eksisterende mangelfulde viden er effekten af disse virkemidler en reduktion i ammoniaktabet fra 1,65 kg N7årstæve til 1,34 kg N/årstæve. Der er behov for udvikling af et nyt staldsystem og/eller nye virkemidler, der giver en langt lavere ammoniaktab til omgivelserne. Det kan f.eks. være lukkede stalde med luftvasker.

Det Økologiske Råd vurderer, at lukkede stalde med luftvasker vil kunne reducere ammoniaktabet fra ca. 56 kg N/DE til ca. 10 kg N/DE svarende til godt 80%.

3. Husdyrgødningen på lager

Indtil stalde med gyllesystemer blev indført i 1960'erne bestod husdyrgødningen hovedsagelig af fast staldgødning og ajle samt dybstrøelse. I dag består over 80% af husdyrgødningen af gylle og andelen er stigende. Dybstrøelse anvendes især i kvægstalde, men anvendelsen er faldende, idet stort set alle nye stalde opføres med gyllesystem. Det skyldes bl.a., at gyllesystemer er mindre arbejds- og omkostningskrævende, giver et lavere kvælstoftab i stald og lager samt medfører en bedre kvælstofudnyttelse i marken.

Dybstrøelse har tidligere i stort omfang været anvendt i økologisk kvægproduktion af dyrevelfærdsmæssige grunde, men anvendelsen er faldet kraftigt i de senere år, idet der kun i meget ringe grad anvendes dybstrøelse i nye stalde til økologisk mælkeproduktion. Også i svineproduktionen er anvendelse af dybstrøelse faldende.

Indtil slutningen af 1980erne blev ammoniakfordampningen fra gyllebeholdere ikke opfattet som noget problem og udover det flydelag, der dannes naturligt, blev der ikke gjort en indsats for at reducere det.

Fra 1990'erne har lagret gylle skullet have en tæt overdækning enten i form af et tæt flydelag eller en fast overdækning i form af telt, betonlåg eller lignende. Det tætte flydelag opnås typisk ved at lægge et lag af snittet halm over gyllen. I de senere år har flere og flere gylletanke fået fast overdækning i form af telt.

Da gylle lagres iltfrit, sker der ingen emission af lattergas eller frit kvælstof, men beluftes gyllen f.eks. for at reducere lugtgener, vil der opstå risiko for emission af lattergas og frit kvælstof.

Fast staldgødning og ajle anvendes stort set ikke længere i husdyrproduktionen og vil ikke blive omtalt yderligere.

Fast gødning i form af dybstrøelse og fiberfraktionen fra gylleseparering er porøse materialer, der vil kompostere, når de lægges i lagerstak. I lagerstakken vil luftens ilt føre til nedbrydning af organisk stof med udvikling af varme, hvilket yderligere vil forøge nedbrydningen. Ved at sænke luftskiftet i lagerstakken sænkes komposteringsaktiviteten, så ammoniaktabet reduceres.

Luftbevægelsen gennem lagerstakken kan begrænses ved komprimering og overdækning. Undersøgelser viser, at en komprimering af dybstrøelse fra 450 til 700 kg/m^3 reducerer ammoniaktabet fra 27% til 5% af total-N svarende til en reduktion af tabet på 80%.

I stedet for komprimering kan dybstrøelsen overdækkes med presenning eller kompostdug for at begrænse luftskiftet. Herved reduceres ammoniaktabet med ca. 50% i forhold til udækket komposterende dybstrøelse. Effektiv reduktion af ammoniakfordampningen kræver dog, at overdækningen udføres effektivt, og at overdækningen finder sted straks efter, at lageret er etableret. Der er krav om, at

dybstrøelseslagre, der ikke løbende tilføres gødning, skal overdækkes med kompostdug, plastfolie eller presenning, der er lige så tæt som kompostdug.

Dybstrøelsen skal opbevares på befæstede arealer med afløb til tætte beholdere, hvis tørstofindholdet er under 30%, og kan opbevares i markstakke, hvis det er på mindst 30%.

Kompostering af den faste fiberfraktion fra gylleseparering kan udnyttes til at reducere gødningens indhold af ammoniak. Udføres komposteringen i et lukket rum kan den fordampede ammoniak opsamles af en luftvasker. Alternativt kan fiberfraktionen komposteres i en beholder med omrøring og lufttilførsel og med en luftvasker til at fange ammoniakken i afgangsluften. For at undgå produktion af store mængder metan er det vigtigt, at komposteringen styres ved tilførsel af tilstrækkeligt med ilt.

Udvaskningen af kvælstof fra lagre af dybstrøelse er på 2% af total-N.

Tabel 27: Ammoniakfordampning fra gylletanke

Husdyrtype	Gødning	Ammoniaktab i % af total-N ab stald
Kvæg	Teltkonstruktion, betonlåg el.lign	1
	Gylle med tæt flydelag el. lign.	2 +/- 1
	Gylle uden flydelag	6 +/- 3
Svin og mink	Teltkonstruktion, betonlåg el.lign	1
	Gylle med tæt flydelag el. lign.	2 +/- 1
	Gylle uden flydelag	9 +/- 5
Afgasset gylle	Teltkonstruktion, betonlåg el.lign	1
	Gylle med tæt flydelag el. lign.	4 +/ 2
	Gylle uden flydelag	21 +/- 5

Kilde: Poulsen et al. 2001

Ammoniaktabet fra gyllebeholdere med kvæggylle er 2% af total-N ved tæt flydelag, mens det er ca. 6% fra gylletanke uden flydelag. Kvæggylle danner hurtigt et naturligt flydelag, men ammoniaktabet kan reduceres til 1% ved etablering af en fast overdækning i form af f.eks. teltdug.

Overdækning af gyllebeholdere medfører endvidere en væsentlig reduktion i metanemissionen, og at nedbøren, der falder på gylletanken, ikke skal udbringes på markerne.

Kvæggylle kan ikke opbevares i gyllelaguner, da det ikke er muligt at omrøre den i gyllelaguner på grund af dens konsistens.

Ammoniaktabet fra lagerstakke af kvægdybstrøelse er på 12,5%, men reduceres normalt til 4,4%, idet normen er, at 65% af dybstrøelsen skal udbringes direkte fra stald til mark. Denitrifikationen i lagerstakke er på 5% for kvægdybstrøelse.

Ammoniaktabet fra gyllebeholdere med svinegylle er 2% af total N ved tæt flydelag, mens det er ca. 9% uden tæt flydelag. Ammoniaktabet kan reduceres til 1% ved fast overdækning.

Svinegylle har et ammoniumindhold på ca. 70% af total-N mod ca. 50% for kvæggylle, og svinegylle kan normalt ikke selv danne et tæt flydelag ligesom kvæggylle.

Svinegylle kan opbevares i overdækkede gyllelaguner, da det kan omrøres på grund af en mindre fast konsistens end kvæggylle.

Ammoniaktabet ved lagerstakke af dybstrøelse fra slagtesvin og søer er på 25% af total-N, men reduceres normalt til 18,75% for slagtesvin og 12,5% for søer, idet normen er, at 75% af dybstrøelsen fra slagtesvin og 50% af dybstrøelse fra søer skal udbringes direkte fra stald til mark.

Denitrifikationen i lagerstakke er på 15% for svinedybstrøelse.

Hele produktionen af slagtekyllinger foregår i dybstrøelse, hvor ammoniaktabet fra lagerstakke er på 7,5% af total-N. Ammoniaktabet reduceres til 6,4% ved udbringning af 15% direkte fra stald til mark. Denitrifikationstabet

I ægproduktionen er ammoniaktabet på lager 5% for både dybstrøelse og fast gødning, og der er ingen direkte udbringning fra stald til mark.

Ammoniaktabet fra gyllebeholdere med minkgylle er 2% af total-N ved tæt flydelag og 1% ved fast overdækning. Ofte ender det opsamlede halm med gødningsrester under burene også i gylletanken.

Denitrifikation i dybstrøelse

Denitrifikation er en biologisk proces, hvor bakterier omdanner nitrat-kvælstof til lattergas og frit kvælstof. Der er målt et denitrifikationstab på 0-33% af kvælstofindholdet i lagret dybstrøelse fra kvæg og svin. Det er ikke lykkedes at identificere, hvilke faktorer, der har forårsaget den store variation i denitrifikationen.

Tabel 28: Ammoniakfordampning og denitrifikation fra dybstrøelse ved lagring i mere end 100 dage ab stald.

Husdyrtype		Ammoniaktab i % af total-N ab stald	Denitrifikation i % af total-N ab stald	Total N tab i % af toltal-N ab stald
Kvæg	Uden overdækning	25 +/- 10	5	30
	Med overdækning	12,5	5	17,5
Svin	Uden overdækning	25 +/- 10	15	40
	Med overdækning	12,5	15	27,5
Høns	Uden overdækning	10	5	15
	Med overdækning	5	0	5
Slagtekyllinger	Uden overdækning	15	10	25
	Med overdækning	7,5	5	12,5

Kilder: Amtsregneark 2005/2006 samt Teknologiske virkemidler til nedbringelse af næringsstofbelastningen. Forberedelse af Vandmiljøplan III, 2003.

Bemærk: Der er generelle krav om direkte udbringning fra stald til mark. Kravet er 65% for kvæg, 50% for søer, 25% for slagtesvin og smågrise, 15% for slagtekyllinger og 5% for høns.

Konklusion

Ammoniaktabet fra gyllebeholdere bør reduceres til 1% ved overdækning af alle nye gylletanke både for at reducere ammoniaktabet og metanemissionen og for spare energi til udbringning af den nedbør, der ellers ville falde i gyllebeholderen.

Anvendelse ad dybstrøelsesstalde bør minimeres, og der er behov for udvikling af nye staldsystemer med halm, hvor ammoniak- og denitrifikationstabet minimeres.

4. Gylleseparering

Ved gylleseparering sker der en teknisk opdeling af gyllen i to eller flere fraktioner, som er forskellige med hensyn til indhold af organisk stof og næringsstoffer. Separeringen kan foregå på en lang række forskellige måder, så der kan være stor forskel på indholdet af organisk stof og næringsstoffer i de separerede fraktioner.

Der skelnes mellem lavteknologisk gylleseparering og højteknologisk gylleseparering
Gylleseparering er defineret som en teknisk forarbejdning af gyllen, der skaber produkter - også kaldet fraktioner - der er forskellige fra gyllen med hensyn til tørstofindhold, sammensætning og koncentration af næringsstoffer.
Gylleseparering og biogasanlæg er to forskellige ting. Men der kan være mange fordele ved at kombinere separering og biogas. Nogle af de firmaer, der arbejder med separeringsanlæg har da også biogasproduktion som en integreret del af anlægget.

Lavteknologisk gylleseparering

Lavteknologisk gylleseparering spænder fra meget simple teknikker som sigte r, skrue- og sibåndspressere, hvor der sker en meget begrænset opkoncentrering, til mere effektive metoder som decantercentrifuger. Kemisk behandling i kombination med mekanisk-fysisk separering vil øge udskillelsen af næringsstoffer til den faste fraktion. Reduktion af tørstofindholdet i den tynde gyllefraktion vil endvidere mindske husdyrgødningens lugt, og der vil være et potentiale for at reducere ammoniakfordampningen og nitratudvaskningen.

Gylleseparering med decantercentrifuger og ved kemisk fældning kan have en betydelig effekt på P-udnyttelsen, fordi en øget formidling af fosfor fra husdyrbrugere til planteavlere kan finde sted, idet transportomkostningerne reduceres, når kun den koncentrerede fosforfraktion skal transporteres væk fra ejendommen.

Ammoniakfordampningen kan reduceres under udbringning af den flydende fraktion, som følge af den lettere siver ned i jorden. Potentialet for at øge den samlede kvælstofudnyttelse af begge gødningsfraktioner er dog begrænset, eftersom det er vanskeligt at opnå en høj udnyttelse af kvælstoffet i den faste fraktion, ligesom lagringen af denne fraktion kan give anledning til kvælstoftab.

Simple teknikker

Der findes en hel række simple teknikker, der er karakteriseret ved, at gyllen sigtes gennem en hulstørrelse på 0,5-3 mm. Sigtningen i sig selv giver en fiberfraktion med et forholdsvist lavt tørstofindhold, og der er derfor oftest behov for en yderligere afvanding, som kan opnås ved anvendelse af mekanisk presning, hvor de mest anvendte metoder er skruepresse eller sibåndspresse. Effektiviteten af en skruepresse afhænger af gylletypen og øges med tørstofindholdet, men opkoncentreringen af næringsstoffer er oftest beskeden. Energiforbruget ved anvendelse af skruepresser m.m. er lavt.

Ved at kombinere visse af de simple teknikker med kemisk fældning, kan der opnås en høj effektivitet.

De simple teknikker er de mest anvendte i de eksisterende gyllesepareringsanlæg i Danmark.

Kemisk fældning

Anvendelse af kemiske tilsætningsstoffer til forbedring af separeringseffektiviteten af gylle er forholdsvist nyt, selvom det er en almindelig anvendt metode til rensning af kommunalt og industrielt spildevand. Kemisk fældning opnås ved tilsætning af koagulenter eller flokkulenter, hvorved det bliver muligt at fraseparere en større andel af bl.a. organisk stof og fosfor.

Tabel 29: Andel af N og P i tørstoffraktion fra separering med kemisk fældning

	Andel N i tørstoffraktion	Andel af P i tørstoffraktion
Svin	27	55
Mink	25	50
Kvæg	39	52

Kilde: Separering af gylle med kemisk fældning. Teknologiudredning. Miljøstyrelsen 2009.

Dekantercentrifuge

En dekantercentrifuge virker ved, at gylle udsættes for en stor centrifugalkraft i en tromle, der roterer med høj hastighed, hvorved gyllens partikler sedimenterer i tromlens periferi og løbende kan fjernes med en skrue, der roterer. En decantercentrifuge producerer en tørstofrig fraktion, der indeholder størstedelen af gyllens fosfor, organisk stof, svovl m.m. og en væskefraktion, der indeholder størstedelen af gyllens ammoniumkvælstof og kalium.

Energiforbruget ved anvendelse af en dekantercentrifuge er beskedent.

Effektiviteten på opkoncentreringen af næringsstoffer med dekantercentrifuger er høj for fosfor (52-80%), for organisk kvælstof (50-80%) og for organisk N (50-80%). De hidtidige undersøgelser har vist, at effektiviteten er variabel mellem forskellige gylletyper.

Decantercentrifugen er en velafprøvet teknik, der i mange år har været anvendt til spildevandsrensning såvel i industrien som på kommunale rensningsanlæg, men først de seneste år er der opnået erfaring med centrifugering af gylle og opmærksomhed omkring de positive miljøeffekter, der vil kunne opnås med teknologien.

Decantercentrifuge anvendes kun i få af de eksisterende gyllesepareringsanlæg.

Tabel 30: Separeringseffektivitet med forskellige typer mekanisk-fysisk separering og kemisk fældning. Effektiviteten er defineret som den procentvise andel af komponenten, der overføres til fiberfraktionen (den faste fraktion).

Separeringseffektivitet i %	Volumen	Tørstof	Total N	NH_4-N	Fosfor
Skruepresse	11	37	15	-	17
Centrifuge	14	61	28	16	71
Kemisk fældning	22	70	43	20	79

Kilde: Solid.liquid separation of animal slurry in theory and practice. A review. M. Hjorth et al. 2009.

I væskefraktionen er tørstofindholdet på 2-3 pct. og her findes også størstedelen af gyllens uorganiske (plantetilgængelige) kvælstof og kalium.

Lavteknologisk gylleseparering anvendes ofte som forbehandling af gyllen ved højteknologisk separering.

Højteknologisk gylleseparering

Ved højteknologisk gylleseparering separeres gyllen først i en fiberfraktion og en væskefraktion. Væskefraktionen deles derefter i yderligere to eller flere fraktioner. En af fraktionerne kan være rent vand, og der sker således en volumenreduktion af gyllen. En anden af fraktionerne kan være et såkaldt N-koncentrat, som består af en næsten ren opløsning af kvælstof på ammoniumform i høj koncentration. Højteknologisk gylleseparering er både effektiv til at opkoncentrere kvælstof og fosfor, og det er ofte en kombination af forskellige processer.

Nogle af produkterne er stort set lugtfrie, andre skal opbevares og transporteres i lukkede beholdere på grund af lugtgener og risiko for ammoniakfordampning. Generelt vil der være et betydeligt potentiale for reduktion af lugtgener i forbindelse med opbevaring, transport og udbringning af produkter fra gylleseparering.

Produkterne fra højteknologisk separering er af meget forskellig karakter. I nogle koncepter indgår en behandling, der sikrer tilintetgørelse af smittekim ved tryk og/eller varmebehandling.

Ofte er koncepterne nye og uafprøvede i sammenhæng med husdyrgødning. Erfaringerne fra praksis har hidtil været, at teknikken ikke har været tilstrækkelig driftsikker.

Det vil være muligt at spare gylletransport, specielt hvis mængden af husdyrgødning reduceres ved separeringen gennem fraskillelse af "rent" vand. Men også selv om der ikke produceres rent vand, kan der spares transport, hvis der kan udspredes en stor mængde "tynd" fraktion i relativ nærhed af gyllebeholderen. Den sparede transport vil have en gunstig effekt, dels ved mindre slid på vejene og dels ved færre køreskader i marken i forbindelse med udbringningen og deraf forøget udbytte.

Sideeffekter

I nogle af koncepterne indgår biogasproduktion. Foruden den substitution, der herved sker af fossile brændsler (og dermed sparet CO_2-udledning) betyder opsamling og forbrænding af biogassen en reduktion i udledningen af metan, der også er en kraftig drivhusgas. Såfremt der opnås en forbedret næringsstofudnyttelse, vil der i princippet spares en tilsvarende mængde handelsgødning. Energiforbruget (og den deraf afledte CO_2-udledning) til fremstilling og transport af handelsgødningen vil således også spares.

Der er i mange tilfælde tale om dyr teknologi, hvilket igen betyder, at der ofte vil være betydelige størrelsesøkonomiske fordele ved f.eks. at etablere centrale fællesanlæg. Dette kan indebære forøget transport.

Nogle anlægskoncepter har et meget betydeligt energiforbrug. I det omfang dette forbrug ikke kan dækkes ved en egenproduktion af biogas, vil separeringen principielt medføre en forøget udledning af CO_2 fra energifremstillingen.

Membranfiltrering som komponent ved gylleseparering

Membranfiltrering kan anvendes til at koncentrere næringsstoffer fra husdyrgødningen i små volumener, så de kan eksporteres til andre landbrugsområder.

De indtil nu kendte teknikker til membranfiltrering kan ikke eller kun vanskeligt stå alene i forbindelse med gylleseparering. Årsagen hertil er, at gyllens partikler og organiske forbindelser hurtigt vil blokere membranen. Dette kan overvindes ved at kombinere filtreringen med andre teknikker. Teknologien er langt fra at være udviklet til opkoncentrering af næringsstoffer i husdyrgødningen.

Destillation og stripning

Ammoniakstribning i forbindelse med luftvaskning eller inddampning i kombination med kondensering er de hyppigst anvendte metoder til fjernelse af kvælstof fra gylle.

Ved stripning udnyttes, at ammoniak er flygtigt, især ved høje temperaturer og høje pH-værdier. Den fordampede gylle kondenseres til en ammoniumopløsning med en koncentration på niveau med handelsgødning. Gyllens organiske kvælstof og en mindre andel af gyllens ammoniumkvælstof bliver ikke fjernet fra gyllen. Effektiviteten af processen afhænger af behandlingen, dvs. temperatur, pH justering, luftmængder, overflade m.m. og vil i bedste fald være ca. 70% af total N. Eftersom stripning og destillation næsten altid er en delproces i et kombineret anlæg, vil en stor del af det kvælstof, der er tilbage i gyllen, være til stede i form af koncentrater fra de øvrige processer.

Udnyttelse i marken af den koncentrerede ammoniumopløsning opsamlet i luftvaskeren har hidtil været noget skuffende, og det har vist sig, at en forsuring er nødvendig for at undgå ammoniakfordampning og dermed sikre en høj kvælstofudnyttelse.

4.1 Fordele ved gylleseparering

Bedre udnyttelse af fosfor

Gylleseparering er velegnet til at løse et lokalt eller et regionalt overskud af fosfor i husdyrgødningen. Hvis jorden tilføres mere end planterne har behov for, sker der en ophobning af fosfor i jorden med risiko for tab til vandmiljøet. Dette kan undgås ved at transportere et fosforkoncentrat (f.eks. fiberfraktionen) til et andet område, hvor det kan erstatte fosfor i handelsgødning. At reducere fosforoverskuddet på bedriften er ofte det væsentligste incitament for at separere gylle.

Derimod er det ikke umiddelbart muligt at øge kvælstofudnyttelsen væsentligt ved hjælp af gylleseparering. Ved separering deles gyllen typisk i en fraktion med et højt indhold af plantetilgængeligt kvælstof og en fraktion med tilsvarende lavt indhold. Den samlede udnyttelse øges derimod ikke.
Væskefraktionen siver ved slangeudlægning hurtigere ned i jorden end ubehandlet gylle, så både ammoniakfordampningen og lugtgenerne reduceres. Der er således en positiv miljøeffekt, hvis fiberfraktionen behandles på en måde, der minimerer ammoniakfordampningen og nitratudvaskningen.

Gylle indeholder ca.95 pct. vand. I kraft af at separationsteknologi opkoncentrerer fosforen i fiberfraktionen, der kun udgør 10-20% af den ubehandlede gylles volumen, opnås der betydeligt bedre muligheder for at overføre fosfor i husdyrgødning til et langt større geografisk område. Hvis denne mulighed udnyttes fuldt ud, kan overgødskning af landbrugsjord med fosfor undgås, og der kan opnås fosforbalance.

Tabel 31: Fosforoverskud ved normtal 2000 i kg P/ha/år ved forskellige husdyrtyper

Normtal 2000	Slagtesvin 1,7 DE/ha	Søer 1,7 DE/ha	Mink 2,0 DE/ha	Malkekvæg 1,7 DE/ha	Malkekvæg 2,3 DE/ha
Lavt udbytte 20 kg P	16	24	62	9	-
Middel udbytte 25 kg P	11	19	57	4	14
Højt udbytte 30 kg P	6	14	52	- 1	9

Kilde: Vedr. svin Damgaard et al., 2001. Vedr. mink og kvæg egne beregninger.

Tabel 32: Fosforoverskud ved normtal 2010 i kg P/ha/år ved forskellige husdyrtyper

Sædskifte	Slagtesvin 1,4 DE/ha	Søer 1,4 DE/ha	Mink 1,4 DE/ha	Malkekvæg 1,7 DE/ha	Malkekvæg 2,3 DE/ha
Lavt udbytte 20 kg P	5,7	10,8	20,9	7,4	-
Middel udbytte 25 kg P	0,7	5,8	15,9	2,4	12,1
Højt udbytte 30 kg P	- 4,3	0,8	10,9	- 2,6	7,1

Kilde: Egne beregninger

Tabel 31 viser, at det største potentiale for gylleseparering er minkgylle, hvor der udbringes over 0,7 DE/ha, for kvæggylle ved over 1,7 DE/ha og for sogylle ved over 1 DE/ha.

Gylleseparering er en oplagt mulighed for at reducere den meget voldsomme overgødskning med fosfor ved udbringning af 1,4 DE minkgylle/ha, hvor der udbringes 40,9 kg P/ha. Da minkgyllen ofte udbringes i sædskifter med en fosforfjernelse på 21,1 kg P/ha/år, er overgødskningen med fosfor på over 90%.

Ved en separering, der især fjerner fosforen, vil det være muligt at opnå fosforbalance og et fosforrigt produkt, der efter en videre behandling vil kunne anvendes til fremstilling af mineralsk fosfor.

Reduktion af behov for udbringningsarealer

Ved hjælp af gylleseparering kan landmanden øge produktionen uden at skulle skaffe nye udbringningsarealer, hvis fiberfraktionen afsættes til f.eks. biogasanlæg, forbrændingsanlæg eller anlæg der forarbejder den til f.eks. kompostprodukter. Hertil kommer, at de opkoncentrerede fraktioner kan transporteres over længere afstande, så det kan være lettere at finde ledige udbringningsarealer. Desuden må der udbringes 120 kg N/DE i væskefraktionen fra separeret svine- og minkgylle, så der ved 1,4 DE/ha kan udbringes 168 kg N/ha med en udnyttelsesprocent på 85% svarende til gødningsværdien af 143 kg N/ha i handelsgødning. Hvis der udbringes ubehandlet svine- eller minkgylle udbringes der ca. 140 kg N/ha med en udnyttelsesprocent på 75% svarende til gødningsværdien af 105 kg N/ha i handelsgødning.

Ved gødskning med væskefraktionen fra separeret svine- og minkgylle vil der i mange tilfælde kunne fuldgødskes med kvælstof, så der ikke også skal udbringes handelsgødning.

Færre lugtgener

I visse separeringsanlæg sker der en nedbrydning af lugtstoffer i gyllen, og der sker generelt en hurtigere nedsivning i jorden af den separerede gylles væskefraktion end af ubehandlet gylle. Begge dele reducerer lugtgenerne efter udbringning.

Konklusion

Gylleseparering bør i langt højere grad anvendes som virkemiddel til at nedbringe overgødskningen med fosfor. Der skal etableres anlæg til behandling af fiberfraktionen, så gyllesepareringen medfører en markant reduktion af både emissionen af ammoniak og lattergas og af udvaskningen af nitrat.

5. Biogasanlæg

Anvendelse af husdyrgødning til biogasproduktion

Ved anvendelse af ubehandlet gylle til biogasproduktion nedbrydes en del af det organiske kvælstof til ammonium, så indholdet af ammonium øges. For kvæggylle øges indholdet af ammonium fra ca. 50% af total-N i ubehandlet kvæggylle til ca. 80% i afgasset gylle.

Den afgassede gylle vil give en bedre udnyttelse af kvælstoffet i den udbragte husdyrgødning, så udvaskningen af nitrat reduceres. For at opnå en større biogasproduktion kan tørstofindholdet øges i gyllen til biogasanlæg ved at blande ubehandlet gylle med fiberfraktionen fra separeret gylle.

Det høje fosforindhold i fiberfraktionen vil betyde, at der også vil være et stort fosforindhold i den afgassede gylle. Det kan reduceres ved at foretage en gylleseparering af den afgassede gylle for at nedsætte fosforindholdet i den udbragte gylle. Den fosforholdige fiberrest vil enten kunne forbrændes eller behandles særskilt med en kraftig syre, så fosforen frigives og kan anvendes som gødning.

Ved separering af den afgassede gylle, vil man kunne undgå overgødskning med fosfor på de marker, der modtager den afgassede gylle.

Dybstrøelse fra slagtekyllinger kan behandles i biogasanlæg eller brændes på kraftvarmeværker. Ved behandling i biogasanlæg opnås en mindre energiproduktionen end ved afbrænding, men til gengæld kan dets indhold af kvælstof anvendes til gødningsformål.

Ved anvendelse i biogasanlæg kan oplagring i markstakke undgås, mens det er usikkert i kraftvarmeanlæg, hvor dybstrøelsen vil blive blandet med andre brændstoffer, og hvor produktionen er styret af det aktuelle behov for el og varme.

Tabel 33: Energiforhold ved biogas produktion og ved afbrænding af gylle eller fiberrest efter afgasning.

Gødningstype	Tørstof %	CH_4 udbytte M^3/ton	Afbrænding uden biogas MJ/ton	Biogas MJ/ton	Biogas + afbrænding af fiberrest MJ/ton
Kvæggylle	8	12,8	- 1291	460	754
Kvæg dybstrøelse	30	48	2308	1723	2831
Slagtesvin	5	14	-1782	503	594
Kylling dybstrøelse	48	115,2	5253	4136	5317
Separeret svinegylle	40	96	3944	3446	4431
Separeret inden biogas/afbrænding	30	72	2308	2585	3323
	20	48	672	1723	2215

Kilde: Gylle til energi og gødning. Svend G. Sommer et al. Videnscenter for Husdyrgødnings- og Biomasseteknologi, Foulum.

Forudsætningerne for beregningerne er, at brændværdier af tørstoffet i gødningen er 17,2 MJ/kg askefrit tørstof. I alle typer husdyrgødning er der regnet med, at 80% af tørstoffet er askefrit. Fordampning af vand 2,6 MJ/kg vand. Separationseffektiviteten efter biogas er 80% af uomsat askefrit tørstof.

Tabellen viser, at biogasproduktionen er lille (ca. 500 MJ/ton) ved anvendelse af ubehandlet gylle, mens den er meget højere (ca. 3.500 MJ/tons ved 40% tørstof) ved anvendelse af fiberfraktionen i svinegylle.

Fiberfraktionen kan således være et godt supplement til ubehandlet gylle på biogasanlæg. På grund af opkoncentreringen er biogasudbyttet pr. ton fiberfraktion væsentlig større end pr. ton ubehandlet gylle. Det betyder, at der kan opnås en forbedret økonomisk drift af biogasanlæg udelukkede drevet på ubehandlet gylle, hvis en del af gyllen opkoncentreres til en fiberfraktion.

Jo højere andel af total-kvælstoffet, der udgøres af ammonium, jo højere udnyttelse kan man forvente af kvælstoffet i planteproduktionen. Derfor udnyttes kvælstoffet i væskefraktionen meget bedre end kvælstoffet i fiberen. I tabellen nederst er vist den forventede kvælstofudnyttelse baseret på forsøg ved Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret.

Tabel 34: Lavteknologisk gylleseparerings fraktioner og kvælstofudnyttelse

	Fordelingen efter separeringen i %			Udnyttelse af kvælstof i %
	Volumen	Fosfor	Kvælstof	
Væskefraktion	85	20	80	90
Fiberfraktion	15	80	20	40
Samlet	100	100	100	80
Usepareret afgasset gylle	100	100	100	80

Kilde: Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret.

Tilsvarende gælder for andre separeringsteknologier: Man opnår samme kvælstofudnyttelse, uanset om man separerer gyllen eller ej.

Ved separering af afgasset gylle i en dekanter opnår man en meget høj udnyttelse af kvælstof i væskefraktionen (90 pct.), men desværre en tilsvarende lav udnyttelse af fiberfraktionen (40 pct.). Et vægtet gennemsnit af de to fraktioner udgør ca. den samme udnyttelse som ubehandlet afgasset gylle (80

pct.). Fiberfraktionen kan enten anvendes til fremstilling af specielle gødningsprodukter, der ikke fører til nogen kraftig kvælstofudvaskning eller afbrændes i et kraftvarmeværk.

Gylleforsuring medfører, at metanemissionen reduceres væsentligt i stald og lager, således at forsuret gylle har et større energiindhold end ubehandlet gylle. Forsuret gylle vil imidlertid også hæmme biogasproduktion i et biogasanlæg, medmindre der sker en meget kraftig opblanding med ikke-forsuret gylle. Ved gylleseparering koncentreres syren i væskefraktionen, så anvendelse af fiberfraktionen i biogasanlæg ikke vil hæmme biogasproduktionen. Der vil således ved gylleforsuring både kunne ske en kraftig reduktion i ammoniakfordampningen og en forøgelse af biogasproduktionen.

Potentialer/barrierer

Potentialet for gylleseparering og bioforgasning er betydeligt på kvægbrug, når det gælder en nedsættelse af nitratudvaskningen og overgødskningen med fosfor. På kvægbrug med 2,3 DE/ha er der typisk en overgødskning på ca. 10 kg P/ha/år. Et krav om fosforbalance på alle kvægbrug ville medføre et stort behov for gylleseparering. Ved anvendelse af mobile anlæg, der kun separerer en del af husdyrgødningen, vil omkostningerne kunne reduceres, fordi kun en del af kvæggyllen skal separeres for at skabe fosforbalance.

En barriere er mangel på biogasanlæg, der kan forgasse fiberfraktionen.

Der er et stort potentiale i gylleseparering og bioforgasning i svinegylle, da det både vil give en bedre udnyttelse af svinegyllen, mindre lugtgener og kunne løse problemer med overgødskning med fosfor, der er på op til 15 kg P/ha/år ved anvendelse af gylle fra søer og smågrise og op til 5 kg P/ha ved anvendelse af slagtesvinegylle.

Der er et betydelig miljøgevinst i bioforgasning af dybstrøelsen fra slagtekyllinger, da dybstrøelse giver en væsentlig større udvaskning af nitrat end gylle, fordi kun 45% af kvælstoffet i dybstrøelsen er tilgængelig for afgrøderne mod 80% i svinegyllen.

Når dybstrøelsen nedbrydes, vil en betydelig del af det frigjorte kvælstof blive udvasket som nitrat.

Ved udbringning af 1,4 DE fiberfraktion kan der tilføres ca. 80 kg P/ha svarende til en overgødskning på ca. 300 procent.

En del minkgylle behandles i dag på biogasanlæg, men det høje fosforindhold i minkgyllen øger fosforindholdet i den afgassede gylle, hvilket ikke er ønskværdigt og kan medvirke til at mindske interessen for den. Dette problem kan dog løses ved at foretage gylleseparering efter forgasningen, så fosforen kan opsamles i en fosforrig fraktion, der ikke udbringes på en måde, der medfører overgødskning med fosfor.

6. Husdyrgødningen i marken

Husdyrgødningen i marken medfører fortsat en væsentlig ammoniakfordampning og nitratudvaskning. Ammoniaktabet begrænser gødningsværdien af husdyrgødningen og har desuden en negativ indvirkning på vandmiljø og følsomme naturarealer.

Nitratudvaskningen medfører forurening af drikkevandsressourcerne og en stor kvælstofafstrømning til fjord og kystnære farvande med forøget risiko for iltsvind til følge.

Ammoniakfordampning

Udbringning af husdyrgødning kan medføre en betydelig ammoniakfordampning, hvis ikke gødningen hurtigt bliver indarbejdet i jorden, så dens ammonium bindes til jordpartiklerne.

Da det var tilladt at udbringe gyllen med bredspreder, var ammoniakfordampningen på ca. 35% af total-N, men den er nu reduceret kraftigt ved anvendelse af slæbeslanger og nedfældningsudstyr. Udbringning med slæbeslanger sker hovedsagelig i vintersæd og på sort jord med nedpløjning inden 6 timer, mens nedfældning hovedsagelig anvendes på sort jord og græsmarker.

Tabel 35: Udbringningsmetoder for husdyrgødning 2010

	Svinegylle	Kvæggylle	Dybstrøelse
Slangeudlægning	80%	20%	-
Sortjordsnedfældning	20%	40%	-
Græsnedfældning	0	40%	-
Bredspredning sort jord	-	-	82%
Bredspredning afgrøde	-	-	18%

Kilde: Dansk landbrugsrådgivning, Landscentret.

I forbindelse med vedtagelsen af Lov om miljøgodkendelse m.m. af husdyrbrug i 2006 blev det fastlagt, at fra 2007 skal gyllen nedfældes på sort jord og græsmarker inden for 1.000 meter fra ammoniakfølsom natur omfattet af lovens § 7 (bufferzone I og II), og at det fra 2011 skal være et generelt krav, at gylle skal nedfældes på sort jord og græsmarker.

Tabel 36: Beregnet ammoniaktab som % af ammoniumindhold i svine - og kvæggylle udbragt med henholdsvis slæbeslanger i kornafgrøder, nedfældet i græsafgrøde og nedfældet i ubevokset jord.

NH_3-N tab i procent af NH_4-N indholdet i gyllen ved udbringning						
	Udbragt med slæbeslanger i kornafgrøde		Nedfældet i græsafgrøde		Nedfældet i ubevokset jord	
Måned	Svin	Kvæg	Svin	Kvæg	Svin	Kvæg
Marts	13,9	26,4	12,8	24,5	1,7	3,3
April	14,8	28,1	14,0	26,7	1,9	3,6
Maj	13,4	25,5	15,7	29,9	2,1	4,0
Juni	8,7	16,6	16,7	31,9	2,2	4,3

Kilde: Evaluering af det generelle ammoniakkrav. Rapport maj 2008. Udarbejdet af repræsentanter fra Dansk Landbrug, Dansk Svineproduktion, Landscentret, Dansk Kvæg, Fødevareøkonomisk Institut (Københavns Universitet), Danmarks Miljøundersøgelser (Aarhus Universitet), Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet (Aarhus Universitet) og Miljøstyrelsen.

Tabellen viser, at nedfældning af gylle på sort jord er den metode til udbringning af husdyrgødning, der giver langt det laveste ammoniaktab. Nedfældning af gylle i voksende afgrøder giver et væsentligt større ammoniaktab, fordi jorden her er mere fast. Ved nedfældningen i voksende afgrøder dannes der en V-

formet rille i jorden, som gyllen efterfølgende placeres i. Da gyllen kun nedfældes ca. 5 cm, fylder gyllen de dannede riller op og forbliver i kontakt med luften, så ammoniak kan fordampe.

Tabel 37: Ammoniaktab i procent af total-N ved udbringning af ubehandlet og forsuret gylle samt fast gødning ved forskellige udbringningsmetoder

	Kvæggylle		Svinegylle		Fast gødning
	Ubehandlet	Forsuret	Ubehandlet	Forsuret	
Slangeudlægning i voksende afgrøde	18,0%	6,3%	12,0%	4,2%	-
Nedfældning i sort jord	2,7%	1,8%	1,8%	0,9%	-
Nedfældning i græs	13,5%	4,7%	-	-	-
Nedfældning i vintersæd	-		6,0%	2,1%	-
Bredspredt og nedmuldet	-		-		3%
Bredspredt i afgrøde	-		-		12%

Kilde: Teknologiudredning Nedfældning i græs. Miljøstyrelsen 2009.

Tabel 37 viser, at nedfældning af gylle i græs og vintersæd giver et langt højere ammoniaktab end nedfældning på sort jord, og at slangeudlægning af forsuret gylle i voksende afgrøder reducerer ammoniaktabet betydeligt mere end nedfældning af gyllen i voksende afgrøder. Tabellen viser endvidere, at bredspredning af fast gødning og herunder dybstrøelse i voksende afgrøder også giver et stort ammoniaktab.

Nedfældning af gylle er især et effektivt virkemiddel til at reducere ammoniaktabet, når det sker inden såning af vårafgrøder, mens det giver problemer i vintersæd og græsmarker, hvor nedfældningen er mindre effektiv og ikke mindst på lerede og våde jorder.

Nedfældning i vintersæd medfører desuden en række ulemper, hvor de vigtigste er, at nedfældningen fører til meromkostninger til gylleudbringning, tab af udbytte forårsaget af køre- og afgrødeskade og en øget emission af klimagasser.

Meromkostningerne skyldtes primært højere drifts- og investeringsomkostninger, lavere kapacitetsudnyttelser og tab af udbytte.

Nedfældning stiller større krav til vejr- og jordbundsforhold end slangeudlægning. Et vådt forår kan derfor vanskeliggøre eller helt forhindre nedfældning i vintersæd. Antallet af udbringningsdage er derfor væsentligt færre ved nedfældning end ved slangeudlægning i vintersæd, og arbejdsbredden er typisk kun den halve, hvilket markant reducerer kapacitetsudnyttelsen af de enkelte nedfældere.

Vinterhvede er den dominerende vintersædsart og den afgrøde, der normalt får tildelt gyllen senest om foråret. Vinterhvede er derfor den af vintersædarterne, der har de bedste muligheder for nedfældning i en tilpas afdrænet jord. De andre vintersædsarter, specielt rug, vinterraps og triticale, har så tidlig en vækst, at det optimale nedfældningstidspunkt ligger, når jorden normalt ikke er farbar til nedfældningsudstyr.

Tabet af udbytte skyldes primært, at nedfældning medfører flere kørespor i afgrøden. Derudover kan nedfældning føre til afstrømning af gylle på skrånende arealer og øge risikoen for skader på høstudstyret på

stenrige arealer, samt give stort ammoniaktab på meget lerholdige jorder, fordi den er for hård til nedfældning.

Den øgede emission af klimagasser skyldes dels det øgede energiforbrug til nedfældningen, og at der opstår iltfrie forhold ved den nedfældede gylle, så der sker denitrifikation med emission af lattergas til følge.

På baggrund af undersøgelser af nedfældning i græs vurderes det, at nedfældning i vintersæd nedsætter ammoniakfordampningen fra den udbragte gylle med mellem 40 og 50 % sammenlignet med slæbeslangeudlægning. En generel udvidelse af nedfældningskravet til vintersæd er estimeret til at kunne begrænse Danmarks samlede ammoniakfordampning med ca. 3.000 tons N, svarende til 4,2 % af den totale ammoniakfordampning.

Da nedfældning imidlertid øger energiforbruget og risikoen for udledning af drivhusgassen lattergas, er det estimeret, at en generel udvidelse af nedfældningskravet til vintersæd vil øge udledningen af drivhusgasser med 294.000 tons CO_2 per år, svarende til ca. 0,5 % af Danmarks samlede udledning af drivhusgasser.

Det lavere ammoniaktab ved nedfældning medfører, at husdyrgødningens kvælstofindhold øges, men på grund af køreskaderne fører det ikke til et større kvælstofindhold i afgrøden. Resultatet bliver således, at den reducerede ammoniakfordampningen i stedet tabes som nitratudvaskning og som lattergas.

Udbyttetabet ved nedfældning i vintersæd afhænger af udbringningsteknik og udbringningsforhold, men er ud fra forsøg bestemt til at ligge i intervallet mellem 0,2 og 3,6 hkg per ha, svarende til mellem 28 og 466 kr. per ha. På den baggrund er det vurderet, at nedfældning i vintersæd gennemsnitligt medfører et udbyttetab på ca. 1,8 hkg per ha svarende til 250 kr. per ha.

Da gylleforsuring har en større ammoniakbegrænsende effekt end nedfældning, bør denne teknologi sidestilles med nedfældning.

Det nuværende krav om nedfældning i sort jord og græs i bufferzonerne vurderes ikke at medføre alvorlige driftsmæssige problemer. De foreløbige erfaringer viser dog, at nedfældning i græs i det tidlige forår forud for første slæt øger risikoen for jordstruktur- og afgrødeskade, og at nedfældningen kan føre til øget risiko for overfladisk afstrømning af gylle på stærkt skrånende græsarealer. De miljømæssige fordele ved nedfældning i græs på lerjord er endvidere meget begrænsede, idet den hårde jord forhindrer, at der reelt sker en nedfældning.

En meget stor andel af den gylle, der tildeles ubevokset jord, udbringes allerede nu med nedfælder. Det vurderes ikke, at der er behov for specielle forbehold om nedfældning i vårafgrøder. Hvis en vårafgrøde skal tilføres gylle, vil gyllen normalt kunne nedfældes inden såning

Slangeudlægning af forsuret gylle vil endvidere kunne ske tidligere på foråret end nedfældningen og dermed medvirke til at øge kvælstofudnyttelsen både på grund af den tidligere udbringning og det undgåede afgrødetab.

Der vil således samlet set kunne opnås betydelige miljøgevinster ved at sidestille nedfældning i vinterafgrøder og i græs med udbringning af forsuret gylle med slæbeslanger, da det foruden at være mere effektivt til at reducere ammoniaktabet samtidig medfører en markant reduktion i udledningen af lattergas og udvaskningen af nitrat.

Maskinfabrikken Thyregod A/S har udviklet en teknologi, hvor der tilsættes svovlsyre til 5-10% af gyllen. Ved syretilsætningen dannes der skum, som straks lægges over gyllen på marken. Dette skum fanger ammoniakken, så den ikke fordamper. Teknologien er ikke endelig afprøvet, men den vil både økonomisk og miljømæssigt være en væsentlig bedre løsning end nedfældning i voksende afgrøder, hvis den lever op til forventningerne.

Biocover i Vejen har udviklet et system, hvor svovlsyre tilsættes under udbringning, dels for at give en væsentlig ammoniakreduktion og for at tildele svovl til afgrøden. Sammen med udbringningen af gyllen sker der en GPS-registrering for at forbruget af svovlsyre kan registreres. Der tilsættes koncentreret svovlsyre under udbringningen, så pH sænkes til 5,5-6. Ved tilsætning af op til 3 liter syre/m^3 gylle er der målt op til 85% reduktion i ammoniakemissionen.

Tabel 38: Beregning af ammoniaktab ved udbringning af forskellige typer svinegylle med slæbeslanger og nedfældning i vintersæd.

	Svinegylle			
Udbringningsteknik	Ubehandlet	Separeret	Bioforgasset	Forsuret
Slæbeslangeudlægning	12%	6%	12%	4%
Nedfældning vintersæd	6%	4%	6%	2%

Kilde: MST rapport evaluering af nedfældning i vinterhvede

Tabel 38 viser, at bioforgasset gylle har et lige så stort ammoniaktab som ubehandlet gylle, mens separeret gylle og forsuret gylle har et væsentligt lavere ammoniaktab.

Husdyrgødningen udgør også en væsentlig kilde til nitratudvaskningen, fordi kvælstofindholdet i husdyrgødningen er bundet i organisk stof, og derfor ikke er tilgængelig for afgrøderne ved udbringningen. Først når det organiske stof nedbrydes, frigøres kvælstoffet, og det sker hovedsagelig sidst på sommeren og i begyndelsen af efteråret, hvor jordtemperaturen er højest, og hvor afgrøderne ikke har brug for kvælstoffet. Resultatet er, at en stor del af det frigjorte kvælstof omdannes til nitrat og udvaskes i løbet af vinteren.

Behandlet gylle

Behandlet gylle omfatter gylle, der er forsuret, separeret eller bioforgasset.

Ved forsuring af gyllen reduceres ammoniaktabet ved udbringningen med ca. 65%, og forsuring er derfor især et vigtigt virkemiddel til at reducere den høje ammoniakfordampning ved udbringning med slæbeslanger.

Ved gylleseparering deles gyllen i en fiberfraktion og en vandig fraktion. Den vandige fraktion har et højere indhold af ammonium og er tyndere end ubehandlet gylle, så den siver lettere og hurtigere ned i jorden. Den vandige fraktion fra svinegylle må udbringes med 120 kg N/DE, hvorved ammoniaktabet øges.

Hvis fiberfraktionen udbringes direkte som gødning, vil det typisk ske ved nedpløjning, og det skal ske inden 6 timer for at minimere ammoniaktabet.

Bioforgasset gylle har typisk både højere ammoniumindhold og pH end ubehandlet gylle, men er tyndere, så den lettere siver ned i jorden. Bioforgasning medfører ikke i sig selv nogen reduktion af ammoniaktabet.

Dybstrøelse

Dybstrøelse skal nedpløjes senest 6 timer efter udbringning. Det er dog også tilladt at udbringe dybstrøelsen i voksende afgrøder, hvor den ikke kan nedmuldes og derfor medfører et stort ammoniaktab.

Potentialer/barrierer

Nedfældning af gylle er meget attraktivt på sort jord, men ikke i voksende afgrøder og især ikke i vinterafgrøder, hvor den medfører et stort energiforbrug, lavere udbytte, øget nitratudvaskning og øget emission af drivhusgasser.

Der er et meget stort potentiale for reduktion af ammoniaktabet ved anvendelse af forsuret gylle på de arealer, hvor der anvendes slæbeslanger eller foretages nedfældning i voksende afgrøder, da forsuringen medfører en reduktion i ammoniaktabet på ca. 65%. Kravet om nedfældning af gylle i voksende afgrøder bør derfor kun gælde ikke-forsuret gylle dvs. gylle med pH over 6,0.

7. Næringsstofferne i marken

Landbruget har fået meget mere styr på næringsstofferne i marken gennem de seneste 25 år, men det har ikke været tilstrækkeligt til at løse problemerne med overbelastning af vand- og naturområder med næringsstoffer. De tilbageværende problemer er især knyttet til husdyrgødningen, der både skaber problemer med en for stor udvaskning af nitrat og en for stor afstrømning/udvaskning af fosfor på grund af overgødskning med fosfor.

Gødningsnormer og krav til N-udnyttelse i husdyrgødning

Normerne for gødskning med kvælstof er blevet nedsat til 10% under det økonomisk optimale, og der er lagt et loft over det samlede kvælstofforbrug, således at den samlede kvælstofkvote på landsplan ikke kan øges ved at dyrke mere kvælstofkrævende afgrøder eller ved at øge landbrugsarealet f.eks. ved opdyrkning af brakmarker.

På den baggrund har gødningsnormen ligget 10-15% under det økonomisk optimale udbytte gennem de seneste år.

Kravene til udnyttelsen af kvælstoffet i husdyrgødningen er blevet skærpet og er i dag på 75% for svinegylle, 70% for kvæggylle og 45% for dybstrøelse. Udnyttelsesprocenten afspejler hvor stor en del af kvælstoffet, der kan udnyttes af afgrøderne, idet resten er bundet i organisk stof, så det først nedbrydes i de efterfølgende år.

Både gødningsnormerne og udnyttelsesprocenterne motiverer den enkelte landmand til at reducere ammoniaktabet og til at optimere udnyttelsen af gødningen for at komme så tæt på det økonomisk optimale gødskningsniveau som muligt.

Potentiale/barrierer

Der er ikke noget væsentligt potentiale i generelt at nedsætte gødningsnormerne yderligere eller skærpe udnyttelseskravet, da der er stigende fokus på foderoptimering i husdyrproduktionen, hvorved indholdet af især ammonium i husdyrgødningen reduceres. Men der et stort potentiale i at nedsætte gødningsnormerne og skærpe harmonikravet på de mest miljøfølsomme arealer, så der udbringes mindre husdyrgødning og/eller handelsgødning.

Dette kan indirekte ske ved at fastsætte et lavt udvaskningsindeks for disse areal er, og det er så op til landmanden at tage stilling til, om han vil nedsætte gødningsnormen yderligere, undlade at anvende husdyrgødning eller foretage gylleseparering for at opnå en større udnyttelse af kvælstoffet ved at gødske med den vandige gyllefraktion i stedet for ubehandlet gylle.

En barriere er, at forædling og foderoptimering medfører, at indholdet af organisk bundet kvælstof i husdyrgødningen pr. dyreenhed stiger, så nitratudvaskningen øges fra marker, der får tilført ubehandlet gylle. Dette vil dog kunne imødegås ved at skærpe harmonikravet, så der må udbringes færre DE ubehandlet husdyrgødning/ha.

Markkort/GPS udbringning/placeret gødskning

Landbrugsjorden har ofte en betydelig variation i bonitet både fra mark til mark og inden for den enkelte mark. Anvendelse af samme gødningsnorm på hele marken og på alle marker med samme afgrøde medfører derfor, at afgrøderne nogle steder bliver overforsynet med gødning i forhold til det økonomisk optimale og andre steder bliver underforsynet med gødning i forhold til det økonomisk optimale. Overforsyning med gødning vil både medføre et større kvælstoftab og øge risikoen for, at høstudbyttet forringes f.eks. ved lejesæd eller angreb af skadedyr eller sygdomme.

Ved at anvende markkort, der angiver tidligere års høstudbytter, er det muligt at differentiere gødskningen fra mark til mark og på den enkelte mark. På den måde kan gødningen enten udbringes i den dosering, der samlet set giver det største udbytte på bedriften, eller i en lavere dosering uden at forringe det samlede udbytte væsentligt.

Da markerne i Danmark ofte er "skæve" på grund af enten deres form eller småbiotoper, vil der ved anvendelse af GPS også kunne undgås, at der sker dobbeltgødskning på dele af marken.

På bedrifter med miljøfølsomme arealer vil det være muligt at fordele gødningen mellem de miljøfølsomme arealer og de robuste arealer på en måde, der både giver mest miljø for pengene og det mindst mulige udbyttetab for landmanden.

Det er også muligt ved udbringning af gødning i voksende afgrøder at aflæse deres kvælstofbehov ud fra afgrødens biomasse og klorofylindhold, således at gødningen udbringes der, hvor den giver det største udbytte.

Ved placeret gødskning i rækkeafgrøder bl.a. majs placeres gødningen i en streng under de udsåede frø, så de hurtigere kan optage gødningen, og så den i mindre grad er tilgængelig for fremspirende ukrudtsplanter.

Potentiale/barrierer

Der er et stort potentiale i anvendelse af GPS i gødskningen. For at fremme anvendelsen og udviklingen af GPS kunne det f.eks. gøres obligatorisk at anvende GPS på store bedrifter og/eller i miljøfølsomme områder. Det kunne blive et vigtigt virkemiddel i handleplanerne for vandplanerne, fordi de både vil give oplysninger om miljøbelastningen på de enkelte marker og et instrument til at reducere miljøbelastningen, hvor den er uacceptabel stor.

De nuværende relativt lave handelsgødningspriser udgør en barriere for anvendelse af GPS i gødskningen, men da der er "overskud" af husdyrgødning i flere af de miljøfølsomme områder, vil en handelsgødningsafgift ikke få nogen stor effekt her, men især på planteavlsbrug.

Da gylle i stigende grad udbringes af store operatører og herunder maskinstationer bør der stilles krav om, at gyllen skal udbringes ved anvendelse af GPS, så der ikke sker overgødskning og så landmanden har mulighed for at få differentieret gødskningen i forhold til bonitet, miljøfølsomhed og tidligere udbytter.

Sædskifte

Sædskiftet har en væsentlig betydning for tabet af både nitrat og fosfor til vandmiljøet. Ved et varieret sædskifte vil der alt andet lige kunne opnås en bedre udnyttelse af den tilførte gødning med et mindre næringsstoftab til følge.

Udviklingen er i de seneste årtier gået i retning af mindre varierede sædskifter med hyppigere dyrkning af vinterafgrøder på svine- og slagtekyllingebrug og af majs på kvægbrug.

De anstrengte sædskifter nedsætter udnyttelsen af husdyrgødningen og forøger behovet for bekæmpelse af ukrudt, skadedyr og plantesygdomme.

Harmonikrav

Da hele Danmark er udlagt til nitratfølsomt område i EU's nitratdirektiv, må der kun udbringes 170 kg N/ha i husdyrgødning, men Danmark har fået dispensation fra nitratdirektivet til at udbringe 2,3 DE/ha på kvægbrug på baggrund af, at grovfoder til kvæg har et større gødningsbehov end andre afgrøder. F.eks. er gødningsnormen i sandblandet lerjord på 162 kg N/ha for vinterhvede og 325 kg N/ha for græs i omdrift uden kløver. For silomajs er gødningsnormen imidlertid kun 143 kg N/ha, så på bedrifter, hvor der hovedsagelig fodres med silomajs vil gødskning med mere end 1,7 DE/ha føre til et overskud af kvæggylle.

Nitratfølsomme vandindvindingsområder og kystvande

Kvaliteten af vandmiljøet i vore kystvande er påvirket af for store tilførsler af kvælstof. De store tilførsler øger væksten af alger, som reducerer sigtdybden i vandet, så bundvegetationen reduceres. Når bundvegetationen reduceres, forringes opvækstmulighederne for dyrelivet herunder fisk og risikoen for iltsvind øges til skade for plante- og dyrelivet.

Også grundvandskvaliteten er påvirket af store tilførsler af nitrat, idet grundvand med et nitratindhold på over 25 mg/liter ikke er egnet til drikkevand.

Nitratudvaskningen til nitratfølsomme kystvande er især stor fra sandede og drænede jorder nær det nitratfølsomme kystvand og fra vandløb og drænede jorder, der afvander til det nitratfølsomme kystvand.

Det afgørende for udvaskningens omfang er dels jordbunden, idet nitratudvaskningen er væsentlig større på sandjorde end på lerjorde, og dels denitrifikationens størrelse, idet den er væsentlig større på sandjorde end på lerjorde, fordi det på sandjorde tager mange år, inden det nedsivende nitrat når frem til vandløbene.

Landbrugsarealerne i oplande til kvælstofsårbare og meget kvælstofsårbare Natura 2000-områder er inddelt i følgende 4 nitratklasser, hvor der i nitratklasse 1-3 stilles skærpede krav vedrørende den maksimale mængde husdyrgødning (antal DE/ha), der må udbringes:

Nitratklasse 0: 76-100 % reduktionspotentiale fra rodzone til vandområdet. Her er der ingen krav om reduktion i antal DE/ha

Nitratklasse 1: 0-50% reduktionspotentiale fra rodzone til mindre kvælstofsårbare Natura 2000- områder. Her er der krav om 15% reduktion i antal DE/ha

Nitratklasse 2: 51-75% reduktionspotentiale far rodzone til meget kvælstofsårbare Natura 2000-områder. Her er der krav om 35% reduktion i antal DE/ha

Nitratklasse 3: 0-50% reduktionspotentiale fra rodzone til meget kvælstofsårbare Natura 2000-områder. Her er der krav om 50% reduktion i antal DE/ha

Det er ikke et krav, at gødskningsniveauet skal sænkes, men alene krav om, at nitratudvaskningen skal reduceres. I mange miljøgodkendelser undgås en reduktionen i mængden af husdyrgødning, der må udbringes ved at etablere ekstra efterafgrøder.

Effekten af de ekstra efterafgrøder beregnes i modellen Farm-N, der ikke medregner den udvaskning, der vil finde sted på sigt som følge af ophobningen af organisk kvælstof i jorden. Effekten af efterafgrøderne er derfor overvurderet, så der samlet set vil ske en større udvaskning end modellen beregner.

Nitratudvaskning til drikkevandsmagasinerne er især et problem på sandede jorder, hvor der ikke findes et lerlag, der beskytter de primære grundvandsmagasiner mod den nedsivende nitrat. Her er målsætningen, at nitratudvaskningen ikke må føre til en højere koncentration af nitrat end 25 milligram/liter i grundvandsmagasinerne. Dette krav kan normalt opfyldes ved, at udvaskningen af nitrat fra rodzonen ikke overstiger 50 mg nitrat/liter, da der normalt sker en vis nitratreduktion under nedsivningen og i grundvandsmagasinerne. I lov om miljøgodkendelse m.v. af husdyrbrug er der blot krav om, at nitratudvaskningen ikke må øges. Hvis nitratudvaskningen skal reduceres, skal det ske gennem en indsatsplan for grundvandsindvindingsområdet.

Virkemidlerne til at forhindre en forøgelse af nitratudvaskningen i forbindelse med miljøgodkendelser er normalt ekstra efterafgrøder eller de såkaldte grundvandssædskifter, hvor der dyrkes vårbyg med op til 100% miljøgræs, der skal forhindre udvaskning af nitrat, når vårbyggens vækst ophører.

Fosforfølsomme søer og kystvande

Søer og vådområder og mange kystvande har en forringet kvalitet på grund af en for stor tilførsel af fosfor. De fleste søers planteproduktion er begrænset af fosfor, og selv en mindre forøgelse af den naturlige

tilførsel af fosfor kan gøre vandet uklart af planktonalger, så undervandsvegetationen skygges ihjel. I kystvande er fosfor ofte begrænsende for algevæksten først i vækstsæsonen, hvorefter det er kvælstof.

Ved udbringning af den maksimalt tilladte mængde husdyrgødning sker der ofte en betydelig overgødskning med fosfor, som især bindes til lerpartikler og ophobes i landbrugsjorden, men fosforen kan ende i vandmiljøet både ved udvaskning og ved overfladisk afstrømning af både opløst og partikelbundet fosfor.

En fortsat overgødskning med fosfor vil øge risikoen for en øget tilførsel af fosfor til vandmiljøet, da jordens evne til at binde fosfor falder som følge af den forøgede ophobning. Det er derfor vigtigt at få bragt overgødskningen til ophør inden for en overskuelig fremtid.

Jordens indhold af fosfor, der potentielt kan udvaskes, angives ved det såkaldte fosfortal. Ved et fosfortal på Pt 3-4 er jordens indhold af fosfor fuldt tilstrækkeligt til at opfylde afgrødernes behov. Ved fosfortal over 4 stiger risikoen for, at fosfor udvaskes betydeligt.

Den største risiko for udvaskning af fosfor findes i drænede og grøftede jorder og lavbundsarealer.

I drænede lerjorde kan makroporer, der når ned til drændybde, være en effektiv transportvej for fosfor fra det fosforrige pløjelag til vandmiljøet.

I Lov om miljøgodkendelse m.v. af husdyrbrug stilles der skærpede krav til fosforoverskuddet i oplande til Natura 2000-områder, der er overbelastet af fosfor. På drænede lerjorde, hvor fosfortallet er mellem Pt 4,0 og 6,0 (fosforklasse 1), må fosforoverskuddet maksimalt øges med 4 kg P/ha/år. Hvis fosfortallet er over Pt 6 stilles der krav om fosforbalance (fosforklasse 3).

For lavbundsjorder stilles krav om, at fosforoverskudddet ikke må øges uanset fosfortal (fosforklasse 2). Hvis fosforoverskuddet i før-situationen er negativt, er der dog kun krav om fosforbalance i eftersituationen. Med lavbundsjorder menes arealer med permanent højtstående grundvand som er detailafvandet ved dræning eller grøftning, og som ikke har et højt indhold af jern vurderet ud fra okkerklassificeringen dvs. okkerklasse 1.

Skov- og Naturstyrelsen udarbejdede i 2006 et kort, der viser hvilke Natura 2000-områder, der er overbelastet med fosfor.

Overfladisk afstrømning af fosfor kan både ske i form af gødning, jordpartikler og opløst fosfor. Risikoen er størst på arealer, der skråner kraftigt ned mod vandløb og søer, og hvor der ikke findes en tæt vegetation til at forhindre afstrømningen. Virkemidler til at beskytte vandløb og søer mod afstrømning omfatter bl.a. dyrkningsfri bræmmer langs vandløb og søer, forbud mod udbringning af husdyrgødning og krav om jordbehandling parallelt med vandløb og søer for at reducere risikoen for at der dannes erosionsrender.