



Teknologiblad	Version: 2. Udgave
Dyretype: Slagtesvin	Dato: 23.05.2011
Teknologitype: Staldindretning – køling af gylle	Revideret: 23.05.2011
Kode: TB	Side: 1 af 10

Køling af gylle i slagtesvine- stalde

Resumé

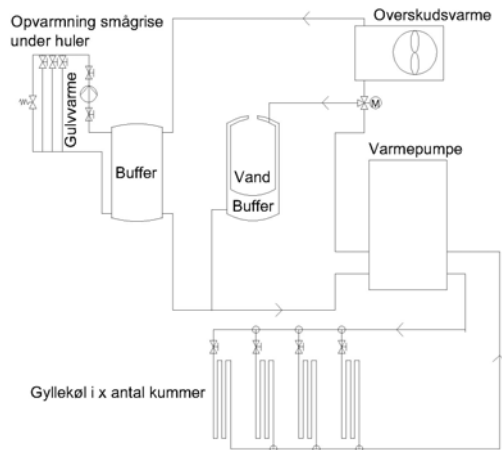
Ammoniakfordampning	Effekten af gyllekøling afhænger af staldtypen og af den specifikke køleeffekt. Et dansk forsøg har påvist en gennemsnitlig reduktion på 31 % ved køling med gennemsnitlig 24W/m ² i en stald med delvis spaltegulv til løsgående drægtige søer i små grupper.
Lugt fra stald	Der er ikke fundet nogen reduktion i lugtemissionen.
Støv	Dette er ikke undersøgt, men vurderes uændret.
Drivhusgasser	Der forventes en lavere emission af metan fra stalde.
Energi	Gyllekøling medfører et lavere eller højere energiforbrug afhængigt af mulighederne for at afsætte den indvundne varme.
Arbejds miljø	En lavere ammoniakfordampning vil forbedre arbejdsmiljøet.
Smittorisiko	Dette er ikke undersøgt, men forventes uændret.
Dyrevelfærd	Dette er ikke undersøgt, men forventes uændret.
Affald og spildevand	Teknikken giver ikke anledning til udledning af affald og spildevand.
Miljøfremmede stoffer	Teknikken giver ikke anledning til udledning af miljøfremmede stoffer.
Virkning på lager og mark	Grundet et højere ammoniumindhold i gyllen ab stald, medfører teknikken marginalt betragtet et forøget ammoniaktab fra lager og ved udbringning af husdyrgødningen. Kvælstofindholdet i gyllen efter udbringning.
Driftssikkerhed	Teknikken vurderes som robust med en forventet lang levetid (>15 år), lav risiko for driftsstop og begrænset behov for vedligeholdelse.
Merinvestering	Gyllekøling er forbundet med øgede investeringer sammenlignet med referencesystemet ¹ .

¹ Referencesystem: Drænet gulv.

Driftsomkostninger

Teknikkens driftsøkonomi afhænger af mulighederne for at afsætte den indvundne varme.

Dette Teknologiblad er udarbejdet for Miljøstyrelsen af:
AgroTech A/S (teknisk del), NIRAS Konsulenterne (økonomisk del) og Miljøstyrelsen (forslag til vilkår)



Figur 1: Skitse af gyllekølingsanlæg med gyllekøling, varmepumpe og varmeafsætning i smågrisehuler i farestalden. Desuden en kalorifer til afsætning af overskudsvarme.

Figur 2: Eksempel på placering af køleslanger i bunden af en kommende gyllekanal.

Beskrivelse

Gyllekøling kan både anvendes i stalde med gyllekanal og stalde med mekanisk udmugning (linespil, skraber). Gyllekølingssystemet etableres ved nedstøbning af PEL-slanger i bunden af gylle- eller gødningskanalerne i stalden. Slangerne udlægges typisk med en afstand på 35-40 cm. I stalde med gyllesystem kan køleslangerne alternativt udlægges direkte oven på kanalbunden. Køleslangerne forbindes til en varmepumpe. Gyllekøling er mest relevant i svinebesætninger, hvor den indvundne varme kan anvendes til opvarmningsformål, hvilket typisk drejer sig om besætninger med søer og smågrise.

Miljøpåvirkning

Ammoniak

Effekten af gyllekøling på ammoniakemissionen afhænger af staldtypen og af køleeffekten pr. m², og der kan derfor ikke gives et eksakt tal for reduktionen. Danske undersøgelser med køling i bunden af gyllekanaler har vist, at ammoniak-emissionen reduceres med ca. 10 % for hver 10 W/m² køleeffekt (Pedersen, 1997). Tilsvarende har en afprøvning af gyllekøling i en drægtighedsstald med mekanisk udmugning vist, at der ved en gennemsnitlig køleeffekt på 24 W/m² blev opnået en reduktion på 31 % (Pedersen, 2005).

Med baggrund i de gennemførte forsøg er der opstillet følgende sammenhænge mellem køleeffekt og ammoniakreduktioner for henholdsvis stalde med mekanisk udmugning og stalde med traditionelt gyllesystem.

For køling i stalde med hyppig udmugning, for eksempel mekanisk udmugning med linespil, antages det, at der kan opnås NH₃-reduktion, jf. nedenstående ligning 1:

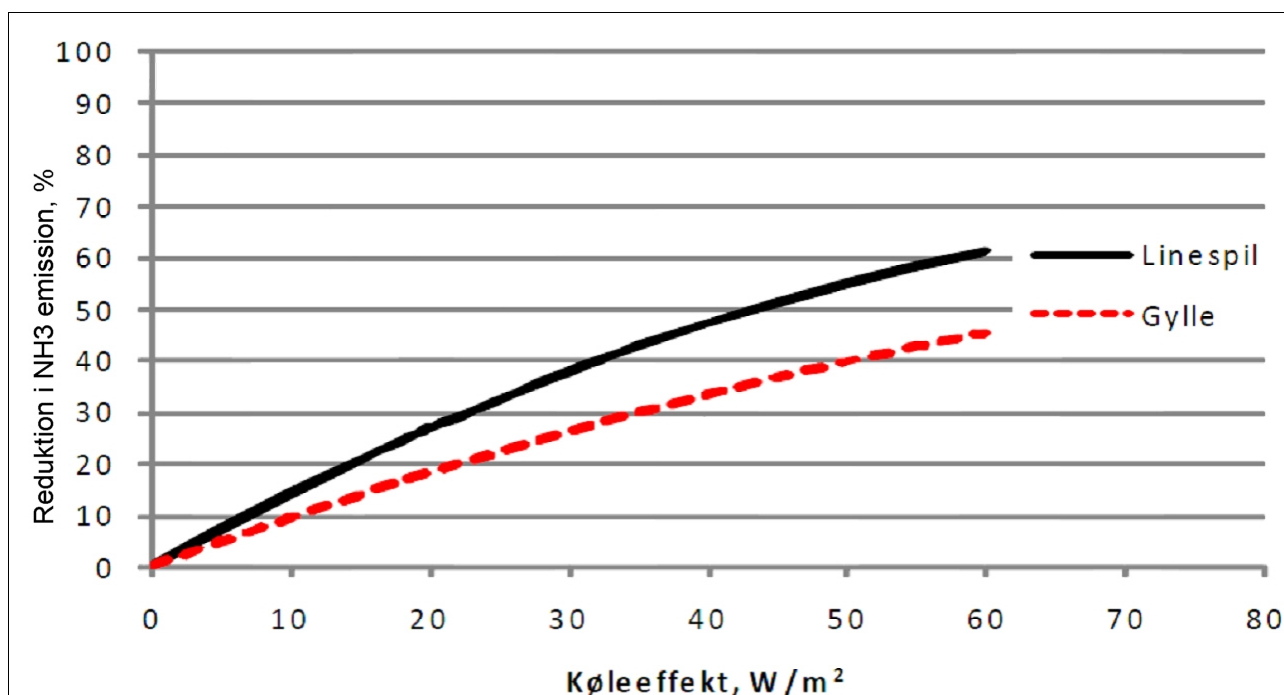
$$\text{Reduktion (\%)} = -0,008x^2 + 1,5x \quad [1]$$

hvor x = køleeffekt, W/m².

Tilsvarende kan effekten estimeres for stalde med traditionelt gyllesystem med ca. 40 cm dybe gyllekanaler, jf. ligning 2:

$$\text{Reduktion (\%)} = -0,004x^2 + x \quad [2]$$

Den øvre grænse for ovenstående ligninger er ikke afklaret. Det vurderes dog, at mulighederne for afsætning af den indvundne varmeenergi vil være begrænsende for størrelsen af den specifikke køleeffekt.



Figur 3. Forventet sammenhæng mellem køleeffekt og ammoniakreduktion ved gyllekøling i svinestalde med henholdsvis skrabekanal og gyllesystem.

Lugt

Lugtemissionen fra en drægtighedsstald med delvist fast gulv og køling af kanalbund med linespil er undersøgt under danske forhold. Der kunne imidlertid ikke dokumenteres nogen effekt (Pedersen, 2005).

Drivhusgasser

Emissionen af metan forventes at blive reduceret som en følge af kølingen af gylle. Gyllekøling medfører en lavere emission af lattergas, i det omfang den sparede ammoniakemission erstatter handelsgødning.

Energiforbrug

Energiforbruget ved gyllekøling går primært til drift af cirkulationspumper og varmepumpe. Energiforbruget pr. DE og år varierer stærkt afhængigt af dyrekategori og stalddtype.

Udenlandske erfaringer

I Holland er der udviklet en teknik, hvor kølingen af gylle finder sted ved hjælp af kølelameller, der flyder på overfladen af gyllen. Kølingen finder sted ved hjælp af grundvand, som efter en temperaturstigning på maksimalt 3 °C pumpes tilbage i undergrunden. Temperaturen i gyllens øverste lag må ikke overskride 15 °C. Afhængig af dyrekategori og stalddtype er der opnået ammoniakreduktioner på 20-75 % ved køling med kølelameller i gyllekanalen. Det vurderes, at halmstrøelse i stierne ikke er foreneligt med anvendelse af kølelameller på grund af risikoen for tilstopning.

Lugt

En hollandsk undersøgelse viser en reduktion i lugtemissionen på 20-25 % ved køling i gylleoverfladen (Mol & Ogink, 2003).

Fordele og ulemper

Da effektfaktoren for varmepumper typisk ligger på ca. 3, det vil sige der genereres tre gange så meget varme som varmepumpen bruger i strøm, kan gyllekøling producere store mængder varme.

Varmen kan anvendes til rumopvarmning i farestalde, smågrisestalde, servicerum og i stuehus/bad, til forvarmning af vand til vådfoder, og til højtryksrensning.

Hvor stor en andel af varmen, der kan udnyttes, afhænger stærkt af de lokale forhold. Varmebehovet vil være størst om vinteren, mens der i sommermånederne vil gå store mængder varme til spilde.

Arbejdet ved etablering af køleslanger vil ikke forrykke byggeprocessen mærkbart. Dette skyldes, at køleslangerne blot monteres oven på armeringsnettet i gyllekanalen, inden der støbes.

Gyllekøling vurderes at være en robust teknik med en lang levetid. Køleslangerne har en levetid svarende til levetiden for staldanlægget. Varmepumpen vurderes at have en levetid på op til 20 år afhængigt af driften. Anlægget kræver endvidere meget lidt vedligeholdelse.

Udbredelse af teknikken

Der er etableret ca. 300 gyllekølingsanlæg i Danmark (januar 2009).

Helhedsvurdering af teknikken

Gyllekøling medfører en reduktion i ammoniakemissionen fra stald afhængigt af dyrekategori og staldtype og køleeffekt. Som følge af et højere kvælstofindhold i gyllen ab stald forøges ammoniakemissionen fra lager og udbringning af gylle fra stalde med gyllekøling. Netto vil der dog stadigvæk være et højere kvælstofindhold i gyllen efter udbringning. Dette giver mulighed for at forøge markudbyttet, idet det forøgede indhold af kvælstof i gyllen er ammonium-N, der kan forventes at have en gødningseffekt svarende til handelsgødning.

Ved gyllekøling produceres der energi svarende til ca. 3 gange forbruget af strømeffekten og samtidig en køleeffekt svarende til 2 gange strømeffekten. Da der er proportionalitet mellem køleeffekten og strømforbruget betyder dette, at energiforbruget fordobles, hvis køleeffekten fordobles. Sammenholdt med en marginalt aftagende effekt på ammoniakemissionen betyder det, at energiforbruget pr. sparet kg ammoniak stiger med stigende specifik køleeffekt.

Overordnet set vil gyllekøling kunne reducere drivhusgasemissionen, hvis en række betingelser er opfyldt. Det vil således være en forudsætning, at varmen fra varmepumpen kan afsættes et andet sted i produktionen og erstatte varme fra en anden varmekilde som for eksempel olieforbrænding. Ud fra et miljømæssigt synspunkt er det vanskeligt at argumentere for anvendelse af gyllekøling ud over ejendommens varmebehov.

Køling i andre svinestalde

Gyllekøling kan ikke benyttes i stalde med dybstrøelse.

Gyllekøling kan ikke etableres i eksisterende stalde med mekanisk udmugning, men der er eksempler på at gyllekøling er eftermonteret, idet køleslangerne er udlagt ovenpå kanalbunden.

Økonomi

De økonomiske beregninger viser de økonomiske konsekvenser for landmanden ved at implementere teknologien. Økonomien meget afhængig af graden af varmeudnyttelse og økonomien belyses derfor også ved forskellige varmeudnyttelsesgrader.

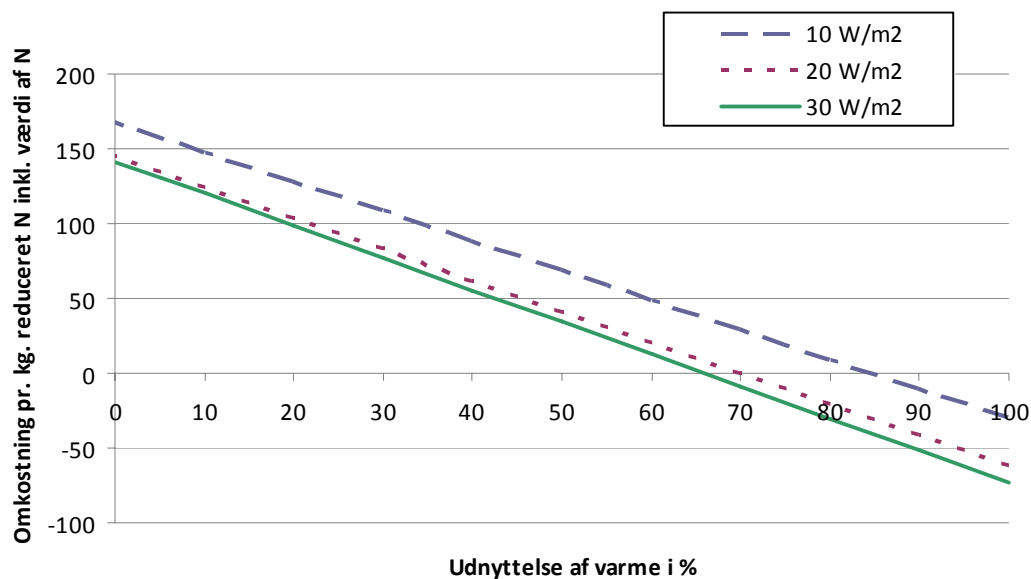
Økonomivurderingerne er baseret på producentoplysninger og opgjort i forhold til nyanlæg. Forudsætningerne for beregningerne kan ses i det økonomiske baggrundsnotat.

Resultaterne fremgår af nedenstående figurer og tabeller. Resultaterne præsenteres udelukkende for 250 DE. De øvrige omkostninger kan findes i baggrundsnotatet.

Generelt gælder det, at jo større besætningsstørrelse og jo større andel af varmen landmanden kan udnytte, desto større gevinst/mindre tab har landmanden ved at implementere teknologien.

Omkostningerne ved teknologien kan sammenholdes med omkostningerne ved at producere et slagtesvin. Produktionsomkostningen er baseret på Fødevarerøkonomisk Instituts driftsgrensstatistik fra 2008 og er opgjort til 518 kr. for et produceret slagtesvin².

² Produktionsomkostningen medtager ikke omkostningen til indkøb af gris.



Figur 4. Samlede omkostninger pr. kg. N for slagtesvin inkl. værdi af N, 250 DE.

Tabel 1: Omkostning pr. produceret svin inkl. værdien af N, 250 DE.

	10 W/m2		20 W/m2		30 W/m2	
	kr.	i %	kr.	i %	kr.	i %
100 % varmeudnyttelse	-1,1	-0,2%	-4,3	-0,8%	-7,4	-1,4%
60 % varmeudnyttelse	1,8	0,3%	1,5	0,3%	1,3	0,2%
40% varmeudnyttelse	3,2	0,6%	4,4	0,8%	5,6	1,1%
0 % varmeudnyttelse	6,1	1,2%	10,2	2,0%	14,3	2,8%

Negative værdier vil betyde en besparelse i forhold til referencesystemet¹.

Vejledende indretnings-, drifts- og egenkontrolvilkår

I det følgende er der formuleret forslag til indretnings-, drifts- og egenkontrolvilkår, som kan være relevante, såfremt den ovenfor beskrevne teknologi anvendes i forbindelse med miljøgodkendelser af husdyrbrug. Formålet hermed er at henlede opmærksomheden på, hvordan den beskrevne miljøeffekt opnås i praksis ved fastsættelse af vilkår.

I relation til fastsættelse af vilkår skal det understreges, at vilkår kun skal meddeles efter en konkret vurdering og skal være præcise og forudsigelige i deres indhold, så en manglende efterlevelse af vilkårene let kan påvises og håndhæves af tilsynsmyndigheden.

De vejledende vilkår er udarbejdet af Miljøstyrelsen i samarbejde med en kommunal sparringsgruppe sammensat af et repræsentativt udsnit af landets kommuner – i såvel geografisk som størrelsesmæssig henseende – samt med de forfattere, som har udarbejdet den tekniske del af Teknologiblade.

Indretning og drift

- Gyllekanalerne i staldafsnit _____ - i alt _____ m² - skal forsynes med køleslanger, der forbindes med en varmepumpe.
- Varmepumpen skal levere en årlig køleydelse på mindst _____ kWh.

3. Der skal monteres en typegodkendt energimåler på varmepumpen. Energimåleren skal være forsynet med automatisk datalogger, der registrerer den månedlige og årlige køleydelse målt i kWh.

4. Gyllekølingsanlægget skal være forsynet med et trykovervågningssystem, en alarm samt en sikkerhedsanordning, der i tilfælde af lækage stopper gyllekølingsanlægget. Gyllekølingsanlægget må ikke kunne genstarte automatisk.

5. Vedligeholdelse af gyllekølingsanlægget skal ske i overensstemmelse med producentens vejledning. Vejledningen skal opbevares på husdyrbruget.

Egenkontrol

6. Der skal indgå en skriftlig aftale med en godkendt montør med VPO-certifikat eller tilsvarende certificering om kontrol og service af gyllekølingsanlægget mindst én gang årligt.

Den årlige kontrol skal som minimum bestå af følgende:

- afprøvning og funktionssikring af trykovervågningssystemet, alarmerne samt sikkerhedsanordningen
- kontrol af kølekredsens ydelse.

7. Enhver form for driftsstop skal noteres i logbog med angivelse af årsag og varighed. Tilsynsmyndigheden skal underrettes ved driftsstop, der har en varighed på mere end _____ dage/uger.

8. Registreringen fra datalogger, logbogen, den skriftlige kontrolaftale, de årlige kontrolrapporter samt øvrige servicereporter skal opbevares på husdyrbruget i mindst fem år og forevises på tilsynsmyndighedens forlangende.

Vejledning til den kommunale sagsbehandler

Der findes forskellige typer af gyllekølingsanlæg, og der kan derfor være behov for, at de ovenfor nævnte forslag til vilkår skal rettes til ud fra de muligheder, som det konkrete anlæg giver. Det kan i den forbindelse være en god ide at rette henvendelse til den pågældende producent med henblik på en afklaring heraf.

Gyllekølingsanlæg er ikke jordvarmeanlæg, da slangerne er støbt ned i staldgulvet og ikke lagt i jorden. Gyllekølingsanlæg er dermed ikke omfattet af bekendtgørelse nr. 1019 af 25. oktober 2009 om jordvarmeanlæg.

Derimod kan gyllekølingsanlæg i sig selv være godkendelsespligtig efter miljøbeskyttelseslovens § 19 eller § 33.

Hvis gyllekølingsanlægget alene er knyttet til husdyrdriften - det vil sige, at overskudsvarmen herfra udelukkende anvendes i stalden -, er der ikke krav om selvstændig godkendelse heraf efter miljøbeskyttelsesloven, fordi gyllekølingsanlægget indgår som en del af hoveddriften af husdyrbrug. I sådanne tilfælde reguleres gyllekølingsanlægget i forbindelse med tilladelsen/godkendelsen af husdyrbruget efter husdyrgodkendelseslovens regler.

Hvis overskudsvarmen derimod anvendes til opvarmning af stuehuset eller på anden måde anvendes til andet end hoveddriften af husdyrbruget - for eksempel salg til energinettet -, kan gyllekølingsanlægget derimod enten være omfattet af miljøbeskyttelseslovens § 19 eller § 33, fordi det dermed har karakter af en biaktivitet. Gyllekølingsanlægget skal kun have en godkendelse efter miljøbeskyttelseslovens § 33, hvis det falder under ét af listepunkterne i bekendtgørelse nr. 1640 af 13. december 2006 om godkendelse af listevirksomhed med senere ændringer. Hvis dette ikke er tilfældet, skal gyllekølingsanlægget reguleres efter miljøbeskyttelseslovens § 19. Gyllekølingsanlægget reguleres da på samme måde som andre biaktiviteter på husdyrbrug som for eksempel biogasanlæg.

Det bemærkes, at kommunalbestyrelsen skal træffe samtidige afgørelser, om der kan meddeles tilladelse eller godkendelse efter miljøbeskyttelsesloven og husdyrgodkendelseslovens regler, hvis der kræves særskilt godkendelse eller tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven, jf. § 2 i bekendtgørelse nr. 294 af 31. marts 2009 om tilladelse og godkendelse m.v. af husdyrbrug.

Spørgsmålet om samlinger af køleslangerne i samlebrønde, herunder at disse skal kunne inspiceres på tilsyn, skal reguleres i forbindelse med byggetilladelsen og ikke i selve miljøgodkendelsen.

I relation til vilkår nr. 3 bemærkes det, at der skal stilles vilkår om energimåler. Baggrunden herfor er, at det giver den mest sikre bestemmelse af kølingen og dermed ammoniakreduktionen. Hertil kommer, at vilkår nr. 2 om en årlig køleydelse kan aflæses direkte på måleren, hvilket gør kontrollen enkel på tilsyn. På ansøgningstidspunktet er det ikke givet, at der kan laves en anlægsdimensionering, idet køleydelsen kan opnås med mange forskellige kombinationer af køleeffekt og driftstimer. Denne problemstilling løses ved at stille vilkår om energimåler og ønsket køleydelse frem for vilkår om anvendelse af timetæller, vilkår om driftstimer samt vilkår til varmepumpens køleeffekt. Det bemærkes, at omkostningerne til energimåleren er indregnet i økonomiberegningerne i Teknologibladet.

Det kan være relevant for kommunen som tilsynsmyndighed – som skal føre tilsyn med, at vilkårene i godkendelsen overholdes, jf. husdyrgodkendelseslovens § 44, stk. 2 – at få underretning fra landmanden i tilfælde af længerevarende driftsstop, idet dette kan have betydning for, om emissionsgrænsen for ammoniak overholdes i praksis. Det må være op til kommunen at vurdere, hvor langt tid driftsstop må vare, før landmanden skal orientere tilsynsmyndigheden herom.

I relation til egenkontrolvilkåret om logbog, skal det bemærkes, at der i visse af de øvrige Teknologiblade også stilles vilkår om, at landmanden skal føre logbog samt opbevare visse former for dokumentation sammen med denne logbog. Kommunen bør – af hensyn til både landmand og tilsyn – i sin fastsættelse af vilkår om egenkontrol tilstræbe, at der føres én samlet logbog på husdyrbruget for alle relevante oplysninger, såfremt det er praktisk muligt. Det vil både lette landmandens administrative byrder i forbindelse med driften af husdyrbruget og samtidig sikre, at tilsynet vil have en nem adgang til alle relevante oplysninger i forbindelse med tilsynets udøvelse.

Til forståelsen af ovennævnte forslag til vilkår og behandlingen af gyllekøling i relation til ansøgningssystemet er der opstillet følgende definitioner:

Specifik køleeffekt: Den køleeffekt, som varmepumpen køler gyllekanalerne med, når den er i drift. Den specifikke køleeffekt angives i enheden Watt/m².

Gennemsnitlig specifik køleeffekt: Varmepumpen kører kun en del af tiden, og korrigeres der for dette, fremkommer den gennemsnitlige specifikke køleeffekt, som angives i enheden Watt/m². Reduktionen af ammoniakemissionen beregnes ud fra den gennemsnitlige specifikke køleeffekt ved hjælp af de formler, som forefindes på side 2 i Teknologibladet.

Pumpens køleeffekt: Den effekt, hvormed gyllekummerne nedkøles. Den beregnes ved at multiplicere køleeffekten (Watt/m²) med arealet af gyllekummerne (m²). Enheden er således Watt. Køleeffekten er typisk ca. to gange varmepumpens strømforbrug.

Pumpens varmeeffekt: Den effekt, som varmepumpen leverer til centralvarmesystemet. Den udviklede varmeeffekt fra varmepumpen er summen af varmepumpens strømforbrug og køleeffekten. Enheden er Watt. Varmeeffekten er typisk ca. tre gange varmepumpens strømforbrug.

Anlæggets effektfaktor: Forholdet mellem varmeeffekten og strømforbruget kaldes også for effektfaktoren eller COP-værdien, og denne er typisk 3 for et gyllekølingsanlæg.

Anlæggets driftstid: Den tid, som anlægget er tilsluttet. Driftstiden måles i timer/år. Gyllekølingsanlægget vil typisk være i drift 8.760 timer/år.

Anlæggets faktiske driftstid: Varmepumpen kører primært, når der efterspørges varme fra centralvarmesystemet, hvilket typisk svarer til 40-80 % af året. Anlæggets faktiske driftstid er således den tid, hvor varmepumpen faktisk kører. Den faktiske driftstid måles i timer/år.

Energimåleren: Energimåleren registrerer flow og temperatur på vandet på kølesiden og beregner herudfra energiproduktionen.

I IT-ansøgningssystemet (www.husdyrgodkendelse.dk) indtastes anlæggets driftstid (8.760 timer) og ammoniakreduktionen. Ønsker man i stedet at indtaste varmepumpens faktiske driftstid, skal ammoniakreduktionen korrigeres forholdsmæssigt jf. regneeksemplet forneden.

Regneeksempel (eksemplet er taget fra søer):

En landmand ansøger om at etablere en smågriseproduktion på 1.200 årssøer med et gyllekølingsanlæg, som skal nedbringe ammoniakemissionen med 10 %. Gyllekummernes areal er 3.000 m², og staldene er indrettet med traditionelt gyllesystem med ca. 40 cm dybe gyllekanaler.

Reduktion (10 %) = $-0,004x^2 + x$ (x = den gennemsnitlige specifikke køleeffekt (W/m²))

For at opnå en reduktion af ammoniakfordampningen på 10 %, skal den gennemsnitlige specifikke køleeffekt være $10,44 \text{ W/m}^2$. Den køleeffekt, som pumpen skulle have, hvis den kørte kontinuerligt, beregnes til $10,44 \text{ W/m}^2 \times 3.000 \text{ m}^2 = 31.320 \text{ Watt} = 31,32 \text{ KW}$.

Den årlige køleydelse er således: $31,32 \text{ KW} \times 8.760 \text{ timer/år} = 274.363 \text{ KWh}$.

I eksemplet installeres en varmepumpe med en køleeffekt på 50 KW. Idet varmepumpen har en overkapacitet, skal den ikke køre konstant for at opnå den påkrævede køleydelse. Varmepumpens faktiske driftstid bliver således følgende: $31,32 \text{ KW}/50 \text{ KW} \times 8.760 \text{ timer/år} = 5.487 \text{ timer/år}$.

I IT-ansøgningssystemet (www.husdyrgodkendelse.dk) indtastes ammoniakreduktion (10 %) og driftstimer (8.760 timer). Hvis den faktiske driftstid (5.487 timer) indtastes, skal ammoniakreduktionen korrigeres således: $10 \% \times (8.760 \text{ timer}/5.487 \text{ timer}) = 16 \%$.

Litteratur

Bref (2003): Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Dokument on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs. July 2003.

<http://www.jrc.es/pub/english.cgi/0/733169>

Landsudvalget for Svin (2004): Reduktion af ammoniak- og lugtemission. Status på afprøvning januar 2004. pp. 12.

Mol, G. & N.W.M. Ogink (2003): The effect of two ammonia emission reducing pig housing systems on odour emission. pp. 1-7.

Pedersen, P. (1997): Køling af gylle i slagtesvinestalde med fuldspaltegulv. Landsudvalget for svin, Meddelelse nr. 357, pp. 6.

Pedersen, P. (2005): Linespilsanlæg med køling i drægtighedsstalde. Dansk Svineproduktion, Meddelelse nr. 694, pp. 12.

Poulsen, H.D. (2008): Normtal for husdyrgødning – forudsætninger for stalddatab. www.agrsci.dk.