

TESTPLAN FOR

Lugtemission fra malkekvægstalde

Teknologi:	Fast drænet gulv med hyppig skrabning til reduktion af lugtemission fra malkekvægstalde
Besætninger:	4 stalde med spaltegulv og ringkanal 4 stalde med drænet fast gulv
Projekt nr.:	101299
Start:	01.01.2025
Afslutning:	31.12.2027
Navn og adresse på testinstitution:	SEGES Innovation P/S Agro Food Park 15 8200 Aarhus N
Tekniker:	Nina Thue Charles & Hans Peter Thomsen
Projektleder:	Pia Brandt & Michael Holm

BAGGRUND OG FORMÅL

Etablering eller udvidelse af større malkekvægstalde kan være vanskelig at få tilladelse til pga. lugtgeneafstand til naboer, samlet bebyggelse eller byzone. Lugtgeneafstanden er et ultimativt krav, som skal overholdes før der kan gives en miljøgodkendelse. Det særlige problem for kvægstalde er, at i dag er der ikke nogen godkendte teknologier til reduktion af lugt og dermed står ansøger uden muligheder for lugtreduktion ud over at finde en anden placering af stalden.

I dag etableres malkekvægstalde oftest med fast drænet gulv med hyppig skrabning, da dette system er godkendt til at opfylde BAT kravet mht. ammoniak. I disse stalde vil mængden af gylle i stalden derfor være minimal. Fra undersøgelser i grisestalde ved vi, at en stor andel af lugtemissionen fra stalden stammer fra gyllen. Afprøvninger i slagtegrisestalde har vist, at fjernes gyllen dagligt med et linespilanlæg reduceres lugtemissionen fra stalden med ca. 40% i forhold til stalde med traditionel gylleudslusning via vakuumsystemet, hvor gyllen er oplagret i stalden i flere uger inden den udsluses. Ud fra dette er det forventningen at malkekvægstalde med fast drænet gulv og hyppig fjernelse af gødningen vil have en reduceret lugtemission i forhold til stalde med spalter og ringkanal.

De oprindelige lugtemissionstal fra kvægstalde stammer fra en ældre tysk rapport (Oldenburg, 1989). Det er lugttal målt på datidens tyske staldindretninger, som afviger fra nutidens danske staldindretninger. Endvidere blev luftprøverne udtaget i Nalophanposer og analyseret via lugtpanel på datidens glas-olfaktometre.

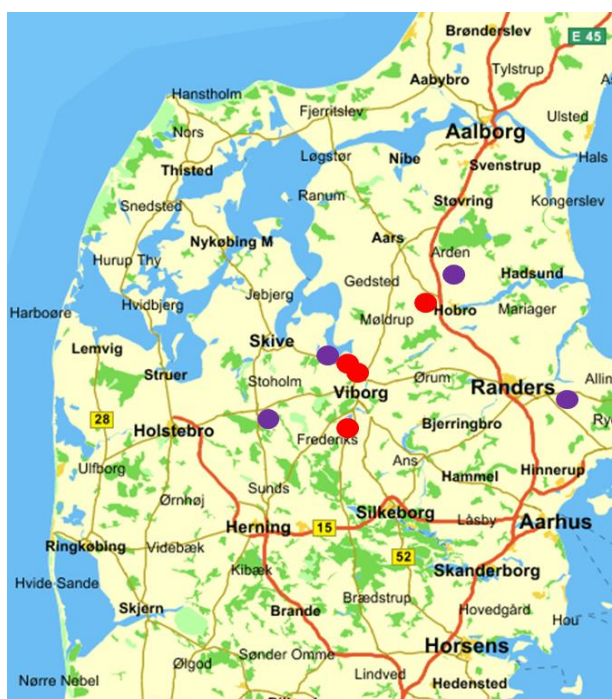
Formålet med projektet er at fastsætte

- et nyt normtal for lugt fra stalde med spaltegulv og ringkanal ved at anvende olfaktometriske målinger som grundlag for at revidere den gældende lugtemissionsfaktor i husdyrgodkendelsesbekendtgørelsens bilag 3 for så vidt angår staldtypen "Malkekøer, kvier og stude. Sengestald med spalter (kanal, bagskyl eller ringkanal)".
- forskellen på lugtemissionen imellem malkekvægstalde med fast drænet gulv med hyppig skrabning og malkekvægstalde med spalter og ringkanal målt med kemiske lugtstofmålinger.

BESÆTNINGSBESKRIVELSE

Aarhus Universitet har et igangværende projekt (NATVENT), hvor der i fire malkekvægstalde med fast drænet gulv med hyppig skrabning og i fire stalde med spalter og ringkanal måles metanemission. AU har tilkendegivet, at SEGES kan anvende måle-setuppet i disse stalde til måling af lugtemission.

Besætningerne er således allerede udpeget og de opsatte måleslanger mv. i staldene kan direkte anvendes til udtagning af lugtprøver. Måleslangen er monteret under kip i 4-5 meters højde (og angives som strengen "midt" i det efterfølgende). Det vil derfor være muligt for at udtage repræsentative lugtprøver i de otte stalde.



Lilla markerer stalde med drænet fast gulv
Rød markerer stalde med ringkanal

GENNEMFØRELSE & MÅLEKAMPAGNER

Årsagen til at der måles på otte stalde er, at vi i dag fortsat tester miljøteknologier til stalde med udgangspunkt i VERA testprotokollen. I VERA testprotokollen er der krav om måling i fire stalde af hver type (Multi-farm approach), når der ikke kan laves et egentligt Case-Control design på samme ejendom. I protokollen er det ligeledes et krav, at lugtprøver i Danmark udtages på dage, hvor udetemperaturen er over 16 °C på udtagningsstidspunktet (tabel 2 i VERA testprotokollen). Dette temperaturkrav er specifikt for Danmark, og vil medføre at målingerne skal planlægges fra ultimo maj til primo september, svarende til en periode på 4 måneder. Det betyder man i Danmark ikke samtidigt kan overholde kravet i tabel 3 i VERA testprotokollen, hvor de seks uafhængige måledage skal være fordelt over året, dvs. en måledag hver anden måned.

Lugtprøverne skal udtages i Nalophan-, eller Teflonposer med tre lugtposer pr. dag og analyseres olfaktometrisk. I en undersøgelse hvor de tre typer poser blev undersøgt mht. til tab af lugtstoffer (Kasper et al., 2018) var teflonposer det bedste materiale til at bevare lugtstoffer og fugtighed over en 24 timers periode. Teflonposer vil derfor være det foretrukne posemateriale, men vil dog ikke give mulighed for at sammenligne med de oprindelige gamle tyske resultater (Oldenburg, 1989), som blev målt med nalophanposer og med det ældre glasolfaktometer. De olfaktometriske målinger på nalophanposer vil blive sammenholdt med den nuværende lugtværdi.

I forbindelse med en relativ sammenligning af lugtmission i et Case-Control design er det til den danske teknologiliste godkendt at anvende kemisk måling af lugt med PTR-MS. Det er desuden muligt at anvende PTR-MS på teflon lugtposer udtaget i stalden og analyseret med PTR-MS indenfor 24 timer (Hansen & Feilberg, 2022). Både AU, TI og SEGES anvender i dag næsten udelukkende kemiske lugtmålinger, da det er en langt mere sikker og konsistent metode i forhold til anvendelsen af olfaktometri. PTR-MS målingerne giver dog i dag ikke et egentligt lugttal, men en SOAV-værdi (Sum of Odor Activity Value).

Ud fra ovenstående er det valgt i denne test, at lugtmålingerne foretages med PTR-MS samt PTR-MS målinger på lugtprøver udtaget i teflonposer. Derved vil der fremkomme en SOAV-værdi pr. stald og pr. stalddtype, hvorved forskellen imellem de to staldd typer kan beregnes. Der anvendes nye poser for hver måling. SOAV beregnes som summen af koncentrationen af individuelle lugtstoffer divideret med lugttærskelværdien (OTV – Odor threshold value) for hvert lugtstof

$$SOAV = \sum_{n=1}^n \frac{[Odorant]_n}{OTV_n}$$

(Hansen og Feilberg, 2022). SOAV beregnes på stofferne i Tabel 1.

Tabel 1. Betydende lugtstoffer i kvægstalde, deres koncentration samt lugttærskelværdi, ppb (Hansen og Feilberg, 2022).

	Lugttærskelværdi (OTV*), ppb	Koncentrationsområde, ppb
Hydrogensulfid	0,8	20-300
Metanthiol	0,03	0,1-10
Trimetylamin	0,08	2-200
Acetaldehyd	1,5	1-1000
Eddikesyre	8,3	1-4000
Butansyre	0,23	0,1-100
4-methylphenol	0,02	0,2-10

*Lugttærskelværdierne (OTV) er baseret på målinger af detektionstærskler med et panel, hvor den faktiske eksponeringskoncentration ved de enkelte fortyndingstrin er målt analytisk (Hansen og Feilberg, 2022).

SOAV værdi pr. produktionsareal og pr. ko beregnes som følger:

SOAV-emission pr. Ko/sek.: $(SOAV * \text{luftskifte}(\text{m}^3/\text{h}) / \text{VPE} / 3600) * (\text{VPE} / \text{ko})$

SOAV-emission pr. m² produktionsareal/sek.: $SOAV * \text{luftskifte}(\text{m}^3/\text{h}) / \text{produktionsareal} / 3600$

Beregning af luftskiftet er angivet i Appendix 1.

Planen for lugtmålingerne er gennemgået nedenfor:

Der gennemføres i alt seks måledage pr. besætning, fordelt således. Der gennemføres 5 laboratoriemåledage og 1 med PTR-MS opstillet på ejendommen for alle besætninger. Der gennemføres således 1 måleperiode med PTR-MS opstillet på ejendommen. I den forbindelse foretages henfaldstest på teflonposer. Henfaldstest gennemføres i henhold til lugtstof-protokollens punkt 4.2. Det tilstræbes at henfaldstest udføres før første måleperiode, men kapacitet på PTR-MS måleudstyr kan være begrænsende faktor.

- Derudover gennemføres 5 måledage pr. besætning. På hver måledag udtages:
 - lugtprøver i 30 L teflonposer fra strengen: "midt" samt fra minimum et udepunkt i vindsiden. Der udtages tre lugtprøver pr. streng/målepunkt pr. måledag (ca. kl. 11.00, 12.00 og 13.00), som analyseres på PTR-MS.
 - på 6 måledage i stalde med spaltegulv og ringkanal udtages samtidig med lugtprøverne i 30 L teflonposer til PTR-MS også lugtprøver i 30 L teflonposer og 30 L nalophanposer fra strengen "midt", som analyseres ved olfaktometri. Der udtages tre lugtprøver pr. posemateriale pr. måledag og de udtages samtidig med lugtprøverne til PTR-MS.

På måledage med udtag af luftprøver til olfaktometri, udtages 4 poser pr. tidspunkt fra strengen "midt", hvor der udtages 2 poser (1 teflon og 1 nalophan) til analyse på PTR og 2 poser (1 teflon og 1 nalophan) til olfaktometri. Der udtages prøver i nalophanposer for at kunne relatere resultaterne til tidligere målinger samt for at teste effekten af posemateriale.

For udepunkt og i tilfælde hvor PTR står på ejendommen i stalde med fast gulv og hyppig skrab, hvor der ikke udtages prøver til olfaktometri anvendes data fra perioden 11-13:30 i stedet for posemålinger.

Der foretages således seks målekampanjer pr. stald på de otte stalde, i alt 48 målekampanjer.

Det planlægges at der måles på:

- 2-3 stalde i 2025
- 3-4 stalde i 2026
- 2-3 stalde i 2027

I Danmark er det yderst vanskeligt at planlægge et tilstrækkeligt antal måledage med udetemperatur over 16 °C. En gennemgang af vejrdata 2022 – 2024 ved Billund lufthavn viser højeste temperaturer i juni-august (Tabel 2). Baseret på tabellen gennemføres målingerne som udgangspunkt fra maj til september for at øge sandsynligheden for +16°C på udtagningstidspunkterne. I tilfælde hvor der ikke er +16°C på de planlagte måledage, flyttes måledagene til dage med +16°C på udtagningstidspunkterne.

Målekampanjerne planlægges med minimum 14 dages mellemrum for at sikre uafhængighed mellem målingerne.

Tabel 2. Vejrdata ved Billund Lufthavn 2022-2024

Måned	april	maj	juni	Juli	august	september	oktober
gns. dags max. temperatur, °C	11,7	17,4	20,1	20,3	21,7	19,1	13,6

På lugtmåledagene måles ud over lugt også CO₂. CO₂ anvendes som sporgas til bestemmelse af luftsiftet i stalden. Luftsiftet i en kvægstald vil typisk ligge på 20-40 gange i timen. CO₂ målinger omkring tidspunktet for udtagningen af lugtprøven i tidsrummet kl. 10-14 vil være et rimeligt præcist estimat for luftsiftet. Måleinstrumenter opstilles i en målevogn uden for stalden og en tekniker fra den rullende afprøvning vil besøge stalden ved opstart og afslutning af hver måleperiode, hvor Picarro måleinstrumentet opstilles dagen før lugtmåling eller lugtprøveudtagning, samt for at udføre supplerende registreringer samt i forbindelse med udtagning af lugtprøver.

Teknikerbesøg og målekampanjer vil ikke forstyrre den daglige drift.

REGISTRERINGER

Table 3. Primære registreringsparametre.

Registrering	Placering	Periode	Metode
Lugt, - (SOAV)	Målestreng "midt" og udepunkt	Minimum 5 måledage med PFTE poser og minimum 1 kampagne med PTR-MS á 2-5 dage	PTR-MS (SOAV metode)
Kuldioxid, ppm _v	Målestreng "midt" samt i udeluft	Minimum 6 målekampanjer á 2 - 5 dage	Picarro (CRDS) / kontrolmåling m. Kitagawa sporgasrør 126SF og kontrolmåling med kontrolgas
Lugt, OUE	Målestreng "midt"	Min. 6 måledage med PFTE poser og Nalophan poser fra spaltegulvsstalde	Olfaktometri

Table 4. Sekundære registreringsparametre.

Registrering	Placering	Periode	Metode
Temperatur, °C	Stald og udeluft	Kontinuerlig	VengSystem A/S / Kontrolmåling med TESTO multiinstrument
Relativ luftfugtighed, %	Stald og udeluft	Kontinuerlig	VengSystem A/S / Kontrolmåling med TESTO multiinstrument
Vind	Ude	I måleperioder	Vejrstation placeres 10 m fra stalden i 4-5 meters højde
Antal dyr, stk., dyretype, vægt, tilvækst samt dage i drægtighed	Stald	I måleperioder	Besætningsdata og optælling
Gylleniveau, cm	Stalde med ringkanal	I måleperioder	Manuel måling
Gylleprøver	Omrørerbeholder eller forbeholder	I måleperioder	Manuel udtagning
Fodersammensætning samt energiindhold i foderet	Stald	I måleperioder	Udskrift fra besætningsejer eller én-dags foderkontrolrapport
Fodertidspunkt	Stald	I måleperioder	Info fra staldens personale
Mælkeydelse, kg EKM	Stald	I måleperioder	Besætningsdata

Materialer og metode

Måleperiode	1	2	3	4	5	6
N						
Dato for lugtprøveudtag						
Vindretning						
Målepunkter						
Gyllestand, cm						

Resultater

Tabel x1: Vejrforhold

Måleperiode	1	2	3	4	5	6	Samlet
N							
Luftskifte pr. VPE* (m3 /h)							
Luftskifte (pr. m2 produktionsareal)							
Relativ fugtighed, stald (%)							
Relativ fugtighed, ude (%)							
Vindhastighed (m/s)							
Kuldioxid, stald (ppm)							
Kuldioxid, ude (ppm)							
Temperatur, stald (°C)							
Temperatur, ude (°C)							
Time at beginning of air sampling							
Duration of air sampling							

* VPE = Varmeproducerende enhed

Tabel x2: Lugtkoncentration "midt" målt med PTR-MS, gennemsnit af 3 prøver,

Måleperiode	Hydrogensulfid	Metanthiol	Trimetylammin	Acetaldehyd	Eddikesyre	Butansyre	4-methylphenol	SOAV
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Tabel x2: Lugtkoncentration "ude" målt med PTR-MS, gennemsnit af 3 prøver,

Måleperiode	Hydrogensulfid	Metanthiol	Trimetylammin	Acetaldehyd	Eddikesyre	Butansyre	4-methylphenol	SOAV
1								
2								
3								

4								
5								
6								

Tabel x: Lugtkoncentration "midt" målt med olfaktometri i stalde med spaltegulv og ringkanal, gennemsnit af 3 prøver

Posemateriale	Måleperiode	Teflon	Nalophan	Teflon		Nalophan	
		SOAV	SOAV	ouE/m ³	LE/m ³	ouE/m ³	LE/m ³
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

REGISTRERING AF ARBEJDSSTID I BESÆTNINGEN

Der er ikke planlagt ekstra arbejde til personalet på bedriften.

ARBEJDSSTIKKERHED

Der anvendes lift til udskiftning af filtre i afprøvningen.

- Aftale et beredskab – hvordan sikrer man, at nogen ved, at man fx er i besætningen. Der er i lovgivningen (§20 i Bekendtgørelse af lov om arbejdsmiljø) et krav om, at der skal laves klare aftaler med besætningsejeren om, at en tekniker færdes i besætningen. Det kunne fx være en tjek-ind og en tjek-ud sms.

TESTPLANEN ER OPDATERET:

1. udgave	11. april 2025	PIAB/MIHO
2. udgave	26. juni 2025	PIAB/MIHO
3. udgave	10. november 2025	PIAB/MIHO
4. udgave	25. februar 2026	PIAB/MIHO
5. udgave	22. april 2026	PIAB/MIHO

REFERENCER

- VERA testprotokol for Livestock Housing and Management Systems. Version 3:2018-09
- Kasper, P.L., A. Oxbøl, M.J. Hansen and A. Feilberg, 2018. Mechanisms of Loss of Agricultural Odorous Compounds in Sample Bags of Nalophan, Tedlar, and PTFE. Journal of Environmental Quality, February, 2018 p.246-253.
- Hansen, M.J. & A. Feilberg, 2022. A Protocol for chemical measurement of odor in relation to abatement technologies for animal production – Version 2. 18 pages. Advisory report from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University. Date of submission: 26.09.2022.
- Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsen. [Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsen](#) tilgængelig på nettet, hentet den 25-06-2025.

Appendix 1 - Beregning af luftskifte med sporgas-ratio-metoden

Som sporgas anvendes den naturlige produktion af CO₂ i stalden, dvs. CO₂ produceret af dyrene og af gødningen, som er lagret i stalden. Produktionen af CO₂ fra dyrene afhænger af dyrenes størrelse, produktion og aktivitet, hvilket kan udtrykkes i relation til dyrenes varmeproduktion med tillæg for produktion af CO₂ fra gødningen i stalden.

Følgende ligninger benyttes som grundlag for beregning af dyrenes varmeproduktion:

$$\text{Lakterende køer: } \phi_{\text{tot}} = 5.6 \cdot m^{0.75} + 22 \cdot Y1 + 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot p^3$$

$$\text{Goldkøer: } \phi_{\text{tot}} = 5.6 \cdot m^{0.75} + 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot p^3$$

$$\text{Kvier, drægtige: } \phi_{\text{tot}} = 7.64 \cdot m^{0.69} + Y3 \cdot (23/M-1) \cdot (57.27+0.302 \cdot m) / (1-0.0171 \cdot Y3) + 1.6 \cdot 10^{-5} \cdot p^3$$
$$\text{Kvier, ikke-drægtige: } \phi_{\text{tot}} = 7.64 \cdot m^{0.69} + Y3 \cdot (23/M-1) \cdot (57.27+0.302 \cdot m) / (1-0.0171 \cdot Y3)$$

Hvor,

ϕ_{tot} = Total varmeproduktion per dyr, W

m = dyrenes gennemsnitlige levendevægt, kg

Y1 = mælkeydelse (kg dag⁻¹ dyr⁻¹)

P = dag i drægtighed

M = Energiindhold i foder (MJ kg⁻¹ tørstof; gns.: 10 MJ kg⁻¹ tørstof)

Y3 = tilvækst (kg dag⁻¹)

Dyrenes CO₂-produktion er relateret til varmeproduktionen og beregnes ved anvendelse af følgende ligning:

$$PCO_2 (\text{dyr}) = 0.180 \cdot \phi_{\text{tot}}$$

Hvor

$$PCO_2 (\text{dyr}) = \text{dyrets CO}_2\text{-produktion (L h}^{-1} \text{ W}^{-1} \text{)}$$

Den samlede CO₂-produktion i stalden beregnes således som:

$$PCO_2 = PCO_2 (\text{dyr}) + PCO_2 (\text{gødning})$$

idet gødningens bidrag til CO₂-produktion i stalden beregnes som en fast andel (10%) af dyrenes CO₂-produktion for stalde med spaltegulv og ringkanal. For stalde med fast gulv med hyppig skrab, fastsættes gødningsbidraget til CO₂-produktionen til 0%.

Tabel: Antal dyr, vægt, varme- og CO₂-produktion pr. måleperiode

Målerunde	Dyr	Belægningsgrad	Antal	Vægt	Mælkeproduktion (kg/ko/d)	Varmeproduktion (W)	CO ₂ produktion (L/h)
1							
2							
3							
4							
5							
6							