

Lugtudbredelse fra kvægstalde

Pernille Lund Kasper

Hovedkonklusion

Koncentrationen af lugtstoffer er bestemt i forskellig afstand ud til 500 meter fra en kvægstald. Lugtstofferne blev målt med PTR-MS-instrument og inkluderede blandt andre svovlforbindelser, phenoler, carboxylsyrer og aminer. Resultaterne viste at sammensætningen af lugtstoffer ændres som funktion af afstanden. Inde i stalden udgjorde svovlforbindelserne (svovlbrinte og metanthiol) samt eddikesyre en betydelig del af lugtsammensætningen, mens disse stoffer kun udgjorde en mindre del på afstande større end 25-50 meter fra stalden. I afstand fra stalden var P-cresol det mest betydende lugtstof. Derudover blev det vist, at der inde i stalden var en betydelig koncentrationsgradient, som kan have betydning for lugtudslip fra henholdsvis kip og sideåbning.

Baggrund

Kvæg- og mælkeproducenter, som ønsker at etablere eller udvide besætninger mødes ofte med et krav om miljøgodkendelse, som indbefatter beregning af geneafstande til nærliggende bebyggelse i forhold til lugt. Til dette formål anvendes Miljøstyrelsens reguleringssystem baseret på OML-modellen af rådgivere og myndigheder. OML-modellen er en atmosfærisk spredningsmodel, som primært anvendes til at beregne udbredelsen af luftforurening fra virksomheder ud til afstande på 10-20 kilometer fra kilden. Fra januar 2007 har OML-modellen dog også kunnet benyttes til bestemmelse af lugt ved miljøgodkendelser af husdyrbrug.

OML-modellen beregner afstandskrav ud fra standardlugtemissioner og meteorologiske spredningsberegninger. De benyttede standardlugtemissioner er baseret på olfaktometriske målinger og angives som odour units (OUe/s/DE). Herved beskrives lugt, som et samlet lugtbillede og det antages at reduktionen i lugt som funktion af afstand fra kilden alene sker ved dispersion og fortynding med ren luft. Det vil sige at lugt antages at være en inert gas.

Der har inden for den seneste årrække været stor fokus på den kemiske sammensætning af lugt fra husdyrbrug samt validiteten af olfaktometriske målinger. Kemiske målinger af lugtstoffer har vist at lugt fra husdyrbrug omfatter flere hundrede flygtige organiske forbindelser inden for forskellige kemiske grupper og med forskellige kemiske egenskaber. Adskillige studier har fokuseret på problemstillingen i forhold til bevarelse og lagring af disse stoffer i forbindelse med olfaktometriske målinger [3-9]. Bevarelsen af disse stoffer i miljøet uden for stalden er dog dårligt belyst. Enkelte studier har vist at sammensætningen af lugtstoffer forandres med distancen fra kilder i husdyrbruget [1][2], hvilket kan skyldes reaktivitet, deponering, fotokemiske reaktioner mm. Antagelsen om lugt som en inert gas kan derfor betvivles.

I denne afprøvning undersøges antagelsen af lugt som en passiv gas baseret på odour units (OUe/s/DE) ved hjælp af kemiske målinger af lugtstoffer i miljøet i og omkring en kvægbesætning. Herved karakteriseres relevante lugtstoffer samt deres bevarelse i forskellige afstande fra kilden.

Materialer og metoder

Afprøvningen blev udført over fire måleperioder i 2021: 3. til 9. august, 2. til 5. september, 27. september til 4. oktober, samt 9. til 14. november. Over disse fire måleperioder, blev der udtaget lugtprøver ud til 500 meter på tre måledage i august og september. Det blev forsøgt at medtage varme dage (idet lugt reguleres efter worst-case), men også at opnå vejrmæssig variation, så en eventuel betydning heraf kunne bestemmes. I alle fire perioder er der foretaget kontinuerte PTR-MS-målinger inde i stalden.

Besætning

Stalden hvori afprøvningen blev gennemført var fra 2003 og rummede en Dansk Holstein besætning.

Stalden var indrettet med malkekøer i østsiden og kvier samt goldkøer i vestsiden. Køerne blev malket i DeLaval malkerobotter. I den nordvestlige del af stalden gik kviekalve i dybstrøelsesbokse, og i den nordøstlige side var der et separationsafsnit med gyllesystem til køer samt et dybstrøelsesafsnit til nykælvere. Stalden var indrettet med spaltegulv i gangarealerne. Under spaltegulvet var der et ringkanalsystem med rundskyl. I Figur A1 og tabel A1 (Appendiks) ses indretningsplan og beskrivelse af stalden.

Staldens længderetning var tæt på nord/syd-aksen. Staldens østvendte side var delvist afskærmet af et læhegn bestående af buskads. Betydningen af dette antages at være negligibel.

Forsøgsopsætning

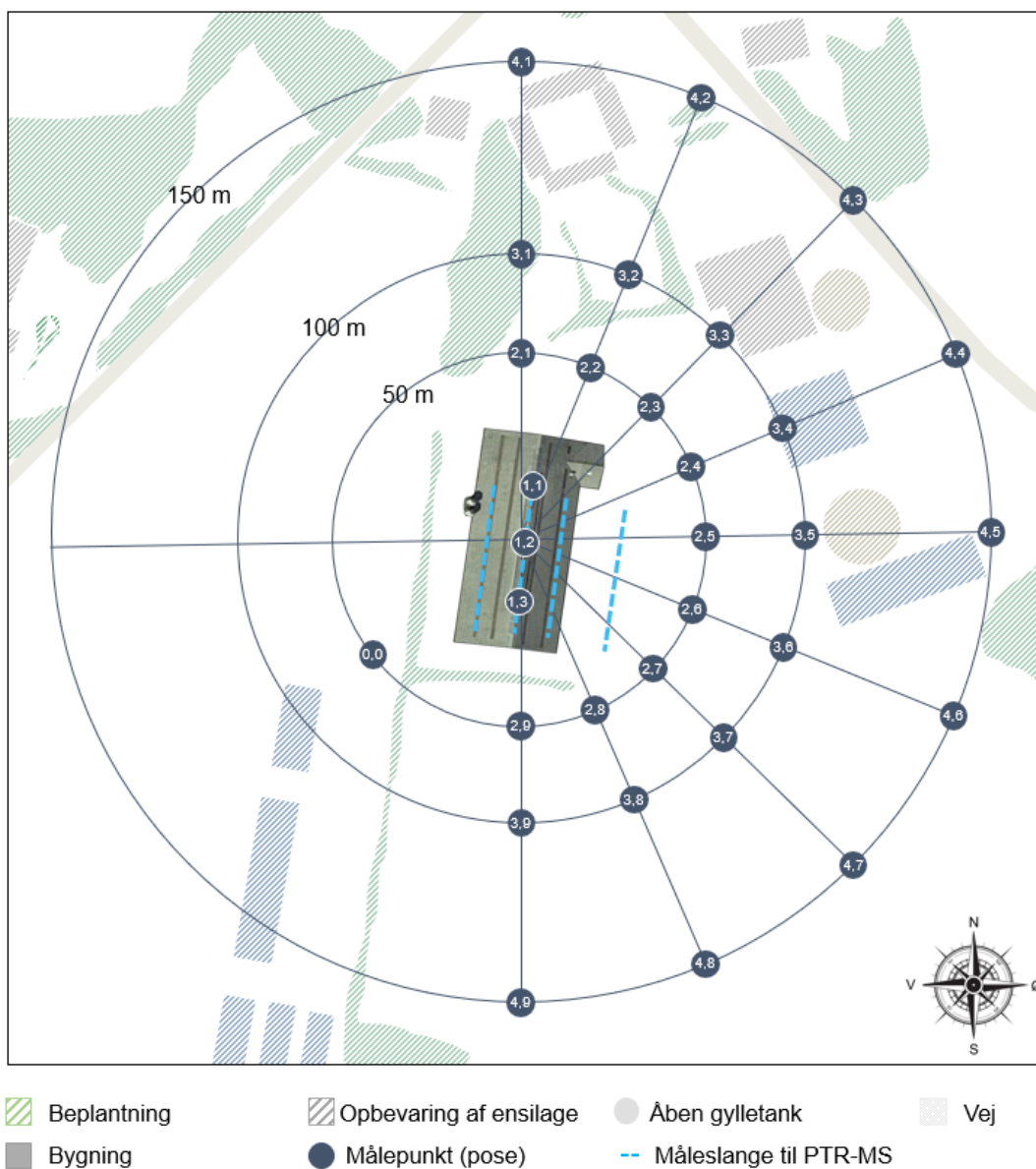
Forsøgsdagene blev planlagt på dage med vestlig vindretning.

Der blev foretaget kontinuerte (online) målinger med PTR-MS-instrument i 5 måleslanger trukket i staldens længderetning (ca. 60 meter). For hver 10 meter var slangerne perforeret og udstyret med en kritisk dyse, for at sikre ensartet flow i hele staldens længde. Der var placeret en måleslange ca. 1 meter fra staldens øst- og vestvendte sideåbning, én i kippen, én i midten af stalden i ca. 4 meters højde, samt én umiddelbart udenfor stalden (25 meter fra staldens midte). Luft blev opsamlet kontinuerligt gennem måleslangerne med CAPEX L2 membranpumper (PTFE belagte) (Charles Austen Pumps Ltd) med et nominelt flow på ca. 8 L. pr. minut. Måleslangerne fra stalden var isolerede og opvarmede på strækningen fra stalden til den mobile målevogn, hvor PTR-MS-instrumentet var placeret.

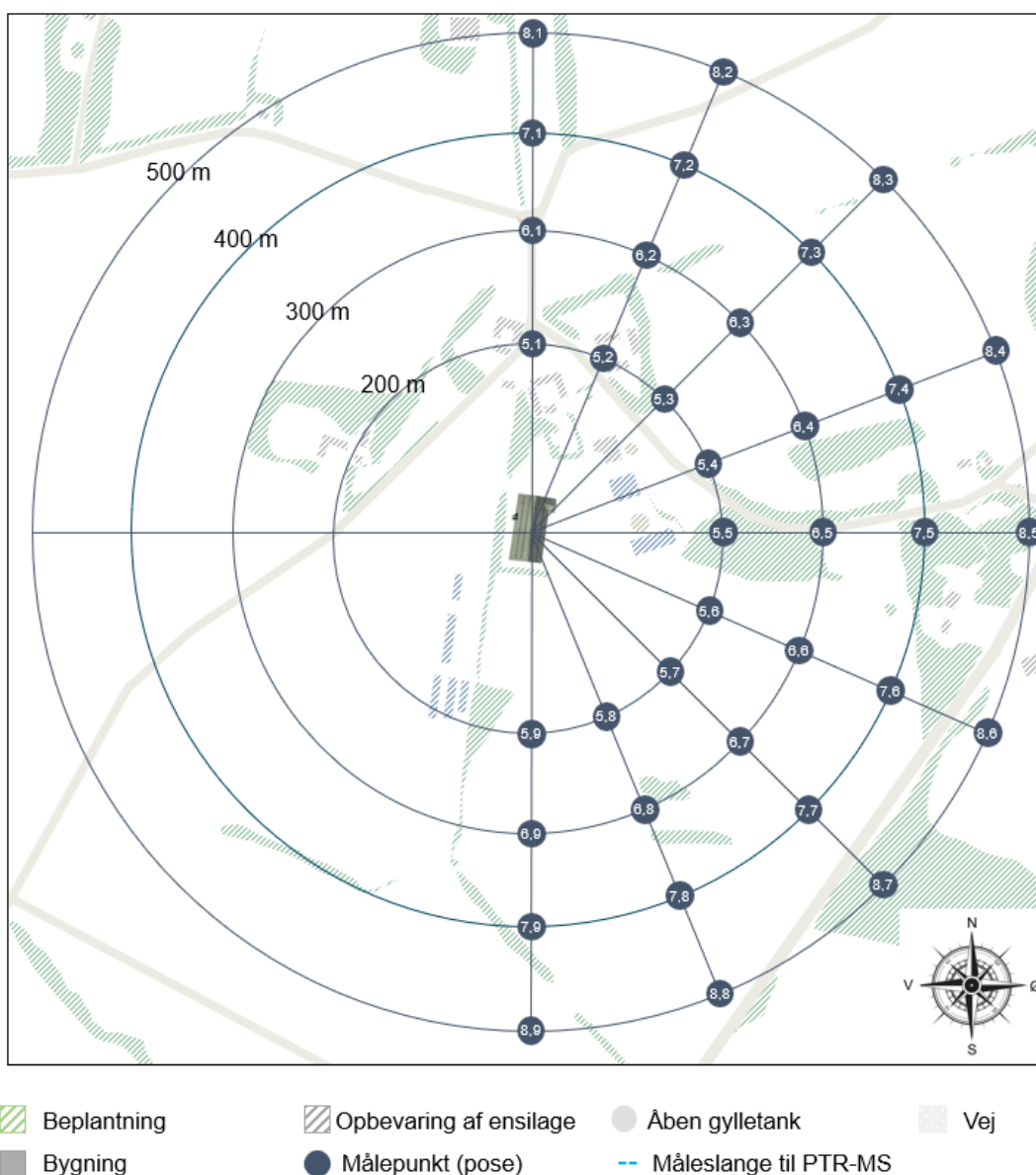
Lugtprøver i afstand fra stalden blev indsamlet i 5 linjer ud fra staldens midte ud til ca. 500 m. (Figur 1 og 2). Yderligere blev der samlet prøver inde i midten af stalden samt ved nærliggende ensilageopbevaringspladser. Prøverne blev indsamlet i 30 L PTFE-posere (Scentroid) vha. undertryk i vakuumkasser og sidekick pumper. Prøverne blev udtaget i 1.5 m højde. Efter prøverne var udtaget blev de umiddelbart efter bragt til PTR-MS-instrumentet og analyseret. Poserne blev analyseret både med og uden opvarmning til 60 °C [5].

Ved indsamling af både online og offline målinger kunne prøverne indsamlet omkring stalden til enhver tid relateres til emissionen fra stalden på det tidspunkt, hvor prøven var udtaget. Herved mindskes betydningen af tidsforskydninger mellem udtagningen på de 5 linjer.

I figur 1 og 2 ses fordelingen af målepunkter i og omkring stalden. Kun målepunkter, som faldt indenfor vindretningen på hver måledag, blev inkluderet. Der blev udtaget mellem 30 og 40 lugtprøver i forskellige målepunkter på måledagene. Hvert målepunkt blev bestemt med dobbeltbestemmelse.



Figur 1. Placering af målepunkter indenfor 200 meter fra stalden



Figur X. Placering af målepunkter ud til 500 meter fra stalden

I forbindelse med afprøvningen blev betydningen af henfald af lugtstoffer fra kvægstalde i PTFE-posere undersøgt. 3 lugtprøver fra måleslangen i kippen blev fulgt over en periode på 4 timer. Resultatet af disse er vedlagt i figur A2 (Appendiks). Det blev fundet at kun indoler henfalder i betydelig grad indenfor for en kortere tidsperiode. Det estimeres at genfindingen af indoler er >80% i alle målinger på grund af den korte periode fra udtagning til analyse.

2 poser med nitrogen blev analyseret for at påvise eventuel interferens fra baggrundsstoffer. Alle poser var fra afprøvningens start nye og ubrugte. Genbrug af poser blev kun anvendt indenfor samme målelinje.

PTR-MS

Koncentrationen af lugtstoffer blev bestemt med et PTR-TOF-MS 1000 instrument (Proton-Transfer-Reaction-Time-of-Flight-Mass-Spectrometry, Ionicon Analytik, G.m.b.H). Instrumentets indstillinger er angivet i tabel A3 (Appendiks). Mellem måledage og i perioder, hvor der ikke blev udtaget luftprøver i PTFE-posere var PTR-MS-instrumentet tilkoblet en opvarmet ventilboks (40°C) og hver måleslange i stalden blev målt med ventilsifte hvert 10. minut. Derudover blev der i hver målerunde målt på et filter med aktivt kul (Supelpure hydrocarbon trap) til bestemmelse af den instrumentelle baggrund. I perioder med udtagning af luftprøver i PTFE-posere blev ventilsiftet styret manuelt, så hver måleslange og baggrunden på kulfilter blev bestemt løbende. Transmission og svovlbrintekorrektion blev bestemt i hver måleperiode. Detektions- og kvantifikationsgrænsen blev defineret som henholdsvis 3 og 10 gange standardafvigelsen på en blind prøve. Følgende lugtstoffer er medtaget i analysen [9,10]:

Tabel 1. Lugtstoffer inkluderet i analyse

Lugtstof	m/z værdi	DL (ppb)	QL (ppb)	Betydende lugtstof
Svovlbrinte	34	1,4	4,0	+
Metanthiol	49	0,04	0,1	+
Acetaldehyd	45	1,0	3,0	-
Ethanol	47	1,0	3,0	+
Methanol	33	1,6	4,9	+
Acetone	59	0,03	0,1	-
Trimethylamin	60	0,01	0,03	-
Eddikesyre	61+43	0,6	1,8	-
Dimethylsulfid	63	0,03	0,1	-
C4-carbonyl	73	0,02	0,06	-
Propansyre	75+57	0,09	0,3	+
2,3 butanedione	87	0,03	0,08	-
Smørsyre	89+71	0,06	0,2	+
Phenol + DMDS	95	0,03	0,08	-
C5-carboxylsyre	103+85	0,04	0,1	-
P-cresol	109	0,03	0,09	-
Indol	118	0,007	0,02	-
4-ethylphenol	123	0,01	0,04	-
DMTS	127	0,007	0,02	-
3-methylindol	132	0,006	0,02	-

DL = detektionsgrænse, QL = kvantifikationsgrænse, DMDS = Dimethyldisulfid, DMTS = Dimethyltrisulfid

Temperatur, luftfugtighed og vindretning og -hastighed

Ude- og staldtemperaturen, ude- og staldfugtighed samt vindretning og -hastighed blev logget hver 5. minut via PC-log (VengSystem A/S). Derudover blev der ved hver udtagning af luftprøve i PTFE-pose bestemt temperatur og relativ fugtighed i de enkelte målepunkter med et multimeter af typen Testo 435.

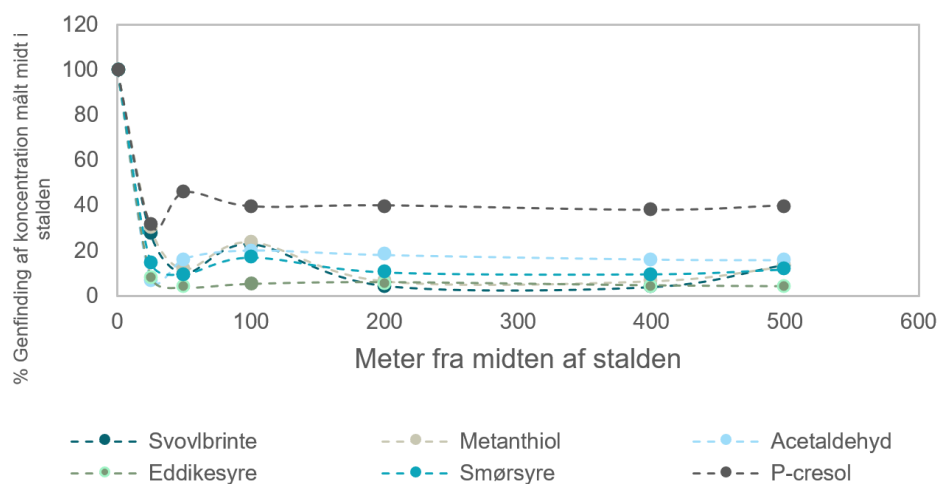
I Tabel 2 ses vejrforholdene på de tre måledage med udtagning af luftprøver i PTFE-posere

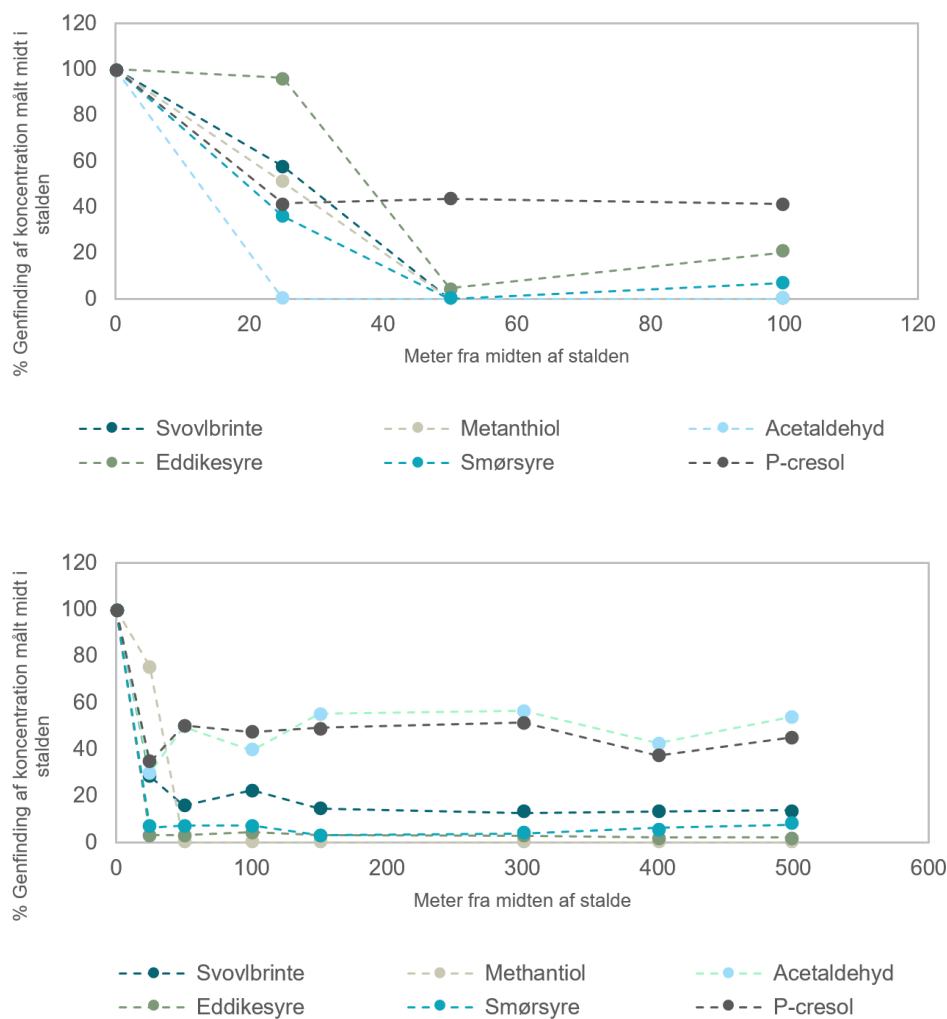
Tabel 2. Vejrforhold på måledage

Måledag	Temperatur °C	Luftfugtighed %	Lufttryk hPa	Vindretning °	Vindhastighed m s ⁻¹	Nedbør Mm
1 (august)	16,2 (11,9-21,7)	85,9	1011,7	197,4	4,3	4,9
2 (august)	16,5 (9,6-22,6)	88,2	1013,1	210,7	3,0	6,5
3 (september)	15,4 (8,4-23,4)	80,8	1019,2	296,4	4,4	0

Resultater og diskussion

I figur 3 ses koncentrationen af de mest betydende lugtstoffer som funktion af afstanden fra midten af stalden. Det ses at koncentrationen af alle stoffer med undtagelse af p-cresol, og i et enkelt tilfælde acetaldehyd, aftager forholdsvis hurtigt indenfor de første 50 meter fra stalde.

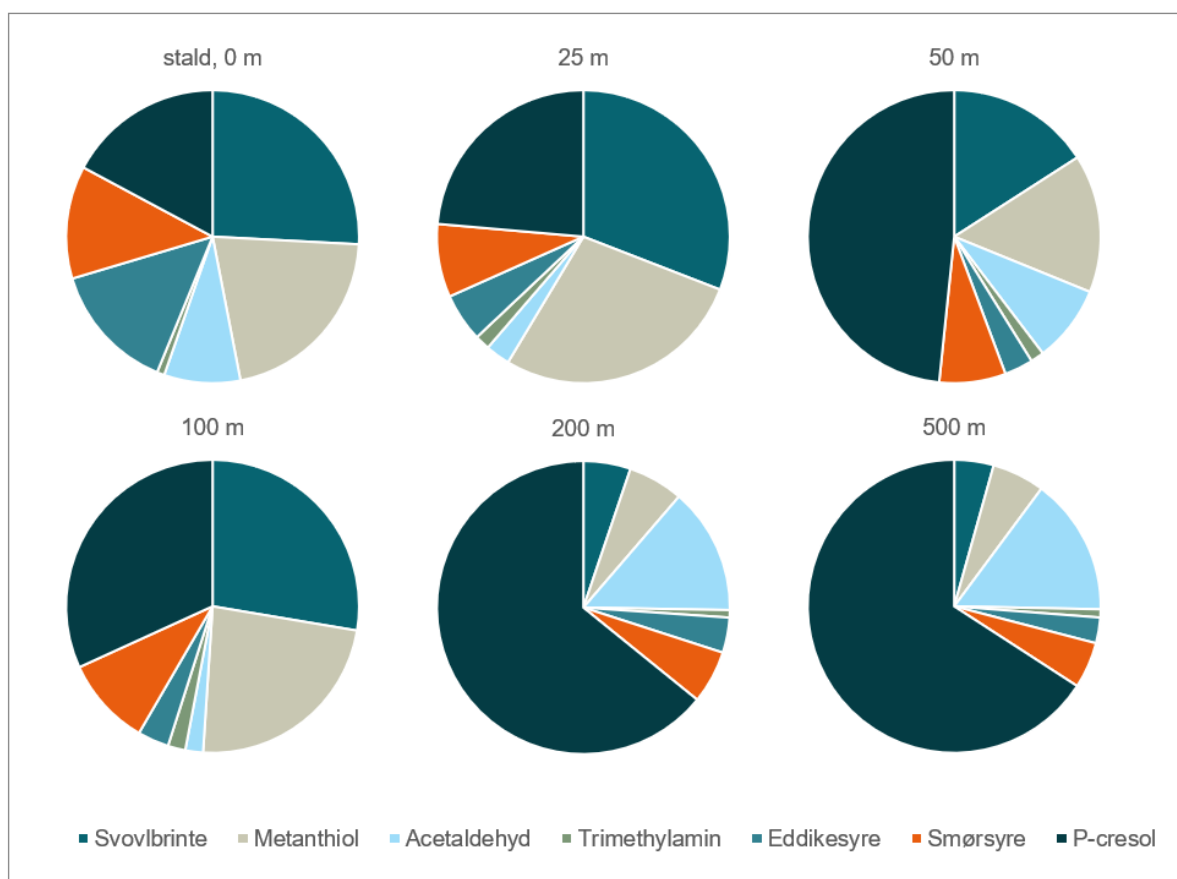




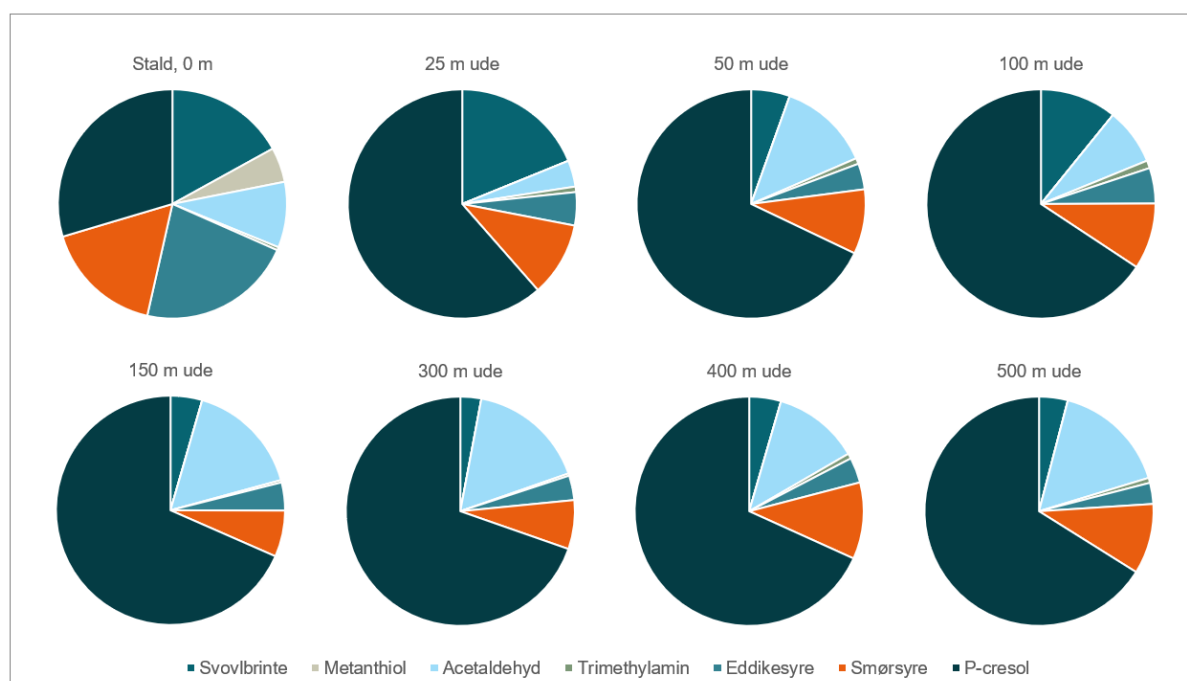
Figur 3 Genfindning af lugtstoffer i forhold til koncentration målt i stalden som funktion af afstand fra stalden

Det skal bemærkes at trimethylamin ikke fremgår af figur 3, da dette stof var under detektionsgrænsen.

Det forholdsvis store fald i koncentrationen af svovlforbindelser og flygtige syrer har betydning for sammensætningen af lugtstoffer, som ændrer sig betydeligt set i forhold til sammensætningen i stalden. Beregnes hvert lugtstofs bidrag til den samlede lugt, som hvert lugtstofs OAV-værdi (Odor Activity Value), defineret som den målte koncentration divideret med lugtærskelværdien, ses det at lugten ændrer karakter udenfor stalden. Inde i stalden er der et større bidrag fra flere forskellige stoffer, herunder svovlbrinte, eddikesyre og smørsyre. I afstand fra stalden udgøres det største bidrag fra p-cresol. Ca 100 meter fra stalden findes gylletanke og opbevaring af ensilage. Dette kan influere på resultaterne i denne afstand.

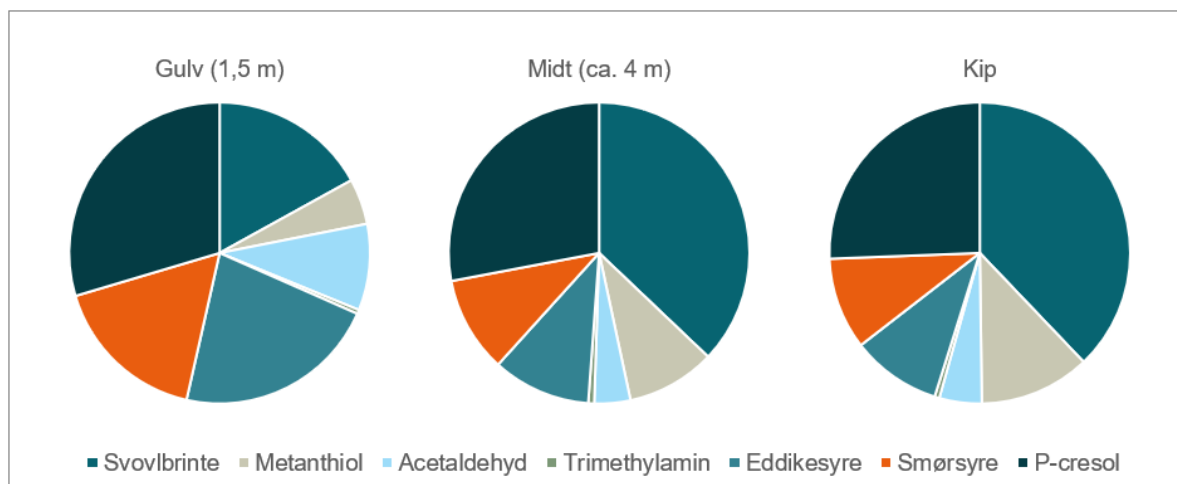


Figur 4 Sammensætning af OAV (Odor Activity Values) i forskellig afstand fra stalden, måledag 1 (august 2021)



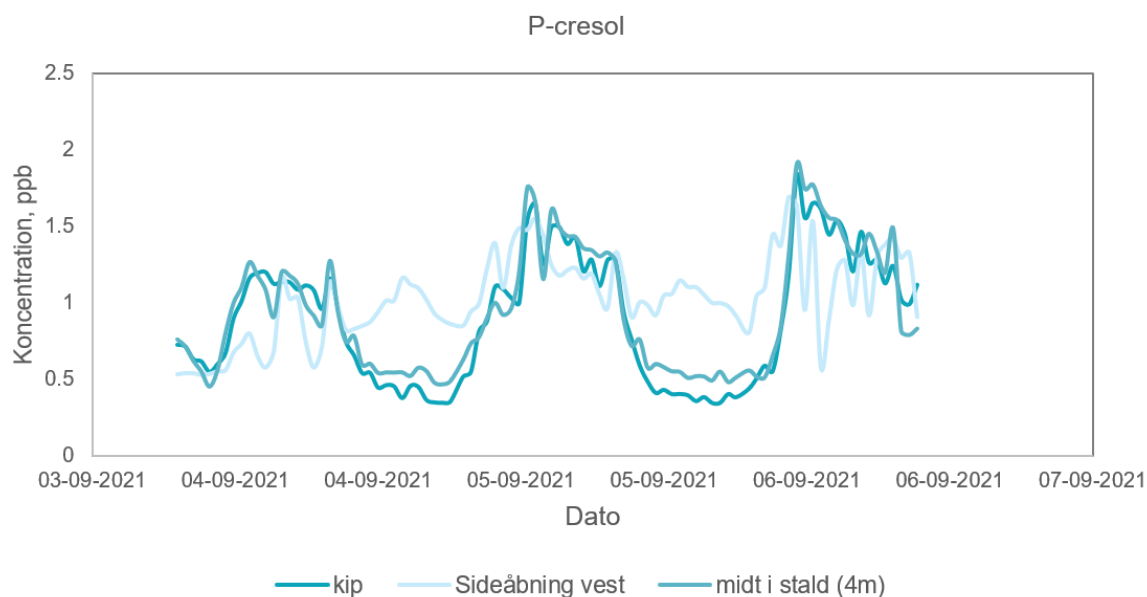
Figur 5 Sammensætning af OAV (Odor Activity Values) i forskellig afstand fra stalden, måledag 3 (september 2021)

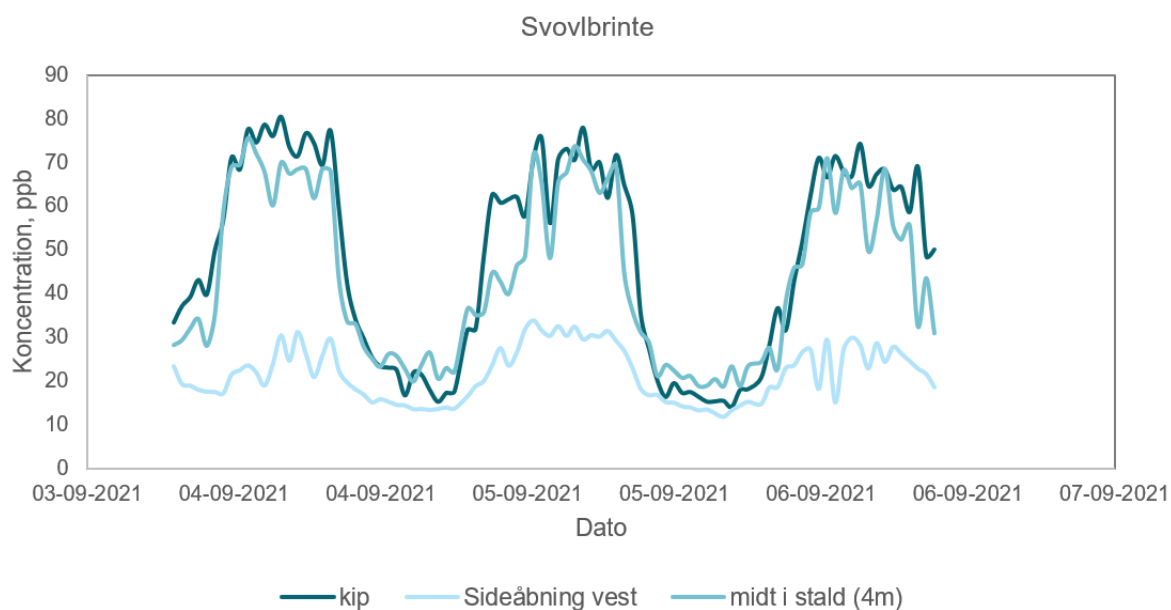
Inde i stalden blev der fundet en koncentrationsgradient i staldens højde. I figur 6 ses et eksempel, hvor lugten ved gulvet (1.5 m højde) har et større bidrag fra eddike- og smørsyre. Samtidig var koncentrationerne af alle lugtstoffer betydeligt højere i 1.5 meters højde. Beregnet som summen af OAV (styrken af den samlede lugt) udgjorde den samlede lugt i midten af stalden og i kip ca. 60% af den der fandtes ved 1.5 meters højde. Når man beregner udslip fra henholdsvis kip og sidevæg kan dette derfor have betydning. Samtidig understreger dette vigtigheden af placeringen af målepunkt, ved udtagning af lugtprøver.



Figur 6. Fordeling af OAV-værdier i forskellige højder inde i stalden

I figur 7 ses et eksempel på hvordan forskellige stoffer fordeler sig forskelligt inde i stalden. Her er koncentrationen af svovlbrinte øverst i stalden betydeligt højere end ved sideåbningen, mens p-cresol fordeler sig mere ligeligt i stalden og endda har lidt højere koncentration ved sideåbningen. Forskellen på de to stoffer kan hænge sammen med forskellen i massefylde.





Figur 8. Fordeling af svovlbrinte og p-cresol inde i stalden

Konklusion

Koncentrationen af lugtstoffer blev bestemt i forskellig afstand ud til 500 meter fra en kvægstald samt i forskellige punkter inde i stalden. Lugtstofferne blev målt med PTR-MS-instrument og inkluderede blandt andre svovlforbindelser, phenoler, carboxylsyrer og aminer.

Resultaterne viste at sammensætningen af lugtstoffer ændres som funktion af afstanden. Inde i stalden udgjorde svovlforbindelserne (svovlbrinte og metanthiol) samt eddikesyre en betydelig del af lugtsammensætningen, mens disse stoffer kun udgjorde en mindre del på afstande større end 25-50 meter fra stalden. I afstand fra stalden var P-cresol det mest betydende lugtstof.

Det blev derudover vist, at der inde i stalden var en betydelig koncentrationsgradient, som kan have betydning for lugtudslip fra henholdsvis kip og sideåbning

Yderligere undersøgelser er nødvendige for at fastslå resultaterne fra denne afprøvning, som baserer sig på et mindre datagrundlag. Derudover bør betydningen af læhegn bestemmes.

Referencer

- [1] Steven Trabue, Kenwood Scoggin, Laura McConnell, Ronaldo Maghirang, Edna Razote, Jerry Hatfield; Identifying and tracking key odorants from cattle feedlots; Atmospheric Environment; Volume 45; Issue 25, 2011
- [2] S. M. McGinn,* H. H. Janzen & T. Coates; Atmospheric Ammonia, Volatile Fatty Acids, and Other Odorants near Beef Feedlots; Atmospheric Pollutants and Trace Gases; Technical reports; 2003
- [3] Hansen, M. J., A. P. S. Adamsen, A. Feilberg, and K. E. N. Jonassen. 2011. Stability of odorants from pig production in sampling bags for olfactometry. Journal of Environmental Quality 40 1096-1102.
- [4] Kasper, P. L. et al. 2017. Effects of Dilution Systems in Olfactometry on the Recovery of Typical Livestock Odorants Determined by PTR-MS. Sensors 17: 1859.
- [5] 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 47: 246-253.
- [6] Koziel, J. A. et al. 2005. Evaluation of sample recovery of malodorous livestock gases from air sampling bags, solid-phase microextraction fibers, Tenax TA sorbent tubes, and sampling canisters. Journal of the Air & Waste Management Association 55: 1147-1157.
- [7] Trabue, S. L., J. C. Anhalt, and J. A. Zahn. 2006. Bias of Tedlar bags in the measurement of agricultural odorants. Journal of Environmental Quality 35: 1668-1677.
- [8] Hansen, M. J., K. E. N. Jonassen, and A. Feilberg. 2014. Evaluation of abatement technologies for pig houses by dynamic olfactometry and on-site mass spectrometry. Chemical Engineering Transaction 40: 253-258.
- [9] Hansen, M., A. Adamsen, and A. Feilberg. 2013. Recovery of Odorants from an Olfactometer Measured by Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry. Sensors 13: 7860-7861.
- [10] Hansen, M.J. & Feilberg, A. (2019): A Protocol for Chemical Measurements of Odour in Relation to Abatement Technologies for Animal Production, Version 1.0
- [11] Fuchs, A., Dalby, F.R., Liu, D., Kai, P., Feilberg, A (2021). Improved effect of manure acidification technology for gas emission mitigation by substituting sulfuric acid with acetic acid. Cleaner Engineering and Technology 4 (2021), 100263.

Deltagere

Tekniker: Nina Charles Thue Christensen

Evt. andre deltagere: Malene Jørgensen

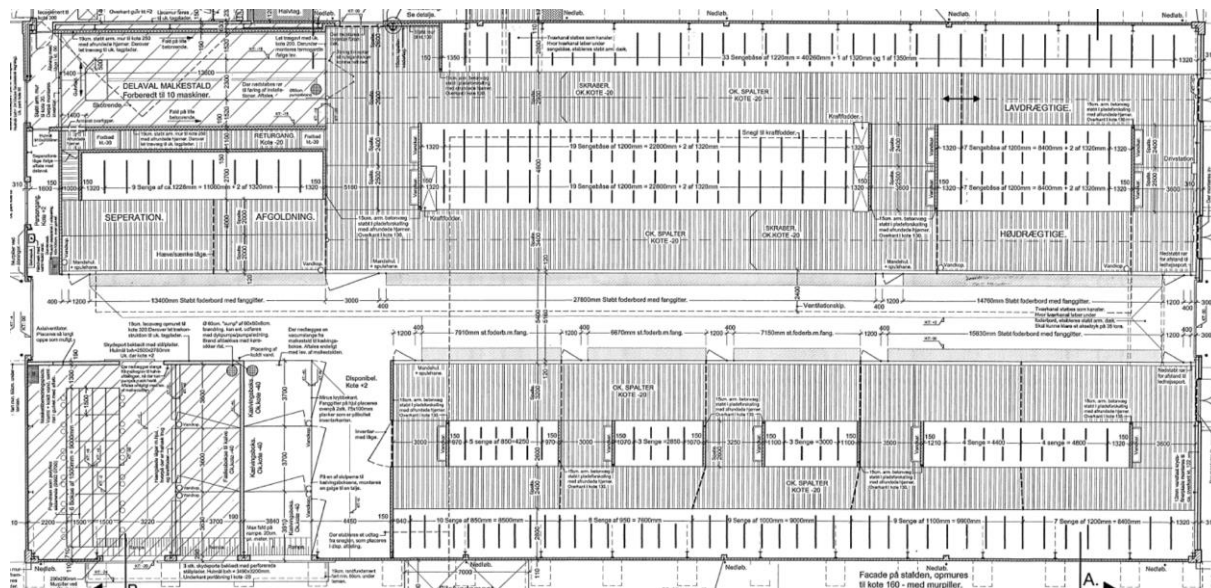
Afprøvning nr. 1755

NAV nr.: 8472

// //

Appendiks

A1 Beskrivelse af teststald



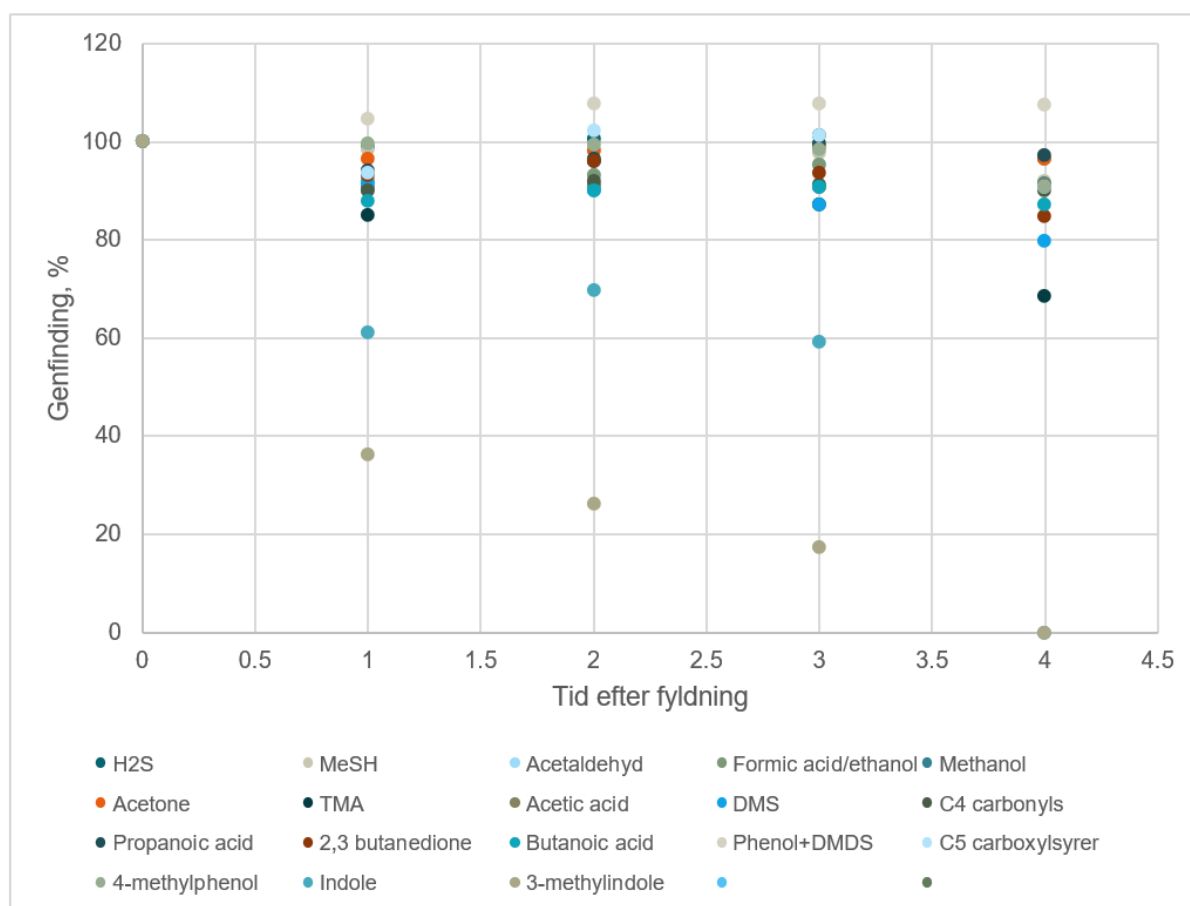
Figur A1. Indretningsplan

Tabel A1. Beskrivelse af stald

Parameter	Teststald
Dimension af stalden (længde; bredde; højde, m)	66,5; 30,3; 11,5
Ventilationssystem	Naturlig ventilation med stort åbningsareal i facaderne med manuelt betjente gardiner
Staldtype	Sengebåsestald med spaltegulv i gangarealerne, kælvningsbokse med strøelse
Bruttoareal af stalde, (m ²)	1884 m ² ekskl. 131 m ² kalvestald
Indvendig volumen af stalde, (m ³)	13282
Produktionsareal, sengebåseafsnit til køer (m ²)	820
Produktionsareal, kælvningsbokse (m ²)	42,0
Totalt produktionsareal, køer (m ²)	862,6
Produktionsareal, sengebåseafsnit til ungdyr (m ²)	
Produktionsareal, dybstrøelsesbokse (m ²)	354,3
Totalt produktionsareal, ungdyr (m ²)	
Totalt produktionsareal af stalde (m ²)	1216,9
Forhold produktionsareal køer:ungdyr	71:29
Staldenes længderetning (°)	+8° i forhold til nord:syd-aksen
Antal koplader i sengebåseafsnit	118
Antal koplader i kælvningsbokse	8
Antal koplader i alt	126
Antal ungdyrpladser i sengebåseafsnit	81
Antal ungdyrpladser i dybstrøelsesbokse	0
Antal pladser til kvier i alt	81
Antal varmeproducerende enheder, VPE	247
Sengebåse, strøelse/måtte	Snittet halm
Malkning	AMS

Mælkeproduktion (kg dag ⁻¹ ko ⁻¹)	33,3
Foder	TMR med >50% grovfoder og et råproteinindhold på ca. 180 g/kg TS jf. aktuel foderplan

A2 Genfinding af lugtstoffer



Figur A2. Genfinding af lugtstoffer i 30 L PTFE pose som funktion af tid efter fyldning

A3 PTR-MS

Tabel A.3. Systemindstillinger for PTR-MS

Parameter	Indstilling
U drift	600
U dx	0,2
T drift (°C)	80
P drift (mbar)	2,3
E/N	136



Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

SEGES er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.