

Opbygning af metanhuse i fuldskalabesætning i sengebåse og ved foderbord

Mia Stenbryggen Nielsen, Stine Grønborg, og Anja Juul Freudendal

^a SEGES Innovation P/S

STØTTET AF

Mælkeafgiftsfonden

Hovedkonklusion

Metanhusene er designet med fokus på koens naturlige adfærd, dyrevelfærd og praktisk drift uden at forstyrre fodring eller hvile. Der findes løsninger til sengebåse og foderbord med mekanisk ventilation og mulighed for at opsamle metan tæt på koens hoved. Miljøforhold overvåges, og køerne bruger husene frivilligt. Metanhusene kan implementeres både i nye og eksisterende stalde og er udviklet med enkel installation, driftssikkerhed og omkostningseffektivitet for øje. Opsamling fungerer lokalt, men teknologien til at rense eller udnytte metanen er endnu ikke udviklet, og husene har derfor på nuværende tidspunkt ingen direkte metanreduktion.

Baggrund

Den enteriske metanemission fra kvæg er den største enkeltkilde fra kvægproduktionen. For at løse klimaudfordringerne fra kvægområdet skal den enteriske metanproduktion håndteres. En metode til dette vil være at udvikle teknologi, der kan opsamle metan, så den efterfølgende kan renses ud af luften.

Størstedelen af metan udledes ved koens hoved og kun en mindre del (ca. 20-25% af den samlede metanemission) dannes i gyllen i stalden [1]. Metangas er yderst vanskelig at håndtere på grund af både den kemiske sammensætning og den fysiske størrelse af molekylet. Når metangassen først er fortyndet i staldluften, er den på nuværende tidspunkt næsten umulig at opkoncentrere igen. Derfor vil en opsamling direkte ved koens hoved være bedste mulighed for at opsamle mest muligt metan.

I 2022 blev et projekt (finansieret af MAF) igangsat med det formål at udvikle en metode til at opsamle metanen, som koen udleder gennem udånding [2]. Koen bruger ca. 10-14 timer af døgnet i sengebåsen og ca. 4-6 timer ved foderbordet. I projektet blev der opbygget et metanhus i to ud af fire sengebåse, hvor koen frivilligt havde mulighed for at placere sig enten i sengebåse med metanhus eller sengebåse uden metanhus. Metanhuset fungerede som et delventilationsprincip hvor der blev ventileret en del af koens samlede ventilationsbehov. I projektet lykkedes det således at udvikle en prototype, som koen

Kommenterede [AF1]: Har du en kilde herpå?

Kommenterede [AF2R1]: Mener det står i klimarapporten

Kommenterede [AF3]: Du kunne henvise til det notat der allerede ligger om opbygning og resultater fra 2022-2024

frivilligt ville anvende. Metanmålinger fra ventilationen viste, at det var muligt at samle en højere koncentration af metan, 60-150 ppm, i en lille mængde luft (100 m³/time/ko) sammenlignet med staldluft, 3-5 ppm, fra det åbne [staldrum](#).

I 2023 og 2024 blev der fortsat videreudviklet på prototypen af metanhuset til sengebåse og i 2025 er [metanhuset](#) etableret i udvalgte sengebåse i en fuldskala malkekvægsbesætning. Der er både etableret metanhus i en enkelt sengebåserække, dobbeltsengebåserække og ved foderbordet. Det er en oplagt udvidelse af konceptet også at opsætte metanhuset ved foderbordet, da køerne tilbringer ca. 4-6 timer af døgnets timer ved foderbordet og opsamlingsstiden af metan for et helt døgn derved øges betragteligt. I

I projektet er der fokus på at undersøge opsamlingsgraden af metanen samt om køerne fortsat frivilligt vil anvende metanhuset. Herudover er formålet med projektet at undersøge mulige teknologiske løsninger til at håndtere den opsamlede metan fra metanhusene. Selvom det er en mindre luftmængde metanen opsamles i, så er der alligevel tale om en forholdsvis stor samlet luftmængde fra en bedrift med f.eks. 500 køer, hvilket betyder håndtering af 50.000 m³ luft pr. time.

Formålet med dette notat er at beskrive metanhuset i en version hvor det er tilpasset foderbord og sengebåse. Tilpasningen af metanhuset til foderbord og sengebåse skal sikre en funktionel sammenhæng til den eksisterende staldindretning. Målet er at muliggøre effektiv opsamling af metan direkte fra de områder, hvor køerne opholder sig mest, uden at gå på kompromis med dyrevelfærd, fodertilgængelighed ved foderbordet eller komfort i sengebåsene. Samtidig skal løsningen fortsat understøtte en naturlig adfærd hos køerne og ikke vanskeliggøre den daglige drift.

Udformning af metanhus

Metanhusene i produktionsbesætningen er opført på baggrund af de erfaringer der blevet gjort i et tidligere MAF-projekt. Tre punkter har afgørende betydning for udformningen af huset.

- Adfærd
- Velfærd
- Lovgivning

Metanhusenes udformning må ikke være kompromitterende for hverken koens adfærd eller velfærd. Af netop den grund er der ikke forhold som er væsentligt anderledes fra det køerne, kender og anvender normalvis. Sengebåsenes udformning er 1:1 med de velkendte sengebåse med kummer og sand, hvor også sengebåsenes dimissioner lever op til gældende lovgivning for malkekvæg, *Bekendtgørelse om dyrevelfærds-mæssige mindstekrav til hold af kvæg (BEK nr.1317 af 28/11/2024)*. Der hvor sengebåse og foderbordet skiller sig ud fra *normalen* er ved "indgangen" til det areal hvor koens hoved er placeret i hhv. sengebåsen eller ved foderbordet; her er nemlig monteret plastlameller for at sikre at den metan koen udånder forbliver i et delvis aflukket område og ikke opblandes med staldluften. Koen har til enhver tid mulighed for at trække hovedet til sig og/eller gå helt væk fra sengebåsen og foderbordet.

Kommenterede [AF4]: Indsæt gerne værdien - jeg kan ikke huske den, men Stine har det i tallene.

Kommenterede [AF5]: Du skal beslutte dig om det er datid eller nutid 😊

Metanhuse opført i praksis

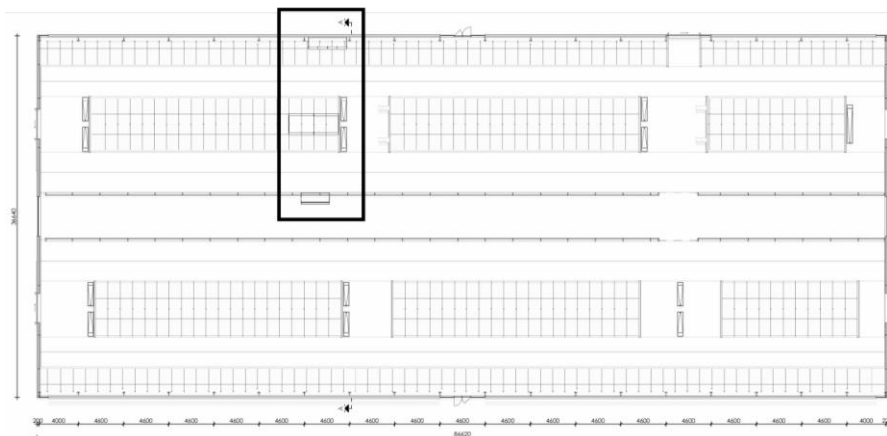
Metanhusene er opført i en produktionsbesætning med malkekøer af stor race. Metanhusene er opført i en sengebåsestald med besætningens lakterende køer og dermed højeste metanproduktion.



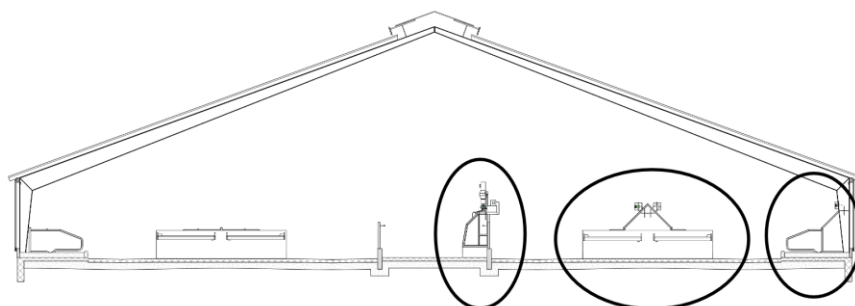
Figur 1 Oversigtsfoto af kvæggården, hvor den sorte firkant illustrerer placeringen af stalden, hvori metanhusene er opført i.



Figur 2 Facadetegning af stalden, hvor de sorte firkanter illustrerer placeringerne af metanhusene i stalden fra hhv. facade mod nordøst og sydvest.



Figur 3 Grundplan af stalden, hvor den sorte firkant illustrerer placeringerne af metanhusene i stalden, placeret i den nordøstlige del af stalden.



Figur 4 Tværsnit af stalden, hvor de sorte ringe illustrerer placeringerne af metanhusene i stalden. Fra venstre: metanhus ved foderbord, metanhus i den dobbelte sengebåserække og i enkeltrækken, langs staldens facade.

Overordnet design af metanhuset

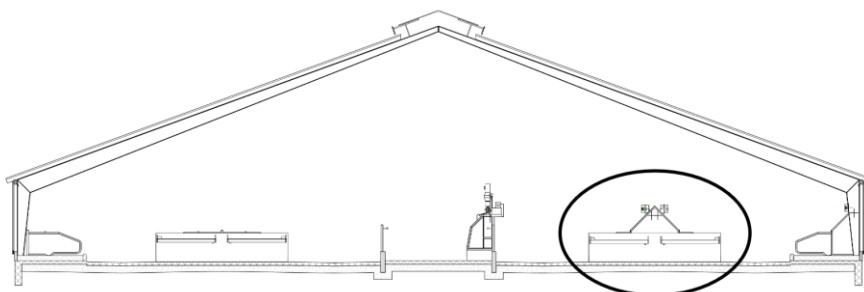
Formålet med metanhuset er at etablere et kontrolleret og afgrænset rum med reduceret luftvolumen og et begrænset luft-flow, hvor malkekvæg frivilligt kan opholde sig med deres hoveder placeret inde i selve konstruktionen. Dette giver mulighed for at opfange de metan-holddige bøvser, som kvæget naturligt udleder under vomfermentering uden at det opblandes med staldens øvrige luftrum. I eksisterende stalde vil etablering og implementering af metanhusene være mere krævende end i nye stalde, hvor løsningen kan indtænkes allerede i idéfasen. Der er lagt vægt på at forenkle de tekniske installationer mest muligt for at sikre høj driftssikkerhed og holde omkostningerne på et lavt niveau, hvilket samtidig understøtter mulighed for skalering og produktion.



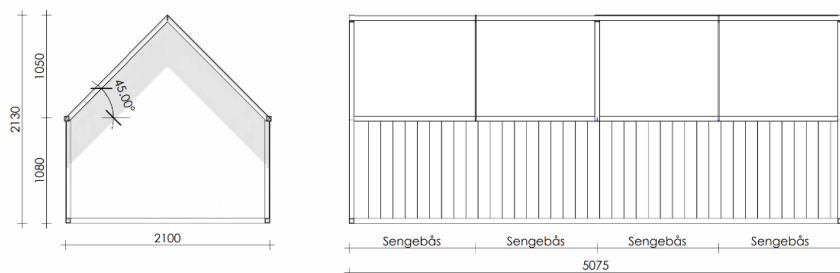
Billede 1 Her ses opbygning af metanhusene med hhv. plastlameller, jernramme og plader af transparent polycarbonat.

Metanhus ved den dobbelte sengebåserække

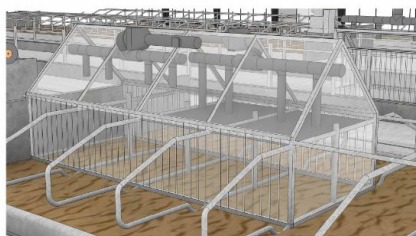
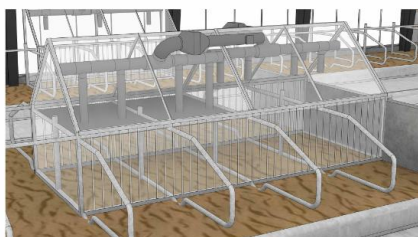
Denne løsning består af et samlet metanhus med otte sengebåse og plads til otte køer (stor race, +550 kg.). Metanhuset er opdelt i to sektioner, á fire sengebåse, som i udvalgte måleperioder blev ventileret med forskellig styrke. Metanhuset udformet med en 45° taghældning og designet som en "drivhuslignende" konstruktion. Konstruktionen består af en jernramme med transparente polycarbonat plader, hvilket sikrer både lysgennemtrængning og styrke. Det integrerede ventilationssystem skaber et meget svagt, kontrolleret undertryk/sug over sengebåsene for at opsamle den metan der frigives, når køerne tygger drøv, mens de hviler sig.



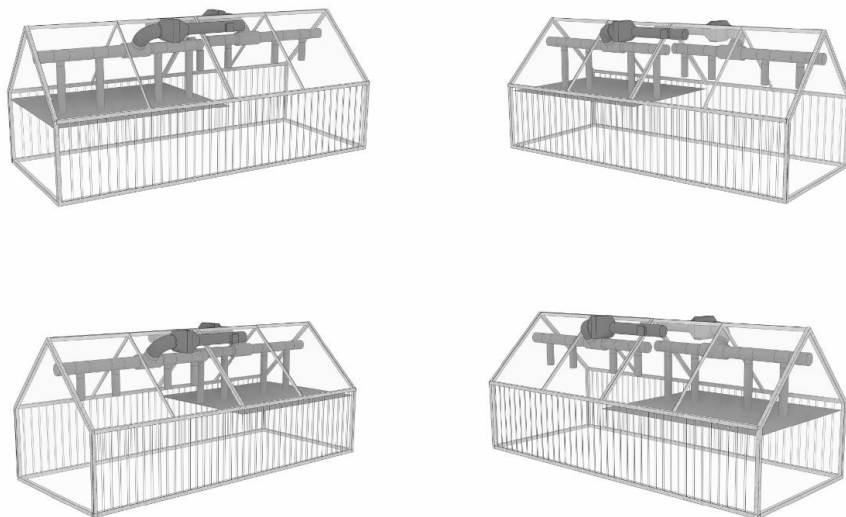
Figur 5 Tværsnit af stalden, hvor den sorte ring illustrerer placeringen af metanhuset ved den dobbelte sengbaserække i stalden.



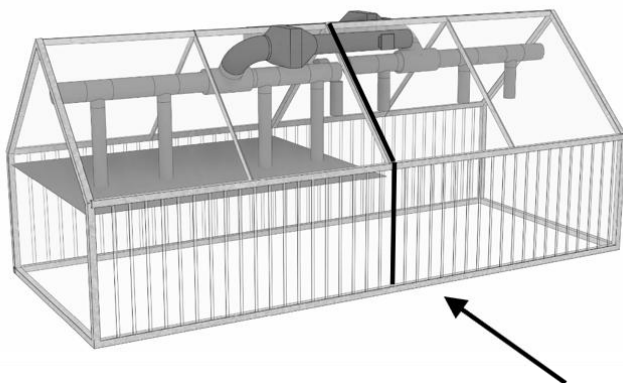
Figur 6 Metanhuset placeret ved den dobbelte sengbaserække ses her fra den ene gavl (den anden gavl består af en vaskevæg af beton) og fra en af de to længdesider, hvor der er fire tilgængelige sengebåse fra hver side, i alt otte sengebåse.



Figur 7 Metanhuset placeret ved den dobbelte sengbaserække ses her i en 360° visning i "staldens" rammer



Figur 8 Metanhuset placeret ved den dobbelte sengebåserække ses her i en 360° visning uden "staldens" rammer.



Figur 9 Metanhuset i den dobbelte sengebåserække, hvor der blev isat en plade for at afgrænse luftvolumen og ventilationsrørene forlænget.

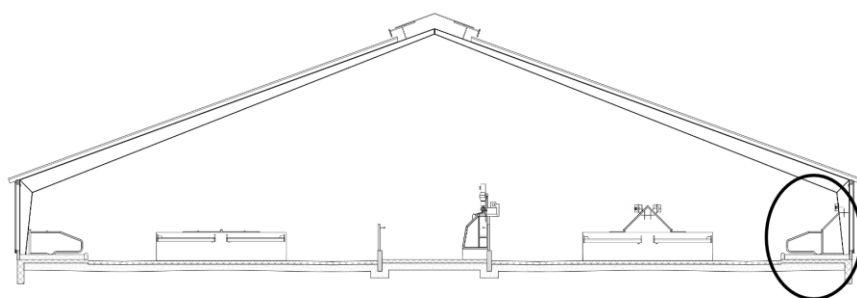
Metanhuset i dobbeltrækken er opført med to identiske huse med hver 2x2 metanhuse, således det var muligt at lave tilpasninger til husets design og sammenligne opsamlingsgraden i de to huse. Metanhuset er adskilt i midten, lige efter pladen. Der blev lavet en tilpasning af det ene hus der forsøgte at reducere rumfanget af huset ved at ligge en polycarbonat plade hen over nakkebøjlen og samtidig flytte ventilationen ned tættere på koen med den ide at opsamlingsgraden af metan kunne øges.



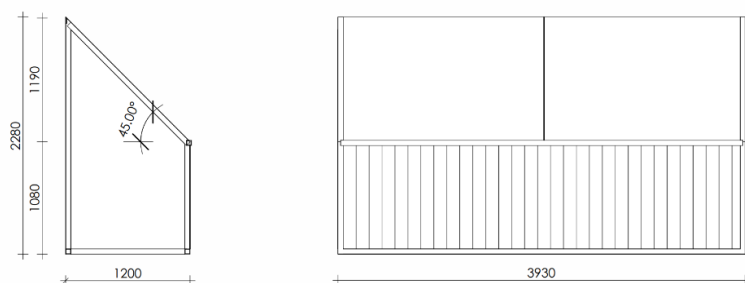
Billede 2 Her ses metanhusene i den dobbelte sengebåserække.

Metanhus ved den enkelte sengebåserække

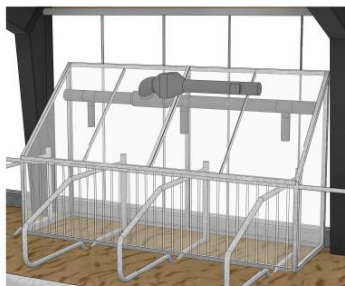
Denne løsning består af et samlet metanhus med tre sengebåse og plads til tre køer (stor race, +550 kg.). Metanhuset udformet med en 45° taghældning og designet som en "drivhuslignende" konstruktion. Det består af en jernramme med transparente polycarbonat plader, hvilket sikrer både lysgennemtrængning og styrke. Det integrerede ventilationssystem skaber et meget svagt, kontrolleret undertryk/sug over sengebåsene for at opsamle den metan der frigives, når køerne tygger drøv mens de hviler sig.



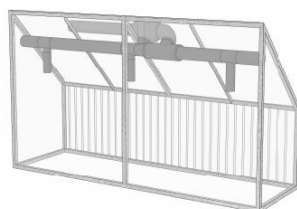
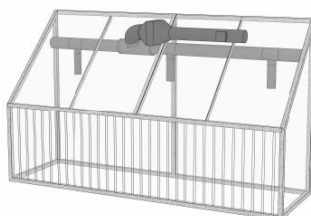
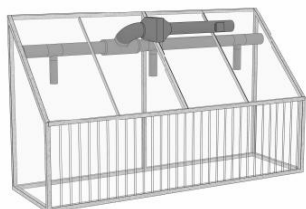
Figur 10 Tværsnit af stalden, hvor den sorte ring illustrerer placeringen af metanhuset ved den enkelte sengebåserække i stalden.



Figur 11 Metanhuset placeret ved den enkelte sengebåserække ses her fra den ene gavl (den anden gavl er identisk) og fra længdesiden, hvor der er tre tilgængelige sengebåse i alt.



Figur 12 Metanhuset placeret ved den enkelte sengebåserække ses her i en 360° visning i "staldens" rammer.



Figur 13 Metanhuset placeret ved den enkelte sengebåserække ses her i en 360° visning uden "staldens" rammer.

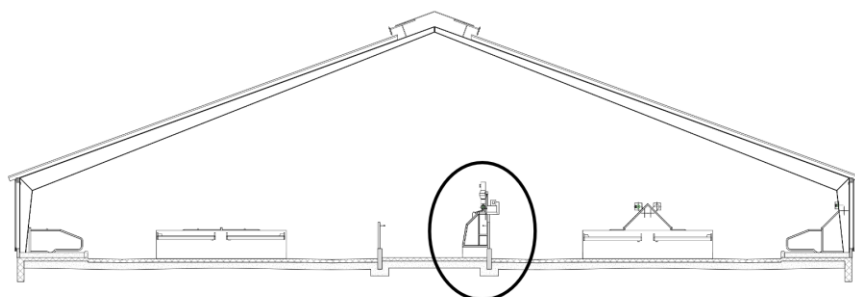


Billede 3 Her ses metanhuset ved enkel sengebåserækken langs facaden.

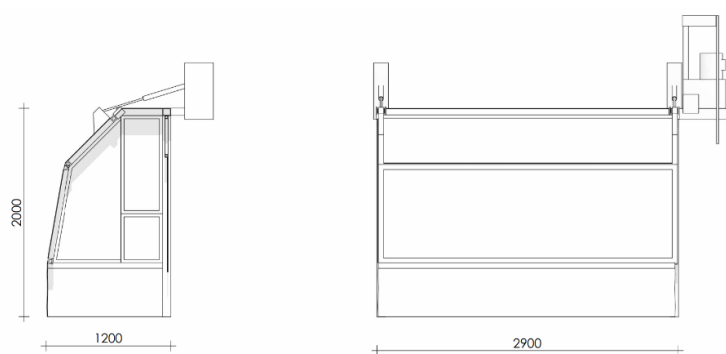
Metanhus ved foderbord

Et samlet metanhus med fire ædepladser og plads til fire køer (stor race, +550 kg). Metanhuset udformet som en delvist lukket overdækning med et integreret ventilationssystem, der skaber et meget svagt, kontrolleret undertryk/sug omkring køernes hoveder, mens de står og æder. Konstruktionen består primært af en jernramme kombineret med lette materialer som transparente polycarbonat plader, plastlameller og tyk presenning for at sikre en robust og holdbar løsning, der kan modstå belastninger fra både køerne og det krævende staldmiljø.

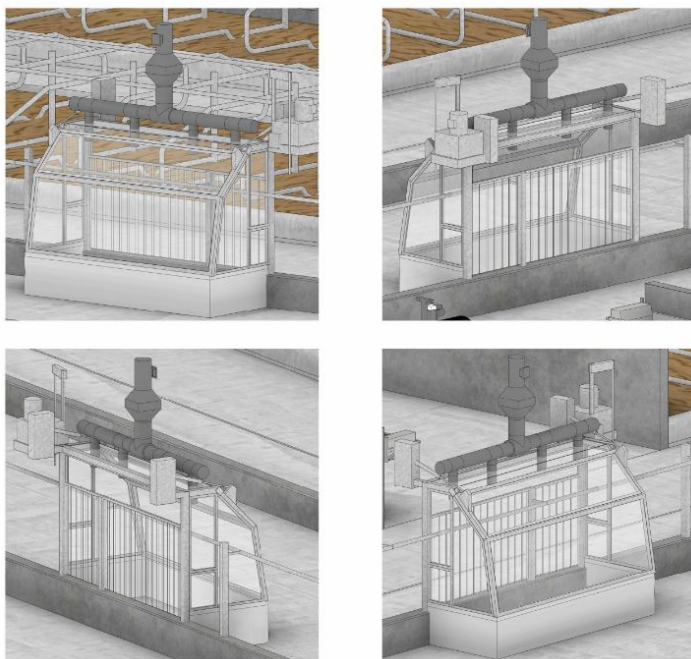
Metanhuset ved foderbordet har en lukkemekanisme, som fungerer ved et hydraulisk system bestående af en lukket cylinder, fyldt med olie. En pumpe skaber tryk i en væske, som får et stempel til at bevæge sig. Hydraulik er effektivt til tunge løft og præcis kontrol, som ønskes i metanhuset ved foderbordet. Når selve overdækningen er oppe, står kun siderne/dørene tilbage. Disse kan skubbes til side, så de står vandret med foderbordets længderetning. Når de skubbes tilbage til metanhuset, lukkes de med magneter. Denne løsning muliggør udfodring og indskubning af foder uden at metanhuset er i vejen.



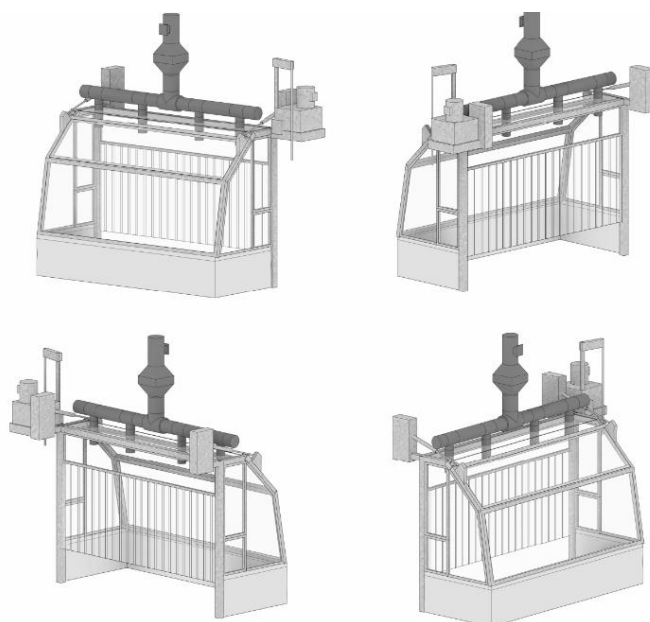
Figur 14 Tværsnit af stalden, hvor den sorte ring illustrerer placeringen af metanhuset ved foderbordet i stalden.



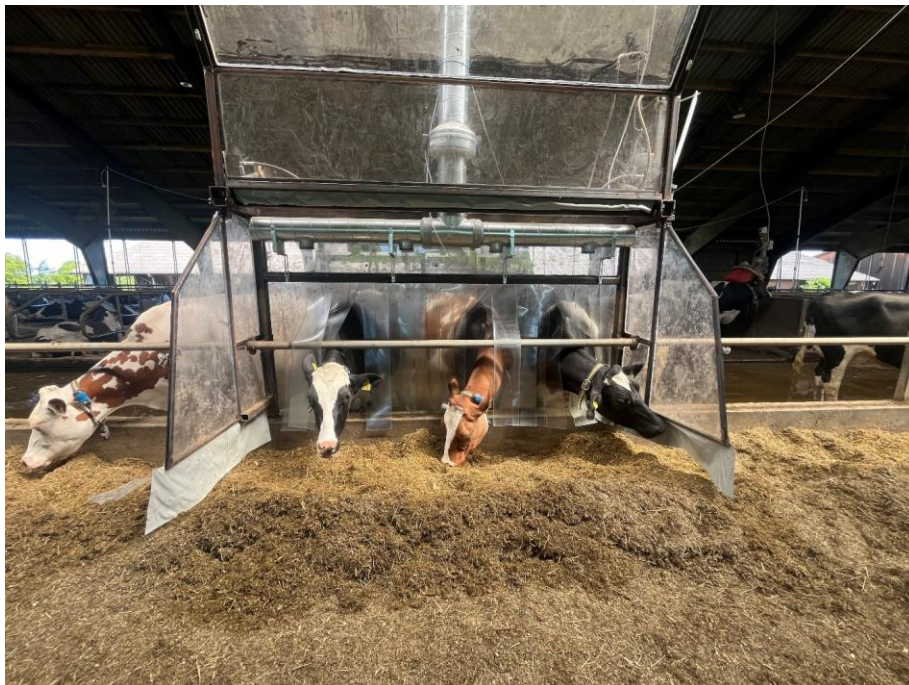
Figur 15 Metanhuset placeret ved foderbordet ses her fra den ene gavl (den anden gavl er identisk) og fra foderbords-siden, hvor der her er fire tilgængelige ædepladser (0,70 m. pr. ko)



Figur 16 Metanhuset placeret ved foderbordet ses her i en 360° visning i "staldens" rammer.



Figur 17 Metanhuset placeret ved foderbordet ses her i en 360° visning uden "staldens" rammer.



Billede 4 Her ses metanhuset i forbindelse med indskubning af foder. Overdækningen er åben og "dørene" i siderne er klar til at blive skubbet til side, så ikke de er i vejen, når foderet indskubbes.

Ventilation i metanhus

Ventilation i metanhusene er leveret af Rotor A/S. Ventilationen er opbygget i spiorør. I huset er der monteret et 160 mm. rør der ligger i længderetningen af huset. På dette rør er der monteret samme antal dysser som der er sengebåse i det pågældende hus. Et T-stykke Ø200 mm. midt på røret forsætter ventilationen ud af huset. Udenfor huset sidder en ventilator der kører kontinuerligt. Ventilationen i hvert hus er dimensioneret til at ydet 100 m³/time/ko. Se tegninger for opbygning af ventilationen for de tre huse i figur 19-22 i det følgende.

Placering af metanhusene	Antal køer	Ventilation m ³ /t
Foderbord	4	400
Dobbeltrække sengebås	4	400
Dobbeltrække sengebås	4	400
Enkeltrække sengebås	3	300

I det ene af metanhusene i den dobbelte sengebåserække, er der i løbet af afprøvningsperioden i besætningen lavet tilpasninger der skal forsøge at reducere rumfanget i huset. Denne tilpasning blev lavet ud fra en ide om, at ved at reducere rumfanget og flytte sugepunktet ned tættere på køernes udåndingssted kunne opsamle en højere metankoncentration. Dette er gjort ved at monterer et 700 mm. langt rør med en diameter på 100 mm. Udsugningspunktet er dermed ført tættere på køernes hoveder. Derudover er der monteret en polycarbonat plade, til at afgrænse rumfanget i metanhuset hvorved luftvolumen blev reduceret. Se tegninger for opdeling af metanhuset med reduktion af rumfang og forlængelse af ventilationen for det ene metanhus i figur 7 og 8.

Kommenterede [MN6]: Svar fra Thomas:
Til måling af ventilationsydelse er følgende monteret pr. målested: En Lindab UltraLink monitor model FTMU 200 indsat i et 200 mm. spiorør, som måler ventilationen ved hjælp af ultralyd. Den udsender et analogt 0-10 volt signal, som registreres med en Veng VE-14 input enhed. Data udlæses i m³/t og logges hvert 5. minut via Veng PCLog.

Temperatur måles med en Veng VE-10A (-10 – 40° C) hvor fugt måles med en Morton Smart Sense 3000 føler (0-100 % RH), som registres med en Veng VE-14 input enhed. De logges ligeledes hvert 5. minut via Veng PCLog.

Kommenterede [AF7]: Jeg kan se pladen men ikke opdeling i 2 rum

Kommenterede [MN8R7]: Løst med en sort streg og pil.

Til måling af ventilationsydelse er der monteret en Lindab UltraLink monitor model FTMU 200 indsat i ventilationsrøret efter ventilatoren. Enheden måler ventilationen ved hjælp af ultralyd. Ventilationsydelsen (m^3/t) bliver registreret og logget via Veng (VE-14) hvert 5. minut via Veng PCLog.

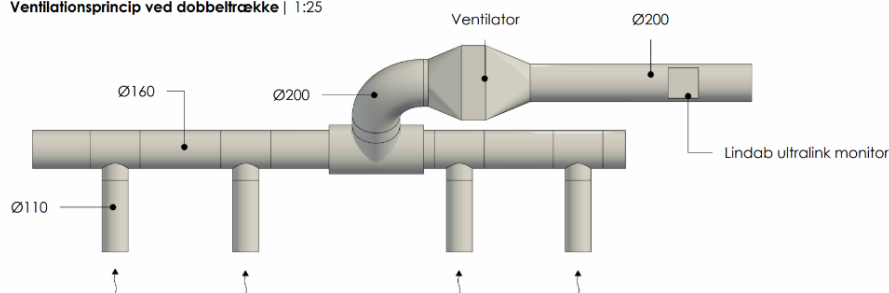
Temperatur og fugt

Miljøet i husene forventedes at være afgørende for hvorvidt køerne vil gøre brug af det. Derfor bliver temperaturen og fugt i husene overvåget. Temperaturen bliver målt med en Veng VE-10A ($-10 - 40^\circ \text{C}$). Fugt blev målt med en Morton Smart Sense 3000 føler (0-100 % RH), som registres med en Veng VE-14 input enhed. Temperatur og fugt blev ligeledes logget hvert 5. minut via Veng PCLog.

Temperaturen i husene følger staldtemperaturen dog forskudt med et par grader. Det samme gør sig gældende for fugtniveauet. Dog er fugtniveauet lidt højere i metanhuset ved foderbordet, hvilket foderet kan være årsag til, sammenlignet med metanhuset i sengebåse. Dog ikke i et niveau der giver anledning til at køerne ikke vil bruge huset.

Ventilationsprincip – dobbelt sengebåserække

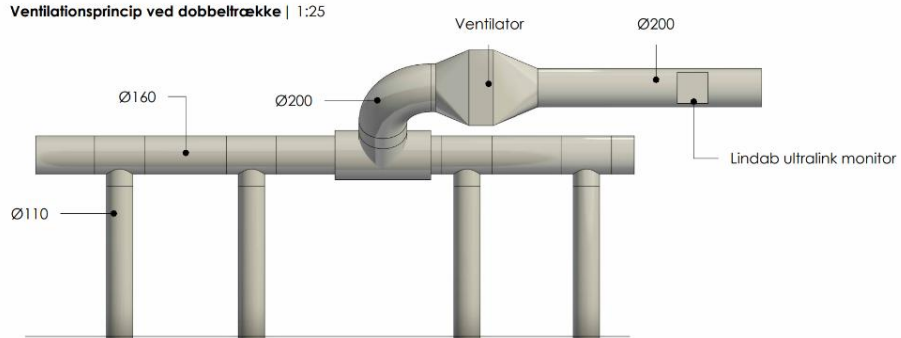
Ventilationsprincip ved dobbeltrække | 1:25



Figur 18 Ventilationsprincip i metanhus ved dobbelt sengebåserække

Ventilationsprincip – dobbelt sengebåserække, forlængelse

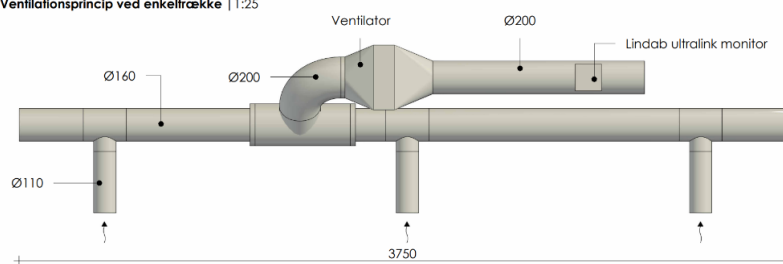
Ventilationsprincip ved dobbeltrække | 1:25



Figur 19 Forlængelse af ventilationen i metanhus ved dobbelt sengebåserække

Ventilationsprincip – enkelt sengebåserække

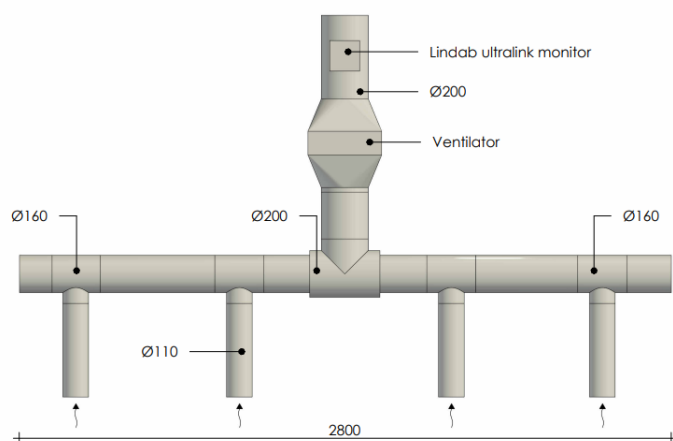
Ventilationsprincip ved enkeltrække | 1:25



Figur 20 Ventilationsprincip i metanhus ved enkelt sengebåserække

Ventilationsprincip – foderbord

Ventilationsprincip ved foderbord | 1:25



Figur 21 Ventilationsprincip i metanhus ved foderbordet

Konklusion

Metanhusenes design er udviklet med fokus på koens naturlige adfærd og dyrevelfærd i henhold til BEK nr. 1317/2024, samt praktisk implementering, så fodring og hvile ikke forstyrres. Der findes tre typer metanhuse: dobbeltsengebåserækker med plads til 8 køer i to sektioner, enkelt sengebåserække med plads til 3 køer og ved foderbord med plads til 4 køer, hvor sidstnævnte har delvist lukket overdækning og hydraulisk lukkemekanisme. Ventilationen skaber et kontrolleret undertryk/sug over sengebåse og foderbord og er dimensioneret til ca. 100 m³/time pr. ko. Tilpasninger som reduceret rumfang og flyttet sugepunkt tættere på koens hoved er etableret, og tegningsmateriale herover er udarbejdet. Miljøforhold som temperatur og fugt overvåges, og ligger inden for niveauer, hvor køerne fortsat frivilligt anvender husene. Metanhusene vurderes være nemmest at implementere i nye stalde, men kan som vist også enkelt tilpasses eksisterende i stalde. Metanhusene er designet med fokus på køernes adfærd og velfærd, men ligeledes enkel installation, driftssikkerhed og omkostningseffektivitet. Status er, at køerne bruger metanhusene, og metanopsamling fungerer lokalt, men teknologien til at rense luften og/eller udnytte den opsamlede metan er endnu ikke udviklet, til et sådan niveau at de kan tilkobles metanhusene. Hvorfor metanhusene ikke på nuværende tidspunkt har en metanreducerende effekt.

Referencer

- [1] Henriksen, L., Holm, M., Hvid, S.K., Hyldgaard, B., Kaiser, K., Udesen, F. 2024. Klimavirkemidler til dansk landbrug. SEGES Innovation P/S. [Klimavirkemidler til dansk landbrug](#)
- [2] Freudendal, A. J., Grønborg, S. 2024. Test af 6 forskellige løsninger til reduktion af åbningsareal i metanhuset samt test af køling. [HI-2024-105520-AP2-TEST AF 6 FORSKELLIGE LSNINGER TIL REDUKTION AF BNINGSAREAL I METANHUSET SAMT TEST AF KLING.pdf](#)

