

# ISOLERET MALKEKVÆGSTALD MED MEKANISK VENTILATION – OPBYGNING AF FACADER OG DIMENSIONERING AF VENTILATIONEN

Anja Juul Freudendal<sup>a</sup>, Kenneth Poulsen<sup>b</sup> og Malene Myllerup<sup>a</sup>

<sup>a</sup> SEGES Innovation P/S

<sup>b</sup> Ansat ved SEGES Innovation P/S under udarbejdelse af notatet

STØTTET AF

## Mælkeafgiftsfonden

---

### Hovedkonklusion

Der er angivet forskellige løsninger til, hvordan stalden kan isoleres, og hvordan der sikres et godt lys i stalden via facader og lyskilder. Mekanisk ventilation vil typisk være undertryk eller ligetryk. Der er en meromkostning forbundet med at etablere mekanisk ventilation samt isolering af stalden.

---

### Sammendrag

Der er krav om reduktion af klimagasser fra landbruget, og specielt kvæg er udfordret på metanudledningen fra stalden. Metan er svær at opsamle og specielt i naturligt ventilerede stalde, hvor vindpåvirkningen styrer ventilationen i stalden.

Ved mekanisk ventilation er det muligt at styre både luftmængde og temperaturen i stalden forholdsvist kontrolleret. I dette notat er der set på løsningsmuligheder til at isolere stalden, som er et krav for at få den mekaniske ventilation til at fungere. Der er angivet løsninger, som er med til at sikre et godt lysindfald i stalden, som er vigtigt for at bevare et godt arbejdsmiljø i stalden.

Herudover er to forskellige typer mekanisk ventilation beskrevet: ligetryk og undertryk. Det anbefales at dimensionere efter et maksimumsventilationsbehov på ca. 700-750 m<sup>3</sup>/time pr. ko.

Økonomisk må der påregnes en meromkostning til etablering af en stald, som er isoleret på 300 kr./m<sup>2</sup>. Hertil skal tillægges en pris for ventilationen på 1.560-2.370 kr./ko, hvor prisen er afhængig af ventilationstype og kombination med højtryksskøling.

Mekanisk ventilation muliggør en mere kontrolleret ventilation af stalden, men der er en meromkostning forbundet med det sammenlignet med de nuværende naturligt ventilerede stalde. Det giver dog nogle fremtidige perspektiver at kunne styre ventilationen i stalden i forhold til opsamling af metan fra køerne, samt at der skal tænkes i lyse indbydende stalde. Hvis der skal opsamles metan i mekanisk ventilerede stalde på sigt, kræver det en udvikling af systemer og teknologi.

## Baggrund og indledning

Danmark er ét af de mest klimaeffektive lande i verden, når det kommer til mælkeproduktion. Det vil dog kræve en ekstraordinær indsats at opnå landbrugets målsætninger om 30 % reduktion af klimagasser i 2030 og klimaneutralitet i 2050 [1, 2].

Udviklingen igennem tiden er gået fra små lukkede ventilerede bindestalde til store åbne naturligt ventilerede kvægstalde, hvor koen er løs. En ny lovgivning, som træder i kraft i 2024, vil øge arealet pr. ko, så der ses ind i en fremtid med et øget areal pr. ko.

De fleste stalde, som bygges i dag, er meget åbne og uisolerede, hvilket vanskeliggør opsamling af metan. Metan i kvægstalde udledes primært fra koen, men der dannes dog en lille mængde metan fra gyllen [3]. I gyllen dannes metan via mikrobiel nedbrydning under anaerobe forhold, af det organiske materiale i gyllen. Op til 95-99 % af metanen fra koen udledes via udåndingen og bøvser fra munden [3], mens 1-5 % udledes via endetarmen.

Metangas er yderst vanskelig at håndtere på grund af både den kemiske sammensætning og fysiske størrelse af molekylet. Når metangassen først er fortyndet i luften, er den på nuværende tidspunkt næsten umulig at opkoncentrere igen. Derfor er en opsamling direkte ved kilden bedste mulighed for at fange mest muligt metan. Ved at styre luften er det også muligt at styre emissionerne fra stalden. Luftflowet i en naturlig ventileret stald styres af udefrakommende faktorer såsom vindretningen og vindhastigheden, hvilket betyder, at der oftest foregår en tværvæntilering af stalden. Disse forhold vanskeliggør opsamlingen af for eksempel metanemissionen. For at styre luften i stalden er mekanisk ventilation en mulighed, hvor der sker en styring af luften ind og ud af stalden. For at få den mekaniske ventilation til at fungere optimalt kræver det, at stalden isoleres, herunder både tagfladen og siderne af stalden.

I grisestalde er det i konventionelle besætninger almindelig anvendt at bruge mekanisk ventilation. I de sidste ti år er der videreudviklet på det mekaniske ventilationssystem i grisestalde, og punktudsugning er blevet en del af løsningen, når der er behov for luftrensning. Punktudsugning er en del af ventilationsanlægget og er placeret under grisenes lejeareal, hvor der via sugepunkter kan ledes en delmængde af staldens luft ud. I delluftmængden er det muligt at opkoncentrere ammoniak, lugt og metan. Udvikling og erfaringer fra grisestalde viser, det er muligt at fjerne 50-60 % af den samlede ammoniakemission fra stalden ved rensning af punktudsugningsluft eller delrensning af ventilationsluften, hvor der kun renses på hhv. 10 og 20 % af staldens maksimale ventilationskapacitet [4, 5]. Det vil være muligt at overføre disse teknologier til kvægstalde, hvis de isoleres og ventileres med mekanisk ventilation.

I fremtiden skal stalde til malkekøer sandsynligvis være lukkede for at kunne opsamle metanen i stalden, men det er vigtigt, at staldene fremstår lyse og med facader med lysindfald.

Kvægproducenterne ønsker fortsat fornemmelsen og følelsen af at træde ind i en naturlig ventileret stald, hvor der oftest er god frisk luft, og udsigten til markerne bevares i de isolerede, mekanisk ventilerede stalde. Desuden er det et ufravigeligt krav, at der ikke gås på kompromis med dyrevelfærden og klimaet i stalden, så ændringerne ikke får indflydelse på produktiviteten.

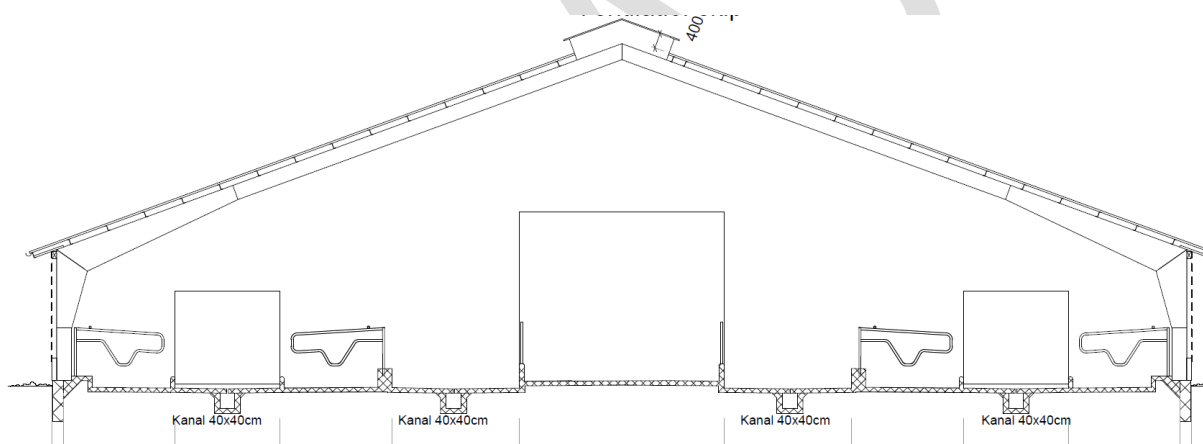
Formålet med nærværende notat er at beskrive løsninger til, hvordan kvægstalden kan isoleres – både når der er tale om nye og ikke mindst eksisterende kvægstalde. Der ses både på materialevalg samt de økonomiske perspektiver ved at etablere en isoleret, mekanisk ventileret kvægstald. Herudover er formålet med notatet at beskrive løsninger til, hvordan lysindfald i stalden kan etableres, så dyrenes krav bliver tilgodeset. Formålet med notatet er desuden at beskrive forskellige egnede ventilationstyper samt dimensioneringen af mekanisk ventilation til kvægstalde.

## Lukkede isolerede stalde – konstruktion

Langt hovedparten af stalde til malkekvæg er opbygget med bærende konstruktion af stålspær med en tagbeklædning af enten fibercementplader uden isolering eller PIR-skums elementer, som er isolerende. Facader og kip er åbne, hvilket giver den naturlige ventilation, som er styret af gardiner eller anden materiale i facaderne. Luften kan enten passere ud via kip eller i siderne af stalden, hvor gardinerne er placeret. Bunden i staldene er opbygget med beton og opført med hvileareal i form af sengebåse eller dybstrøelse. Gangarealer er enten med fast gulv (evt. drænet) eller spaltegulv.

Udfordringen i at lukke stalden består således i at lukke facader og kip samt at etablere en styret mekanisk ventileret ventilation. Det er desuden nødvendigt, at stalden skal isoleres både i facader og tagflade for at opnå optimal mulighed for en styret mekanisk ventilation. En anden fordel ved at isolere stalden er, at varmeindstråling i sommerperiode samt fugt- og kondensdannelse i vinterperioden reduceres. Isolering af tagfladen bidrager med en temperaturreduktion og kan være med til at reducere risikoen for varrestress hos køerne i sommerperioden.

I Figur 1 ses en principskitse af en naturlig ventileret kvægstald, hvor der er gardiner i siden og en åben kip, hvor luften fra stalden har mulighed for at passere.



**Figur 1.** Principskitse; snit i traditionel malkekvægsstald, som er naturlig ventileret. Gardiner i siden af stalden reguleres efter vejret (regnvær og vind). Der er åben i kippen, så luften både kan passere ud af stalden her samt via gardinerne i siden af stalden.

## Beskrivelse af materialer og løsninger

I det følgende afsnit beskrives materialer og mulige løsninger for at lukke eksisterende naturligt ventilerede kvægstalde samt nye kvægstalde.

### Eksisterende stalde

#### Facader

Til at lukke facaderne er der flere muligheder, alt afhængigt af hvor meget dagslys der ønskes i stalden.

Den mest simple konstruktion vil være en trækonstruktion opbygget i reglar oven på brystningsvæggen i facaden, med en stålplade beklædning udvendigt og en pladebeklædning indvendig, f.eks. cementbundne spånplader eller lign., og med 100 mm isolering herimellem.

Afhængigt af det valgte ventilationssystem, kan der isættes vægventiler, enten direkte i denne facadebeklædning eller i toppen/over facaden. Vægventiler kan være udført i transparent plast, hvilket giver mulighed for dagslysindfald i begrænset omfang (se Billede 1).

Vinduer bør etableres i facadevæggene for at sikre et naturligt lysindfald i stalden, og ekstra lys bør etableres i stalden. Se kravene til antal lux, både i forhold til arbejdsmiljø og dyrene, i afsnittet "Lyskilder og naturligt lysindfald".



**Billede 1.** Vægventil i transparent plast, som sikrer et større lysindfald end normale vægventiler.

Løsningen med transparente vægventiler er som sagt simpel og formentlig den billigste løsning (se Billede 1).

Alternativt til en opbygget facadekonstruktion kan være PIR-skumselementer. Disse placeres vandret på brystningsmuren og fastgøres til stålspær. Dimensionen på PIR-skum afhænger af bygningens spærafstand. Typisk bruges 80 mm elementer, men på større afstande, som f.eks. seks meter, skal denne dimension øges for at minimere udbøjning. Denne løsning kan ligeledes udføres med vægventiler i eller over facadeelementerne. Som ved den tidligere nævnte løsning skal der tilføres ekstra belysning til stalden for at overholde kravet om arbejdslys på hhv. 100 lux (foderbord, hvileareal, opsamlingsplads) og 200 lux (kælvnings- og behandlingsafdeling, malkestald og teknikrum). PIR-skum leveres typisk i hvid på den indvendige side og vil kræve en årlig rengøring for at sikre en fortsat lys panelside.

Ønskes der større lysindfald, end hvad eventuelle vægventiler kan give som forslået ovenfor, kan en væg udført på trækonstruktion, som beskrevet i den første løsning, beklædes helt eller delvist med transparent materiale ved at etablere et "lysbånd" lodret eller vandret i facaden. Dette kan f.eks. være plader af Polycarbonatlignende materiale, som kan fås i 10 mm og giver en svag isolerende evne. Det er dog vigtigt at huske, at det skal være et UV-bestandigt materiale.

### *Tagflade*

I de fleste nyere stalde er tagfladen typisk opført i PIR-skumselementer, hvilket vil sige, at taget er isoleret. Det vurderes dog, at der stadig mange stalde, som udelukkende har tagflade bestående af fibercementplader og måske enkelte endda med stålplader. For disse gælder, at det er muligt at

kunne isolere tagfladen indefra. Det betyder, at der monteres mineraluld og herunder en underbeklædning, som kan bestå af stålplader, træfiberplader/træbetonplader eller lignende. Det kan dog være en besværlig proces, idet der kræves adgang til en lift i stalden, hvilket besværliggøres af inventar/indretning. Alternativt kan det eksisterende tag udskiftes med isolerede PIR-skumselementer eller lignende, hvilket dog er en yderst dyr løsning, som ligeledes vil kræve, at bygningen bliver godkendt til den nye brandkonstruktion.

### Lyskip

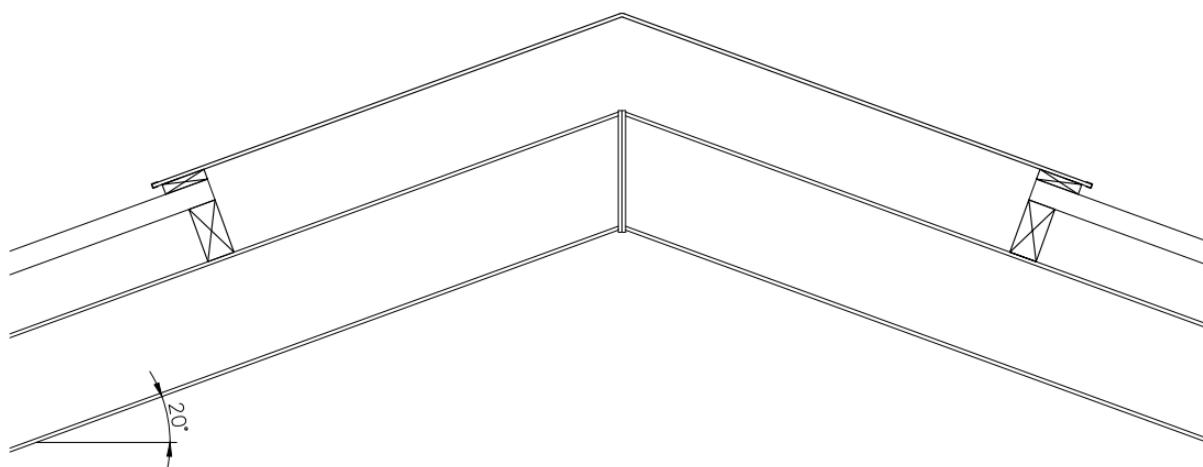
I mange tilfælde kan selve lyskippen sænkes ved at demontere eksisterende stativ og fastgøres til tagoverfladen. Leverandører af lyskip har løsninger til fastgørelse på både plan tagflade og bølgeplader (se Billede 2).



**Billede 2.** Løsning på tætning af lyskip fra Ivar Haahr (Foto: Ivar Haahr).

### Brandproblematik

Det er dog vigtigt at gøre opmærksom på, at ved at fjerne den naturlige ventilation i kip, fjernes også muligheden for brandventilation i kip. Langt de fleste kvægstalde har netop i deres ansøgning om byggetilladelse beskrevet, at kippen giver mulighed for brandventilation. Dette kan løses men vil ikke blive behandlet her. Løsningerne er dog økonomisk dyre.



**Figur 2.** Isoleret ovenlys, 10 mm polycarbonat (Foto: Ivar Haahr).

## Nye stalde

Der er flere muligheder for nye stalde, som ønskes lukket for at etablere mekanisk ventilation – og særligt muligheder for at indbygge løsninger for mere naturligt lys i stalden.

## Facader

Facader i en ny bygning kan opbygges som forslået under ovenstående punktet ”Lukkede facader i eksisterende stalde” – dvs. opbygning i en trækonstruktion mellem de bærende træ- eller stålspar, eller med PIR-skumselementer.

Dernæst er der naturligvis mulighed for at opføre facaderne i sandwich-betonelementer, enten i hele facadehøjden eller med et lysbånd øverst mellem vægventiler til luftindtag.

## Tagflade

Tagfladen skal være isoleret, både for at undgå varmeindstråling i sommerperioden samt fugt og kondensdannelse i vinterperioden. Isolering af tagfladen kan udføres ved at anvende 80-100 mm PIR-skumselementer.

Endvidere kan taget opbygges på traditionel vis, altså indefra bestående af en loftbeklædning, dampspærre, isolering og slutteligt tagbeklædning.

## Lyskip

Bygningens tagrykning bør være forsynet med en lukket lyskip for at få et godt dagslysindfald i stalden. Lyskippen skal være bedst muligt isoleret, hvilket pt. er en transparent 10 mm polycarbonat. I næste afsnit vil løsninger og muligheder for ekstra lys blive beskrevet.

## Lyskilder og naturligt lysindfald

I dette afsnit gives forslag til kunstig belysning, herunder både LED og induktionslys.

## Vigtigheden af lys

Lys er ikke blot af stor betydning for køerne, men ligeledes for mennesker (medarbejdere), og således bliver lys en vigtig del af arbejdsmiljøet på kvæggården.

## Fysiologisk betydning af lys for kvæg

Ændringer i dagslængden gennem de forskellige tider af året er af stor betydning for køernes fysiologiske tilpasning til deres fysiske miljø. Undersøgelser har vist, at mælkeydelsen kan påvirkes ved at øge antallet af timer med lys til malkekøer. Ved at øge antal af lyse timer til kvier kan brunst optræde tidligere, og endelig er der fundet positiv effekt på efterfølgende ydelse ved at sænke timer med lys til goldkøer.

For at opnå den positive effekt af lys er det vigtigt ligeledes at tilbyde dyrene mulighed for mørke. Den fysiologiske baggrund for effekten af variation mellem lys og mørke gennem døgnnet er udskillelsen af melatonin i hjernen. Produktionen af dette signalstof hæmmes af lys, hvilket medfører, at melatoninudskillelsen er høj, når det er mørkt, mens der ikke er eller kun er lav udskillelse, når der er lys. Det betyder, at melatoninindholdet i blodet normalt er højt om natten og lavt om dagen. Melatonin har betydning for styringen af døgnrytmen i kroppen og har via hormoner indflydelse på mælkeproduktion, reproduktion og sundhed.

For kvier og goldkøer ses en positiv effekt på mælkeydelsen i den efterfølgende laktation, når lysmængden reduceres til otte timer i døgnnet i de sidste to måneder af drægtigheden. Dette skyldes formodentlig, at kroppen ”trænes” til at være modtagelig for prolaktin ved laktationens start. Lang

dagsperiode gennem goldperioden nedsætter ikke ydelsen i næste laktation. Derimod øges ydelsen ved kort dagsperiode gennem goldperioden, som for kvierne.

## Anbefalinger for lys til køer

I kvægstalde anbefales tre forskellige lysniveauer:

- Arbejdslys
- Orienteringslys
- Natbelysning

**Tabel 1.** Lysstyrken dimensioneres efter følgende [6].

Staldafsnit	Arbejdslys, lux	Orienteringslys, lux	Natbelysning, lux
Foderbord, hvileareal, opsamlingsplads	100	25	5
Kælvnings- og behandlingsafdeling, malkestald og teknikum	200	25*	5*

\* Anbefaling for kælvnings- og behandlingsafdeling.

**Tabel 2.** Der anbefales følgende dagslyperiode for de enkelte grupper af dyr – uanset om det opnås naturligt eller kunstigt.

Dyregruppe	Dagslyperiode, timer
Lakterende køer	14-16
Goldkøer	8
Kvier	12-16

## Arbejdsforhold/medarbejdere

Lys er ikke blot vigtigt for husdyrenes produktion, men også for de personer, der arbejder i stalden. For at opnå gode arbejdsforhold skal lysforholdene i stalden ligeledes være tilpasset menneskers behov. Behovet omfatter tilstrækkelig lysstyrke. Derudover skal lysanlægget ud fra et energimæssigt synspunkt være reguleret, så kun det nødvendige antal lux er til rådighed.

## Anbefalinger for lys til medarbejdere

Lysstyrken dimensioneres efter følgende [7]:

Tabel 3 Dimensionering af lysstyrken de forskellige steder i stalden.

Dyregruppe	Lux
Hvileareal uden arbejdsområde	25
Foderbord og opsamlingsplads	50
Hvileareal med arbejdsområde	100
Malkestald og tankrum	200

Der er for medarbejdere i stalden krav til belysning jf. [7] for at sikre et godt arbejdsmiljø. Er lysforholdene ikke i orden, kan det resultere i arbejdsmiljømæssige gener som for eksempel træthed, hovedpine og synsbesvær og i værste fald arbejdsulykker. Krav i [7] til belysningsstyrken er tihsyneladende lavere end de anbefalinger for belysning, der tager hensyn til kvægets fysiologi. Det er dog ikke tilfældet, da de to anbefalinger ikke kan sammenlignes. Det skyldes, at grænserne fra [7] er angivet som lysstyrken i gulvplan, hvorimod anbefalingerne for lys til malkekøer er angivet som den lysstyrke, der kan måles i 1 meters højde over gulvplan.

## Krav til lys i "lukket stald"

Vigtigheden af lys synes stor for både dyr og mennesker. Det vil derfor være et absolut krav, at naturligt ventilerede stalde, der i dag tilfører stalden lys via de åbne sider, kan lukkes under hensyntagen til fortsat at kunne tilføre lys til stalden eller tilføre det via kunstig belysning.

# Dimensionering af maksimum og minimum ventilation

## Køernes varmeproduktion

En ko afgiver varme fra kroppen, hvilket varmer den omgivende luft op, og denne varme skal ventileres væk. Der skelnes mellem to definitioner, hvor koen kan afgive varme, herunder fri varmeproduktion og bunden varmeproduktion [8]. Den frie varmeproduktion er, når koen afkøles ved, at staldens luft er koldere end koen. Den frie varmeproduktion er for eksempel med til at opvarme stalden. Den bundne varmeproduktion er den energi, der bruges på at fordampe vand fra koens overflader. Den bundne varmeproduktion er derfor termoneutral for stalden, da den kun tilfører fugt til stalden og ikke varme. For at beregne, hvor meget varme der skal fjernes fra stalden, regnes der med udtrykket varmeproducerende enheder (VPE). Varmeproducerende enheder er bestemt ved respirationsforsøg, og for en 600 kgs ko efter løbning ligger VPE på 1,24 pr. ko [8]. Dette må forventes at være højere i dag, da køerne typisk vejer over 650 kg.

## Varmestress

En ko har en bred termoneutral zone, som ligger mellem -5 °C og 22 °C. Varmestress kan dog ses ved koen allerede ved 20 °C og en relativ fugtighed på over 90 %. De første tegn på varmemestress er, at køernes aktivitetsniveau falder – desuden søger de mod skygge og åbninger, hvor der er øget luftudskiftning [9]. Et andet målbart tegn er, at køerne begynder at drikke dobbelt så meget, som de plejer, og at de øger deres åndedrætsfrekvens. Rammes køerne af varmemestress, vil der på besætningsniveau ses et fald i foderoptagelsen, mælkeydelsen og fedtprocenten. Herudover vil celletallet stige, hvilket skyldes en øget bakterievækst i køernes nærmiljø på grund af varmen.

Faldet i foderoptagelsen vil resultere i, at køerne kommer i negativ energibalance, hvilket har negativ indflydelse på immunforsvaret og deres robusthed overfor sygdom og infektioner [9]. Herudover viser videnskabelige undersøgelser, at hvis koen udsættes for varmemestress under drægtighedsperioden, kan det påvirke fosteret negativt [9].

Klovsundheden påvirkes også af varmen, da der som tidligere nævnt er øget bakterievækst i køernes nærmiljø.

## Køernes behov for minimum og maksimum ventilation

Køerne har et ventilationsbehov, men hvad har de egentlig brug for som minimum og maksimum? Maksimumsventilationen beregnes ud fra varmeproducerende enheder (VPE) og er ventilationsbehovet, koen har brug for på en sommerdag. En nuværende anbefaling lyder på, at en ko på 500 kg har behov for et maksimumsventilationsbehov på 500 m<sup>3</sup>/time/ko [8]. Adspurgte ventilationsfirmaer oplyser dog, at da køerne i dag er større og producerer mere mælk end tidligere, har de også et højere maksimumsventilationsbehov. De beregner maksimumsventilationen mellem 700 og 750 m<sup>3</sup>/time/ko, når der er tale om en mekanisk ventileret kvægstald. Typisk suppleres ventilationen i varme perioder i naturligt ventilerede stalde med såkaldte brisere, som er med til at sikre et luftflow i stalden. Med mekanisk ventilation sikres et mere stabilt klima for koen, da luftflowet i stalden ikke er afhængig af vindforholdene omkring stalden. I naturligt ventilerede stalde varierer luftflowet, og der er beregnet et luftflow på op til 2.500 m<sup>3</sup>/time/ko.

Minimum-ventilationen ligger på ca. 100-150 m<sup>3</sup>/time/ko – oftest er der dog behov for mere ventilation for at opretholde en temperatur på 8-12 °C i stalden, når der er tale om en mekanisk ventileret kvægstald. I de naturligt ventilerede stalde er det svært at styre efter en bestemt temperatur, men luften kan dog styres lidt med gardiner i siden af stalden.



## Mekanisk ventilation

Der er forskellige ventilationsløsninger, når der er tale om mekanisk ventilation i en kvægstald: undertryks ventilation og ligetryks ventilation, som beskrives nærmere nedenfor. Begge systemer kan etableres i både nye og eksisterende stalde.

### Mekanisk ventilation – undertryk

Mekaniske undertryksventilation kan etableres, som vi kender det fra griseproduktioner. Undertryksventilation er karakteriseret ved et antal udsugningsenheder, der skaber undertrykket i stalden, samt vægventiler i facadevæggen, hvorigennem luften trækkes ind i stalden. Dette stiller dog en række krav til staldbygningen. Bygningen skal være lufttæt, så der kun trækkes luft ind gennem indsugningsventilerne, som er placeret i væggene. Antallet af vægventiler og udsugningsenheder afhænger af luftbehovet, som beregnes på baggrund af antal dyr i stalden. Undertrykket ligger på ca. 15 Pa, og det er vigtigt at porte, døre og vinduer er lukkede det meste af døgnet, da det ellers vil påvirke undertrykket, og derved mistes effekten. Dette gælder hele året og især i sommerperioden, hvor der kan opstå varme perioder. Her anbefales det, at der suppleres med brisere, som sikrer et øget luftflow i stalden.

Ventilationen bør tjekkes igennem hvert år, og det anbefales at tjekke nødventilationen minimum én gang årligt.

Etablering af undertryksventilation er muligt både i nye og eksisterende stalde.

### Mekanisk ventilation – ligetryk

En anden løsning er ligetryksventilation, hvor luften ledes ind i stalden via indblæsningsenheder placeret i taget. Luften ledes ud af stalden via udsugningsenheder ligeledes placeret i loftet af stalden. Det kræver, ligesom ved undertryks ventilation, at bygningen er lufttæt. Fordelen ved ligetryk er, at det kan etableres i de fleste bygningstyper, og der skal ikke tages hensyn til staldens beliggenhed, ej heller om stalden ligger udsat for vinden.

Indblæsningsenhederne bør placeres midt i kippen for at sikre ens fordeling af luften i staldrummet. Energiforbruget vurderes at være ca. dobbelt så stort som ved undertryksventilation.

Etablering af ligetryksventilation er muligt i både eksisterende og nye stalde.

## Økonomisk beregning

De økonomiske beregninger er udarbejdet for en stald, som måler 100 meter i længden og 36 meter i bredden samt seks meter højde til kip. Der er indhentet priser på ventilation og lukning af vægge samt facader. Prissætningen på ventilationen har taget udgangspunkt i en maksimumsventilation på 700 m<sup>3</sup>/time per ko, og der vil med den angivne maksimumsventilation være en overtemperatur, sammenlignet med udetemperaturen, på 3-4 °C i en stald med isoleret tag. Hvis der er behov for køling, kan for eksempel et højtrykskøleanlæg vælges, hvor det er muligt at sænke temperaturen cirka 5 grader, afhængigt af udendørsluftfugtigheden. Der er beregnet priser for både med og uden højtrykskøling for både ventilation med ligetryk og undertryk. Det er antaget, at råhus og fundament er det samme, uanset naturlig ventilation eller mekanisk ventilation. Ekstra omkostninger kommer ved isolering af gavle og vægelementer, hvilket er et krav. I den økonomiske beregning er de isoleret med 12 og 26 mm. Gavltrekanten skal ligeledes isoleres. Der medfører en ekstra omkostning, hvis vægelementerne skal være klar til vægventiler. Ekstra udgifter til råhuset, hvis stalden skal være mekanisk ventileret, ligger på 300 kr/m<sup>2</sup>. Prisen på undertryk ventilation ligger på ca. 1.560 kr./ko og med højtrykskøling ca. 1.850 kr./ko. Prisen på ligetryksventilation ligger på ca. 2.050 kr./ko og med højtrykskøling ca. 2.370 kr./ko.

Det vurderes, at omkostningerne til at etablere mekanisk ventilation samt at isolere stalden vil ligge på samme niveau, uanset om det er ombygning af en eksisterende stald eller en ny stald. Det er dog en væsentlig meromkostning at isolere og etablere mekanisk ventilation i en kvægstald sammenlignet med en naturlig ventileret kvægstald.

De ekstra driftsomkostninger til energi ved den mekaniske ventilation er ikke beregnet.

## Konklusion og perspektivering

Der er i dette notat beskrevet mulighederne for at isolere stalden samt forskellige løsninger til at sikre et lysindfald i stalden. Det er vigtigt, at der er de rigtige lysforhold i stalden – både af fysiologiske og arbejdsmæssige årsager.

To forskellige løsninger til at ventilere en isoleret stald er beskrevet, herunder ligetryks- og undertryksventilation. Ventilationen bør dimensioneres efter ca. 700 m<sup>3</sup>/time pr. ko, da de nuværende anbefalinger på 500 m<sup>3</sup>/time pr. ko er forældede, da køerne er blevet større, og mælkeydelsen er steget markant gennem de senere år.

Økonomisk er det dyrere at etablere mekanisk ventilation, og der må ligeledes medregnes en øget driftsomkostning til energiforbruget af ventilatorerne.

Mekanisk ventilation kan give en bedre ventilationsstyring i stalden sammenlignet med naturlig ventilation, som er meget vindafhængig. Det giver dog nogle fremtidige perspektiver at kunne styre ventilationen i stalden i forhold til opsamling af metan fra køerne. Derudover skal de lyse, indbydende stalde også indtænkes. Hvis der skal opsamles metan i mekanisk ventilerede stalde på sigt, kræver det en udvikling af systemer og teknologi.

## Referencer

[1]	Energistyrelsen (2022): Dansk Klimapolitik. <a href="#">Dansk klimapolitik   Energistyrelsen (ens.dk)</a>
[2]	Strategi, Landbrug og Fødevarer 2021-2023: <a href="#">sektorstrategi_kvaeg_21_23_web.pdf (landbrugsinfo.dk)</a>
[3]	R.M. Murray, A.M. Bryant & R.A. Leng (1976): Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. <i>Br. J. Nutr.</i> , 36, pp. 1-14
[4]	Riis, A. L., M. Jørgensen & P. Hansen (2014): 10 % punktudsugning via sugepunkt midt under lejeareal i slagtesvinestald med drænet gulv i lejearealet. Meddelelse nr. 998. Videncenter for Svineproduktion.
[5]	Jørgensen, M. & A. L. Riis (2014): 10 % punktudsugning via sugepunkt midt under lejeareal i slagtesvinestald med fast gulv i lejearealet. Meddelelse nr. 1000. Videncenter for Svineproduktion.
[6]	Danske anbefalinger - Anonym 2018
[7]	Dansk Standard - DS-700.
[8]	Poulsen, H. og S. Pedersen (2007): Klimateknik: ventilation, isolering og opvarmning. 4. reviderede udgave. Landbrugsforlaget.
[9]	Kadzere, C.T., M.R. Murphy, N. Silanikove & E. Maltz (2002): Heat stress in lactating dairy cows: a review. <i>Livestock Production Science</i> 77 (2002) 59–91.

//din afdelingsleders initialer//

Dyregruppe:  
Fagområde:  
Nøgleord:

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

UDKAST