

Notat om varmeudvikling i en grise- transporter til smågrise

Udarbejdet af

Teknologisk Institut
Gregersens vej 1
2630 Taastrup
Bæredygtighed og Digitalisering

Februar 2024

Udarbejdet af: Rikke Bonnicksen, Christian Drivsholm, Ida Bahnsen

Indhold

Opgavebeskrivelse	2
Indledning	2
Teoretisk beregning af varmeudvikling ved en stillestående transporter	3
Referencer	5
Bilag 1 Varmeudvikling ved forskellige ventilationsrater i stillestående lastbil.	6

Opgavebeskrivelse

Dyrenes Beskyttelse har henvendt sig til Teknologisk Institut (TI), for at få besvaret følgende spørgsmål vedrørende varmeudviklingen under transport af smågrise.

- *Kan man udregne/estimere temperaturen på lastbilens vognlad, hvis man kender udetemperaturen, grisenes antal, vægt og højde, rumfanget af de rum grisene står i, størrelsen på ventilationsåbningerne samt kapaciteten af det mekaniske ventilationssystem?*

Teknologisk Institut har efter aftale besvaret spørgsmålet ved at lave beregninger af temperaturforholdene på vognladet og af minimumsventilationsraten for en for en lastbil, der holder stille. Der er tale om teoretiske beregninger, der ikke er afprøvet i praksis. Beregningen forholder sig udelukkende til smågrise med en vægt på 30 kg. Og forholder sig dermed ikke til forhold for f.eks. slagtesvin eller transport af søer.

Indledning

Da dyretransporterne er ventileret ved naturlig og mekanisk ventilation, og derved ikke har kølingsanlæg, vil det ikke være muligt at nedbringe temperaturen på vognladet til under den udvendige temperatur. Den naturlige ventilation kan til dels justeres ved at åbne og lukke for ventilationsåbningerne på lastbilens side, men den er samtidig afhængig af de udvendige vejrforhold – fx på en varm dag uden vind vil den kun i begrænset omfang kunne bidrage til at nedbringe temperaturen på vognladet for en stillestående lastbil. Derfor er det vigtigt, at den mekaniske ventilation i sig selv kan sikre et luftskifte på vognladet, der effektivt kan kompensere for grisenes varmeproduktion.

Ved kolde udvendige temperaturer kan den naturlige og mekaniske ventilation begrænses for at øge temperaturen på vognladet, her er det dog vigtigt, at der tages højde for at CO₂-koncentrationen ikke bliver for høj. Samlet set er det afgørende, at ventilationen sikrer et luftskifte på vognladet, der fjerner varme, luftfugtighed og gasser, såsom CO₂, samt skaber et ensartet mikroklima for alle grisene under transporten (Nielsen et al., 2022).

Teoretisk beregning af varmeudvikling ved en stillestående transporter

Det har særlig stor betydning for dyrevelfærden under transport, hvordan temperaturudviklingen og luftkvaliteten hos grisene påvirkes i situationer, hvor lastbilen holder stille, fx ved kø på vejene, chauffør-pauser og pålæsning. Det følgende er teoretiske beregninger, og der tages forbehold for, at der kan være praksisser, som TI ikke er bekendt med, fordi TI ikke har fulgt eller observeret disse transporterne direkte. F.eks. er lastbiler til transport af grise er, efter TI's kendskab, typisk konstrueret, så de har mulighed for at hæve det øverste loft, når bilen holder stille. TI er dog ikke bekendt med, hvad praksis er for at benytte denne mulighed, og hvorvidt det er muligt i forbindelse med f.eks. en kø på en motorvej.

I det følgende tager beregningen sigte på den situation, hvor lastbilen holder helt stille på en vej en varm sommerdag. I dette tilfælde skal den mekaniske ventilation (udsugningsventilatorerne) skabe den nødvendige luftstrøm, så rumtemperaturen holdes på et acceptabelt niveau. Den mekaniske ventilation fungerer ved at suge den varme luft ud fra rummet, hvor grisene opholder sig, hvorved tilsvarende luftmængde udefra kommer ind via ventilationsåbningerne. Ved høje udetemperaturer vil vindhastigheden typisk være relativ lav, og kan negligeres i dette tilfælde. Der kan yderligere være kraftig solpåvirkning på lastbilen. Betydningen heraf afhænger af, hvor reflekterende og isoleret transporteres tag og sider er. At udregne påvirkningen af solens stråler ville kræve et kendskab til de præcise materialer, som transporteres tag og sider er konstrueret af, hvilket ligger uden for opgavens omfang. Derfor er betydningen af solpåvirkning ikke en del af denne beregning, men det antages, at transportforordningens (Rådets Forordning, 2009) krav om Transportmidlet skal være overdækket af et lyst og behørigt *isoleret tag* er opfyldt, og at dette derfor medfører, at denne effekt er mindre betydende.

Ventilationsåbningerne i beregningerne antages at være 100% åbne og udsugningsventilatorerne skaber forceret ventilation. En temperaturmåling i udsugningsluften vil være en god indikator for rummets temperatur. Derudover indgår belægningsgraden pr. m² gulvareal og varmeafgivelsen fra grisene i beregningen.

Varmeafgivelse fra en gris kan ifølge (Ramirez et al., 2022) beregnes ud fra følgende formel:

$$\text{Log}(HP) = 1,351 - 0,004 \cdot T - 0,454 \cdot \text{Log}(BW) \left[\frac{W}{kg} \right]$$

HP = Heat Production, T = Temperature, BW = Body Weight, W = Watt

Eksempel med 30 kg gris og 30 grader C:

$$\begin{aligned} \text{Log}(HP) &= 1,351 - 0,004 \cdot 30 - 0,454 \cdot \text{Log}(30) \\ HP &= 3,6 \left[\frac{W}{kg} \right] \end{aligned}$$

Varmeafgivelse: $3,6 \cdot 30 = 109 \text{ Watt}$.

En gris på 30 kg afgiver derved 109 Watt varme ved 30 °C. Formlen, der er anvendt, er baseret på data fra 19 forskellige studier og repræsenterer en gennemsnitlig udledning for en vækstgris, som ikke er fastet. Den beregnede varmeafgivelse er i god overensstemmelse med værdier fra tidligere studier (Ramirez et al., 2022). Varmeafgivelsen af grisene er baseret på beregninger for en gennemsnitlig varmeafgivelse på en dag, og den kan reelt være lavere, hvis grisene fx ligge helt stille og er fastede.

Varmeafgivelsen fra flere grise samlet i et rum på lastbilen skal primært fjernes med ventilation ved at udskifte den opvarmede luft. Udsugningstemperaturen anvendes som indikator for rumtemperaturen.

Belægningsgraden for grise på 30 kg antages at følge "BEK nr. 26 af 13/01/2020: om beskyttelse af dyr under transport", og er ved transporter under 8 timer 5,319 grise pr. m² gulvareal, og ved transporter over 8 timer 4,505 grise pr. m² gulvareal.

Lovgivningen foreskriver dertil, at temperaturen på vognladet maksimalt må være 30°C med en tolerance på +5 °C, og derved skal temperaturen holdes under 35°C. Så ved en udetemperatur på 30°C, må ud-sugningstemperaturen ikke overstige 35°C.

Lovgivning kræver kun mekanisk ventilation ved transporter over 8 timer, og her skal ventilationen have en minimumskapacitet på 61 m³/h/100kg dyr. Da den er fastsat i relation til 100 kg dyr, vil det derfor give forskellige krav til styrken af ventilationskapaciteten ved forskellige belægningsgrader. Ved et lad på 5,6m² og en belægningsgrad 4,505 grise pr. m² gulvareal for transporter over 8 timer vil det svare til en ventilationsrate på 82,4 m³/ (h m²). Til beregningerne er der taget udgangspunkt i transporter af sammen type, som er anvendt i en undersøgelse gennemført af Århus Universitet (som del af en myndighedsbestilling) (Herskin et al., 2022). Dette under formodning af, at disse transporter afspejler den type lastbil, der typisk anvendes til transport af smågrise. Ydermere perspektiveres det i beregningerne, at lastbilerne anvendt i dette forsøg har en højere ventilationskapacitet end lovkravet foreskriver. TI har ikke informationer om, i hvilken grad dette er den gængse praksis. Den mekaniske ventilation i transporteren i forsøget af (Herskin et al., 2022) , med samme ladsstørrelse, havde en kapacitet på 950 m³/h, hvilket, svarer til en ventilationsrate på 169,6 m³/ (h m²).

De ovenfor nævnte oplysninger lægger grund til udregning af den teoretiske temperaturudvikling på transportladen ved forskellige ventilationsrater i en stillestående lastbil. Resultaterne af udregningen kan ses i Bilag 1 (transport over 8 timer). Resultatet er udtrykt pr. m² gulvplads (gulvareal). Den samlede luftstrøm fås ved at gange tallet med antal m², der reelt er i rummet på ladet.

Det ses ud fra Bilag 1, at der kræves relative store luftstrømme, hvis temperaturen skal holdes lavere end 35°C ved en udetemperatur på 30°C. Ved den lovmæssige belægningsgrad på transporter over 8 timer, vil det kræve en mekaniske ventilation med en kapacitet på 300 m³/ (h m²) for at holde temperaturen på vognladet lavere end 35°C ved en udetemperatur på 30°C.

Som det ses af Tabel 1 er det lovmæssige krav til ventilationen (82,4 m³/ (h m²)) ikke teoretisk tilstrækkelig til at holde temperaturen på vognladet under 35°C ved en udetemperatur på 30°C, hvis en lastbil holder stille.

Ventilationskapaciteten fra transporteren i forsøget (Herskin et al., 2022) er højere end lovkravet påbyrder, og sikrer et bedre klima, hvor udetemperaturen kan være op til 26°C og samtidig holde lad-temperaturen under 35°C. Det bør nævnes, at tallene i Bilag 1 er lavet med udgangspunkt i varmeafgivelsen for en 30 kgs gris ved en varme- og massefylde af luften ved 30°C. En gris vil afgive mere varme ved lavere temperaturer, f.eks. vil en 30 kg gris afgive 113 Watt ved 26°C, og luftens varme- og massefylde vil ændres en smule. En følsomhedsanalyse af beregningsmetoden ift. de antagelser, der er gjort om grisenes varmeafgivelse, viser, at resultaterne ikke påvirkes væsentlig ved at ændre varmeafgivelsen 10 % i hver retning. Det vil sige, at effekten af om grisene er fastende eller ej, eller måtte veje en anelse mere eller mindre ikke flytter konklusionen betydelig.

Som nævnt, er der visse forhold, der ikke er medtaget i beregningerne, herunder eventuel vind, varmeafledning til transporterens materialer, samt påvirkning af solens stråler. Eventuel vind vil medvirke til at sænke temperaturen på vognladet, hvilket afledning til transportens materialer også kan. Modsat kan solens stråler på en skyfri dag øge temperaturen på vognladet – igen afhængig af hvilke materialer bilen

er konstrueret af. Da materialer og isoleringsgrad kan variere fra transport til transport, og disse er ubekendte, kan påvirkningen ikke kvantificeres i denne opgave. Det vurderes dog, at for en lastbil, der holder stille (på en vindstille dag), vil temperaturen ramme de niveauer, der er angivet i bilag 1 indenfor maksimalt en time, uagtet varmeafledning til transportens materialer. Overordnet er det ventilationen, der har det største potentiale for, at fjerne varmen fra ladet, og er dermed den mest betydende faktor.

Tabel 1 er en opsummering ud fra bilag 1, der illustrerer ved hvilken udetemperatur, man kan holde stille i lastbilen i en længere periode (fx en time), hvis lovkravet (maksimalt 35°C inde hos grisene) skal efterleves. Ydermere ses det, hvad temperaturen over en tidsperiode (vurderet under en time) ville ende på, hvis man holder stille med den pågældende ventilationskapacitet ved 30 °C en vindstille dag.

Tabel 1: Temperaturer på transportlad ved belægningsgrad på 4,505 grise pr. m² gulvareal (>8 timer transport)

	Max udetemperatur for at sikre ladtemperatur under 35°C	Ladtemperaturen ved ude temperatur på 30°C
Lovgivningskrav til ventilation 82 [m ³ /(h m ²)]	~16°C	~48,3°C
AU-forsøg ventilation, 170 [m ³ /(h m ²)]	26°C	38,6°C

Referencer

- Herskin, M. S., Kobek-Kjeldager, C., Kaiser, M. Ø., Thodberg, K., Jensen, L. D., Chen, G., Zhang, G., Rong, L., & Foldager, L. (2022). Krav til indvendig højde ved transport af smågrise Rådgivningsnotat fra DCA-National Center for Fødevarer og Jordbrug. www.spf.dk
- Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J. A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J. L., Schmidt, C. G., Michel, V., Miranda Chueca, M. Á., Padalino, B., Pasquali, P., Roberts, H. C., Spoolder, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., Winckler, C., ... Herskin, M. (2022). Welfare of pigs during transport. *EFSA Journal*, 20(9). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7445>
- Ramirez, B. C., Hoff, S. J., Hayes, M. D., Brown-Brandl, T., Harmon, J. D., & Rohrer, G. A. (2022). A review of swine heat production: 2003 to 2020. I *Frontiers in Animal Science* (Bd. 3). Frontiers Media S.A. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fanim.2022.908434/full>
- Rådets Forordning (EF) Nr. 1/2005 af 22. december 2004 om beskyttelse af dyr under transport og de med forbundne aktiviteter og om ændring af direktiv 64/432/EØF og 93/119/EF og forordning (EF) nr. 1255/97
- Vejledning om rådets forordning (EF) nr. 1/2005 af 22. december 2004 om beskyttelse af dyr under transport og dermed forbundne aktiviteter m.v, (2022).

Bilag 1 Varmeudvikling ved forskellige ventilationsrater i stillestående lastbil.

Følgende forudsætninger er lagt til grund (belægning ud fra gældende regler for transport over 8 timer).

Antal grise pr. m ² gulvareal	4,505	[]	Luftens massefylde	1,2	[kg/m ³]
Grisevægt	30	[kg]	{passiv}	1005	[(kg K)]
Varmeafgivelse pr. gris	111	[Watt]			
Ventilationsrate pr. m ² gulvareal (q _v)	80	[m ³ /(h m ²)]	{minimum i beregning}		
Udetemperatur (T)	15	[°C]	{minimum i beregning}		

T/q _v	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310
15	33,3	31,3	29,7	28,3	27,2	26,3	25,5	24,8	24,2	23,6	23,1	22,7	22,3	22,0	21,7	21,4	21,1	20,9	20,6	20,4	20,2	20,1	19,9	19,7
16	34,3	32,3	30,7	29,3	28,2	27,3	26,5	25,8	25,2	24,6	24,1	23,7	23,3	23,0	22,7	22,4	22,1	21,9	21,6	21,4	21,2	21,1	20,9	20,7
17	35,3	33,3	31,7	30,3	29,2	28,3	27,5	26,8	26,2	25,6	25,1	24,7	24,3	24,0	23,7	23,4	23,1	22,9	22,6	22,4	22,2	22,1	21,9	21,7
18	36,3	34,3	32,7	31,3	30,2	29,3	28,5	27,8	27,2	26,6	26,1	25,7	25,3	25,0	24,7	24,4	24,1	23,9	23,6	23,4	23,2	23,1	22,9	22,7
19	37,3	35,3	33,7	32,3	31,2	30,3	29,5	28,8	28,2	27,6	27,1	26,7	26,3	26,0	25,7	25,4	25,1	24,9	24,6	24,4	24,2	24,1	23,9	23,7
20	38,3	36,3	34,7	33,3	32,2	31,3	30,5	29,8	29,2	28,6	28,1	27,7	27,3	27,0	26,7	26,4	26,1	25,9	25,6	25,4	25,2	25,1	24,9	24,7
21	39,3	37,3	35,7	34,3	33,2	32,3	31,5	30,8	30,2	29,6	29,1	28,7	28,3	28,0	27,7	27,4	27,1	26,9	26,6	26,4	26,2	26,1	25,9	25,7
22	40,3	38,3	36,7	35,3	34,2	33,3	32,5	31,8	31,2	30,6	30,1	29,7	29,3	29,0	28,7	28,4	28,1	27,9	27,6	27,4	27,2	27,1	26,9	26,7
23	41,3	39,3	37,7	36,3	35,2	34,3	33,5	32,8	32,2	31,6	31,1	30,7	30,3	30,0	29,7	29,4	29,1	28,9	28,6	28,4	28,2	28,1	27,9	27,7
24	42,3	40,3	38,7	37,3	36,2	35,3	34,5	33,8	33,2	32,6	32,1	31,7	31,3	31,0	30,7	30,4	30,1	29,9	29,6	29,4	29,2	29,1	28,9	28,7
25	43,3	41,3	39,7	38,3	37,2	36,3	35,5	34,8	34,2	33,6	33,1	32,7	32,3	32,0	31,7	31,4	31,1	30,9	30,6	30,4	30,2	30,1	29,9	29,7
26	44,3	42,3	40,7	39,3	38,2	37,3	36,5	35,8	35,2	34,6	34,1	33,7	33,3	33,0	32,7	32,4	32,1	31,9	31,6	31,4	31,2	31,1	30,9	30,7
27	45,3	43,3	41,7	40,3	39,2	38,3	37,5	36,8	36,2	35,6	35,1	34,7	34,3	34,0	33,7	33,4	33,1	32,9	32,6	32,4	32,2	32,1	31,9	31,7
28	46,3	44,3	42,7	41,3	40,2	39,3	38,5	37,8	37,2	36,6	36,1	35,7	35,3	35,0	34,7	34,4	34,1	33,9	33,6	33,4	33,2	33,1	32,9	32,7
29	47,3	45,3	43,7	42,3	41,2	40,3	39,5	38,8	38,2	37,6	37,1	36,7	36,3	36,0	35,7	35,4	35,1	34,9	34,6	34,4	34,2	34,1	33,9	33,7
30	48,3	46,3	44,7	43,3	42,2	41,3	40,5	39,8	39,2	38,6	38,1	37,7	37,3	37,0	36,7	36,4	36,1	35,9	35,6	35,4	35,2	35,1	34,9	34,7
31	49,3	47,3	45,7	44,3	43,2	42,3	41,5	40,8	40,2	39,6	39,1	38,7	38,3	38,0	37,7	37,4	37,1	36,9	36,6	36,4	36,2	36,1	35,9	35,7
32	50,3	48,3	46,7	45,3	44,2	43,3	42,5	41,8	41,2	40,6	40,1	39,7	39,3	39,0	38,7	38,4	38,1	37,9	37,6	37,4	37,2	37,1	36,9	36,7
33	51,3	49,3	47,7	46,3	45,2	44,3	43,5	42,8	42,2	41,6	41,1	40,7	40,3	40,0	39,7	39,4	39,1	38,9	38,6	38,4	38,2	38,1	37,9	37,7
34	52,3	50,3	48,7	47,3	46,2	45,3	44,5	43,8	43,2	42,6	42,1	41,7	41,3	41,0	40,7	40,4	40,1	39,9	39,6	39,4	39,2	39,1	38,9	38,7
35	53,3	51,3	49,7	48,3	47,2	46,3	45,5	44,8	44,2	43,6	43,1	42,7	42,3	42,0	41,7	41,4	41,1	40,9	40,6	40,4	40,2	40,1	39,9	39,7