

Dyrebaserede Velfærdsindikatorer - er sensorteknologi en løsning?

Rådgivningsnotat fra DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Mogens Agerbo Krogh

Institut for Husdyr og Veterinærvidenskab

Datablad

Titel:	Dyrebaserede Velfærdsindikatorer - er sensorteknologi en løsning?
Forfatter(e):	Lektor Mogens Agerbo Krogh, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, AU
Fagfællebedømmelse:	Professor Mette S. Herskin, Institut for Husdyr- og Veterinærvidenskab, AU
Kvalitetssikring, DCA:	Fuldmægtig Camilla Kjær Kristensen og fuldmægtig Anne Slumstrup Møller Nickelsen, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Fødevarestyrelsen, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri
Dato for bestilling/levering:	14.01.2025 / 15.01.2026
Journalnummer:	2024-0787434
Finansiering:	Notatet er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Miljøministeriet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri og Aarhus Universitet under ID nr. 2-VID-06 i "Ydelsesaftale Husdyrproduktion 2025-2028".
Ekstern kommentering:	Nej.
Eksterne bidrag:	Nej.
Kommentar til bestillingen:	Bestillingen er udarbejdet som en del af et VID-Projekt underlagt fødevarestyrelsens styregruppe for Videncenter for Dyrevelfærd. Styregruppen har medlemmer fra Fødevarestyrelsen, Københavns Universitet og Aarhus Universitet
Kommentarer til besvarelse:	<p>Besvarelsen er udarbejdet som del af et ViD-projekt underlagt styregruppen for Videncenter for Dyrevelfærd. Besvarelsen indgår i 2. år af projektet; SOA09 EU's Partnerskab for husdyrsundhed og velfærd (EUPAHW)</p> <p>Postdoc Laura Salazar og forskningsassistent Elisabeth Toft-Petersen har bidraget til at tilvejebringe materialet og indledende analyser.</p> <p>Notatet præsenterer resultater, som ved notatets udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.</p>
Citeres som:	Krogh, M. A. 2026. Dyrebaserede Velfærdsindikatorer - er sensorteknologi en løsning? Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet. 12 sider. Leveret: 15.01.2026.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Skema til afrapportering af ViD-projekter

Videncenter for Dyrevelfærd

2025-2028

1. Projekttitle:

Dyrebaserede velfærdsindikatorer – er sensorteknologi en løsning?

2. Projektstart og afslutning:

01/01-2025 – 31/12 2025

3. Projektleder og projektdeltagere:

Projektleder: Lektor Mogens Agerbo Krogh, Institut for Veterinær- og Husdyrvidenskab, AU. Tlf: 23659010 mail: Mogens.Krogh@anivet.au.dk

4. Baggrund for projektet:

Nedenstående projektresultater er etablerede som en del af Task 2 & 4 i projektet "Knowledge platform in the EU with the objective to collect, analyse, share and use integrated scientific and technical data on animal welfare; SOA09) under det europæiske partnerskab for dyresundhed og dyrevelfærd, EUPAH&W (European Partnership on Animal Health and Welfare) (<https://www.eupahw.eu>).

Dyrebaserede velfærdsindikatorer (Animal Based Measures/ABM) er kendetegnede ved at de er kostbare at få registreret, fordi de ofte forudsætter, at der er en person, som skal foretage observationen. Udover den direkte arbejdstid, så forudsætter den slags observationer typisk også betydelig oplæring og løbende kalibrering.

Ny teknologi (sensorer) får en stigende udbredelse i malkekvægsproduktionen i kraft af en digitaliseringsbølge med fokus på såkaldt 'precision livestock farming'. Selvom teknologierne ikke nødvendigvis er udviklede netop med velfærdsovervågning som formål, så kan denne informationstype ofte betragtes som en dyrebaseret velfærdsindikator (eksempelvis klovregistreringer). Under transport af dyr er brugen af direkte dyrebaserede indikatorer udfordret pga. begrænset plads og mulighed for tilsyn. Under lange transporter af dyr er det et lovkrav at registrere temperaturer i køretøjet. Disse registreringer kan betragtes som en indirekte dyrebaseret velfærdsindikator.

Udgangspunktet for projektet er, at dyrebaserede velfærdsindikatorer er de mest meningsfulde outcome-mål, fordi de (når de er velfunderede) afspejler dyrets affektive tilstand, som ikke kan observeres direkte. Dette skaber en uundgåelig inferenskæde fra sensorens direkte måling til afledt adfærd/fysiologi til den dyrebaserede velfærdsindikator og endelig til den affektive tilstand.

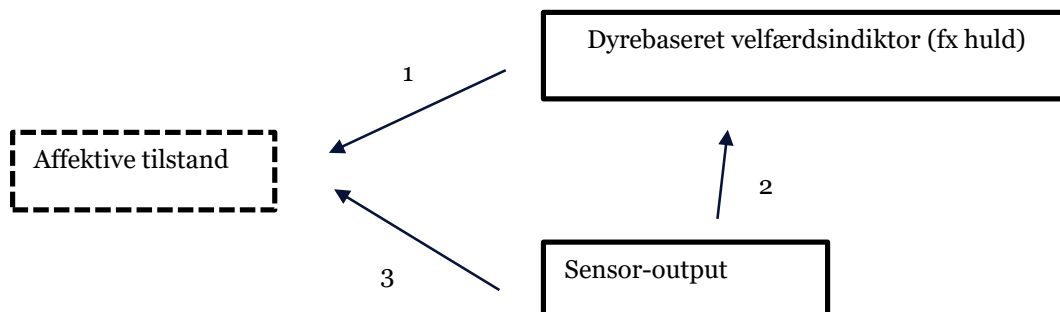
5. Beskrivelse af projektets formål og hypoteser samt materialer og metoder:

Projektet undersøger potentialet for anvendelse af sensorbaserede målinger som direkte eller indirekte dyrebaserede velfærdindikatorer. Hvis en sensorbaseret måling kan valideres, så er der stort potentiale i forhold til at sensormålingerne kan anvendes til velfærdsovervågning og/eller dokumentation i forhold til egenkontrolprogrammer (både private og offentlige). I denne rapport skal validering forstås som at den pågældende indikator/sensor er 1) valid og dermed afspejler dyrets oplevelse, 2) robust eller gentagelig og 3) praktisk anvendelig under produktionsforhold. Projektet fokuserer på kvæg, fordi brugen af forskellige sensorer her har den største udbredelse. Projektet omfatter syntese af brugen af sådanne sensorer til kvæg baseret på eksisterende litteratur. For svin er der fokuseret på anvendelsen af sensorer til måling af rumtemperatur under transport, som i dag er lovmæssigt forankret når der er tale om transportere på over 8 timers varighed. Litteratur på området er blevet gennemgået og dertil er der blevet indhentet et udsnit af temperaturlogs, som er returneret af transportører til EksportKontrolCentret (EKC) i forbindelse med eksport af svin. Potentialet for anvendelse af dette materiale til velfærdsmonitorering er blevet vurderet. Afslutningsvis indeholder projektet en samlet diskussion af potentialitet omkring sensorteknologi til velfærdsvurdering.

6. Oversigt over projektets samlede resultater:

6.1 Overordnet ramme for sammenhæng imellem affektiv tilstand og sensor-output.

Fokuseringen på dyrebaserede velfærdsindikatorer skyldes at det er generelt accepteret at det er disse, der er bedst til at illustrere dyrenes affektive tilstand, som i stigende grad indgår som et vigtigt element i vurdering af dyrevelfærd. Sammenhængene er illustreret i Figur 1, hvori man kan se, at det vi ønsker er viden om dyrenes affektive tilstand.



Figur 1: Konceptuelt sammenhæng imellem affektive tilstand, dyrebaseret velfærdsindikator og registreringer fra sensorer

Den affektive tilstand er angivet i en stiplede kasse, fordi vi ikke er i stand til at observere den direkte. Dette kunne f.eks. være den negative affektive tilstand 'længerevarende sult', hvor der pt ikke findes validerede indikatorer som kan bruges til at beskrive, hvordan koen oplever sin tilstand og/eller hvornår tilstanden kan kobles til reduceret dyrevelfærd. Det vi til gengæld

kan observere, er at resultatet af længerevarende sult er meget lavt huld. Huld er en observation af subkutant fedt og det man kan observere er en udtømning af de energidepoter som koen har til rådighed. Lav huld kan derfor betragtes som en dyrebaseret velfærdindikator for længerevarende energiunderskud. Sammenhængen imellem den dyrebaserede velfærdsindikator og den affektive tilstand er dog næppe helt 1:1. I eksemplet er der sikkert en sammenhæng imellem længerevarende sult og huld, men hvor grænsen går imellem at koen oplever den negative affektive tilstand på en huldskala, er uklar. Pil 1 illustrerer denne sammenhæng og også den usikkerhed i validitet, som der er på den dyrebaserede velfærdsindikator. Pil 3 illustrerer den sammenhæng, der skal være imellem koens affektive tilstand og den sensor-output og den usikkerhed i validitet der er. Det helt centrale spørgsmål er derfor, hvor forskellige validitet er imellem den affektive tilstand og den dyrebaserede velfærdindikator (pil 1) og den affektive tilstand og sensor outputtet (pil 3). I Figur 1 er der også angivet pil 2, som er udtryk for, hvor præcist sensoren er i stand til at prædiktere den dyrebaserede velfærdsindikator. Det er her intuitivt, at hvis sensoren er i stand til at prædiktere indikatoren perfekt, så vil sammenhængen imellem sensoren og den affektive tilstand (pil 3) være lige så god som sammenhængen imellem den affektive tilstand og den dyrebaserede velfærdsindikator. Tilsvarende betyder det også at hvis sensorens målinger ikke er perfekte i forhold til en dyrebaseret velfærdsindikator, så vil udgangspunktet være at sensoren giver en dårligere beskrivelse af den affektive tilstand end den dyrebaserede velfærdsindikator og dermed har lavere validitet. Dette vil gælde medmindre der er lavet en direkte validering imellem sensoren og den affektive tilstand, hvorved det kunne vise sig at sensoren har højere validitet end den dyrebaserede velfærdsindikator.

Tilgangen er derfor, at når man skal vurdere potentialet knyttet til en given sensor, så skal det afklares om der er foretaget validering i forhold til den affektive tilstand som man ønsker at beskrive (pil 3), hvilket vil være det bedste. Eller alternativt, om der er findes validering af sensormålinger i relation til den dyrebaserede velfærdsindikator (pil 2). For at undersøge dette anvendes den tilgang, der benævnes 'fit for purpose' som er blevet accepteret og indarbejdet at WOA (World Organisation for Animal Health) i 2003 omkring anvendelsen af diagnostiske test (OIE, 2012 p 36). Grundtanken her er at validitet af en test (eller indikator) kun kan vurderes, hvis formålet for testen/indikatoren er præcist defineret, idet én indikator godt kan have adskillige formål, men validiteten i forhold til disse kan være væsentlig forskellig. Derfor kan validitetsestimater heller ikke umiddelbart overføres fra ét formål (fx produktionsstyring) til et andet (fx velfærdsovervågning).

6.2 Sensorer i kvægproduktion

Der findes en lang række eksempler på udvikling og anvendelse af kommercielle sensor systemer til kvæg. Stachowicz & Umstätter (2020) identificerer 6 observationstyper indenfor hvilke, der findes sensorbaserede kommercielle løsninger til malkekvæg. Disse er foderoptag, vandoptag, fysisk aktivitet, mælkeanalyser, drøvtygning og kropstemperatur. En opsummering er givet i Tabel 1. Tabel 1 viser antallet af kommercielle producenter indenfor hver observationstype. Nogle sensorer kan godt være multifunktionelle og dermed omfatte mere end én observationstype. I Tabel 1 kan man se hvilke formål der har været med sensorerne, der er

blevet identificeret i forhold til observationstyper og hvor mange publikationer, der er blevet fundet, som omhandler validering.

Tabel 1: Oversigt over identificerede sensorer til kommerciel anvendelse ved malkekvæg baseret på resultater fra Stachowich & Umstätter (2020). Alarm-formål angiver hvilke formål, der er blevet identificeret konkret for observationstypen.

Observations-type	Antal sensorer	Alarm-formål	Publikationer
Fodring	20	Sundhed, Brunst, Varme stress,	7
Vand optag	2	Sundhed	1
Fysiks Aktivitet	29	Sundhed, Brunst, Halthed, Kælvning	12
Mælkeanalyser	24	Mastitis, Fertilitet, Energi-balance, Sur Vom	4
Drøvtygning	15	Sundhed, Brunst	10
Temperatur	16	Sundhed, Brunst	2

De forskellige observationstyper dækker over en række forskellige sensor-teknologier, som f.eks. at fysisk aktivitet kan observeres ved hjælp af accelerometre (som både kan være ben-, halsrems- og øremærke-monteret) eller ved hjælp af kameraløsninger. Samlet er antallet af publikationer, med fokus på validering ret begrænset, ligeledes er antallet af forskellige alarm-formål ret begrænset (og det er jo formålene med sensorerne). Det altovervejende formål med sensorerne er knyttet til reproduktions- og brunstovervågning.

Fra litteraturen er det muligt at identificere en række sensorløsninger med potentiale i forbindelse med overvågning af dyrevelfærd: Sensorer til detektion af mastitis, halthed, huld/energi-balance og vomacidose. Alarmformålene, der ellers har fokus på 'sundhed' er karakteriseret ved at være uspecifikke og dermed ikke knyttet specielt til en enkelt diagnose eller et sygdomskompleks, hvorfor alarmer mere skal ses som uspecifikke advarsler om, at der er en afvigelse fra det forventede for den pågældende ko. I opgørelsen er velfærd og velfærdsvurdering ikke nævnt som et specifikt formål for sensorerne.

6.3 Sensorer og velfærd

I litteraturen (eksempelvis Marin et al., 2025) bliver sensorer og dyrevelfærd fortrinsvis koblet sammen på den måde at sensoren anvendes til detektion af en sygdom eller symptom (fx ændring i mælkes ledningsevne eller halthed). Signalet der fås fra sensoren kan derefter anvendes til at iværksætte en intervention/behandling, hvorved der forventes bedre behandlingseffekt eller kortere sygdomsforløb, og dermed indirekte effekt på velfærd end uden den pågældende sensor. Formålet med sensoren er derved tidlig diagnosticering (early detection), fordi der heri indgår at der for kvægbrugeren findes ekstra eller yderligere information, som muliggør en korrigerende handling. Steeneveld og Hogeveen (2015) viste at sensorbaserede systemer ofte kan være økonomisk attraktive, men at dette primært gælder i relation til

overvågning af reproduktion og til mastitis-behandling. For sygdomme, hvor man ønsker at detektere subkliniske tilstande, viser det sig, at det at være et ret snævert område af sygdomsforekomst, hvor det er økonomisk attraktivt at anvende sensorer til tidlig diagnosticering (Etema et al., 2020). Der tegner sig således et billede af at den kommercielle anvendelse af sensorer i mælkeproduktionens hovedformål er knyttet til tidlig diagnosticering. Tidlig diagnosticering vil som udgangspunkt ofte være koblet til identifikation af mere eller mindre pludselige afvigelser i sensorens output eller afvigelser fra et typisk mønster. Derved kommer de signaler man har fra sensoren bedst til at beskrive nyopståede tilfælde. Samles disse observationer til gruppe niveau (besætning eller nationalt), så vil de udtrykke med hvilken hastighed at tilstanden opstår (incidens). Når vi normalt ønsker at anvende dyrebaserede indikatorer, så vil vi se dem som resultater af tværsnitsundersøgelser. Tværsnitsundersøgelser vil derfor typisk angive en forekomst eller andel med tilstand (prævalens). Begge udtryk er relevante, men de udtrykker forskellige velfærdsmæssige situationer. Det er velkendt at der er en sammenhæng imellem en sygdoms eller tilstands incidens og prævalens i en population (Dohoo et al., 2014). Men sammenhængen vil være påvirket af tilstandens eller sygdommes varighed. Betydningen er man ofte ikke kan sammenligne resultater fra sensor-baserede systemer med de resultater vi typisk får fra studier hvor man anvender dyrebaserede indikatorer.

De fundne valideringsstudier mellem en dyrebaseret velfærdsindikator og et sensor-output er ofte udfordrede på at det ikke er samme tærskelværdi eller område af indikatoren, der er blevet anvendt i forbindelse med valideringen. F.eks. findes kamerateknologi, der kan lave huldvurderinger på malkekøer (Mullins et al., 2019), men denne er primært valideret indenfor området af huldværdier imellem 3.0 og 3.75. Til sammenligning vil det huld område, der er relevant for en dyrebaseret velfærdsindikator være imellem 2.25 og 2.75. Dermed bliver spørgsmålet omkring validering også mere komplekst end at sammenligne overensstemmelser.

6.4 Temperatursensorer i lastbiler under lange transporter af svin

I Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1/2005 fastslår man, at ventilationssystemer i lastbiler skal være designet, konstrueret og vedligeholdt, så de under hele transporten – uanset om køretøjet holder stille eller er i bevægelse – kan opretholde en temperatur på mellem 5 °C og 30 °C for alle dyr, med en tolerance på ± 5 °C (min. 0 °C og max 30 °C i en meget kortvarig periode). For at dokumentere dette skal lastbiler, der er godkendt til lange transporter af f.eks. svin og kvæg, være udstyret med et system til at monitorere rumtemperatur (sensorer) samt mulighed for at registrere disse data. Man skal placere sensorerne i de dele af køretøjet, som – afhængigt af køretøjets konstruktion – vurderes at have størst risiko for at blive udsat for de mest ugunstige temperaturforhold.

Ny dansk forskning viser at placering af temperatursensorer i køretøjets vægge (hvilket godkendes af myndighederne) betyder at der kan være ganske betydelig forskel på den rumtemperatur som grisene oplever under transport og den temperatur sensorerne registrerer (Rong et al., 2025). Dermed er det meget usandsynligt at temperaturerne i lastbilen – i hvert tilfælde målt på denne måde – ikke hænger sammen med mulige dyrebaserede indikatorer for varmestress såsom pusteadfærd. Der er desuden store forskelle mellem rumtemperaturen i forskellige rum i det samme køretøj under kørsel, bl.a. fordi der er store forskelle i luftens be-

vægelser i og omkring en lastbil der kører. Også AHAW et al. (2022) konkluderer at en dyrebaseret velfærdindikator for temperaturmæssigt velbefindende er kropstemperaturen – en direkte måling på individet. Andre dyrebaserede velfærdindikatorer udover kropstemperaturen er hudtemperatur, respirationsfrekvens og forekomst af pusteadfærd (Brito et al., 2020). Den termoneutrale zone for svin er forskellig alt efter blandt andet aldersgruppe og vægt (AHAW, 2022), hvorfor ensartede grænseværdier for omgivelsestemperatur forekommer mindre hensigtsmæssige.

6.5 Analyse af temperatursensor output

I vores studie har vi kortlagt og vurderet myndighedsindsamlede temperaturlogs fra lange transporter af grise (182 retur-logs fra udvalgte uger i 2023) med henblik på at belyse deres anvendelighed til velfærdsmonitorering. Materialet viser sig meget heterogent (filtyper, sensorantal, prøveintervaller, manglende udetemperaturer, mangelfulde metadata), og væsentlige oplysninger for fortolkning mangler ofte (bl.a. sensorplacering vandret/lodret, dyrenes fordeling undervejs). Disse forhold betyder, at retur-logs i deres nuværende form kun vanskeligt kan tolkes entydigt i relation til dyrevelfærd. Overordnet konkluderer vi, at usikkerhed om temperaturmålingernes relation til rumtemperaturen nær dyrene samt datamangler væsentligt begrænser temperaturlogs værdi som grundlag for overvågning af dyrevelfærd.

For at gøre data "fit for purpose" anbefaler vi standardisering af datakrav (sensorplacering, kalibrering, sampling frekvens fra sensoren, udetemperatur, driftsstatus for ventilation/lift, entydig rute-/tidsidentifikation), multimodal dokumentation (kobling til dyretal/rumfordeling). Samlet set vurderes de eksisterende temperaturlogs at have begrænset dokumentationsværdi for dyrevelfærd under transport, medmindre deres indsamling og metadata standardiseres og udvides.

7. Diskussion, konklusion og perspektivering (herunder forslag til opfølgende projekter):

7.1 Dyrebaserede velfærdsindikatorer, affektiv tilstand og "estimer af estimer".

Udgangspunktet for projektet er, at dyrebaserede velfærdsindikatorer er de mest meningsfulde outcome-mål, fordi de (når de er velfunderede) afspejler dyrets affektive tilstand, som ikke kan observeres direkte. Dette skaber en uundgåelig inferenskæde fra (i) sensorens råsignal → (ii) afledt adfærd/fysiologi → (iii) ABM → (iv) affektiv tilstand. I praksis betyder det, at vi ofte ender med at estimere et estimat, hvilket stiller skærpede krav til validitet (konstrukt- og kriterievaliditet), gentagelighed og praktisk brugbarhed i produktionen. OIE/WOAHs "fit-for-purpose"-princip understreger netop, at validitet kun kan vurderes meningsfuldt i forhold til et veldefineret formål, og at præstationskrav kan variere afhængig af formålet med sensorens anvendelse. Denne ramme er særligt relevant for sensorbaserede løsninger, hvor samme teknologi kan have meget forskellig nytteværdi afhængigt af, om målet er fx tidlig sygdomsdetektion på ko-niveau eller dokumentation af velfærd på ko- eller besætningsniveau.

7.2 Kvæg: status for sensorer i kommerciel drift.

Kortlægningen viser en kommerciel udbredt brug af sensorer i malkekvægsproduktionen (aktivitet, drøvtygning, kropstemperatur, positionering, in-line mælkeparametre, bolusmålinger), men samtidig et begrænset antal formåls-specifikke valideringer rettet mod klart definerede velfærds-outcomes. I oversigter og reviews er den dominerende praksis, at sensorer kobles til tidlig sygdomsdetektion og reproduktionsovervågning (brunst, drægtighed), hvor cost-benefit er mest dokumenteret; derimod er eksplicit velfærdsovervågning sjældent primært formål i de kommercielle systemer.

7.2 Svin: Rumtemperatur under transport er ikke en dyrebaseret velfærdsindikator

For svin viser casen, at myndighedernes returlogs omhandlende rumtemperatur i dag udgør et heterogent materiale (format, sampling, antal sensorer, manglende metadata), som oftest ikke uden videre lader sig tolke i forhold til dyrevelfærd eller sikker compliance. Særligt er ukendt sensorplacering samt manglende kobling til dyrenes tilstand vigtigt at fremhæve. Hertil kommer, at temperaturmålinger i/nær køretøjers vægge let kan afvige markant fra temperaturen nær dyrene. Samlet set er der brug for standardisering af sensorplacering, metadata og datakvalitet hvis rumtemperaturmålinger skal være brugbare i en velfærdsfaglig vurdering og selv da er rumtemperatur jo kun en resource-/input-indikator og bør derfor ledsages af dyrebaserede mål (fx respiration/pusteadfærd, kropstemperatur), hvis målet er at sige noget om påvirkning/affektiv tilstand.

7.3 Konsekvens for "fit-for-purpose".

Samlet peger projektets resultater på, at når sensorer skal bruges som erstatning for dyrebaserede velfærdsindikatorer, kræves en validering direkte mod det tiltænkte velfærds-outcome ("pil 3" i Figur 1), eller—hvis det ikke er muligt—mindst en dokumenteret, stabil kæde fra sensor → Dyrebaseret velfærdindikator → affektiv tilstand med angivelse af usikkerhed i hvert led. Dette er kernen i en fit-for-purpose-vurdering, hvor samme sensor kan være fuldt egnet til ét formål (fx alarm om varmebelastning i realtid med efterfølgende handling) men utilstrækkelig som dokumentation for opnået velfærdsniveau uden ledsagende observationer direkte af dyrene.

7.4 Forslag til opfølgende projekter

For de kommercielt udbredte sensorer vil valideringsstudier mod velfærdstilstande være centrale for at kunne udvikle sensorernes anvendelse til velfærdsmonitorering. Her kræves fokus på at formålet vil være at monitorere og dokumentere velfærdsstandarder i primærproduktionen.

Anvendelsen af temperatursensorer under transport er allerede fuldt implementeret i lastbiler på tværs af Europa. Der er derfor oplagt -i det mindste forsøgsmæssigt- at undersøge sammenhæng imellem svinenes affektive tilstande og sensorernes output. Dette dække undersøgelser både under selve transporten og ved ankomst til destinationen. Samlet understreger disse resultater mht transport af dyr EFSA's primære konklusion om at der mangler værktøjer til overvågning af dyrs velfærd under transport (AHAW et al., 2022).

Referencer

Brito, L. F., Oliveira, H. R., McConn, B. R., Schinckel, A. P., Arrazola, A., Marchant-Forde, J. N., & Johnson, J. S. (2020). Large-scale phenotyping of livestock welfare in commercial production systems: A new frontier in animal breeding. *Frontiers in Genetics*, 11, 793.

<https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00793>

Dohoo, I., Martin, W., & Stryhn, H. (2014). *Veterinary epidemiological research* (3rd ed.). VER Inc.

Duncan, I.J.H., 1993. Welfare is to do with what animals feel. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 6, 8-14.

AHAW - EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 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., Spooler, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., Winckler, C., Earley, B., Edwards, S., Faucitano, L., Marti, S., de la Lama, G. C. M., Costa, L. N., Thomsen, P. T., Ashe, S., Mur, L., Van der Stede, Y., & Herskin, M. (2022). Welfare of pigs during transport. *EFSA Journal*, 20(9), e07445. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7445>

Ettema, J., Krogh, M. A., & Østergaard, S. (2020). Economic value of information from an alert system on physiological imbalance in fresh cows. *Preventive Veterinary Medicine*, 181, 105039. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105039>

Europa-Parlamentet og Rådet. (2005). Forordning (EF) nr. 1/2005 af 22. december 2004 om beskyttelse af dyr under transport og beslægtede handlinger og om ændring af direktiv 64/432/EØF og direktiv 93/119/EF samt forordning (EF) nr. 1255/97. Hentet fra <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2005/1/oj/eng>

OIE (2012). *Terrestrial Animal Health Code* (21st ed.). Paris: World Organisation for Animal Health. ISBN 978-9290448549.

Marin, I., Ciungan, D.-A., Vasiliu, R. E., & Enea, D.-N. (2025). Livestock monitoring based on microclimate and behavior tracking sensors: A systematic review. *IEEE Access*, 13, 185818–185844. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3625600>

Mullins, I. L., Truman, C. M., Campler, M. R., Bewley, J. M., & Costa, J. H. C. (2019). Validation of a commercial automated body condition scoring system on a commercial dairy farm. *Animals*, 9(6), 287. <https://doi.org/10.3390/ani9060287>

Rong, L., Wang, Y., Zhang, G., Kristensen, J. K., Foldager, L., Kobek-Kjeldager, C., Thodberg, K., & Herskin, M. S. (2025). Velfærd hos smågrise under lange transporter – Del A: Bedre måling af temperaturer i lastbiler som transporterer smågrise. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rådgivningsrapport fra DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Stachowicz, J., & Umstätter, C. (2020). Overview of commercially available digital systems in animal husbandry (Agroscope Transfer No. 294). Agroscope.

Steenefeld, W., & Hogeveen, H. (2015). Characterization of Dutch dairy farms using sensor systems for cow management. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 709–717.

<https://doi.org/10.3168/jds.2014-8595>

8. Populærvidenskabeligt dansk resumé (max 500 ord):

Projektet vurderer potentialet for at anvende sensorbaserede målinger som dyrebaserede velfærdsindikatorer (ABM) i husdyrproduktionen med fokus på kvæg i primærproduktionen og på rumtemperaturmålinger under transport af svin. Udgangspunktet er, at dyrebaserede velfærdsindikatorer anvendes som outcome-mål, fordi de kan afspejle dyrets affektive tilstand, der ikke kan observeres direkte. På den måde er det muligt at etablere en inferenskæde fra sensorens råsignal via afledte adfærds/fysiologiske mål til dyrebaserede velfærdsindikatorer og videre til affektiv tilstand. I praksis betyder det, at sensorer ofte anvendes til at estimere et estimat, hvilket stiller krav til tydelig definition af formål og validitet (fit for purpose). For kvæg beskrives et modent sensorlandskab (aktivitet, drøvtygning, kropstemperatur, positionering, in-line mælkeparametre og bolusmålinger). De fleste kommercielle systemer er udviklet til overvågning af reproduktion og tidlig sygdomsdetektion, og eksplicit validering op imod klart definerede velfærds-outcomes er begrænset. Anvendelse heraf til egentlig velfærdsmonitorering kan derfor ikke antages uden formåls-specifik validering og systematisk opgørelse af præstationsmål på tværs af miljøer og besætninger.

For svin omfatter gennemgangen temperaturlogs fra lange transportere. Materialet er heterogent (format, sampling, antal sensorer) og mangler ofte væsentlige metadata (sensorplacering, udetemperatur, systemstatus). Rumtemperatur målt i vognens struktur repræsenterer ikke nødvendigvis dyrenes nærmiljø. Rumtemperatur er derfor at betragte som en ressource-indikator og ikke en dyrebaserede velfærdsindikator. Såfremt rumtemperaturdata skal anvendes i en velfærdsvurdering, bør de ledsages af yderligere observationer nær dyret (fx respiration/pusteadfærd, kropstemperatur) samt standardiserede metadata.

Samlet anbefales:

- 1) konsekvent brug af fit-for-purpose som ramme ved evaluering af sensorer.
- 2) standardisering af data og metadata (placering, kalibrering, samplingfrekvens, udetemperatur, ventilations/lift-status, entydig rute- og tidsidentifikation).
- 3)) målrettede valideringsstudier mod velfærds-outcomes for kvæg og feltstudier af svine-transport, hvor rumtemperatur eksplicit relateres til dyrenes tilstand under transporten og ved ankomst. I den nuværende form vurderes temperaturlogs for svin at være utilstrækkelige som selvstændig dokumentation for dyrevelfærd under transport.

9. Populærvidenskabeligt engelsk resumé (max 500 ord):

The project assesses the potential of using sensor-based measurements as animal-based welfare indicators (ABMs) in livestock production, focusing on dairy cattle in primary production and measurements of in-vehicle temperature during pig transport. The starting point is that ABMs are applied as outcome measures because they can reflect the animal's affective state,

which cannot be directly observed. This creates an inference chain from the sensor's raw signal through derived behavioural/physiological measures to ABMs and ultimately to affective state. In practice, sensors often estimate an estimate, which requires clear definition of purpose and validity (fit for purpose).

For cattle, a mature sensor landscape is described (activity, rumination, body temperature, positioning, in-line milk parameters, and bolus measurements). Most commercial systems are developed for surveillance of reproduction and early disease detection, and explicit validation against clearly defined welfare outcomes is limited. Application for actual welfare monitoring cannot, therefore, be assumed without purpose-specific validation and systematic reporting of performance metrics across environments and herds.

For pigs, the review includes temperature logs from long journeys. The material is heterogeneous (format, sampling, number of sensors) and often lacks essential metadata (sensor placement, ambient temperature, system status). Temperature measured in the vehicle structure does not necessarily represent the animals' microclimate. In-vehicle temperature is, therefore, a resource indicator and not an ABM. If data on in-vehicle temperature are to be used in welfare assessment, they should be accompanied by additional observations close to the animal (e.g., respiration/panting, body temperature) and standardised metadata.

Recommendations:

- 1) Consistent use of the fit-for-purpose framework when evaluating sensors.
- 2) Standardisation of data and metadata (placement, calibration, sampling frequency, ambient temperature, ventilation/lift status, unambiguous route/time identification).
- 3) Targeted validation studies against welfare outcomes for cattle and field studies of pig transport where in-vehicle temperature is explicitly related to the animals' condition during transport and upon arrival. In their current form, temperature logs for pigs are considered insufficient as standalone documentation of animal welfare during transport.

10. Redegørelse for hvordan projektet og projektets resultater har været eller forventes offentliggjort, herunder oplæg på konferencer, videnskabelige publikationer, populærvidenskabelige publikationer, opslag på sociale medier (fra personlig profil eller Fødevarestyrelsens profil) eller presseaktiviteter (aktiviteter med ViD som afsender skal koordineres af ViDs sekretariat):

Projektet blev udført som en del af Task 2 & 4 i det interne projekt "Knowledge platform in the EU with the objective to collect, analyse, share and use integrated scientific and technical data on animal welfare; SOA09) under det europæiske partnerskab for dyresundhed og dyrevelfærd, EUPAH&W (<https://www.eupahw.eu>). Projektets resultater indgår derfor (omend i anden form) i projekt leverancer heri.

Resultaterne omkring temperaturlogs fra svinetransporter bliver internationalt publiceret i 1. halvdel af 2026.