



# Slutrapport

## Nye målemetoder i kødindustrien

Jon Raunkjær Søndergaard og Kristian Damlund Gregersen

20. januar 2025

Proj. nr. 2011291

Version 1

Init.: JRSO/MT/KRGR

### Formål

Gennem screening og test af nyt udstyr og nye teknologier med anvendelsespotentiale i kødindustrien skaber projektet grundlag for nye løsninger til gavn for kødvirksomhedernes driftsøkonomi og industriens bæredygtighed. Der foretages en gennemgang af relevant litteratur, og de mest lovende metoder udvælges til et eller flere forsøg, som dokumenteres i testrapporter. Resultaterne skal danne grundlag for efterfølgende implementeringer eller udviklingsprojekter til gavn for en mere bæredygtig industri.

### Struktur

I gennem dette projekt er der arbejdet i to spor. I første del er der udført forsøg på at detektere forurening af tarme vha. af to typer af kameraer. Anden del er et studie af videobaseret kunstig intelligens. Derfor er slutrapporten delt op i to dele.

## Del 1

### Optisk måling af tarm

#### Baggrund og formål

Der kan i sjældne tilfælde ligge rester af gødning tilbage i krus- og bundtarm efter skylning. De viser sig som små korn af tarmindhold, som ikke må forekomme i slutproduktet.

Der er derfor, efter forespørgsel fra DAT-Schaub, blevet lavet indledende undersøgelser af mulighederne for at automatisere visse dele af kvalitetskontrollen.

#### Manuel inspektion af tarme på lysbord

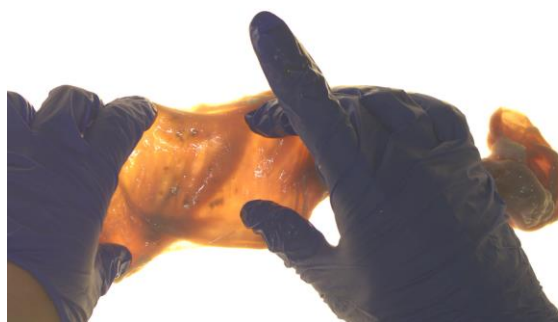
Krustarm og bundtarm blev lagt på et lysbord, og der blev taget billeder ovenfra. Her forsøgte operatøren at finde forurening ved at flytte tarmene rundt og strække tarmene efter behov.



Figur 1. Krustarm og bundtarm på lysbord.



**Figur 2.** Krustarm og bundtarm set oppefra.



**Figur 3.** Forureningen er næsten umulig at se, medmindre tarmen strækkes.

#### *Konklusion af manuel inspektion af tarme*

Det er muligt at se forurening på den øverste side af tarmen, men tarmen fungerer i sig selv som en diffusor, der udvisker detaljer, når forurening ses gennem flere lag. Det gør, at et lysbord ikke er brugbart til en simpel automatiseret detektion. Ved manuel inspektion vil en operatør kunne håndtere tarmene, så de præsenteres optimalt; dette vil også være nødvendigt ved en automatiseret inspektion, da der ellers er for mange steder, hvor forureningen kan gemme sig.

#### *Forsøg på at finde mucin i tarm*

Mucin er en type glykoprotein, der primært findes i slimhinderne i kroppen, herunder i tarmen. I tarmen bidrager mucin til dannelsen af et beskyttende slimlag. Mucin, som ekstraheres fra tarmene i slagteriprocesser, anvendes i medicinalindustrien blandt andet i udviklingen af medicinske produkter.

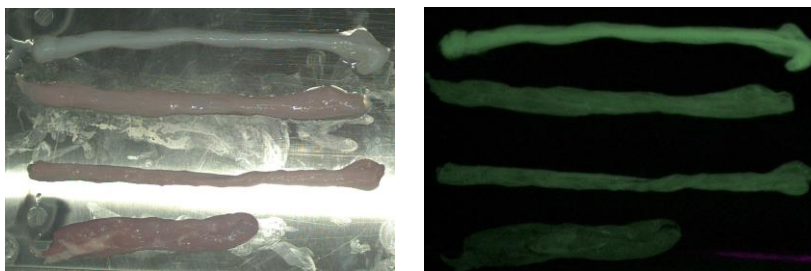
Ved hjælp af et hyperspektralt kamera og et RGB-kamera blev det undersøgt, om det var muligt at finde mængden af mucin ekstraheret i slagteriprocesser. Til rådighed var tarmstykker fra forskellige procestrin.

#### *Metode*

I dette forsøg blev to forskellige opsætninger anvendt for at undersøge fluorescenssignaler fra tarme forbundet med mucinindhold.

#### *RGB-kamera og UV-lys*

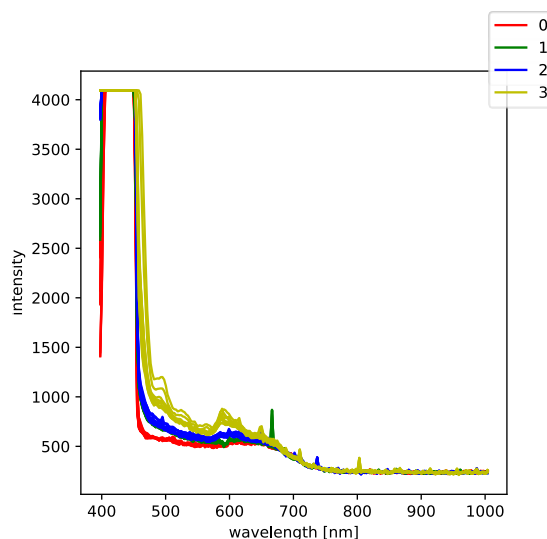
Den første opsætning involverede en lystæt kasse udstyret med et Basler 12 megapixel RGB-kamera, der registrerer lys i området 400-700 nm. Kassen var udstyret med lyskilder, der udsendte både hvidt synligt lys og UV-lys ved bølgelængderne 325 nm og 340 nm. Når UV-lyset er tændt, vil alt lys, som kameraet ser, dermed være fluorescenssignal fra prøven. Dette ses på figur 4.



**Figur 4.** Venstre: Tarmene set i hvidt lys, mest processerede øverst, mindst nederst.  
Højre: Tarmene i UV (billede lavet ved at kombineret 325 og 340 nm billeder).

### Hyperspektralt kamera

Den anden opsætning anvendte et Specim FX10 hyperspektralt kamera med 224 kanalkanaler fra 400 til 1000 nm og en NKT Photonics supercontinuum laser (390 nm til 1900 nm) som excitationslyskilde. Selvom udstyret ikke var designet til fluorescensmålinger, blev det modificeret til formålet med anvendelse af filtre og øget eksponeringstid (100 ms/linje). Resultaterne fra hyperspektralkameraet blev analyseret for at vurdere forskelle i fluorescenssignaler fra tarme ved forskellige procestrin.



**Figur 5.** Spektret fra 4 udvalgte tarme, hvor rød er den ikke-processerede, efterfulgt af hhv. grøn, blå og gul, hvor gul er den mest processerede tarm. Det overbelyste peak under 450 nm er det direkte excitationslys. Den ikke-processerede tarm får mest lys, men har alligevel lavest fluorescenssignal ved 475-650 nm.

### Konklusion

Forsøgene viste, at fluorescenssignalet i tarmene steg med graden af processering, hvilket var mod forventningen om, at ikke-processerede tarme med højt mucinindhold skulle have det stærkeste fluorescenssignal. Det blev konkluderet, at det eksisterende udstyr ikke er ideelt til formålet, da det ikke er muligt at afgøre, om et signal fra mucin er til stede eller drukner i baggrundsfluorescens fra tarmen. For fremtidige forsøg bør der anvendes tarme fra samme procestrin med varierende mucinindhold for at få mere klare resultater. Dette indikerer, at nuværende metoder og udstyr kræver yderligere udvikling for præcist at kunne evaluere mucinindhold via fluorescens.

## Del 2

# Videobaseret kunstig intelligens i slagteriindustrien

### Baggrund

Formålet med analysen er at evaluere anvendelsen af videobaseret kunstig intelligens i slagteriindustrien. Analysen søger at identificere, hvordan AI-teknologier kan forbedre kvalitetskontrol, dyrevelfærd, sporbarhed og arbejdssikkerhed. Derudover adresseres de etiske udfordringer og de teknologiske implementeringsudfordringer, der er nødvendige for en ansvarlig og effektiv integration af AI i produktionsmiljøet.

### Videobaseret kunstig intelligens

Videobaseret AI er en avanceret teknologi, der kombinerer billedbehandling, maskinlæring og deep learning for at analysere og fortolke videodata. Teknologien gør det muligt at automatisere og forbedre processer ved at forstå tidslige dimensioner i videoindhold.

Centrale metoder inkluderer:

- 3D Convolutional Neural Networks (3D-CNNs) til spatio-temporale funktioner
- Recurrent Neural Networks (RNNs)
- Long Short-Term Memory (LSTM) til sekventiel dataanalyse
- Optisk flow-analyse til bevægelsesdetektion og action recognition til identifikation af handlinger.

Alle disse metoder tager også højde for den tidslige dimension, som adskiller videodata fra statiske billeder.

### Kvalitetskontrol og optimering

Slagteriindustrien har behov for effektiv kvalitetskontrol og optimering for at sikre høje standarder for fødevarerens sikkerhed og kvalitet. Dette kræver nøje overvågning af produktionsprocessen for at eliminere defekter, sikre korrekt opskæring og overholde hygiejnestandarder. Videobaseret kunstig intelligens kan hjælpe ved at automatisere kvalitetskontrol og identificere defekter i realtid, sikre ensartethed og opdage kontaminering. Videobaseret AI vil potentielt kunne hjælpe med at optimere produktionsprocesser ved at analysere arbejdsgange for at identificere ineffektive procedurer, hvilket forbedrer hastighed og ressourceudnyttelse. Desuden vil teknologien kunne sikre overholdelse af hygiejne- og sikkerhedsprotokoller, hvilket øger både produktkvalitet og arbejdsmiljøets sikkerhed.

### Dyrevelfærd

Korrekt håndtering af levende dyr i opstaldningsområdet før slagtning er afgørende for at sikre dyrevelfærd og forbedre kødets kvalitet. Dyr, der ankommer til slagteriet, kan være stressede, og det er vigtigt at skabe rolige omgivelser med tilstrækkelig plads, ventilation og adgang til vand. Personalet skal være trænet i dyreadfærd for at kunne guide dyrene uden unødigt kraft eller larm. Videobaseret kunstig intelligens kan hjælpe med at løse disse udfordringer ved at analysere videofeeds i realtid for at overvåge dyrenes adfærd og opdage tegn på stress. AI kan også sikre, at håndteringsprotokoller og dyrevelfærdsstandarder overholdes ved at overvåge interaktionen mellem medarbejdere og dyr. Dette proaktive overvågningsværktøj kan potentielt forbedre dyrevelfærden, optimere

effektiviteten og sikre overensstemmelse med lovgivning og kundekrav i slagteriindustrien.

### *Sporbarhed*

Effektiv sporbarhed af produkter er afgørende i slagteriindustrien for at imødekomme kundekrav og styrke tilliden til fødevarer sikkerheden. Kunder efterspørger større transparens omkring produkternes oprindelse, produktionsforhold og kvalitetskontrol. Sporbarhed gør det muligt at følge et produkt gennem hele forsyningskæden, hvilket er essentielt for hurtigt at kunne reagere på fødevarer sikkerhedsproblemer og reducere omkostninger ved tilbagekaldelser ved præcist at identificere berørte partier. Videobaseret kunstig intelligens (AI) kan forbedre sporbarheden ved automatisk at overvåge og registrere hvert trin i produktionsprocessen. AI-systemer kan identificere og spore individuelle produkter ved hjælp af visuelle markører, hvilket sikrer nøjagtig dokumentation. De kan også opdage og rapportere afvigelser i realtid, hvilket muliggør øjeblikkelig korrektion. Ved at integrere AI med eksisterende sporingssystemer kan der skabes en omfattende sporbarhedsløsning, der reducerer risikoen for fejl, forbedrer effektiviteten og muliggør hurtigere respons ved tilbagekaldelser, hvilket samlet set reducerer omkostningerne og øger kundetilliden.

### *Træning og arbejdssikkerhed*

I slagteriindustrien er det vigtigt at fokusere på grundig træning af nye medarbejdere og sikre høj arbejdssikkerhed for at minimere uheld og nedslidning. Arbejdet indebærer ofte brug af skarpe redskaber, tunge løft og gentagne bevægelser, hvilket kan føre til ulykker og skader, hvis det ikke udføres korrekt. Effektiv oplæring sikrer, at medarbejderne er fortrolige med sikkerhedsprocedurer og ergonomiske metoder. Løbende opdatering af sikkerhedsstandarder er også nødvendig for at tilpasse sig nye udfordringer og teknologier.

Videobaseret kunstig intelligens (AI) kan spille en stor rolle i at adressere disse behov ved at overvåge og analysere medarbejdernes arbejdsmetoder i realtid. AI kan automatisk identificere usikre handlinger og ergonomisk u hensigtsmæssige bevægelser, hvilket muliggør øjeblikkelig feedback og korrigerende tiltag. Dette reducerer risikoen for uheld og skader. Derudover kan optagede videoer bruges som træningsmateriale for nye medarbejdere, som kan lære korrekt praksis gennem visuelle eksempler. Ved at analysere mønstre i data kan ledelsen også identificere behov for yderligere træning eller ændringer i arbejds gange, hvilket skaber en sikrere og mere effektiv arbejdsplads.

### *Etiske overvejelser*

Implementering af videobaseret kunstig intelligens i slagteriindustrien rejser etiske overvejelser, især omkring privatliv og overvågning. Kontinuerlig overvågning kan skabe stress og mistillid, så det er vigtigt at balancere effektivitet med medarbejdernes ret til privatliv. Transparens og samtykke er afgørende, og overholdelse af databeskyttelseslovgivning som GDPR er både juridisk og etisk nødvendig. Desuden skal AI-systemer designes uden bias for at sikre retfærdig behandling af alle medarbejdere.

### *Implementering og integration*

Implementeringen af videobaseret kunstig intelligens i slagteriindustrien møder flere udfordringer. Teknologisk kompleksitet kræver betydelige investeringer i hardware, software og ekspertise samt tilpasning til eksisterende systemer. Datakvalitet er kritisk, da AI-systemer afhænger af præcise data i et miljø med varierende produktstørrelser. Systemerne skal håndtere real-tidskrav, uden at forsinke produktionen, og være robuste nok til at modstå miljømæssige faktorer som fugt og temperaturudsving. Medarbejdermodstand kan også opstå, hvilket kræver effektiv forandringsledelse og uddannelse. Desuden skal teknologien være skalerbar og vedligeholdes løbende. En strategisk tilgang er nødvendig for at overvinde disse udfordringer og drage fordel af AI-teknologi.

### *Opsummering*

Analysen har undersøgt, hvordan videobaseret kunstig intelligens (AI) kan forbedre kvalitetskontrol, dyrevelfærd, sporbarhed og arbejdssikkerhed i slagteriindustrien. AI kan automatisere kvalitetskontrol, overvåge dyreadfærd, styrke produktsporbarhed og forbedre arbejdssikkerheden. Analysen inddrager også de etiske overvejelser som privatliv og databeskyttelse samt udfordringer ved implementering, såsom teknologisk kompleksitet og modstand mod forandring. Konklusionen er, at strategisk planlægning og et fokus på etiske aspekter er nødvendige for at opnå en succesfuld integration af AI, hvilket kan forbedre effektiviteten og kvaliteten i industrien.