



SAF – Årsrapport 2024

Den digitale fabrik

AP3. Monitorering af skærekvalitet

22. maj 2025
Proj.nr. 2011294
Version 1.1
Init.: PESG/MT/OLR

Peter René Bolvig Stentebjerg (projektleder)

Indledning

Projektets rammer er beskrevet i ansøgningen til Svineafgiftsfonden fra august 2023.

Aktiviteterne i projektet er blevet gennemført i henhold til innovationsmodellen udviklet af DMRI (se bilag 1). Nedenfor gives et sammendrag af indhold og udvalgte resultater i projektet, som detaljeret er gennemgået med både følge- og styregrupper igennem hele projektperioden.

Projektperioden er forløbet over 2 år med start i januar 2023 og afslutning i december 2024. Projektet er sponsoreret af Svineafgiftsfonden (SAF).

Formål og projektcase

SAF-projektet "Monitorering af skærekvalitet" har til formål at forbedre produktkvalitet og -udbytter gennem udvikling af en visionløsning til automatisk at vurdere skærekvaliteten af produkter i kasser efter udbening.

Projektet er afgrænset til at fokusere på en række biprodukter (trimningsprodukter), hvor mængden af kød på fedt eller ben er målbar og samtidig kan være en indikator for udbyttet af hovedproduktet. Det forventes, at kontinuert overvågning af en række trimningsprodukter vil kunne frembringe det nødvendige datagrundlag, der giver mulighed for at optimere skæreprocesserne og dermed udbyttet af hovedprodukterne på udbeningslinjerne ved at minimere mængden af uønsket kød på biprodukterne. Kødet skal så at sige "flyttes" fra biproduktet til hovedproduktet, hvor udbyttegevinsten er mange gange større.

Det er derfor essentielt, at udstyret automatisk kan vurdere skærekvaliteten af en række biprodukter og samtidig løbende formidle resultaterne til udbeningsmestrene på slagteriet.

Resumé over projektaktiviteterne fra projektets 1. år (2023)

I 2023 havde projektet primært fokus på de indledende analyse- og idéfaser, hvor projektet blev defineret og afgrænset i samarbejde med branchens interessenter. Aktiviteterne i denne fase af projektet omhandlede bl.a. definition af projektcasen, udvikling af løsningskonceptet samt en omfattende businesscase-analyse for at belyse den konkrete værdiskabelse ift. projektets målsætning. I løbet af den sidste del af året fik projektet designet, udviklet og bygget en vision-testopstilling, som efterfølgende blev opsat på værtsslagteriet.

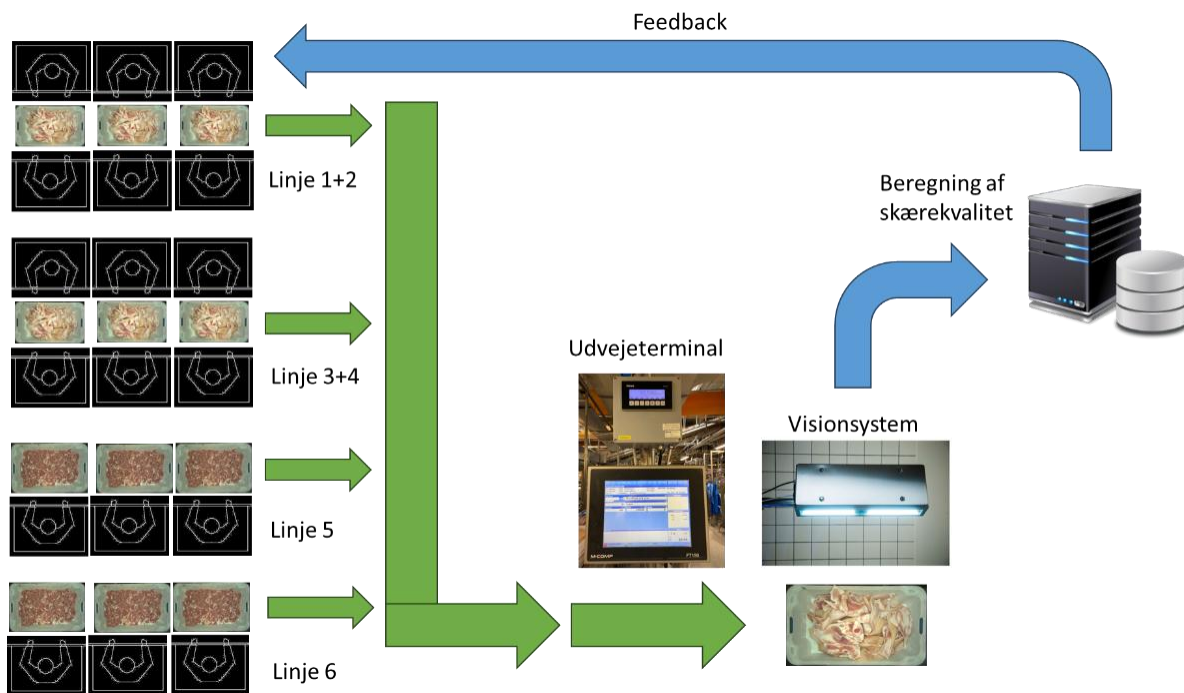
Yderligere detaljer og resultater er beskrevet i projektets årsrapport fra 2023:

[Årsrapport 2023 - Den Digitale fabrik AP3 Monitorering af skærekvalitet](#)

Nedenfor præsenteres projektets aktiviteter og resultater for videreudvikling af løsningen i 2024.

Løsningskoncept & værdiskabelse

Projektets løsningskoncept er skitseret i nedenstående figur 1, der bygger på at assistere udbeningsmestrene i deres opgave med at opretholde produktkvalitet og udbytter ved at monitorere samtlige kasser for en række udvalgte produkttyper ved anvendelse af et eller flere visionsystemer. Billeddata og analyseresultater, der automatisk kategoriserer graden af produktkvalitet eller produktudbytte, kan herefter anvendes som et feedback-værktøj for udbeningsmestrene til hurtigere at opspore og korrigere overfor et aktuelt fald i skærekvaliteten eller udbyttet. Samtidig kan historiske billeddata anvendes til oplæring af nye medarbejdere samt opfølgning på kunderekamationer.



Figur 1. Skitse over løsningskoncept, hvor kasser fra flere udbeningslinjer bliver målt af et visionsystem placeret efter udvejeterminalen, hvorefter analysedata for skærekvaliteten formidles tilbage til udbeningslinjerne via løbende feedback.

Integration med slagteriets produktionsdata

Med udgangspunkt i projektets løsningskoncept er det essentielt, at visionsystemet kan integreres med værtsslagteriets specifikke produktionsdata omhandlende registreringer af kasserne udført under udvejning. Dette omfatter bl.a. information om kassens oprindelse, dvs. hvilken udbeningslinje kassen kommer fra, samt på hvilket tidspunkt kassen blev anvendt og fyldt op på linjen. Samtidig skal systemet også kende til det unikke produkt-/varenummer, som udgør kassens indhold, og som indtastes manuelt på udvejningsterminalerne. Disse registreringsdata er nødvendige for at kunne identificere produktet i kassen samt spore kassen tilbage til en bestemt udbeningslinje og tidspunkt for at sikre korrekt opfølgning og feedback.

Integrationen til udstyret blev foretaget ved opslag i produktionsdatabasen med kassens RFID-tag som referencenummer. Dermed kunne følgende data hentes automatisk for hver kasse:

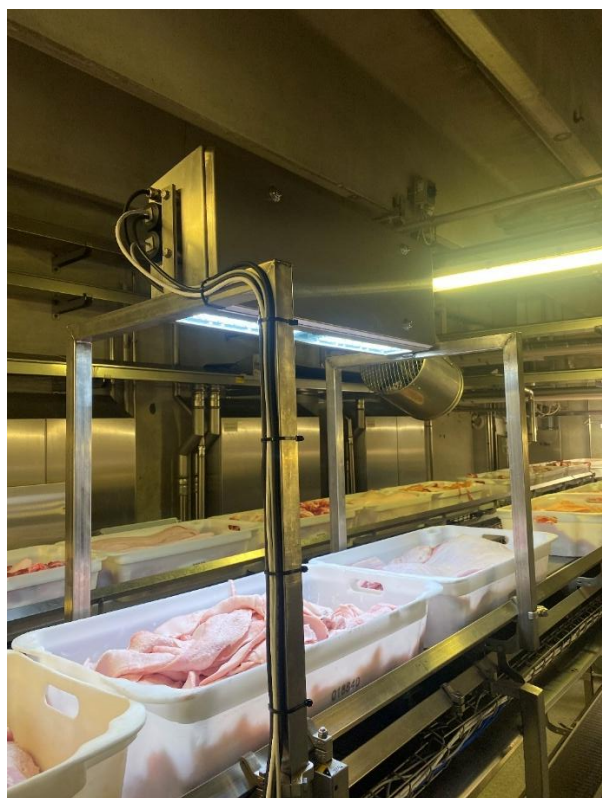
- Produktnummer + varebeskrivelse
- Synonymnummer ved udvejning
- Linjenummer + linjebeskrivelse
- Tidsregistrering på linjen
- Vægt
- Sorteringsgrupper og batchnummer

Visionsystem, dataopsamling og analyseresultater

Med opsætning af visionudstyret på værtsslagteriet samt den efterfølgende integrering med produktionsdata blev det muligt at opsamle nødvendige referencedata til udvikling af klassificeringsalgoritmer til automatisk at måle skærekvaliteten på en række udvalgte produkter. Placeringen af visionudstyret gjorde, at samtlige kasser kunne måles fra 2 dobbeltlinjer, som på daglig basis udgjorde ca. 7.000 kasser fordelt på 50 forskellige produkttyper. Gennem prioritering med projektets interesser blev der udvalgt 3 forskellige produkttyper, som skulle anvendes til udvikling og opmåling af skærekvaliteten. Valget var inspireret af de produkter, der blev målt under skæreforsøget fra 2023, og som dannede basis for projektets businesscase. De tre udvalgte produkter blev:

- Fast spæk fra kamme (2162)
- Bugstrimler uden svær fra brystflæsk (2183)
- Hoftestykker uden fedt (1621)

De første to produkter er (fedt)produkter, der produceres som en del af trimningsprocessen af hhv. kam og brystflæsk, og hvor mængden af kød i kassen kan give et indirekte mål for det tabte udbytte på hovedproduktet. Hoftestykker er derimod et kødprodukt, der kan give omkostningstunge kundereklamationer, hvis de ikke er trimmet godt nok for fedt. Det er muligt for slagteriet at foretage en eftertrimning af produkterne for at undgå kundereklamationer, hvis en afvigelse i skærekvaliteten opdages i tide.



Figur 2. Visionsystemet monteret på værtsslagteriet over et af transportbåndene med kasser, der modtages fra 2 dobbeltlinjer i udbeningen (tv) samt et eksempel på uønsket kød i trimningsprodukter, her bugstrimler (th).

Som i det førnævnte skæreforsøg fra 2023 blev målingen af skærekvaliteten opgjort ved en klassificering på en 4-trinsskala defineret ved:

1. Optimal = mindst kød (eller mindst fedt)
2. Acceptabel
3. Uacceptabel
4. Uacceptabel = mest kød (eller mindst fedt)

Da der er tale om 2 typer af klassificeringer, hhv. måling af kød på fedtprodukter og fedt på kødprodukter, blev der udviklet 2 AI klassificeringsalgoritmer baseret på referencedata fra de udvalgte produkttyper. Samtidig blev der udviklet en produktidentifikationsalgoritme til at sikre sig imod udvejningsfejl, hvor produktet i kassen ikke matcher den angivne produkttype. Denne kasse vil blive klassificeret med en score = 0. ID-algoritmen blev senere anvendt til også at opdele produkttypen 2162 (fast spæk fra kamme), idet trimningen af fedt på hoftestykker også udvejes under denne produktkategori, men afviger i form og kvalitet ift. den generelle produktvariation, pga. de høje krav til trimningen af hoftestykker. Dermed blev listen af produkttyper udvidet med endnu en produkttype kaldet: 2162-1 hoftestpæk, så listen af produkter blev udvidet til 4:

- Fast spæk fra kamme (2162)
- Hoftestpæk (2162-1)
- Bugstrimler uden svær fra brystflæsk (2183)
- Hoftestykker uden fedt (1621)

I figur 3 nedenfor er resultaterne fra klassificeringsalgoritmen demonstreret på de første 3 trimningsprodukttyper med eksempler på alle klassificeringsscores (4-1) vist "side-om-side". Billedresultaterne viser en pæn korrelation mellem klassificeringen og forholdet mellem mængden/arealet af det synlige kød i kassen, der stiger med klassificeringen (fra højre mod venstre).

Som beskrevet ovenfor afveg hoftestpæk (2162-1) generelt ift. fast spæk fra kamme (2162), idet niveauet over en længere periode lå væsentlig højere, omk. 3,5 på klassificeringsscoren, ift. et niveau på 1,5 på fast spæk. Bugstrimler (2183) lå lidt højere med et gennemsnit omk. 2,5. Det er dog variationerne og deres periode samt frekvens, der er interessant, for at slagteriet kan sikre sig imod disse afvigelser.

Fast spæk fra kamme 2162 (4,3,2,1)



Fast spæk fra kamme "Hoftespæk" 2162-1 (4,3,2,1)



Bugstrimler fra brystflæsk 2183 (4,3,2,1)



Figur 3. Billedeksempler fra visionudstyret, der viser vurderingen af skærekvalitet ift. 4-trinsskala-klassificering af produkter i kasser målt i drift på værtsslagteriet.

I figur 4 nedenfor er resultaterne vist for den sidste produkttype – hoftestykker uden fedt (1621) – hvor klassificeringen angives omvendt, idet skærekvaliteten her måles i mængden af uønsket fedt på hoftestykket modsat uønsket kød i et fedtprodukt. Samtidig kan målingerne for hhv. hoftestykker og hofte-spæk også give en god indikation af kvalitetsniveauet for trimningsprocessen af hoftestykker, idet udbyttetab kan måles på hofte-spækken, mens skærekvaliteten kan vurderes på hoftestykket ift. skærespecifikationen.

Hoftestykker uden fedt 1621 (4,3,2,1)



Figur 4. Billedeksempler fra visionudstyret, der viser vurderingen af skærekvalitet ift. 4-trinsskala-klassificeringen af hoftestykker, målt i drift på værtsslagteriet.

Anvendelsen af "blå sedler" kan være mere eller mindre udbredt hos de danske fødevarer virksomheder, og dette var også tilfældet på værtsslagteriet, hvor der ofte kunne ligge en blå seddel i toppen af kassen, som indikerede en besked ifm. en efterfølgende manuel handling. Ved at inddrage disse kasseksempler til træningsdata, kunne klassificeringsalgoritmen foretage en vurdering af skærekvaliteten, selvom der også lå en blå seddel i kassen. Dette er vist nedenfor i figur 5, hvor der i en periode blev anvendt mange blå sedler i kasserne med hoftestykker ifm. manuel stikprøvevurdering af kvaliteten med udgangspunkt i en adskillelse af de 2 udbeningslinjer (5 og 6) samt dag- og aftenhold (fx A6).

Hoftestykker uden fedt 1621 med blå sedler (4,3,2,1)



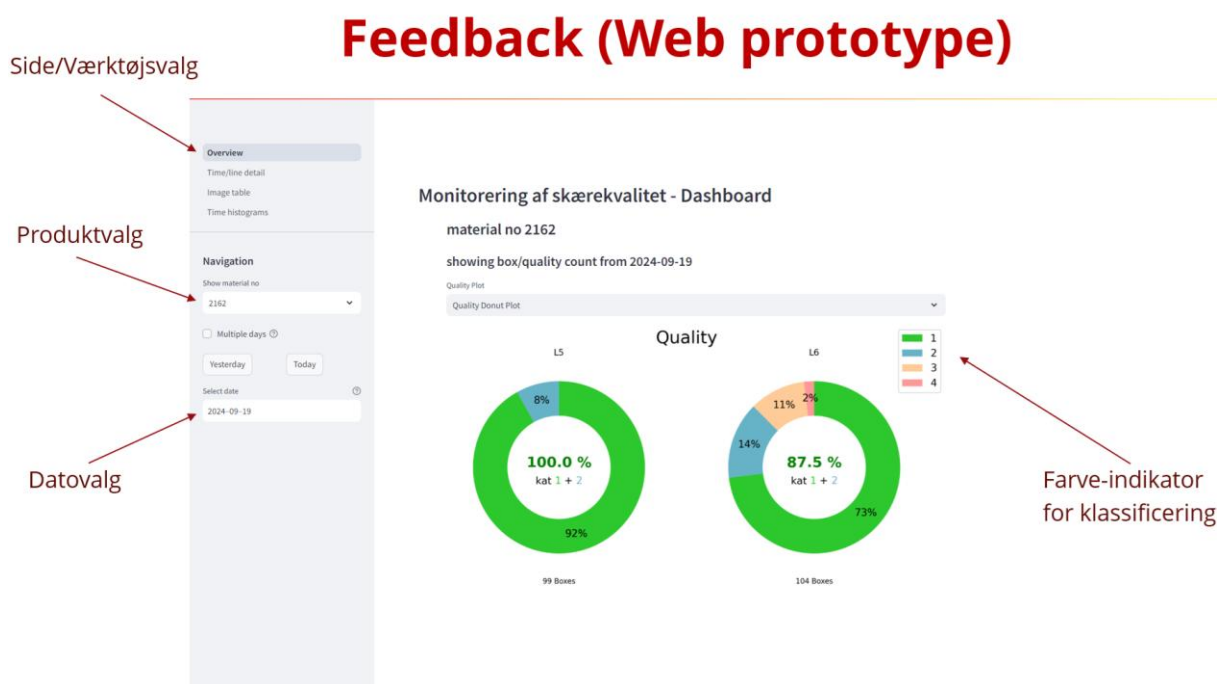
Figur 5. Billedeksempler fra visionudstyret, der viser vurderingen af skærekvalitet ift. 4-trinsskala-klassificeringen af hoftestykker målt i drift på værtsslagteriet.

Udvikling af opfølgingsværktøj til feedback

Ovenstående billedresultater er interessante for slagteriets nøglemedarbejdere, så længe de har mulighed for hurtigt og nemt at finde frem til de rigtige eksempler. Formidlingen af dataresultater samt muligheden for opslag i billeddata var derfor essentielt i design og udviklingen af et digitalt opfølgingsværktøj til formidling af den målte skærekvalitet.

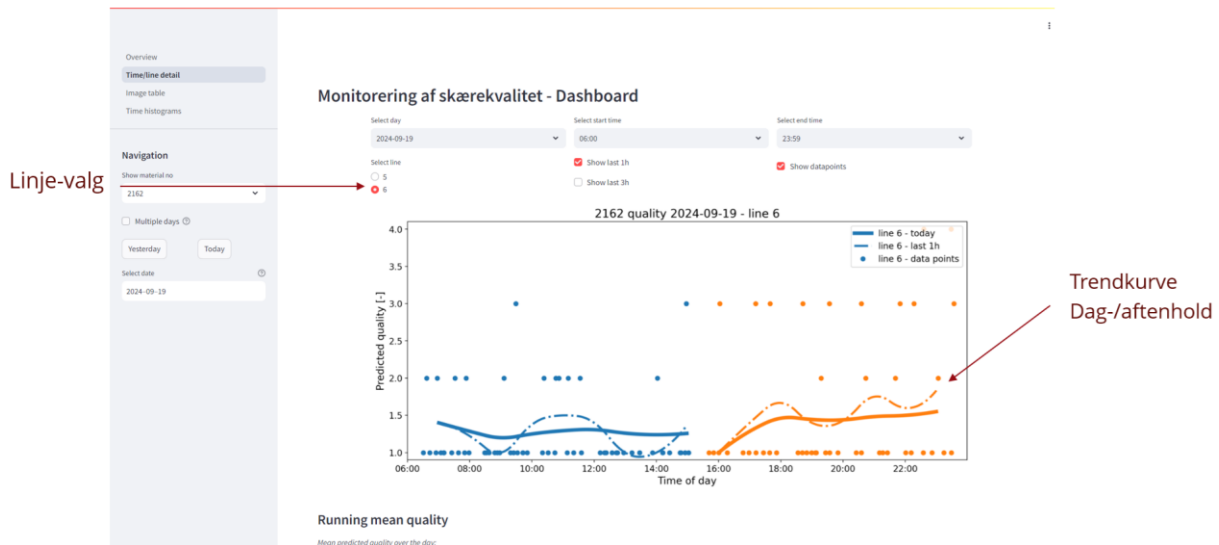
Som angivet i årsrapporten fra 2023 blev der tidligt i projektet udviklet skitser af diverse statistiske diagrammer, som blev gennemgået og prioriteret i samarbejde med projektets interessenter. Idéer og tanker herfra blev udnyttet i udviklingen af en digital platform, der er nem at tilgå og navigere i. Resultatet blev en interaktiv WEB-baseret prototype, hvor dataresultater kunne præsenteres, lige fra statistiske fordelingsdiagrammer til trendkurver over dag- og aftenproduktion samt muligheden for at sortere i rå-billeddata baseret på fx tid, linje eller kvalitetsscore. Prototypen blev implementeret på en stationær terminal med touchskærm, der blev stillet til rådighed på mesterkontoret på værtsslagteriet. Gennem netværksopkobling kunne terminalen (i real-time) kommunikere med visionsystemet og hente både nuværende og historiske måle- og analysedata.

Nedenfor vises et udsnit af platformens feedbackfunktionalitet, hhv. fordelingsdiagram (figur 6), trendkurver (figur 7) og navigation i billeddatabasen (figur 8).



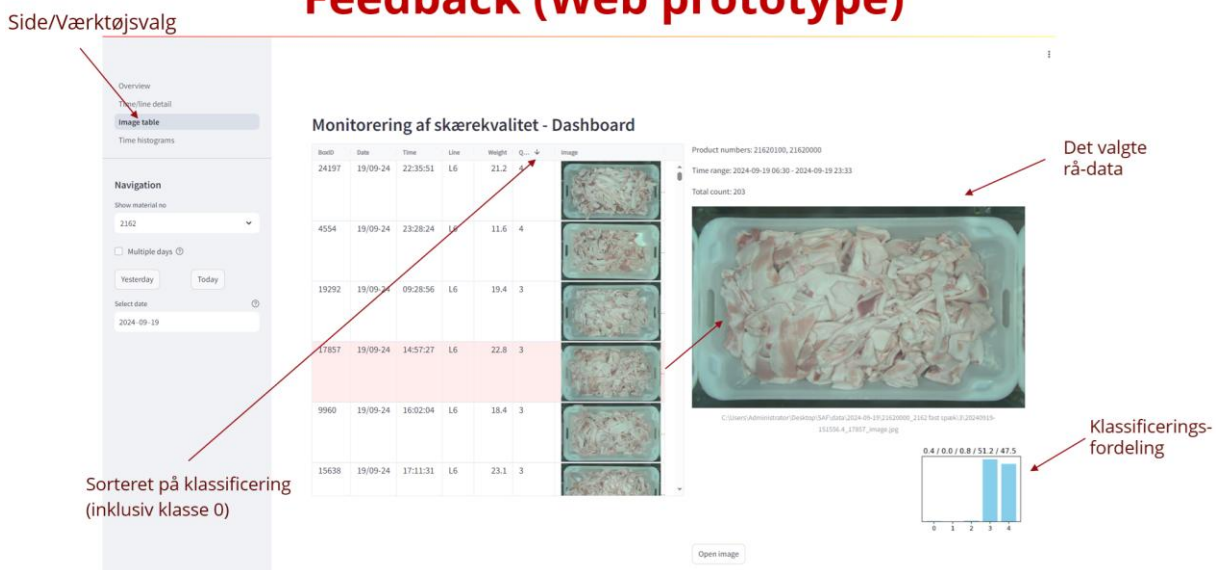
Figur 6. *Quality donut plot* illustrerer fordelingen af de 4 klasser for den valgte produkttype for den udvalgte periode. Perioden kan være en specifik dato eller en periode af flere dage. Under normal drift vises den aktuelle fordeling over de kasser, der er målt under dagens produktion.

Feedback (Web prototype)



Figur 7. *Time line* visualiserer aktuelle eller historiske trendkurver ud fra den valgte produkttype samt linje- og datovalg. Datapunkterne er de enkelte kassemålinger, mens kurverne er løbende gennemsnit over forskellige tidsperioder (timer). Farverne indikerer, om der er tale om dag- (blå) eller aftenhold (gul).

Feedback (Web prototype)



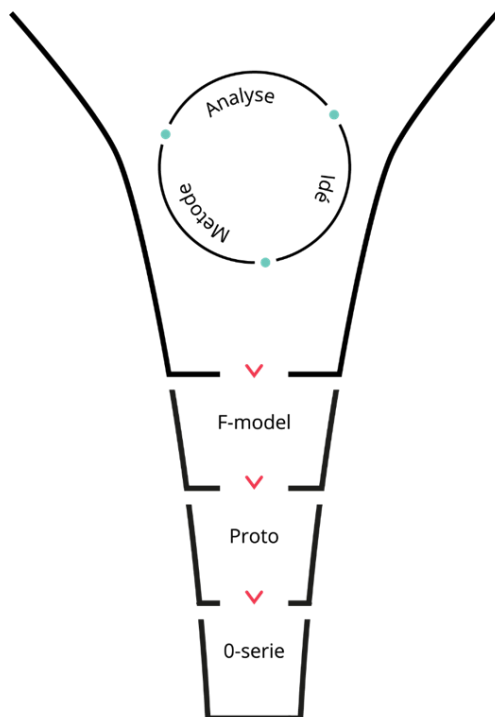
Figur 8. *Image table* henter samtlige råbilleder sammen med måledata for det valgte produkt samt den valgte dato/periode. Tabellen giver brugeren mulighed for at sortere i data på baggrund af tidsstempel, udbeningslinje eller klassificeringen for skærekvalitet. Det valgte billede kan herefter vises i stor størrelse eller printes til fx eksternt sparring med medarbejdere i udbeningen.

Konklusion

SAF-projektet "Monitorering af skærekvalitet" har demonstreret mulighederne i en digital platform bestående af et visionsystem og AI klassificeringsalgoritmer, der kan vurdere skærekvalitet og udbytte for en række produkter i udbeningen hos fødevarevirksomheder. Visionsystemet er fortsat i drift på værtsslagteriet, hvor ambitionen er, at løsningen kan fremstå som et supplement til den daglige manuelle stikprøvekontrol ved at formidle en 100% overvågning af niveauet af skærekvaliteten på aktuelle produkter og udbeningslinjer, og samtidig også agere som inspiration for slagterimedarbejderne ift. at levere en tilfredsstillende skærekvalitet, der kan opretholde et optimalt udbytte af produktionen.

Innovationsmodellen

Projektmål: Forbedre produktudbyttet gennem udvikling af en Vision-løsning til automatisk at vurdere skærekvaliteten af produkter i kasser efter udbening



Projekttitel: Monitorering af Skærekvalitet (2011294)

Faser	Periode	Aktiviteter	Leverancer
Analyse	Q1-Q2 2023	Dialog med branchen om produkttyper, som er egnet til kvalitetsbedømmelse. Udarbejde forslag og krav til løsning samt overveje C/B	Liste over produkttyper i kasser (max 5 stk.) Værtsslagteri og ideel udstyrsplacering
Ide	Q2 2023	Udarbejde Idé-katalog over udstyrsforslag, herunder kamera, lys. Vurdering af placeringsmuligheder for udstyret ift. transportveje for de udvalgte produkttyper.	Ide-katalog over konceptløsning Business Case + C/B analyse Udkast til Kravspecifikation (opdateres løbende)
Metode	Q3-Q4 2023	Design og opsætning af udstyr hos værtsslagteri. Udvikling af algoritmer til automatisk kvalitetsbedømmelse på metode-niveau.	Reference-billeddata af kasser for de udvalgte produkttyper. Indledende reference-data fra udvalgte skæremestres kvalitetsbedømmelse.
F-model	Q1-Q2 2024	Videreudvikling af algoritmer til kvalitetsbedømmelse.	Udbygning af reference-data og reference-bedømmelser. Offline-test af algoritmer ift. præcision og performance.
Proto	Q3-Q4 2024	Optimering af algoritmer og implementering af software til online udstyr. Etablere kommunikationsstrategi sammen med virksomheden for formidling af måleresultater.	Resultatformidling ved statistikopgørelse samt kommunikationsstrategi Langtidstest online
0-serie			