

PROEFBEDRIJF PLUIMVEEHOUDERIJ VZW
Departement Economie, Streekbeleid
en Europa
Poel 77 - 2440 Geel



Gezondheidsmonitoring via beeldtechnologie bij vleeskuikens



Provincie
Antwerpen



COLOFON

Dit demonstratieproject werd mogelijk gemaakt met financiële steun van:



en werd gerealiseerd door de partners:



Deze eindbrochure van het project "Gezondheidsmonitoring via beeldtechnologie bij vleeskuikens" is beschikbaar bij de projectpartners en te raadplegen via www.provincieantwerpen.be/proefbedrijf, in de rubriek "Publicaties".

Auteurs:

- Kris De Baere
- Lenn Carpentier
- Tom Van Hertem
- Erik Vranken
- Tomas Norton

Verantwoordelijke uitgever: Proefbedrijf Pluimveehouderij vzw
Depotnummer: D/2019/0180/01

Departement Economie, Streekbeleid en Europa
EVAP Proefbedrijf Pluimveehouderij VZW
Poel 77 – 2440 Geel
Tel: 014 56 28 70
e-mail: proefbedrijf@provincieantwerpen.be
www.provincieantwerpen.be
Ondernemingsnummer: BE 0841.556.855

Het Proefbedrijf Pluimveehouderij vzw is niet aansprakelijk voor eventuele schade die voortvloeit uit het gebruik van de informatie in deze brochure.

Gegevens uit deze brochure mogen overgenomen worden mits bronvermelding.



Inhoud

Voorwoord	4
PLF in de veehouderij.....	5
Beeldverwerking met eYeNamic®.....	5
eYeNamic®: gedrags- en gezondheidsmonitor.....	6
Europees project rond precisieveehouderij: EU-PLF.....	9
Doel.....	9
Partners.....	9
Landbouwbedrijven in het project.....	10
Voorbeelden analyses EU-PLF project.....	12
Vroegtijdige waarschuwing met behulp van camerasystemen.....	12
Inschatten pootproblemen.....	13
Mens-Dier relatie.....	14
Precisieveehouderij technologieën: problemen en oplossing.....	16
Ervaringen en feedback in het EU-PLF project.....	18
Demonstratieproject 'Gezondheidsmonitoring via beeldtechnologie bij vleeskuikens'.....	19
Opvolging vier praktijkpluimveebedrijven en Proefbedrijf Pluimveehouderij.....	19
Demotool zorgt voor betere visualisatie en analysemogelijkheden.....	20
Waargenomen afwijkingen: enkele voorbeelden.....	23
Ervaringen pluimveehouders.....	31
Geluidstechnologie bij vleesvarkens	33
Conclusies	35
Referenties	35

Voorwoord

Kenmerkend voor de vleeskuikensector is de toenemende specialisatie en schaalvergroting. De stallen worden groter, het aantal stallen per bedrijf neemt toe, sommige bedrijven hebben stallen op meerdere locaties. Dit maakt dat de pluimveehouder minder tijd beschikbaar heeft voor de controle. Bovendien wordt de pluimveehouder geconfronteerd met talrijke uitdagingen waaronder de toenemende antibioticaresistentie met de druk om het gebruik van diergeneesmiddelen sterk te verminderen, het toenemend belang van bioveiligheid en risico's m.b.t. diergezondheid en insleep van ziektes, het toenemend belang van dierenwelzijn, extra normen naar voedselveiligheid, milieu en klimaat, extra regels opgelegd in diverse lastenboeken, concurrentieel blijven in een wereldmarkt, ...

Bij de dagelijkse controles doorheen de stalomgeving gebruikt de pluimveehouder meerdere zintuigen (kijken, horen, voelen, ruiken) om de omgeving te monitoren op afwijkingen. Echter de pluimveehouder kan niet continu in de stalomgeving aanwezig zijn waardoor hij sommige problemen kan missen en er soms te laat ingegrepen wordt. Om continue en automatische opvolging van de dieren te voorzien, is het eYeNamic® systeem ontwikkeld door KU Leuven in samenwerking met Fancom BV. Dit is een gedrags- en gezondheidsmonitoring tool op basis van beeldtechnologie.

Via dit demoproject willen we de Vlaamse vleeskuikenhouders bewust maken van de mogelijkheden op het vlak van precisieveehouderij en de voordelen die het kan opleveren binnen het dagelijkse management. We deelden de ervaringen en bevindingen uit een eerder Europees EU-PLF project met de pluimveesector. In dit project is het eYeNamic® camera-systeem op 4 praktijkbedrijven en op het Proefbedrijf Pluimveehouderij uitgebreid opgevolgd. Het demoproject wil deze praktisch toepasbare methode demonstreren aan de pluimveehouder.

Parallel met dit demoproject met beeldtechnologie in de vleeskuikensector loopt een demoproject over geluidsanalyse in de varkenssector, waarbij een techniek op basis van geluidsanalyse gebruikt wordt om de respiratoire gezondheid van varkens in de stal te monitoren. Beide projecten worden aan elkaar gelinkt om zo ervaringen en gegevens uit te wisselen die voor beide sectoren van toepassing zijn, om de mogelijkheden van geluidstechnologie bij pluimvee te evalueren en zodoende de tak van precisieveehouderij verder te ontwikkelen tot een belangrijke tool in de hedendaagse veeteelt.

In deze brochure stellen we de nieuwe techniek voor en bundelen we de informatie en ervaringen uit dit demonstratieproject rond beeldtechnologie bij vleeskuikens.

PLF in de veehouderij

Precisieveehouderij (internationaal gekend als 'Precision Livestock Farming' afgekort 'PLF') staat voor het in 'real-time' en continu volautomatisch monitoren en managen van dieren met behulp van moderne technologie (bv. sensoren, geluidsanalyse, beeldanalyse, ...).

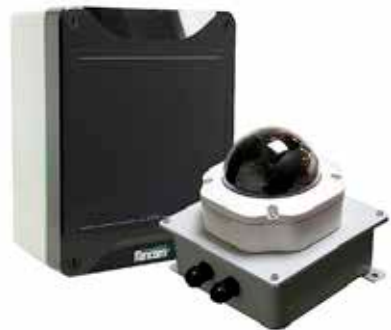
PLF-technologie gaat uit van de reacties van het dier zelf. Daarvoor wordt een continue, objectieve en kwantitatieve monitoring van het dier gebruikt om het proces volautomatisch te volgen. De PLF technologie analyseert continu parameters van gedrag, gezondheid en productiviteit van de dieren. De veehouder krijgt meldingen wanneer nodig en kwantitatieve informatie om zijn procesmanagement bij te sturen om zo tot een beter bedrijfsrendement, diergezondheid en dierenwelzijn te komen.

De voorbije jaren zijn met financiering vanuit Europa een aantal technieken ontwikkeld en op punt gesteld. Praktische toepassingen van 'Smart Farming' of 'Precision Livestock Farming' (PLF) vinden steeds meer ingang in de veehouderij. Eén van de technieken beschikbaar voor de pluimveehouderij is de nieuwe beeldtechnologie 'eYeNamic®' of voluit 'eYeNamic Sensor Module' (ESM) van Fancom B.V.

Beeldverwerking met eYeNamic®

Het eYeNamic-systeem (ESM) is een camerasysteem dat de activiteit en de verdeling van de vleeskuikens in de stal automatisch monitort. De camera's worden aan het plafond gemonteerd en brengen een deel van het grondoppervlak continu in beeld. De camera's dienen zodanig geplaatst dat ze een gedeelte van de stal in beeld brengen dat representatief is voor de volledige stal. Hiervoor dient minimum 10% van het totale vloeroppervlak te worden gemonitord en wordt bij voorkeur de volledige stalbreedte in beeld gebracht.

De software analyseert de beelden waarbij het systeem bepaalt welk deel van het vloeroppervlak ingenomen wordt door kippen en welk deel achtergrond is. Daarnaast worden opeenvolgende beelden vergeleken met elkaar, de mate waarin opeenvolgende beelden verschillen is een maat voor hoeveel de dieren bewegen in de stal.



Figuur 1. eYeNamic cameratechnologie

Deze analyse leidt tot volgende parameters (met schaal 0 tot 100):

- **Bezettingsgraad:** aandeel van het oppervlak ingenomen door dieren
Bij de opzet is deze laag, deze neemt geleidelijk toe tijdens de ronde. Blijft deze lager dan verwacht, dan kan dit ook een indicatie zijn dat de dieren te veel bij elkaar kruipen door bv. een te lage omgevingstemperatuur.
- **Distributie-index:** maat voor hoe goed de dieren verdeeld zitten over de stal
De gemaakte beelden worden ingedeeld in vakjes van ca. 1 op 1 meter, per vakje wordt de bezettingsgraad bepaald en dan wordt vergeleken in welke mate deze gelijk is over de vakjes. Als de dieren mooi verdeeld zitten over het hele oppervlak is de distributie-index hoog. Als de kippen meer bij elkaar kruipen met lege ruimtes ertussen, is de distributie-index laag.
- **Activiteitsindex:** maat voor hoeveel de dieren bewegen

Deze parameters zijn leeftijdsafhankelijk. Activiteit neemt toe tot de kuikens ongeveer 3 weken oud zijn waarna deze terug afneemt. Distributie neemt langzaam toe tot 100 wanneer de vleeskuikens alle beschikbare ruimte innemen.

Momenteel werkt het eYeNamic systeem met gewone IP camera's waarvan enkel de beelden tijdens de lichtperiode bruikbaar zijn voor de analyse. Naar de toekomst toe wordt overwogen om met infraroodcamera's te werken. Dit zou toelaten om ook een beeld te krijgen van het diergedrag tijdens donkerperiodes.

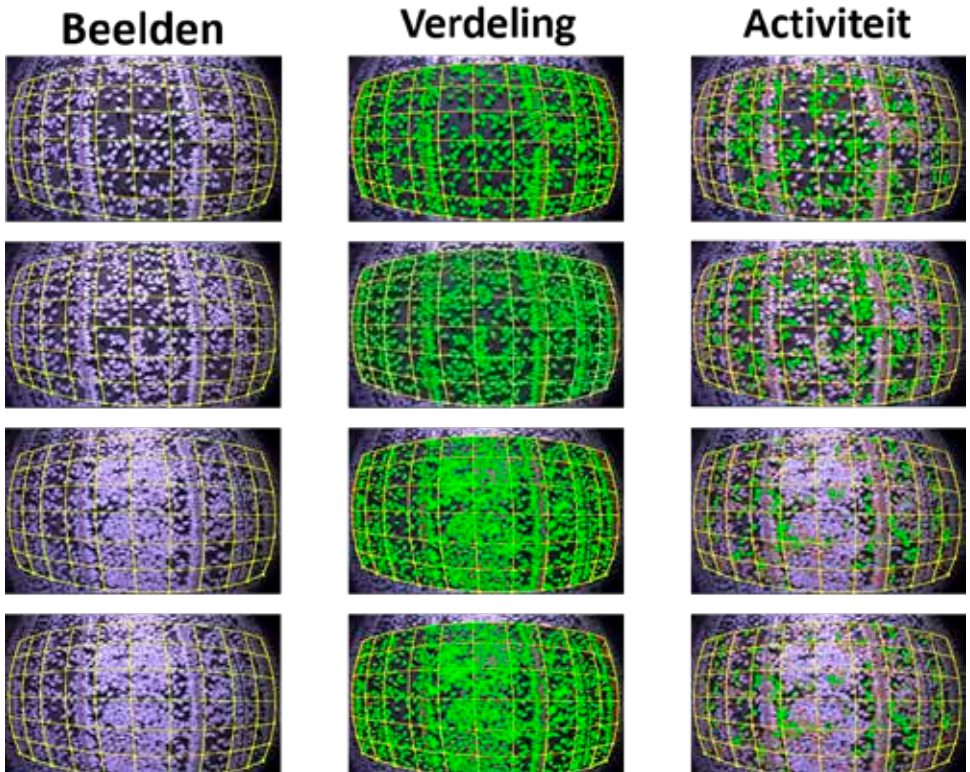
eYeNamic®: gedrags- en gezondheidsmonitor

De toename van het aantal vleeskuikens per bedrijf samen met bijkomende eisen in verband met antibioticagebruik, ziekteproblematiek, dierenwelzijn, voedselveiligheid, milieu, klimaat, lastenboeken en concurrentiepositie maken een goede opvolging in de stal steeds belangrijker.

Een pluimveehouder die zijn dagelijkse controles doet in de stal tussen de dieren gebruikt al zijn zintuigen om een beeld te vormen over de situatie in zijn stal. Door te kijken, luisteren, ruiken en voelen kan de pluimveehouder afwijkend gedrag en afwijkende parameters beoordelen en abnormaliteiten in verband met klimaat, diergezondheid en welzijn detecteren. Het detecteren van deze afwijkingen is sterk afhankelijk van de observatie, de ervaring en het oordeel van de pluimveehouder. Zoötechnische parameters kunnen de pluimveehouder eventueel objectief ondersteunen in het maken van analyses en beslissingen. Omdat deze persoon niet 24 uur per dag en 7 dagen op 7

in de stal aanwezig kan zijn, worden sommige vroegtijdige signalen soms niet opgepikt. Bij vleeskuikens is het omwille van de korte productiecycclus echter zeer belangrijk om problemen zo snel mogelijk aan te pakken om zodoende negatieve effecten zoveel mogelijk te beperken.

Als pluimveehouder is het moeilijk tot onmogelijk om in de grote stallen al de dieren individueel en accuraat te monitoren in de beschikbare tijd. PLF kan de pluimveehouder ondersteunen door het continu, automatisch en in real-time opvolgen van de dieren. Het doel daarbij is om de veehouder te ondersteunen om op basis van objectieve parameters snel managementbeslissingen te nemen die het bedrijfsrendement, welzijn en gezondheid optimaliseren.



Figuur 2. Opgenomen beelden, analyse van verdeling in de stal, analyse van de activiteit

Indien er defecten, welzijns- of gezondheidsproblemen optreden, verandert het gedrag van de dieren waarbij de activiteit en de distributie wijzigen. Met behulp van predictie modellen wordt de toekomstige activiteit en distributie geschat. De gemeten waarden worden hiermee vergeleken. Als deze teveel afwijken, wordt een melding gegeven.

Met behulp van deze technologie heeft de pluimveehouder een extra tool om problemen in een vroegtijdig stadium op te sporen en zodoende bij te sturen. Daarnaast kunnen live beelden bekeken worden alsook de eerdere parameters met een beperkte hoeveelheid van de opgenomen beelden. Samen met de andere stalparameters waaronder klimaatparameters, voer- en waterverbruik kan de pluimveehouder het probleem tijdig detecteren en verder analyseren om indien nodig bij te sturen tijdens de ronde of zijn management aan te passen voor de volgende ronde.



Europees project rond precisieveehouderij: EU-PLF

Doel

Van november 2012 tot oktober 2016 liep er een groot Europees project omtrent precisieveehouderij (EU-PLF - <http://www.eu-plf.eu/>). Het doel van het project was om de technologie en het onderzoek dat tot dan meestal werd uitgevoerd in labo's of experimentele landbouwbedrijven te implementeren op commerciële bedrijven. Bij de start van dit EU-PLF project waren er geen installaties operationeel op commerciële bedrijven en was het opschalen van deze technologieën enkel theoretisch bediscussieerd. Precisieveehouderij was daarom ook nog niet bekend bij de landbouwer.

Eén van de belangrijkste realisaties van het project was het opstellen van de "Blueprint". De "Blueprint" is een document dat de procedure bevat om PLF technologie concepten verder door te ontwikkelen tot operationele technologieën. Veehouders of ondernemingen kunnen dit document gebruiken bij de ontwikkeling van PLF toepassingen. Het document bevat een pragmatische begeleiding over hoe PLF kan toegepast worden zodanig dat het waarde creëert voor de veehouder en andere belanghebbenden. Samen met de "Blueprint" is een begeleidende 'e-course' ontwikkeld.

Partners

Het project was een samenwerking tussen 20 verschillende partners uit de industrie en onderzoek. In deze groep van partners had iedereen zijn verantwoordelijkheid, er waren zowel experts op dierenwelzijn, technologie, voorlichting als economische ontwikkeling aanwezig. De partners in het project waren: Katholieke Universiteit Leuven (coördinator project), Swedish University of Agricultural Sciences, University of Bristol, INRA, University of Milan, The Agricultural Research Organisation of Israel, Teagasc, The Royal Veterinary College, Wageningen UR (Livestock Research en Business Economics Group), Fancom BV, SoundTalks NV, PLF Agritech Europe LTD, Xenon New Technologies GCV, Abrox, Advanced Technology, Syntesa sp/f, Nutrition Sciences NV, European Federation of Animal Science, M&M Corporation, en GEA Farm Technologies.

Landbouwbedrijven in het project

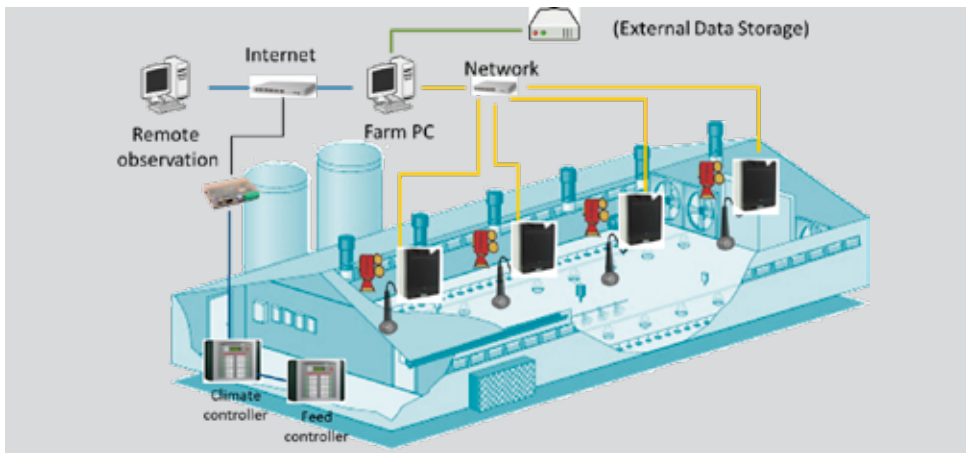
In het Europese EU-PLF project werden 20 landbouwbedrijven verspreid over de Europese Unie uitgerust met PLF technologieën. De 20 bedrijven waren opgedeeld in 5 pluimveebedrijven (2 in Groot-Brittannië en 1 in Nederland, Spanje en Italië (figuur 3)), 10 varkensbedrijven en 5 melkveebedrijven. Gedurende het project was het de bedoeling om data te verzamelen van in het totaal 60 productierondes zowel bij de pluimveebedrijven als bij de varkensbedrijven. Aangezien een productieronde in de varkenssector langer duurt werden er dubbel zoveel varkensbedrijven geselecteerd.



Figuur 3. Geografische locatie van de deelnemende pluimveebedrijven in het EU-PLF project

Zowel op de pluimveebedrijven als op de varkensbedrijven werden 4 camera's en 4 microfoons voorzien om de dieren te monitoren. Meer specifiek voor de vleeskuikenhouders werd telkens 1 stal uitgerust met 4 camera's en 4 microfoons. In het EU-PLF project werden de camera's en microfoons geïnstalleerd verdeeld over de lengte van de stal om gedragsvariaties over de gehele lengte van de stal in beeld te krijgen (figuur 4). Gedurende het project werd alle geluids- en beelddata bijgehouden op harde schijven om nadien offline verwerkt te worden. Het doel om minstens 60 productierondes te monitoren werd ruimschoots overschreden (90 productierondes). Alsook zijn er 130 beoordelingen uitgevoerd op de bedrijven waarbij kengetallen, welzijns- en gezondheidsparameters gescoord werden. In een later stadium is getracht een verband te vinden tussen deze parameters en de camera- en/of geluidstechnologieën. De aan het project deelnemende veehouders kregen een uitgebreide training samen met de betrokken projectpartners en de personen die het dierenwelzijn scoorden.

De veehouders waren ook aanwezig op de verschillende projectvergaderingen met specifieke workshops. Verder reisde één projectpartner tweemaal alle bedrijven af om gedurende 1 dag samen met de landbouwer en zijn gezin het bedrijf op te volgen en hun ervaringen met de techniek te bespreken. Via verschillende kanalen is feedback van de veehouders verzameld over hun ervaringen met de technologieën en wat de huidige voordelen, nadelen en beperkingen waren.



Figuur 4. Schematische opstelling camera's en microfoons

Voorbeelden analyses EU-PLF project

Er werden meerdere toepassingen gebaseerd op de camera- en geluidstechnologie ontwikkeld gedurende het project. Hieronder vind u een drietal voorbeelden gebaseerd op cameratechnologie. Voor meer informatie en meer voorbeelden kan u de website van het project bezoeken (www.eu-plf.eu).

1. Vroegtijdige waarschuwing met behulp van camerasystemen

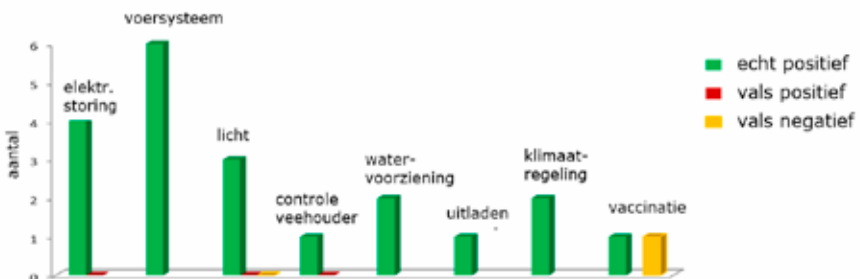


Figuur 5.

Beeld van de verdeling van de kuikens in stal met een geblokkeerde voerlijn

Het doel was het ontwikkelen van een tool welke automatisch een waarschuwing geeft wanneer afwijkend gedrag van de kuikens voorkomt. Figuur 5 toont een camerabeeld waar de verdeling van de kuikens niet goed is. Er zitten veel minder kuikens in de regio rond de voerlijn rechts in beeld. Dit is ook zichtbaar in de automatisch berekende distributie-index. Verder kan ook de activiteit afwijken aangezien de kuikens weg migreren van deze voerlijn. Het specifieke probleem in deze figuur was dat de voerhopper onderaan geblokkeerd werd door wat stroresten, dit kwam doordat de boer zelf tarwe bijmengde die niet helemaal zuiver was. De hopper zat wel vol voer waardoor

geen automatisch alarm werd gegeven, maar er kwam geen voer in de voerlijn terecht. Figuur 6 geeft een overzicht van welke problemen allemaal werden gedetecteerd met



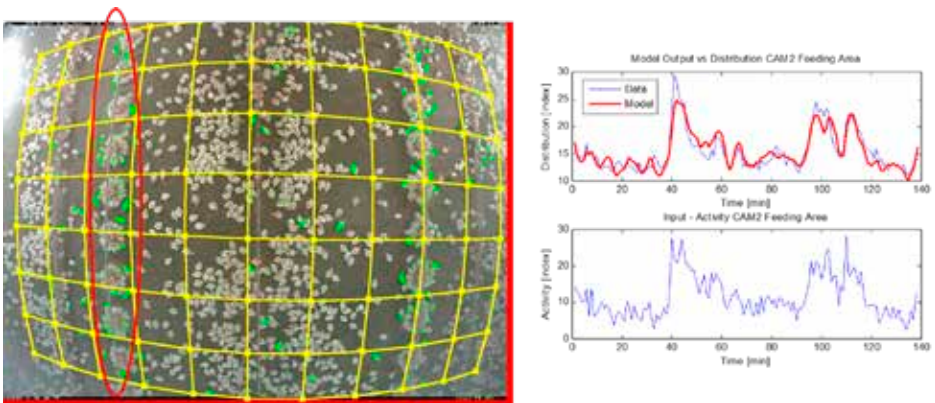
Figuur 6. Overzicht van alarmen ten gevolge van afwijkend gedrag, waargenomen met het camerasysteem op één bedrijf

het camerasysteem gedurende 2 productieronden bij één van de pluimveebedrijven uit het EU-PLF project.

2. Inschatten pootproblemen

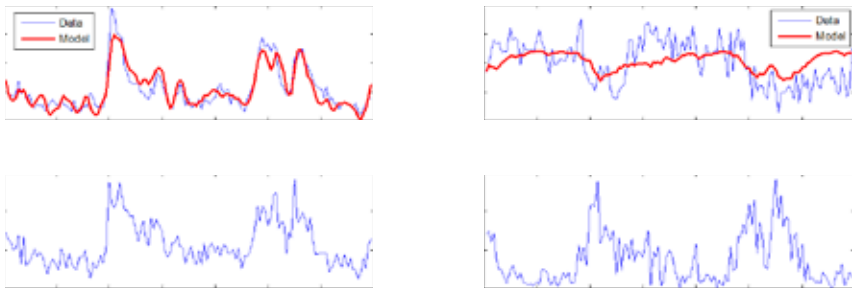
Het inschatten van pootproblemen werd op twee verschillende manieren uitgevoerd. Een eerste manier bestond er in een link te maken tussen parameters van de stalomgeving en pootproblemen. Meer specifiek werd een optimale curve voor de temperatuur-luchtvochtigheidsindex bepaald met een maximale afwijking. Wanneer de temperatuur-luchtvochtigheidsindex buiten deze grenswaarden kwam, werd de tijdsduur buiten de comfortzone geregistreerd. Deze tijdsduur was gecorreleerd met het percentage vleeskuikens met ernstige pootproblemen.

De tweede manier was het automatisch monitoren van de activiteit en verdeling rond de voerlijn (figuur 7). Wanneer er geen pootproblemen zijn, is er een goede correlatie tussen



Figuur 7. Links het opgenomen beeld, rechts onderaan de activiteit van de regio in het rood omcirkeld op het beeld. De rode lijn rechts bovenaan geeft de geschatte distributie op basis van de activiteit weer. De blauwe lijn in de grafiek rechts bovenaan geeft de gemeten distributie in deze regio weer.

de activiteit en de verdeling. Dit houdt in dat de verdeling van de kuikens ook goed ingeschat kan worden met behulp van een model met als input de activiteit (figuur 8). Wanneer de geschatte verdeling te veel afwijkt van de gemeten verdeling zijn er meestal meer pootproblemen. Ten opzichte van het normale gedrag bewegen de kuikens met pootproblemen zich minder en blijven ze meer aanwezig rond de voerlijn.



Figuur 8. De linkse grafieken geeft de situatie weer die als normaal (goed) gedrag wordt beschouwd; de rechtse grafieken geven afwijkend gedrag weer waar de relatie tussen activiteit en distributie wegvalt.

3. Mens-Dier relatie

Gedurende het project werd getracht om bepaalde parameters van de welzijns- en gezondheidsbeoordelingen te automatiseren. Meerdere van deze parameters zijn gerelateerd aan het angstniveau van de dieren. Het idee was om deze parameters te meten met behulp van een “walk-through” procedure. In deze procedure wandelde de landbouwer rustig door zijn stal (figuur 9, 10), zoals ook van toepassing is bij een gewone controle ronde. Voor de veehouder gaan de kuikens opzij, waarbij er een kleine zone ontstaat waar weinig kuikens zitten. Achter de pluimveehouder is er een grotere zone met weinig of geen kuikens. Na een tijdje gaan de kuikens deze ruimte terug innemen. Dit is waarneembaar in de activiteitsindex (figuur 11). Uit deze activiteitsindex worden 2 parameters berekend die gerelateerd zijn aan het angstniveau van de dieren, nl.: de tijdsduur van de verhoogde activiteit en de maximum activiteit. Beide parameters worden berekend zodra de veehouder het beeld verlaat. Voor deze analyse werd het camerasysteem versneld naar 10 beelden per seconde om een betere resolutie in activiteitsindex te bekomen.



Figuur 9. Veehouder wandelend doorheen zijn stal tijdens de dagelijkse controles



Figuur 10. Effect van de veehouder wandelend doorheen de stal waargenomen door 3 opeenvolgende camera's opgehangen over de lengte van de stal. De rode cirkel geeft de plaats van de landbouwer aan.



Figuur 11. Activiteitsindex en de berekende parameters: tijdsduur van de verhoogde activiteit en de mate van de verhoging

Precisieveehouderij technologieën: problemen en oplossing

Gedurende het Europese EU-PLF project werden gedurende de installatie en de verdere opvolging van het materiaal alle uitdagingen en problemen genoteerd die belangrijk werden geacht. Hieronder bespreken we de belangrijkste vaststellingen en vullen deze aan met bemerkingsen uit het demoproject.

- **Fysieke robuustheid systeem** – De apparatuur moet geschikt zijn om in een stalomgeving (stoffig, vochtig, ammoniak) te gebruiken. Stallen worden op regelmatige basis schoongemaakt, vaak met een hogedrukreiniger. Alle materialen in de stal moeten hieraan kunnen weerstaan. Technologieleveranciers moeten hun toepassingen en de behuizing zodanig voorzien dat er geen storingen optreden. Verder mag het systeem of zijn bedrading zich niet in het bereik van de dieren bevinden en bovendien moet het ongediertebestendig zijn.
De eYeNamic® camera is omwille van bovenstaande redenen voorzien van een beschermde kap omheen de camera. De gebruikte kabels en connectoren zijn specifiek gekozen om in een stalomgeving te gebruiken. De verwerkingseenheid die de camerabeelden verwerkt wordt buiten de stal, bijvoorbeeld in de controleruimte, geplaatst.
- **Internet toegang op het bedrijf** – De stabiliteit van de internet connectie was een belangrijk probleem gedurende de installatie en het opvolgen van de systemen in het EU-PLF project. Bedrijven zijn typisch gelokaliseerd in minder bevolkt gebied waar 3G of 4G internetverbinding vaak een slechte dekking hebben. Het gebrek aan breedband connecties zorgde ervoor dat precisieveehouderij technologieën niet volledig op cloud-gebaseerde data analyse konden vertrouwen.
Het eYeNamic® systeem heeft geen internet nodig voor het capteren en verwerken van de data. De tool kan dus werken zonder internet. Een vaste kabelverbinding tussen camera en ESM-systeem wordt aangeraden omdat deze minder problemen geeft. Wanneer een internet verbinding aanwezig is, kan het systeem ook van buitenaf opgevolgd worden. In Vlaanderen zijn intussen nagenoeg overal goede 3G of 4G internetverbindingen mogelijk.
- **Stabiliteit elektriciteitsnetwerk** – Stroomuitvalen kwamen in het EU-PLF project regelmatig voor op de veehouderijen. Stoomonderbrekingen hebben een invloed op de werking van de apparatuur in de stal (bv. ventilatie, voer- en watersystemen) wat kan resulteren in economische verliezen op het bedrijf. Precisieveehouderij technologieën kunnen deze problemen detecteren, hiervoor moeten ze wel voorzien zijn van een noodstroomvoorziening (UPS).

Het eYeNamic® systeem is niet voorzien van een eigen noodstroomvoorziening. De veehouder kan zelf kiezen of hij het systeem aansluit op de noodstroomvoorziening die aanwezig is op zijn bedrijf.

- **Levensduur batterijen van sensoren** – Als batterijen gebruikt worden in een sensor, moeten deze gedurende lange tijd meegaan om een hoge bedrijfszekerheid te garanderen zonder dat de veehouder de batterijen voortdurend moet herladen of vervangen. Er dient gefocust te worden op systemen met een laag verbruik. Alsook moet een afweging gemaakt worden hoe vaak en welke gegevensoverdracht nodig is van de sensor naar het datalogging systeem.

Voor de cameratechnologie zijn geen batterijen noodzakelijk. Het systeem kan gewoon worden ingeplugd in het elektriciteitsnetwerk om deze te voorzien van elektriciteit.

- **Bevuiling lenzen camera (specifiek eYeNamic®)** - In het EU-PLF project kwam het regelmatig voor dat de beschermkap voor de cameralens vuil werd, waardoor het beeld wazig was en er niet goed gemeten kon worden.

Aanvankelijk werd een bolvormige kap over de camera voorzien, intussen is dit vervangen door een vlakke kap die minder gevoelig is aan bevuiling. Het blijft wel aangewezen om dit voor de start van elke ronde te controleren en indien nodig de glasplaat van deze kap zuiver te maken.

De 'Blueprint' heeft de bedoeling om voor de waargenomen problemen en uitdagingen een aantal suggesties voor technische aanpassingen en mogelijke oplossingen naar voor te schuiven.

Ervaringen en feedback in het EU-PLF project

In het EU-PLF project werd bij de deelnemende veehouders geïnformeerd naar hun verwachtingen en ervaringen. Een projectmedewerker bezocht deze bedrijven één keer in het begin van het project en éénmaal op het einde van het project en dit telkens voor een volledige dag. De veehouders gaven aan dat ze voorzichtig waren om PLF technologie aan te schaffen. Ze willen zekerheid omtrent het rendement op de investering, de voordelen moeten bewezen en overtuigend zijn. De negatieve ervaringen omtrent hoge prijzen, te gecompliceerde handelingen, traag onderhoud moeten overwonnen worden.

Van de 20 veehouders die deelnamen aan het EU-PLF project, stonden de meesten open voor verandering, maar ze hadden hulp (training, ondersteuning) nodig om met zulke systemen te kunnen werken. Ze willen hun data kunnen begrijpen en daarop beslissingen nemen. De beslissing zal wel steeds door de veehouder moeten genomen worden en niet door de computer. Bijna alle veehouders gaven aan dat het zeer belangrijk is dat er nog steeds direct contact is met de dieren. De technologie mag er niet voor zorgen dat er te weinig fysiek contact is met de dieren, de techniek kan de dagelijkse controles in de stal niet vervangen. Alle veehouders geloven wel in de toekomst van de technologie, een overtuigend element was hierbij dat de technologie hun hielp hun dieren beter te begrijpen en afwijkingen sneller op te merken.

Demonstratieproject 'Gezondheidsmonitoring via beeldtechnologie bij vleeskuikens'

Aansluitend op het EU-PLF project is een demonstratieproject opgezet rond de vroegtijdige waarschuwing met behulp van het camerasysteem. Het automatisch monitoren van pluimvee op basis van beeldtechnologie is intussen nog verder ontwikkeld. Het product 'eYeNamic'® van Fancom B.V. is beschikbaar voor gebruik op praktijkbedrijven. Via dit project willen we de Vlaamse vleeskuikenhouders informeren over de mogelijkheden op het vlak van precisieveehouderij en hen bewust maken van de voordelen die het kan opleveren binnen het dagelijkse management. Naast het delen van de ervaringen en bevindingen uit het EU-PLF project met de Vlaamse pluimveehouder, is ook een opvolging en demonstratie van de technieken op 5 pluimveebedrijven in Vlaanderen voorzien.

Opvolging vier praktijkpluimveebedrijven en Proefbedrijf Pluimveehouderij

In dit project is het eYeNamic® camerasysteem op 4 praktijkbedrijven en op het Proefbedrijf Pluimveehouderij uitgebreid opgevolgd. Het demoproject wil deze techniek demonstreren aan de diverse doelgroepen. Aangezien de technologie toepasbaar moet zijn voor alle vleeskuikenhouders, werden niet enkel topbedrijven inzake resultaten geselecteerd. De bedrijven werden gekozen op basis van de geografische ligging, 2 bedrijven in de provincie Antwerpen, in Oost- en West-Vlaanderen telkens 1 bedrijf. Verder werd ook rekening gehouden met: openheid van de veehouder voor nieuwe technologieën, engagement van de pluimveehouder en zijn bedrijfsdierenarts om gedurende 2 jaar actief te participeren aan het project, beschikbaarheid van internet en Fancom software in de stal, bereidheid tot het volgen van workshops, het uitwisselen van ervaringen en (productie)resultaten te delen.

Op elk pluimveebedrijf werd één stal uitgerust met 4 camerasystemen. In tegenstelling met het EU-PLF project werden de camera's niet alle 4 na elkaar in de lengte van de stal opgesteld, maar wel in een vierkant nl. vooraan in de stal 2 naast elkaar en achteraan ook 2 naast elkaar. In vergelijking met het EU-PLF project waren de gemonitorde stallen hier breder. Uit de ervaringen met het systeem blijkt dat het belangrijk is om de volledige breedte van de stal in beeld te brengen. Daarom is er gekozen om telkens 2 camera's naast elkaar te monteren.



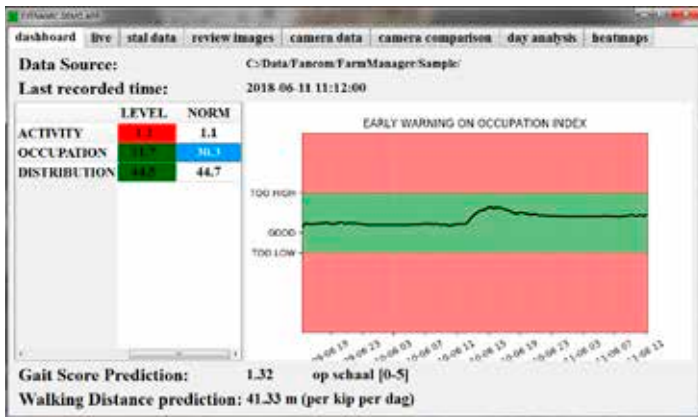
Figuur 12. Geografische ligging van de pluimveebedrijven alsook de projectpartners, Proefbedrijf Pluimveehouderij, KU Leuven, en Fancom.

Naast de 4 praktijkbedrijven is ook de nieuwe vleeskuikenstal op het Proefbedrijf Pluimveehouderij, die reeds voorzien was van het Fancom eYeNamic systeem, meegenomen in het project. Deze stal is ingedeeld in 8 kleinere afdelingen die elk uitgerust zijn met 2 camera's, wat 16 camera's in het totaal geeft. Naast parameters berekend uit de camerabeelden, werden ook andere productieparameters (bv.. sterfte, groei, klimaat) uitgelezen uit de computersystemen.

Demotool zorgt voor betere visualisatie en analysemogelijkheden

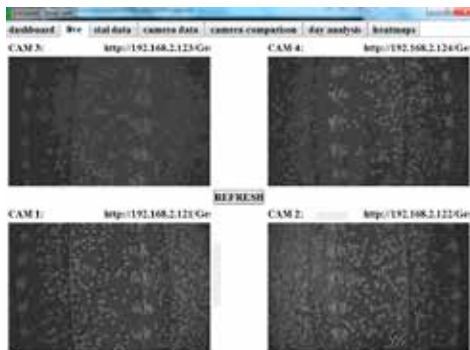
Voor de opvolging en voorstelling van de eYeNamic data zijn in de management software van Fancom reeds een aantal basismogelijkheden opgenomen. In dit project is een bijkomende 'demotool' beschikbaar gesteld die toelaat om de gegevens overzichtelijker weer te geven en meer in detail op te volgen en te bekijken. Het startscherm (figuur 13) van de tool geeft per parameter (resp. activiteit, bezettingsgraad, distributie) visueel weer of deze al dan niet afwijkt van de verwachte waarde bepaald op basis van de voorbije 48 uur. Dit startscherm of zogenaamd 'dashboard' laat toe om snel op te merken of er een probleem is. Wanneer één of enkele parameters buiten de grenswaarden ligt, kan dit verder onderzocht worden met behulp van de andere schermen. In deze andere schermen kan men meer specifiek gaan kijken wanneer en waar dit voorkomt en bij welke camera(s) de afwijking waargenomen wordt. De combinatie van al deze schermen

geeft de gebruiker de mogelijkheid om diepgaander te analyseren waar problemen voorkomen. De tool geeft niet aan wat de oorzaak specifiek is, vele factoren kunnen namelijk het diergedrag beïnvloeden. De tool geeft wel een beter inzicht in wanneer er iets verandert in activiteit, distributie of bezetting, zodat de pluimveehouder het probleem gerichter kan opvolgen in de stal. In de volgende alinea's worden enkele van de belangrijkste schermen voorgesteld.



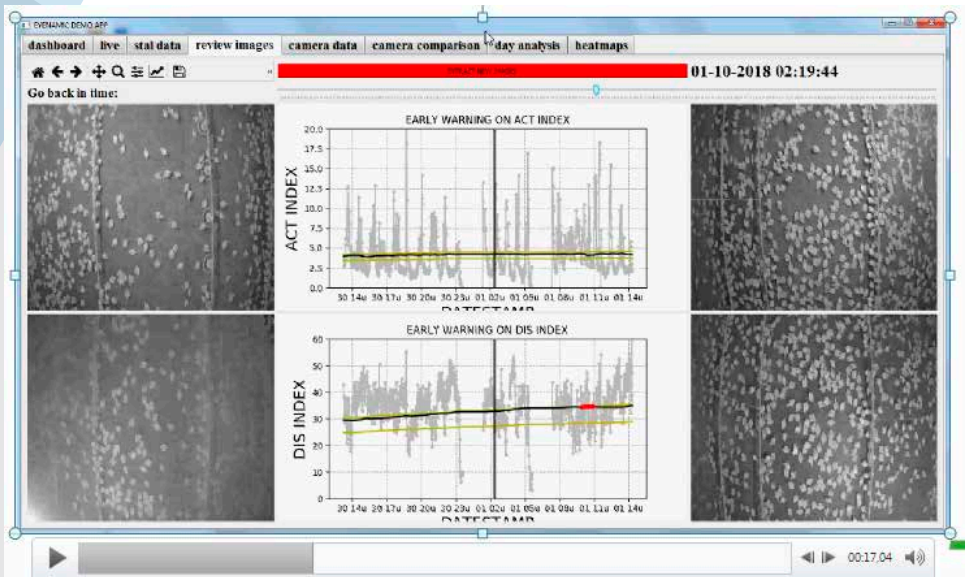
Figuur 13. Startscreen demotool

In het scherm 'live' kan van elke camera een actueel beeld bekeken worden. Dit zijn stilstaande beelden om het netwerk niet te veel te belasten. Door te klikken op 'vernieuwen/refresh' worden de beelden opnieuw opgeladen. Deze camerabeelden geven een goed overzicht van de stal. Figuur 14 toont duidelijk dat de kuikens beter verdeeld zitten bij de onderste 2 camera's in vergelijking met de bovenste camera's. De beelden worden getoond zoals de camera's hangen in de stal, hier in voorste deel en achterste deel van de stal telkens 2 camera's naast elkaar.



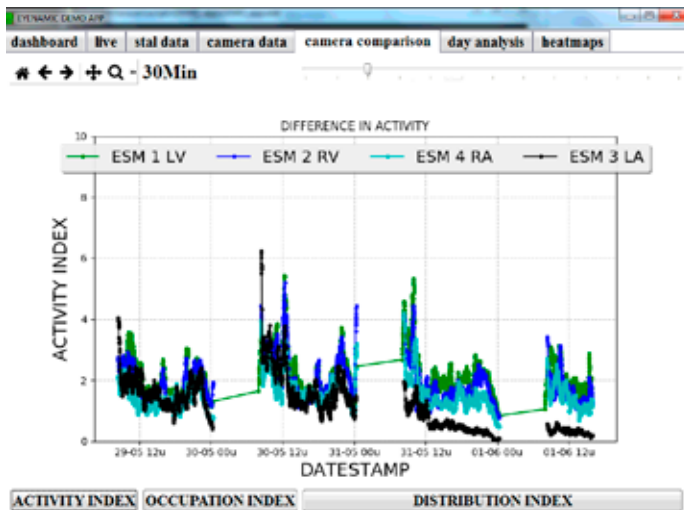
Figuur 14. Live beelden camera's

In het scherm 'review images' (figuur 15) kan de gebruiker historische beelden terug oproepen en de bijhorende data weergeven. Net als bij het scherm "live" worden de beelden van de 4 camera's weergegeven op 1 scherm. De bijhorende activiteit en distributie in de stal worden weergegeven in het midden. Met behulp van de schuifbalk kan de gebruiker het tijdstip van de beelden instellen. Deze functie kan handig zijn om bij alarmen de gegevens en bijhorende beelden uit het recente verleden meer in detail terug te bekijken en onderzoeken. De beelden geven visueel in één oogopslag weer of de verdeling van de kuikens goed is en/of de kuikens bepaalde delen van de stal vermijden. Zowel de activiteit, bezettingsgraad als distributie-index kunnen ook meer in detail bekeken worden via het scherm 'stal data'. Hier vind je een gedetailleerd overzicht van alle gemeten waarden. Daarnaast wordt ook de verwachte waarde weergegeven, deze wordt bepaald op basis van de voorbije 48 uur. Wanneer het gemiddelde van de gemeten waarden te ver afwijkt van de verwachte waarden wordt dit in het rood weergegeven op de grafiek.



Figuur 15. Weergave van de activiteit- en distributie-index samen met de camerabeelden, over een instelbare periode.

Vaak komt er een afwijking voor in een deel van de stal, die maar met één van de aanwezige camera's waargenomen wordt. Het scherm 'camera comparison' (figuur 16) biedt de mogelijkheid om de gegevens van de verschillende camera's ten opzichte van elkaar te vergelijken. Dit kan je gebruiken om meer in detail uit te zoeken waar een bepaalde afwijking voorkomt in de stal.



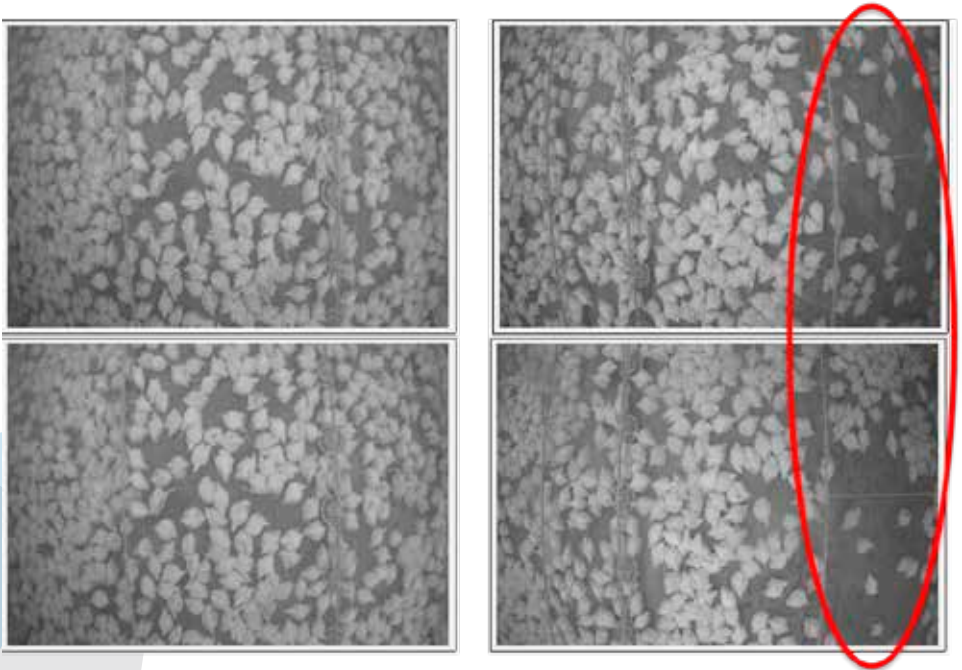
Figuur 16. Individuele camera's vergelijken

Waargenomen afwijkingen: enkele voorbeelden

In dit demonstratieproject werden de vleeskuikenrondes op de 5 bedrijven gedurende 1,5 jaar opgevolgd. We bespreken hier een aantal voorbeelden van afwijkingen die bij de opvolging van de bedrijven zijn waargenomen. Bij sommige voorbeelden werd wel een afwijkend gedrag gedetecteerd, maar kon geen duidelijke oorzaak aangeduid.

Defecte liermotor

Tijdens een productieronde toonde de data een slechte verdeling over de stal. Bij het bekijken van de camerabeelden, bleek dat de dieren weg migreren van één zijkant van de stal. Figuur 17 toont de 4 camerabeelden in de stal, hierop is duidelijk de plaats met minder dieren te zien aan de rechterkant van de figuur. De pluimveehouder had vastgesteld dat de liermotor stuk was. Hierdoor bleven de inlaatventielen te ver open staan wat leidde tot koude, vallende lucht langs de zijwand.



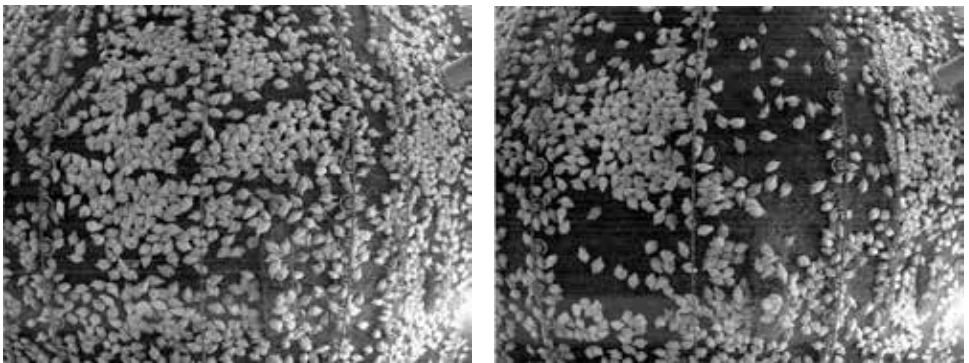
Figuur 17. Camerabeelden waarop de dieren weg migreren van één zijkant van de stal.

Defecte verwarming

Figuur 18 geeft de activiteit en distributie weer. Op een bepaald moment werd opgemerkt dat de distributie-index in die stal enorm varieerde tussen de lichtperiodes. In de figuur kan je tijdens de eerste en laatste lichtperiode duidelijk een dip zien in de distributie, deze periodes bevinden zich beide rond mindernacht. Verder onderzoek door o.a. het bekijken van de live beelden (figuur 19) toonde aan dat de distributie bij één camera slecht was over de gehele camerabeeld en de vleeskuikens bij elkaar kropen. Dit gedrag komt voor wanneer de temperatuur te laag is voor de vleeskuikens. Een defect aan een verwarmingselement bleek de oorzaak te zijn. Gedurende de dag wanneer het buiten warm genoeg was en er minder moest verwarmd worden, was er geen probleem. Wanneer het s 'nachts echter afkoelde, kon er niet genoeg verwarmd worden.



Figuur 18. Activiteit en distributie-index over vijf lichtperiodes.

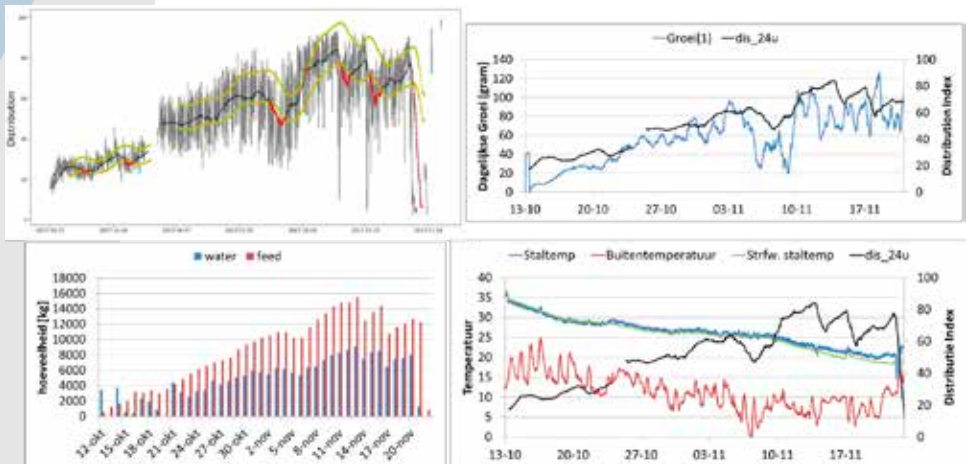


Figuur 19. Live beelden tijdens een periode van normale distributie (links) en tijdens de dip (rechts)

Terugval in distributie tijdens week 4

Op één van de bedrijven kwam er meerdere rondes na elkaar een duidelijke terugval in de verdeling van de kuikens voor op ongeveer 4 weken (figuur 20). Bij controle van andere parameters werd ook een dip gezien in o.a. dagelijkse groei, water- en voerverbruik. Na overleg met de pluimveehouder, bedrijfsdierenarts en –adviseurs werd aangegeven dat coccidiose een mogelijke verklaring kon zijn. Maar er kon geen uitsluitsel gegeven worden of er geen andere of secundaire oorzaken waren.

Uit analyse van de verschillende parameters bleek dat de afwijking (bij dit bedrijf waar het waterverbruik continu automatisch gemonitord werd) eerst merkbaar was in het waterverbruik. Na ongeveer 1 uur was de dip ook zichtbaar in de eYeNamic parameter 'distributie'. De andere parameters gemeten door het camerasysteem (bezetting en activiteit) gaven pas na resp. 10 en 22 uur dit probleem aan. In voerverbruik, groei, diergewicht, aantal dierwegingen werd de afwijking ook wel waargenomen, maar pas veel uren later dan bij het waterverbruik en de distributie. Tabel 1 geeft voor de gemeten parameters weer wanneer de afwijking werd waargenomen (uitgedrukt in aantal uur nadat het waargenomen werd bij het waterverbruik).



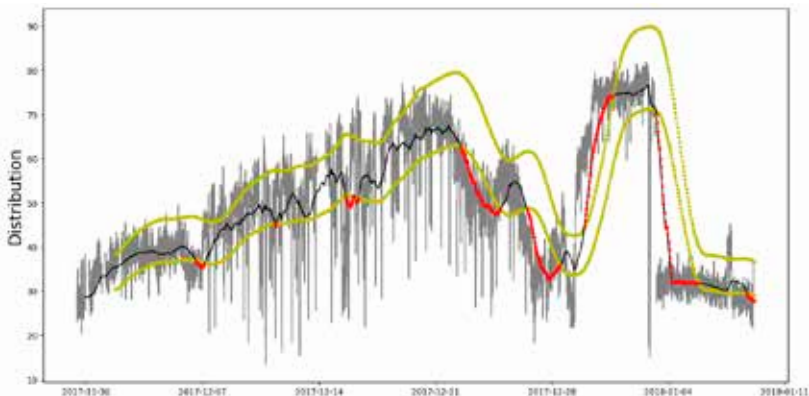
Figuur 20. Distributie, groei, water, voer, staltemperatuur en buitentemperatuur tijdens een volledige productieronde waar de distributie wegvalt na 4 weken.

Tabel 1. Reactiesnelheid van de verschillende parameters ten opzichte van het waterverbruik.

Parameter	Reactiesnelheid	Tijdsverschil Δt
Water	05/11 09:00	-
Distributie	05/11 10:00	1u
Groei	05/11 12:30	3,5u
Voerconversie	05/11 13:00	4u
Gewicht	05/11 13:30	4,5u
Voer	05/11 15:00	6u
Bezetting	05/11 19:00	10u
Aantal wegingen	05/11 20:30	11,5u
Activiteit	06/11 07:00	22u

Wegvallen staldistributie over een langere periode

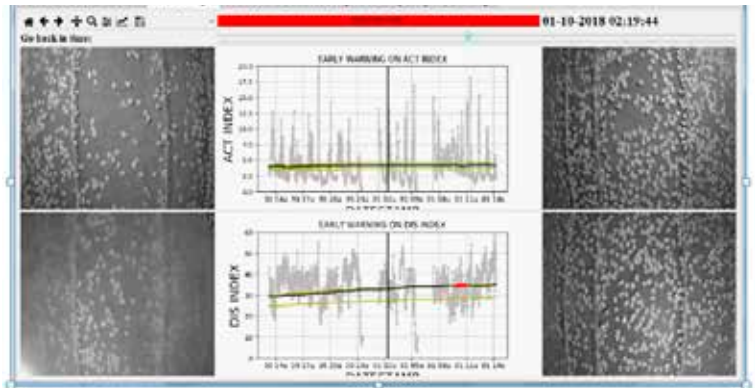
Na 3 weken in de ronde valt de distributie in deze stal sterk terug (figuur 21). Na 5 weken komt de distributie weer op het normale niveau. Er kon niet meteen een oorzaak gevonden worden van deze plotselinge terugval in verdeling van de kuikens. Het camerasysteem kon deze afwijking wel detecteren en de pluimveehouder hier attent op maken. De demotool biedt een aantal mogelijkheden om de beelden van de laatste dagen meer in detail te analyseren. Naar aanleiding van deze melding kan de pluimveehouder in volgende rondes deze afwijking gericht en meer in detail gaan opvolgen met extra aandacht voor diergezondheid en klimaatregeling.



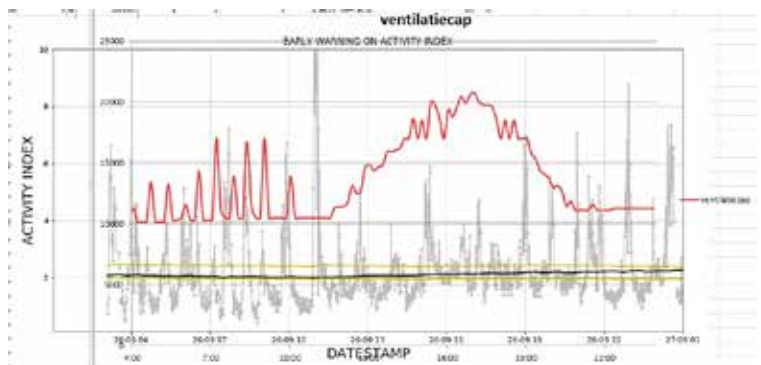
Figuur 21. Wegvallen distributie in de stal

Suboptimale instellingen klimaatregeling

Figuur 22 toont een slechte verdeling van de vleeskuikens. Deze slechte verdeling was slechts op 2 camera's zichtbaar wat wijst op een lokaal probleem. Verder onderzoek wees uit dat de afstelling van de klimaatregeling niet optimaal was. In het ventilatiedebiet kwamen regelmatige pieken voor (bijschakelen van extra ventilator), die gepaard gingen met een piek in de onderdruk. Bij vergelijking van de klimaatdata met deze van het camerasysteem bleken periodes met hogere activiteit overeen te komen met deze pieken in onderdruk en ventilatiedebiet (figuur 23). De kuikens vermeden bepaalde delen van de stal op deze momenten. Via een aanpassing van de instellingen van de ventilatie is dit probleem opgelost.



Figuur 22. Slechte verdeling van de kuikens op de beelden van de 2 linkse camera's, gepaard met schommelingen in distributie- en activiteitsindex



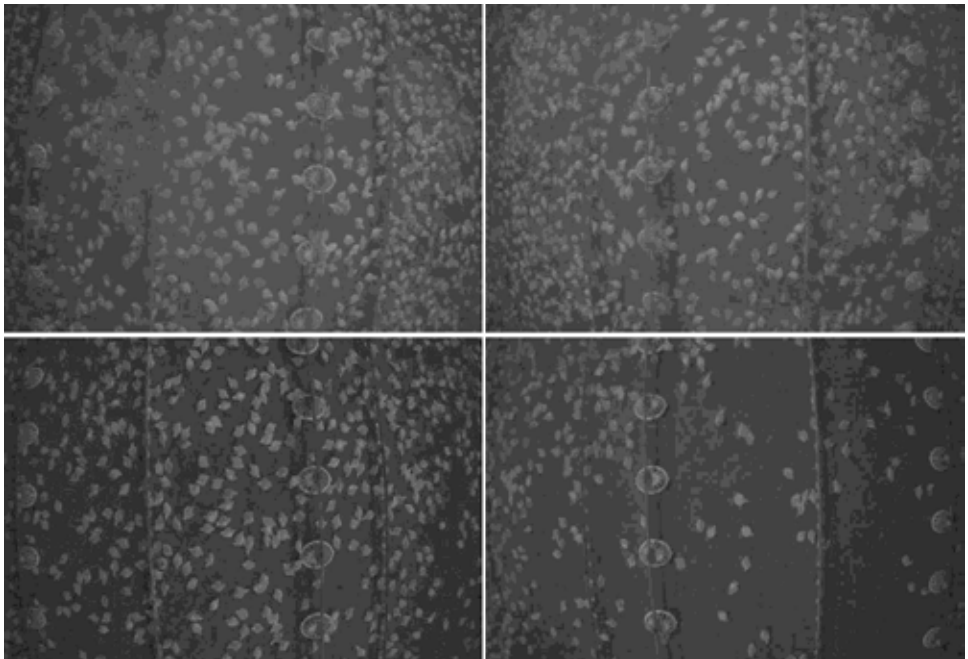
Figuur 23. Schommelingen in ventilatiedebiet en activiteit van de kuikens

Onverklaarde afwijkingen over korte periode

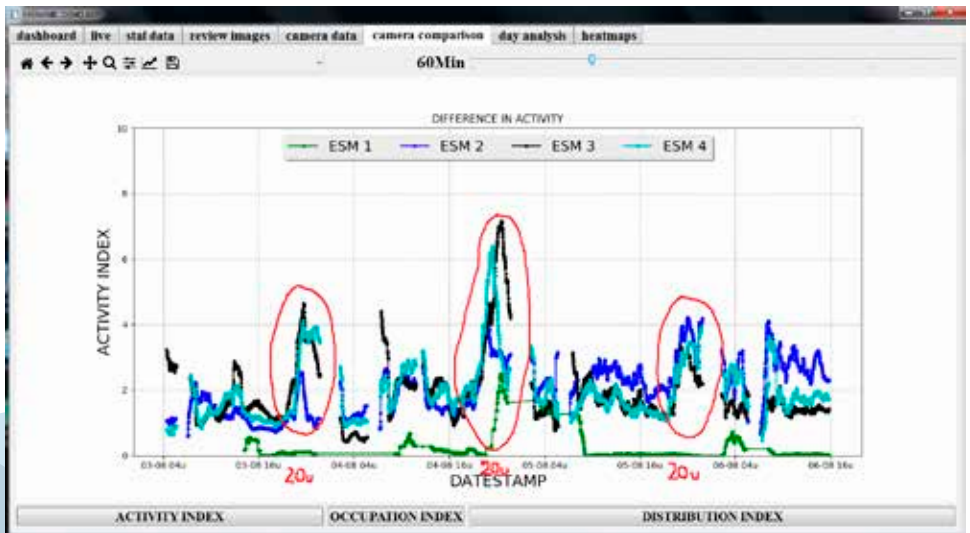
In verschillende gevallen werd een afwijking in distributie, activiteit en bezetting waargenomen waar geen verklaring voor gevonden is en waarbij de afwijking nadien terug normaliseerde. We geven hiervan enkele voorbeelden.

Figuur 24 geeft een slechte verdeling van de vleeskuikens weer. Omwille van een onbekende reden vermijden de kuikens tijdelijk deze plaats onder deze camera. Mogelijks heeft dit te maken met tocht of vallende koude lucht, maar aangezien deze afwijking slechts tijdelijk was, kon dit bij controle niet meer vastgesteld worden in de stal. Figuur 25 geeft telkens omstreeks 20 uur een piek in activiteit weer bij alle camera's. Deze pieken konden ook niet volledig verklaard worden hoewel er enkele hypothesen waren.

Voor de pluimveehouder zijn dergelijke meldingen een signaal om de volgende dagen op die specifieke plaatsen of tijdstippen de situatie in de stal meer in detail en gericht op te volgen om zo de oorzaak op te sporen. Mogelijke verklaringen kunnen liggen in een technisch probleem, foutieve instelling, wisselend buitenklimaat (bv. wind), ...



Figuur 24. Beelden camera waarop rechts onder weinig kuikens zitten



Figuur 25. Elke avond rond 20 uur werd een piek in activiteit waargenomen

Ervaringen pluimveehouders

Bij de start van het project is het camerasysteem voorgesteld aan de pluimveehouders en zijn de mogelijkheden met betrekking tot monitoring van het diergedrag en vroegtijdige waarschuwing (early warning) bij afwijkingen besproken.

- De pluimveehouders zijn bevroegd naar hun verwachtingen van de beeldtechnologie. Hieruit kwamen volgende punten naar voor:
- De techniek zou hen een goed overzicht moeten geven van de situatie in de stal.
- Het mag niet beperkt zijn tot een momentopname, maar dient een beeld te geven van de situatie over een langere periode.
- Kan de techniek automatisch afwijkende situaties melden? Zodat ze op basis van dergelijke alarmering sneller kunnen ingrijpen en bijsturen in de stal.
- Vraag naar mogelijkheid om naast de grafieken in verband met de waargenomen activiteit en distributie, ook vlot de beelden te kunnen herbekijken (bv. bij waargenomen afwijking in verdeling of op kritieke momenten). Ze verwachten uit de beelden veel te kunnen afleiden.
- Kan de techniek een duidelijk beeld geven van de oorzaak van problemen?

In de management software van Fancom zijn een aantal basismogelijkheden aanwezig om gegevens van het eYeNamic camerasysteem grafisch weer te geven en actuele beelden te bekijken. De grafieken vertonen vaak een grillig verloop. Om deze goed te kunnen beoordelen, is voldoende ervaring nodig en moet je er echt mee ' bezig' zijn. Om beter tegemoet te komen aan de verwachtingen van de pluimveehouders is in dit project een bijkomende 'demotool' beschikbaar gesteld. Deze demo-applicatie laat toe om de gegevens overzichtelijker weer te geven, meer in detail op te volgen en de beelden van de voorbije dagen terug te bekijken. Er is een 'dashboard' voorzien dat toelaat om snel op te merken of er een probleem is. Met de tool kan de pluimveehouder nagaan wanneer en waar het probleem voorkomt en in welk deel van de stal de afwijking waargenomen wordt. De tool kan niet aangeven wat de oorzaak specifiek is, maar geeft wel een beter inzicht in wanneer en waar er iets verandert in activiteit, distributie of bezetting, zodat de pluimveehouder het probleem gerichter kan opvolgen in de stal.

De pluimveehouders ervaren deze tool als een hele verbetering ten opzichte van de oorspronkelijke grafische weergave. De tool geeft hen een betere visualisatie, overzichtelijkere weergave van de cijfers en meer mogelijkheden om waargenomen afwijkingen te bekijken. Ze geven aan dat het verder integreren van deze demotool in

het bestaande farm management programma aangewezen is om de gegevens van het camerasysteem vlotter te kunnen linken aan het stalklimaat, voer- en waterverbruik, diergewicht. Het verder uitwerken van een automatisch alarmeringssysteem zou voor hen een meerwaarde zijn.

Uit de opvolging van de proefrondes blijkt dat de vereiste opstelling van de camera's en de parameters (activiteit, distributie, bezetting) heel stalspecifiek zijn. Dit maakt de analyse en interpretatie van de gegevens niet eenvoudig. Het vraagt nu van de pluimveehouder wel wat tijdsinvestering om het systeem goed te leren kennen en er een goed zicht op te krijgen. De veehouder moet zich er echt op toeleggen en zich in (zelf)bekwamen. Hierbij is voldoende opleiding en ondersteuning noodzakelijk. De vraag stelt zich in welke mate het inschakelen van een externe consultant een meerwaarde oplevert om meer uit de data van dergelijke PLF-technologieën te halen.

De gegevens zijn nu maar over een beperkte periode te raadplegen. Voor de pluimveehouder zou het interessant zijn om het verloop van de parameters in de huidige ronde te kunnen vergelijken met vorige rondes en stallen onderling vlotter te kunnen vergelijken.

Daarnaast blijven de pluimveehouders vrij kritisch staan tegenover het gebruik van beeldmateriaal. Is het systeem goed beveiligd? In hoeverre is er een risico dat de beelden door externen ongewenst gebruikt worden. Levert de beeldtechnologie voldoende meerwaarde aan mijn bedrijf?

Momenteel is het camerasysteem enkel bruikbaar tijdens de lichtperiodes, de pluimveehouders geven aan dat het interessant zou zijn om het systeem ook in het donker te kunnen gebruiken, dan is er immers niemand in de stal om te zien of alles in orde. Bij de leverancier worden momenteel andere types camera's getest waarbij het in de toekomst ook mogelijk moet worden om het systeem in het donker te gebruiken.

De technologie zal verder blijven ontwikkelen met meer mogelijkheden voor dergelijke camerasystemen. Er zullen meer sensoren beschikbaar komen voor toepassing in de veehouderij, de uitdaging zal zijn: hoe kan je de steeds grotere hoeveelheid gegevens nog efficiënt verwerken en gebruiken.

Gezondheidsmonitoring via geluidstechnologie bij vleesvarkens

Parallel met het project met beeldtechnologie in de vleeskuikensector is een gelijkaardig demoproject met geluidsanalyse uitgevoerd in de varkenssector. Het doel van dit project was de veehouders informeren over de mogelijkheden van deze precisieveehouderij technologie (PLF) en de voordelen die het kan opleveren binnen het dagelijks management. Bij de PLF-technologie gebeurt de opvolging en het management van het productieproces op basis van de reacties van het dier. De PLF technologie analyseert continu parameters van geluid om zo gedrag, gezondheid en productiviteit van de dieren te kunnen opvolgen.

De geluidsanalyse met de hoestmonitor maakt een continue, objectieve en kwantitatieve monitoring van het dier mogelijk met de bedoeling om ziektes vroeger te detecteren. Dit moet toelaten om sneller en efficiënter in te grijpen en zo te komen tot een beter economisch resultaat en een lager gebruik van antibiotica.

In dit project is de geluidsanalysetechniek op 10 vleesvarkensbedrijven geïnstalleerd. Per bedrijf is de 'hoestmonitor' telkens in 2 afdelingen geplaatst. Dit systeem zorgt voor een continue analyse van de geluiden, een continue opvolging van temperatuur en luchtvochtigheid. De techniek geeft een indicatiegetal over de respiratoire gezondheid van de dieren. Als er ademhalingsproblemen zijn bij de dieren, geeft het systeem via



sms een alarm aan de veehouder en indien gewenst ook aan de dierenarts. Het systeem omvat micro's, een elektronische unit die de geluiden capteert/analyseert en data naar de cloud verstuurt. In de cloud worden de data verwerkt en er wordt een terugkoppeling / advies gegeven aan de veehouder.

Voor meer informatie over deze techniek en de resultaten van dit project verwijzen we naar de nieuwsbrieven en brochure uitgegeven door 'Vives Hogeschool' in het kader van dit demonstratieproject (<https://www.vives.be/nl/onderzoek/project/gezondheidsmonitoring-geluidstechnologie-bij-vleesvarkens>).



Conclusies

De eYeNamic® beeldtechnologie zorgt voor een continue monitoring van het diergedrag, waarbij het dier fungeert als sensor. Het systeem detecteert veranderingen in het diergedrag. De oorzaken van verandering in diergedrag zijn multifactorieel. Het systeem kan zelf niet de oorzaak van een verandering in diergedrag aanduiden, maar is een hulpmiddel dat de pluimveehouder helpt om afwijkingen vroegtijdig te detecteren. De tool zorgt voor een betere visualisatie en helpt de pluimveehouder om het probleem te analyseren. Het eYeNamic® systeem heeft de mogelijkheden om een nuttige tool te worden voor pluimveehouders die kort op de bal willen spelen om zo verliezen door eventuele fouten in de instellingen, defecten in de staluitrusting of problemen met de diergezondheid te beperken. Een goede opleiding en zelfbekwaming van de veehouder is vereist voor een efficiënt gebruik van het beeldverwerkingssysteem. De technologie kan nog verder verbeterd worden. Het is geen standaard plug-and-play oplossing, maar dient stalspecifiek ingesteld. Het inschakelen van een extern adviseur kan een meerwaarde zijn om meer uit de gegevens van deze technologie te halen.

Referenties

Marcella Guarino, Tomas Norton, Dries Berckmans, Erik Vranken, Daniel Berckmans, A blueprint for developing and applying precision livestock farming tools: A key output of the EU-PLF project, *Animal Frontiers*, Volume 7, Issue 1, January 2017, Pages 12–17, <https://doi.org/10.2527/af.2017.0103>



Provincie
Antwerpen

