Resultaten experimenten Humistatus 2017-2019

Tussenrapportage Werkgroep Peer

Auteurs: Bastiaan Brouwer1, Frank van de Geijn1, Esther Hogeveen1, Rien van der Maas2, Jan Verschoor1, Edo Wissink1, Hans de Wild1

Instituut: Wageningen Food & Biobased Research1 and Wageningen Plant Research2

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food & Biobased Research in opdracht van Ministerie van LNV en gefinancierd door Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, penvoerder KNVvK en diverse private partners, in het kader van PPS TU16025 Humistatus: topkwaliteit uit duurzame bewaring door inzicht in vochtstatus (BO-49-002-001) (projectnummer 6234126800).

Wageningen Food & Biobased Research
Wageningen, oktober 2019

Vertrouwelijk

Rapport 1985

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Versie: definitief
Vertrouwelijk tot en met: juli 2021
Reviewer: Eelke Westra
Goedgekeurd door: Nicole Koenderink
Opdrachtgever: Ministerie van LNV
Financier: Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen, penvoerder KNVvK en diverse private partners

© 2019 Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research.
Vertrouwelijk rapport. Uit deze uitgave mag niets worden gereproduceerd en/of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de directeur van Wageningen Food & Biobased Research.

Postbus 17, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 00 84, E info.wfbr@wur.nl, www.wur.nl/wfbr.
Wageningen Food & Biobased Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Dit rapport is vanaf oktober 2021 gratis te downloaden op https://doi.org/10.18174/555205 of op www.wur.nl/wfbr (onder publicaties).

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

Inhoud

Samenvatting **4**

1 Introductie algemeen **7**

1.1 Aanleiding en doel 7
1.2 Globale aanpak project 7
1.3 Opbouw rapport 8

2 Definitie en ontwikkeling meetmethode humistatus **9**

2.1 Introductie 9
2.2 Aanpak 9
2.3 Resultaten 11

3 Variatie in vochtafgifte tussen peren afkomstig van 1 boom **20**

3.1 Introductie 20
3.2 Opzet 20
3.3 Resultaten 20
3.4 Conclusies 23

4 Vochthuishouding tijdens teelt en effect op vochtstatus/kwaliteit peer **24**

4.1 Teeltmaatregelen jaar 1 en 2 24
4.2 Evaluatie teeltmaatregelen 26
4.3 Conclusies en aanbevelingen/plan vervolg 29

5 Invloed (na-)oogstfactoren en bewaarregime op vochtstatus (praktijk) **30**

5.1 Introductie 30
5.2 Effect van inkoelen op vochtverliesontwikkeling 30
5.3 Moment van vochtig klimaat 34
5.4 Vertraagd inkoelen (langer verblijf in boomgaard) 40
5.5 Invloed herkomst 41
5.6 Fusttype en vochtverlies 46
5.7 Vochtverlies en positie in de cel 47

6 Sensoren voor humistatus en klimaat in cel **52**

6.1 Introductie 52
6.2 Sensorkandidaten om humistatus te meten 52
6.3 Sensoren om klimaat te meten 52
6.4 Conclusies en aanbevelingen vervolg 59

7 Invloed van type koelsysteem en koudemiddel op vochtonttrekking **61**

7.1 Introductie 61
7.2 Opzet/aanpak 61
7.3 Resultaten 67
7.4 Conclusies/discussie en planning 74

8 Conclusies **75**

9 Referenties **76**

Samenvatting

Vochtgerelateerde problemen bij versproducten, zoals schimmel en fysiologisch bederf, leiden tot waarde- en gewichtsverlies. Opvallend is dat deze problemen sterk partijspecifiek optreden. Het PPS-project Humistatus zoekt, voor de lange bewaring van peren, naar manieren om partijspecifiek vochtverlies en vochtgerelateerde problemen beter voorspelbaar en beheersbaar te maken om zo verliezen te voorkomen.

Bij bewaring van peren is het fenomeen "slappe nek" een symptoom van uitgedroogde peren, terwijl diverse typen bewaarrot kunnen optreden bij te vochtige condities. Huidige controle van vochtcondities in bewaarcellen vindt op dit moment plaats door het wekelijks meten van condenswater (ontdooiwater van verdamper). Hiermee wordt een beeld verkregen van het vocht onttrekkingsgedrag van de cel per periode. Dit geeft echter nog steeds verrassingen na bewaring o.a. vanwege partijverschillen en locatie-invloeden in de cel, welke tot nu toe niet van tevoren te voorspellen zijn.

Binnen het project wordt gewerkt aan meer balans te krijgen in sturing van partijen peren ter voorkoming van deze problemen o.a. door:

- Definitie en begrip van de vochtstatus (= humistatus) van een partij.
- Het ontwikkelen van een meetmethode en/of sensor om vochtstatus van een partij te kunnen karakteriseren bij oogst en te volgen gedurende bewaring.
- Meer inzicht in de invloed van verschillende teelt- en bewaarfactoren op de humistatus.
- Ontwikkeling protocollen/mogelijkheden om te sturen op kwaliteit met de diverse technieken.

Dit rapport beschrijft de voorlopige resultaten van de verschillende experimenten binnen de werkgroep Peer, die gedurende de eerste twee bewaarseizoenen zijn uitgevoerd. Het is bedoeld om partners tussentijds overzicht te geven van de verschillende experimenten naast de presentaties die gegeven zijn tijdens de bijeenkomsten.

Belangrijkste voorlopige bevindingen:

Karakterisering humistatus van een partij en invloed van teeltmaatregelen

- Definitie humistatus: **"Vochtstatus bij inslag, gecombineerd met de gevoeligheid voor uitdroging"**.
- Op basis van vele metingen aan (individuele) peren na oogst afkomstig van 1 boom en uit diverse droogtestress- en bemestingsbehandelingen, komen de volgende factoren naar voren die correlaties vertonen met het uiteindelijke vochtverlies en/of de uiteindelijke slappe nekscore na bewaring:
    - Droge stof percentage (hoger droge stof percentage, meer slappe nek)
    - Percentage brons (hoger percentage brons, meer slappe nek)
    - Vruchtgewicht (peren met lager gewicht (kleiner), meer slappe nek)
- Het vochtverlies tijdens bewaring en slappe nekscore tonen opvallend genoeg geen sterke correlatie in de experimenten. Verschillende redenen zijn hiervoor aan te dragen, o.a. de beperkte variatie in slappenekscore van de bemonsterde partijen en de classificatieschaal van deze score.
- Er is een positieve correlatie gevonden tussen vochtverlies in de beginperiode van bewaring (of na een stress-test) en het uiteindelijke vochtverlies gedurende bewaring van dezelfde partijen peren. Dit geeft aan dat de relatieve eigenschap van partijen peren om vocht te verliezen al vroeg in de bewaring is te bepalen.
- Teeltbehandelingen door middel van droogtestress en/of extra bemesting met kaliumnitraat hebben in de experimenten tot minder grote verschillen geleid in o.a. maat, vochtstatus en uiteindelijk bewaarresultaat, dan verwacht. Deels is dit te verklaren doordat de wortels van bomen in de proefveldjes met beperkte watergift waarschijnlijk toch meer water hebben kunnen opnemen door bredere wortelgroei (resultaat ander onderzoeksproject).

Bovenstaande bevindingen resulteren in het volgende idee hoe de humistatus van een partij vroeg in de bewaring bepaald kan worden, en als indicator kan dienen voor gevoeligheid tot slappe nek na bewaring:

- Een combinatie van metingen aan de factoren percentage droge stof, percentage brons, gewicht, aangevuld met vochtverlieseigenschap in beginperiode.

In het laatste seizoen Humistatus wordt een experiment met ~10-12 herkomsten uitgevoerd om een methode op basis van deze factoren verder te ontwikkelen en te toetsen.

Invloed van externe factoren gedurende oogst/bewaring op vochtverlies en slappe nekken

De afgelopen 2 seizoenen zijn ook experimenten uitgevoerd (met name in de praktijk) om de invloed van externe factoren gedurende oogst/bewaring op het vochtverlies en slappe nekken of rotpercentage van een partij te bepalen. Belangrijke voorlopige inzichten hiervan zijn:

- De mate van vochtverlies en slappenekscore kunnen sterk verschillen per **herkomst**. Er is een positieve correlatie tussen vochtverlies en slappenekscore (meer vochtverlies, hogere slappenekscore), echter deze kan niet als een directe voorspelling gebruikt worden, er zijn te veel partijen die zich net anders gedragen.
- **Dompelen** is zeer effectief in het beperken van gewichtsverlies tijdens bewaring en geeft op alle posities in de cel een gelijk effect. Door dompelen wordt absoluut 1.0 tot 1.5% minder vochtverlies gerealiseerd op een totaal van 1.5-2%.
- De impact van een hogere **inkoeltemperatuur** tijdens de eerste 8 dagen na inslag op het vochtverlies, beperkt zich tot alleen een hoger vochtverlies in die periode. In de opvolgende perioden lijkt de hogere inkoeltemperatuur geen verdere versterking te geven van het vochtverlies.
- Het **vertraagd inkoelen** van het product door het een nacht buiten af te laten koelen geeft iets versterking van het gewichtsverlies in de eerste dagen van de bewaring, maar neemt niet extra toe tijdens bewaring. Dit geldt voor alle type kisten.
- Getracht is met het in een **specifieke periode afdekken van kisten** de impact van een vochtig klimaat op vochtverlies enerzijds en rotontwikkeling anderzijds in beeld te brengen. Uit deze praktijkexperimenten kunnen we voorlopig afleiden dat:
    - De periode van afdekken van open plastic kisten geen significante verschillen geeft in vochtverlies tussen de tegengestelde objecten. Bijvoorbeeld wachten met afdekken van kisten tot het moment van starten CA-condities geeft nauwelijks extra vochtverlies.
    - Het laat (na 6 maanden) afdekken een gelijk beeld in vochtverlies geeft, maar wel een opvallend hoger rotpercentage. Mogelijk is het laat afdekken een extreme behandeling geworden, doordat bij het laat afdekken ook condens in de kist is opgesloten. Verwacht was dat het over de gehele periode afdekken de hoogste rotpercentages zou geven. Dit is niet zo gebleken.
    - Bij dichte houten kisten is er weinig verschil in de mate van vochtverlies tussen het direct afdekken of het afdekken na sluiten CA. Effect op rot/schimmel kon niet bepaald worden door te laag infectieniveau.
- De **positie van de kisten in de cel** blijkt groot effect op het vochtverlies te hebben. De slappenekscore van een relatief warme positie is hoger dan van een relatief koude positie. Het vochtverlies van de peren gedurende bewaring op een warme positie toonde op 1 locatie een verdubbeling ten opzichte van de koude positie. De warme kistpositie liet in 2018-2019 meer vliesverkleuring zien.
  Via matrixproeven waarbij kistgewichten bepaald zijn, is geprobeerd meer inzicht te krijgen in hoe de warme/koude posities zich in verschillende cellen verdelen. Dit blijkt niet een vaste verdeling te zijn. Daarom wordt aanbevolen dat bewaarlocaties hier zelf metingen aan doen, om een beter beeld te krijgen per cel waar de plekken zijn die voor het meest vochtverlies zorgen en hoe groot deze plek is.
- Verschillen in vochtverliespercentages met **verschillende fustsoorten** waren beperkt. De positie-effecten zijn belangrijker dan het fusttype (Boven, 9^{e} kist op stapel, heeft een lager vochtverlies dan de 7^{e} en 8^{e} op de stapel)

Het meten van vochtverlies van een partij gedurende bewaring

- Het gebruik van gewichtsmetingen over een geheel seizoen lijkt bruikbaar om verschillen tussen posities in cellen in beeld te brengen. Hiervoor zijn gewichtsmetingen bij inslag en uitslag bruikbaar. De wens is echter om lopende het seizoen een beeld te krijgen van het gewichtsverlies en bij voorkeur invloed op de humistatus van het product en daarmee risico op slappe nek (en/of rot) in te kunnen schatten en mogelijk te sturen.
- De metingen van de YOU-weegunit geven enige relatie met de daadwerkelijke metingen maar kent ook de nodige beperkingen. Zo is de meting niet stabiel en kan alleen over een langere meetperiode een gewichtsverlies bepaald worden.
- Meten van de relatieve luchtvochtigheid (RV) in de cel om deze te vertalen naar een humistatus of een gewichtsverlies lijkt op dit moment niet mogelijk. De correlatie tussen RV en vochtverlies is te zwak, gegeven de metingen op verschillende posities. Mogelijk geeft het gelijktijdig registreren van de temperatuur en RV, om hiermee een dampspanningsdeficiet te berekenen, een beter lokaal beeld van de vochtigheid. Dit wordt in het laatste seizoen nog beproefd met de sensoren van partner Pedak.
- De ultrasone afstandmeter van partner EMS lijkt gezien de eerste resultaten een potentiële sensor voor de humistatus en zal in het laatste seizoen verder beproefd worden in de praktijk. De techniek leent zich voor doorontwikkeling naar een sensorsysteem op kistniveau om zo de ruimtelijke verdeling van vochtverlies in de bewaarcel te kunnen monitoren.

Invloed van verschillende type koelsystemen en koudemiddelen op vochtonttrekking en energie

EU regelgeving rondom koudemiddelen regulering dwingt af dat steeds meer applicaties, dus ook fruitbewaring, moeten overstappen naar koelsystemen met natuurlijke koudemiddelen. Met name voor kleinere bewaarfaciliteiten is het een uitdaging om een veilig, betaalbaar en technisch goed functionerend koelsysteem te ontwikkelen, waarbij het vochtverlies en de temperatuurverdeling zo klein en gelijkmatig mogelijk te houden. Binnen Humistatus zijn metingen uitgevoerd om de invloed van het koelsysteemontwerp en het koudemiddel op het gedrag van de koeler tijdens korte, krachtige koelacties inzichtelijk te krijgen. De volgende voorlopige resultaten zijn gerealiseerd:

- Een glycolsysteem maakt duidelijk minder snelle en minder krachtige koelacties dan een ammoniakpompsysteem. Het geteste CO_2-koelsysteem komt dicht in de buurt van een ammoniakpompsysteem, maar gaf een afwijkend koeleffect aan het einde van de koelactie. Of dit veroorzaakt wordt door de eigenschappen van CO_2 zelf en/of de uitvoering van de verdamper, kan op basis van deze meting niet bepaald worden. Daarvoor worden meer CO_2-verdampers getest in het laatste jaar, in een volle koelcel die op temperatuur is en waarbij de koelactie automatisch gestart wordt vanuit de estafette-regeling.
- De gebruikte meetmethode met een IR-camera voor het meten van de absolute temperatuur, geeft goed en duidelijk de temperatuurveranderingen weer, ondanks de beperkte nauwkeurigheid. Vaste stabiele oververhitting van een circuit is lastiger waar te nemen dan een schommeling van de temperatuur door instabiel gedrag. IR-opnames van de zijkant van een koeler geven meer informatie dan van de voorzijde. In het laatste seizoen wordt geprobeerd deze metingen beter mogelijk te maken, ondanks de vaak beperkte ruimte tussen koeler en de wand.
- De resultaten van het meten van circuittemperaturen met temperatuurvoelers (in dit geval thermokoppels) op de circuits vallen tegen in nauwkeurigheid. Vraag is in hoeverre dit daadwerkelijk verbetert als er speciale nauwkeurige en thermisch geïsoleerde voelers op de buizen worden ontwikkeld.

1 Introductie algemeen

1.1 Aanleiding en doel

Vochtgerelateerde problemen bij versproducten, zoals schimmel en fysiologisch bederf, leiden tot waarde- en gewichtsverlies. Opvallend is dat deze problemen sterk partijspecifiek optreden. Sprekend zijn de kwaliteitsproblemen bij een lange bewaring van appels en peren. Ook bij andere producten in kortere ketens, denk hierbij aan trostomaten, leidt vochtgerelateerd bederf (kroonschimmel) in de keten tot aanzienlijke verliezen. Het PPS-project Humistatus heeft als overkoepelend doel om minder verliezen in de keten te realiseren door een betere (voorspelbare) kwaliteit, alsmede energiebesparing tijdens de bewaring. Daarbij wordt gezocht naar manieren om partijspecifiek vochtverlies en vochtgerelateerde problemen beter voorspelbaar en beheersbaar te maken. De focus binnen het project ligt op peren en trostomaten.

Aan het begin van het project is gekozen om met 2 werkgroepen te werken: Werkgroep Peer en Werkgroep Tomaat. Dit rapport toont de voorlopige onderzoeksresultaten van 2 bewaarseizoenen (2017-2019) binnen de Werkgroep Peer. Het onderzoek is onafhankelijk uitgevoerd door onderzoekers van Wageningen Food & Biobased Research en Wageningen Plant Research (Randwijk).

Deze tussenrapportage is geschreven op basis van voorlopige uitkomsten en is niet op elk onderwerp compleet. Het is bedoeld om partners tussentijds een overzicht te geven van de verschillende experimenten naast de presentaties die gegeven zijn tijdens de bijeenkomsten. Deze tussenrapportage wordt tevens gebruikt om de richting te bepalen voor het onderzoek gedurende het laatste jaar en om de eindrapportage, met daarin praktische aanbevelingen, te vergemakkelijken.

1.2 Globale aanpak project

In dit publiek-private samenwerkingsproject (PPS) met als penvoerder de KNVvK (Koninklijke Nederlandse Vereniging voor Koude) werkt Wageningen University & Research samen met een groot aantal partijen uit verschillende sectoren (Figuur 1.1):

- Technieksector (koudetechniek, sensortechniek, verpakkingen)
- Hardfruitsector (teelt, bewaring, handel)
- Tomatensector (veredeling, teelt, handel)

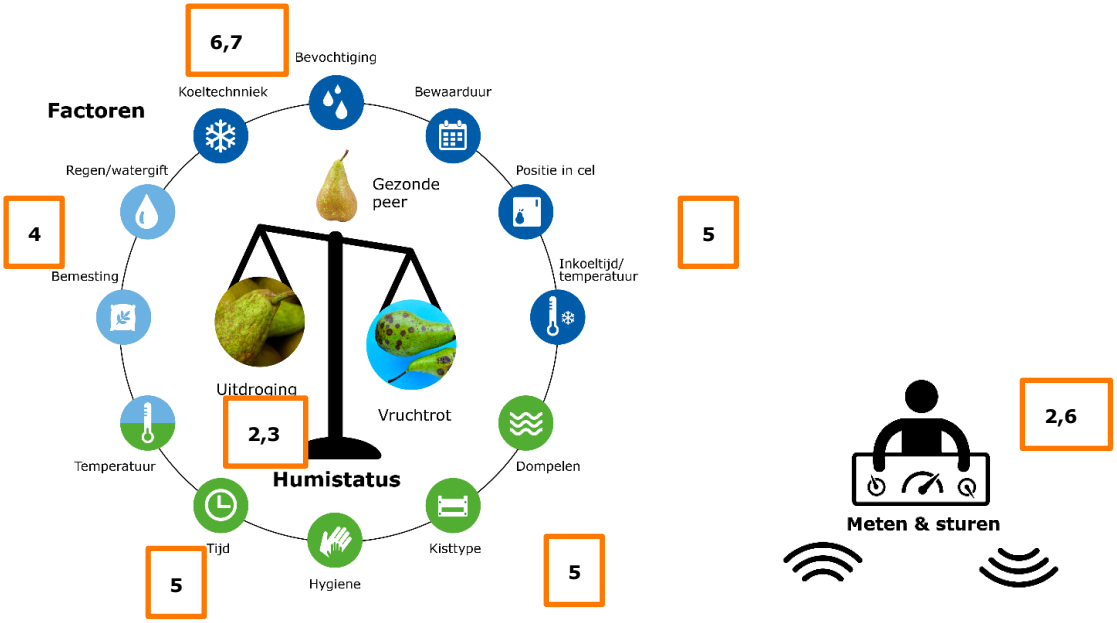
Publieke financiering:
Ministerie van LNV vanuit de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen.
Private financiering en in kind bijdragen:
Amcor, B&B Humidification BV, EMS, Fruitconsult, FruVo BV, Gefi-Fruit Geerts, Koelcentrum Zederik BV, NedCool, Greenyard, Bakker Barendrecht, Koelhuis WFO, Kelvion, KNVvK, Koelhuis houten, Boxpall Benelux, Proku, Pedak, VDH, Rijkzwaan, Seasun, The Greenery, Van Kempen, Global Cool, Fruitbedrijf Cornelissen, Prominent, Van Kessel Fruit, VOS technics, Van den Brink BV.

Figuur 1.1 Humistatus projectpartners.

In het project wordt een methode ontwikkeld waarmee de "vochtstatus" van een vers product gemeten en geanalyseerd wordt om er vervolgens, liefst partijspecifiek, op te kunnen sturen middels aanpassing van condities in de keten. De beoogde resultaten werkgroep Peer zijn:

- Een definitie van vochtstatus en een meetmethode
- Een prototype sensor voor vochtstatus
- Een protocol voor vooroogst en bewaring/keten om vochtstatus te beïnvloeden om vocht-gerelateerde problemen tijdens de lange bewaring van peren te voorkomen
- Gebruiksprotocollen en meet- en regelalgoritmes voor het realiseren van een goed celklimaat tijdens bewaring, en ontwerpparameters voor het conditioneringssysteem, leidend tot minder vocht-gerelateerde problemen en energiebesparing. Bijvoorbeeld betreffende koudemiddel, verdamper, inkoelsnelheid, luchtcirculatie, verpakking, stapeling, bevochtiging.
- Partijspecifieke oplossingen voor robuuste lange bewaring
- Inzicht in ruimtelijke verdeling van vochtverliesvariaties in bewaarcellen.

Vanwege de aard van de onderzoeksvragen en het consortium is er sterk ingezet op een combinatie van enerzijds laboratoriumexperimenten, waarbij op peerniveau gewerkt wordt aan meer begrip van de fysiologie van de peer en het kunnen meten van humistatus/vochthuishouding van een peer, en anderzijds experimenten in de praktijk om de extra factoren waar de praktijk mee te maken heeft (teeltcondities, celposities, kisten, verschillende koelsystemen, bevochtiging etc.), op een praktijkconforme manier mee te kunnen nemen in het onderzoek (Figuur 1.2)



Figuur 1.2: Visualisatie van verschillende factoren die in het onderzocht zullen worden op invloed op humistatus van een partij peren. Lichtblauw= teeltfactoren, groen= factoren bij oogst, donkerblauw = factoren tijdens bewaring. De nummers verwijzen naar de hoofdstukken waarin deze onderwerpen behandeld worden in dit rapport.

De nadruk van het onderzoek ligt op het in kaart brengen van vochtgerelateerde eigenschappen van een batch peren in relatie tot niet slap worden tijdens de bewaring. Hiermee heb je ook een goede kans dat je aan de goede kant van de balans zit betreffende bewaarrot. We hebben bewust gekozen om het onderzoek niet sterk te focussen op “rot”. Dit type onderzoek vraagt een andere proefopzet (o.a. grotere volumes, andere sampling, andere sortering, langere bewaring) en neemt risico’s met zich mee of er wel (voldoende) infectie optreedt in de proefobjecten vanwege de seizoensafhankelijkheid van het optreden van infecties. Dit vraagt extra budget en tijd en andere expertise. Daarom is er gekozen binnen dit project om te focussen op de vochteigenschappen in relatie tot slappe nek en alle aspecten daarom heen. Waar mogelijk zijn rotpercentages in de experimenten wel beoordeeld.

1.3 Opbouw rapport

Elk hoofdstuk beschrijft per onderwerp de aanpak en resultaten van relevante experimenten. In hoofdstuk 2 beschrijven we de resultaten van het labonderzoek betreffende de definitie en het meten van vochtstatus/humistatus van een partij. In hoofdstuk 3 wordt ingezoomd op verschillen in vochthuishouding tussen peren binnen één boom. In hoofdstuk 4 worden de effecten van opgelegde variaties in de boomgaard (droogtestress door watergift en bemesting) op vochtstatus en bewaarresultaat uitgelicht. Hoofdstuk 5 toont de resultaten van experimenten in de praktijk met externe factoren in de (na-)oogst fase die de humistatus beïnvloeden. Hoofdstuk 6 richt zich op de ontwikkeling van een meetmethode/sensor in de praktijk welke tijdens bewaring meer inzicht geeft in actuele vochthuishouding van een partij peren. En als laatste worden in hoofdstuk 7 de resultaten van praktijkmetingen aan verschillende type koelsystemen en om de invloed hiervan op het gedrag van de koeler tijdens korte, krachtige koelacties inzichtelijk te krijgen.

2 Definitie en ontwikkeling meetmethode humistatus

2.1 Introductie

Humistatus is een term die in het leven is geroepen als verzamelnaam voor factoren, i.e. biomarkers, die vochtgerelateerde afwijkingen in de perenbewaring kunnen voorspellen om vervolgens de bewaring te kunnen sturen met het doel deze afwijkingen te voorkomen. Deze afwijkingen omvatten schimmel of fysiologisch bederf en waarde/gewichtsverlies door onnodig vochtverlies. Hierbij ontstaat schimmelgroei vooral bij hoge luchtvochtigheden in de bewaring, terwijl fysiologisch bederf en waardeverlies gerelateerd zijn aan vochtverlies vanuit het product, wat vooral optreedt bij lagere luchtvochtigheden in de bewaring. Opvallend is dat deze problemen sterk partijspecifiek optreden, bij dezelfde opslagcondities en in sommige gevallen ook bij dezelfde gewichtsverliezen. Dit geeft aan dat er bepaalde factoren zijn die onafhankelijk van gewichtsverlies optreden en die beïnvloed worden door condities tijdens de teelt.

Middels literatuurstudie en verkennende toetsen is een definitie van "humistatus" ontwikkeld die in dit hoofdstuk wordt toegelicht. Hiernaast is er een grote verscheidenheid aan meetmethodes getoetst op peren vanuit zowel gerichte teelt (in samenwerking met experiment beschreven in hoofdstuk 4) en verschillende partijen uit de praktijk. De data uit deze toetsen is vervolgens gebruikt om inzicht te krijgen in de fysiologische afwijkingen "slappe nek" en "vochtverlies". Dit inzicht is tenslotte gebruikt om in partijen uit de praktijk een voorspelling te doen met betrekking tot deze disorders en deze voorspelling vervolgens te toetsen. Op basis van deze resultaten zijn vervolgens adviezen opgesteld om humistatus-gerelateerde afwijkingen te verminderen.

2.2 Aanpak

Ten eerste is een literatuurstudie gedaan naar de vochtstatus in peren. Hierbij is gekeken naar vochtrelaties binnen de peer, maar ook naar schilstructuren en de invloed van omgevingsfactoren tijdens de teelt en de bewaring. Vervolgens hebben wij, gecombineerd met de experimentele setup van teelt (Hoofdstuk 4), twee oogstseizoenen peren gebruikt om meetmethodes vast te stellen voor het principe "humistatus". Hier hebben wij verschillende aanpakken voor gebruikt: a) Het verzamelen van verschillende inslaggegevens om na bewaring te correleren met het voorkomen van slappe nekken. b) Het uitvoeren van een uitdrogingstest na inslag om te kijken of peren die gevoelig zijn voor slappe nek ook dan al te herkennen zijn. c) Het ontrafelen van de afwijking slappe nek en d) Het toetsen van methodes om vochtverlies te bepalen. De verkregen inzichten zijn het volgende jaar getoetst op een verscheidenheid aan partijen uit de praktijk en op basis hiervan zijn tenslotte adviezen opgesteld ter behoeven van een verbeterde humistatus.

2.2.1 Materiaal en Methoden

Plant materiaal en bewaring
Peren zijn geoogst vanaf teeltplots in Randwijk (Hoofdstuk 4). Voor seizoen 2017-2018 werden de peren geoogst op 4 september 2017 en voor seizoen 2018-2019 op 27 augustus 2018. Tijdens de oogst zijn de peren per boom gewogen alvorens ze naar een schuur zijn gereden. Per plot werden de kisten met peren uiteengezet en werden monsters samengesteld met peren vanuit alle oogstkisten per plot. Van ieder plot werden er vervolgens kratten naar WFBR in Wageningen getransporteerd, alwaar na 1 dag metingen werden verricht. In 2017 werden de peren opgeslagen in blauwe EPS-kratten in Randwijk onder gangbare CA-condities voor peren te weten 0.7% CO_2 en 3.0% O_2 bij -0.5°C producttemperatuur en hoge vochtigheid (> 95% RV) door het afdekken van de pallet met plastic. Na 7 maanden bewaring werden de peren vervoerd naar Wageningen alwaar monsters werden

samengesteld en geanalyseerd. In seizoen 2018-2019 werden er van ieder plot peren opgeslagen bij WFBR in platte kratten met inlegvellen bij -0.5°C en 90-95% RV. Na 5 maanden bewaring werden de peren naast non-destructieve metingen ook onderworpen aan een uitstal periode van 3 dagen bij 20°C en 60% RV met een voor al het product gelijke en constante luchtsnelheid. Na deze uitstalperiode werden de peren zowel non-destructief als destructief geanalyseerd.

Stress-test
Peren werden uitgestald in een klimaatruimte bij 20°C en 60% RV voor een muur van waaruit een constante luchtstroom blies. De peren werden geplaatst op roosters van RVS zodat een goede luchtstroom mogelijk was rondom de peer. De peren werden geanalyseerd (non-destructief) voordat ze in deze ruimte terechtkwamen en werden na 6 dagen wederom geanalyseerd (destructief).

Gewicht en vochtverlies
Gewicht van individuele peren en kratten met peren is gemeten met behulp van de elektronische balansen MS6002TS en XS10001L (Mettler-Toledo GmbH, Giessen, Duitsland), respectievelijk. Vochtverlies is bepaald op basis van gewichtsverlies, met de aanname dat het grootste deel van dit verlies uit water zal bestaan. Gewichtsverliezen zijn ofwel bepaald op batch-niveau (gemiddelde van kratten, waarbij ook de lege kratten zijn gewogen) ofwel op basis van verliezen van individuele peren.

Kleur, grootte en brons
Achtergrondkleur van de peren is bepaald met behulp van beeldanalyse. Hiervoor zijn foto's gemaakt met een RGB-camera (MAKO G-192C POE, Allied Vision, Stadtroda, Duitsland) in een LED-lichtkast (ontworpen door WFBR en gebouwd door IPSS Engineering, Wageningen, Nederland). The RGB-foto's werden gekalibreerd met behulp van een 24-vlaks kleurenkaart (Color checker classic, X-rite Europe GmbH, Regensdorf, Zwitserland). Beeldanalyse werd gedaan met behulp van een multi-threshold kleur- en beeld-segmentatie in de HSV kleurenruimte (in-house software tool ontwikkeld binnen WFBR, Wageningen, Nederland) om de achtergrondkleur van de peren uit te lichten en Hue kleurwaarden hiervan te bepalen. Eveneens is beeldanalyse gebruikt om de hoeveelheid brons op de peren te kwantificeren. Op basis van de foto’s genomen met de LED-lichtkast zijn met behulp van het analyseprogramma ImageJ de lengte en breedte van de peren bepaald.

Slappe nek
Slappenekscores zijn bepaald door de peer met de buik in de vingers te nemen en met de duim een lichte druk uit te oefenen op de hals. De zijde van de hals aan de andere kant van de duim werd vervolgens beoordeeld aan de hand van een slappenekscore tabel (Geijn et al., 2006) : 0, geen rimpels, ook niet bij lichte poging tot buigen; 1, rimpels bij lichte poging tot buigen; 2, rimpels zonder buigen moeilijk zichtbaar van dichtbij; 3, rimpels zichtbaar; 4, diepe rimpels, duidelijk zichtbaar.

Hardheid
De hardheid van de peren is bepaald met drie verschillende meetmethoden; Akoestisch, Limited compressie en Penetrometer, waarvan de eerste twee methoden ook beïnvloed worden door turgordruk (Hertog et al., 2004).

- Akoestische hardheid is bepaald met behulp van een acoustic firmness sensor (Aweta, Nootdorp, Nederland) met de instellingen zoals geadviseerd worden voor appels. Bij deze meting is de peer los met de buik op de houder geplaatst en na de eerste meting een kwartslag gedraaid over de lengte-as van de peer voor een tweede meting. Het gemiddelde van deze twee metingen vormde de meetwaarde.
- Limited compressie is bepaald op de buik van de peer, met behulp van een Fruit Texture Analyzer (Güss Manufacturing Ltd, Strand, Zuid Afrika) met een drukplaat van 10 cm diameter. Deze plaat drukt de peer vervolgens 1.5 mm in met een snelheid van 10 mm/s en de maximum waarde (in kg) wordt genoteerd. De uiteindelijke hardheidswaarde is de maximum waarde gedeeld door het aantal ingedrukte millimeters (kg/mm).
- Penetrometerhardheid is bepaald op de buik van de peer, na het verwijderen van een stukje huid met een dunschiller, met behulp van een Fruit Texture Analyzer (Güss Manufacturing Ltd, Strand, Zuid Afrika) met een 8 mm diameter (0.5 cm^2) plunjer. De genoteerde waarde (in kg) is de maximum waarde na het 8.9 mm doordringen van de plunjer in het vruchtvlees van de peer met een snelheid van 10 mm/s.

Zetmeel, oplosbare suikers en droge stof
Vanuit de buik van de peer werd een 2 cm dikke schijf gesneden, waarna de schijf in 4 stukken werd verdeeld. Een stuk bevatte het gat gemaakt door de hardheid-analyse, een tweede stuk werd gebruikt voor het suikergehalte en een derde stuk voor bepaling van drooggewicht. Het gedeelte van de peer onder de schijf, met eronder de calyx van de peer, werd teruggelegd in de kratten voor de zetmeelbepaling.

Voor de oplosbaresuikerbepaling, werden de 20 stukjes van individuele peren per krat verzameld en het sap eruit verkregen met behulp van een sap-machine (ref). Na een paar minuten klaren, werd het suikergehalte (in °Brix) van een helder sap sample bepaald met behulp van een refractometer (HI 96801, Hanna Instruments Inc, Woonsocket, RI, Verenigde Staten).

Voor de drogestofbepaling werden de 20 stukjes van individuele peren per krat verzameld in van te voren gewogen aluminium bakjes en zijn de bakjes met stukjes direct gewogen. Vervolgens zijn de bakjes bij 80 °C geplaatst in een droogstoof (FP 720, Binder GmbH, Tuttlingen, Duitsland).
Na 4 dagen zijn de bakjes wederom gewogen en is het relatieve drooggewicht bepaald.

Zetmeelbepaling is gedaan door de snijvlakken van de onderbuikjes van de peren te besproeien met een LUGOL-oplossing en na 30 minuten foto's te maken met behulp van een LED-lichtkast (ontworpen door WFBR en gebouwd door IPSS Engineering, Wageningen, Nederland). De uitslag is visueel bepaald met behulp van de Fruitmasters referentiekaart voor 'Conference' peren met een schaal van 2, bijna volledig blauw (zetmeel) tot 10, geen blauw (geen zetmeel).

Mineralen
Met peren uit de plots 1A/D, 3A/D, 7A/D en 9A/D zijn monsterzakken samengesteld van 1 kg. Deze monsters zijn vervolgens vervoerd naar Eurofins Agro (Wageningen) voor mineralen-analyse.

2.3 Resultaten

2.3.1 Definitie "humistatus"

Humistatus is een term die in het leven geroepen is om vochtgerelateerd productverlies te verminderen. De humistatus van een product dient dan ook informatie te geven met betrekking tot de gevoeligheid van een product om water te verliezen tijdens de bewaring.

De peer is een vrucht met een karakteristieke vorm; een ronde buik aan de calyx-zijde van de vrucht, getopt door schouders en een nek aan de steel-zijde. Doorgesneden over de calyx-steel-as zijn xyleemvaten zichtbaar vanaf de steel naar een klokhuis, welke zich midden in de buik bevindt. Het klokhuis bestaat uit vruchtvliezen en zaad(beginselen). Om het klokhuis heen, tot aan de huid bevindt zich het vruchtvlees van de peer, ook wel de inner cortex genaamd (Nguyen et al., 2004). Om deze inner cortex heen bevindt zich de outer cortex, welke bestaat uit de buitenste cellagen van het vruchtvlees en de huid van de peer. Tenslotte wordt de huid beschermd door een waslaag, de cuticula (Lara et al., 2014). De huid van de peer bevat ook regio's met bronzigheid. Deze bronzigheid ontstaat tijdens relatief snelle strekkingsgroei van de peer (Scharwies et al., 2014), op plaatsen waar scheurtjes in de cuticula ontstaan. Op deze plaatsen wordt kurk-weefsel gevormd, welke in theorie flexibeler en minder doorlaatbaar is voor water (Konarska, 2013). Ook de vorm van de peer heeft een belangrijke invloed op het waterverlies; peren met een relatief langere en slankere hals verliezen relatief meer water (Nguyen et al, 2006). Dit waterverlies kan zich uiten in het fenomeen 'slappe nek', waarbij de nek van de peer buigbaar wordt en wat als een kwaliteitsprobleem wordt ervaren.

In de peer zit het vocht vooral in de inner en outer cortex weefsels. Terwijl de inner cortex relatief makkelijk water doorlaat, zijn de outer cortex en de cuticula respectievelijk 55 en 550 keer betere barrières om waterverlies tegen te gaan (Nguyen et al., 2004; Nguyen et al., 2004; Nguyen et al., 2006; Nguyen et al., 2007). Ofwel, de peer zou kunnen worden gezien als een zakje om een spons verzadigd met water, waarbij het zakje de uitdrogingssnelheid reguleert en het watervasthoudende vermogen van de spons wordt bepaald door de hoeveelheid opgeloste stoffen.

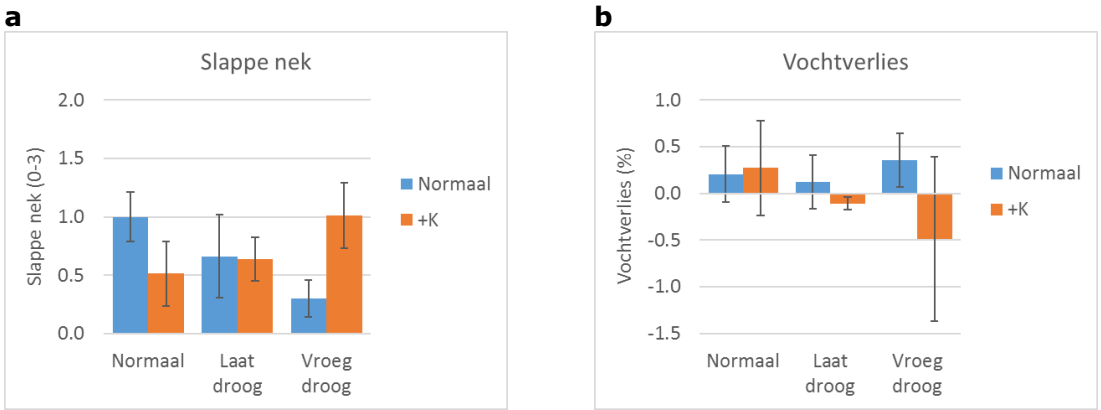
Op basis van bovenstaande informatie uit de literatuurstudie, gevolgd door een interne discussie, is het begrip humistatus opgesplitst in twee aspecten: humistatus als partijkarakteristiek bij inslag en de actuele humistatus tijdens bewaring. Dit is samengebracht in de volgende werkbare definities: **Humistatus als partijkarakteristiek bij inslag betreft de "Vochtstatus bij inslag, gecombineerd met de gevoeligheid voor uitdroging"**. Hierbij is gedacht dat de gevoeligheid voor uitdroging vooral wordt gereguleerd door de schil en dat de vochtstatus bij inslag vooral wordt bepaald in samenspraak met het droge stof gehalte en teeltfactoren zoals water- en nutriëntenvoorziening. **De actuele humistatus tijdens bewaring betreft de "Actuele vochtstatus tijdens bewaring"**. Deze actuele humistatus is een dynamisch proces, dat wordt beïnvloed door diverse handelingen, factoren en condities tijdens het naoogst-traject die tot meer of minder vochtverlies leiden.

2.3.2 Relatie inslag- en uitslaggegevens met vochtverlies en slappe nek na bewaring

Om na te gaan welke metingen de humistatus objectief kunnen beschrijven zijn er verschillende metingen gedaan bij de inslag en uitslag van partijen peren waarin variaties waren aangelegd op basis van watergift en nutriëntenvoorziening (zie ook hoofdstuk 4.1). In deze partijen was watergift gevarieerd door ofwel vroeg, ofwel laat in de teelt een periode van droogte aan de bomen op te leggen. Nutriëntenvoorziening was gevarieerd door in de teeltseizoenen van ofwel 2017, ofwel 2018 extra kalium en stikstof toe te voegen (+K). Na bewaring, bij uitslag, is de kwaliteit van de peren beoordeeld, waarbij speciale aandacht was voor 'slappe nek' en 'vochtverlies'.

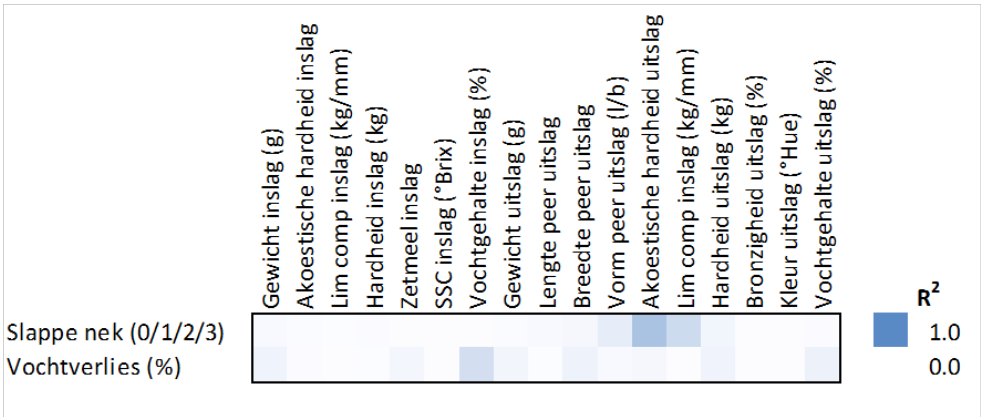
De kwaliteit van de peren werd bepaald op basis van een breed scala aan metingen gerelateerd aan het vochtgehalte en het vermogen om vocht vast te houden. Gemeten parameters gerelateerd aan het vermogen om vocht vast te houden zijn de hoeveelheid opgeloste stoffen (met name suiker; beschreven door zetmeel en brix), de grootte van de peer (op basis van gewicht), bronzigheid (als percentage op de huid) en rijpheid (kleur en hardheid). Hiernaast is de hardheid op verschillende manieren bepaald, daar klassieke hardheidsmetingen voor peren niet gevoelig zijn voor de waterspanning in de cellen van het vruchtvlees en akoestische hardheid en gelimiteerde kompressie (lim comp) dit wel zijn (Hertog et al, 2004). Deze factoren zijn vervolgens gecorreleerd aan de bij uitslag gemeten slappenekscore en het vochtverlies.

Na een bewaarperiode van 7 maanden zijn de eerder genoemde parameters wederom gemeten, evenals de uiteindelijke slappenekscore en het vochtverlies (Figuur 2.1). De slappenekscore in 2017-2018 was relatief laag (Figuur 2.1a). Al lijken er wel verschillen, deze zijn niet eenduidig, waardoor we voorzichtig moeten zijn bij de interpretatie ervan. Het vochtverlies was eveneens relatief laag (Figuur 2.1b). Hierbij moet worden benadrukt dat de vochtgehalten niet gemeten waren op dezelfde peren, maar als gemiddelden van verschillende peren.



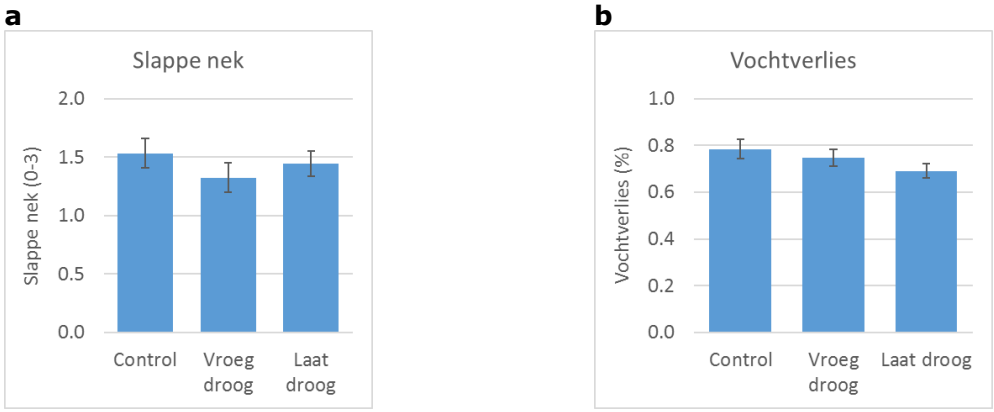
Figuur 2.1: Slappe nek en vochtverlies na bewaring van peren met verschil in watergift en nutriëntenvoorziening tijdens de teelt. Slappe nek (a) en vochtverlies (b) zijn bepaald als gemiddelde per krat van 20 peren. Watergift is normaal of met een droogteperiode vroeg of laat in het seizoen. Nutriëntenvoorziening was ofwel normaal, ofwel met extra kalium en stikstof (+K). Data zijn gemiddelden ± 95% CI, n = 4.

Wanneer deze resultaten in geheel worden gecorreleerd met de gemeten factoren, dan is te zien dat de akoestische hardheid en gelimiteerde kompressie gemeten bij uitslag, correleren met de slappenekscores (Figuur 2.2). Wat betreft vochtverlies is het vooral het vochtgehalte bij inslag welke correleert. Slappe nek en vochtverlies correleerden niet met elkaar. Terugkijkende in de data blijkt dat een hoog vochtgehalte samen lijkt te hangen met een lager vochtverlies. Echter, de lage waardes van slappe nek en in vochtverlies geven niet een duidelijk beeld, wat mogelijk te maken heeft met factoren als: teveel teeltvariabelen, geringe verschillen in watergift, onvoldoende uitdroging tijdens bewaring en het individueel volgen van de bewaarde peren.



Figuur 2.2: Correlaties tussen slappe nek en vochtverlies na bewaring en een aantal gemeten kwaliteitsattributen bij inslag voor bewaring en uitslag na bewaring. De gebruikte peren hadden verschillende watergift-behandelingen en nutriëntenvoorziening ondergaan. Kwaliteitsattributen voor (inslag) en na bewaring (uitslag) zijn gemeten per krat van 20 peren. Inslag- en uitslagmetingen zijn gedaan op verschillende peren. Correlaties zijn weergegeven als R^2 op een schaal van geen (wit) tot volledige correlatie (blauw).

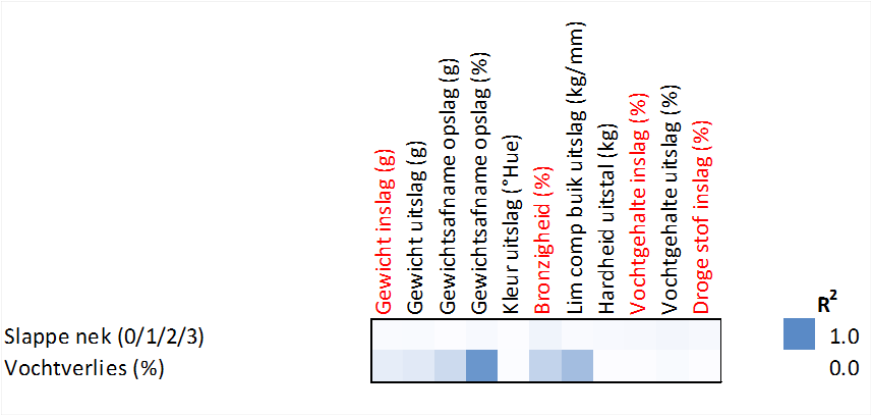
In bewaarseizoen 2018-2019 zijn deze aspecten meegenomen in de experimentele opzet door tijdens de teelt grotere verschillen in watergift te proberen te realiseren en alleen de teeltfactor watergift mee te nemen in de bewaarproef. Verder zijn de peren tijdens de inslag en bewaring individueel gevolgd en zijn ze opgeslagen in lage EPS-kratten met inlegvellen, wat een groter uitwisselingsoppervlakte zou moeten geven met de luchtcirculatie in de cel. Het effect van deze aanpassingen is goed te zien in de hogere gemiddelde slappenekscores en het hogere vochtverlies en de lagere variatie (Figuur 2.3a en b). Tussen de watergiften is er nauwelijks verschil in slappe nek (Figuur 2.3a), maar een droogteperiode laat in het seizoen geeft een duidelijke vermindering in het vochtverlies (Figuur 2.3b).



Figuur 2.3: Slappe nek en vochtverlies vochtverlies na bewaring van peren met verschil in watergift tijdens de teelt. Slappe nek (a) en vochtverlies (b) zijn bepaald op individueel gemeten peren. Watergift is normaal of met een droogteperiode vroeg of laat in het seizoen. Data zijn gemiddelden ± 95% CI, n = 80.

Wanneer de data onderliggend aan Figuur 3 wordt gecorreleerd met de andere gemeten factoren, dan zien we dat er niets correleert met slappe nek (Figuur 2.4). Vochtverlies van individuele peren correleert duidelijk met de gewichtsafname tijdens de opslag, vooral als percentage van het inslaggewicht van de peer. Deze rol van het inslaggewicht van de peer laat zien dat de grootte van de peer een belangrijke invloedfactor is in het vochtverlies. Het percentage bronzigheid correleert ook

sterk met het vochtverlies van de peren. Vochtverlies is goed te meten middels de gelimiteerde kompressie bij uitslag. Interessant genoeg waren er geen correlaties tussen het vochtverlies en de gehaltes aan vocht en droge stof van de peer bij inslag. Ook in dit experiment werd geen correlatie gevonden tussen de slappenekscore en het vochtverlies.



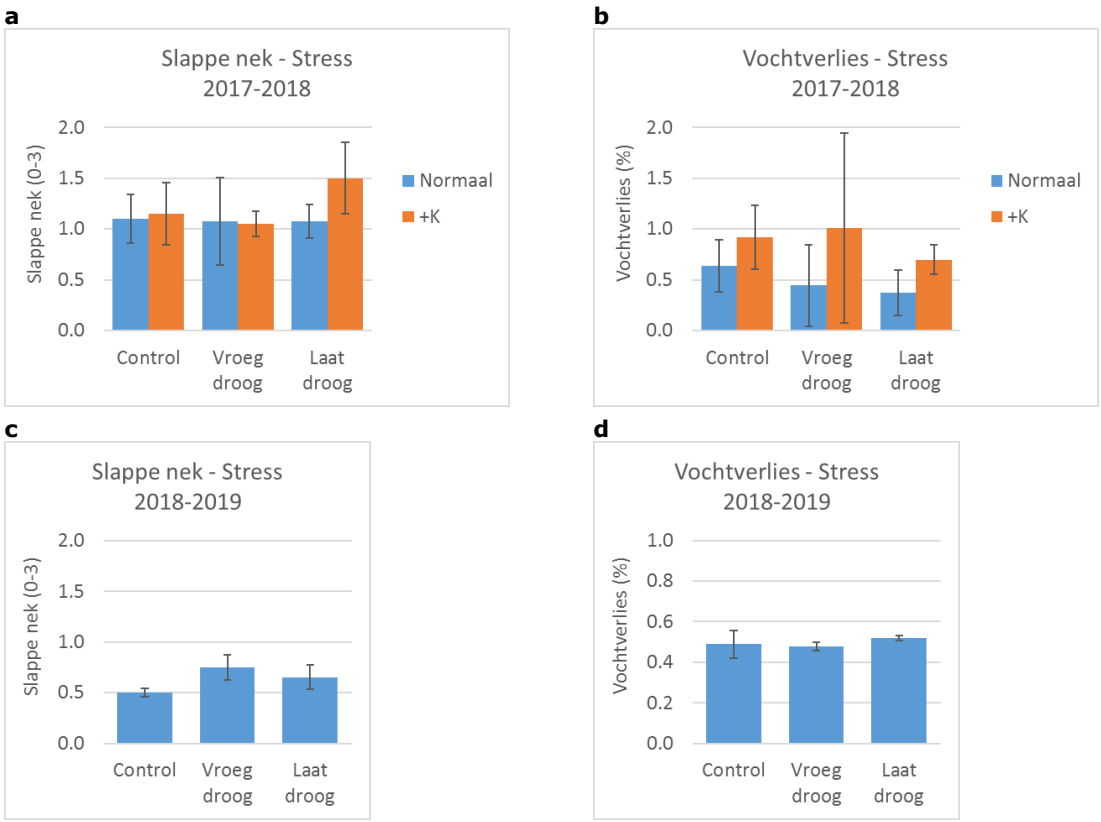
Figuur 2.4: Correlaties tussen slappe nek en gewichtsverlies na bewaring en een aantal gemeten kwaliteitsattributen voor en na bewaring. De 240 gebruikte peren hadden verschillende watergift-behandelingen ondergaan en zijn individueel gevolgd. Kwaliteits-attributen zijn zowel voor (bij inslag) als na bewaring (bij uitslag) gemeten. Na bewaring zijn de peren nog 3 dagen uitgestald geweest bij 20°C, waarna firmness en drogestofgehalte zijn bepaald. Attributen die voor bewaring al te meten zouden zijn, zijn in rood aangegeven. De attributen 'Vochtgehalte inslag (%)' en 'Droge stof inslag (%)' zijn benaderd op basis van het vochtgehalte bij uitstal en de peergewichten bij inslag, uitslag en uitstal. Correlaties zijn weergegeven als R^2 op een schaal van geen (wit) tot volledige correlatie (blauw).

2.3.3 Relatie uitdrogingstest bij inslag met vochtverlies en slappe nek na bewaring

Naast bewaring is er bij inslag ook een stress-test uitgevoerd, waarbij peren van dezelfde partij werden onderworpen aan een 'warme' (20°C) luchtstroom om een versnelde uitdroging op te wekken. Het doel van deze test is om na te gaan of gevoeligheid voor slappe nek of vochtverlies al in een vroeg stadium is te detecteren middels een uitdrogingstest vlak na inslag.

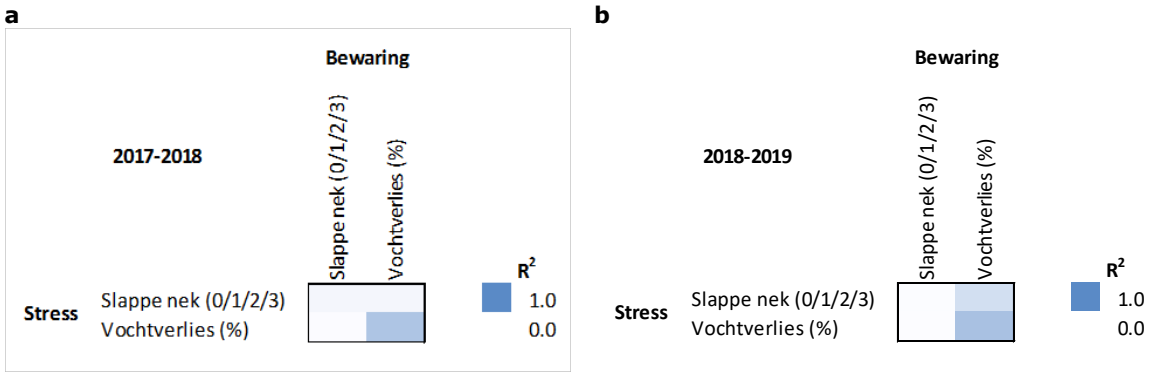
Figuur 2.5: Stress-test in actie. Peren liggen voor een wand met gaatjes waardoor warme lucht wordt gecirculeerd. De peren liggen op roosters om de luchtstroom rondom de peren te laten gaan. Peren van verschillende teeltbehandelingen liggen langs elkaar en verdeeld over de ruimte om ruimte-effecten tegen te gaan.

Na 7 dagen in de luchtstroom zijn verschillende metingen gedaan, waaronder slappe nek en vochtverlies. In seizoen 2017-2018 zijn de slappenekscores na de stress-test iets hoger dan tijdens de bewaring (Figuur 2.6a) en laten niet hetzelfde patroon zien tussen de teeltvariabelen als na bewaring (Figuur 2.1a). Hetzelfde geldt voor het vochtverlies tijdens de stress-test in dit seizoen (Figuur 2.6b). Daar tijdens de stress-test individuele peren werden gevolgd, bevat de data minder variatie en geen negatieve vochtverliezen zoals de data van de bewaring (Figuur 2.1b). In seizoen 2018-2019 zijn de slappenekscores tijdens de stress-test lager dan die na bewaring (Figuur 2.6c) en laten ze ook niet hetzelfde patroon zien met betrekking tot de watergift behandelingen (Figuur 2.3a). Hetzelfde geldt voor het vochtverlies na de stress-test (Figuur 2.6d) in vergelijking met die na bewaring (Figuur 2.3b).



Figuur 2.6: Slappe nek en vochtverlies resultaten van stress-testen gedaan direct na inslag voor peren met verschillende watergift en nutriëntenvoorziening. Stress tests zijn gedaan voor de seizoenen 2017-2018 (a en b) en 2018-2019 (c en d). Watergift was normaal of met een droogteperiode vroeg of laat in het seizoen. Nutriëntenvoorziening was ofwel normaal, ofwel met extra kalium en stikstof (+K). Data zijn gemiddelden ± 95% CI, met n = 4.

Hierop volgend zijn de data onderliggend aan de gemiddelden in Figuur 2.6 gecorreleerd met de data onderliggend aan figuren 2.1 en 2.3. Dit liet zien dat slappenekresultaten van de stress-test geen verband houden met slappenekresultaten na bewaring voor zowel seizoen 2017-2018 (Figuur 2.7a) en seizoen 2018-2019 (Figuur 2.7b). Vochtverlies daarentegen liet wel een verband zien tussen de stress-test en na bewaring in beide seizoenen. Het verschil tussen de correlaties van slappe nek en vochtverlies wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat de slappenekscore een classificatie is, terwijl vochtverlies een meetresultaat is met een standaard-eenheid. Hierdoor heeft de factor vochtverlies een hogere resolutie en is en eventueel verband makkelijker na te gaan.



Figuur 2.7: Correlaties tussen slappe nek en vochtverlies gemeten na een stress-test bij inslag en gemeten na bewaring. Correlaties zijn gedaan in de seizoenen 2017-2018 (a) en 2018-2019 (b). Correlaties zijn weergegeven als R^2 op een schaal van geen (wit) tot volledige correlatie (blauw).

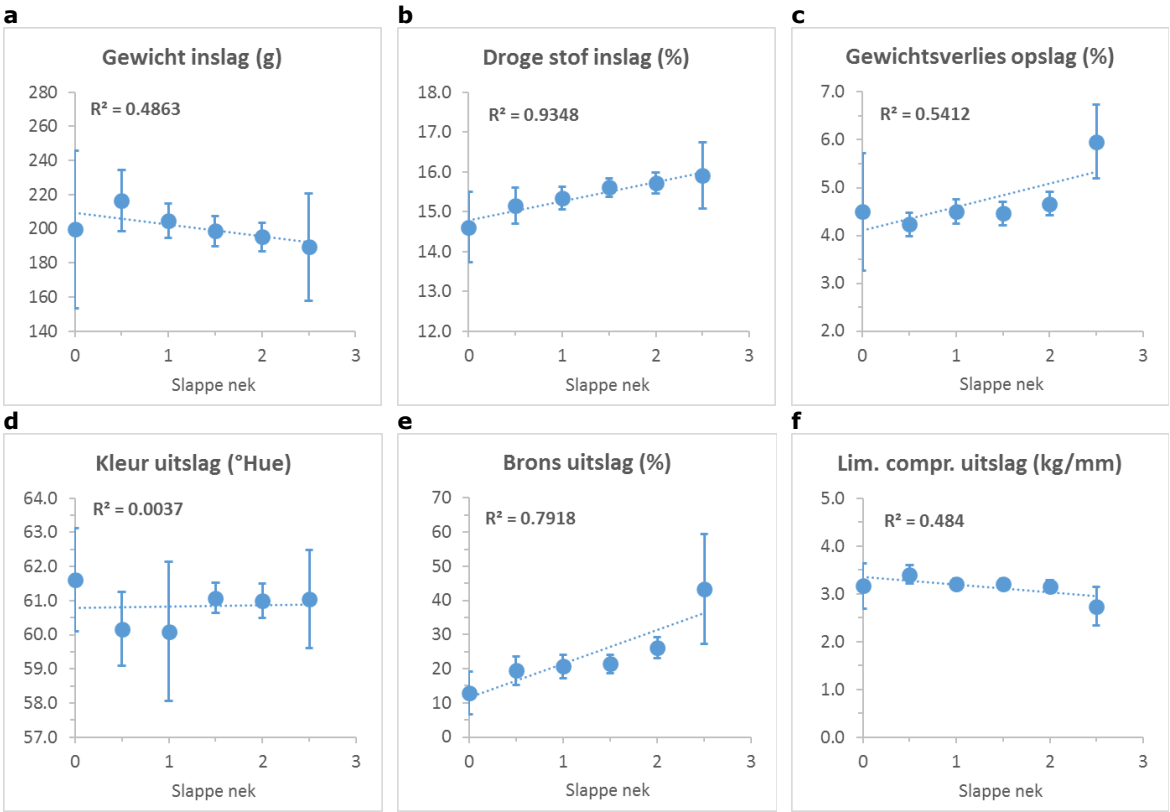
De correlatie tussen vochtverlies na een stress-test en het vochtverlies van dezelfde partijen na bewaring geeft aan dat de relatieve capaciteit van partijen peren om vocht te verliezen al vroeg in de bewaring is te bepalen.

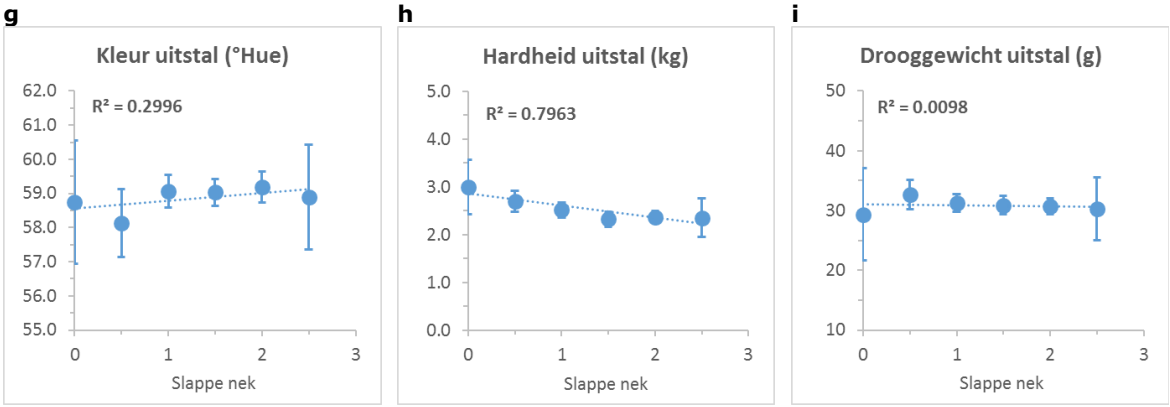
2.3.4 Slappe nek

Gezien de slappenekscores van de individuele peren niet duidelijk en eenduidig correleerden met individuele andere factoren (Figuur 2.2 en 2.4), is besloten de focus te leggen op het fenomeen 'slappe nek' en de factoren die eraan bijdragen te identificeren.

Hierbij zijn uiteindelijk per onderzoekjaar de data georganiseerd per klasse van slappe nek, wat duidelijke trends liet zien voor een aantal van de gemeten factoren. Deze factoren omvatten bronsheid, peer-grootte, drooggewicht en in mindere mate ook vochtverlies.

In eerste instantie is dit gedaan voor de dataset van individueel gevolgde peren in seizoen 2018-2019. Deze peren hadden verschillende watergiften gehad (Hoofdstuk 2). Gezien er na bewaring geen significant verschil was in gemiddeld slappenekscore tussen de watergiften, is de dataset van de 3 watergift-behandelingen zonder bijvoeding gebruikt om te zien welke gemeten fysiologische eigenschappen bijdragen aan verschillende slappenekscores. Hiertoe is per slappenekscore het gemiddelde bepaald van een aantal fysiologische eigenschappen (Figuur 2.8). Per eigenschap is vervolgens de correlatiecoëfficiënt tussen deze gemiddelden en slappe nek bepaald. Deze coëfficiënten suggereren dat er relatie is tussen slappe nek en inslaggewicht (Figuur 2.8a), percentage droge stof (Figuur 2.8b) en brons (Figuur 2.8e), drie factoren die al bij inslag bepaald kunnen worden. Het gewicht van de peren geeft de grootte en daarmee de inhoud/oppervlakte ratio van de peren weer; grote peren hebben een relatief klein oppervlak waarover de inhoud water kan verliezen. Het percentage droge stof, hier berekend vanuit de absolute droge stof na uitstal en het inslaggewicht van de peren, is omgekeerd evenredig met het vochtgehalte van de peer; een lager percentage droge stof betekent dus meer water bij inslag. Het percentage brons op de huid is interessant, daar dit een verkurking van de schil betreft en daardoor in theorie beter bestand moet zijn tegen uitdroging (Konarska, 2013). Echter, deze dataset laat het omgekeerde zien, wat wellicht samenhangt met de onderbrekingen in de cuticula tussen groene en bronzen huid. Factoren die correleren met slappe nek en tijdens de uitslag kunnen worden bepaald zijn gewichtsverlies tijdens de opslag (Figuur 2.8c), limited compressie (Figuur 2.8f) en hardheid (Figuur 2.8h). Deze factoren zijn daarmee kandidaten om het fenomeen slappe nek objectiever te kunnen bepalen. Kleur laat ook in deze representatie van de data geen correlatie zien met slappe nek (Figuur 2.8d en g), evenals het absolute drooggewicht van de peren (Figuur 2.8i).





Figuur 2.8: Fysiologische eigenschappen van 'Conference' peren in verschillende klassen van 'slappe nek' en hun correlatiecoëfficienten. Fysiologische eigenschappen zijn onderverdeeld in gewicht bij inslag (a), Droge stof bij inslag(b), gewichtsverlies na opslag (c), kleur na opslag (d), brons (e), limited compressie na opslag (f), kleur na uitstal (g), hardheid na uitstal (h) en drooggewicht na uitstal (i). Data zijn gemiddelden ± 95% CI.

Om te kijken of de correlaties die bij inslag te bepalen zijn elkaar kunnen versterken is multivariaat regressie gedaan. Deze liet zien dat in deze dataset droge stof percentage de dominerende factor is, die door toevoeging van zowel brons als inslaggewicht versterkt kan worden. Brons en inslaggewicht versterken elkaar ook, maar niet tot het niveau van het droge stof percentage op zichzelf.

Het zou interessant zijn om deze drie factoren te testen in een praktijkproef met veel verschillende herkomsten waarbij inslaggewicht en brons worden bepaald bij inslag op basis van een vast aantal peren per kist, het kistgewicht en een foto van de top van de kist. Eveneens wordt een sample genomen voor drooggewicht/watergehalte van de partij. Bij uitslag wordt vervolgens een slappenekscore per partij bepaald en vergeleken met de relatieve voorspelling. Tegelijk worden er van iedere partij 20-40 peren in lage kratten met inlegvellen gesampled, individueel gemeten en opgeslagen om na 4 maanden opslag onder reguliere atmosfeer (RA) condities (mechanisch gekoelde omstandigheden) een slappenekscore te verkrijgen. In het laatste onderzoeksjaar zal dan een vergelijking worden gemaakt tussen deze praktijkgerichte methode en de onderzoeksmethode.

Hierop vooruitlopend zijn van de praktijk inkoeltemperatuurproef (hoofdstuk 5.3) 18 samples genomen met verschillende herkomsten en temperatuurbehandelingen voor het inkoelen gedurende 1 week. De herkomsten in kwestie betroffen A, B en C en de temperaturen van de voorbehandelingen waren -0.5, 1.5 en 3.5°C (eerste week van bewaring). In aanvulling op de al bepaalde gemiddelde gewichten per peer, gewichtsverlies tijdens opslag en bepalingen van 10 peren per krat voor slappe nek en inwendig bruin, zijn percentage brons, kleur, hardheid en drooggewicht bepaald (Figuur 2.9). Omdat het effect van de temperaturen tijdens het inkoelen niet zichtbaar was ten opzichte van de herkomsten is besloten deze niet weer te geven in de figuren. Tevens moet opgemerkt worden dat slappenekscores zijn bepaald op peren van gemiddelde grootte en dat dit een onderschattend effect zal hebben op de relatie tussen peergewicht en slappe nek.

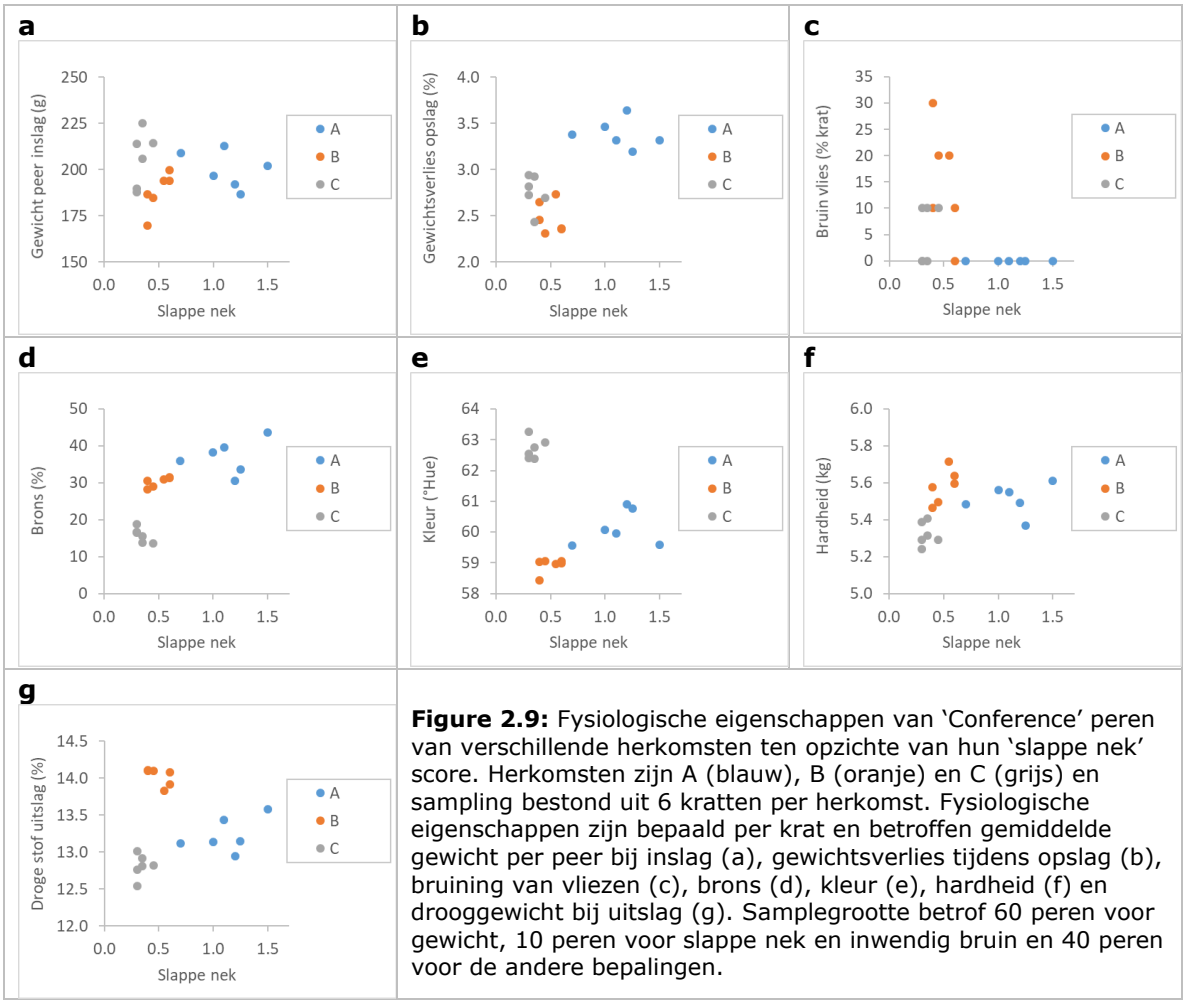


Figure 2.9: Fysiologische eigenschappen van 'Conference' peren van verschillende herkomsten ten opzichte van hun 'slappe nek' score. Herkomsten zijn A (blauw), B (oranje) en C (grijs) en sampling bestond uit 6 kratten per herkomst. Fysiologische eigenschappen zijn bepaald per krat en betroffen gemiddelde gewicht per peer bij inslag (a), gewichtsverlies tijdens opslag (b), bruining van vliezen (c), brons (d), kleur (e), hardheid (f) en drooggewicht bij uitslag (g). Samplegrootte betrof 60 peren voor gewicht, 10 peren voor slappe nek en inwendig bruin en 40 peren voor de andere bepalingen.

Het gemiddelde gewicht van de peren verschilt per herkomst, evenals de slappenekscore van de drie herkomsten (Figuur 2.9a). Verder laat het gemiddelde perengewicht niet een heel sterke relatie zien met de slappenekscore van de peren. Gewichtsverlies tijdens de opslagperiode is minder bij lagere slappenekscores (Figuur 2.9b). Inwendig bruin (vliezen in het klokhuis) is afwezig in de herkomst A, iets hoger bij herkomst C en beduidend hoger in de peren van herkomst B (Figuur 2.9c). Bronzigheid van de peren laat een duidelijke lijn zien in relatie tot slappe nek en de drie herkomsten liggen relatief in dezelfde richting (Figuur 2.9d). Wat betreft kleur is er een duidelijke scheiding op basis van herkomst (Figuur 2.9e), welke in mindere mate ook zichtbaar is in de hardheid van de peren (Figuur 2.9f). Droge stof gehaltes laat een ook een duidelijke scheiding zien op basis van herkomst, waarbij peren van herkomst A volgens de verwachtingen bij een hoger droge stof gehalte een hogere slappenekscore gaf en de peren van herkomst C bij lage droge stof, een lage slappenekscore gaven (Figuur 2.9g).

Al met al is het duidelijk dat de peren van de herkomst B verschillend reageerden. Ze waren kleiner, geler en harder, hadden een hoger gehalten aan droge stof en inwendig bruin en verloren weinig gewicht aan vocht. Hierdoor weken deze peren af van de verwachte patronen tussen slappe nek en droge stof, gewicht, gewichtsverlies, kleur en hardheid. Interessant genoeg gold dit in veel mindere mate voor de hoeveelheid brons op de peren en deze correleerde dan ook goed met de slappenekscores van de kratten (R^2 van 0.60). Het buiten beschouwing laten van de herkomst B verbeterde de correlaties van slappe nek met de fysiologische eigenschappen aanzienlijk. Echter, daar er aanzienlijke verschillen zijn tussen herkomsten maakt deze test ook duidelijk dat er veel meer herkomsten meegenomen moeten worden in een praktijkproef ter voorspelling van slappe nek.

2.3.5 Vervolgproef slappe nek

Een uiteindelijke praktijk proefopzet zou er voor een enkele opslag cel als volgt uitzien:

- 10 herkomsten
- 5 kisten/herkomst op verschillende plaatsen in een opslag cel

Van iedere kist wordt een monster genomen van 20 peren in een lage EPS-krat. Op deze manier verkrijgen we 100 peren per herkomst, welke gemiddeld kunnen worden tot 5 kisten. Van deze kratten worden op peer niveau het gewicht, de kleur en het percentage brons bepaald en wordt op krat niveau het droge stof gehalte bepaald. Op basis van deze waarden maken we een rangschikking voor de relatieve slappe nek ontwikkeling.

Optioneel kunnen we vanaf een standaard hoogte (bijvoorbeeld vanaf bovenop heftruck) een foto met kleurenstandaard te maken. Deze foto kan dan dienen om het percentage brons en eventueel de kleur te bepalen. De resultaten hiervan kunnen vervolgens vergeleken worden met die van de genomen monsters. Deze optie dient om brons op een grootschaligere manier te kunnen bepalen.
Bij uitslag wordt er vervolgens per geselecteerde kist opnieuw een monster van 20 peren in een lage EPS-krat genomen. Van dit monster zal in ieder geval een slappenekscore worden bepaald, alsmede het gemiddelde peer gewicht. Optioneel kunnen hier ook nog de kleur, het percentage brons (neemt dit toe tijdens bewaring?), de hardheid en het droge stof gehalte worden bepaald.

3 Variatie in vochtafgifte tussen peren afkomstig van 1 boom

3.1 Introductie

De variatie die er binnen een partij bestaat in vochtafgifte is slechts voor een deel te verklaren met de vruchtmaat. Om meer inzicht te krijgen in andere factoren die van invloed zijn, wordt in deze proef de vochtafgifte vergeleken tussen peren die geplukt zijn van dezelfde boom. Teelt- en klimaatfactoren worden hierbij dus zoveel mogelijk uitgesloten.

3.2 Opzet

Op 28 augustus 2018 zijn van 1 boom alle 140 vruchten geplukt. De positie van iedere peer is hierbij vooraf gemeten (hoogte, afstand van de stam), en gegevens genoteerd zoals al dan niet hangend op een cluster. Iedere peer is afzonderlijk gefotografeerd aan de boom. Op deze manier kon na de bewaring nog teruggekeken worden naar de precieze situatie van iedere afzonderlijke peer aan de boom.

De peren zijn bij de pluk in pakbladen gelegd, gewogen en bewaard in de mechanische koeling bij -0.5°C tot 28 januari 2019 gevolgd door 4 dagen uitstalling bij 18°C.

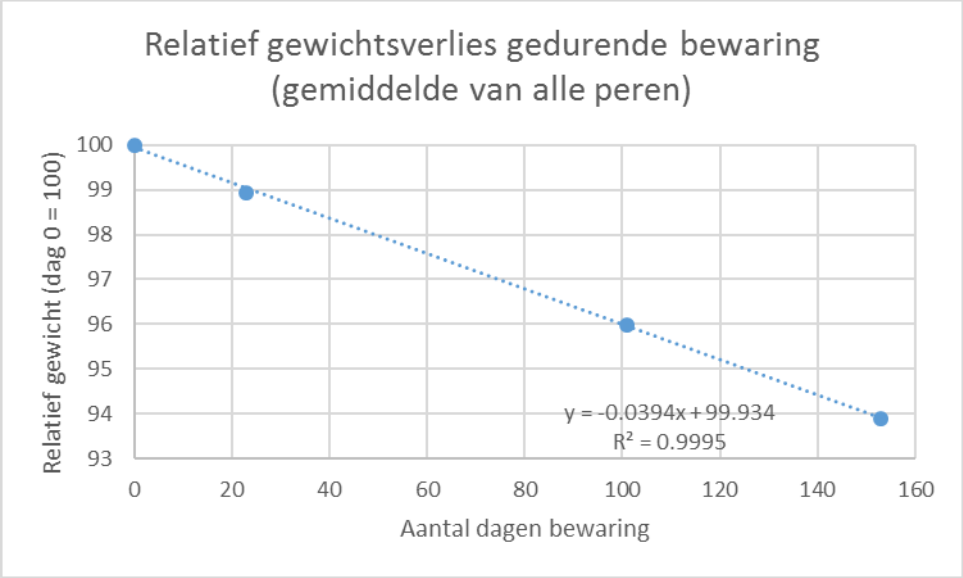
Onderstaande meetmethoden zijn uitgevoerd zoals beschreven in hoofdstuk 2.

- Op diverse tijdstippen gedurende de bewaring is het individuele vruchtgewicht bepaald.
- 3 weken na de pluk (30 september 2018) is de ethyleenproductie bepaald per individuele peer, en opnieuw 4 dagen voor het einde van de bewaring (24 januari 2019).
- Na bewaring en na uitstalling is de grondkleur van de peren bepaald met behulp van beeldanalyse. Eveneens is beeldanalyse gebruikt om de hoeveelheid brons op de peren te kwantificeren. Peren zijn op grondkleur en brons geanalyseerd aan 2 zijden.
- Slappenekscores zijn bepaald door de peer met de buik in de vingers te nemen en met de duim een lichte druk uit te oefenen op de hals.
- Direct na de bewaring is de hardheid van de peren bepaald met limited compressie. Deze methode wordt ook beïnvloed door de turgordruk.
- Na uitstalling is de hardheid bepaald met een automatische penetrometer (FTA).
- Lengte en diameter van de peren is bepaald met een schuifmaat.

3.3 Resultaten

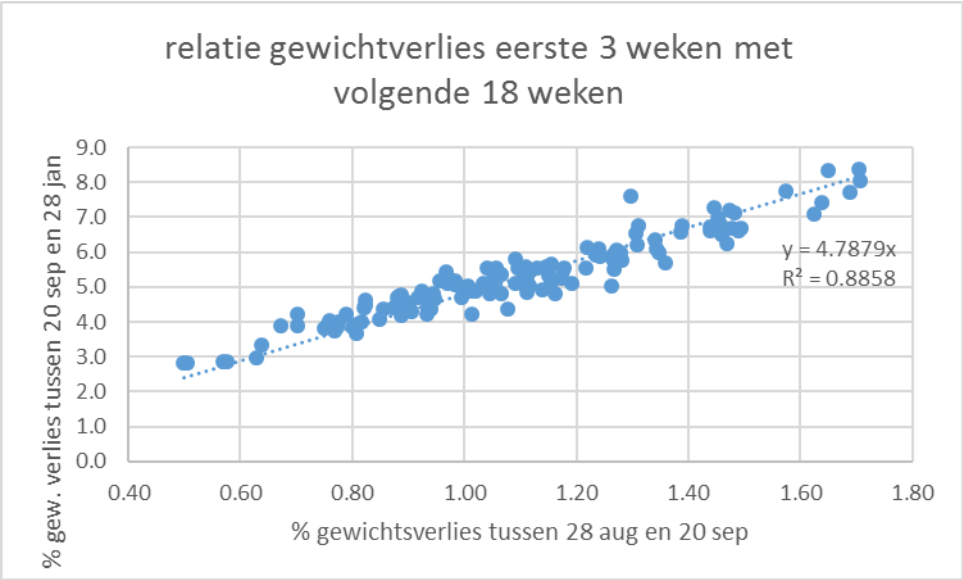
3.3.1 Gewichtsverlies

Het vruchtgewicht is op verschillende tijdstippen gedurende de 153 dagen bewaarduur gemeten.
Het % gewichtsverlies in de totale periode varieerde van 3.3 tot 9.9% met een gemiddelde van 6.3% (0,041% per dag). Het gemiddelde gewichtsverlies was constant over de bewaarperiode (Figuur 3.1).



Figuur 3.1: Relatief gewichtsverlies (pluk op dag 0 = 100) van peren (gemiddelde van 140 peren van 1 boom) gedurende de bewaring.

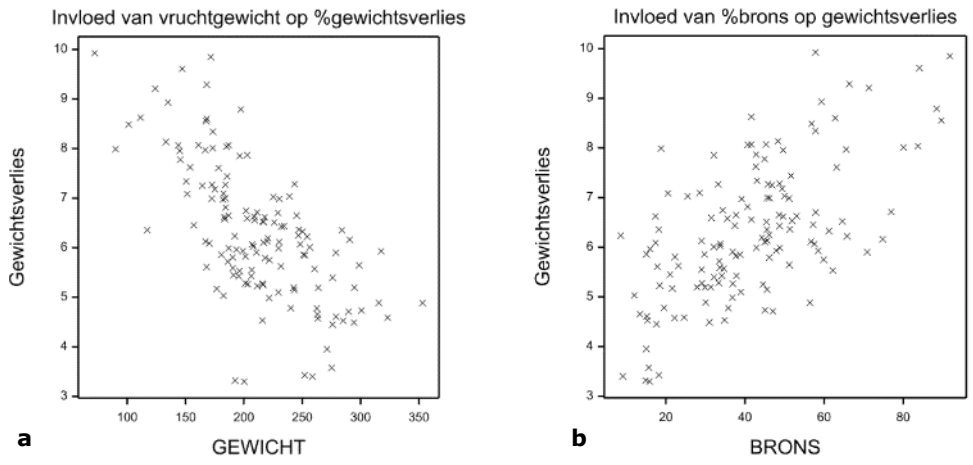
Peren die relatief veel gewicht verloren in de eerste periode van 3 weken, zetten dit beeld voort in de resterende bewaarperiode van 18 weken (Figuur 3.2).



Figuur 3.2: Correlatie tussen gewichtsverlies gedurende de eerste 3 weken bewaring (x-as) en volgende 18 weken bewaring voor 140 individuele peren van 1 boom.

De variatie in gewichtsverlies tussen de individuele peren kan voor een deel verklaard worden met het vruchtgewicht (R^2=43.9%, Genstat lineaire regressie, Figuur 3.3 links), met hoger gewichtsverlies bij lager vruchtgewicht.

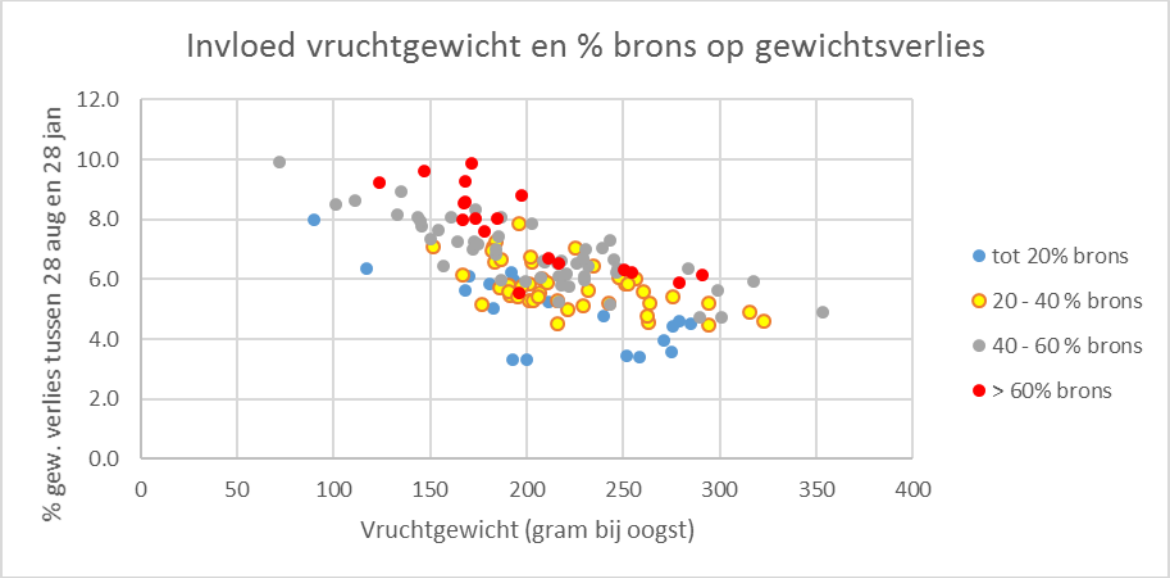
Daarnaast kan de variatie in gewichtsverlies voor een deel verklaard worden met bronzigheid (R^2=39.5%, Genstat lineaire regressie, Figuur 3.3 rechts), met hoger gewichtsverlies bij een hoger % brons.



Figuur 3.3: Percentage gewichtsverlies gedurende 21 weken bewaring in relatie tot vruchtgewicht bij de oogst (Figuur a) en in relatie tot % brons (Figuur b) voor 140 individuele peren.

Beide factoren samen verklaren 72.9% van de variatie in gewichtsverlies (R^2=72.9%, Genstat multiple lineair regression).

De invloed van zowel vruchtgewicht en % brons is zichtbaar gemaakt in onderstaande Figuur 3.4. Over het algemeen is er dus een hoger gewichtsverlies bij een lager vruchtgewicht en een hoger % brons. Een hoger gewichtsverlies bij kleinere peren kan verklaard worden door de relatief hoge oppervlakte/inhoud verhouding.



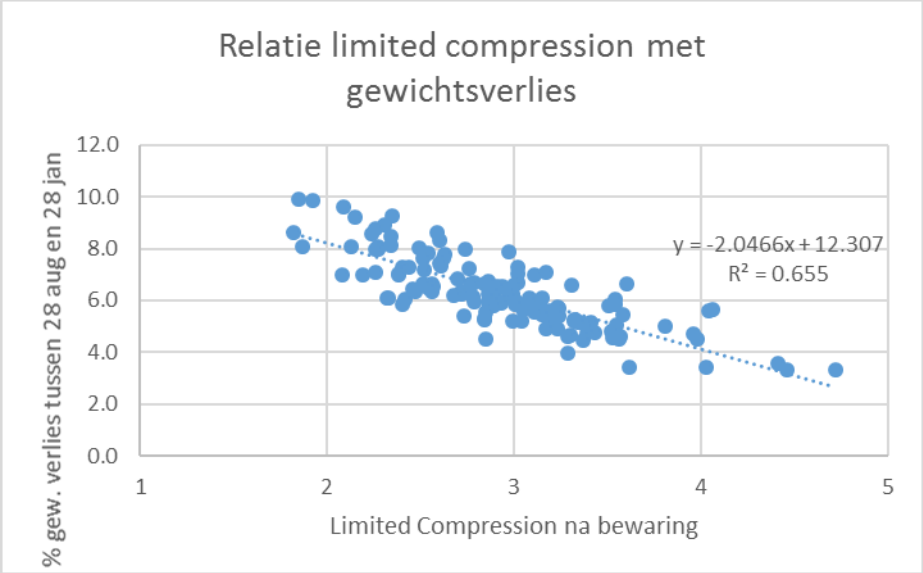
Figuur 3.4: Het % gewichtverlies gedurende 21 weken bewaring in relatie tot vruchtgewicht bij de oogst en brons voor 140 individuele peren.

Er werd in dit experiment geen effect gevonden van positie in de boom (xyz-coördinaten) of het aantal peren per cluster.

3.3.2 Overige kwaliteitsmetingen

De limited compressie meting na bewaring is een maat voor de hardheid, maar wordt ook beïnvloed door de turgordruk. Een hoge waarde voor limited compressie na bewaring is een indicatie voor laag gewichtsverlies in de voorafgaande bewaring (Figuur 3.5).

Ethyleenproductie tijdens bewaring, en grondkleur na bewaring had geen relatie met gewichtsverlies of slappe nekken.



Figuur 3.5: Het % gewichtsverlies gedurende 21 weken bewaring in relatie tot limited compressie meting na bewaring (0 dagen uitstal) voor 140 individuele peren.

3.3.3 Slappe nek

Er was in deze proef geen duidelijke relatie tussen de slappe nekken score en gewichtsverlies. Er is ook gekeken of er een verband is tussen de slappe nekken score en de situatie aan de boom. Er bleek geen relatie met positie aan de boom (xyz-coördinaten) of het aantal peren per cluster.

3.4 Conclusies

Bij peren geplukt van 1 boom blijkt er grote variatie in vochtverlies tussen de peren. Er was hierbij geen duidelijke invloed van de positie aan de boom of het aantal peren per cluster.

Bij monsterselectie om vochtverlies in bewaring te bepalen of te voorspellen moet met name rekening gehouden worden met de vruchtgrootte en mate van brons. Over het algemeen is er een hoger gewichtsverlies bij een lager vruchtgewicht en bij een hoger % brons.

Het vochtverlies in de eerste weken van bewaring is een maat voor de gevoeligheid voor vochtverlies in de resterende bewaarduur.

4 Vochthuishouding tijdens teelt en effect op vochtstatus/kwaliteit peer

De variatie in percentage slappe nekken en vruchtrot tussen bedrijven/percelen is groot. Als bekend is wat de oorzaak van deze variatie in slappe nekken en vruchtrot is, kunnen vervolgens strategieën ontwikkeld worden om deze afwijkingen te voorkomen. In dit hoofdstuk wordt onderzocht in hoeverre teeltmaatregelen invloed hebben op de afwijkingen. Als er effecten van teeltmaatregelen gevonden worden zijn de betreffende vruchten ook geschikt, vanwege de opgelegde variatie, om beter begrip te krijgen van wat vochtstatus bepalende eigenschappen zijn en kunnen verschillende meetmethoden getest worden voor het bepalen van de 'vochtstatus' van een peer/partij (dit laatste is uitgebreid beschreven in Hoofdstuk 2).

Er zijn samen met de klankbordgroep twee teeltmaatregelen geselecteerd om in het onderzoek te nemen, namelijk watervoorziening en kaliumnitraatbemesting.

- Vochtverlies tijdens de bewaring lijkt een bepalende factor te zijn voor het optreden van slappe nekken dan wel vruchtrot. Het ligt daarom voor de hand om te onderzoeken of de mate en periode van vochttekort tijdens de teelt een effect heeft op het vochtverlies of het percentage slappe nekken en vruchtrot.
- Omdat kalium in plantencellen een rol heeft om de celturgor en daarmee de stevigheid van plantencellen op niveau te houden is kalium als tweede onderzoeksfactor meegenomen. Omdat kalium in nitraatvorm relatief snel opneembaar is gekozen voor kaliumnitraat.

4.1 Teeltmaatregelen jaar 1 en 2

Vanwege het hogere onderscheidingsvermogen is gekozen voor een factorieel experiment met de factoren bodemvochtaanbod en kaliumnitraatbemesting op drie niveaus. Vanwege de extra ruimte op het proefperceel kon in de tweejarige proef het overjarig effect van de kaliumnitraatbemesting apart onderzocht worden. De veldproef is in vier herhalingen uitgevoerd als blokkenproef, een splitplotschema (vochtaanbod als hoofdfactor), met 6 meetbomen en 2 tot 4 bufferbomen per experimentele eenheid (veldje). De proef is uitgevoerd met het perenras Conference (plantmateriaal: tussenstam Doyenné du Comice; onderstam: Kwee C; boomvorm: V-haag; eerste groeijaar 1999). Tabel 4.1 geeft een overzicht van de teeltbehandelingen gedurende de twee jaren.

Tabel 4.1 Teeltbehandelingen

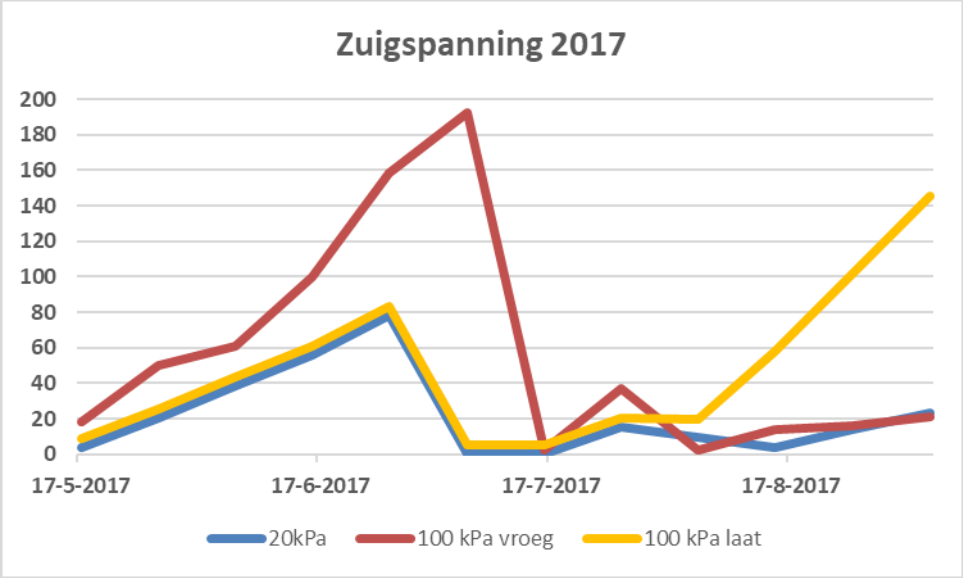
	Vochtaanbod bodem *	Bemesting
1	hele jaar 20 kPa	onbehandeld
2	hele jaar 20 kPa	kaliumnitraat** in 2018
3	hele jaar 20 kPa	kaliumnitraat in 2017
4	week 2 t/m 6 na bloei 100 kPa	onbehandeld
5	week 2 t/m 6 na bloei 100 kPa	kaliumnitraat 2018
6	week 2 t/m 6 na bloei 100 kPa	kaliumnitraat 2017
7	4 weken vóór pluk 100 kPa	onbehandeld
8	4 weken vóór pluk 100 kPa	kaliumnitraat 2018
9	4 weken vóór pluk 100 kPa	kaliumnitraat 2017

**Uitgedrukt in gemiddelde zuigspanning op 15, 35 en 65 diepte in de bomenrij (totaal aantal Watermark sensoren: 24, 8 per vochtaanbodniveau).*
*** 180 kg N en 616 kg K2O/ha boomgaard gegeven in drie breedwerpig gegeven giften (april, mei, juni) in de vorm van MultiK 13,5-0-46,2.*

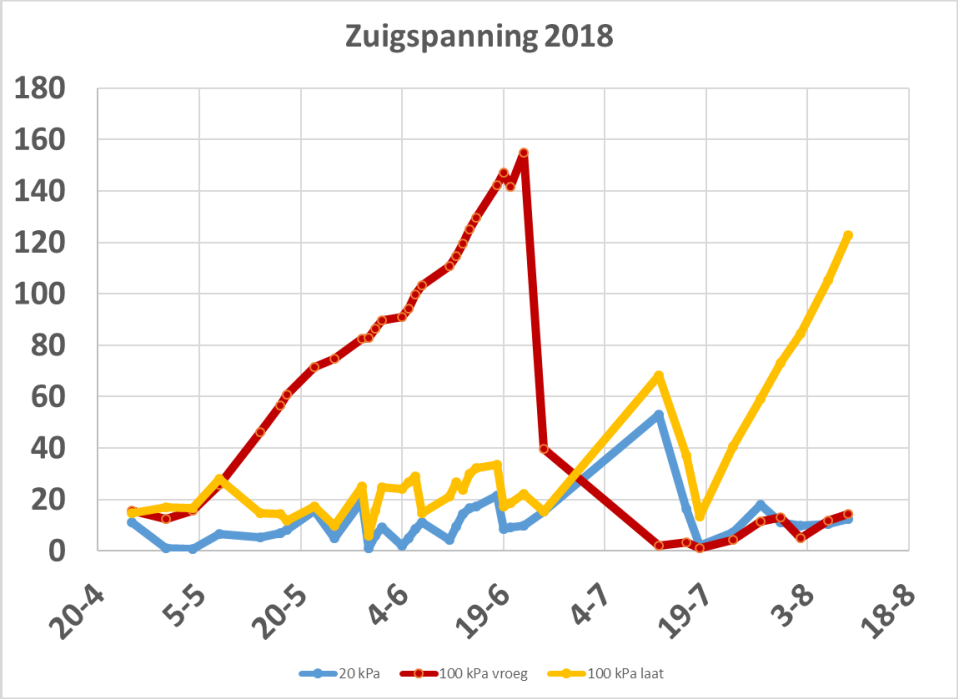
In jaar 1 (2017) zijn de behandelingen uitgevoerd via beregening en zijn dakjes onder de bomen gebruikt om regen buiten te houden bij de droogtestressbehandelingen (Figuur 4.1). Er is beregend in groepjes van drie veldjes in aangrenzende rijen voor behandelingen 1 t/m 3, 4 t/m 6 en 6 t/m 9.
In jaar twee (2018) is schoon water gegeven met driedubbele druppelirrigatieslangen verspreid over de boomstrook indien water gegeven moest worden. Door de droogte in 2018 waren er geen dakjes nodig.

Figuur 4.1: Dakjes onder de bomen voor realisatie van de droogtestressbehandelingen.

De gerealiseerde zuigspanningswaarden in de bodem zijn weergegeven in de onderstaande figuren (gemiddelde zuigspanning over 15, 35 en 65 cm, waarbij 15 en 35 tweemaal zo zwaar meetellen voor het gemiddelde in verband met hogere worteldichtheid op die diepten).



Figuur 4.2: Gerealiseerde gemiddelde zuigspanningswaarden in de bodem (2017).



Figuur 4.3: Gerealiseerde gemiddelde zuigspanningswaarden in de bodem (2017).

4.2 Evaluatie teeltmaatregelen

De effectiviteit van de teeltmaatregelen is onderzocht door het meten van vruchtgewicht (effect van vochtaanbod bodem) en het kalium (K)- en stikstof(N)-bladgehalte (effect van bemesting met kaliumnitraat/MultiK). Vanwege de sterke uitwisselbaarheid tussen kalium in het blad en de vrucht mag ervan worden uitgegaan dat een verschil in bladgehalte ook een verschil in vruchtgehalte betekent.

4.2.1 Vruchtgewicht

In 2017 had de droogte vroeg in het jaar (100 kPa vroeg) geen significant effect op het vruchtgewicht. De droogte laat in het jaar had ook geen effect met 209 gram/vrucht in vergelijking met 219 gram/vrucht bij het hele jaar nat (20 kPa).

In 2018 werd een vergelijkbaar beeld gevonden maar was het effect van de late droogte wel significant: 185 (controle, hele jaar 20 kPa) versus 172 gram/vrucht.

Het is opvallend dat de hoge zuigspanningswaarden bij de twee droogtestressbehandelingen niet of beperkt geleid hebben tot vruchtgewichtseffecten. Uit wortelstelstelonderzoek in 2018 bleek dat dit mogelijk te maken heeft met de uitgebreidheid van het wortelstelsel (dieper dan verwacht en ook meer wortel in de grasbaan) en de aanwezigheid van een stabiel grondwaterniveau dicht onder het wortelstelsel. De uitdroging in de boomstrook tot 75 cm diepte heeft dan minder effect.

4.2.2 Bladgehalten

In 2017 werden de kaliumbladgehalten door de bemesting verhoogd van 1,43 naar 1,64%K op drogestofbasis (basis kortlotblad bij vruchtclusters; monstername 12 oktober en correctie voor late bemonsteringsdatum doorgevoerd). Vanwege de beperkte monstername kon geen statistiek worden uitgevoerd. Wanneer in proeven echter zulke getalsmatige verschillen gevonden worden zijn ze meestal ook statistisch significant (ervaring Rien van der Maas).

In 2018 werd een sterk significant effect op het kaliumbladgehalte gevonden ($F<0.001$; monstername 16 september; zie onderstaande tabel; waarden in %K op droge stof basis). Opvallend was dat de

bemesting die uitgevoerd is in 2017 een sterker effect had op de kaliumbladgehalten in 2018 dan de bemesting uitgevoerd in 2018. Dit kan worden verklaard door de droogte in 2018 waardoor de inspoeling van de gegeven kunstmest beperkt was.

behandeling			K	
1	hele jaar 20 kPa	onbehandeld	8,93	ab
2	hele jaar 20 kPa	kaliumnitraat 2018	10,43	abc
3	hele jaar 20 kPa	kaliumnitraat 2017	12,73	de
4	w eek 2 t/m 6 na bloei 100 kPa	onbehandeld	9,45	abc
5	w eek 2 t/m 6 na bloei 100 kPa	kaliumnitraat 2018	10,58	bcd
6	w eek 2 t/m 6 na bloei 100 kPa	kaliumnitraat 2017	11,53	cde
7	4 w eken vóór pluk 100 kPa	onbehandeld	8,25	a
8	4 w eken vóór pluk 100 kPa	kaliumnitraat 2018	10,00	abc
9	4 w eken vóór pluk 100 kPa	kaliumnitraat 2017	13,68	e

Tabel 4.2: Gerealiseerde gemiddelde kaliumpercentages (op droge stof basis) in het blad per behandeling.

4.2.3 Effecten teeltmaatregelen op kwaliteitsfactoren bij oogst

Peer-samples van de verschillende teeltmaatregelen zijn na oogst direct beoordeeld op een aantal parameters, welke potentiële indicatoren zijn (al of niet in combinatie met andere factoren) voor vochtstatus en kwaliteit (zie Hoofdstuk 2). Dit zijn o.a. gewicht, kleur (Hue), akoestische hardheid, gelimiteerde kompressie (Lim. Comp.), hardheid, zetmeelscore, vochtgehalte, drooggewicht en suikergehalte.

In 2017-2018 bleken de opgelegde teeltmaatregelen geen significante verschillen op te leveren (Tabel 4.3). De zetmeelscore leek wel verschil te tonen, maar hier was tevens sprake van interactie tussen watergift en bijvoeding. Deze interactie maakte het onmogelijk om te concluderen dat dit verschil door de variatie in watergift alleen kwam.

Tabel 4.3: 2-way ANOVA resultaten (n = 4, p=0.05) om significantie van gemeten aspecten per teeltfactor aan te geven – 2017-2018 na oogst

	Watergift	Bemesting	
Gewicht (g)	ns	ns	
Kleur uitslag (Hue)	ns	ns	
Akoustische hardheid	ns	ns	
Lim. Comp. (kg/mm)	ns	ns	
Hardheid (kg)	ns	ns	
Zetmeel score	**	ns	Interactie
Vochtgehalte (% FW)	ns	ns	
Drooggewicht (g)	ns	ns	
Suikergehalte (°Brix)	ns	ns	

In 2018-2019 werden wel verschillen gemeten tussen de droogtestressbehandelingen, kaliumnitraatbehandelingen en de controles (Tabel 4.4). Late droogtestress gaf minder zware peren met een lager vochtgehalte. Het verschil in gewicht en vochtgehalte werd veroorzaakt door minder vocht in de peer. Vroege droogtestress resulteerde in hardere peren met een hogere zetmeelscore (minder zetmeel) en een hoger vochtgehalte. Kaliumnitraatbemesting (bijvoeding) in 2017 resulteerde in peren met een hoger vochtgehalte.

Tabel 4.4: 2-way ANOVA resultaten (n = 4, p=0.05) om significantie van gemeten aspecten per teeltfactor aan te geven – 2018-2019 na oogst

	Watergift	Bemesting	
Gewicht (g)	***	ns	Laat droog <
Kleur	ns	ns	
Hardheid	**	ns	Vroeg droog >
Zetmeel	***	ns	Vroeg droog >
Vochtgehalte (%)	***	**	Vroeg droog >, Laat droog <, 2017 >
Droge stof (g)	ns	ns	
Vocht (g)	***	ns	Laat droog <

4.2.4 Effecten teeltmaatregelen op kwaliteitsfactoren na bewaring

Om na te gaan of de teeltmaatregelen ook effecten hebben op het bewaarresultaat met betrekking tot vochthuishouding, zijn er ook peer-samples genomen na bewaring. In seizoen 2017-2018 is 7 maanden bewaard onder standaard omstandigheden, terwijl in seizoen 2018-2019 5 maanden is bewaard met meer luchtstroom langs de peren om uitdroging te stimuleren. Onder de gemeten factoren is een aantal waarvan verwacht werd dat ze niet zijn verandert tijdens de bewaring, e.g. maat. Deze factoren zijn meegenomen ter controle.

In bewaarseizoen 2017-2018 waren de peren van de late droogtestressbehandeling kleiner, hadden ze een lager vochtgehalte en een gelere schilkleur met meer bronzigheid (Tabel 4.5). Deze verschillen waren bij oogst nog niet te zien. De verschillende behandelingen gaven geen significante verschillen in slappe nekscore. De extra bemesting in het eerste jaar toont na bewaring verschil in kleur en akoestische hardheid. Ook bij deze teeltbehandelingen was er geen verschil in vochtgerelateerde eigenschappen zoals vochtgehalte, vochtverlies en slappe nek.

Tabel 4.5: 2-way ANOVA resultaten (n = 4) om significantie van gemeten aspecten per teeltfactor aan te geven – 2017-2018 – na bewaring

	Watergift	Bemesting	
Gewicht (g)	ns	ns	
Lengte peer	*	ns	Laat droog <
Breedte peer	ns	ns	
Vorm peer (L/B)	ns	ns	
Vochtgehalte (% FW)	*	ns	Laat droog <
Vochtverlies (%)	ns	ns	
Limited compression (kg/mm)	ns	ns	
Akoustische hardheid	ns	*	+K <
Hardheid	ns	ns	
Slappe nek	ns	ns	
Brons (%)	*	ns	Laat droog >
Hue	**	*	Laat droog <, +K >

In seizoen 2018-2019 toonden de peren bij oogst al verschillen in grootte, hardheid, zetmeel- en vochtgehalte (Tabel 4.4). Na bewaring waren peren met late droogtestress nog steeds kleiner en hadden een hogere limited compressie waarde, maar waren juist minder hard na 3 dagen uitstal (Tabel 4.6). Peren met vroeg in het seizoen een droogtestress waren groener (hogere Hue) en na 3 dagen uitstal ook steviger. Opvallend was dat de watergiftbehandelingen ook dit jaar geen effect hadden op de slappe nekscore na bewaring. Peren die of in 2017 of 2018 extra kaliumnitraatbemesting hadden gekregen waren na bewaring en uitstal groener (hogere Hue) en hadden een slappere nek dan de onbehandelde peren.

Tabel 4.6: 2-way ANOVA resultaten (n = 4, p=0.05) om significantie van gemeten aspecten per teeltfactor aan te geven – 2018-2019 – na bewaring

	Watergift	Bemesting	
Gewicht (g)	***	ns	Laat droog <
Kleur uitslag (°Hue)	**	***	Vroeg droog >, None <
Brons (%)	ns	ns	
Lim. Comp. (kg/mm)	*	ns	Laat droog >
Slappe nek	ns	***	None <
Gewichtsafname na uitstal (g)	ns	ns	
Kleurafname na uitstal (°Hue)	ns	ns	
Firmness na uitstal (kg)	***	ns	Vroeg droog >, Laat droog <

4.3 Conclusies en aanbevelingen/plan vervolg

De teeltmaatregelen die de twee opeenvolgende seizoenen zijn uitgevoerd om effecten te bepalen op vochthuishouding lijken beperkt effect te hebben gehad op vochthuishouding en slappe nekken na bewaring.

De gerealiseerde droogtestressbehandelingen waren minder extreem dan de bedoeling was, doordat de wortels van de bomen het water uit een groter gebied konden verkrijgen dan waar de watergift-beperking was opgelegd. Het tweede seizoen is het wel gelukt om vruchtmaat te beïnvloeden, evenals het vochtgehalte en het zetmeel beeld bij oogst. Deze verschillen leidden na bewaring echter niet tot verschillen in vochthuishouding (slappe nek en vochtverlies).

Door extra kaliumbemesting is het gelukt om meer kalium in het blad te krijgen. De peer-eigenschappen waren echter slechts beperkt beïnvloed bij oogst; in het tweede seizoen was het vochtgehalte lager bij het object dat in 2017 al extra bemesting had gekregen. Beide kaliumbehandelingen toonden na bewaring een hogere slappe nekscore dan peren zonder extra bemesting. Dit was tegengesteld aan de verwachting dat kalium de cellen beter op turgor zou houden.

In 2019 worden geen gerichte proeven met teeltmaatregelen uitgevoerd binnen het Humistatusproject. In het project Teeltdegronduit Fruit 2019-2021 wordt wel droogtestressonderzoek met Conference uitgevoerd. Vruchten van de behandeling met droogtestress in de periode voorafgaand aan de pluk en vruchten uit de referentiebehandeling zullen nog wel worden meegenomen in het laatste meetseizoen van het project.

5 Invloed (na-)oogstfactoren en bewaarregime op vochtstatus (praktijk)

5.1 Introductie

Op diverse praktijklocaties zijn in de seizoenen 2017-2018 en 2018-2019 proeven uitgezet in nauwe samenwerking met de partners. Doel is om ondanks de soms grote impact van niet begrepen variabelen, dicht bij praktische toepassing, de effecten van de te onderzoeken variabelen op vocht gerelateerde problemen te beoordelen. We richten ons op de volgende vragen:

- Begrip van en grip op de invloed van herkomsten op de vochtstatus
- Impact van bewaarbehandeling (waaronder temperatuur en vochtigheid) tijdens inkoelen
- Variatie in vochtstatus binnen cellen
- Meten van vochtstatus
- Fust

De proeven werden per seizoen en afhankelijk van de resultaten van een eerdere onderzoekjaar ingezet.

Om het overzicht van de verschillende praktijkonderzoeken te behouden is steeds een enkele proef in een paragraaf beschreven met doel, materiaal en methode, resultaten en conclusie.

5.2 Effect van inkoelen op vochtverliesontwikkeling

5.2.1 Doel

Welke invloed heeft de inkoeltemperatuur tijdens de eerste week op het vochtverlies in bewaring en is er een relatie met slappe nekken na bewaring?

5.2.2 Materiaal en methode

Tijdens de oogst van 2018 is ongekoeld, dagvers geoogste Conference peren, gedurende 8 dagen bij 3 verschillende temperaturen (koelcellen WFBR) opgeslagen. De producttemperaturen waren: -0.5, 1.5 en 3.5°C. Op de definitieve bewaarlocatie is ook product op -0.5°C bewaard. Dit product, zonder vervoer naar en van Wageningen, diende ter vergelijk met de -0.5°C behandeling bij WFBR. Na 8 dagen op genoemde temperatuur is het product (zo goed mogelijk op deze temperatuur gehouden) naar de definitieve bewaarlocatie/cel vervoerd.

Hypothese is dat de gewichtsverliezen per herkomst verschillen en voor trager afgekoelde peren groter zijn en blijven (welke dus een hogere temperatuur tijdens 8 dagen gehad hebben).

De peren zijn op één moment verzameld op definitieve bewaarlocatie (Koelcentrum Zederik) op veldtemperatuur. Totaal zijn 60 vruchten per EPS-midden krat (2 kratten per herkomst) geraapt en direct gewogen. Er zijn 3 herkomsten gekozen met ogenschijnlijke aanleg voor een verschil in mate van vochtverlies (vooral schil- en maateigenschappen).

Product dat 8 dagen op -0.5°C op de bewaarlocatie achterbleef, is op een pallet in de definitieve cel geplaatst (bij -0.5°C) en hier ook afgekoeld. Product dat gedurende de 8 dagen een temperatuurbehandeling kreeg bij WFBR, is naar Wageningen vervoerd en hier tot de specifieke temperatuur afgekoeld (-0.5, 1.5 en 3.5°C). Na 8 dagen behandeling is het product (zo goed mogelijk geïsoleerd in een gekoelde auto om zo weinig mogelijk temperatuur variatie te veroorzaken) naar bewaarlocatie gebracht. Na ontvangst is het product opnieuw gewogen en op de definitieve pallet in de definitieve cel geplaatst. Het product stond in de cel achter de deur op 4 palletkisten hoogte. Voor

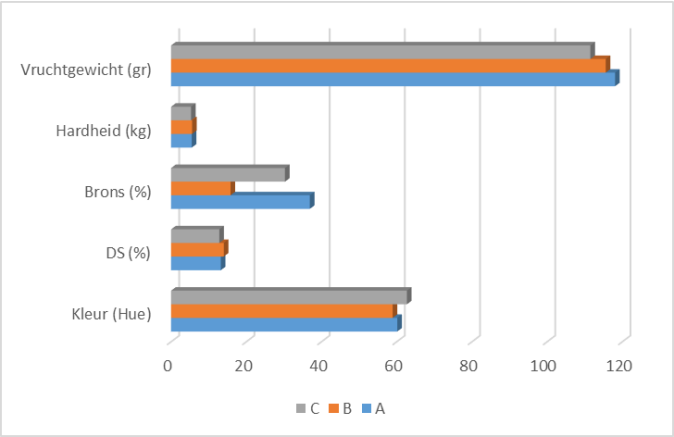
sluiten CA (4 weken na oogst) is het product opnieuw gewogen. Eveneens is het product gewogen op het moment dat de peren uitgeslagen worden.

Kwaliteit bepalingen

- Vruchten tellen (t.b.v. gemiddeld vruchtgewicht) per EPS-midden krat
- Gewicht bepalen per krat
    - Direct bij rapen krat
    - Bij plaatsen krat op definitieve pallet (bewaarlocatie)
    - Voor sluiten CA
    - Direct na openen CA na bewaring
- Vochtstatus (slappe nekken) bepaling na CA bewaring
- Inwendige kwaliteit
- Hardheid
- Kleur

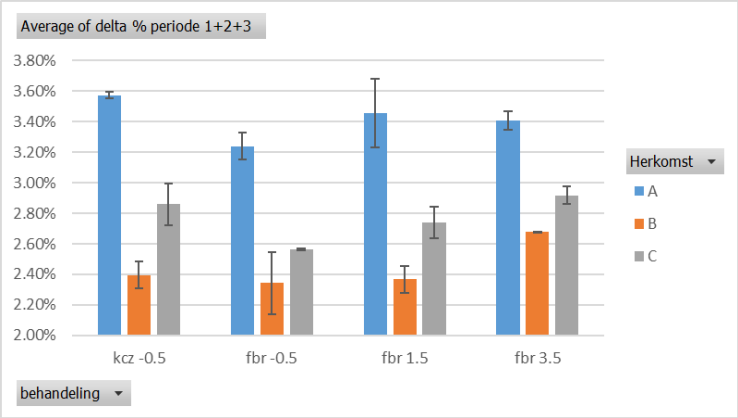
5.2.3 Resultaten

In onderstaande Figuur zijn de belangrijkste verschillen tussen herkomsten weergegeven (vastgelegd na bewaring op 4 mei 2019), te weten: gemiddeld vruchtgewicht, hardheid, brons percentage, droge stof percentage (DS) en kleur. In tegenstelling tot de algemene indruk (onderzoek Kwalicon) dat maat allesbepalend is voor mate van gewichtsverlies blijkt herkomst "A" ondanks de grootste maat een hoger vochtverlies (Figuur 5.2) en slappe nekken score (Figuur 5.3) te hebben.



Figuur 5.1: Kwaliteit bepalingen 3 herkomsten.

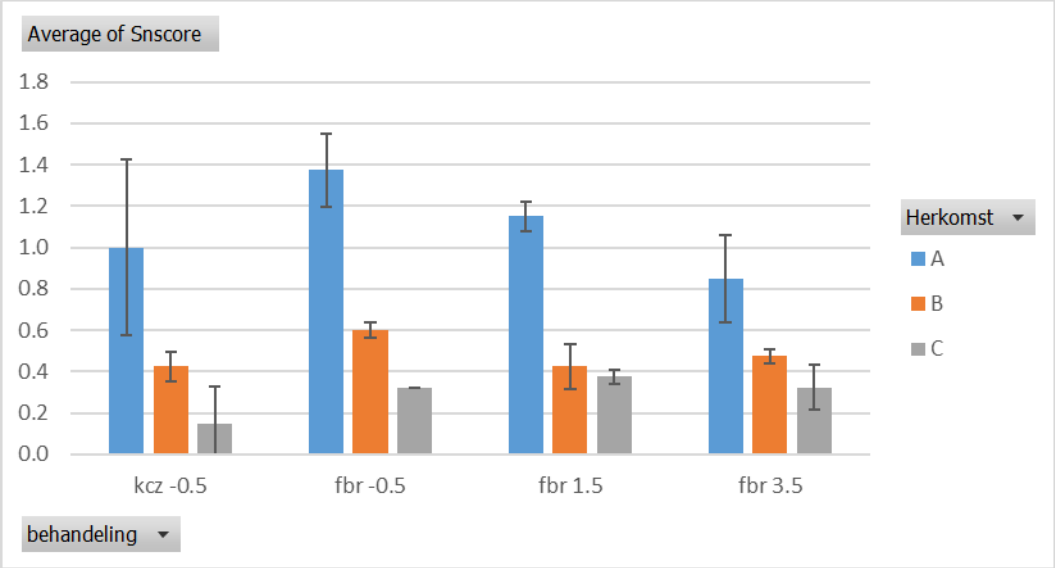
De impact van de opgelegde inkoeltemperatuur gedurende 8 dagen direct na inslag op het totale gewichtsverlies over de bewaarperiode (periode 1+2+3), is in onderstaande Figuur 5.2 weergegeven. In de grafiek is ook de invloed van de herkomst opgenomen. Voor alle herkomsten geeft een hogere temperatuur een verhoging van het gewichtsverlies.



Figuur 5.2: Impact van specifieke inkoeltemperatuur (gedurende 8 dagen na inslag) op totaal gewichtsverlies gehele periode (3 herkomsten). Foutbalken geven standaardafwijking weer.

De behandeling met de inkoeltemperatuur van de -0.5°C die op koellocatie was achtergebleven, gaf voor alle herkomsten vergeleken met alle temperatuurbehandelingen bij WFBR, een hoger vochtverlies (met uitzondering van herkomst B +3.5°C). De reden voor dit structureel hogere vochtverlies bij deze behandeling is niet duidelijk, maar het geeft aan dat de vervoeractie van de peren naar Wageningen zeker geen extra uitdrogend effect heeft gehad ten opzichte van de praktijksituatie. Gezien de opzet van de proef mogen de behandelingen fbr -0.5, fbr +1.5 en fbr 3.5 met elkaar vergeleken worden. Het netto gewichtsverlies is vastgesteld over een totale bewaarperiode van 242 dagen.

De verwachte correlatie tussen een hoger gewichtsverlies bij hogere inkoeltemperatuur gedurende 8 dagen en slappe nekken is niet gevonden. Figuur 5.3 toont aan dat de verschillen in slappe-nek-score tussen herkomsten groter zijn dan de effecten van de inkoeltemperatuur. Herkomst A heeft de hoogste mate van zowel gewichtsverlies (Figuur 5.2) als slappe nekken (Figuur 5.3). Opvallend is dat de peren bij een hogere inkoeltemperatuur (1.5 en 3.5°C) juist een duidelijk lagere slappe nekken score genoteerden bij deze herkomst. De verschillen in slappe-nek-score bij de verschillende temperatuur behandeling bij de herkomsten B en C zijn niet duidelijk. Wel hebben beide herkomsten een opvallend lage slappe nekken score.

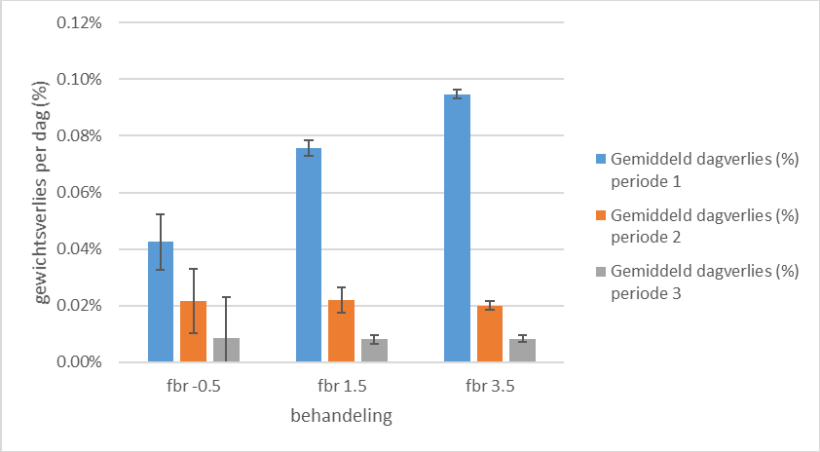


Figuur 5.3: impact van specifieke inkoeltemperatuur (gedurende 8 dagen na inslag) op SN score (slappe nekken score) bij 3 herkomsten. Foutbalken geven standaardafwijking weer.

Voor de gewichtsmetingen zijn verschillende perioden aangehouden te weten:

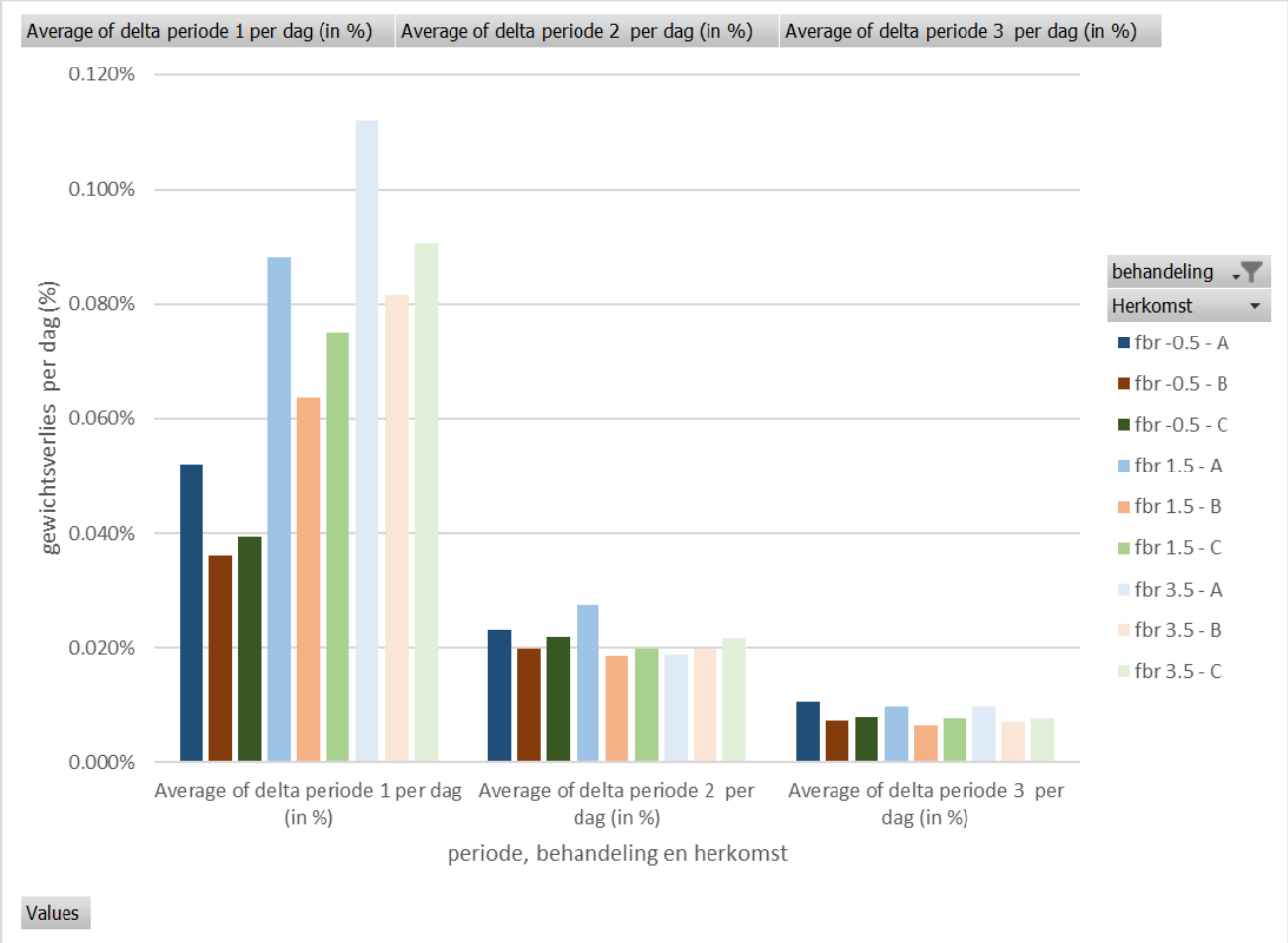
- Periode 1: 3 tot 11 september, 8 dagen
- Periode 2: 11 september tot 9 oktober, 28 dagen
- Periode 3: 9 oktober tot 3 mei, 206 dagen

Het gemiddelde dagverlies over alle herkomsten in periode 1 is duidelijk het hoogste (Figuur 5.4).
De hogere inkoeltemperatuur gedurende de eerste week verhoogt het gemiddeld dagverlies.
De vochtverliezen in de periode 2 en 3 zijn voor de verschillende temperaturen gelijk. Dit is in tegenstelling tot eerdere bevindingen in het project Kwalicon waar vastgesteld is dat een hogere inslag temperatuur juist ook in de verdere bewaring een verhoogd vochtverlies gaf.



Figuur 5.4: Impact van specifieke inkoeltemperatuur (gedurende 8 dagen na inslag) op gemiddeld % dagverlies per periode.

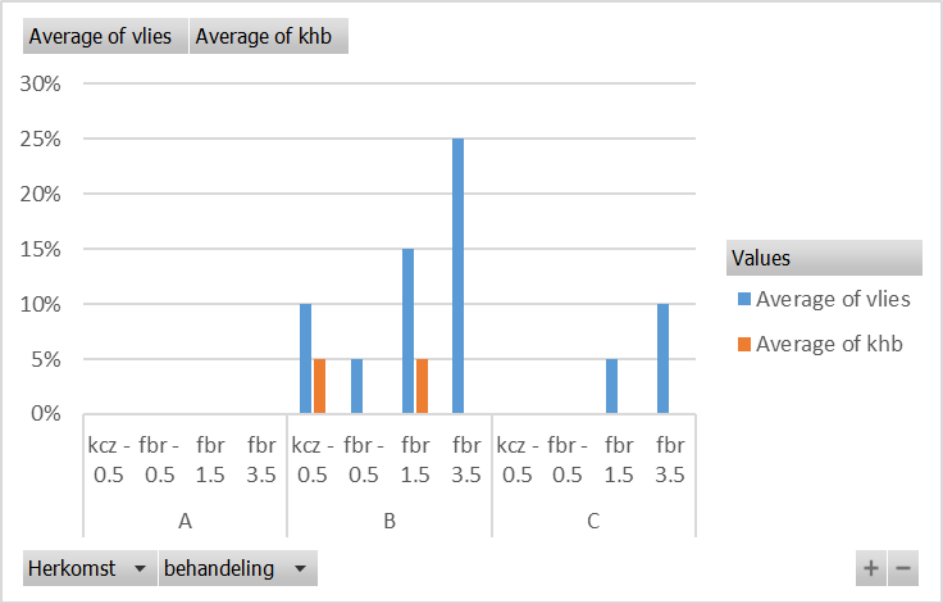
De verschillen in dagelijks gewichtsverlies (%) is in Figuur 5 per herkomst weergegeven. Het effect van de hogere inkoeltemperatuur op het hogere vochtverlies is voor alle herkomsten alleen in periode 1 terug te zien. Verschillen tussen herkomsten en behandelingen zijn in periode 2 en 3 beperkt. De hoogste verliezen zijn in periode 1, gevolgd door periode 2 en het minst in de laatste periode. De herkomst die in periode 1 meer vocht verliest (herkomst A) blijft dit ook in de andere periodes doen.



Figuur 5.5: Impact van specifieke inkoeltemperatuur (gedurende 8 dagen na inslag) op gemiddeld % dagverlies per periode per herkomst.

Gezien de kwaliteit van Conference in het seizoen 2018-2019 is van de behandelingen naast de voor vochtstatus relevante kwaliteit ook de inwendige kwaliteit beoordeeld weergegeven in Figuur 6. Herkomst B kent zowel op vliesverkleuring als op klokhuisbruin verkleuring de grootste aantasting. De invloed van de behandeling is met name bij deze herkomst te beoordelen. Een hogere temperatuur

tijdens de eerste week van de bewaring geeft aanzienlijk meer problemen met deze afwijking. Herkomst C laat met lagere aantastingsniveaus een zelfde beeld zien.



Figuur 5.6: Impact van specifieke inkoeltemperatuur (gedurende 8 dagen na inslag) op inwendige kwaliteit per herkomst.

5.2.4 Conclusie

De impact van de inkoeltemperatuur (1e 8 dagen na inslag) op het vochtverlies beperkt zich tot een hoger gewichtsverlies (in de eerste periode van 8 dagen). In de opvolgende perioden lijkt de hogere inkoeltemperatuur geen verdere versterking te geven van het vochtverlies.

De verschillen in vochtverlies tussen herkomsten zijn groot. Wel volgen alle herkomsten een vergelijkbaar patroon in de gewichtsverliezen door beïnvloeding van de inkoeltemperatuur.

Er is geen correlatie gevonden tussen slappe nekken score na bewaring en het gewichtsverlies bij de verschillende inkoeltemperatuur in periode 1 of over de totale periode. Herkomst C heeft een hoger gewichtsverlies en een lagere slappe nekken score in tegenstelling met herkomst B. De behandelingen met snelle afkoeling (direct -0.5°C) geven bij A juist een hoger vochtverlies terwijl de slappe nekken score door de tragere afkoeling juist gunstiger lijkt.

De inwendige kwaliteit verschilt sterk tussen de herkomsten. Opvallend, maar in dit onderzoek niet voldoende te correleren, is dat de herkomsten met de laagste vochtverliezen (en slappe nekken score) juist de meeste inwendige problemen geven. Een hogere inkoeltemperatuur (in eerste week van bewaring) geeft meer problemen met de inwendige kwaliteit aan het einde van het seizoen.

Een aantal peren uit deze partijen zijn op het lab verder onderzocht om mogelijke correlaties te vinden tussen slappe nek, vochtverlies en factoren zoals maat, mate van brons en droge stofgehalte (Zie beschrijving in Hoofdstuk 2).

5.3 Moment van vochtig klimaat

5.3.1 Doel

Welke periode in bewaring met een hogere vochtigheid, is het meest bepalend voor kwaliteit? Middels het op verschillende momenten tijdens bewaring afdekken van kisten en het bepalen van verschillen in vochtverlies, visogenrot (of ander soorten rot) en slappe nek wordt de meest effectieve en minst risicovolle periode van het “creëren van een vochtig klimaat” bepaald.

5.3.2 Materiaal en methode

Seizoen 2017-2018
Locatie 1
Van twee herkomsten zijn in open plastic kisten (plastic in verband met gewichtsmetingen) de verschillende behandelingen uitgevoerd.
Per herkomst 12 voorraadkisten; geen 1-MCP toegepast; niet gedompeld

a) 2 voorraadkisten niet afdekken
b) 2 voorraadkisten gehele bewaring afdekken
c) 2 voorraadkisten afdekken tot sluiten CA afdekken (ongeveer 1 maand)
d) 2 voorraadkisten na sluiten CA afdekken (ongeveer 1 maand)
e) 2 voorraadkisten 6 maanden afdekken; hierna afdekking verwijderen
f) 2 voorraadkisten na 6 maanden afdekken tot einde seizoen

Locatie 2
Van één herkomst zijn in dichte houten kisten de verschillende behandelingen uitgevoerd.
Per herkomst 12 voorraadkisten; geen 1-MCP toegepast; niet gedompeld;

a) 2 voorraadkisten niet afdekken
b) 2 voorraadkisten gehele bewaring afdekken
c) 2 voorraadkisten afdekken tot sluiten CA afdekken (ongeveer 1 maand)
d) 2 voorraadkisten na sluiten CA afdekken (ongeveer 1 maand)
e) 2 voorraadkisten 6 maanden afdekken; hierna afdekking verwijderen
f) 2 voorraadkisten na 6 maanden afdekken tot einde seizoen

Op deze locatie is besloten de behandelingen a en b, c en d en e en f steeds in aparte cellen te plaatsen. Alleen de bij elkaar geplaatste behandelingen zijn met elkaar vergeleken.

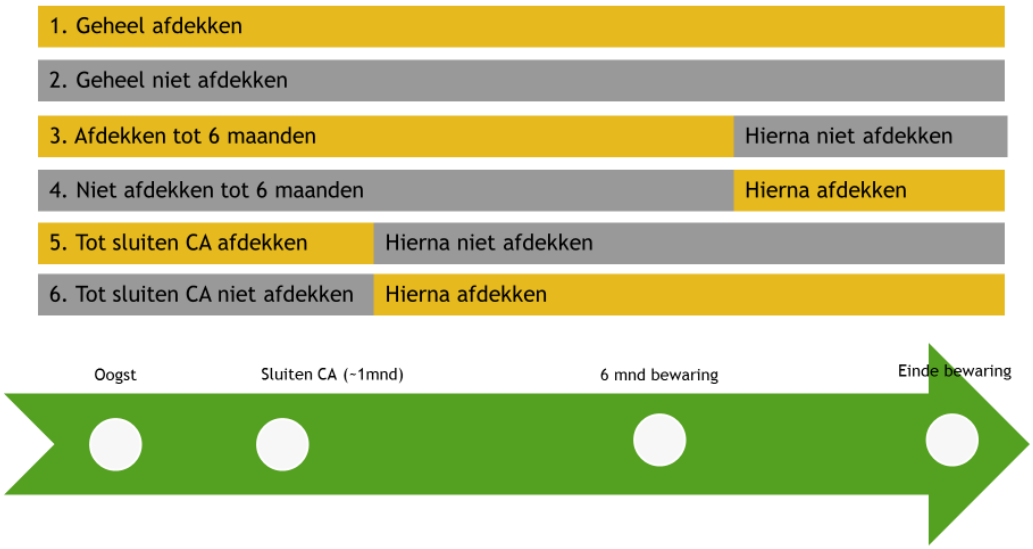
Seizoen 2018-2019
Locatie 3
Van één herkomst zijn 16 houten dichte voorraadkisten; geen 1-MCP toegepast; kisten zijn wel gedompeld (behandeling Penbotec).

a) 2 voorraadkisten niet afdekken (ook niet wikkelen); plaatsen en niet meer uit cel halen
b) 2 voorraadkisten niet afdekken (ook niet wikkelen); plaatsen en wegen op moment dat andere kisten ook worden afgedekt of gewogen
c) 2 voorraadkisten gehele bewaring afdekken + krimpfolie; plaatsen en niet meer uit cel halen
d) 2 voorraadkisten gehele bewaring afdekken + krimpfolie; plaatsen en wegen op moment dat andere kisten ook worden afgedekt of gewogen
e) 2 voorraadkisten afdekken tot sluiten CA afdekken + krimpfolie (ongeveer 1 maand)
f) 2 voorraadkisten na sluiten CA afdekken + krimpfolie (ongeveer 1 maand)
g) 2 voorraadkisten 6 maanden afdekken + krimpfolie; hierna afdekking verwijderen
h) 2 voorraadkisten na 6 maanden afdekken + krimpfolie tot einde seizoen

Kwaliteitsbepalingen alle locaties
Totaal gewicht (bruto) is bepaald direct voor plaatsen kisten in de cel na registratie; voor sluiten CA en einde bewaring; In seizoen 2018-2019 zijn enkele kisten bewust alleen bij inslag en uitslag gewogen om de impact van het tussentijds wegen te beoordelen. Kisten zijn beoordeeld op rot indien relevant. Bij ingeschat rotpercentage van < 3 % is alleen een algemeen beeld gevormd van de mate van rot (Locatie 2 2017-2018 en locatie 3 2018-2019). Bij locatie 1 2017-2018 is het rotpercentage per 2 kisten bepaald door deze per behandeling te sorteren en rot apart te registreren.

De netto gewichtsverliezen zijn steeds berekend door voor plastic fust een correctie voor het gewicht van (lege) fust te doen. Voor houten fust wordt naast een correctie voor het lege fustgewicht ook een correctie voor de vochtopname van het hout verrekend. Hiervoor is steeds 3 kilo per kist aangehouden. Deze gewichtstoename is gebaseerd op onderzoekservaringen uit het Kwalicon onderzoek. In dit onderzoek zijn grote aantallen (houten) kisten beoordeeld op gewichtstoename tijdens bewaring.

Hieronder is een schematische weergave van de behandelingen in de tijd:



Figuur 5.7: Schematisch overzicht behandelingen in tijd.

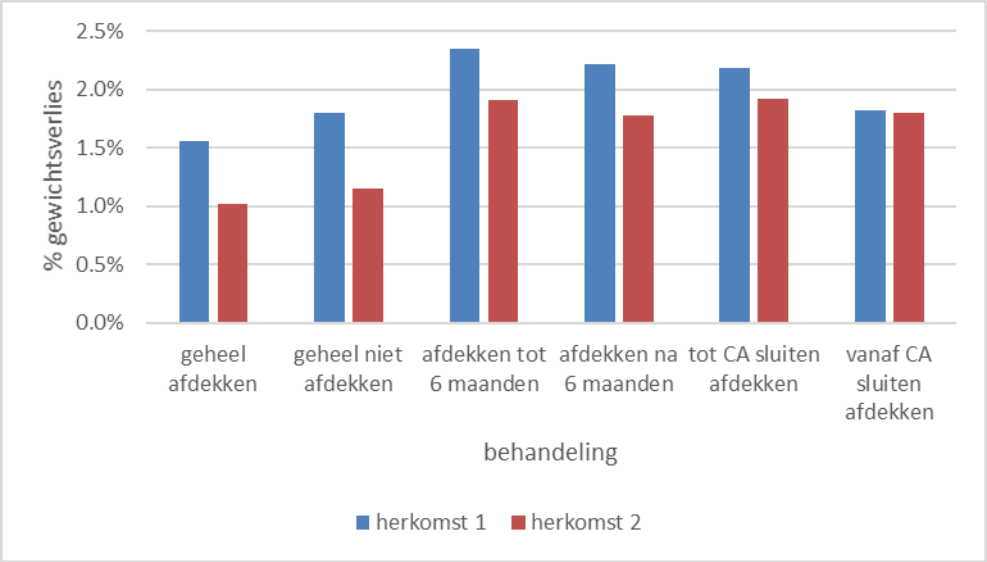
5.3.3 Resultaten

Per locatie worden de resultaten beschreven.

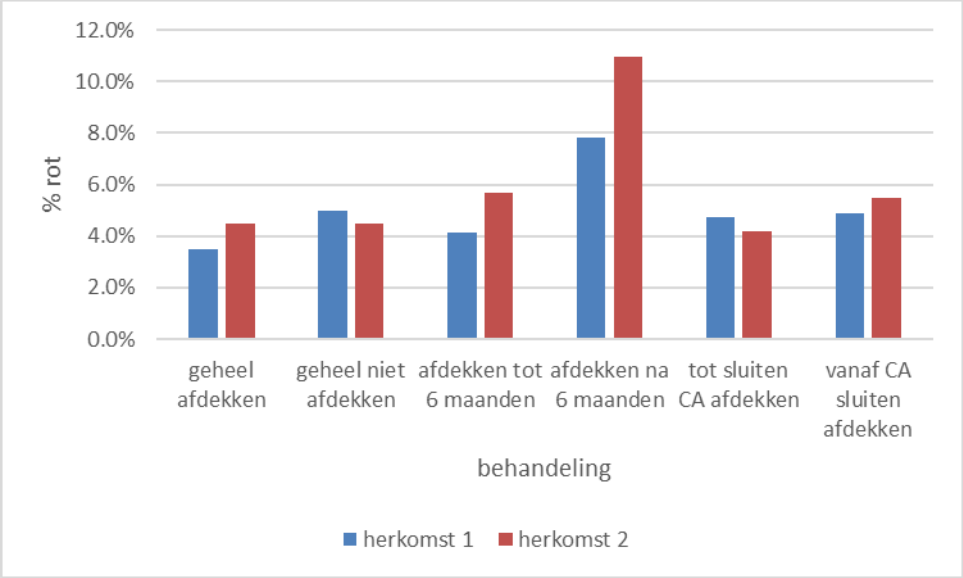
5.3.3.1 Locatie 1 (2017-2018)

Door de open plastic kisten is het effect van behandeling (moment van afdekken) beperkter dan gewenst. In onderstaande Figuur 5.7 is van 2 herkomsten het netto gewichtsverlies weergegeven. De verschillen tussen geheel seizoen afdekken en geheel niet afdekken zijn opvallend klein. Hetzelfde geldt voor de behandeling afdekken tot en na 6 maanden bewaring en de behandeling tot en vanaf moment van CA sluiten.

De rotontwikkeling (Figuur 5.8) is voor de behandeling met afdekken na 6 maanden wel opvallend hoger. Het beeld is voor de twee herkomsten gelijk. Hiermee wordt het minimale effect van minder vochtverlies overschaduwd door de negatieve effecten door een hoger rotpercentage.



Figuur 5.8: Impact van periode van hogere vochtigheid (periode van afdekken) op % gewichtsverlies voor 2 herkomsten.



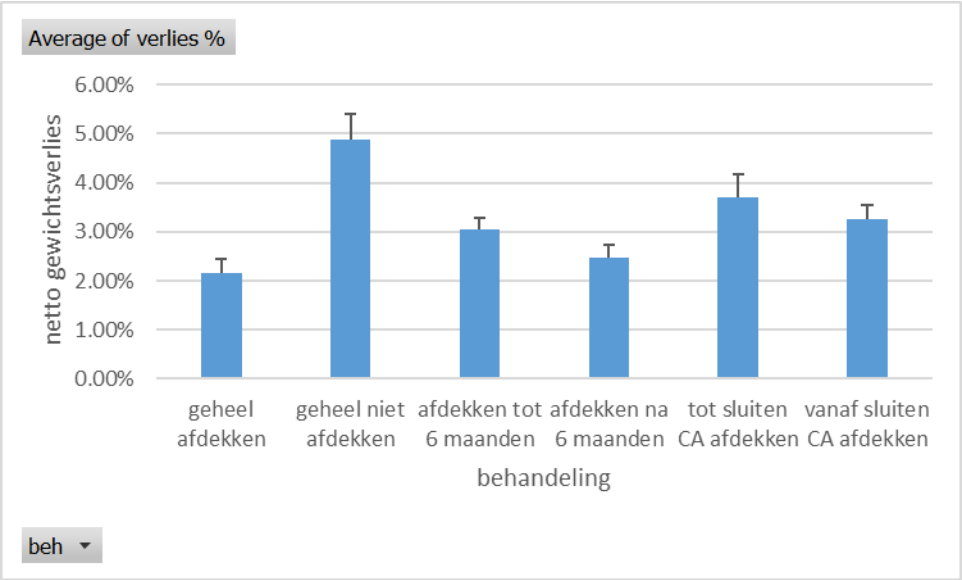
Figuur 5.9: Impact van periode van hogere vochtigheid (periode van afdekken) op % rot voor 2 herkomsten.

5.3.3.2 Locatie 2 (2017-2018)

Door de proefopzet op deze onderzoeklocatie zijn alleen de twee contra-behandelingen (in zelfde cel bewaard) te vergelijken. Dus geheel afdekken en geheel niet afdekken, afdekken tot 6 maanden en vanaf 6 maanden en afdekken tot sluiten CA en vanaf sluiten CA.

De vochtverliezen over alle behandelingen liggen redelijk in lijn met de periode van afdekken. Geheel afgedekt het minste, gevolgd door afdekken tot 6 maanden en vanaf sluiten CA. De lagere vochtverliezen bij het relatief kort afdekken na 6 maanden vormt een uitzondering. Tot sluiten CA afdekken en geheel niet afdekken geven de hogere verliezen.

De gewichtsverliezen per behandeling zijn weergegeven in Figuur 5.9. De verschillen liggen met name tussen de behandeling "volledig afdekken" en "geheel niet afdekken" en liggen tussen de 2% en 5% verlies. De vochtverliezen van de overige behandelingen liggen hier tussenin, variërend van 2.5% en 3.5%. Afdekken tot 6 maanden (of op een andere wijze verbeteren van de vochtigheid) lijkt minder effectief dan na 6 maanden afdekken. Het verschil tussen deze behandelingen is beperkt. Het verschil tussen afdekken na sluiten CA en afdekken tot sluiten CA is ook beperkt.



Figuur 5.10: Invloed van moment van afdekken op netto gewichtsverlies. Foutbalken geven standaardafwijking weer.

Bij uitslag is op deze locatie tevens de mate van visogenrot (Figuur 5.10) op subjectieve wijze beoordeeld en weergegeven in onderstaande tabel 5.1. Het rotniveau is gering (zeker minder dan 3%) en de verschillen in rotontwikkeling zijn te klein om deze uitgebreid te beoordelen. De meeste rot en schimmelproblemen doen zich voor bij de behandeling afdekken na 6 maanden. Met name rond rottende vruchten is meer nieuwe rotontwikkeling te vinden.

Tabel 5.1 Visuele beoordeling (subjectief) visogenrot na bewaring

Behandeling	Opmerking
Geheel afdekken	Enkele visogen; meer steelpluis
Geheel niet afdekken	Weinig visogen
Afdekken tot 6 maanden	Visogen met name onder plastic
Afdekken na 6 maanden	Visogen vooral bij rotte vruchten
Vanaf sluiten CA afdekken	Enkele visogen
Tot sluiten CA afdekken	Enkele visogen; enkel steelpluis

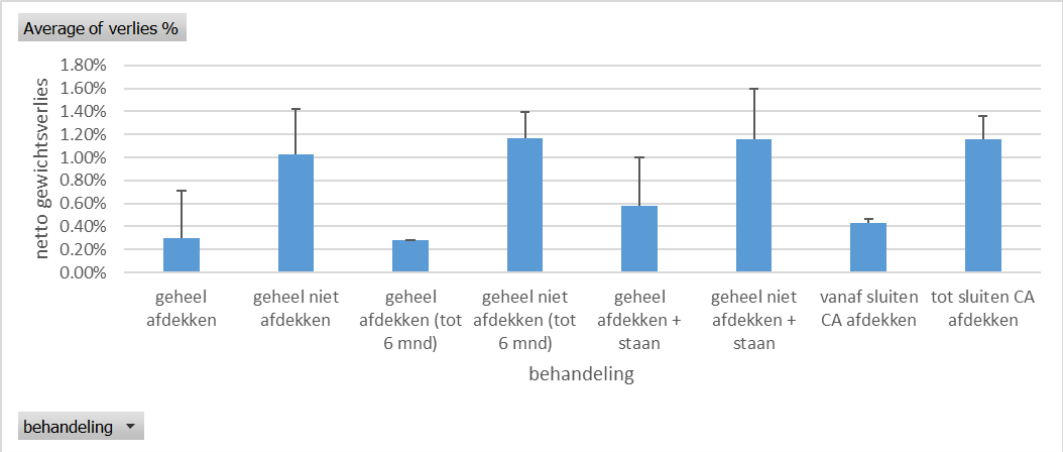
Figuur 5.11: Visogen.

5.3.3.3 Locatie 3 (2018-2019)

Deze proef is ingezet om een herhaling te realiseren van de bevindingen van locatie 1 en 2 in 2017-2018. De proef is vanwege commerciële redenen 14 maart afgebroken. Dit is nog voor het moment dat de behandeling (afdekken vanaf 6 maanden en afdekken tot 6 maanden) zou worden ingezet. Hiermee vormen deze behandelingen een herhaling van geheel afdekken en geheel niet.
Vanwege de vervroegde beëindiging van de proef is geen waarneming gedaan aan rot. Het rotniveau was op dit moment te beperkt. Wel is de mate van gewichtsverlies bepaald.

Figuur 5.12: Opstelling proefkisten.

Uit Figuur 5.12 is duidelijk het effect van afdekken te zien. Opvallend is dat de kisten die tussentijds niet zijn gewogen (geheel afdekken + staan) meer vochtverlies geven dan de kisten die tussentijds, op 3 oktober 2018 voor sluiten CA, zijn gewogen. Dit is tegen de verwachting in, maar mogelijk speelt condensvorming (dus minder vochtverlies bij de uitgehaalde kisten) en meetnauwkeurigheid (gezien het beperkte gewichtsverlies) hier een rol. De verschillen tussen de behandelingen waar langere periode is afgedekt (gehele periode of vanaf moment CA) zijn beperkt (minder dan 0.5%) en laten een grote variatie zien (door weegnauwkeurigheid van 0.5 kg bij dit beperkte vochtverlies).
De verschillen tussen de behandelingen waarbij juist een langere periode niet is afgedekt (geheel niet (3 x) en afdekken tot sluiten CA) zijn eveneens klein en liggen op een laag niveau.



Figuur 5.13: Invloed van moment van afdekken op netto gewichtsverlies. Foutbalken geven standaardafwijking weer.

5.3.4 Conclusie

Getracht is met het in een specifieke periode afdekken de impact op vochtverlies enerzijds en rotontwikkeling anderzijds in beeld te brengen. Rotontwikkeling is per definitie sterk afhankelijk van de specifieke situatie (jaar, herkomst, bewaarduur).

Bevestigd wordt dat de periode van afdekken van open plastic kisten (locatie 1, 2017-2018) weinig verschillen geeft in vochtverlies tussen de tegengestelde objecten. Bijvoorbeeld wachten met afdekken van kisten tot het moment van sluiten CA geeft nauwelijks extra vochtverlies.

Het laat (na 6 maanden) afdekken geeft ondanks een gelijk beeld in vochtverlies wel een opvallend hoger rot percentage in beide herkomsten. Te verwachten is dat bij het laat afdekken een redelijk extreme behandeling is geworden doordat bij het laat afdekken ook condens in de kist is opgesloten Het hoger percentage rot wordt voorzichtig bevestigd in de rotwaarneming op locatie 2. Ook hier geeft laat afdekken de hoogste schimmeldruk. Het blijft lastig om in een praktijkproef het verschil in rot daadwerkelijk aan de behandeling toe te schrijven. Uiteindelijk kan door een condensvorming (na aanbrengen plastic na 6 maanden) een extreme vochtigheid te zijn ontstaan. Verwacht was dat juist het over de gehele periode afdekken de hoogste rotpercentages zou geven. Dit is in ieder geval niet zo gebleken.

Bij dichte houten kisten (locatie 2 en 3) is wel een eensluidend effect op gewichtsverlies gerealiseerd met langdurig afdekken of niet/kort afdekken. Het rot/schimmelniveau bij deze locaties lag op een te laag niveau om verschillen tussen behandelingen aan te tonen.

Het lijkt bij dichte houten kisten voor de mate van vochtverlies (locatie 2 en 3) weinig verschil te geven tussen het direct afdekken of het afdekken na sluiten CA.

5.4 Vertraagd inkoelen (langer verblijf in boomgaard)

5.4.1 Doel

Beoordelen wat het effect is van een langer verblijf van kisten met geoogste peren in de boomgaard.

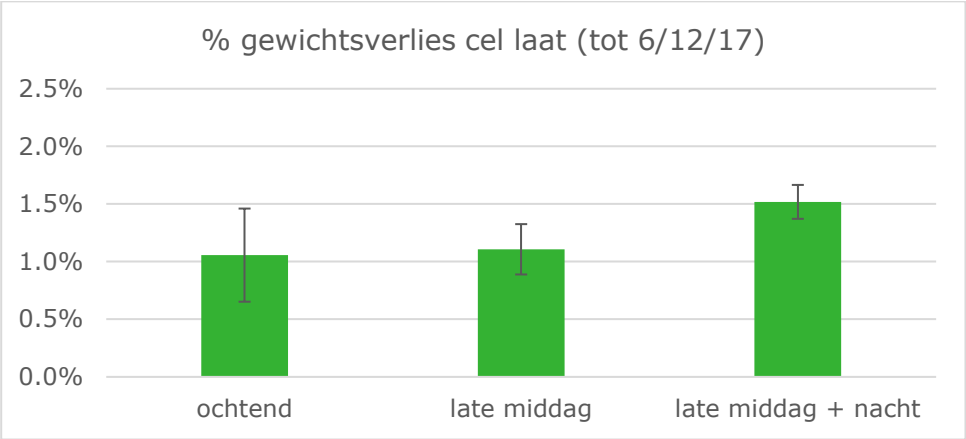
5.4.2 Materiaal en methode

Seizoen 2017-2018 en seizoen 2018-2019
Locatie 5
Product (van één perceel) in één soort/type fust van eenzelfde plukploeg is gewogen en geplaatst in een bewaarcel. Product is niet behandeld geworden met 1-MCP. Product is zowel geplukt op optimaal plukmoment (week van 2 september 2017) als op laat plukmoment (week van 9 september 2017).
Per behandeling zijn 6 kisten geoogst. De behandelingen waren:
- 6 kisten vroege ochtend pluk (< 10°C dauw ochtend) volgens gangbaar in cel geplaatst
- 6 kisten late middag pluk (> 20°C) volgens gangbaar in cel geplaatst
- 6 kisten zelfde late middag pluk tot volgende ochtend buiten gelaten (windarme plaats)

Van alle kisten is het gewicht bepaald op de volgende momenten:
- Direct voor plaatsen in de cel (direct)
- Peren die een nacht over staan zowel wegen bij plaatsen (late middag pluk peren) als voor moment van plaatsen
- Leeg gewicht kisten
- Einde bewaring

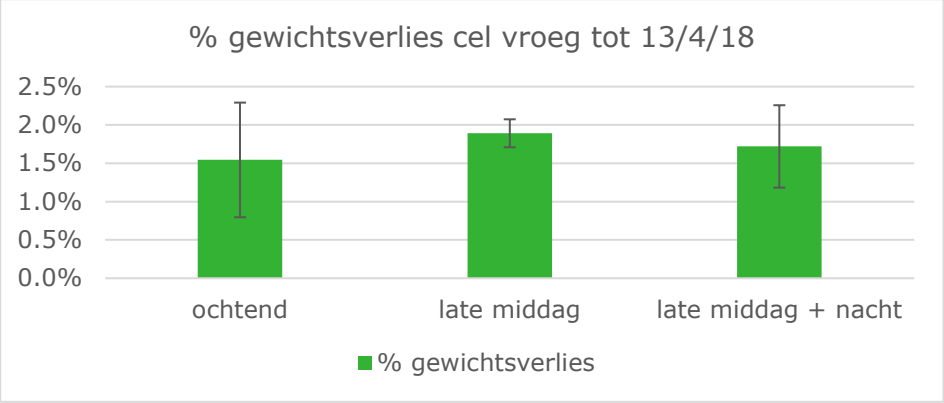
5.4.3 Resultaten

Seizoen 2017-2018
De oogst- en inslagtemperaturen zijn in lijn geweest met het proefplan.
De cel met peren dat laat in het plukvenster geplukt is (13 september) en tot 6 december is bewaard, geeft aan dat de peren die een nacht overgestaan hebben duidelijk meer vocht hebben verloren.
De spreiding tussen kisten is echter groot.



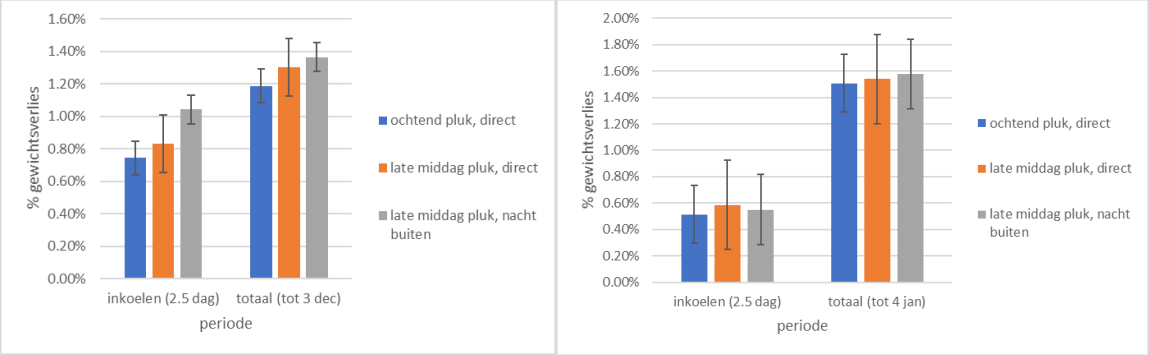
Figuur 5.14: Invloed uitgesteld koelen op gewichtsverlies bij laat oogstmoment. Foutbalken geven standaardafwijking weer.

De peren geplukt op het vroege oogstmoment (29 augustus 2017) en bewaard zijn tot 13 april 2018 geven een grote spreiding in gewichtsverlies tussen kisten.



Figuur 5.15: Invloed uitgesteld koelen op gewichtsverlies bij vroeg oogstmoment.

Seizoen 2018-2019
De gewichtsmetingen van een korte bewaarperiode (tot 3 december) en langere (4 januari) met rijpere peren geeft in onderzoekjaar 2018-2019 een beperkte invloed van het "ongekoeld" overnachten van het product.



Figuur 5.16: Invloed uitgesteld koelen op gewichtsverlies bij 2 cellen. Foutbalken geven standaardafwijking weer.

5.4.4 Conclusie

Het vertragen van de afkoeling door het product een nacht buiten af te laten koelen geeft een versterking van het gewichtsverlies in de eerste dagen van de bewaring, al is de variatie op de metingen groot. Dit effect blijft over de toegepaste bewaarmethode behouden, maar neemt niet toe. De gewichtsverliezen over de bewaarperiode zijn beperkt.

5.5 Invloed herkomst

5.5.1 Doel

Effect van herkomst op vochtverliezen en slappe nekscores gegeven verschillende bewaarlocaties (en werkwijze).

5.5.2 Materiaal en methode

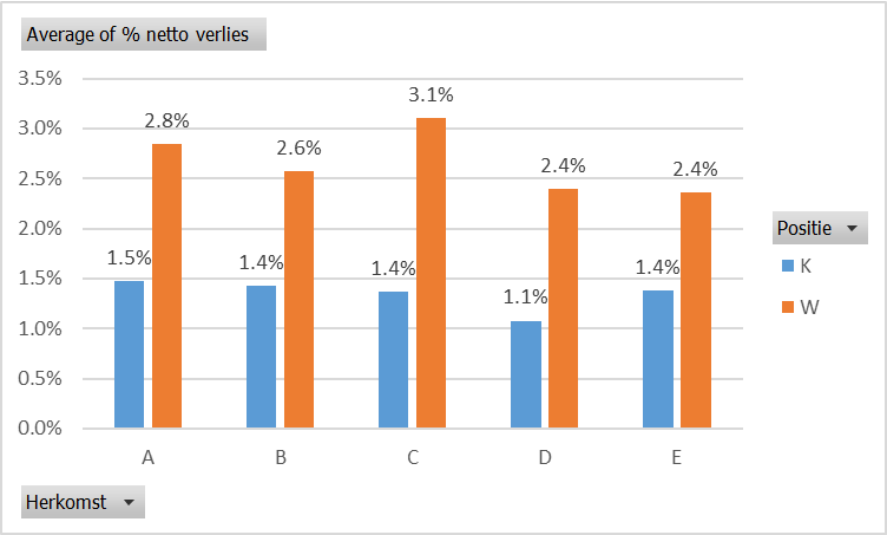
Seizoen 2017-2018
Op diverse locaties is product van een aantal herkomsten bij inslag in kratten (2 x 3 kratten per herkomst) geraapt (uit 1 voorraad kist) met ongeveer 60 vruchten per krat (EPS-middenkrat).
De kratten zijn evenredig verdeeld over pallets. 1 pallet bij uitblaas verdamper (koudste positie) en 1 pallet bij aanzuig verdamper (warmste posities) plaatsen. Bij de selectie van herkomsten is getracht herkomsten met een variatie aan eigenschappen in maat, bronsverkleuring, gladheid en vorm te selecteren.

Direct na inslag en aan einde bewaring is het kratgewicht bepaald en de slappe nekken beoordeeld van 25 vruchten.

Seizoen 2018-2019
Op enkele locaties is een herhaling uitgevoerd van de opzet van 2017-2018.

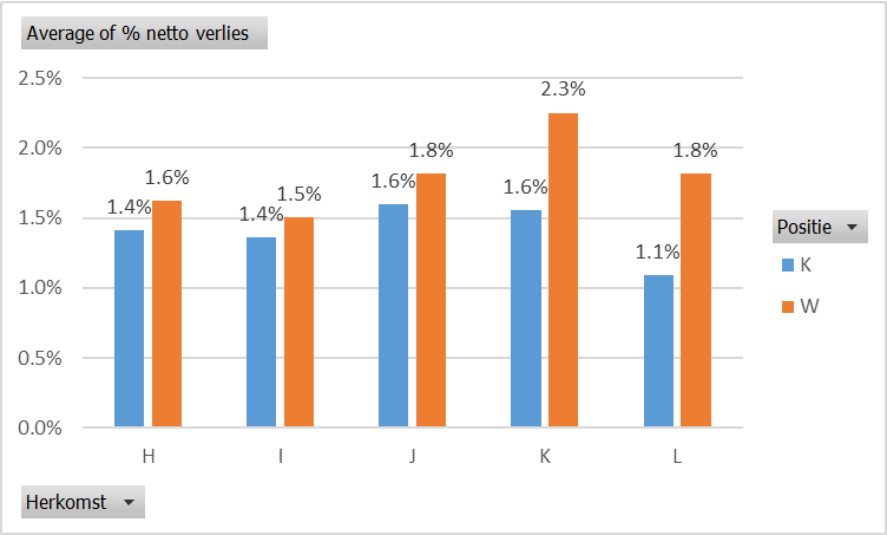
5.5.3 Resultaten

Seizoen 2017-2018
De vochtverlies (netto gewichtsverlies) percentages van locatie 1 geven het volgend beeld. De invloed van de herkomsten is beperkt met het laagste verlies 2.4% en het hoogste 3.1%. Het verschil in vochtverlies tussen de posities in de cel is veel groter. Alle herkomsten halveren ongeveer in gewichtsverlies op de koudste positie.



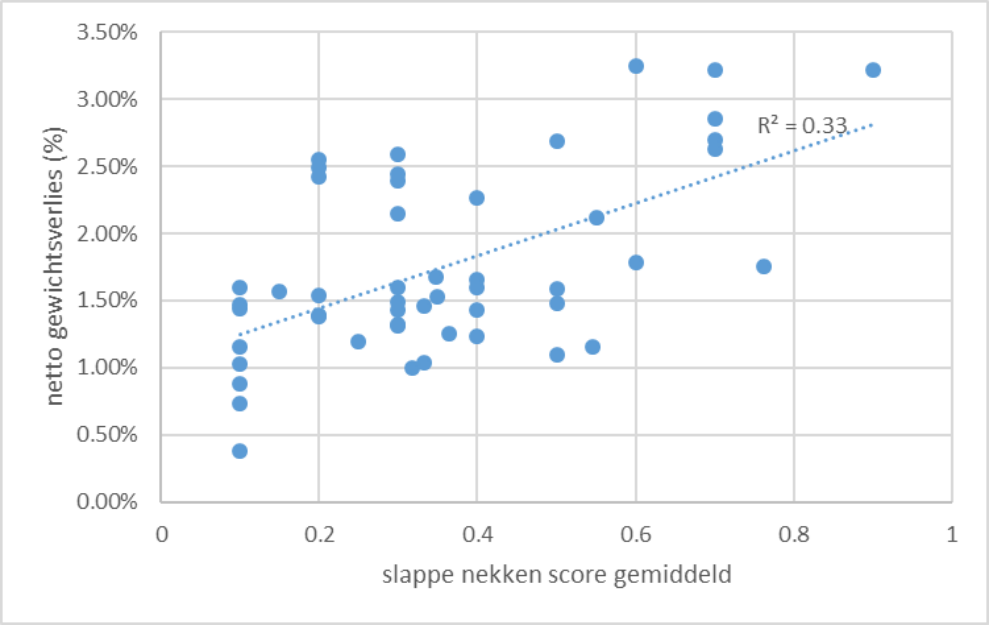
Figuur 5.17: Invloed van herkomst en positie (k=koud en w=warm) locatie 1 op gewichtsverlies % (n=3).

De vochtverliespercentages op locatie 2 kennen een variatie van 1.5 tot 2.3% (Figuur 5.16).
Met name herkomst Lammers heeft duidelijk meer vochtverlies. Het niveau aan vochtverlies op de warmste plek is duidelijk lager dan op locatie 1. Dit heeft onder andere te maken met de positie van de warmste pallet. Door omstandigheden is deze op deze locatie op een meer koudere positie geplaatst. Op de koudste plaats met een duidelijk lager gewichtsverlies (1.1 tot 1.6%) is het verschil met locatie 1 zeer beperkt.



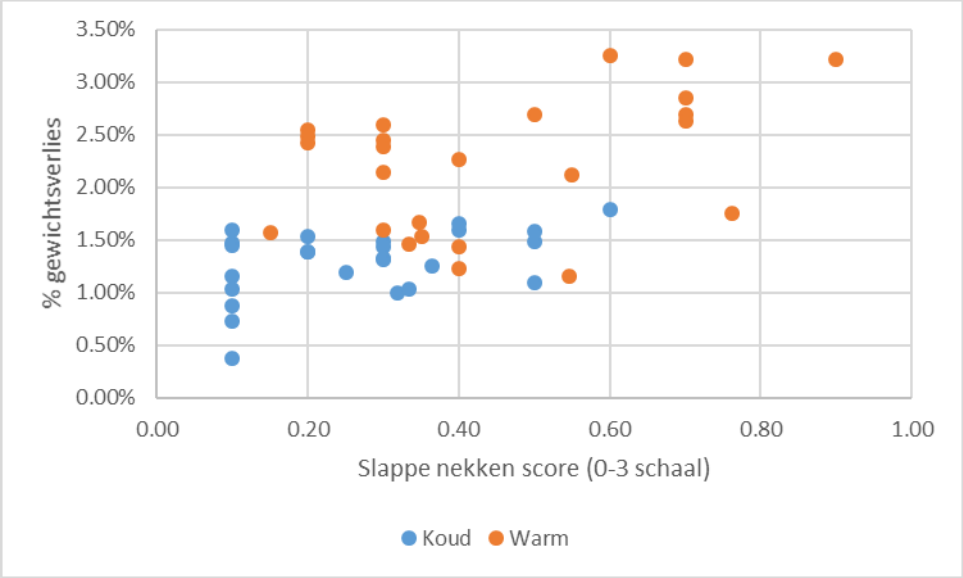
Figuur 5.18: invloed van herkomst en positie (koud en warm) locatie 2 op gewichtsverlies %.

Getracht is een relatie te leggen tussen het gewichtsverlies van een kist peren en de gemiddelde slappe nekken score (Figuur 5.18). Bij een lager gewichtsverlies neemt de slappe nekken score af. De spreiding is bij een slappe nekken score onder de 1 (rimpeling met druk op de nek) echter groot. In onderstaande grafiek is te zien dat partijen peren met eenzelfde slapscore een 2.0 tot 2.5% verschil in netto gewichtsverlies geven.



Figuur 5.19: Relatie tussen slappe nekken score (SN score, X-as) en vochtverlies percentage (Y-as).

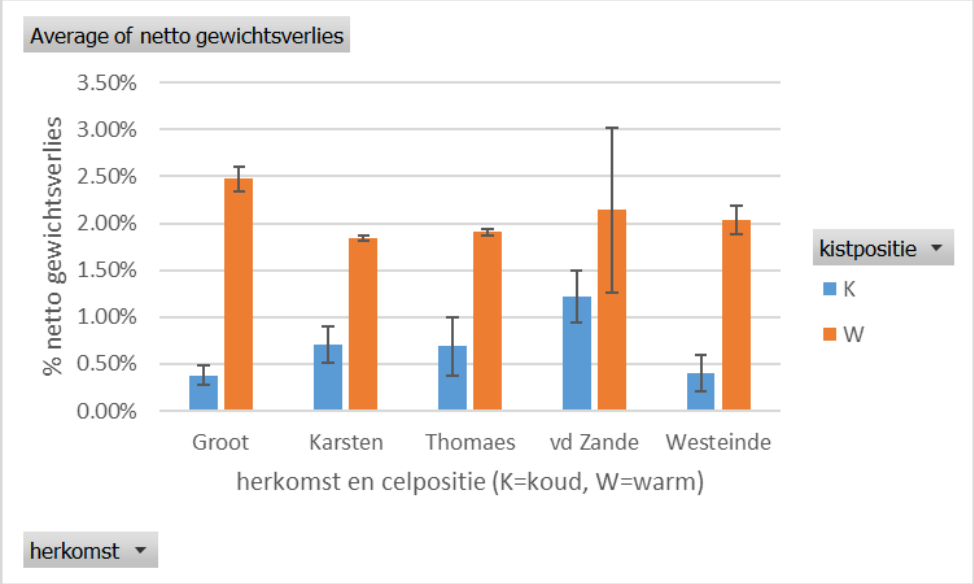
Onderstaande Figuur 5.19 geeft de relatie tussen de slappe nekken score en netto vochtverlies % aan voor de posities koud (blauw) en warm (oranje). De gewichtsverliezen op de koudste plaats in de cel blijft beperkt tot maximaal 1.8 % terwijl de slappe nekken score bij vochtverlies tussen de 1.5 en 1.8% uiteen kan lopen tussen 0.1 en 0.6. Bij de peren op de warme positie wordt eveneens een grote range in slappe nekken score gevonden bij een vochtverlies tussen de 2.5 en 3.5%, namelijk van 0.2 tot 0.9.



Figuur 5.20: Slappe nekken score (SN score) en vochtverlies percentage voor posities warm en koud.

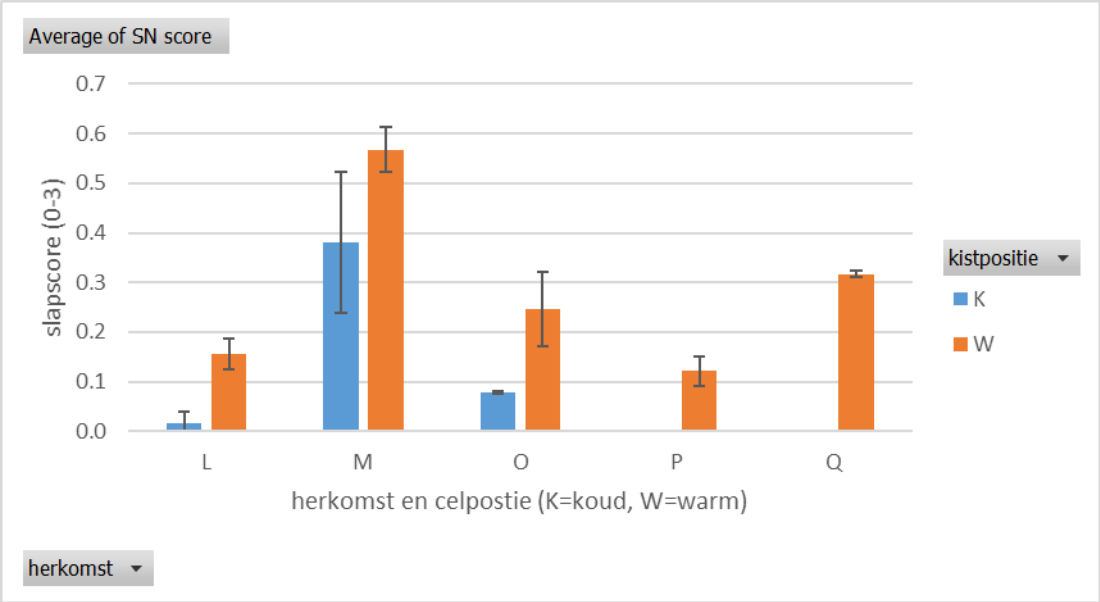
Seizoen 2018-2019

De proef met herkomsten en de cel posities warm en koud is in 2018-2019 herhaald op locatie 1. Opnieuw is er een opvallend groot verschil in vochtverlies tussen de koude en warme locatie van de cel (meer dan dubbel) (Figuur 5.20). Op de koudste (K) plaats in de cel lijken de verschillen tussen herkomsten groter. Opvallend is dat de herkomsten met de laagste verliezen op de koudste (K) plaats, niet de laagste verliezen hoeven te hebben op de warmste (W) positie in de cel.



Figuur 5.21: Invloed van herkomst en positie (koud en warm) locatie 1 op gewichtsverlies %.

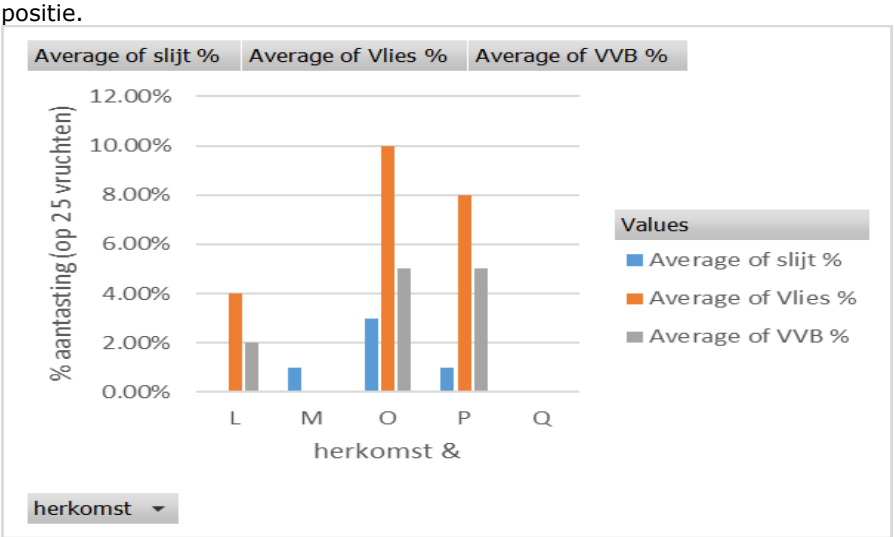
In onderstaande Figuur 5.21 is de slapscore weergegeven. Hier zijn verschillen tussen herkomsten te zien. Er worden duidelijk hogere slappe nekscores gemeten op de warme posities, waar tevens hogere gewichtsverliezen gemeten worden. Maar de verschillen in slappe nekscores tussen de herkomsten zijn niet te verklaren op basis van de gewichtsverliezen per herkomst. Herkomst L en P geven in gewichtsverlies op positie warm de hoogste verliezen, maar scoren in slapscore het laagst. Herkomst M met de relatief hoogste slapscore was commercieel nog acceptabel. De herkomsten L, P en Q zijn op de koudste positie extreem strak (ontbreken van slappe nekken).

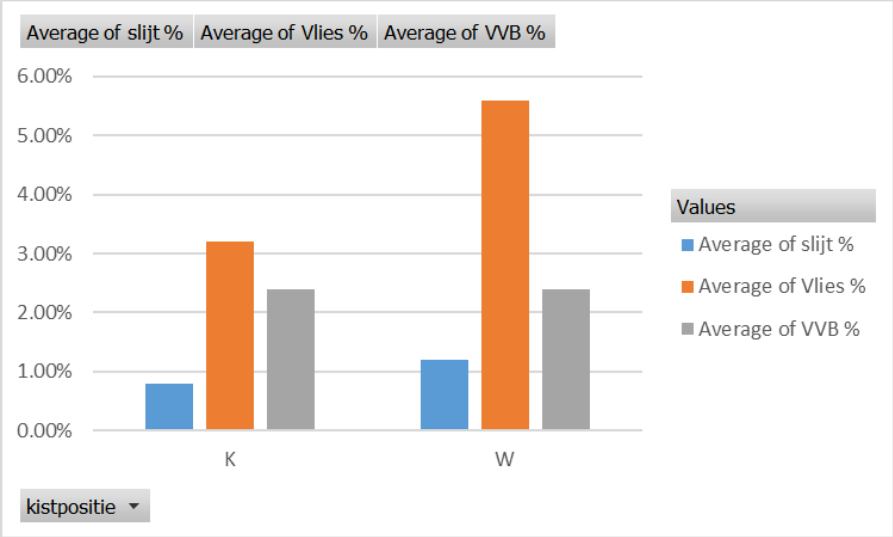


Figuur 5.22: Invloed van herkomst en positie (koud en warm) locatie 1 op SN score.

Vanwege de kwaliteitsproblemen met Conference in seizoen 2018-2019 is naast het gewichtsverlies ook naar de inwendige kwaliteit gekeken. In onderstaande Figuur 5.22 zijn de percentage vruchten met slijtage verschijnselen, het optreden van vliesverkleuring en het percentage vruchtvleesbruin (VVB) weergegeven. De verschillen tussen herkomsten zijn groot. Over de herkomsten gekeken, naar

de invloed van kistpositie (warm of koud), is een toename van vliesverkleuring te zien bij de warme positie.





Figuur 5.23: Invloed van herkomst en positie (W en K) op inwendige kwaliteit.

5.5.4 Conclusie

De verschillende herkomsten in deze experimenten, op eenzelfde manier bewaard, verschillen niet sterk in vochtverliespercentage ten opzichte van elkaar. Er werden wel verschillende slappe-nekscores vastgesteld bij de verschillende herkomsten.

De factor positie van de kisten (warm of koud) in de cel blijkt een veel groter effect op het vochtverlies te hebben dan de factor herkomst. Dit effect wordt ook teruggevonden in de slappe nekscore (warme positie geeft meer slappe nekken dan koude positie). Het vochtverlies verdubbelt op positie warm ten opzichte van positie koud. Bij de slapscore loopt het verschil tussen positie warm en koud tussen de herkomsten verder uiteen.

Er is wel een positieve correlatie te vinden tussen slappe nekken en vochtverlies, een partij/kist met een hoger gewichtsverlies heeft een hogere kans op een slappe nek. Maar het kan niet gebruikt worden voor een directe voorspelling, er zijn te veel partijen die zich net anders gedragen.

De inwendige kwaliteit verschilt dit seizoen sterk van herkomst tot herkomst. Een directe relatie met gewichtsverlies kan op basis van deze waarneming niet worden gelegd. Op kistpositie warm is meer vliesverkleuring geconstateerd.

5.6 Fusttype en vochtverlies

5.6.1 Doel

Verkennen van effect van fusttype op mate van gewichtsverlies

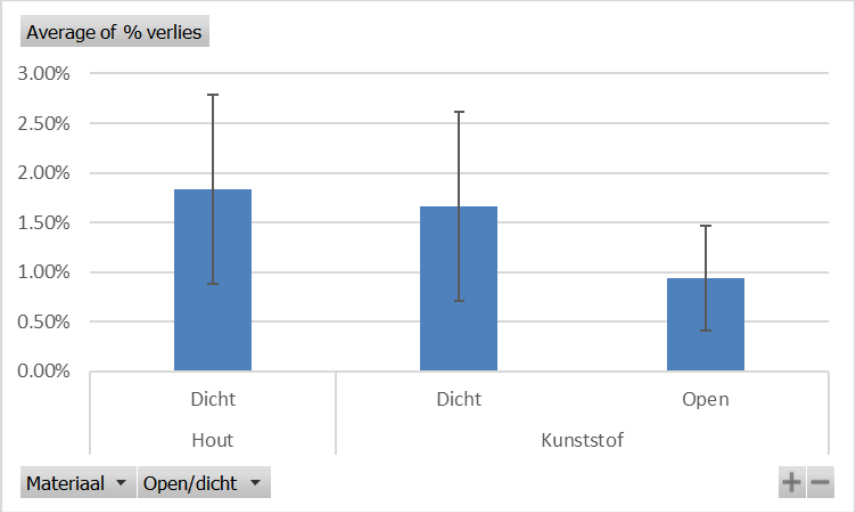
5.6.2 Materiaal en methode

Seizoen 2018-2019
Van 1 herkomst zijn 3 fusttypen te weten hout perenkist (dicht), plastic open en plastic dicht gevuld met Conference peren verzameld. Per fust type zijn steeds 3 kisten gevuld met herkomst 1. De kisten zijn in het midden van de cel geplaatst met een kistsoort per stapel. De 3 kisten zijn steeds als kist 7, 8 en 9 (bovenste) van de stapel geplaatst. De kisten zijn bruto gewogen bij inslag en uitslag. Bij einde bewaring is een slappe nekken score uitgevoerd. Hiernaast is zo mogelijk een specifieke rotontwikkeling beoordeeld.

Door teler is een 4e fusttype in de proef gebracht. Dit zijn houten kisten van zelfde type als bovengenoemde maar dan met een schimmelontwikkeling. Dit om te beoordelen of kisten met een aanvang van schimmelontwikkeling een effect hebben op schimmelontwikkeling tijdens bewaring.

5.6.3 Resultaten

De gewichtsverliezen, waarbij het houten fust is gecorrigeerd voor vochtopname tijdens bewaring (2.5 kg per kist), verschillen per fustsoort maar deze verschillen worden overschaduwd door een grote variatie tussen dezelfde kisten (Figuur 5.23).



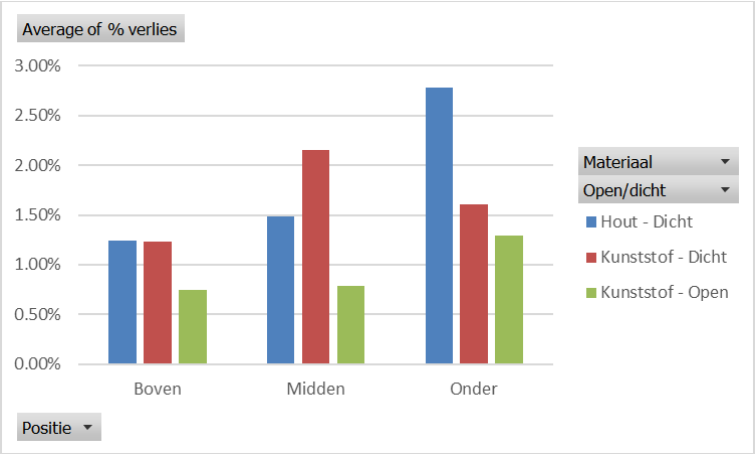
Figuur 5.24: Invloed van type fust op percentage gewichtsverlies.

De positie van de kist (op stapel) lijkt in deze proef zeker zo belangrijk. In onderstaande Figuur 5.24 is voor hout en kunststof open een duidelijk hoger vochtverlies op de onderste positie te vinden. De bovenste kistpositie geeft voor alle fustsoorten een laagst vochtverlies.

Met betrekking tot de slappe nekken score is geen wezenlijk verschil tussen de fustsoorten en kistposities vastgesteld. De slappe nekken score lag op een zeer laag niveau en varieerden tussen de 0.0 en 0.3 op een schaal van 0.0 tot 3.0.

De verschillende kistsoorten geven een verschil in schimmelontwikkeling op de peren bij uitslag. Bij de open en dichte plastic kisten is geen noemenswaardige schimmel ontwikkeling te vinden. Bij houten kisten (zonder schimmel) is een lichte mate van Fusarium rot geconstateerd. Met name op enkele steeltjes is een schimmelpluis te constateren. Bij de houten kisten met schimmel (4^{e} kistsoort) wordt in hogere mate schimmel (Fusarium) geconstateerd. Tevens worden enkele visogenrot peren gevonden. Naast aantasting van stelen (pluis) wordt ook op aanwezig blad meer

schimmelontwikkeling gevonden. De inschatting is dat het uitvalpercentage door rot in het ergste geval (schimmelige houten kisten) onder de 5% ligt. Het exacte percentage is niet vastgesteld doordat de peren direct afgevoerd werden na beoordeling.



Figuur 5.25: Invloed van stapelpositie type fust op percentage gewichtsverlies.

5.6.4 Conclusie

Op de onderzoeklocatie zijn de verschillen in vochtverliespercentage tussen de verschillende fustsoorten beperkt. Veel belangrijker lijken de posities van de kisten. Kisten boven (9e kist op de stapel) laten stelselmatig een lager vochtverlies zien dan de kisten midden (8e kist op stapel) of kisten onder (7e kist op stapel). Dit sluit aan bij de bevindingen in de positieproef waarin ook de kisten op de koudste positie minder vochtverlies gaven.

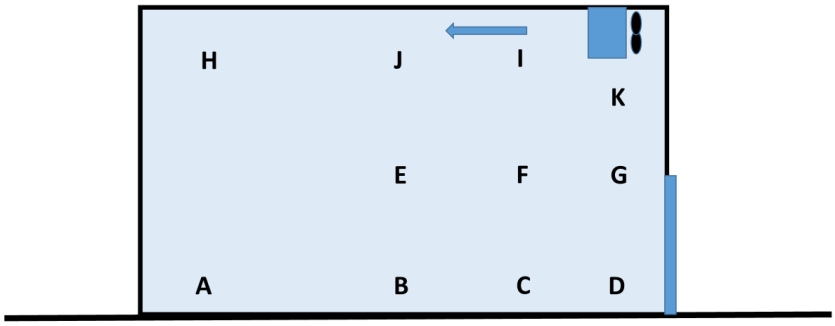
5.7 Vochtverlies en positie in de cel

5.7.1 Doel

Bepalen van vochtverlies verschillen binnen een cel.

5.7.2 Materiaal en methode

Seizoen 2018-2019
Locatie 1
Per proef cel is steeds 1 herkomst aangewezen voor proefkisten (minimaal 11) in een cel gevuld met dezelfde herkomst. Weegkisten zijn van 1 herkomst, 1 fusttype en van eenzelfde aanvoermoment. De proefkisten zijn op middelste rij (in breedte van cel) geplaatst na weging. Plaatsing en codering zijn uitgevoerd volgens onderstaand schema (Figuur 5.25). Bij uitslag zijn de weegkisten verzameld en op gelijk moment gewogen zodra alle weegkisten "vrij zijn".



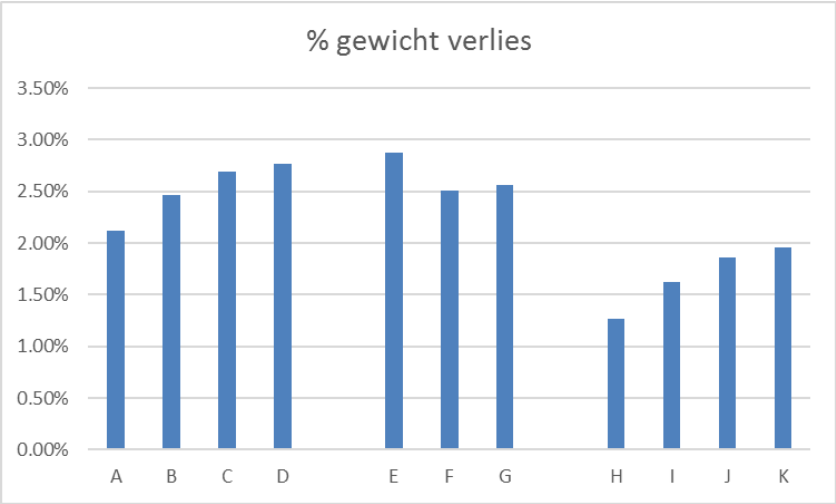
Figuur 5.26: Zijaanzicht cel met codering van kistposities in de proef. Rechts bevinden zich deur en koeler.

Locatie 2
Op locatie 2 zijn in seizoen 2018-2019 totaal 6 cellen op verschillende posities gewogen houten) kisten geplaatst. De houten kisten variëren in maatvoering (met name hoogte). De proefcellen zijn tussen de 236 en 327 dagen bewaard en de weegkisten zijn aan het einde van het bewaarseizoen opnieuw gewogen. De posities van de weegkisten zijn volgens een stapelcodering vastgelegd.

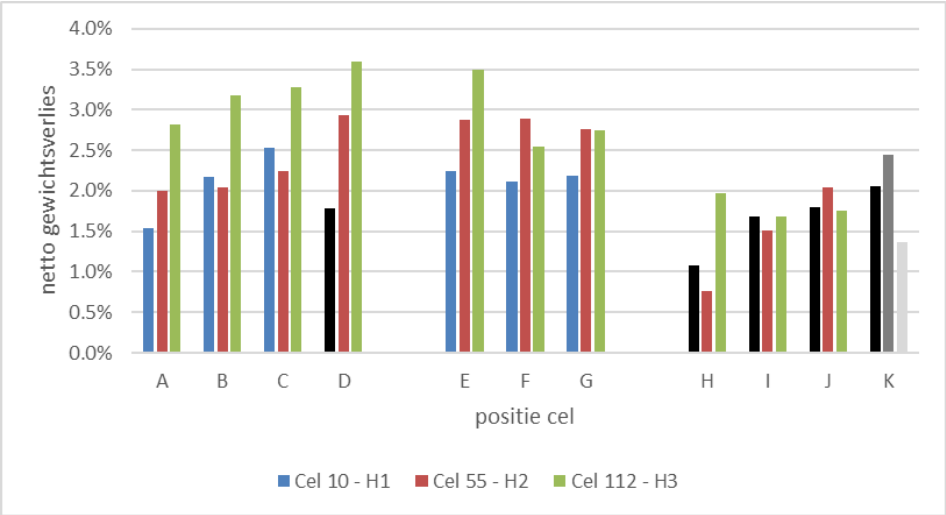
5.7.3 Resultaten

Locatie 1
De netto gewichtsverliezen zijn in onderstaand overzicht (Figuur 5.26) weergegeven voor 3 herkomst/cel combinaties. De cellen 55 en 112 zijn van een zelfde bewaarlocaties. De kistposities in zwart/grijs kleur zijn afgedekte kisten (plastic bovenzijde). De herkomst H1 betreft dichte houten kisten. De herkomsten H2 en H3 betreffen dichte plastic kisten.

De posities A tot D, onderste kist richting positie onder de verdamper, geven voor alle cellen een toename van vochtverlies. De positie D (herkomst H1) geeft een lager gewichtsverlies door het afdekken van de kist. De posities E tot en met G geven voor herkomsten H1 en H2 een gelijk niveau aan vochtverlies. Bij herkomst H3 is het beeld meer gevarieerd. Hiervoor is geen duidelijke verklaring. De posities H tot en met K (bovenste kisten) geven aan de achterwand (tegenover de koeler) het laagste vochtverlies dat in de richting van de koeler langzaam toeneemt. De positie K (onder de koeler) is voor alle herkomsten afgedekt.



Figuur 5.27: Invloed van cel positie op percentage gewichtsverlies gemiddeld over 3 verschillende cellen.



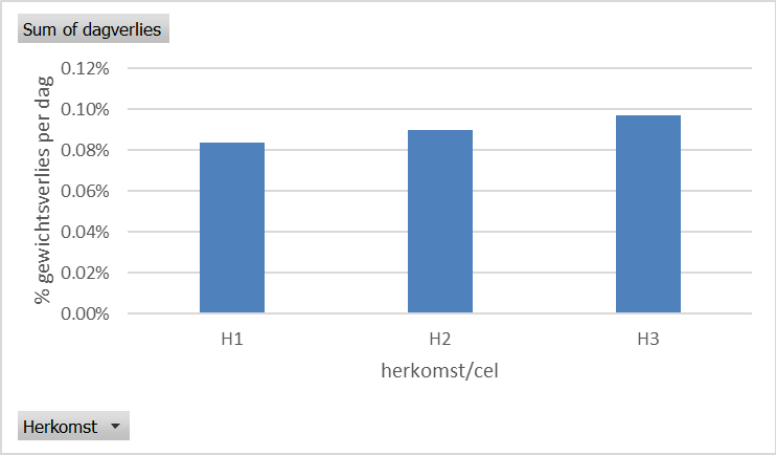
Figuur 5.28: invloed van cel positie op percentage gewichtsverlies voor 3 verschillende cellen.

De vochtverliezen zijn in beperkt mate beïnvloed door de bewaarduur maar de herkomst al dan niet gecombineerd met de cel eigenschappen hebben de belangrijkste invloed. Voor de verschillende cel/herkomst combinaties is de bewaarduur weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5.2: Bewaardagen per cel/herkomst

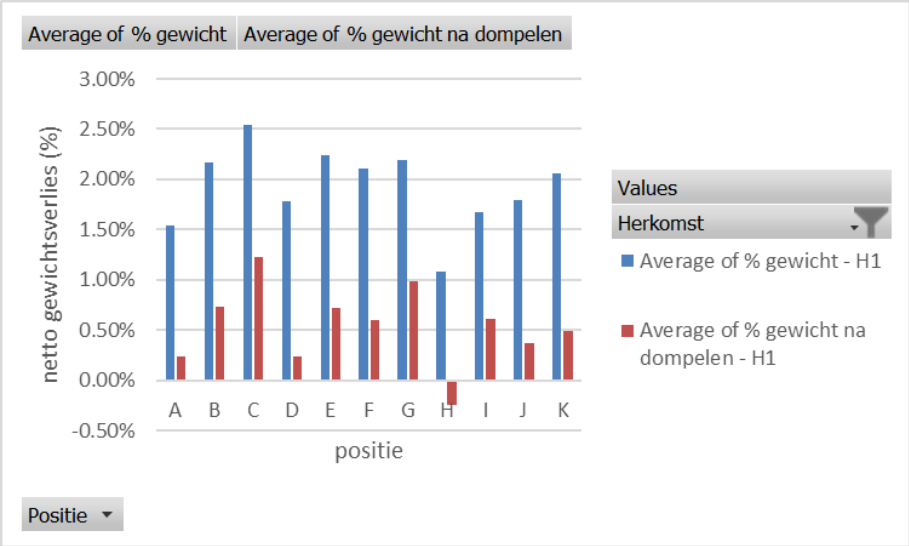
Cel/Herkomst	Bewaardagen
Cel 10 – H1	254
Cel 55 – H2	273
Cel 112 – H3	294

Het dagverlies (gemiddeld % dagverlies over gehele periode) ligt tussen de herkomsten/cellen in dit geval boven de 15% (H1 versus H3) (Figuur 5.28). Dit verschil is vergroot door meer afgedekte kisten en houten fust dat met dompelen (fungicide behandeling) bij inslag nat is gemaakt. Het verschil tussen H2 en H3 is 7% waarbij in beide gevallen dicht plastic fust is gebruikt.



Figuur 5.29: invloed van herkomst/cel op het gemiddeld dag gewichtsverlies %.

In deze proef is bij Cel 10 - H1 ook een gewichtsmeting gedaan voor en na het dompelen van de houten kisten. Het kistgewicht neemt door het dompelen gemiddeld 5.8 kg toe. Dit extra vocht is beschikbaar voor vochtopname van de koeler tijdens de bewaring en verzadigd de houten kisten (beperkt vochtonttrekking van peren) en creëert een buffer tijdens de bewaring. Wordt er gerekend met de kistgewichten voor het dompelen, dan daalt het gewichtsverlies van 1.9% naar 0.5%.
Alle posities geven een gelijk beeld in vochtverlies reductie. De posities D en H t/m K zijn afgedekte kisten.



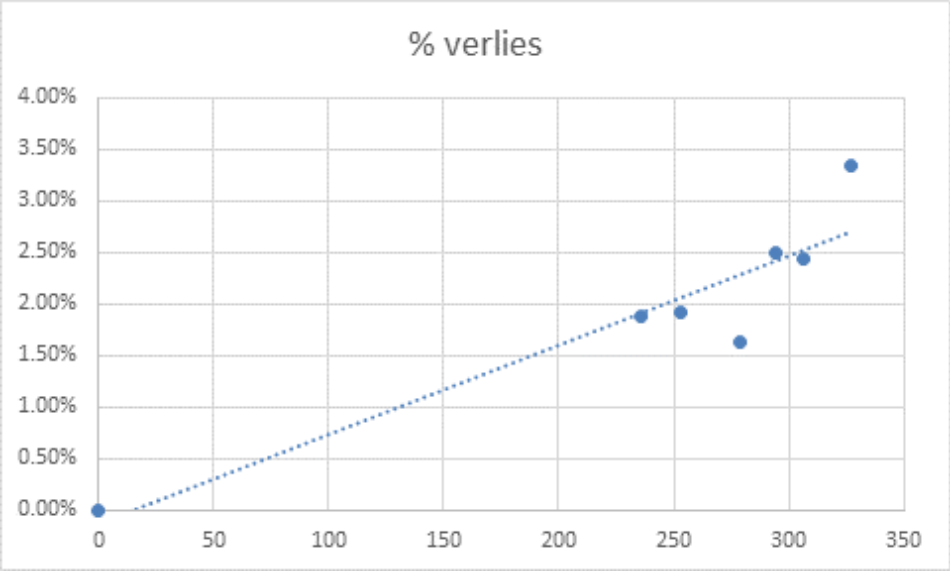
Figuur 5.30: Invloed van vooroogst dompelen op het netto gewichtsverlies % per kistpositie.

Locatie 2

De gemiddelde (netto) gewichtsverliezen op locatie 2 zijn berekend door de bruto kistwegingen te corrigeren voor de vochtopname van de houten kisten (3 kg per kist). De gewichtsverliezen gemiddeld per cel over alle cel posities is in onderstaande Figuur 5.30 uitgezet tegen de bewaarduur van de cel.

Tabel 5.3:

Cel	52	54	33	43	65	42
Dagen bewaring	**236**	**253**	**279**	**294**	**306**	**327**
% (netto) gewichtsverlies	1.88%	1.92%	1.62%	2.49%	2.44%	3.35%



Figuur 5.31: Bewaarduur versus gewichtsverlies als gemiddelde van alle kistposities per cel.

De invloed van de posities (diepte, breedte en hoogte) is geanalyseerd maar doordat per cel verschillende posities zijn gekozen (met tussen de cellen verschillende herkomsten) is een goed vergelijk niet mogelijk.

In onderstaande Figuur 5.31 is een overzicht weergegeven van de vochtverliezen op verschillende posities (diepte en hoogte) gemiddeld over alle cellen. Hierbij moet rekening gehouden worden met de verschillen in herkomsten, bewaarduur tussen de cellen.

De posities achter in de cel (0 en 1), tegenover de deur en verdamper, op alle hoogten, geven de laagste gewichtsverliezen. De posities voor in de cel (9), aan deurzijde en onder de verdamper, geven vooral op de hogere kistposities duidelijk meer gewichtsverlies. Onderstaand Figuur 5.31 geeft het beeld dat de hoogste verliezen van de cel meer aan de deurzijde hoger liggen en de laagste verliezen aan de achterwand.

	hoogte						
diepte	**4 (van 9)**	**7 (van 9)**	**8 (van 9)**	**9 (van 11/14)**	**10 (van 11/14)**	**11 (van 11)**	**14 (van 14)**
0	2.12%	1.74%	2.12%				
1					1.71%		
2							3.98%
4		1.84%	2.27%	2.00%			
6	2.07%		1.59%	2.46%			
8	2.18%						
9		2.41%			3.61%	2.54%	

Figuur 5.32: Lengte doorsnede cel (diepte/hoogte) met gewichtsverlies van specifieke kistposities.

5.7.4 Conclusie

De positie in de cel is in hoge mate bepalend voor de mate van vochtverlies. Als beste posities blijken op locatie 1 (beide installaties) de kisten op de bovenste laag van de cel, veelal verder van de koeler af. De positie onder de koeler (vloerniveau) is over het algemeen het slechtste. Afdekken van deze kisten (cel 10 – H1) blijkt effectief. Het middendeel van de cel (posities E, F en G) geven een opvallend hoger dan gemiddeld vochtverlies niveau. Op locatie 2 geven met name de hogere kistposities (dichter bij de verdamper) de hogere vochtverliezen.

Dompelen is zeer effectief in het beperken van gewichtsverlies tijdens bewaring en geeft op alle posities in de cel een gelijk effect. Door dompelen wordt absoluut 1.0 tot 1.5% minder vochtverlies gerealiseerd.

6 Sensoren voor humistatus en klimaat in cel

6.1 Introductie

De mate van vochtverlies wordt op dit moment gemeten door het vaststellen van de hoeveelheid condenswater (ontdooiwater van verdamper). Hiermee is per periode (veelal minimaal 1 week) een beeld van het vochtonttrekkingsgedrag van de bewaarcel te krijgen. Het betreft hier een gemiddeld beeld van vochtverlies. O.a. in het Humistatusproject is gevonden dat de verschillen in gewichtsverlies binnen een cel groot kunnen zijn (hoofdstuk 5). Vanwege deze ruimtelijke verschillen is het wenselijk om via eenvoudige en betaalbare sensoren een lokaal beeld te krijgen van het vochtverlies. Ook is het voor operators nuttig om dit lokale vochtverlies actueel te kunnen beoordelen, om dit zo mogelijk met andere (koeltechnische) instellingen te kunnen bijsturen.

6.2 Sensorkandidaten om humistatus te meten

Een directe meting van de humistatus van een product gedurende bewaring (mate van strakheid of lokaal vochtverlies) geeft naar verwachting het meest betrouwbare beeld van de actuele vochtstatus (eventueel gekoppeld aan de humistatus karakteristiek bij inslag). Aangezien hier nog geen meetmethode voor bestaat, zijn er binnen het Humistatusproject diverse technieken beproefd.

In seizoen 2017-2018 is een opstelling gemaakt met de zogenaamde “YOU-weegunit” (firma Tolsma). In seizoen 2017-2018 en seizoen 2018-2019 is ervaring opgedaan met de ultrasone afstandmeter van projectpartner Environmental Monitoring Systems (EMS). Met deze techniek wordt met een ultrasone afstandmeting het “inzakken” van de kist gemeten. Bij deze test wordt de relatie gelegd tussen de mate van gewichtsverlies en de inzakking van peren in de kist.

6.3 Sensoren om klimaat te meten

6.3.1 Seizoen 2017-2018

6.3.1.1 RV-en temperatuurmetingen

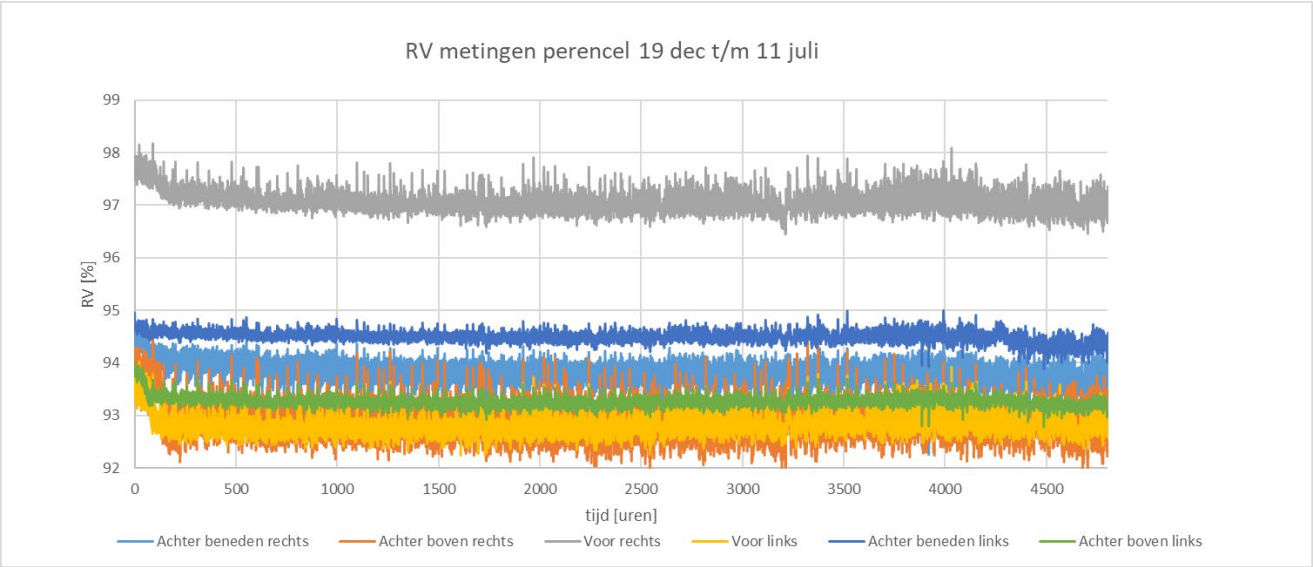
Doel en opzet
In seizoen 2017-2018 is op een bewaarlocatie een opstelling gemaakt voor het meten van het celklimaat op diverse posities, met als doel om aan de hand van de registratie, informatie te verzamelen over de mate van vochtverlies. Hierbij werd naast temperatuur en RV ook apparatuur voor luchtsnelheidsmetingen geïnstalleerd. De meetapparatuur en uitlezing werden uitgevoerd in samenwerking met projectpartner Pedak Meettechniek. Helaas bleek er een technisch probleem met de uitlezing van de luchtsnelheidsmeters tijdens het bewaarseizoen.

De RV/T sensoren zijn op diverse posities geplaatst
- Achter (onder koeler) beneden (onder op stapel) en aan rechter zijde cel
- Achter boven en rechts
- Achter beneden en links
- Achter boven en links
- Voor in de cel (aan deurzijde in luchtworp verdamper) boven en links
- Voor in de cel boven en rechts

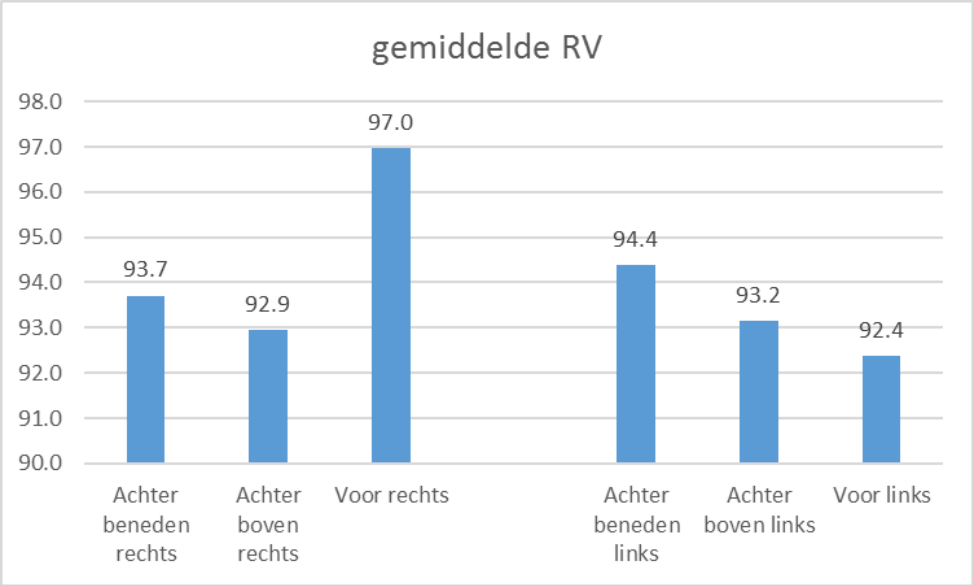
Resultaat

De totale registratie van de RV-meters gedurende bewaring is in Figuur 6.1 weergegeven. Dit geeft een beeld van de variatie per sensor gedurende de hele bewaring. De gemiddelde registratie van de RV-meters is in Figuur 6.2 weergegeven. De registratie "voor rechts" (97.0%) blijkt een paar procent af te wijken van "voor links" (92.4%). Verwacht werd dat de meting "voor links" meer in lijn met deze meting zou liggen. De overige sensoren registreren waarden tussen de 92.4 en 94.4% luchtvochtigheid.

De verwachting is dat posities waar hogere RV's gemeten worden, de peren minder gewicht verloren hebben na bewaring. De gewichtsverliesmetingen aan de rechterzijde van de cel laten dit in Tabel 6.1 wel zien (zijn lager dan aan de linkerzijde). Voor de positie "achter beneden" en "achter boven" volgen de gewichtsmetingen zowel links als rechts deze relatie met de RV-metingen niet.



Figuur 6.1: Registratie RV-metingen gedurende de bewaarperiode op verschillende posities in de cel.



Figuur 6.2: Gemiddeld geregistreerde relatieve luchtvochtigheid (RV%) op verschillende posities in de cel gemeten.

Tabel 6.1 Procentueel gemiddeld gewichtsverlies van peren links/rechts en boven/onder

Positie	Links	Rechts
Achter boven	3.4	2.3
Achter beneden	3.7	3.0

6.3.1.2 Gewichtsmetingen tijdens bewaring

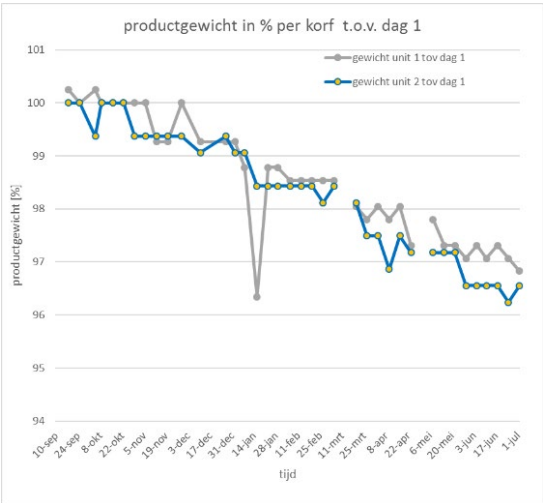
Doel en opzet
In dezelfde proefcel als de metingen beschreven in paragraaf 6.3.1.1. is een opstelling gemaakt met de zogenaamde Yield Observation Unit (YOU) van firma Tolsma Techniek (Figuur 6.3). Dit is een weger die in de praktijk gebruikt wordt bij bijvoorbeeld aardappels om tijdens bewaring in een bulkpartij continu het gewicht te monitoren. Het doel van ons experiment is om te zien of met deze units een goede registratie van het vochtverlies van peren weergegeven wordt en of dit voor peren een bruikbare methode zou kunnen worden (met eventuele aanpassingen) in de praktijk.

In het experiment zijn 2 units gevuld met peren (gewogen met en zonder de peren) en in een kist geplaatst. Deze kist is rondom de unit verder opgevuld met peren. De meetwaarde is wekelijks afgelezen en geregistreerd.

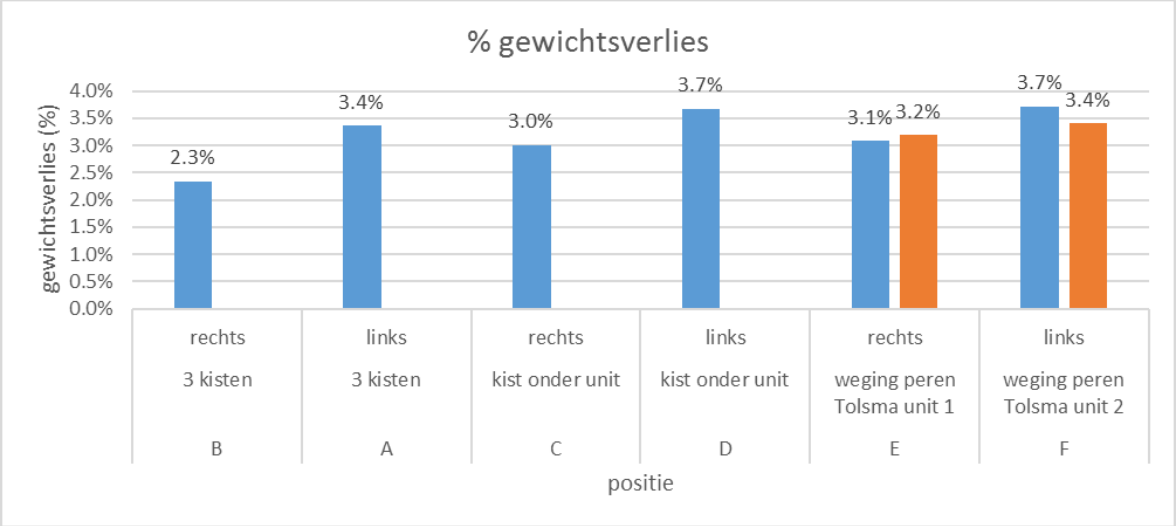
Figuur 6.3: YOU-weegunits met rechts impressie van plaatsing van de unit gevuld met peren, in een kist met peren.

Resultaat
Over de registratieperiode wordt een daling in het gewicht van uiteindelijk 3.2 en 3.4% gemeten (Figuur 6.4) voor beide units respectievelijk rechts en links. Dit komt overeen met de fysieke gewichtsmetingen aan begin en einde van de weegperiode (Figuur 6.5).

In Figuur 6.5 zijn ook de gewichtsverliezen van kisten boven en onder de units weergegeven. Duidelijk is dat de gewichtsverliezen van alle waarnemingen, inclusief de registratie van de unit, op de linker celpositie hoger zijn geweest dan de rechter positie. De gewichtsmetingen na bewaring van de peren in de unit (E en F blauw) en de weging van de units (E en F oranje) komen redelijk overeen.



Figuur 6.4 Procentuele gewichtsmetingen peren in 2 units gedurende 308 dagen bewaring.



Figuur 6.5: Procentuele gewichtsverliezen kisten boven en onder de weegunits, gewogen bij begin en eind van de bewaring (blauw) en de registratie van het gewichtsverlies met de units (oranje).

6.3.2 Seizoen 2018-2019

6.3.2.1 RV-metingen

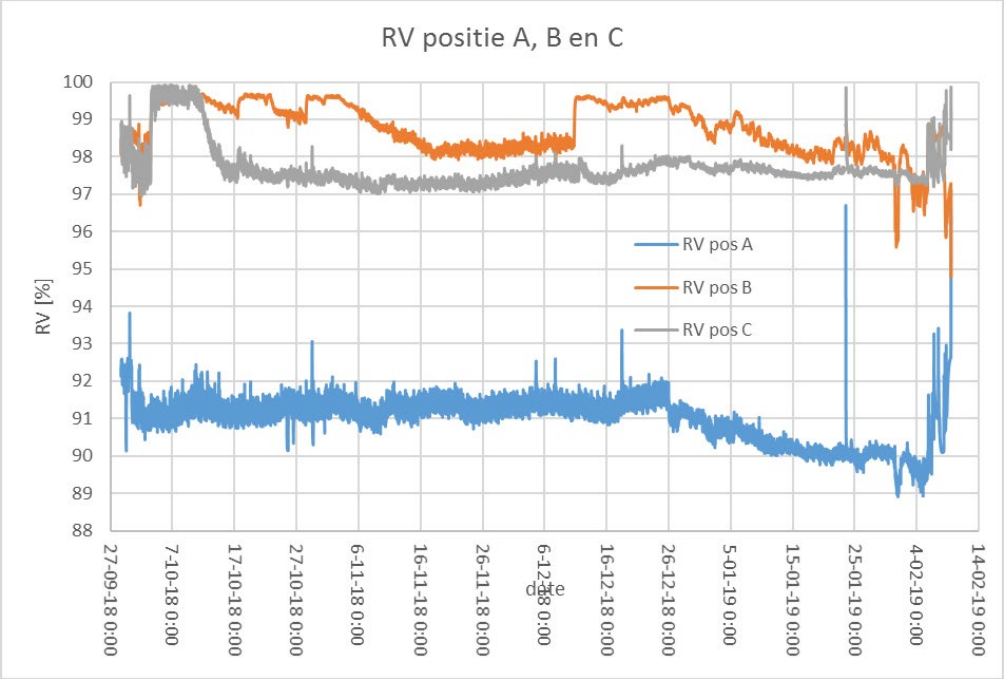
Doel en opzet
In seizoen 2018-2019 is opnieuw op een bewaarlocatie het celklimaat op verschillende posities (tabel 6.2) in de cel gemonitord met RV-sensoren. De T/RV metingen zijn op 6 posities in de cel uitgevoerd in samenwerking met projectpartner Pedak Meettechniek. Op genoemde 6 posities in de cel zijn ook kisten geplaatst die aan begin en einde van het bewaarseizoen zijn gewogen. Aan het einde van het bewaarseizoen is tevens de slappenekkenscore bepaald door de operator van de bewaarlocatie.

De posities zijn in onderstaande tabel weergegeven:

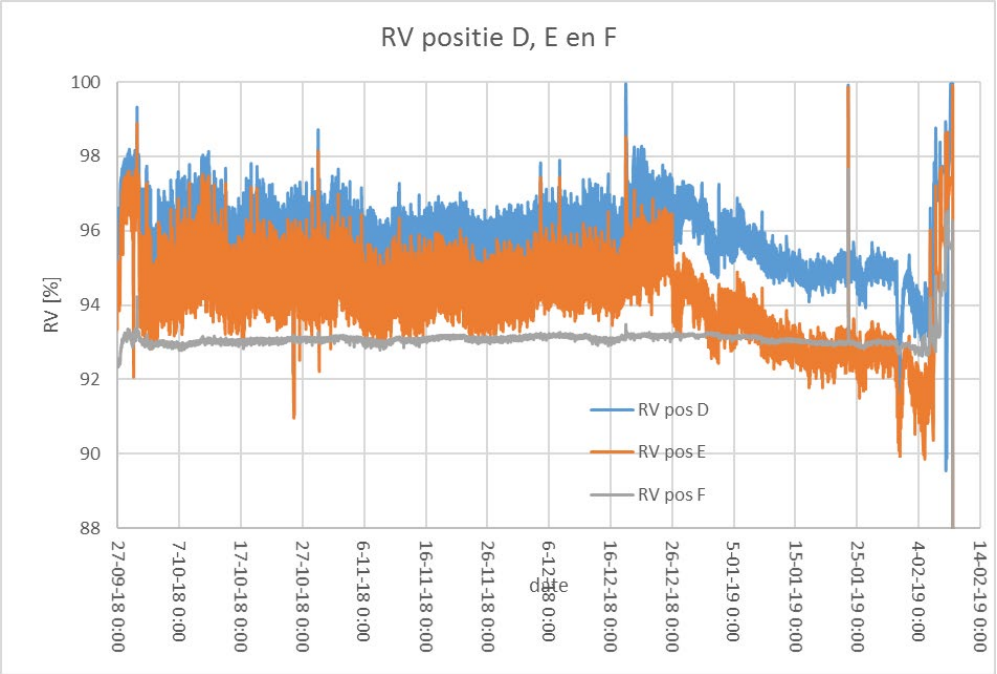
Tabel 6.2: Codes en posities van kisten in het experiment

Positie code	Beschrijving
A	1e slag onder koeler (rechts onder 2e kist)
B	1e slag onder koeler (rechts boven 9e kist)
C	1e slag onder koeler (links onder 4e kist)
D	1e slag onder koeler (links boven 9e kist)
E	Slag 10 (van 11), rechts boven
F	Slag 10 (van 11), links boven

Resultaat
De registratie van de RV tijdens het bewaarseizoen op deze posities is weergegeven in Figuur 6.6 en 6.7. De gemiddelde relatieve vochtigheid (RV) over de periode 28 september 2018 tot 9 februari 2019 is voor de verschillende posities weergegeven in tabel 6.3. Tevens is in deze tabel het gewichtsverlies van de kist op de betreffende positie weergegeven en de slappenekscore. Met betrekking tot de slappenekscore is het niveau zeer laag en is onderscheid tussen de posities niet aan te tonen op basis van deze score.



Figuur 6.6: RV-registratie gedurende bewaarperiode op posities A, B, C.



Figuur 6.7: RV-registratie gedurende bewaarperiode op posities D, E, F.

Tabel 6.3: Gemiddelde RV en bruto gewichtsverlies in de periode 28 september 2018 – 9 februari 2019

Positie	Gemiddelde RV (%)	Bruto gewichtverlies (%)	Slappenekkenscore
A	91.0	0.6	0.1
B	98.8	0.6	0.1
C	97.7	0.6	0.1
D	96.0	1.2	0.1
E	94.6	0	0.0
F	93.1	0	0.0

Er zijn een aantal opvallende resultaten bij de RV-metingen:

- De vergelijkbare posities in de cel (A en C) en (B en D) geven uiteenlopende gemiddelde RV-waarden. Dit is onverwacht, omdat het hier om gelijkwaardige posities gaat.

- De posities E en F tonen een lage gemiddeld RV-waarde, maar tonen het minste gewichtsverlies.
- Het patroon van een daling van de RV (Figuur 6.7) vanaf 26 december (positie A, positie D en positie E) is niet verklaarbaar. Bij bewaarders is navraag gedaan of op momenten dat de RV op posities een specifieke verandering gaven, ook een wijziging in instellingen is gedaan. Dit is niet gebeurd.

De RV-metingen blijken onverwachte resultaten te geven ten opzicht van het vochtverlies. Een mogelijke reden kan zijn dat het betrouwbaar meten van de RV in praktijk lastiger is dan verwacht. Algemeen aanvaard is dat het vochtverlies mede bepaald wordt door het dampspanningsverschil in het microklimaat rondom het product. Lokale temperatuur, RV en luchtsnelheid zijn dan van belang. Bij de huidige metingen is de RV tussen de kisten gemeten en niet midden tussen het product. Daarnaast mist bij de huidige metingen de temperatuurmeting op elke positie. Enkel als de RV en temperatuur lokaal en gelijktijdig gemeten worden kan nauwkeurig de lokale dampspanningsdeficiet berekend worden om vanuit dit getal het gewichtsverlies te bepalen.

6.3.3 Ultrasone afstandmeter

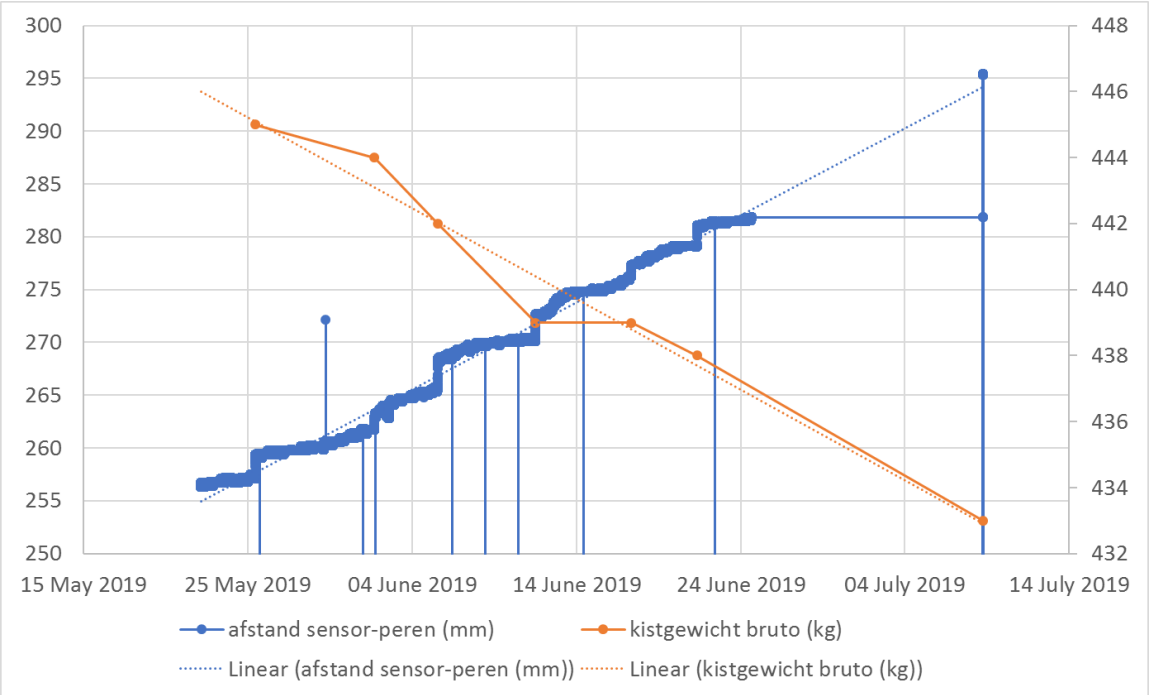
Om het vochtverlies van peren in praktijkbewaring te kunnen monitoren wordt in de praktijk vaak het condenswater van de verdamper gemeten. Dit geeft een globale schatting van vochtverlies op celniveau, die weliswaar gerelateerd is met het werkelijke vochtverlies, maar ook door andere factoren beïnvloed kan worden, bv. vochtinbreng door de scrubber. Weging van kisten voor en na de bewaring geven een veel nauwkeuriger beeld, waarbij ook de spreiding in vochtverlies binnen de bewaarcel helder kan worden. Dit is echter informatie achteraf, dus zonder mogelijkheden tot tijdig ingrijpen/bijsturen. Een directe monitoring zoals weging met een weegunit in de bewaarcel (zie 6.3.1) kent de nodige beperkingen.

In dit project is het idee ontstaan om de vulhoogte van de bewaarkisten te monitoren middels een ultrasoonsensor. Dit meetprincipe wordt bv. gebruikt bij de parkeerhulp in auto's. Naarmate de peren meer vocht verliezen, krimpen ze en daalt vermoedelijk de vulhoogte in de kist. Hiervoor is met een door partner EMS (voor een ander doel ontwikkelde) nauwkeurige ultrasoon sensor in een labomgeving getest of de nauwkeurigheden goed genoeg waren voor een kansrijke praktijktoepassing (Figuur 6.10).

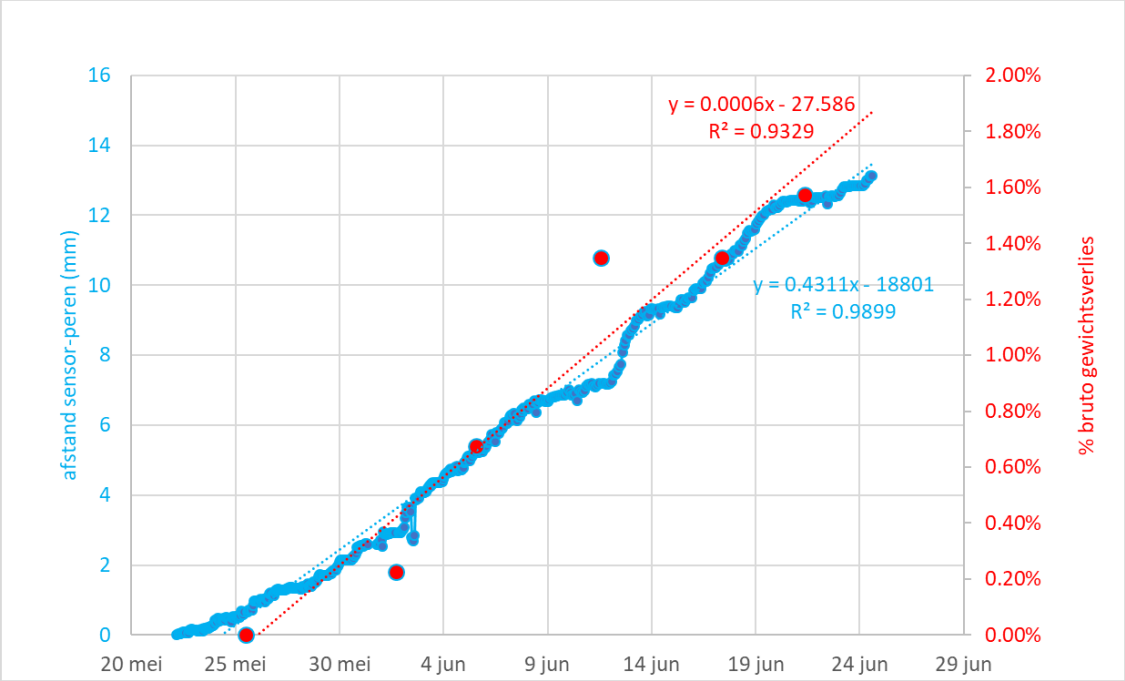
In seizoen 2017-2018 werd voor het eerst in een praktische omgeving gemeten met deze EMS-afstandmeter. In seizoen 2018-2019 werd de opstelling in een bewaarcel geplaatst. Helaas bleek de datacommunicatie van de afstandmeting onvoldoende om goed te kunnen beoordelen of de sensor in potentie bruikbaar was.

De sensor is in de tweede helft van seizoen 2018-2019 in een mechanische koelcel geplaatst. Naast deze registratie is de kist op een aantal momenten gewogen, zie Figuur 6.11 voor deze ruwe data. De data is vervolgens gecorrigeerd voor de schokken in de data veroorzaakt door de weegmomenten, zie Figuur 6.12. Na correctie is er een goede relatie (R^2=0.95), te zien tussen de afstandsmeting (mate van inzakking peren) en het gewichtsverlies, zie Figuur 6.12a. Dit biedt perspectief voor het gebruik van een afstandsmeting als maat voor gewichtsverlies tijdens de bewaring.

Figuur 6.10: Opstelling meting met EMS-afstandmeter



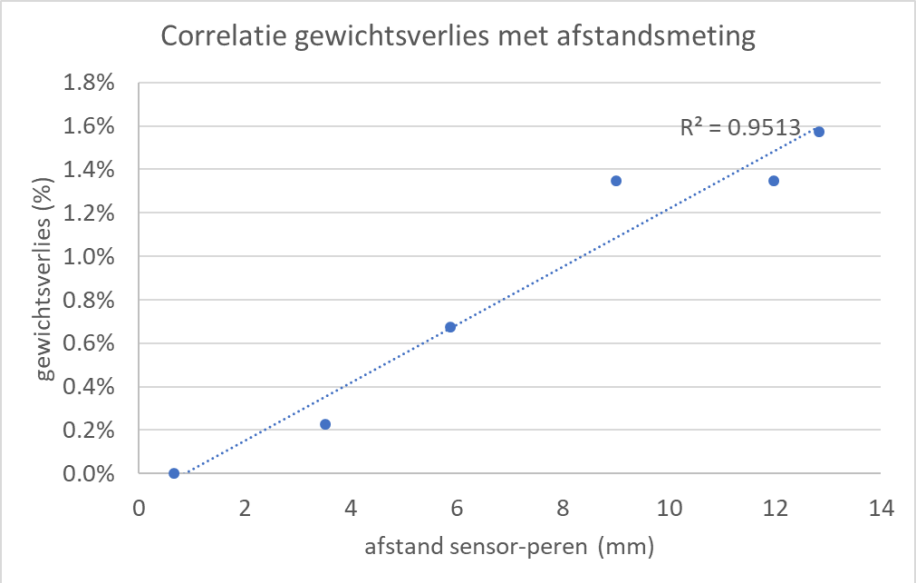
Figuur 6.11: Meetresultaten met afstandsmeter en kistwegingen (ongecorrigeerd)



Figuur 6.12: Gecorrigeerde data bruto gewichtsverlies en gemeten afstand sensor tot peren gedurende bewaring.

De gemeten toename in afstand tussen de bovenkant van de bewaarkist en de peren ligt in dezelfde grootte-orde als met de op basis van de werkelijke gewichtsverliezen berekende krimp (gemeten gewichtsverlies 0.28 kg/dag, berekend gewichtsverlies is 0.31 kg/dag (uitgaande van 0.726 kg peren/mm in een kuubskist* en 0.431mm daling/dag).

** Schatting kist intern volume =1.1*1.1*0.6=0.73 m^3, bij stortingsdichtheid 600 kg/m^3 geeft dat 436 kg, bij vulhoogte 60 cm is dat 0.726 kg/mm*



Figuur 6.12a: Relatie tussen bruto gewichtsverlies en gemeten afstand sensor tot peren gedurende bewaring.

6.4 Conclusies en aanbevelingen vervolg

De metingen van de weegunits (YOU's) correleren met daadwerkelijke gewichtsmetingen bij in/uitslag, maar deze methode kent ook de nodige beperkingen. Zo is de meting niet stabiel in de tijd en kan alleen over een langere meetperiode een verlies bepaald worden.

De wens is om lopende het seizoen een beeld te krijgen van het gewichtsverlies en daarmee uitdroging en om daarmee (evt gekoppeld aan de vastgestelde humistatus bij inslag) het risico op slappe nek (en/of rot) in te kunnen schatten en zo mogelijk bij te kunnen sturen.

Meten van RV om deze te vertalen naar een actuele humistatus of een gewichtsverlies lijkt op dit moment niet mogelijk. De resultaten tonen geen verbanden. Mogelijk geeft het gelijktijdig registreren van de temperatuur en RV, om hiermee een dampspanningsdeficiet te berekenen, een betere relatie met het lokaal beeld van gewichtsverlies. Dit wordt in het laatste seizoen nog beproefd.

De ultrasone afstandmeter van EMS lijkt gezien de eerste resultaten een potentiele sensor voor het rechtstreeks meten van gewichtsverlies en zal in het laatste seizoen verder beproefd worden in de praktijk. De techniek leent zich voor doorontwikkeling naar een sensorsysteem op kistniveau (verkleining) om zo op verschillende posities in de bewaarcel gewichtsverlies te kunnen monitoren.

7 Invloed van type koelsysteem en koudemiddel op vochtonttrekking

7.1 Introductie

EU-regelgeving rondom koudemiddelenregulering dwingt af dat steeds meer applicaties, dus ook fruitbewaring, moeten overstappen naar koelsystemen met natuurlijke koudemiddelen. Voor grote koelsystemen in de fruitbewaring, die gebruik maken van ammoniak als koudemiddel, is deze ontwikkeling niet relevant. Het zijn juist de kleinere koelinstallaties, gebruik makend van synthetische koudemiddelen, die de overstap moeten maken naar laag GWP (Global Warming Potential) - koudemiddelen. Meest logische stap voor deze kleine en middelgrote systemen is om dit te realiseren met de overstap naar natuurlijke koudemiddelen, zoals CO_2 en propaan.

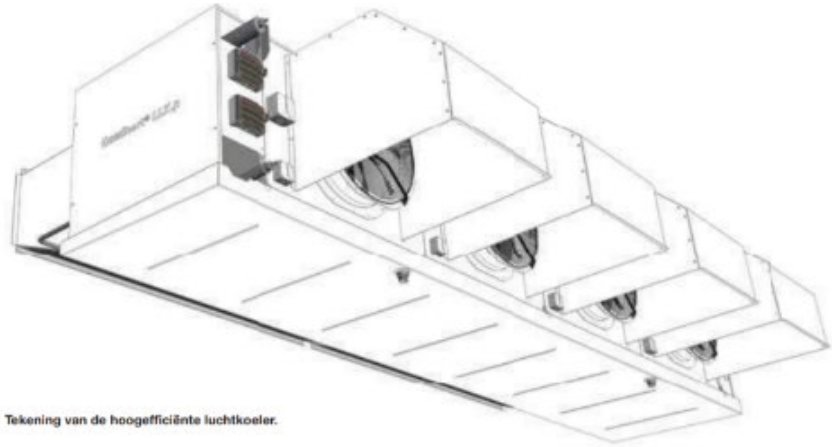
Uitdaging is om een veilig, betaalbaar en technisch goed functionerend koelsysteem te ontwikkelen. Relevant binnen dit project is de aanvullende uitdaging bij bewaring van versproducten om het vochtverlies en de temperatuurverdeling zo klein en gelijkmatig mogelijk te houden.

7.2 Opzet/aanpak

De activiteiten van werkpakket 5 (koelen en ventilatoren) en 6 (natuurlijke koudemiddelen) zijn gestart in het oogstseizoen 2018. Op basis van de lange lijst met onderwerpen die invloed hebben op de vochtstatus, is gezamenlijk met de partners een short-list gemaakt. Concreet zijn onderstaande onderwerpen nader onderzocht. Na evaluatie van de onderwerpen is gekozen om onderwerp "e" uit te gaan voeren.

a. *Bepalen van een optimale blok configuratie voor een CO_2-koeler voor fruit.*
   De toepassing van CO_2 als koudemiddel een interessant optie is voor kleine en middelgrote koelsystemen in de fruitbewaring. De CO_2-koelsystemen zijn nog niet geoptimaliseerd om het vochtverlies in de langetermijnbewaring te minimaliseren, waardoor niet altijd de zelfde bewaarkwaliteit wordt geleverd als een ammoniakpompsysteem.

b. *Praktijktest van geoptimaliseerde verdamper met vergrote luchtverdeelvolume + EC-ventilatoren*
   De praktijktest van geoptimaliseerde koeler die in een IPC-project "Duurzaam conditioneren en bewaren agri producten" (2011-2012) is ontwikkeld (Figuur 7.1), maar waarbij de prestatieverbeteringen (energie en vochthuishouding peren) nog niet is gemeten is in vergelijking tot een state-of-the-art conventioneel koelerontwerp. Deze test zou mogelijk plaatsvinden in Koelhuis Houten (NH_3-installatie en gangbare verdampers). Binnen Humistatus is van deze praktijktest afgezien, omdat het enerzijds weinig bijdraagt aan de specifieke kennisvragen rondom vochthuishouding.



Figuur 7.1: Verdamper met geoptimaliseerde luchtstroom zoals ontwikkeld in IPC project.

c. *Toepassing van radiaal- in plaats van axiaalventilatoren.*
   Doel is om de kansen en beperkingen van radiaalventilatoren in de fruitbewaring te onderzoeken. Is een interessante nieuwe ontwikkeling, maar heeft beperkte invloed op de vochtstatus van fruit.

d. *Plafondventilator*
   Hoe groter de ventilatordiameter, hoe efficiënter een ventilator kan zijn. In theorie is het interessant om de luchtcirculatie te doen met een enkele grote plafondventilator i.p.v. de 6 ventilatoren (400W per stuk) van het koelerblok. In theorie kan een enkele grote plafondventilator de zelfde luchtcirculatiedebiet realiseren met een 60% lagere energie gebruik. Groot praktisch probleem is dat er in een volle bewaarcel een beperkte luchtruimte tussen het produkt en het plafond zit van zo'n 75 cm is, terwijl RiteHite (leverancier van plafondventilatoren) een benodigde inbouwhoogte van 180cm opgeeft. Zelf als er 1 bak minder hoog (8 hoog in plaats van 9 hoog = 11% minder opslag!) wordt gestapeld is de inbouwhoogte nog (te) krap. Toepassing in deze uitvoeringsstandaard is dus niet mogelijk

e. *Invloed van koelsysteemontwerp en koudemiddel op gedrag van koeler tijdens korte krachtige koel acties.*
   In plaats van het onderzoek specifiek te richten op het optimaliseren van de blokprestaties met bijvoorbeeld CO_2, is er voor een meer algemeen onderzoek voorgesteld: Het in kaart brengen van de invloed van het type koelsysteem en het koudemiddel op de korte krachtige koelactie.
   Het onderzoek wordt uitgevoerd voor verschillende systemen in de praktijk met behulp van een infraroodwarmtebeeldcamera en temperatuurvoelers.

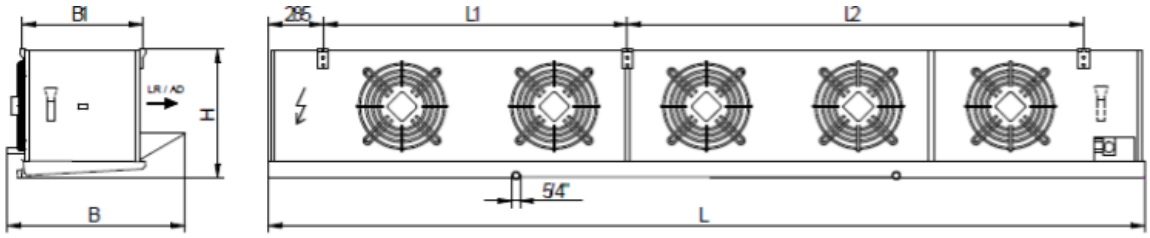
7.2.1 Opzet

Bij het onderzoeken van de korte krachtige koelactie van een koelerblok van fruitbewaring, zie Figuur 7.2, is het van belang om de volgende zaken vast te stellen:

1. hoe snel het blok afkoelt na start koelactie
2. temperatuurniveau en -verdeling in lengte, hoogte en diepte van het blok tijdens de koelactie
3. duur van nakoeleffect na beëindiging van koelactie.

Om dit te kwantificeren zou het wenselijk zijn direct koudemiddelzijdig het koelvermogen te meten. Echter het meten van het massadebiet van het koudemiddel dat verdampt is niet eenvoudig in een bestaande verdamper, zeker niet dat van een pompsysteem. Alternatief is om luchtzijdig het koelvermogen te meten via luchtdebiet en (gemiddelde) temperatuur en RV-condities van de in- en uittredende lucht. Ervaring leert dat de nauwkeurigheid zeer beperkt is, zeker als er ook condensatie van waterdamp optreedt. Daarnaast zijn we vanuit vochtonttrekking aan het product juist geïnteresseerd in de temperatuurverschillen die optreden in het koelerblok. Er is daarom gekozen om

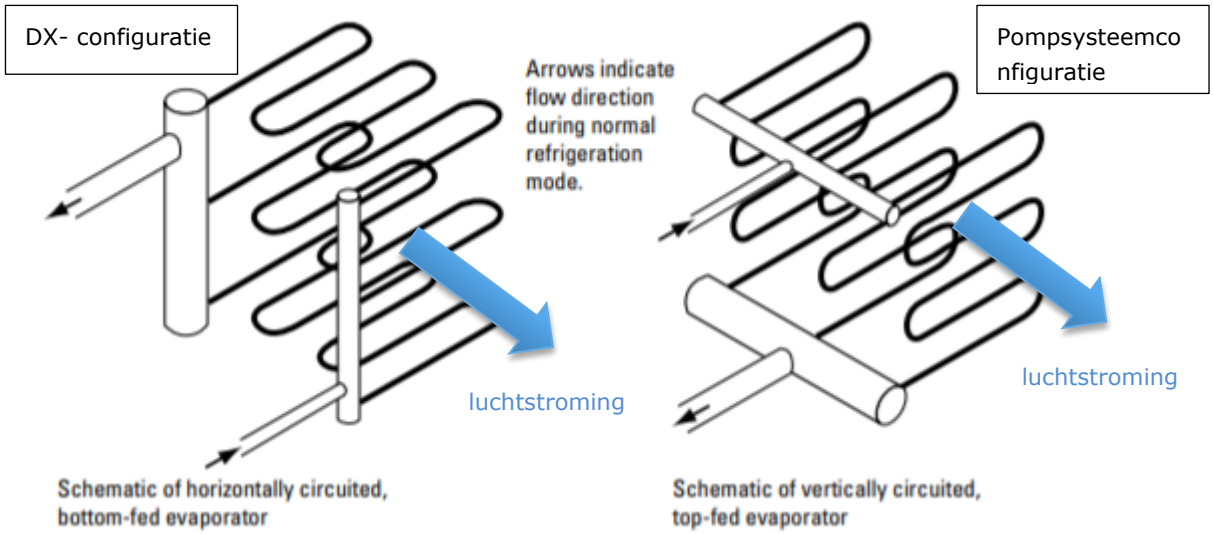
de prestaties van de verschillende type koelsysteem en koudemiddelen te vergelijken op basis van de (verdeling) van de bloktemperatuur tijdens korte krachtige koelacties.



Figuur 7.2: Typische lange uitvoering van een fruitkoeler met 5 of 6 ventilatoren.

Om het totale temperatuurprofiel van het koelerblok te meten moeten zowel de fin- als circuittemperaturen in de lengte (L), hoogte (H) en diepte (B) gemeten worden. In praktijk zijn er twee uitvoeringen wat betreft de circuitconfiguratie: horizontaal en verticaal. Zie Figuur 7.3. Horizontale circuits worden toegepast bij DX- en indirecte systemen, waarbij er deelgebruik gemaakt wordt van tegenstroom principe. De intrede van het koelmedium (laagste temperatuur) zit aan de uitblaaszijde van de luchtkanalen.
Verticale circuits worden toegepast bij pompsystemen. Waarbij er sprake kan zijn 'fan top feed' (koudemiddel intrede aan bovenzijde) of 'bottom feed' (koudemiddel intrede aan onderzijde). Deze laatste is de meest voorkomende, omdat deze in alle deellastsituaties het optimale koelvermogen levert.

Omdat circuits meerdere keren op en neer gaan, kan door het meten van de temperatuur bij in- en uittrede en die van de bochten, een goed beeld gekregen worden van de prestaties van een circuit over de hele lengte.



Figuur 7.3: Overzicht circuitconfiguraties met links de DX-configuratie (bottom feed) en rechts de pompsysteemconfiguratie (fan top feed).

Het te verwachten temperatuurverschil over de lengte heeft een aantal mogelijke oorzaken:

- Koudemiddelzijdige drukval in het circuit (afname van temperatuur richting uittrede)
- Slechte of geen benatting inwendige buis in circuit door de koudemiddel vloeistof (vroegtijdig ontstaan van oververhitting door te geringe hoeveelheid vloeistof aan het einde van het circuit)
- Indien koudemiddel een 'glide' heeft (toename van temperatuur richting uittrede)

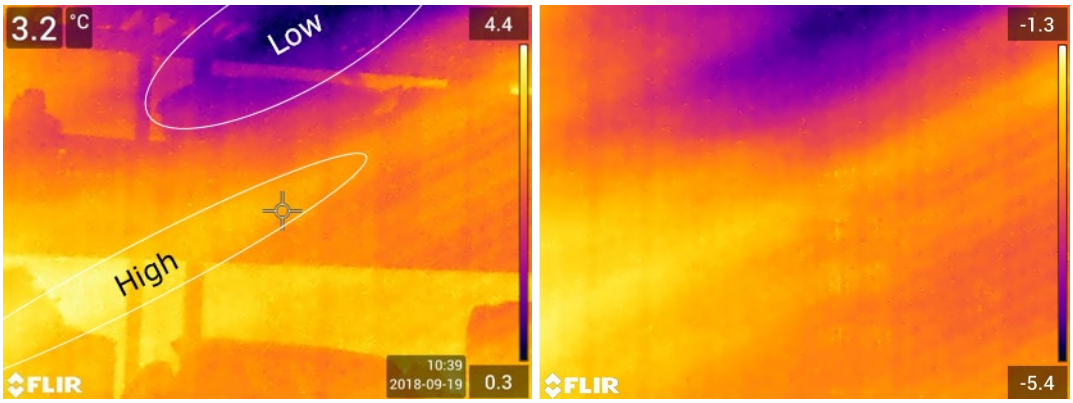
Dit is in praktijk vast te stellen met behulp van een IR-warmtebeeldcamera en logsysteem met temperatuurvoelers.

Metingen met IR-warmtebeeldcamera

Nauwkeurigheid

Met de warmtebeeldcamera kan een algemeen temperatuurbeeld worden verkregen. Omdat de meting afhankelijk is van de stralingseigenschappen van het oppervlak en daarbij de hoeveelheid afstraling van koude oppervlaktes beperkt is, is de nauwkeurigheid beperkt. Temperatuurveranderingen zijn goed waarneembaar, maar de nauwkeurigheid om een absolute temperatuur te meten is beperkt.

Stand der techniek is dat de gebruikte warmtebeeld camera (Flir T530) een niet geheel homogene temperatuurgevoeligheid heeft over zijn pixelgebied (320x240). Dit is vooral zichtbaar in foto's met een gering temperatuurcontrast. Zie foto gemaakt in de koelcel in de onderstaande Figuur 7.4. Het aantal graden afwijking dat dat lokaal oplevert is afhankelijk van het temperatuurniveau. Voor toepassing rond de 0°C loopt de afwijking in het donkerblauwe gebied op tot een afwijking tot ongeveer 3°C.



Figuur 7.4: IR-foto gemaakt in koelcel WFBR met Flir T530.

Toepassing

In bewaarcellen van hardfruit wordt de verdamper zo geselecteerde dat deze maximaal gebruik maakt van de gehele breedte van de cel. Het is daarom veelal niet mogelijk om IR-beeldopnames te maken van de temperatuurverdeling van bochten van de circuitbuizen die aan de zijkant zitten

7.2.2 Uitvoering

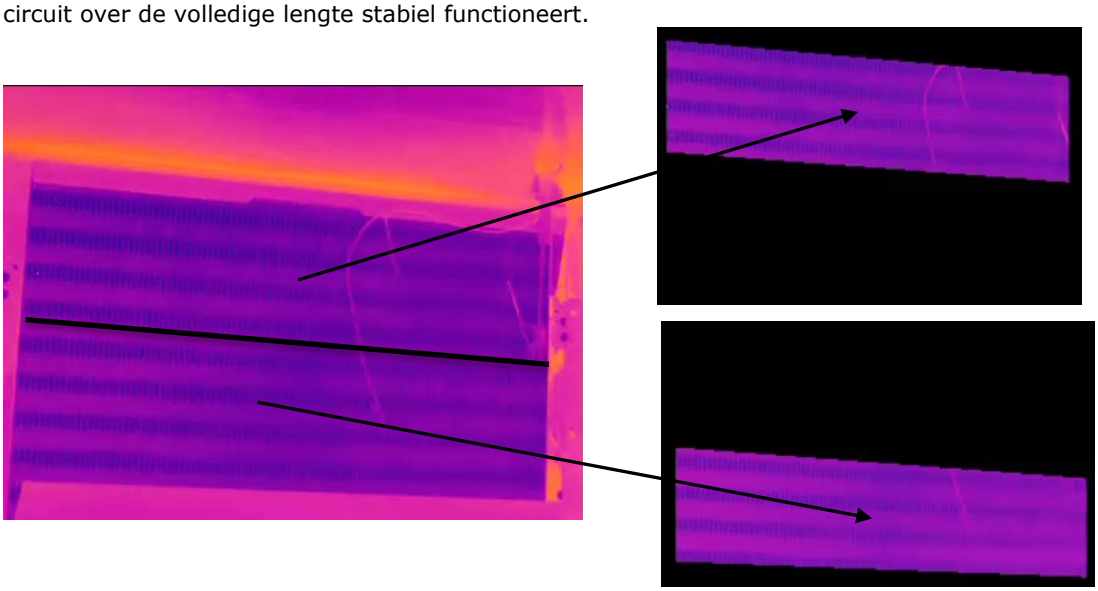
Om met metingen vast te stellen of alle circuits gelijkwaardig meedoen en hoe goed de verdamper/luchtkoeler de korte krachtige koelactie kan realiseren is er gekozen voor de volgende uitvoering:

a) Maken van een infrarood filmopname (elke 10s een opname) van voorzijde (lucht uittredende zijde) over de gehele hoogte van de koeler. Zie rode kader in Figuur 7.5 hieronder.

Figuur 7.5: Meetvlak van IR-foto opnames over de gehele hoogte koeler.

De IR-opname levert een groot aantal thermische foto's. Om deze beelden om te zetten in getallen of grafieken is er een programma ontwikkeld om uit de foto een bovenste en onderste deel van de verdamper te selecteren en hiervan de gemiddelde temperatuur te berekenen. De gemiddelde temperatuur wordt berekend op basis van de individuele pixeltemperaturen. De Figuur hieronder (Figuur 7.6) een voorbeeld aan hoe een bovenste en onderste helft van de verdamper digitaal uit de foto worden geselecteerd.

De keuze om de data uit te werken in een bovenste en onderste helft van de verdamper is gebaseerd op het feit dan bij het bij een verticale circuitconfiguratie het dan mogelijk is om te controleren of een circuit over de volledige lengte stabiel functioneert.



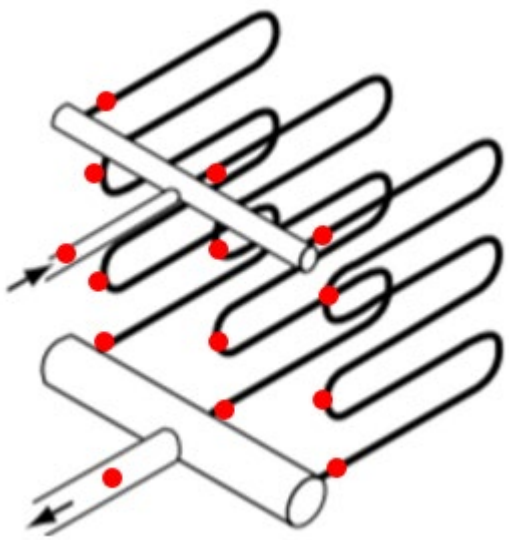
Figuur 7.6: Digitale selectie van de bovenste- en onderste deel van de verdamperoppervlak voor berekening van de gemiddelde oppervlaktetemperatuur.

b) Meten van de lucht in- en uittredetemperatuur in het midden van het IR-meetvlak door plaatsen van temperatuurvoelers (Figuur 7.7).

Figuur 7.7: Meten van lucht intredetemperatuur aan de ventilatorzijde.

c) Meten van de circuittemperaturen:
   - In de diepte richting (bijvoorbeeld voorste-, middelste- en achterste circuit bij pompsysteem)
   - In de hoogte richting (bijvoorbeeld: intrede circuit, 1/3 circuitlengte, 2/3 circuitlengte, uittrede circuit bij pompsysteem)
   - Aanvoer en retour temperatuur naar verdamper

   Zie rode punten voor de meetposities in Figuur 7.8.



Figuur 7.8: Voorbeeld van de positionering van de meetpunten voor het meten van de circuittemperaturen bij een pompsysteem.

Om de reactiesnelheid van het koelsysteem vast te leggen is het nodig om moment van de meting (klok) van alle systemen vast te leggen of te synchroniseren. Het gaat dan om de volgende systemen

- klok van besturingssysteem koeling (start en stop tijdstip van koelactie en ontdooiacties)
- klok IR-camera
- klok logger van temperaturen.
- (klok camera)

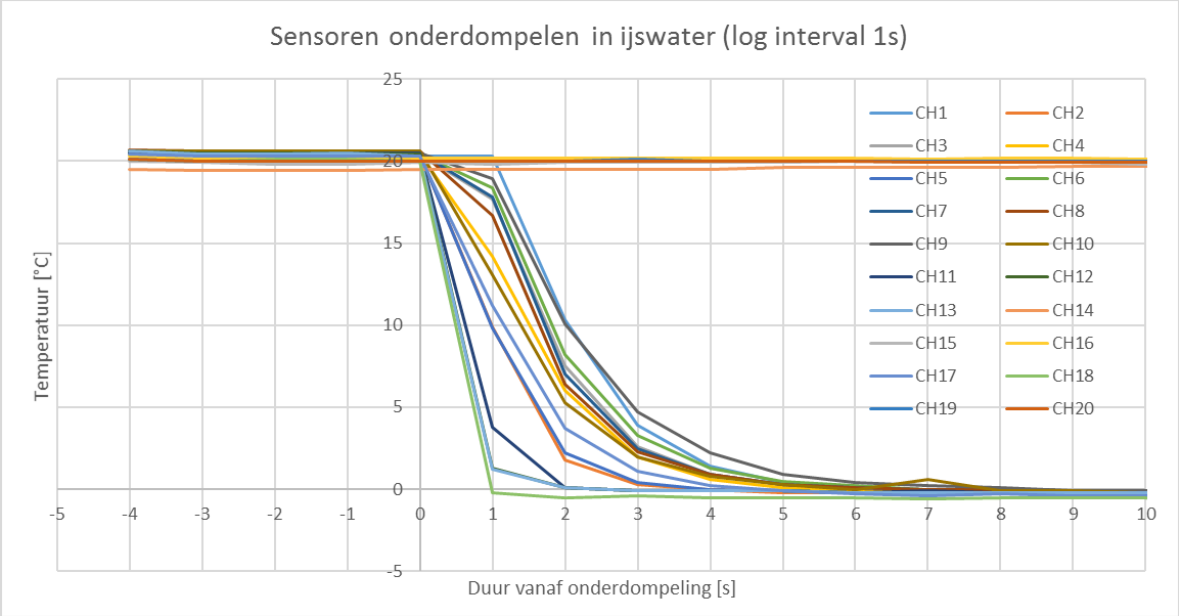
In de praktijk is er met 20 thermokoppels gemeten. De combinatie van a,b en c geeft een volledig beeld van de correcte werking van koeler.

7.2.3 Nauwkeurigheid en reactietijd temperatuurmetingen

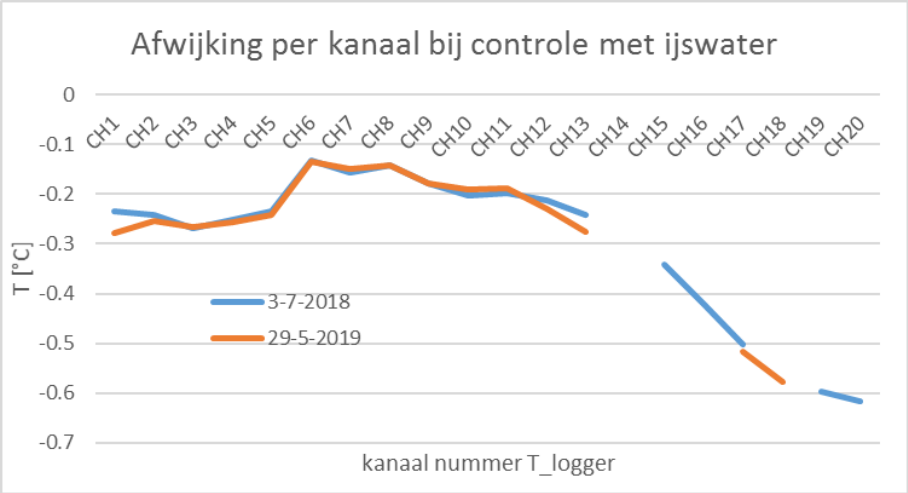
Met het meten met thermokoppels is het van belang dat de reactiesnelheid en nauwkeurigheid van de thermokoppels bekend zijn. Er is een reactiesnelheid gemeten middels onderdompeling in ijswater en er is meerdere malen met ijswater de nauwkeurigheid (de afwijking bij 0°C) bepaald. De metingen zijn weergegeven in de onderstaande figuren 7.9 en 7.10.

De reactie snelheid varieert in de orde van 1 s tot 5 s. De afwijking bij 0 °C is voor de eerste 13 kanalen tussen -0.1 en -0.3°C, maar opvallend is dat deze daarna merkwaardig oploopt tot -0.62°C van kanaal 20.

Samenvattend is de meting voldoende snel en is de opmerkelijk verlopende nulafwijking van de meetkanalen gelukkig stabiel zodat de meetdata hiervoor gecorrigeerd kan worden.



Figuur 7.9: Reactiesnelheid van de temperatuurmeting per meetkanaal.



	gemiddelde afwijking bij 0°C
CH1	**-0.26**
CH2	**-0.25**
CH3	**-0.27**
CH4	**-0.25**
CH5	**-0.24**
CH6	**-0.13**
CH7	**-0.15**
CH8	**-0.14**
CH9	**-0.18**
CH10	**-0.20**
CH11	**-0.19**
CH12	**-0.22**
CH13	**-0.26**
CH14	**-0.30**
CH15	**-0.34**
CH16	**-0.42**
CH17	**-0.51**
CH18	**-0.58**
CH19	**-0.60**
CH20	**-0.62**

Figuur 7.10: Controle nulpuntafwijking van meetkanalen middels roeren in ijswater per meetkanaal.

7.3 Resultaten

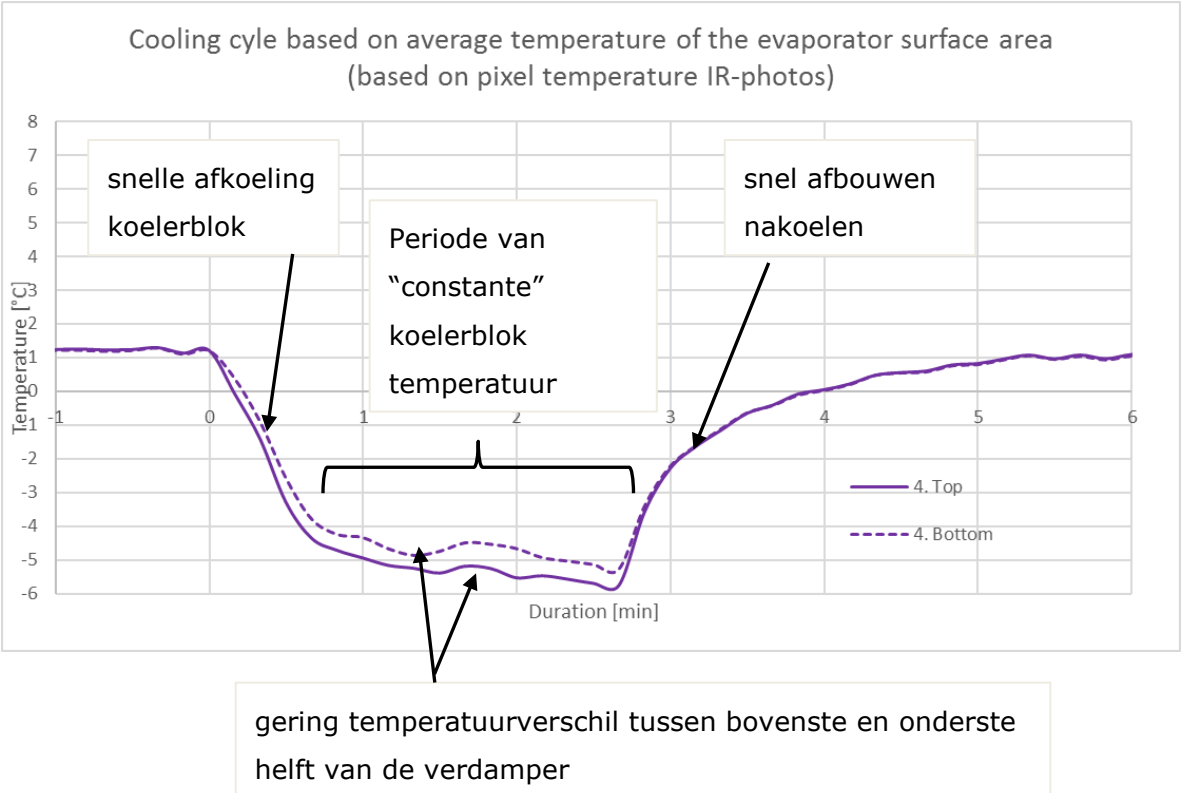
7.3.1 Analyse over alle uitgevoerde metingen

In de tabel 7.1 is een overzicht weergegeven van de uitgevoerde metingen op verschillende locaties van verschillende type koelsystemen. Vraag is of de metingen, die onder sterk verschillende omstandigheden gemeten zijn, onderling goed vergelijkbaar zijn.

Tabel 7.1: Overzicht van de uitgevoerde metingen op verschillende locaties van verschillende koelsystemen

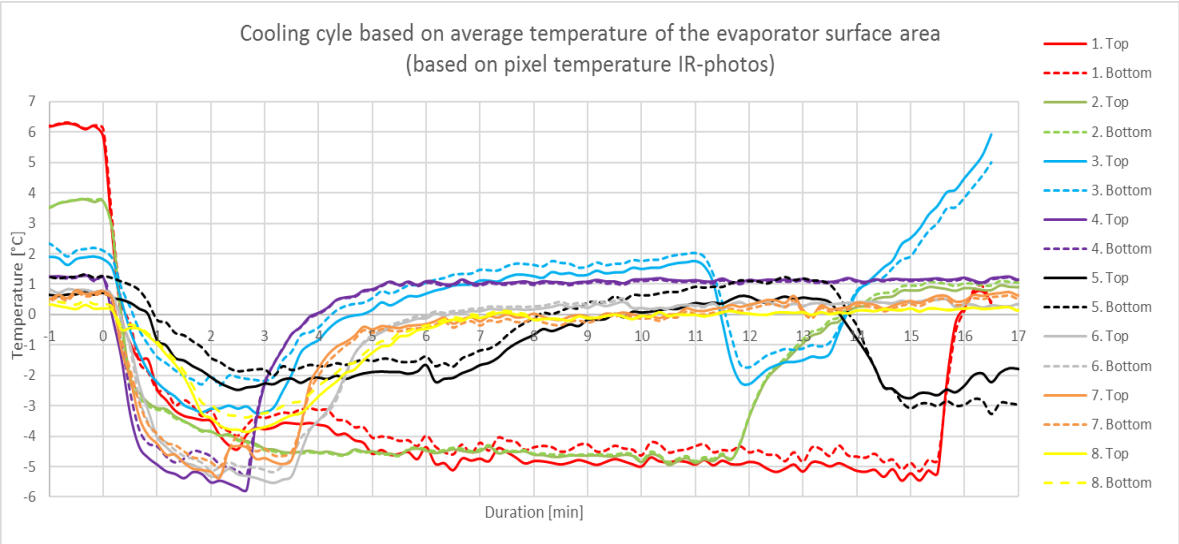
	Datum	Locatie	Type systeem	To [°C]	Opmerking
1	2018-5-25	Lokatie A systeem 1	NH3-pomp	-9	Volle cel bloemen
2	2018-6-7	Lokatie B	CO2-pomp	-9	Lege cel, kleine testcel
3	2018-7-4	Lokatie C2	NH3-pomp	-6	lege cel
4	2018-8-29	Lokatie D	NH3-pomp	-10	lege cel
5	2018-9-4	Lokatie C1	NH3-pomp	-10 (niet stabiel)	lege cel, inslagperiode
6	2018-9-5	Lokatie A, systeem 3	NH3-pomp	-8.5	Volle perencel, inslagperiode
7	2018-11-9	Lokatie A, systeem 1	NH3-pomp	-9	Volle perencel
8	2018-11-9	Lokatie A, systeem 2	Glycol	?	Volle perencel Geen ruimte voor thermokoppels metingen

Doel van de metingen is om de koelacties met elkaar te vergelijken. Wat je wilt zien bij een "goede" koelactie is een snelle en duidelijke temperatuurdaling na de start van een koelactie, opgevolgd door een min of meer stabiele temperatuur van het koelerblok van enkel minuten en een snelle stijging van de temperaturen na het stoppen van de koelactie. Een dergelijke typische koelactie is weergegeven in Figuur 7.11.



Figuur 7.11: Voorbeeld van bloktemperatuur ontwikkeling bij een korte en krachtige koelactie.

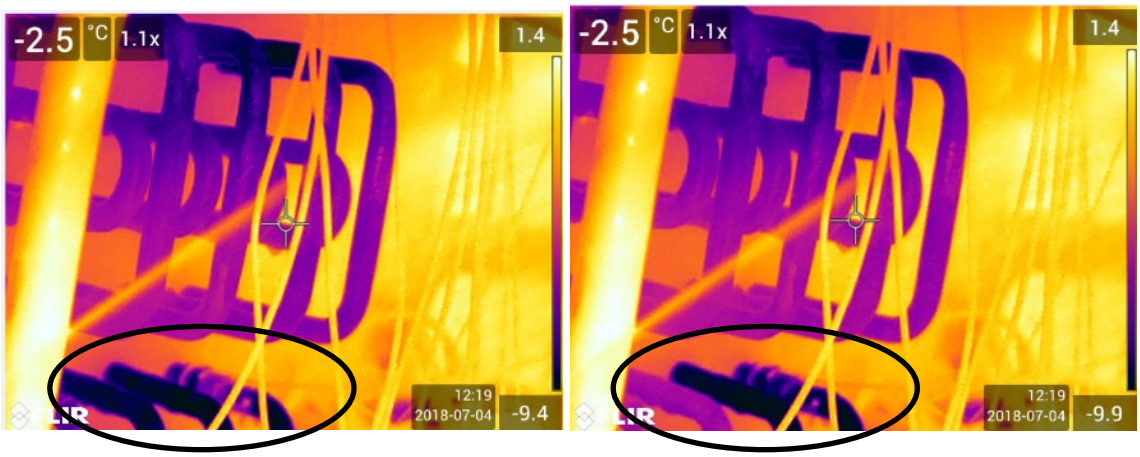
Onderstaande Figuur geeft een overzicht van de gemeten oppervlaktetemperatuur van de koelacties.



Figuur 7.12: Gemeten gemiddelde bloktemperaturen tijdens een koelactie van bovenste (dichte lijn) en onderste (gestippelde lijn) helft van het verdameroppervlak.

Korte toelichting per meting:

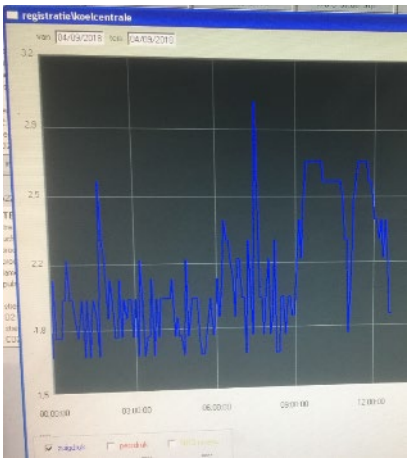
- **Ad 1 rood.** Dit betreft een langere koelactie bij een verhoogd setpoint, vanwege de hoge warmtebelasting van nog niet op temperatuur zijnde bloemen. Er is sprake van een duidelijke en snelle start en stop van de koelcyclus.
- **Ad 2 groen.** Er is sprake van een duidelijke en snelle start van de koelactie, maar de beëindiging is langzaam. Er is duidelijk sprake van een zogenaamd na-koeleffect. De langere cyclus is het gevolg van een relatief kleine verdamper in de testcel.
- **Ad 3 licht blauw.** Er is sprake van een relatief langzame start en stop van de koelactie. Daarbij is de daling van de lameloppervlaktetemperatuur beperkt, wat te verklaren is door de relatief hoog ingestelde zuigdruk/verdampingstemperatuur. De onderzijde van het blok wordt duidelijk minder koud dan de bovenzijde (Figuur 7.13). De achterblijvende temperatuur aan de onderzijde wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een te geringe en instabiele hoeveelheid ammoniak. Waarschijnlijk is hier sprake van een 'top feed'-verdeling van het koudemiddel.



Figuur 7.13: Twee opeenvolgende IR-foto's van de zijkant van het blok waaruit de instabiliteit aan de onderzijde van het blok blijkt (in cirkels: dikke leidingen die van kleur veranderen).

- **Ad 4 paars.** Er is sprake van een duidelijke en snelle start en stop van de koelactie. Dit wordt deels veroorzaakt door de relatief lage zuigdruk van -10°C.

- **Ad 5 zwart.** Zeer onduidelijke en trage start en stop van de koelactie. Dit wordt deels veroorzaakt door de sterk schommelende en sterk verhoogde zuigdruk (Figuur 7.14) door het overbelaste koelsysteem.



Figuur 7.14: Foto van scherm van sterk wisselende zuigdruk.

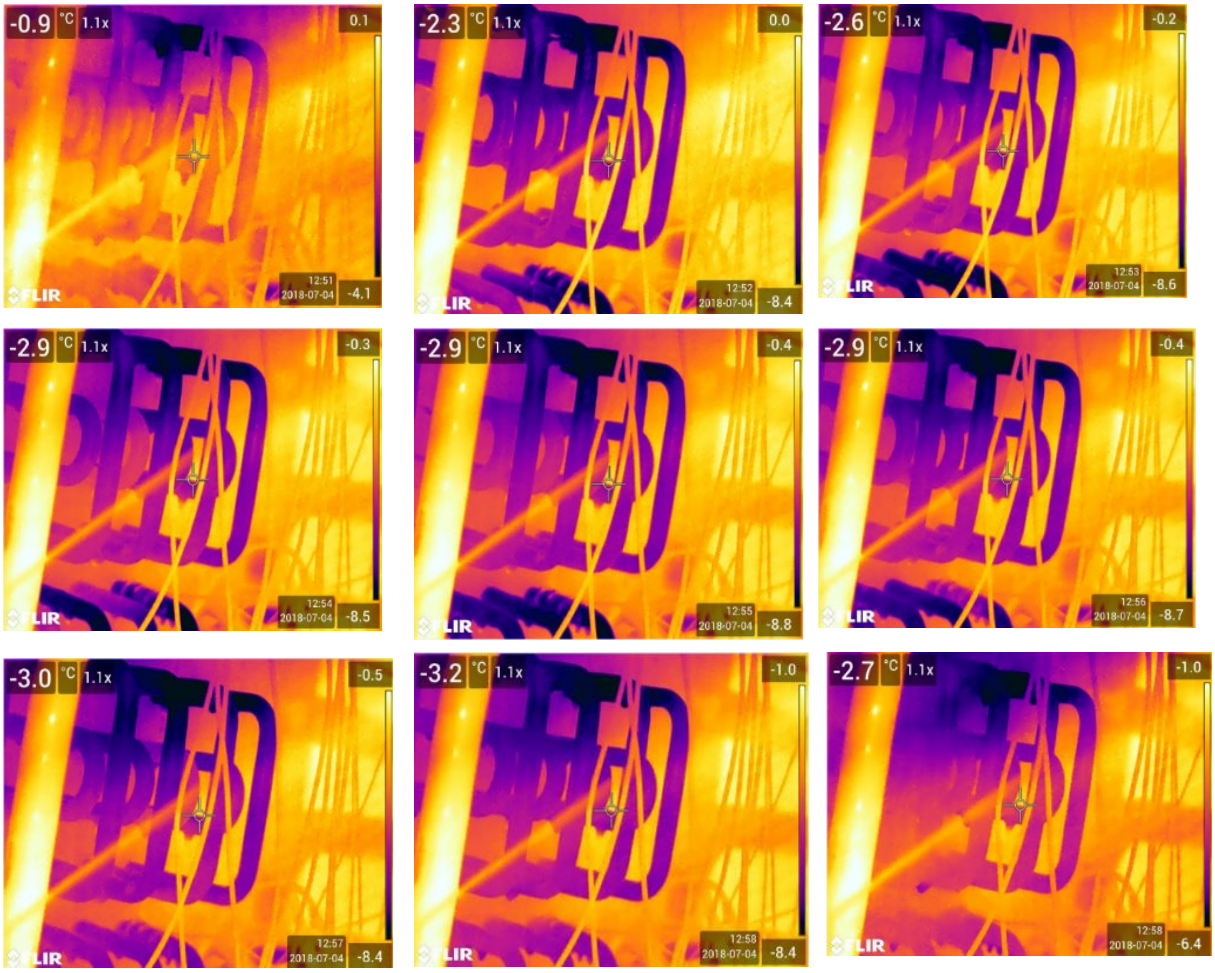
- **Ad 6 grijs.** Er is sprake van een duidelijke en snelle start maar de stop van de koelactie is minder snel.
- **Ad 7 oranje.** Er is sprake van een duidelijke en snelle start en stop. Stabiele koelfase is minder stabiel
- **Ad 8 geel.** Koelactie met langzame start en stop. Dit is verklaarbaar, omdat het een glycolkoeler betreft.

7.3.2 Nut van combineren van meettechnieken

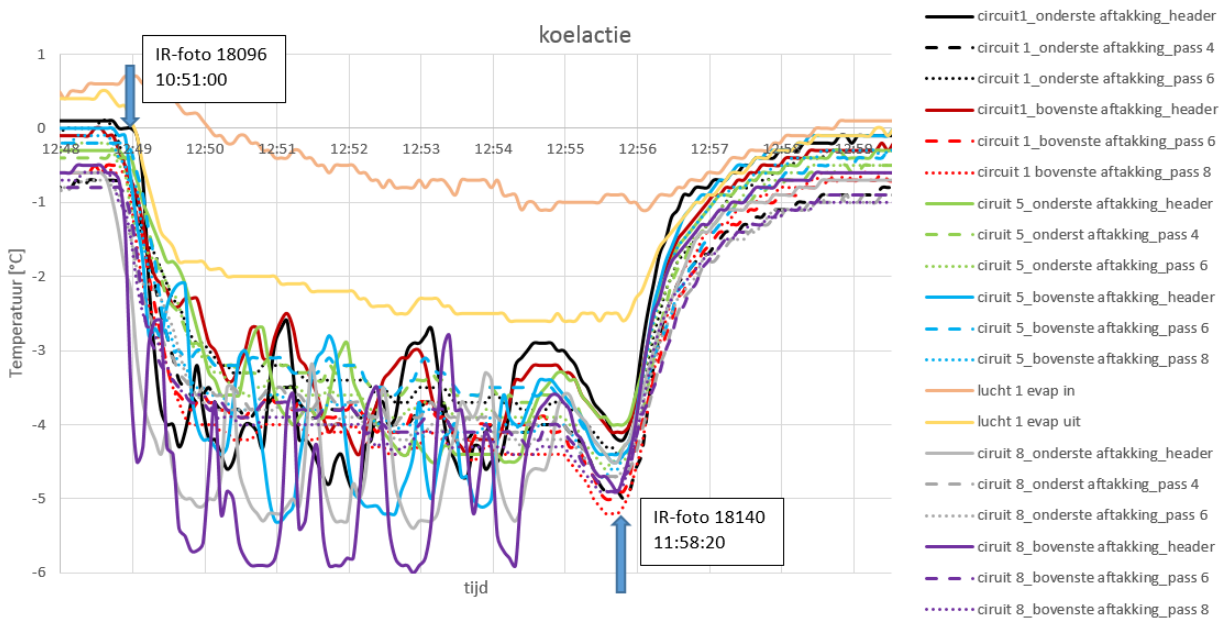
Bij meting koelerblokmeting nummer 3 voldoende ruimte was om ook IR-opnames van de zijkant van de koeler te maken, zijn er drie metingen gedaan:

a) IR-opnames voorzijde verdamper
b) IR-opnames zijkant verdamper
c) circuittemperaturen verdamper

De figuren 7.15 en 7.16 laten een direct vergelijk zien van de circuittemperaturen op basis van de IR-foto’s en de gemeten waardes met thermokoppels op de buizen. Wat in beide type metingen opvalt, is dat de onderste deel van de circuits niet temperatuurstabiel is. Doorbladeren van alle IR-foto’s laat dit nog beter zien. Zie onderstaande afbeeldingen die exact op de minuut geselecteerd zijn (Figuur 7.15).

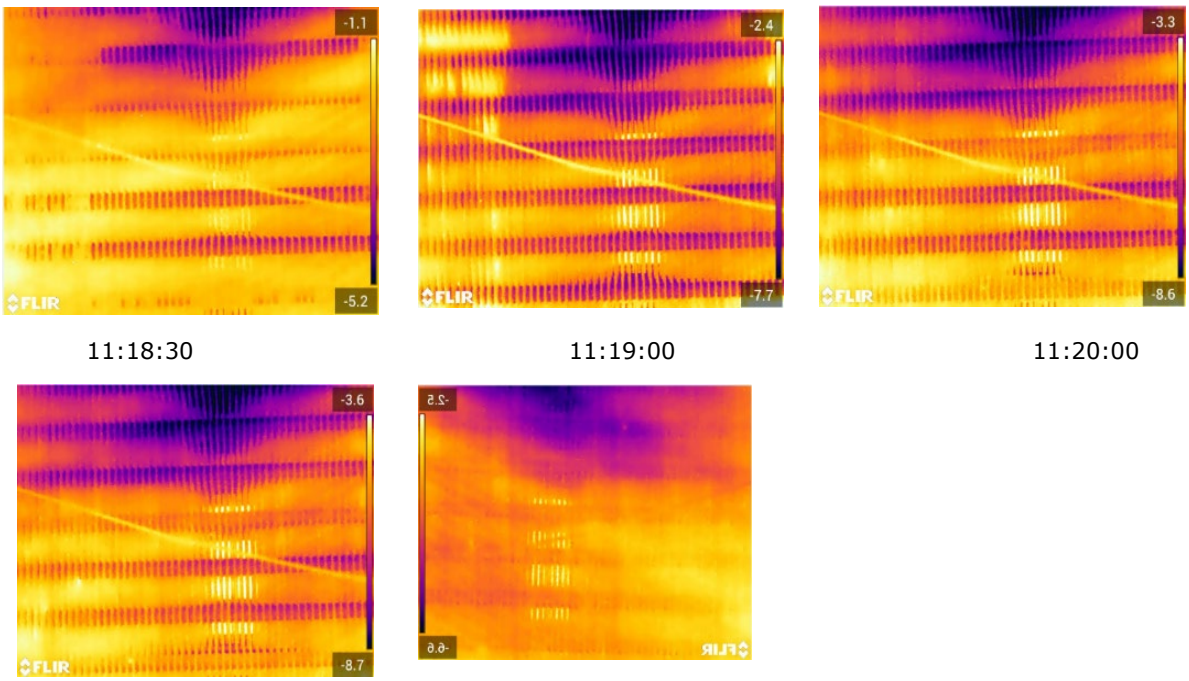


Figuur 7.15: IR-foto's van gemeten buistemperaturen van koelactie gestart op 10:51.

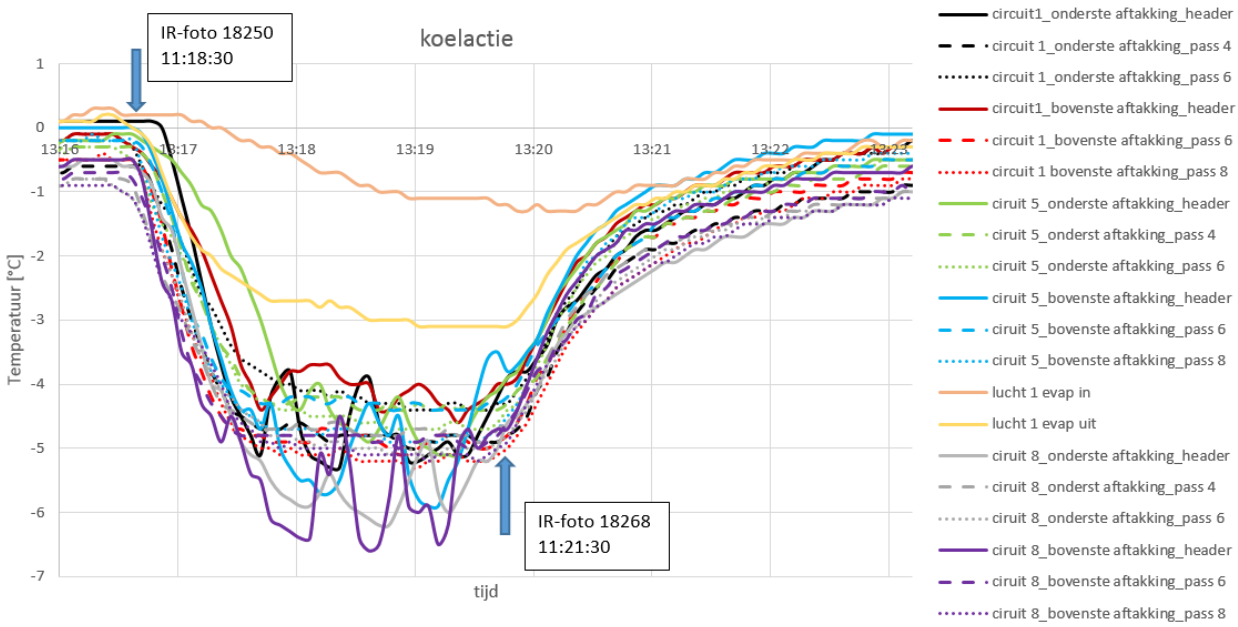


Figuur 7.16: Gemeten buistemperaturen van koelactie gestart op 10:51.

In de figuren 7.17 en 7.18 is de relatie te zien tussen de IR-foto's van de voorzijde van het koelblok en de gemeten circuittemperaturen. Wat in beide type metingen opvalt, is dat het onderste deel van de circuits niet temperatuurstabiel is. Doorbladeren va de IR-foto's laat nog duidelijker zien dat delen van de circuits aan de onderzijde van het blok soms oplopen in temperatuur om daarna weer koud worden.



Figuur 7.17: IR foto's van gemeten buistemperaturen van koelactie gestart op 11:18:30.



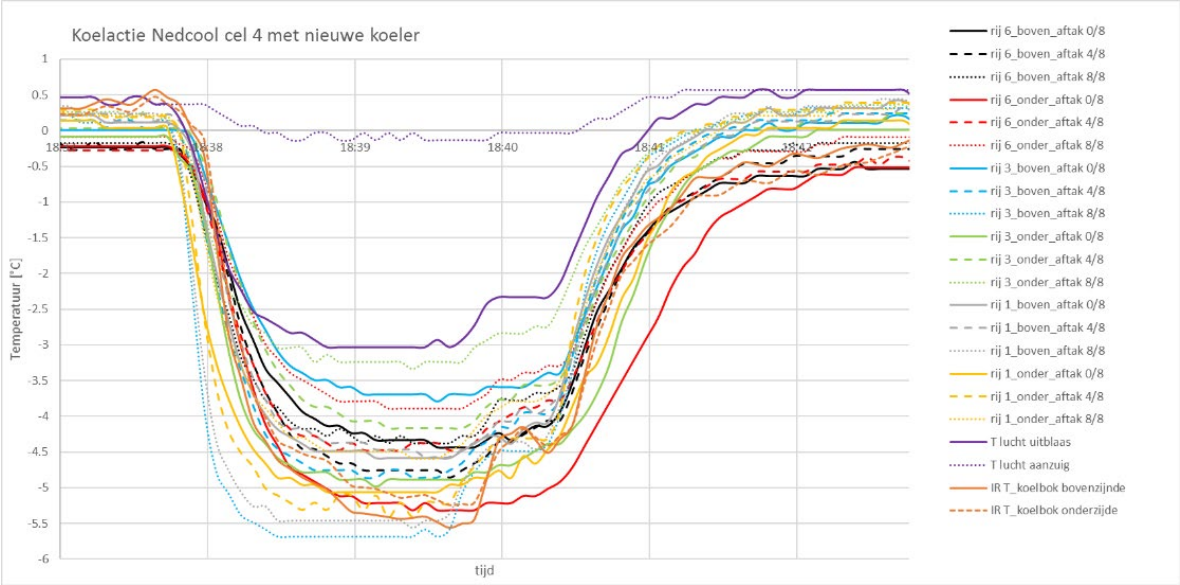
Figuur 7.18: Gemeten buistemperaturen van koelactie gestart op 11:18:30.

7.3.3 Temperatuurmetingen van NH_3-pompsysteem in volle bewaarcel

Doel is het focussen op een meting van een volle perencel om te kijken of de temperatuurmetingen van de IR-foto's en de fysieke buistemperatuurmetingen overeenkomen en voldoende betrouwbaar zijn.

In Figuur 7.19 zijn de alle fysieke temperatuurmetingen weergegeven aangevuld met de gemiddelde bloktemperatuur berekend op basis van de foto's van de IR-camera. Daaruit blijkt dat de temperaturen van de IR-camera globaal goed overeenkomen met de gemeten buistemperaturen.

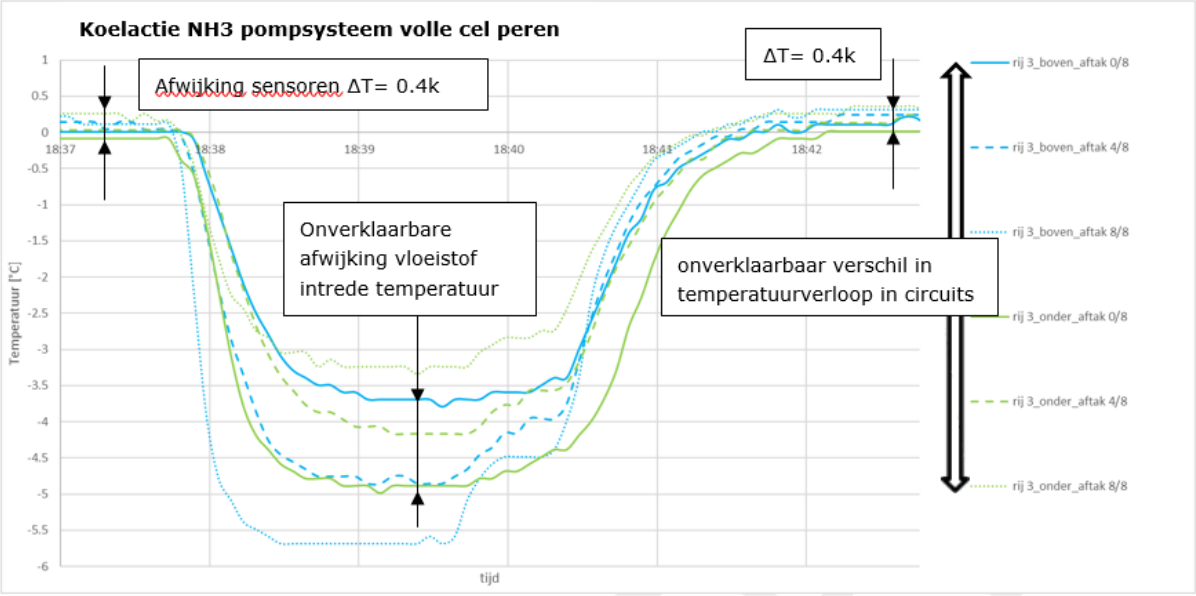
Zie de donkere oranje lijnen. De buistemperaturen zijn met een tijdinterval van 5 seconden gemeten en de IR-foto's met een tijdsinterval van 10 s (=minimum waarde camera).



Figuur 7.19: Metingen van een koelactie van een NH_3 pompsysteem met een volle cel peren.

Wanneer enkel de lijnen met de zelfde rijnummer worden bekeken, bijvoorbeeld rij 3, dan vallen de volgende zaken op (Figuur 7.20).

a) Afwijking van 0.4°C van de sensoren, ondanks nulpuntcorrectie met ijswater
b) Onverklaarbare afwijking van vloeistofintredetemperatuur tussen onderste en bovenste aftakking van de header van 1.3 K. 0 K wordt hier verwacht.
c) Onverklaarbaar verschil van de temperatuurontwikkeling in de onderste en bovenste circuits (zijn zelfs tegengesteld). Hier worden een min of meer gelijke trendverloop verwacht.
d) Het is ook opmerkelijk dat er binnen een circuit relatief grote temperatuurverschillen worden gemeten. Dit omdat een pompsysteem gevoed wordt met een overmaat aan vloeistof en de interne drukval over de circuits klein is (ontwerpparameter verdamper).



Figuur 7.20: Detail van de circuittemperatuurontwikkeling van rij 3 (luchtzijdig, het midden van de koeler) bij een koelactie van een NH_3-pompsysteem met een volle cel peren.

7.4 Conclusies/discussie en planning

Er zijn een 8-tal meetsessies uitgevoerd waarvan 6 maal een ammoniakpompsysteem, 1 CO_2-pompsysteem en 1 glycolpompinstallatie. Ook is er gemeten bij verschillende condities, volle en lege cellen en bij stabiele en minder stabiele zuigdrukken. Ondanks deze beperkingen is duidelijk dat een glycolsysteem duidelijk minder snelle en krachtige koelacties maakt dan een ammoniakpompsysteem. Het geteste CO_2-koelsysteem komt dicht in de buurt van een ammoniakpompsysteem, maar had meer last van een koeleffect aan het einde van de koelactie. Of dit veroorzaakt wordt door de eigenschappen van CO_2 zelf en/of de uitvoering van de verdamper, kan op basis van deze meting niet bepaald worden. Daarvoor moeten meer CO_2-verdampers getest worden.

Ondanks de beperkte nauwkeurigheid van een IR-camera voor het meten van de absolute temperatuur, geeft deze wel goed en duidelijk de temperatuurveranderingen weer. Vaste stabiele oververhitting van een circuit is lastiger waar te nemen dan een schommeling van de temperatuur door instabiel gedrag. IR-opnames van de zijkant van een koeler, geven meer informatie dan van de voorzijde. Het zou dus mooi zijn, als ondanks de vaak beperkte ruimte tussen koeler en de wand, er toch opnames vanaf de zijkant gemaakt zouden kunnen worden.

Meten van circuittemperaturen met temperatuurvoelers (in dit geval thermokoppels) op de circuits lijkt een nauwkeurige manier van meten, maar de nauwkeurigheid van de resultaten valt echter tegen. Een klein deel van de afwijking is te verklaren door de beperkte nauwkeurigheid van de sensoren, maar een groot deel van de afwijkingen kunnen niet verklaard worden. Feit is dat het aanbrengen van thermokoppels op de leiding met tape onvoldoende lijkt, omdat er onverklaarbaar temperatuurverschillen zijn gemeten in de vloeistof intredetemperatuur van circuits die op de zelfde positie van de vloeistofheader zitten. Wenselijk is om de temperatuur in de leiding te meten en liefst ook nog de druk op dezelfde posities. Dit is in praktijk niet mogelijk als een koeler daarvoor niet speciaal af-fabriek is geprepareerd. Vraag is in hoeverre nauwkeurige resultaten zijn te behalen als er speciale nauwkeurige en thermisch geïsoleerde voelers op de buizen worden ontwikkeld en geïnstalleerd.

Ook wil je uitsluiten dat het resultaat beïnvloed wordt door andere omstandigheden. Meest representatief is een meting van een koelactie van een volle koelcel die automatisch gestart wordt vanuit de estafette-regeling.

Mogelijkheden vervolg:

Methodeverbetering

- Onderzoeken in hoeverre met speciaal ontwikkelde temperatuurvoelers (contactvoelers met voldoende aanlegdruk/thermisch contact en thermische isolatie van deel van de buis) de nauwkeurigheid verbeterd kan worden.
- Onderzoeken hoe IR-metingen in de praktijk ook van de zijkant van een koeler gemaakt kunnen worden (IR-spiegel in combinatie met een sterke grootbeeld lens?)

Uitbreiding meetdatasets

- Aanvullende CO_2-koelsystemen meten, omdat deze nog niet gemeten zijn. (volle koelcel die op temperatuur is en waarbij de koelactie automatisch gestart wordt vanuit de estafette-regeling.)

8 Conclusies

In dit rapport zijn de voorlopige resultaten van het project Humistatus gepresenteerd. In elk hoofdstuk zijn de afzonderlijke conclusies per onderwerp beschreven. De eindconclusies zullen volgen in het eindrapport volgend jaar na uitvoering van de laatste experimenten.

9 Referenties

Geijn Fvd, Schaik Av, Verschoor J (2006) Bewaring van Conference: Bewaarhandleiding: onderzoeksresultaten van het KwaliCon-project en bestaande kennis gebundeld. *In* WUa Research, ed. Nederlandse Fruittelers Organisatie, Zoetermeer, p 15

Hertog MLATM, Ben-Arie R, Róth E, Nicolaı¨ BM (2004) Humidity and temperature effects on invasive and non-invasive firmness measures. Postharvest Biology and Technology **33:** 79-91

Konarska A (2013) The relationship between the morphology and structure and the quality of fruits of two pear cultivars (Pyrus communis L.) during their development and maturation. TheScientificWorldJournal **2013:** 846796-846796

Lara I, Belge B, Goulao LF (2014) The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. Postharvest Biology and Technology **87:** 103-112

Nguyen TA, Verboven P, Daudin J-D, Vandewalle S, Nicolaı¨ BM (2004) Effect of picking date, time and temperature on water sorption of 'Conference' pear tissue. Postharvest Biology and Technology **33:** 243-253

Nguyen TA, Verboven P, Daudin JD, Nicolaı¨ BM (2004) Measurement and modelling of water sorption isotherms of 'Conference' pear flesh tissue in the high humidity range. Postharvest Biology and Technology **33:** 229-241

Nguyen TA, Verboven P, Scheerlinck N, Vandewalle S, Nicolaï BM (2006) Estimation of effective diffusivity of pear tissue and cuticle by means of a numerical water diffusion model. Journal of Food Engineering **72:** 63-72

Nguyen TA, Verboven P, Schenk A, Nicolaï BM (2007) Prediction of water loss from pears (Pyrus communis cv. Conference) during controlled atmosphere storage as affected by relative humidity. Journal of Food Engineering **83:** 149-155

Scharwies JD, Grimm E, Knoche M (2014) Russeting and Relative Growth Rate Are Positively Related in 'Conference' and 'Condo' Pear. HortScience horts **49:** 746-749