Meer fruit met minder water

Rapportage POP3-project 'Meer fruit met minder water' (POP3-zaaknummer ZL-00003).

M.P. van der Maas[1], P.J.H. van Elk[1] en J.A. de Bruine[1],

1 Wageningen University & Research

"Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling: Europa investeert in zijn platteland"

Dit onderzoek is in opdracht van de NFO uitgevoerd en gecoördineerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, april 2023

Rapport WPR-OT-1014

Maas, M.P., van der, P.J.H. van Elk, J.A. de Bruine1, 2023. *Meer fruit met minder water*, Rapport WPR-OT-1014, 80 blz..

Dit rapport is gratis te downloaden op https://doi.org/10.18174/629677

Samenvatting
Voor een toekomstbestendige fruitteelt in Zeeland is aanpassing aan klimaatveranderingen van groot belang. Efficiënter omgaan met zoet water is daarin cruciaal. In dit project zijn op fruitbedrijven in Zeeland vijf innovaties getest om meer regenwater in de grond vast te houden en om bodemvocht, regenwater, bronwater en water uit de landbouwleiding efficiënter en effectiever te benutten. Tevens is het effect van fosfaatarme champost en compost op het zoutgehalte van de grond onderzocht. Op basis hiervan zijn praktijkadviezen gegeven, zijn de waterbesparingen van sommige maatregelen gekwantificeerd en zijn aanbevelingen voor vervolgonderzoek gegeven.

Trefwoorden: fruitteelt, Zeeland, klimaatadaptatie, watervoorziening, watergebruiksefficiëntie, bodem-organische stof, mycorrhiza, Flipper, waterhuishoudingsmodel IRRY

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. 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, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT-1014

Inhoud

Contents

Inhoud **3**

Woord vooraf **5**

Samenvatting **6**

1 Inleiding en doelen **9**

2 Beschrijving van de innovaties **11**

2.1 Organische stof/fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost 11
2.2 Vermindering perceelsvariabiliteit organische stof 12
2.3 Stimuleren Mycorrhiza's 12
2.4 Beregeningssprinkler Flipper 13
2.5 Toepassing waterhuishoudingsmodel IRRY 14

3 Aanpak **16**

3.1 Test organische stof en mycorrhiza; Slabbekoorn/Kapelle/Kats en deGendt/Nieuw-Namen 16
3.2 Test organische stof/DenOuden Landbouwcompost; Thomaes/Hoofdplaat en Bal/Kwadendamme 19
3.3 Reductie variabiliteit organische stof; de Kater/Geersdijk 19
3.3.1 Veris-bodemscan 19
3.4 Test beregeningssprinkler Flipper 20
3.5 Test IRRY; Thomaes/Hoofdplaat 22

4 Resultaten, discussie en conclusies **23**

4.1 Test organische stof en mycorrhiza 23
4.1.1 Slabbekoorn/Kapelle/Kats; resultaten en discussie 23
4.1.2 DeGendt/Nieuw-Namen; resultaten en discussie 27
4.2 Test organische stof/DenOuden Landbouwcompost 30
4.2.1 Resultaten en discussie 30
4.3 Organische stof/fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost; discussie en conclusies 33
4.4 MycorDip- en Micosat-strategie; discussie en conclusies 34
4.5 Test variabiliteit organische stof; de Kater/Geersdijk 36
4.5.1 Resultaten en discussie 36
39
4.5.2 Commentaar Henk de Kater 43
4.5.3 Conclusies 44
4.6 Test Flipper. 45
4.6.1 Bedrijf van Acker/Hulst, nachtvorstberegening, resultaten en discussie 45
4.6.2 Bedrijf Vogelaar/Krabbendijke, nachtvorstberegening; resultaten en discussie 54
4.6.3 Discussie en conclusies nachtvorstberegening 55
4.6.4 Bedrijf van Acker/Hulst, hitteberegening, resultaten, discussie en conclusie. 57
4.7 Test IRRY Thomaes/Hoofdplaat 57

4.7.1 Resultaten en discussie 57
4.7.2 Conclusies 63

5 Kwantificering effecten van innovaties, praktijkadviezen en aanbevelingen voor verder onderzoek 64

5.1 Testen innovatie fosfaatarme champost en DenOuden landbouwcompost 64
5.2 Testen innovatief concept toepassing fosfaatarme champost met precisie-technieken om perceelsvariabiliteit te verminderen 64
5.3 Testen innovatie mycorrhiza 65
5.4 Testen innovatie Flipper 65
5.5 Testen van innovatie IRRY 66

Literatuur 68

Woord vooraf

Het project “Meer fruit met minder water” is 10 februari 2017 ingediend voor POP3-subsidie via de provincie Zeeland. Dit project had een looptijd van vier jaar (2017 t/m 2020) en bestond uit tien testen op bedrijven van fruittelers in de provincie Zeeland. Uiteindelijk is, na een tweede indiening, op 11 december 2018 voor zes van de tien testen POP3-subsidie verleend. De provincie Zeeland heeft vervolgens op 8 oktober 2019 aanvullende subsidie verleend voor de uitvoering van de vier overige testen. De looptijd van deze vier testen is daarna nog met 3 maanden verlengd tot 1 april 2021. De looptijd van de overige zes testen is verlengd tot 31 december 2021. Voor de communicatie is voor het POP3-project een verdere verlenging verkregen tot 31 december 2022.

Op het bedrijf van de Gendt in Nieuw Namen, waar twee van de testen uit het POP3-subsidie-deel werden uitgevoerd, is in 2022 nog een oogstbepaling gedaan die door PHC is gefinancierd.

Op deze plaats is een woord van dank op zijn plaats voor de provincie Zeeland. Op basis van het commitment van de provincie Zeeland om dit onderzoek mogelijk te maken is additionele subsidie verleend. De projectpartners zijn daarnaast het RVO erkentelijk voor de positieve grondhouding en ondersteuning hierbij.

Daarnaast wil ik de fruittelers Martijn Slabbekoorn, Bob Thomaes, Henk de Kater, Peter de Gendt, Rene Bal, Gino van Acker en Martijn Vogelaar en bedanken voor het beschikbaar stellen van hun percelen, hun bijdrage aan de uitvoering van het project en de plezierige samenwerking.

Tenslotte wil ik de projectpartners NFO, Meeuwse Handelsonderneming, Bodata, Fruitconsult en Delphy bedanken voor de eveneens plezierige samenwerking.

Rien van der Maas

Samenvatting

Voor een toekomstbestendige fruitteelt in Zeeland is aanpassing aan klimaatveranderingen van groot belang. Efficiënter omgaan met zoet water is daarin cruciaal. In dit project zijn op fruitbedrijven in Zeeland vijf innovaties getest die de fruittelers hierin een stap verder zouden kunnen helpen. Hierbij gaat het om vast houden van meer regenwater in de grond en het efficiënter en effectiever benutten van bodemvocht, regenwater, bronwater en water uit de landbouwleiding. Hiervoor zijn vijf innovaties getest op bedrijven in de provincie Zeeland waarbij de volgende conclusies konden worden getrokken (met tussen haakjes de verwijzing naar de activiteitnummers uit het POP3-projectvoorstel):

Organische stof/fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost (2)
Een snelle verhoging van het organische stofgehalte van de bodem en de bijbehorende verhoging van de bodemvochtbuffer werd bereikt met een jaarlijkse gift van 60 ton DenOuden Landbouwcompost/ha, gegeven in het voorjaar op de boomstrook. Deze hoeveelheid gaf een verhoging van het organische stofgehalte van 0.53 procentpunt na twee jaar. Hiermee is voor het eerst een verhoging van dit gehalte in de zwartstrook van boomgaarden op een wetenschappelijke wijze vastgesteld. De organische stofgehalteverhoging ging gepaard met een zeer beperkte EC-verhoging van 0.04 mS/cm. De EC, een maat voor het zoutgehalte, wordt volgens de FAO schadelijk voor appel en peer bij waarden vanaf 2.0 mS/cm. De bijbehorende toename van de bodemvochtbuffercapaciteit was 40 tot 61 m3/ha. Bij voldoende neerslag in de winter zal de bodemvochtvoorraad met deze hoeveelheid verhoogd zijn. Daarnaast zal de op de grond liggende compost ook het vochtverlies door bodemverdamping hebben beperkt. De bijbehorende waterbesparing hiervan kon niet worden gekwantificeerd.
Fosfaatarme champost, een experimenteel product dat door het lage fosfaatgehalte grotere wettelijk toegestane giften mogelijk maakte, bleek halverwege het project niet meer leverbaar zodat dit product ook voor de praktijk geen optie meer is. Een nadeel van dit product was de drievoudig verhoging van de EC van de bodem één seizoen na toepassing in vergelijking met DenOuden Landbouwcompost.
De organische stofgiften leidde, waarschijnlijk door het hogere vochtaanbod in de grond, tot verhoging van het vruchtgewicht met 11%. Deze toename was zeer relevant aangezien het vruchtgewicht in de droge jaren waarin het onderzoek plaats vond gemiddeld te laag was.

Vermindering perceelsvariabiliteit organische stof met precisietechnieken (3)
Er is onderzoek gedaan naar apparatuur om de variatie in het organische stofgehalte in de zwartstrook vast te leggen. De gebruikte Veris-scanner bleek niet geschikt doordat de metingen werden uitgevoerd op de grasbaan terwijl er geen goede correlatie was tussen de waarden op de grasbaan en de boomstrook.
De apparatuur zou gebruikt moeten worden om de organische stofgift af te stemmen op het bodemgehalte. Hierdoor zouden verschillen in bodemwateraanbod genivelleerd kunnen worden. Bij de evaluatie van de strategie werd echter geconcludeerd dat het waarschijnlijk beter is om de organische stofgift op de variatie in boomgroei af te stemmen en zo de plekken waarop de groei het minst is de groei te stimuleren met een hoger wateraanbod.

Stimuleren mycorrhiza's (4)
Het stimuleren van mycorrhiza's kan de wateropnamecapaciteit van het wortelstelsel mogelijk verhogen. Het stimuleren is geprobeerd door het toepassen van de producten MycorDip en Micosat in combinatie met aangepaste bemestingsstrategieën om onder meer de effectiviteit van de mycorrhiza's te verhogen. Er is vastgesteld dat door het toepassen van de MycorDip-strategie de groei op een appelperceel in de eerste drie groeijaren gemiddeld 25% hoger was. Dit leidde in het derde groeijaar met een volwaardige dracht tot een 14% hogere vruchtdracht met eenzelfde vruchtmaat. Dit kwam overeen met een productieverhoging van 5.1 ton/ha. Gezien de droogte gedurende deze jaren en de gemiddeld slechte groei was dat een belangrijk resultaat voor de betreffende fruitteler. Op een tweede onderzoekslocatie met het gewas peer waren deze effecten ook zichtbaar maar minder groot. Wellicht

is dat veroorzaakt door de mindere droogtegevoeligheid van dat perceel en de aanwezigheid van (beperkte) druppelirrigatie. Met dit onderzoek is voor het eerst op wetenschappelijke wijze vastgesteld dat de MycorDip-strategie in Nederlandse fruitboomgaarden relevant is.
De effecten van de MycorDip-strategie konden niet gerelateerd worden aan een sterkere uitputting van de bodemvochtvoorraad tijdens droge perioden, hoewel dat ook niet uitgesloten kon worden. Daarom kon er ook geen uitspraak gedaan worden over een eventuele toename in waterbeschikbaarheid.
Omdat de MycorDip-strategie uit een groot aantal ingrediënten en maatregelen bestond kon niet worden aangegeven wat de precisie oorzaak van de positieve effecten was. Over de Micosat-strategie konden geen duidelijke conclusies worden getrokken.

Beregeningssprinkler Flipper (5)
De Flipper is een beregeningssprinkler die alleen de boomstroken nat maakt en waarmee 40 tot 50% water bespaard kan worden in vergelijking met de standaard oppervlakte-dekkende sprinkler. Onderzocht werd of de Flipper de volledige breedte van de boom beschermt en wat de windgevoeligheid is. Daarnaast is er ervaring opgedaan met de toepassing in het algemeen.
In 2019 en 2020 is gedurende twee nachtvorstnachten de Flipperberegening technisch goed uitgevoerd en kon nachtvorstschade aan de bloemen worden voorkomen. Er waren ook nachten dat er problemen waren met de uitvoering door verstopping van het filter bij de pomp en het te laat starten. Ook bleek uit de temperatuurmetingen met de innovatieve plaatsensoren in 2021 dat de vorstpreventie niet over de hele breedte van de boom volledig was terwijl dat in 2019 en 2020 wel zo was. Tenslotte is er nauwelijks wind loodrecht op de bomenrijen geweest voor een goede test van de windgevoeligheid. Er is daarom nog aanvullend onderzoek nodig voordat uitsluitsel over werkingsbreedte en windgevoeligheid gegeven kan worden. Tevens zijn nachten met strengere vorst nodig om te kunnen bepalen onder welke omstandigheden de Flipper goed werkt. In dit onderzoek is het nut van het gebruik van innovatieve plaatsensoren aangetoond, wat relevant is voor toekomstig onderzoek.

De hitteschadepreventie in op de tot nu toe warmste dag in Nederland op 25 juli 2019 was effectief: het aantal appels met schade kon worden gereduceerd tot 0.1 appels/boom. In vergelijking met standaardberegening (gemiddeld 3,5 mm/uur oftewel 35 m3/ha/u) is de besparing met de bruine-Flipperversie (verbruik 19 m3/ha/u) 46%. Bij hoge temperaturen en direct zonlicht wordt 3 tot maximaal 6 uur beregend. Gemiddeld zou gebruik van de Flipper tot een besparing van ruim 70 m3/ha/dag leiden. Vooral jonge percelen, waarbij relatief veel vruchten niet door blad zijn afgedekt, zijn gevoelig. Per bedrijf is de besparing afhankelijk van het aantal hittedagen en het oppervlak aan jonge boomgaarden. Bij drie hittedagen per jaar, een bedrijfsgrootte van 20 ha en 25% jonge percelen (2 tot 5 jaar oud) is de besparing ruim 200 m3/ha/jaar of 1000 m3/jaar/bedrijf. Als gevolg van de huidige klimaatverandering is de verwachting dat het aantal dagen waarop hittebestrijding nodig is zal toenemen in de toekomst.

Er wordt aanbevolen om het nachtvorstonderzoek naar de effectiviteit in het algemeen en de breedtewerking en windgevoeligheid in het bijzonder te vervolgen en hierbij de plaatsensoren te gebruiken. Tevens wordt aanbevolen om het hitteschade-onderzoek te vervolgen bij jonge boomgaarden om het effect van Flipper te kwantificeren.

Toepassing waterhuishoudingsmodel IRRY (6)
Voor een niet droogtegevoelige volgroeid perenperceel met beperkte mogelijkheden voor druppelirrigatie is via simulatie met het waterhuishoudingsmodel IRRY voor een aantal situaties berekend hoeveel water bespaard zou kunnen worde of hoe eenzelfde hoeveelheid water efficiënter gebruikt zou kunnen worden of in welke situaties meer water nodig is geweest voor het optimale teeltresultaat in vergelijking met de watergeefstrategie van de betrokken fruitteler:

- in het natte jaar 2021 kon waarschijnlijk 220 m3 water/ha bezuinigd worden op de gerealiseerde watergift, hetgeen zou hebben geleid tot een beter teeltresultaat: door toepassen van gecontroleerde droogtestress met IRRY zou de ongewenste extra groei door te hoge watergift voorkomen hebben kunnen worden;
- droogteschade in het zeer droge jaar 2018 kon voor een groot deel niet voorkomen worden met de beperkte mogelijkheden voor druppelirrigatie; tevens bleek dat de waterbesparing die mogelijk

is met de droogtestress-strategie alleen mogelijk was als het watergeefsysteem zodanig uitgebreid zou worden dat de zuigspanning rond 1 augustus in korte tijd van 50 naar 15 kPa teruggebracht zou kunnen worden; daarvoor moet dan ook voldoende water beschikbaar zijn;
- in het droge jaar 2018 kon schade door droogtestress bij een tweejarig perenperceel, na een door droogte slecht eerste groeijaar, beperkt worden door dezelfde hoeveelheid water op basis IRRY te geven;
- voor hetzelfde tweejarige perceel kon, na een goed eerste groeijaar, voor 2021 berekend worden dat 110 liter/boom of 365 m3 water/ha minder nodig was.

Tevens bleek uit de simulatie met IRRY dat bij jonge bomen de bodemverdamping relatief hoog is en soms op jaarbasis groter is dan de verdamping door de boom. Het voorkomen van bodemdamping door het afdekken met compost is dan heel effectief.
Ook het voorkomen van onkruidgroei en daarmee van verlies van vocht door verdamping van het onkruid is waarschijnlijk een effectieve maatregel om in droge jaren zoveel mogelijk vocht voor de boom te bewaren, vooral bij jonge bomen.
Aanbevolen wordt om de streefwaarde van het bodemvochtaanbod voor peer apart vast te stellen en niet uit te gaan van eenzelfde streefwaarde als appel. Dit zou een eventueel verlies aan productie bij het toepassen van droogtestress-strategieën voor waterbesparing kunnen voorkomen. Daarnaast wordt aanbevolen om de bodemverdamping en het effect van compostgebruik hierop te kwantificeren om het belang hiervan op waterbesparing vast te stellen. Dit geldt ook voor de onkruidverdamping en het belang van onkruidbeheer.

1 Inleiding en doelen

In 2015 was het Zeeuwse perenareaal 2600 ha en het Zeeuwse appelareaal 1300 ha groot, samen totaal 3900 ha. Van het huidige areaal kan tegenwoordig 60% beschikken over een aanvullende zoetwatervoorziening op het bedrijf (mondelinge mededeling Meeuwse Handelsonderneming, Goes). Hiervan kan voor ruim de helft zoet water afgenomen worden van de landbouwleiding (voor ongeveer €0,60/m3). De rest kan putten uit een eigen zoetwaterbronnen of er wordt waterleidingwater gebruikt (voor ongeveer €1,20/m3). Veertig procent van het areaal is volledig aangewezen op de natuurlijke neerslag

Sommige van de bovengenoemde zoetwaterbronnen zijn beperkt van omvang en bij te grote afname verzilten deze bronnen. De beschikbare hoeveelheid zoet water van de landbouwleiding is daarnaast niet voldoende om alle afnemers bij droog weer in de zomer van voldoende zoet water te voorzien.

In de fruitteelt is het van belang productieverlies door nachtvorst- en droogteschade te voorkomen. Hierdoor stijgt de waterbehoefte terwijl het aanbod uit gangbare bronnen beperkt is. Het gebruik van duur leidingwater in de Zeeuwse fruitteelt is daar een gevolg van. Efficiënter gebruik van regen-, bron- en landbouwwater is daarom voor de Zeeuwse fruitteelt van groot van belang. Anderzijds is de verwachting dat door klimaatverandering (hogere temperaturen en meer verdamping) en zeespiegelstijging respectievelijk het watertekort en de verzilting in de toekomst verder toenemen. In dit project worden diverse oplosrichtingen getest om te komen tot een meer robuuste zoetwatersituatie voor de Zeeuwse fruitteelt.

Het primaire doel is het testen en praktijkrijp maken van verschillende innovatieve technieken en concepten om
- de zoetwatervoorraad in de wortelzone te vergroten,
- de zoetwatervoorraad in de wortelzone beter te benutten en
- het beschikbare water efficiënter en effectiever te gebruiken waardoor de benodigde aanvoer van zoetwater, met name de pieken daarin, vermindert.

Een tweede doel is het voorkomen van verziltende neveneffecten organische stoftoediening.

Dit project draagt primair bij aan de realisatie van de beleidsdoelstelling rond waterkwantiteit: het vergroten van zoetwatervoorraden en daarmee de beschikbaarheid van zoet water en het verminderen van de (piek)zoetwaterbehoefte. Daarnaast draagt het project bij aan de realisatie van de beleidsdoelstelling rond waterkwaliteit door het voorkomen of verminderen van verzilting bij organische stoftoepassing. Op deze manier wordt geanticipeerd op de klimaatveranderingen waardoor een meer robuuste zoetwatersituatie ontstaat. Het meer opvangen van regenwater op de percelen, waardoor minder water afgevoerd hoeft te worden, en het beperken van de oplossingen tot de bodem sporen goed met de maatregelen van het waterschap Scheldestromen in het kader van de Planvorming Wateropgave.

De geteste innovatieve technieken en concepten zijn (met verwijzing naar de activiteitnummers uit het oorspronkelijke POP3-projectvoorstel):
- Versnelde verhoging van het organische stofgehalte van de grond met een nieuwe fosfaatarme organische stof-product, nl. fosfaatarme champost, en compost van plantaardige oorsprong; dit leidt tot versnelde verhoging van de waterbuffercapaciteit van de grond (2)
- Het aanwenden van deze fosfaatarme champost via precisielandbouw technieken (meer champost aanwenden op plekken waar het organische stofgehalte van de grond lager is) om de homogeniteit in het wateraanbod en vervolgens de aanplant te verhogen; dit is belangrijk voor de watergebruiksefficiëntie en de kwaliteitsproductie (3)
- Het beter benutten van mycorrhiza's (een samenlevingsvorm tussen bodemschimmels en boomwortels) door het ontstaan ervan direct na planten te stimuleren via het enten van de wortels van de geplante bomen met mycorrhiza-sporen door het toevoegen van het product PHC

MycorDip Universeel. Door mycorrhiza's hebben de bomen feitelijk een groter en fijner vertakt wortelstelsel; hierdoor kan de boom waarschijnlijk tot een lager vochtgehalte bodemvocht op te nemen (4)
- Toepassing van de beregeningsprinkler Flipper om nachtvorst- en hitte-schade te voorkomen. Met deze sprinkler is 25 tot 50% minder water nodig in vergelijking met de standaard sprinkler (5)
- Het toepassen van een verbeterde versie van IRRY, een beslissingsondersteunend model voor de watervoorziening van Bodata, in combinatie met een nieuw systeem voor wireless en geautomatiseerd meten van de bodemzuigspanning om IRRY te controleren. Met IRRY kunnen periode met lagere waterbehoefte worden herkend en wordt onnodig water geven voorkomen (6).

Deze innovaties zijn op tien percelen bij zeven fruittelers in de provincie Zeeland getest (hiervan liggen vier percelen bij drie fruittelers in Zeeuws Vlaanderen). Het project werd uitgevoerd door Wageningen University & Research in samenwerking met twee adviesorganisaties in de fruitteelt (Fruitconsult en Delphy) en de toeleverende bedrijven Meeuwse Handelsonderneming, een installateur uit Goes, en Bodata, een bedrijf voor automatisering in de fruitteelt.

Vier testen zijn uitgevoerd in de periode 2017 t/m 2020 met additionele financiering van de provincie Zeeland (organische stof/Slabbekoorn, mycorrhiza/Slabbekoorn, variatie organische stof/deKater, IRRY/Thomaes).
De overige 6 testen zijn uitgevoerd vanuit het POP3-programma in de periode 2018 t/m 2021 (organische stof /deGendt, mycorrhiza/deGendt, organische stof /Thomaes, organische stof /Bal, Flipper/Vogelaar en Flipper/vanAcker). De test met organische stof op bedrijf van Bal komt in plaats van de test bij Oudkerk in verband met beëindiging van de fruitteeltactiviteiten bij Oudkerk.

2 Beschrijving van de innovaties

In dit project worden vijf innovaties getest. Het gaat hierbij om het gebruik van producten (fosfaatarme champost, PHC MycorDip Universeel, Flipper-beregeningsprinkler), een model (IRRY) of een concept (verminderen perceelsvariabiliteit organische stof). Sommige van deze zijn uitontwikkelde innovaties die al toegepast worden in andere teelten of gebieden (PHC MycorDip Universeel, Flipper-beregeningsprinkler), andere zijn in de laatste fase van ontwikkeling (fosfaatarme champost, IRRY-model). Voor het concept "verminderen perceelsvariabiliteit organische stof" is niet precies bekend in welke mate dat in andere verbanden al wordt toegepast. Wetenschappelijk of oriënterend onderzoek in Nederland naardeze innovaties in de fruitteelt is in alle gevallen nieuw. Vanwege de tekorten aan zoet water zijn deze innovaties vooral voor Zeeland van belang.

2.1 Organische stof/fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost

De waterbufferingscapaciteit van de grond is onder andere afhankelijk van het organische stofgehalte: hoe meer organische stof hoe hoger deze capaciteit. Het gaat hierbij om het gehalte aan humus, de organische stof die een jaar na een organische stofgift nog in de grond aanwezig is.

Het verhogen van het humusgehalte is een belangrijke maatregel in het kader van dit project. Verhoging van het humusgehalte is normaal gesproken een langdurig proces en is afhankelijk van de grootte van de organische stofgift en aard van de organische stof die gegeven wordt. Verse organische stof (plantenresten, dierlijke mest) verteert relatief snel waardoor het humusgehalte maar langzaam stijgt. Compost verteerd juist langzaam en leidt sneller tot humusgehalteverhoging. Compost is daarom de beste organische stofvorm om het humusgehalte te verhogen.

De hoogte van de organische stofgift is gemaximeerd via de mestwetgeving en is gebaseerd op fosfaat en stikstof. Fosfaat is meestal de beperkende factor als het om de hoogte van de organische stofgift gaat, vooral bij compost. De fosfaatgebruiksnorm is tegenwoordig afhankelijke van het fosfaatgehalte van de bodem en varieert tussen de 40 en 120 kg P_2O_5/ha. Op basis van de oude vaste fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P_2O_5/ha (geldend in de periode dat het project was opgezet) is in de fruitteelt een organische gift van 15 ton champost/ha gangbaar (hierbij wordt de fosfaat voor 100% meegeteld omdat de fosfaat van dierlijke oorsprong is). Dit komt overeen met ongeveer 30 m^3 champost/ha.

De beperking van de maximum champostgift via de fosfaatgebruiksnorm leidde tot de wens om het fosfaatgehalte van champost te verlagen om zodoende meer champost te kunnen geven en het humusgehalte sneller te verhogen. Maas e.a. (2018) vonden dat met een bepaalde fosfaatextractie-techniek het fosfaatgehalte van champost verlaagd kon worden tot 1.00 g P_2O_5/kg product (een reductie van 70-75%). Uit veldproeven op duinzandgrond bleek tevens dat met fosfaatarme champost het organische stofgehalte (%OS) snel kon worden verhoogd. Met jaarlijks 60 ton fosfaatarme champost/ha kon het %OS in 3 jaar 0.23 procentpunt worden verhoogd. Met 15 ton champost/ha, waarbij evenveel fosfaat als met 60 ton fosfaatarme champost werd gegeven, was dat 0.04 procentpunt. Voor een gemiddelde kleigrond zouden de verhogingen naar schatting respectievelijk 0.42 en 0.10 zijn geweest.

Bij compost van plantaardige oorsprong hoeft de fosfaat maar voor 50% meegeteld te worden. Dat maakt dat met deze compost, die ongeveer evenveel fosfaat bevat als champost, ook minstens twee maal zo veel organische stof gegeven mag worden als met champost.

Op basis van het bovenstaande zijn binnen het project Meer Fruit met Minder Water proeven uitgevoerd met fosfaatarme champost en een compost van plantaardige oorsprong (Den Ouden Landbouwcompost) met als doel te bepalen hoe snel het organische stofgehalte van de grond verhoogd wordt met giften op basis van maximaal 60 kg P_2O_5/ha (60 ton fosfaatarme champost/ha/jaar en 30 ton Den Ouden Landbouwcompost/jaar). Vanwege de hoge pH van de kleigronden in Zeeland, en de daaraan gekoppelde lage opname van sommige sporenelementen is ook een fosfaatarme champost met verlaagde pH-waarde onderzocht (pH 4.5 versus 6.5). Voor een analyse van fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost zie bijlage 1 en 2.

Halverwege het project verschoof de aandacht volledig naar DenOuden Landbouwcompost omdat de fosfaatarme champost niet meer beschikbaar was. In de tweede fase van het project zijn daarom verschillende doseringen van DenOuden Landbouwcompost vergeleken met betrekking tot de snelheid van organischstofgehalteverhoging.

2.2 Vermindering perceelsvariabiliteit organische stof

Op percelen waar geen kunstmatige watervoorziening mogelijk is, is de fruitproductie volledig afhankelijk van de regenval en de wateropslagcapaciteit van de bodem. Deze opslagcapaciteit is afhankelijk van het organische stofgehalte van de grond. Bij sommige percelen is de ruimtelijke variatie in het organische stofgehalte groot. Bij relatief lage gehaltes is het wateraanbod lager hetgeen ten koste gaat van de productie. Bij het verhogen van het organische stofgehalte met compost van percelen is het daarom efficiënter om meer organische stof te geven op plekken met een laag organischstofgehalte. Bij de relatief hoge organische stofgehaltes is het verhogen ervan immers minder nodig en leidt waarschijnlijk tot minder grote stijging van de productie.
Het vaststellen van de variatie van het organische stofgehalte en het aanwenden van deze fosfaatarme champost zou met precisielandbouw technieken zou moeten plaatsvinden. In dit project wordt onderzocht hoe bij de organische stofgift rekening gehouden kan worden met de ruimtelijke variatie van het organische stofgehalte en wat voor winst qua waterbuffering en productie dat oplevert.

2.3 Stimuleren Mycorrhiza’s

Een mycorrhiza’s is een samenlevingsvorm tussen een bodemschimmel en een plantwortel waarvan beide organismen profiteren. De schimmeldraden en de plantenwortel vormen samen een netwerk in de bodem waardoor de plant effectief een veel groter en fijner vertakt wortelstelsel heeft. Hierdoor kan de plant meer water of nutriënten opnemen. De bodemschimmels profiteren aan de andere kant van de suikers die de plant aanmaakt. Vooral bij droogte zouden mycorrhiza’s voor de plant een groot voordeel kunnen zijn.
Mycorrhiza’s komen gewoonlijk vanzelf tot stand. Vrijwel elke bodem bevat sporen van de mycorrhiza vormende schimmels. Dit is echter een traag proces en kan mogelijk worden geremd door het gebruik van kunstmest en de daarmee gepaard gaande verzouting van de bodem (hypothese PlantHealthCure). Mogelijk dat het enten met mycorrhiza vormende schimmels bij het planten van de bomen het vormingsproces versnelt en de bomen minder kwetsbaar maakt voor droogte de eerste jaren. Hiervoor wordt het product MycorDip Universeel van het bedrijf PHC gebruikt (zie bijlage 3 voor de productinformatie). Voor de succesvolle toepassing van dit product is het waarschijnlijk van belang dat de zoutlast als gevolg van kunstmesttoepassing direct na het planten en de eerste twee groeijaren zo laag mogelijk is. Kunstmest wordt daarom niet toegepast, te weten geen aanbroezen met water met MonoAmmoniumFosfaat en Ureum bij het planten en geen calciumtraatbemesting in de eerste twee jaar. In plaats daarvan wordt organisch bemest met OPF-granulaat bij het planten voorafgaand aan het aanbroezen met schoon water en worden later in het seizoen in de eerste twee jaren OPF en Biovin-compost gebruikt (beide producten van PHC; zie verder 3.1). Vanaf het derde jaar worden alle behandelingen weer bemest met standaard kunstmest.
Omdat het tegelijkertijd toedienen van organische stof deze mycorrhizavorming mogelijk versnelt, omdat de bodemschimmels zich wellicht ook kunnen voeden met deze organische stof of de

afbraakproducten ervan, wordt dit onderzoek gecombineerd met het onderzoek naar organische stof (zie 2.2.). Daarnaast wordt het mycorrhiza-product Micosat F getest (zie bijlage 4 voor de productinformatie) in combinatie speciale aanvullende bemesting (zie verder 3.1).
MycorDip en Micosat bevatten naast mycorrhiza-sporen ook andere ingrediënten waarvan de boom zou kunnen profiteren. Mochten er positieve effecten waargenomen dan zouden deze effecten ook een gevolg kunnen zijn van de werking van deze extra ingrediënten. In wezen wordt niet het effect getest van het toevoegen van mycorrhiza-sporen maar het toepassen van een pakket van ingrediënten in combinatie met maatregelen op gebied van bemesting.
In het vervolg van het rapport wordt soms gesproken van de MycorDip- of Micosat-strategie om de combinatie van het gebruik van de producten MycorDip en Micosat en de bijbehorende bemestingsmaatregelen aan te duiden.

2.4 Beregeningssprinkler Flipper

Ondanks de beperkte waterbeschikbaarheid hebben sommige fruittelers Zeeland voldoende water om te beregenen tegen nachtvorstschade tijdens de bloei. Hoewel aan de kustgebieden er minder nachtvorst voorkomt in vergelijking met de provincies Gelderland en Utrecht door de bufferende werking van de zee en de zeearmen is er toch wel aanleiding om nachtvorst te bestrijden in Zeeland. Nachtvorstberegening vindt gewoonlijk plaats met perceelsdekkende sprinklers die 3-4 mm per uur geven (30-40 m^3/uur/ha). In extreme gevallen moet soms 10 uur per nacht beregend worden. Bij de preventie van nachtvorstschade is het van belang dat de bloemen permanent beregend worden zodanig dat er vanaf het ijs dat ontstaat nog water afdruipt. In dat geval blijft het ijs nul graden Celsius en bevriest de bloem niet.
Voor de wijnbouw in Australië, waar nachtvorstschade aan bloemen ook optreedt, zijn Flipper-sprinklers (zie foto 1) ontwikkeld die alleen de stroken nat maken waar de wijnstokken staan; de grasbanen hoeven immers niet tegen nachtvorst beschermd te worden. Dit levert een waterbesparing op van potentieel 50% afhankelijk van de verhouding van de boom- en grasstrookbreedte. De Flipper maakt per sprinkler een korte smalle strook nat door vanuit het midden van die strook heen en weer te flippen.
In dit project wordt onderzocht of de werkingsbreedte voor fruitbomen voldoende is, gebruikmakend van de versie die de hoogste waterafgifte heeft (Flipper-versie “bruin”; zie tabel ..; gebruik: 19 m^3/uur/ha; de versie met de laagste afgifte gebruikt 11 m^3/uur/ha). Ook wordt onderzocht wat het effect van wind is op de effectiviteit. Tenslotte is het van belang om ervaring met de toepassing zelf op te doen.
De Flippers worden bovenop de boom- of betonpalen bevestigd. De waterleidingen lopen bovengronds over de bomen heen en het systeem heeft een druk van 2 bar nodig. Om bevriezing van de Flipper-sprinkler en de korte dunne leiding tussen de aanvoerleiding en de sprinkler te voorkomen moet de installatie bij hogere temperaturen aangezet worden in vergelijking met de standaard perceelsdekkende sprinkler. Deze opstarttemperatuur is afhankelijk van de luchtvochtigheid welke vertaald kan worden in dauwpunttemperatuur (hoe lager de luchtvochtigheid of dauwpunt hoe hoger de temperatuur waarop de Flipper gestart moet worden; zie tabel 1a). Hierdoor zal de Flipperinstallatie vaker tevergeefs worden gestart dan met de standaard installatie, hetgeen de waterbesparing beperkt.

Foto 1 *De Flipper-sprinkler*

Tabel 1a *Verschillende types van de Flippersprinkler en aanbevolen opstarttemperatuur in afhankelijkheid van dauwpunttemperatuur bij gebruik van de Flipper.*

Capaciteit en bereik (bij 2 bar)

Nozzle (Kleur)	Flipper (Kleur)	Afgifte (l/u)	Straal (m)	Sproeierafstand (m)	Breedte (m)
Zwart	Zwart	25	7	6	1 - 1,2
Violet	Zwart	35	7,5	7	1 - 1,2
Bruin	Bruin	45	8	8	1 - 1,2

Aanbevolen opstart temperaturen bij verschillende dauwpuntstemperaturen

Dauwpunt	°C	-9,0	-8,0	-7,0	-6,0	-5,0	-4,0	-3,0	-2,0	-1,5
Opstart temperatuur	°C	+4,0	+3,5	+3,0	+3,0	+2,0	+1,5	+1,0	+0,5	+0,5

2.5 Toepassing waterhuishoudingsmodel IRRY

IRRY is een computermodel dat de waterhuishouding van een boomgaard beschrijft (Boshuizen en van der Maas, 1999; Boesveld, Boshuizen en van der Maas, 2006). Het model is ontwikkeld door Adrie en Peter Boshuizen (Bodata) en Rien van der Maas (Wageningen University & Research). Op basis van de bodem- en boomgaardkarakteristieken en permanente lokale grondwater-, neerslag-, temperatuur- en stralingsmetingen wordt uitgerekend wat de waterstatus is van de grond in de wortelzone uitgedrukt in zuigspanning. Deze waterstatus wordt vergeleken met de gewenste streefwaarde op basis waarvan kan worden bepaald of de watergift aangepast moet worden. Hiermee wordt enerzijds voorkomen dat er onnodig water gegeven wordt en anderzijds dat onnodig productieverlies geleden wordt door een te lage watergift.
Bodata levert ook een weerstation waarmee neerslag-, temperatuur- en stralingsmetingen kunnen worden uitgevoerd (zie foto 2).
Het IRRY-model bestond al langer als PC-versie, en heeft in die vorm niet tot gebruik in de praktijk geleid. Bij de huidige nieuwe versie gaat het om een internet-versie die beter geschikt is voor toepassing in de praktijk. De benodigde weersgegevens worden geleverd met een lokaal IRRY-weersstation dat sinds kort uitgebreid is met het systeem voor geautomatiseerd meten van de

bodemzuigspanning met de Watermark 200S (zie www.irrometer.com). Deze meting is nodig om IRRY te controleren en bij te stellen (kalibratie).
Uit onderzoek blijkt dat het streven naar maximale vegetatieve groei in de Nederlandse appelteelt op onderstam M.9 niet tot de hoogste kwaliteitsproductie leidt (Boesveld, 2006). Het is beter om een lichte droogtestress op te leggen aan de bomen om de vegetatieve groei zo'n 20-30% te verminderen. Droogtestress ontstaat wanneer actuele verdamping lager is dan de potentiële verdamping. De mate van droogtestress is gekoppeld aan de gemiddelde, worteldichtheid-gewogen zuigspanning van de grond in de wortelzone. Uit onderzoek blijkt dat een zuigspanning van 50 kPa gedurende een maand gedurende juni en juli bij bomen die te hard dreigen te groeien een gelijke productie en vruchtmaat geeft in het lopende jaar en een hogere productie zonder maatverlies in het volgende jaar (Boesveld, 2006). Recent onderzoek bij peer bevestigt dat dat bij peer ook het geval is (Maas, 2022).
In situaties waarbij voldoende water beschikbaar is kan IRRY worden gebruikt om alleen water te geven als het teeltkundig nodig is. Als er maar beperkt water beschikbaar is kan IRRY ook worden gebruikt bij het zo efficiënt mogelijk gebruik van het beschikbare water, bijvoorbeeld om vast te stellen of het uitstellen van het water geven teeltkundig acceptabel is, of wanneer het van belang is om met een watertank nog extra water te geven.

Foto 2 *Het weerstation van Bodata dat onder meer neerslag, temperatuur en straling meet voor het simuleren met IRRY.*

3 Aanpak

De testen van de innovaties organische stof en stimuleren van mycorrhiza's zijn gedeeltelijk gecombineerd: op de bedrijven van Slabbekoorn (additioneel gefinancierd door provincie Zeeland) en de Gendt (POP3-financiering) zijn beide testen in één proef uitgevoerd (zie 3.1). De overige twee testen met organische stof zijn in 3.2 beschreven.

3.1 Test organische stof en mycorrhiza; Slabbekoorn/Kapelle/Kats en deGendt/Nieuw-Namen

Op het Conference-perenperceel aan de Zeelandbrug (bij Kats/Colijnsplaat) van fruitteler Martijn Slabbekoorn (bedrijfslocatie Kapelle) en op het Elstar-perceel van fruitteler Peter de Gendt (bij Nieuw-Namen) zijn twee testen gecombineerd in één proef: de snelle verhoging van organische stof via fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost en de toevoeging van producten met mycorrhiza-vormende schimmels (MycorDip en Micosat) in combinatie met aangepaste bemesting ter stimulering van de mycorrhiza's.

De achtergrondinformatie over de twee proeven is weergegeven in tabel 1b, overzicht van behandelingen is gegeven in tabel 2, de MycorDip- en Micosat-strategieën zijn beschreven in tabel 3 en het aantal composttoepassingen is weergegeven in tabel 4. Bij de proef met peer was voorafgaande aan de proef aan heel het perceel al een keer compost gegeven bij de proef met appel niet. Bij peer is ook, hoewel beperkt, aan alle behandelingen water gegeven. Bij de interpretatie van eventuele effecten van de behandelingen moet hiermee rekening gehouden worden.

Tabel 1b *Achtergrondinformatie proeven bij Slabbekoorn en de Gendt*

	Proef peer/Conference	Proef appel/Elstar
Locatie	Noord-Beveland / Colijnsplaat-Kats	Zeeuws-Vlaanderen / Nieuw Namen
Fruitteler	Martijn Slabbekoorn	Peter de Gendt
Bodem	Diep doorwortelbare, opdrachtige grond; 0-30cm: 17% lutum/klei	Diep doorwortelbare, opdrachtige grond; 0-30 cm: 6% lutum/klei
Watervoorziening	Beperkte druppelirrigatie met leidingwater	geen
Organische-stofvoorziening in jaren voorafgaand aan de proef	In de twee jaar voor aanplant is 30 ton/ha groencompost op de boomstrook gebracht	geen
plantdatum	19 mei 2017	15 december 2018
Eerste groeijaar/laatste jaar proef	2017/2020	2019/2022

De proeven zijn uitgevoerd in vier herhalingen (als blokken). Bij Slabbekoorn hadden de veldjes acht behandelingsbomen waarvan de middelste zes als waarnemingsbomen gebruikt zijn. Bij de Gendt waren er zes behandelings-en vijf waarnemingsbomen.

De statistische verwerking van de resultaten met Genstat (22^{e} editie) is op twee manieren uitgevoerd: (1) variantieanalyse op behandelingsniveau voor alle behandelingen en (2) op factorniveau voor de eerste zes behandelingen (met de factor MycorDip-strategie op twee

niveaus, wel en niet, en de factor fosfaatarme champost op drie niveaus: niet, pH4.5 en pH6.5). Wanneer er geen interactie optreedt tussen de factoren kunnen de factoren gegroepeerd geanalyseerd worden waardoor het onderscheidingsvermogen veel hoger is. Wanneer er wel (storende) interactie optreedt is dat niet mogelijk. Bij afwezigheid van interactie betekent dit dat het onderscheidingsvermogen voor behandelingen 7 en 8 lager is dan voor behandelingen 1 t/m 6 (kleinere verschillen zijn dan minder vaak significant).

Tabel 2 *Overzicht behandelingen van de proeven bij Slabbekoorn en de Gendt*

1	Standaard
2	Standaard + P-arm champost pH 4.5; 60 ton/ha/jaar
3	Standaard + P-arm champost pH 6.5; 60 ton/ha/jaar
4	MycorDip-Strategie
5	MycorDip-Strategie + P-arm champost pH 4.5; 60 ton/ha/jaar
6	MycorDip-Strategie + P-arm champost pH 6.5; 60 ton/ha/jaar
7	Standaard + Den Ouden Landbouwcompost; 30 ton/ha/jaar
8	Micosat-Strategie

De behandelingen zijn geëvalueerd via metingen in grondmonsters van de bovengrond (0-25 of 0-30 cm) voor organische stofgehalte/%OS, electrical conductivity/EC als maat voor het zoutgehalte en mycorrhiza-bezetting van wortels (alles door Eurofins). Het volumetrisch vochtgehalte is in situ gemeten met de TRASE-1 (www.soilmoisture.com) op verschillende dieptes van 0-23 tot -48 cm. Ook zijn teeltkundige metingen uitgevoerd, namelijk scheutgroei (meter scheut/boom), vruchtdracht, productie en vruchtmaat. Bij grondbemonsteringen voor %OS en EC zijn steeds de champost of compost dat nog op de grond lag eerst verwijderd. Ter ondersteuning en algemene informatie is ook de zuigpanning gemeten met de Watermark 200S (www.irrometer.com) op 30 en 60 cm diepte.

Tabel 3 *Beschrijving behandelingen met en zonder MycorDip/Micosat in proeven bij Slabbekoorn en de Gendt.*

Activiteit/moment Behandelingen ->	Standaard (/boom)	MycorDip-strategie (/boom)	Micosat-strategie (/boom)
MycorDip Universeel of Micosat F MO WP bij planten	nee	Ja, 1 g Mycordip Universeel en 35 ml water per boom; wortelpruik dippen in oplossing voorafgaand aan planten	313 g Micosat+Fruitmix-mengsel* in plantgat als 3/4 gevuld is met grond
Plantgatbehandeling per boom	5 g MAP, 5 g Ureum, 5 ml Humifirst in 5 liter water	5 liter water (alleen in Conference-proef, niet bij Elstar)	5 liter water (alleen in Conference-proef, niet bij Elstar)
1e Zwartstrookbemesting kort na planten	19 g Calciumnitraat 15.5%	9 ml Fulvic 25 in 60 ml water op het plantgat, 45 g Biovin, 27 g OPF-granulaat	-
2e Zwartstrookbemesting juli 1e groeijaar	19 g Calciumnitraat 15.5%	27 g OPF-granulaat	-
1e Zwartstrookbemesting mei 2e groeijaar	38 g Calciumnitraat 15.5%	9 ml Fulvic 25 in 60 ml water, 45 g Biovin, 54 g OPF-granulaat	626 g Fruitmix**
2e Zwartstrookbemesting juli 2e groeijaar	38 g Calciumnitraat 15.5%	45 g OPF-granulaat	-
Zwartstrookbemesting vanaf 3e groeijaar	Identiek op basis van kunstmest		

*per boom: 3 g Micosat F MO WP, 100 g Monterra 13% N, 100 g Vivisol, 100 g Vidi Funda, 10 g Sporenelementen-mix (zie bijlage 5)
*per boom: 200 g Monterra 13% N, 200 g Vivisol, 200 g Vidi Funda, 20 g Sporenelementen-mix (zie bijlage 5)

Tabel 4 *Het aantal en maand van composttoepassingen voor de proeven bij Slabbekoorn en de Gendt*

Locatie	Compostsoort	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Slabbekoorn	Fosfaatarm	juli	juni	-	-	nvt	nvt
	DenOuden	Juli	juni	juni	mei		
De Gendt	Fosfaatarm	nvt	december	juni	-	-	-
	DenOuden		december	juni	mei	april	-

3.2 Test organische stof/DenOuden Landbouwcompost; Thomaes/Hoofdplaat en Bal/Kwadendamme

Zoals in 2.1 is aangegeven zijn in de tweede fase van het project voor het thema organische stof alleen testen gedaan met verschillende doseringen van DenOuden Landbouwcompost om de snelheid van organischstofgehalteverhoging vast te stellen. Deze testen zijn uitgevoerd op de bedrijven van Thomaes (op een jong perceel met de peer Xenia) en Bal (op een oud Conference-perceel). Op beide percelen zijn vier behandelingen met 0, 30, 60 en 90 ton DenOuden Landbouwcompost/ha/jaar gedurende twee jaar (2020 en 2021) met elkaar vergeleken. Deze testen zijn uitgevoerd met vier herhalingen in blokken, 6 meetbomen per veldje en 7 (Bal) of 8 (Thomaes) behandelingsbomen/veldje.
Het perceel van Bal heeft in de jaren voorafgaand van de test geen compost gehad. Bij het perceel van Thomaes is begin 2017 voorafgaand aan het planten 300 ton/ha in de zwartstrook gewerkt.
De behandelingen zijn geëvalueerd via bodemkundige metingen zoals die in 3.1. zijn beschreven.
Op beide percelen zijn op 11 augustus 2022 scheutgroei- en drachtschattingen gemaakt. De schattingen zijn gemaakt op basis van visuele waarderingen per meetboom op de schaal van 1 tot 10 en scheutgroeimetingen (in meter scheut/boom) en drachttellingen (aantal vruchten/boom) bij 9 bomen per locatie. Op basis van het verband tussen metingen en schattingen bij de 9 bomen en de schattingen bij de rest van de bomen zijn de waarden voor scheutgroei en dracht per behandeling vastgesteld.

3.3 Reductie variabiliteit organische stof; de Kater/Geersdijk

Het onderzoek is uitgevoerd op een volgroeid Conference-perenperceel (plantjaar 2008) van fruitteler Henk de Kater te Geersdijk.

Het behandelings- en monitoringprogramma bestond uit:
- Variabiliteitsmeting met de Veris-bodemscan (zie 3.3.1) en organische stofmeting op 12 juni 2017
- Jaarlijkse giften met fosfaatarme champost vanaf 2017
  Omdat in 2017 geen bedrijf gevonden kon worden dat GPS-gestuurd champost op de boomstrook kon brengen is op basis van de Veris-organische stofkaart het onderzoeksperceel ingedeeld in vakken waarop 0, 54 of 103 ton/ha fosfaatarme champost is gegeven. Omdat met name bij de hoogste gift de champost niet in een jaar verteerde zijn de giften tot 2017 en 2018 beperkt gebleven om ophoping op de bodem te voorkomen.
- Uitgebreide bodemvochtmeetcampagne met TRASE op 30 juli 2020 om een beeld te krijgen van de variatie in het volumetrisch bodemvochtgehalte (meetdiepte: 23 cm).
- Meting van de scheutgroei in december 2020 om een beeld te krijgen van de perceelsvariatie hiervan (hiervoor is van 40 bomen de totale lengte van alle scheuten er boom opgemeten, is voor alle bomen in het perceel een scheutgroeicijfer gegeven en hebben alle bomen op basis van het verband tussen deze twee metingen bij de 40 bomen een waarde voor de totale scheutgroei/boom gekregen)
- Uitgebreide meetcampagne organische stof en EC in december 2020. De EC is gemeten om de zout-effecten van de champostgiften te onderzoeken.

3.3.1 Veris-bodemscan

De Veris-bodemscanner is van het bedrijf Agrometius. De scanner kan verschillende sensoren bevatten en wordt achter een voertuig geplaatst. Voor de organische stofmeting wordt een optische sensor gebruikt die door de bovenlaag van de grond getrokken wordt (zie foto 3).

Een nadeel van de scanner is dat alleen in de grasstrook en niet in de boomstrook gemeten kan worden; er is geen constructie beschikbaar waarmee naast de trekker gemeten kan worden. In 2017 is daarom gemeten in de grasstrook en is aangenomen dat de perceelsvariatie in organische stof in de boomstroken en grasbanen gecorreleerd is. Er is geanticipeerd op het beschikbaar komen van een mogelijkheid om aan het eind van de projectperiode in de boomstroken te kunnen meten. Dat was uiteindelijk niet het geval. Daarom is aan het eind de nadruk gelegd op meting van organische stof via grondmonstername.

Foto 3 *De Veris-bodemscan maakt een grasstrook-scan op het Testperceel te Geersdijk.*

3.4 Test beregeningssprinkler Flipper

Er konden twee bedrijven gevonden worden om de Flipper te testen, namelijk die van Martijn Vogelaar (Krabbendijke, Zuid-Beveland) en Gino van Acker (Hulst, Zeeuws-Vlaanderen). De test vond plaatst op respectievelijk een volgroeid perenperceel (Xenia, plantafstand 300x50cm, 12 bomen tussen twee Flippers, Flipper-sprinklers op 9 rijen van 180m) en een volgroeid appelperceel (Santana, 300x130cm 6 bomen tussen twee Flippers, Flipper-sprinklers op 11 rijen van 135m). De Santana-bomen van Gino waren relatief breed (gemiddeld 120cm) en de Xenia-bomen smal (60 cm). De effectiviteit van de Flipper in de breedte kan daarom bij de Xenia-bomen alleen op basis van de temperatuur met de plaatsensoren plaats vinden, bij de Santana-bomen ook via bloemschademetingen.
Bij de test in Krabbendijke was de sprinklerinstallatie aangesloten op de landbouwleiding met alleen een extra filter in de leiding uitgaande van het voldoende zijn van de druk van de landbouwleiding. In Hulst is grondwater gebruikt en is gewerkt met een aparte elektrische pomp en een filter (100 micron).

Op beide percelen zijn de Flippers toegepast (versie “bruin”, 45 l/u) in de periode 2019 t/m 2021 (Hulst) of 2019 en 2021 (Krabbendijke). Het opstartmoment van de Flipperinstallatie werd bepaald door de fruitteler in samenspraak met Fruitconsult met inachtneming van de wetenschap dat de Flipperinstallatie eerder, bij een hogere luchttemperatuur, opgestart zou moeten worden dan de standaardberegening op de bedrijven (zie tabel ..).

De windrichting van de bomenrijen in Krabbendijke was 35 graden (Noordnoordwest) en in Hulst 45 graden (Noordoost) waarbij 360/0 graden Noord en 90 graden Oost is.

Op het Santana-perceel te Hulst lag op 12 meter van het Flipper-gedeelte een niet beregende Goudreinette-rij van dezelfde leeftijd als de Santana dat als referentie gold voor de metingen van bloem- of vruchtschade na hitteberegening in de zomer. Op het Xenia-perceel te Krabbendijke was hiervoor ook een referentierij zonder beregening op ruime afstand van het Flipperdeel aanwezig.

De effectiviteit van de Flipper in vorstpreventie is geëvalueerd door de eventuele schade aan de bloemen vast te stellen in afhankelijkheid van de afstand van de boom tot de Flipper (door per boom het percentage beschadigde bloemen visueel in te schatten) en de afstand tot de boomstam dwars op de rij (door de afstand tot de boomstam waarop de eerste schade te zien was vast te stellen). De effectiviteit van de Flipper in hitteschadepreventie is geëvalueerd door het aantal beschadigde vruchten per boom te tellen. Op het Santana-perceel is gemeten in de 3^{e}, 4^{e} en 5^{e} van de totaal 7 rijen en op het Xenia-perceel op de 3^{e}, 5^{e} en 7^{e} van de 10 rijen.

Aangezien bloemschade als criterium alleen in een beperkt aantal situaties relevant is (de nachtvorst moet sterk genoeg zijn om tot schade te leiden; de Flipperberegening moet technisch goed uitgevoerd zijn) is de effectiviteit ook via temperatuurmeting in die boom bestudeerd. Hierbij is het van belang om niet de luchttemperatuur van de lucht te meten maar de temperatuur van de bloemen of bloemknoppen zelf. Tijdens de typische nachtvorstnachten met open hemel en windstil weer worden de gewasdelen immers kouder dan de lucht door het uitstralingseffect. Dicht bij elkaar gelegen bloemen die wel en niet nat worden verschillen in temperatuur terwijl dat in de luchttemperatuur rond deze bloemen niet of veel minder terug gezien wordt. Voor de meting van de temperatuur van deze gewasdelen zijn plaatsensoren gebruikt (zie foto ..). Deze sensoren zijn speciaal voor dit project ontwikkeld en geleverd door Bodata. De temperatuurmetingen in het Santana-perceel zijn uitgevoerd halverwege de 4^{e} rij en in het Xenia perceel halverwege de 5^{e} rij.

De werkelijke temperatuur van de bladeren, bloemen en bloemknoppen is niet gemeten; het gaat vooral om de relatieve verschillen tussen de sensoren op korte afstand van elkaar. Aangezien het uitstralingseffect mede afhankelijk is van het oppervlak van sensoren mag verwacht worden dat het uitstralingseffect bij bloemknoppen (zonder blad- en bloemblaadjes) minder groot is dan bij bloemen. De plaatsensoren op 75 cm hoogte gaven tijdens het onderzoek tijdens nachtvorstnachten met uitstraling tot maximaal 5 graden Celsius lager aan dan de droge afgeschermde temperatuursensor op 150 cm; gemiddeld was het verschil echter 1 tot 3 graden lager afhankelijk van de positie en de hoeveelheid water dat op de sensor terecht kwam.

Foto 4 *Plaatsensoren voor de meting van temperatuur in de Flipper-test*

Op de Flipper-percelen zijn bij drie bomen/perceel op verschillende afstanden tot Flippers (bij de 1e, 3e en 5e boom van de totaal 6 bomen tussen de Flippers in Hulst; bij de 2e, 5e en 9e boom van de totaal 12 bomen in Krabbendijke), op verschillende afstanden dwars op de boom (40, 55 en 70 cm) op de hoogte van de stam, aan beide zijden van de boom, met daarnaast een sensor bij de stam, op ongeveer 75 hoogte temperatuurmetingen gedaan met de plaatsensoren. De sensorgroep bij de 1e (Hulst) of 2e boom vanaf een Flipper (Krabbendijke) kreeg code T (de sensor bij de stam zat in de "regenschaduwkant" van de dichtstbijzijnde Flipper), die bij respectievelijk de 3e of 5e boom de code F (sensor aan de Flipperkant van de dichtstbijzijnde Flipper) en code C voor de sensoren halverwege de 4e en 5e boom in Hulst of tussen de 8e en 9e boom in Krabbendijke code C. Op die manier waren de sensoren goed verspreid over de verschillende bomen en posities tussen twee Flippers. Verder zijn bij elke boom met sensoren op 75 cm ook plaatsensoren op 250 cm hoogte geplaatst op de hoogte van de Flippers om een betere indruk te krijgen van de kans op bevriezing van de Flippers en de korte dunne aanvoerleidingen.
De plaatsensoren zijn in fasen geïnstalleerd: in 2019 waren de sensoren met code T geïnstalleerd (in Krabbendijke op 4 april en in Hulst op 12 april). In Hulst waren de sensoren met code F op 23 juli 2019 geïnstalleerd en operationeel en op 2 juli 2020 de sensoren met Code C. In Krabbendijke waren de sensoren met code F en C vanaf 24 maart 2020 geïnstalleerd en operationeel. De metingen in op beide locaties zijn op de middelste Flipperrijen halverwege de bomenrijen uitgevoerd.
Voorafgaand aan 2021 zijn de sensoren van Krabbendijke overgebracht naar Hulst en zijn in bomen op de kop van de rijen in bomen die twee tot drie meter buiten het bereik van de Flippers stonden geplaatst.

3.5 Test IRRY; Thomaes/Hoofdplaat

De nieuwe versie van IRRY is getest op een volgroeid V-haag-perenperceel op het bedrijf van Bob Thomaes te Hoofdplaat. De bomen op dit perceel groeien in natte jaren te hard volgens de teler, zodat het toepassen van gecontroleerde droogtestress relevant is. Op dit bedrijf kan druppelirrigatie worden toegepast maar de watervoorraad hiervoor is beperkt. In zeer droge jaren is het op dit bedrijf met het huidige druppelirrigatiesysteem van een enkele leiding per boomrij sowieso niet mogelijk om droogtestress voldoende binnen de perken te houden.
Eerst zijn voor het betreffende perceel de inputgegevens verzameld. Vervolgens is het model gekalibreerd op basis van de Watermarkmetingen in het droogste jaar (2018). Daarna zijn simulaties uitgevoerd voor 2017, 2019 en 2020. Voor 2018 zijn tenslotte allerlei alternatieve watergeefregimes doorgerekend.

4 Resultaten, discussie en conclusies

In de onderzoeksperiode is het in Nederland in de meeste jaren droger geweest dan gemiddeld, zie hiervoor tabel 5 waarin het gemiddelde neerslagtekort (potentiële referentieverdamping minus neerslag) van 13 KNMI-weerstations is weergegeven. Hoewel de winterneerslag, waarmee de waterbuffer van de grond weer aangevuld zou moeten worden, niet in deze cijfers is meegenomen, geven deze cijfers een redelijk beeld van de droogte tijdens het groeiseizoen. Uitschieter waren de extreem droge jaren 2018 en 2022, maar in 2019 en 2020 was het tot laat in het seizoen ook veel droger dan normaal. In 2017 was het halverwege het seizoen wat droger dan gemiddeld, maar naar het eind van het seizoen was het juist iets natter. Alleen 2021 was in het geheel iets natter dan gemiddeld. De situatie in Zeeland kan iets afwijken van het landelijk gemiddelde, maar het globale beeld blijft hetzelfde. Over het algemeen was het dus ideaal weer om onderzoek te doen naar oplossingen voor droogteproblemen.

Tabel 5 *Gemiddelde neerslagtekort in Nederland in de periode 2017-2022 (KNMI).*

Jaar	Maximum (mm)/periode waarin maximum optrad	Waarde 1 oktober (mm)
(Langjarige gemiddelde)	115 /medio augustus	90
2017	150 /eind juni	50
2018	310 /begin augustus	295
2019	200 /eind augustus	200
2020	250 /begin augustus	200
2021	85 /midden juni	85
2022	315 /eind augustus	220

In het vervolg van dit hoofdstuk zijn proeven beschreven waarin soms verschillende innovaties gezamenlijk zijn onderzocht. Hierdoor volgt dit hoofdstuk een andere indeling dan de voorgaande hoofdstukken.

4.1 Test organische stof en mycorrhiza

4.1.1 Slabbekoorn/Kapelle/Kats; resultaten en discussie

In het algemeen bleek dat de in het voorjaar van 2017 geplante bomen zeer traag ontwikkelde over de vier proefjaren. De bomen hadden duidelijk last van de droogte in de jaren 2018 t/m 2020. Ook in de lente van 2017, kort na het planten, was het droog.
In 2017 was er nauwelijks sprake van scheutgroei en is de scheutgroeimeting achterwege gelaten. Alle vruchten zijn in de zomer van 2017 verwijderd (standaard procedure). In 2018 zijn geen significante effecten gevonden op scheutgroei en productie (zie tabel 6; MyD staat hierin voor MycorDip). In 2019 werd er een interactie tussen de factoren fosfaatarme champost en MycorDip-strategie gevonden bij de scheutgroei: zonder MycorDip had de fosfaatarme champost met pH6.5 een negatief effect op de scheutgroei en met MycorDip juist een positief effect. Dit suggereert dat de MycorDip een negatief effect van dit champostproduct teniet doet. In latere jaren komt deze interactie echter niet meer terug als significant effect en omdat juist de effecten in latere jaren belangrijk zijn wordt hier verder weinig belang aan gehecht.
In 2020 is een significant factorieel effect van de MycorDip-strategie waargenomen op de scheutgroei: een toename van 2.28 naar 2.69 m/boom. In 2019 is een significant positief drachteffect waargenomen van de MycorDip-strategie (waardoor de productie ook hoger was). Dit is waarschijnlijk het gevolg van meer groei in 2018, hoewel de getalsmatige hogere groei in 2018 niet significant was.

De fosfaatarme champost heeft voor beide pH-niveaus geen significante factoriele effecten laten zien. Er was alleen een aanwijzing voor een negatief effect op scheutgroei in 2020.
De dracht was met gemiddeld 14 vruchten/boom aan het eind van de test in 2020 nog laag (er wordt gestreefd naar 100 vruchten/boom) en het gewenste boomvolume was nog niet bereikt na vier jaar.

Samengevat heeft de MycorDip-strategie gedurende de stichtingsperiode van de boomgaard in 2019 een significant positief drachteffect en in 2020 een significant positief scheutgroei-effect laten zien. Daarnaast was er een aanwijzing voor een negatief scheutgroei-effect van fosfaatarme champost met hoge pH. Op factorieel niveau is echter geen betrouwbaar effect van de fosfaatarme champost gevonden, hoogstens een aanwijzing van een negatief groeieffect van fosfaatarme champost met hoge pH in 2020. Beide negatieve tendensen bij fosfaatarme champost waren bij DenOuden Landbouwcompost niet zichtbaar hoewel nergens een significant verschil tussen fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost kon worden aangetoond. Omdat DenOuden Landbouwcompost echter niet in het factoriele deel van de test was opgenomen was het onderscheidingsvermogen daarmee ook minder groot en kunnen kleinere verschillen niet worden uitgesloten. Hetzelfde kan van het verschil tussen MycorDip en Micosat worden gezegd.

Tabel 6 *Effecten van de behandelingen bij Slabbekoorn op scheutgroei en productie in de periode 2017 t/m 2020.*

Behandelingen		2017	2018		2019							2020				
		Vrucht-dracht (aantal /boom)	Scheut-groei (m/ boom)	Vrucht-dracht (aantal /boom)	Scheut-groei (m/ boom)		Vrucht-dracht (aantal /boom)		Produc-tie (kg/ boom)		Vrucht-gewicht (g/ vrucht)	Scheut-groei (m/ boom)		Vrucht-dracht (aantal /boom)	Produc-tie (kg/ boom)	Vrucht-gewicht (g/ vrucht)
1	St.	0.0	3.07	4.3	2.98	b	16.5		3.5		214	2.54		14.5	3.7	257
2	St. +P-arm 4.5	0.0	2.63	4.4	2.69	b	20.3		3.8		188	2.30		12.9	3.2	246
3	St. +P-arm 6.5	0.0	1.67	2.6	1.83	a	16.6		3.5		214	2.01		13.7	3.3	240
4	MyD	0.0	2.72	2.5	2.99	bc	20.5		4.0		197	2.82		15.3	3.6	237
5	MyD +P-arm 4.5	0.0	2.49	3.7	2.86	b	21.4		4.3		200	2.87		13.5	3.1	228
6	MyD +P-arm 6.5	0.0	3.23	3.9	3.67	c	21.6		4.3		199	2.37		14.0	3.5	251
7	St. + Lb. comp.	0.0	2.73	5.5	3.24	bc	19.5		4.0		206	2.66		13.0	3.3	252
8	Mycosat	0.0	2.33	4.4	2.76	b	16.9		3.4		200	2.47		11.2	2.9	260
		NS	NS	NS	S		NS		NS		NS	NS		NS	NS	NS
1-3	St.	0.0	2.46	3.8			17.8	a	3.6	a	205	2.28	a	13.7	3.4	248
4-6	MyD	0.0	2.81	3.3			21.2	b	4.2	b	199	2.69	b	14.3	3.4	239
		NS	NS	NS			S		S		NS	S		NS	NS	NS
1, 4	geen P-arm	0.0	2.89	3.4			18.5		3.8		206	2.68	(a)	14.9	3.7	247
2, 5	P-arm 4.5	0.0	2.56	4.0			20.8		4.0		194	2.59	(a)	13.2	3.1	237
3, 6	P-arm 6.5	0.0	2.45	3.2			19.1		3.9		206	2.19	(b)	13.8	3.4	245
		NS	NS	NS			NS		NS		NS	(S)		NS	NS	NS

Er zijn na 2 groeiseizoenen geen significante effecten van de behandelingen op de mycorrhizabezetting van de wortels vastgesteld (zie verder 4.1.3.).

De effecten van de behandelingen op het organische stofpercentage en electrical conductivity (EC, een maat voor het zoutgehalte) van de grond zijn weergegeven in tabel 7. Er zijn grote en significante effecten van de champost- en compostbehandelingen waargenomen op het organische stofgehalte en de EC in november 2019. Hierbij viel op dat er ook een verschil was tussen de twee fosfaatarme champostproducten: de gehalten bij pH4.5 waren significant hoger (zowel bij de individuele behandelingen als op factorniveau). Dat laatst duidt op een verschil in verteerbaarheid. Over het algemeen valt op dat de effecten in 2019 extreem groot zijn, veel groter dan verwacht mag worden (zie van der Maas, 2018). Dit doet vermoeden dat er toch wat compost dat nog op de bodem laag mee is gekomen in het grondmonster. De gehalten bij bemonstering I in december 2020 liggen veel meer in de orde van grootte die men mag verwachten.
Bij de bemonstering in december 2020, de belangrijkste bemonstering met het oog op het lange-termijn-effect, werd bij bemonstering "I" geen significant effect van de behandelingen meer

gevonden. Bij een tweede bemonstering in die maand (in enkelvoud, zonder EC-meting) waren de uitkomsten getalsmatig sterk verschillend tussen de behandelingen. Dit gaf het vermoeden van een grote variabiliteit in de bodem. Bij een extra bemonstering in juni 2021 bleek dat het organische stofgehalte en de electrical conductivity een sterk verloop vertoonde met de diepte en de afstand tot de boom (zie tabel 8). Waarschijnlijk had dit te maken met de hoge compostgift voorafgaand aan planten die in een plantsleuf was aangebracht en daarna dicht geploegd was. Hiermee was de bemonstering ook sterk afhankelijk van de monsternemer die per datum verschilde. Het gevolg hiervan is dat de gehalten geen betrouwbaar verloop in de tijd laten zien op deze locatie. Tevens kan bij een bemonstering in enkelvoud (bemonstering II in december 2020) de toevallige variatie groot zijn. Bij een bemonstering in herhalingen is daarnaast het onderscheidingsvermogen in zo'n situatie beperkt en kunnen alleen relatief grote verschillen statistisch betrouwbaar worden aangetoond. Kleinere maar relevante verschillen (zoals bij bemonstering I in december 2020) kunnen dan wel aanwezig zijn maar niet betrouwbaar worden aangetoond.

Tabel 7 *De effecten van de behandelingen op het organische stofgehalte en electrical conductivity van de bodem bij Slabbekoorn*

Behandelingen		Organischestof-gehalte bodem (0-25cm; %)				Electrical Conductivity bodem (0-25cm; mS/cm)			
		nov-19		dec-20*	dec-20*	nov-19		dec-20	dec-20*
				I	II			I	
1	St.	4.9	a	4.3	3.7	0.16	a	0.13	-
2	St. +P-arm 4.5	8.4	c	4.8	7.9	0.40	c	0.15	-
3	St. +P-arm 6.5	6.7	b	4.4	5.9	0.24	b	0.14	-
4	MyD	5.0	a			0.17	a		
5	MyD +P-arm 4.5	7.9	c			0.33	c		
6	MyD +P-arm 6.5	6.9	b			0.26	b		
7	St. + Lb. comp.	6.8	b	4.8	5.5	0.21	b	0.14	-
8	Mycosat	5.1	a			0.19	a		
		S		NS	-	S		NS	
1-3	St.	6.6	a			0.27	a		
4-6	MyD	6.6	a			0.25	a		
		S				NS			
1, 4	geen P-arm	4.9	a			0.17	a		
2, 5	P-arm 4.5	8.1	c			0.37	c		
3, 6	P-arm 6.5	6.8	b			0.25	b		
		S				S			

*bij een separate tweede bemonstering gaven de resultaten getalsmatig een ander beeld hetgeen te wijten was aan de extreme achteruitgang van het gehalte over de diepte en afstand tot de boom in combinatie met een andere monsternemer

Tabel 8 *Ruimtelijke variatie van organischstofgehalte en electrical conductivity in de bodem bij Slabbekoorn in juni 2021*

Ruimtelijke variatie in bodem (juni 2021)				Organischestof-gehalte bodem (%)		Electrical Conductivity bodem (mS/cm)	
			afstand tot boom, dwars op de rij (cm)->	0-10	30-40	0-10	30-40
Behandeling		Herhaling	bemonsterings-diepte (cm)				
2	St. +P-arm 4.5	A	0-10	8.3	5.8	0.75	0.40
			20-30	2.7	1.8	0.23	0.16
7	St. + Lb. comp.	A	0-10	8.2	5.4	0.91	0.31
			20-30	2.9	2.4	0.21	0.20

Het effect van de behandelingen op het volumetrisch vochtgehalte van de bodemlaag 0-48 cm is weergegeven in tabel 9. De vochtgehalten varieerden van 12.7% (behandeling 6 op 24 september 2019) tot 33.5% bij dezelfde behandeling op 26 mei 2021.
Het effect van champost en compost zou vooral in de winter en voorjaar zichtbaar moeten zijn vanwege het verwachte positieve effect op de bodemvochtbufferingscapaciteit; er zijn in deze proef op dit gebied echter geen significante effecten waargenomen. Ook hier geld weer dat de grote variatie aan bodemorganische stof bij het planten het vaststellen van eventuele kleine maar relevante verschillen in bodemvochtgehalte heeft bemoeilijkt. Een positief effect is daarom nog steeds niet uit te sluiten.
Het effect van de MycorDip-strategie zou vooral zichtbaar moeten zijn na uitdroging vanwege de intensievere en fijnere doorworteling en het daardoor beter op kunnen nemen van het bodemvocht. Op 13 augustus 2019 is op factorniveau inderdaad een significant lager vochtgehalte vastgesteld: 28.0% na MycorDip in vergelijking met 30.0% zonder. Op dat moment is er nog geen sprake van droogtestress, maar op de datums dat het wel het geval was (24 september 2019 en in juli 2020) is het gehalte getalsmatig ieder geval lager. Op die momenten was dat niet meer statistisch significant, maar het bestaan van een echt verschil is daarmee nog niet uitgesloten; omdat het verschil op 13 augustus 2019 wel significant was zou het op die latere datums ook echt aanwezig hebben kunnen zijn (hoewel statistisch niet aantoonbaar). Vanaf 16 september 2020 zijn de verschillen getalsmatig verwaarloosbaar. Dit zou kunnen wijzen op het nivelleren van de mycorrhiza-bezetting van de wortels (de hypothese is dat mycorrhiza's altijd ontstaan, maar dat het enten bij planten ze sneller laat ontwikkelen).
De methode voor vaststellen van de momenten met hoogste droogtestress met de Watermark-sensoren bleek niet werkbaar: uit onderzoek in de PPS Sensing the Soil (WUR, Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen; nog niet gepubliceerd) bleek dat de Watermark vanaf 50 kPa vertraagd reageert op de droogteontwikkeling. De resultaten van de Watermarkmetingen konden daarom niet worden benut.

Tabel 9 *Het effect van de behandelingen op het volumetrisch vochtgehalte van de bodemlaag 0-48 cm bij Slabbekoorn*

Volumetrisch		2019				2020			2021
vochtgehalte 0-48cm (%)		13-aug		29-aug	24-sep	16-jul	30-jul	16-sep	26-mei
1	St.	29.6		23.1	16.6	18.6	17.2	15.8	33.1
2	St. +P-arm 4.5	30.8		22.7	16.5	19.1	17.8	17.6	32.1
3	St. +P-arm 6.5	29.5		23.0	16.0	18.7	17.1	15.3	31.7
4	MyD	28.7		21.5	17.2	18.8	17.5	18.3	32.6
5	MyD +P-arm 4.5	27.9		22.2	16.4	17.9	16.1	15.9	30.8
6	MyD +P-arm 6.5	27.4		20.6	12.7	16.3	14.8	15.0	33.5
7	St. + Lb. comp.	28.2		21.6	14.9	17.2	15.6	16.3	30.9
8	Mycosat	29.7		24.5	19.3	18.8	17.6	16.1	33.3
		NS		NS	NS	NS	NS	NS	NS
1-3	St.	30.0	a	22.9	16.4	18.8	17.4	16.2	32.3
4-6	MyD	28.0	b	21.4	15.4	17.7	16.1	16.4	32.3
		S		NS	NS	NS	NS	NS	NS
1, 4	geen P-arm	29.2		22.3	16.9	18.7	17.3	17.0	32.9
2, 5	P-arm 4.5	29.4		22.4	16.5	18.5	16.9	16.7	31.5
3, 6	P-arm 6.5	28.4		21.8	14.3	17.5	15.9	15.1	32.6
		NS		NS	NS	NS	NS	NS	NS

Samenvattend zijn er aan het eind van de proef in 2020 en 2021 geen significante effecten van de behandelingen op de het organische stofgehalte, EC en bodemvochtgehalte waargenomen. Van belang is hierbij te vermelden dat er een grote compostgift bij planten gegeven is voorafgaand aan alle behandelingen waardoor effecten van de daar bovenop gegeven organische stof in de proef kleiner en daarmee moeilijker aantoonbaar zijn, mede vanwege de variatie in de grond als gevolg van de lokale algemene startgift. Wel kon een effect van de MycorDip-strategie op het bodemvochtgehalte op 13 augustus 2019 aangetoond worden: het lagere gehalte bij de MycorDip-strategie duidt op hogere wateropname door het wortelstelsel. Dit is conform de verwachting ten aanzien van de werking van deze strategie.

4.1.2 DeGendt/Nieuw-Namen; resultaten en discussie

De effecten van de behandelingen op scheutgroei en productie, waaronder dracht en vruchtgewicht, zijn weergegeven in tabel 10. Er is geen interactie tussen fosfaatarme champost en MycorDip vastgesteld zodat deze behandelingen ook op factorniveau, en wel per factor apart, geëvalueerd kunnen worden.
Zowel de landbouwcompost (op behandelingsniveau) als de fosfaatarme champost met lage pH (factorniveau) hadden effect op de scheutgroei in 2019. Hierbij moet bedacht worden dat de compostgift in december 2018 niet alleen tot een hogere waterbuffering en -voorraad in het voorjaar van 2019 heeft geleid maar ook de grond heeft afgedekt tegen vochtverlies via bodemverdamping. Ook de compostgift in juni 2019 zal dit laatste effect hebben gehad. Er zijn geen significante groei-effecten van deze organische producten in 2020 en 2021 vastgesteld (in 2022 is geen scheutgroei meer gemeten). Ten aanzien van de productie blijkt dat de fosfaatarme champost in 2021 en 2022 bij beide pH-niveaus een betrouwbaar hoger vruchtgewicht opleverde (beide jaren 11% hoger; bij DenOuden landbouwcompost werden vergelijkbare waarden gevonden, maar door het lagere onderscheidingsvermogen niet significant). Bij de vruchtdracht is in de individuele jaren geen betrouwbaar effect waargenomen: in totaal over de jaren 2020 t/m 2022 is de vruchtdracht per factorniveau vergelijkbaar: gemiddeld 157 (onbehandeld), 161 (P-arm, pH 4.5) en 150 vruchten per boom (P-arm, pH 6.5). Een gelijke dracht en een hoger vruchtgewicht duidt op afwezigheid van een groei-effect (wat normaal gesproken tot een hogere dracht leidt in de stichtingsperiode) en de aanwezigheid op een beter wateraanbod (wat leidt tot een hoger vruchtgewicht in droge jaren). De hogere vruchtgewichten bij fosfaatarme champost in 2021 hielden waarschijnlijk niet verband met de

getalsmatige lagere drachtniveaus (een lagere dracht kan gepaard gaan met een lager vruchtgewicht), omdat de introductie van dracht als covariabele in de statistische analyse niet significant was. DenOuden Landbouwcompost laat ten aanzien van groei, dracht en vruchtgewicht vergelijkbare waarden zien als de fosfaatarme champost, zonder dat er significante verschillen tussen de producten gevonden zijn.

De MycorDip-strategie laat in drie achtereenvolgende jaren vanaf planten significant meer scheutgroei zien. In 2021 leidde dit tot een aanwijzing voor een hogere productie (4.8 in vergelijking met 3.8 kg/boom). In 2022, het eerste jaar met een volwaardig drachtniveau, werd een significant hogere dracht vastgesteld (108 in vergelijking met 95 vruchten/boom) bij een gelijk gebleven vruchtgewicht, met wederom een aanwijzing voor een hogere productie (er was in 2022 eveneens geen significant effect van dracht op het vruchtgewicht).
De Micosat-strategie laat getalsmatig vergelijkbare scheutgroei- en drachteffecten zien als de MycorDip-strategie, maar deze zijn niet significant verschillend van behandeling 1. Dit houdt mogelijk verband met het lagere onderscheidingsvermogen bij de variantieanalyse op behandelingsniveau.

Tabel 10 *Effecten van de behandelingen bij de Gendt op scheutgroei en productie in de periode 2019 t/m 2022*

Behandelingen		2019		2020					2021							2022					
		Scheut-groei (m/ boom)		Scheut-groei (m/ boom)		Vrucht-dracht (aantal /boom)	Produc-tie (kg/ boom)	Vrucht-gewicht (g/ vrucht)	Scheut-groei (m/ boom)		Vrucht-dracht (aantal /boom)		Produc-tie (kg/ boom)		Vrucht-gewicht (g/ vrucht)		Vrucht-dracht (aantal /boom)		Produc-tie (kg/ boom)		Vrucht-gewicht (g/ vrucht)	
1	St.	1.16	a	1.10		21.3	3.2	148	3.16		31.8		4.4		139	(ab)	95		10.4		109	
2	St. +P-arm 4.5	1.58	bc	1.17		20.7	3.0	147	3.39		28.4		4.1		146	(bc)	100		12.0		120	
3	St. +P-arm 6.5	1.44	ab	0.90		19.4	2.9	148	3.26		20.0		3.0		150	(c)	90		10.8		120	
4	MyD	1.61	bc	1.64		19.5	3.1	158	3.91		42.7		5.6		132	(a)	102		11.0		107	
5	MyD +P-arm 4.5	1.86	c	1.41		24.9	3.4	137	3.79		30.6		4.6		149	(bc)	118		13.9		118	
6	MyD +P-arm 6.5	1.80	c	1.49		19.1	2.7	144	3.96		27.9		4.3		153	(c)	104		12.6		121	
7	St. + Lb. comp.	1.68	bc	1.81		23.7	3.6	150	4.11		33.8		4.9		146	(bc)	98		12.1		124	
8	Mycosat	1.34	ab	1.42		20.1	3.2	160	3.76		39.8		5.5		138	(ab)	110		13.3		121	
		S		NS		NS	NS	NS	NS		NS		NS		(S)		NS		NS		NS	
1-3	St.	1.39	a	1.06	a	20.5	3.0	147	3.27	a	26.7		3.8	(a)	145		95	a	11.1		116	
4-6	MyD	1.76	b	1.51	b	21.2	3.1	146	3.89	b	33.7		4.8	(b)	145		108	b	12.5		116	
		S		S		NS	NS	NS	S		NS		(S)		NS		S		(S)		NS	
1, 4	geen P-arm	1.38	a	1.37		20.4	3.1	153	3.54		37.2	(a)	5.0		135	a	99		10.7	(a)	108	a
2, 5	P-arm 4.5	1.72	b	1.29		22.8	3.2	142	3.59		29.5	(ab)	4.3		147	b	109		13.0	(b)	119	b
3, 6	P-arm 6.5	1.62	ab	1.20		19.3	2.8	146	3.61		24.0	(b)	3.6		152	b	97		11.7	(ab)	121	b
		S		NS		NS	NS	NS	NS		(S)		NS		S		NS		(S)		S	

Samengevat is na de fosfaatarme champost toepassingen een hoger vruchtgewicht zichtbaar in 2021 en 2022 en bij de Mycordip-strategie een hoger scheutgroeiniveau bij de start leidend tot hogere dracht aan het eind van de test.

Er zijn na 3 groeiseizoenen geen significante effecten van de behandelingen op de mycorrhizabezetting van de wortels vastgesteld (zie verder 4.4.).

De effecten van de behandelingen op het organische stofpercentage en zoutgehalte van de grond zijn weergegeven in tabel 11.

Tabel 11 *De effecten van de behandelingen op het organische stofgehalte en electrical conductivity van de bodem bij de Gendt*

Behandelingen		Organischestof-gehalte bodem (0-25cm; %)					Electrical Conductivity bodem (0-25cm; mS/cm)					
		nov-19		dec-20	nov-21		nov-19		dec-20		nov-21	
1	St.	3.85	a	3.15	3.43	a	0.11	a	0.11	a	0.11	a
2	St. +P-arm 4.5	4.78	c	3.50	3.95	ab	0.40	c	0.13	b	0.13	abc
3	St. +P-arm 6.5	4.35	b	3.30	3.73	ab	0.31	b	0.12	b	0.12	abc
4	MyD	3.95	a		3.43	a	0.12	a			0.12	ab
5	MyD +P-arm 4.5	4.60	bc		4.10	b	0.40	c			0.14	bc
6	MyD +P-arm 6.5	4.63	bc		4.08	b	0.36	bc			0.14	abc
7	St. + Lb. comp.	4.63	bc	3.55	4.05	b	0.15	a	0.13	b	0.14	c
8	Mycosat	3.75	a		3.50	a	0.13	a			0.13	abc
		S		NS	S		S		S		S	
1-3	St.	4.33			3.70		0.27				0.12	a
4-6	MyD	4.39			3.87		0.29				0.13	b
		NS			NS		NS				S	
1, 4	geen P-arm	3.90	a		3.43	a	0.12	a			0.11	a
2, 5	P-arm 4.5	4.69	b		4.03	b	0.40	b			0.13	b
3, 6	P-arm 6.5	4.49	b		3.90	b	0.33	b			0.13	b
		S			S		S				S	

De organische stof- en EC-metingen later een veel betrouwbaarder beeld zien dan bij Slabbekoorn. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat op het bedrijf van de Gendt in de jaren voorafgaand aan de proef geen compost gegeven is.
De champost- en compostbehandelingen laten een positief significant effect zien op het organische stofgehalte. In 2021 is dat voor de champost vooral als factorieel effect terug te zien. Het eindgehalte voor de champostproducten zijn 4.03 en 3.90 voor respectievelijk pH4.5 en 6.5 (gemiddeld over de behandelingen met en zonder MycorDip) en voor de landbouwcompost 4.05% zonder dat de onderlinge getalsmatige verschillen significant betrouwbaar zijn. Hierbij moet bedacht worden dat de laatste champostgiften van 60 ton/ha dateren van juni 2019 en die van de landbouwcompost a 30 ton/ha van april 2021.
Qua zouteffect verschillen de champost- en compostbehandelingen in 2019: de champostproducten leiden tot een veel hoger zoutgehalte: 0.40/0.33 tegenover 0.12 mS/cm. In 2021 is dat effect echter weer teniet gedaan, waarschijnlijk door het stoppen met de champostgiften in juni 2019 en het uitspoelen gedurende de wintermaanden. Korter na de organischstofgiften zullen de EC's echter hoger zijn geweest, zeker bij de fosfaatarme champost. De ondergrens voor schade bij appel en peer is volgens de FAO 2.0 mS/cm (anonymous, 2002).

In tabel 12 zijn de effecten van de behandelingen op het bodemvochtgehalte gepresenteerd. Het enige significante effect trad in augustus van het eerste groeijaar 2019. Het vochtgehalte was na MycorDip hoger in vergelijking met de standaard (factorieel effect). Dit kan verklaard worden door een negatief groei-effect van mycorrhiza-enting bij planten: de eerste maanden kan de vorming van mycorrhiza's ten koste gaan van de bovengrondse scheutgroei, waardoor de verdamping lager is en het bodemvochtgehalte hoger. Na verloop van tijd draait de achterstand om in een groeivoorsprong en zou het vochtgehalte in droge situaties lager moeten zijn (zoals in het derde groeijaar bij Slabbekoorn). Vervolgens zou de mycorrhiza-bezetting nivelleren en wordt een eventueel verschil in wateropname bepaald door het ontstane verschil in bladoppervlak. Dat laatste is bij de Gendt niet zichtbaar als significant effect: het verschil verdwijnt na verloop van tijd alleen. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat de mycorrizha's hebben geleid tot een dieper wortelstelsel. Hierdoor is er

meer water binnen bereik van de boom gekomen en daalt het vochtgehalte in de bovenste laag minder sterk.

De methode voor vaststellen van de momenten met hoogste droogtestress met de Watermark-sensoren bleek niet werkbaar: uit onderzoek in de PPS Sensing the Soil (WUR, Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen; nog niet gepubliceerd) bleek dat de Watermark vanaf 50 kPa vertraagd reageert op de droogteontwikkeling. De resultaten van de Watermarkmetingen konden daarom niet worden benut.

Tabel 12 *Het effect van de behandelingen op het volumetrisch vochtgehalte van de bodemlaag 0-48 cm bij de Gendt*

Volumetrisch vochtgehalte 0-48cm (%)		2019			2020			2021		
		13-aug		24-sep	16-jul	28-jul	16-sep	26-mei	26-aug	14-dec
1	St.	19.4		9.8	20.3	16.2	8.1	28.0	25.3	31.2
2	St. +P-arm 4.5	18.6		12.6	20.9	17.3	9.9	26.7	24.5	30.2
3	St. +P-arm 6.5	20.5		12.0	21.8	18.3	8.7	26.6	25.0	29.9
4	MyD	22.1		11.9	22.3	17.5	8.6	27.8	25.5	31.4
5	MyD +P-arm 4.5	21.5		13.0	22.9	19.4	10.2	27.8	26.2	30.4
6	MyD +P-arm 6.5	22.1		13.8	22.6	18.1	9.3	27.5	25.0	31.1
7	St. + Lb. comp.	22.5		13.8	24.0	20.6	11.6	29.5	27.1	32.8
8	Mycosat	20.4		9.9	21.9	18.3	10.6	28.0	26.1	32.0
		NS		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
1-3	St.	19.5	a	11.5	21.0	17.3	8.9	27.1	25.0	30.4
4-6	MyD	21.9	b	12.9	22.6	18.3	9.4	27.7	25.6	31.0
		S		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
1, 4	geen P-arm	20.8		10.8	21.3	16.8	8.3	27.9	25.4	31.3
2, 5	P-arm 4.5	20.0		12.8	21.9	18.4	10.1	27.3	25.3	30.3
3, 6	P-arm 6.5	21.3		12.9	22.2	18.2	9.0	27.0	25.0	30.5
		NS		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Samengevat hebben fosfaatarme champost en DenOuden landbouwcompost tot een verhoging van het percentage organische stof geleid van respectievelijk 0.54 en 0.62%-punt in december 2021 (0.69 en 0.78 na 1 jaar). De verhogingen van de EC waren zeer gering, namelijk +0.02 en 0.03 mS/cm. Korter na de fosfaatarme champost gift in november 2019 zijn de EC-effecten echter veel hoger dan bij de landbouwcompost, namelijk 0.25 ((0.33+0.40)/2-0.12) en 0.04 mS/cm. Hierbij moet bedacht worden dat de fosfaatarme champost in december 2018 en juni 2019 gegeven is (totaal 120 ton/ha op de zwartstrook) en de landbouwcompost in december 2018, juni 2019, mei 2020 en april 2021 (totaal eveneens 120 ton/ha op de zwartstrook).

4.2 Test organische stof/DenOuden Landbouwcompost

4.2.1 Resultaten en discussie

De giften met DenOudenLandbouwcompost leidde op de locaties Hoofdplaat (jong perenperceel van fruitteler Thomaes) en Kwadendamme (oud perenperceel van fruitteler Bal) na één en twee groeiseizoenen tot de organische stofgehalten en electrical conductivity (EC) zoals weergegeven in tabel 13. Ten eerste valt op dat de organische stofgehalten bij de behandelingen 1 in de tijd redelijk tot sterk toenemen. Waarschijnlijk kan dit worden verklaard door enig verschil in bemonsteringsdiepte en verschil in monsternemer. Verder is de variatie in de grond vrij groot hetgeen af te leiden is uit het grillige verband tussen de behandelingen en effecten na één groeiseizoen op 10 december 2020 (toen is in enkelvoud bemonsterd). Op 22 oktober 2021 zijn echter gemiddeld over de twee locaties

significante effecten vastgesteld op het organische stofgehalte, electrical conductivity en de door Eurofins berekende dichtheid: het organische stofhalte en de EC namen significant toe met de toenemende compostgift en de (berekende) dichtheid nam af. Voor het organische stofgehalte was het verband gemiddeld over de twee locaties als het volgt: %OS=3.11+0.0059*gift (gift: ton DenOuden landbouwcompost/ha boomgaard/jaar gedurende twee jaar; alle compost op de boomstrook gegeven). Op 7 oktober 2021 lag er op beide locaties bij behandeling 90 ton/ha nog 0-4 cm compost op de bodem. Bij 60 ton/ha was dit minder en bij 30 ton/ha was er geen compost meer zichtbaar. Bij de bemonsteringen is eerst eventuele compost op de bodem weggeschoven voordat bemonsterd werd. De EC-toename bleef beperkt met gemiddeld over de twee locaties 0.03 mS/cm voor 90 ton/ha. De berekende dichtheid nam significant af: de grond werd luchtiger en zou in potentie meer water kunnen bufferen.

Tabel 13 *Resultaten van organische stof- en electrical-conductivity-metingen op 22 oktober 2021 in de proeven bij Thomaes en Bal*

Locatie	Behandeling*		Organischestof-gehalte 0-30 cm (%)		Electrical conductivity 0-30 cm	Dichtheid**** 0-30 cm (kg/dm3)
			10-dec-20	22-okt-21		
Thomaes	1	0	2.90	3.17	0.19	1213
	2	30	2.90	3.68	0.23	1195
	3	60	2.80	3.50	0.23	1201
	4	90	3.00	3.90	0.24	1187
			-*****	S**	S	S
Bal	1	0	2.10	2.88	0.16	1223
	2	30	2.10	3.30	0.18	1208
	3	60	2.30	3.18	0.19	1212
	4	90	3.00	3.43	0.19	1204
			-	(S)***	S	(S)
Thomaes + Bal	1	0	2.50	3.02	0.18	1218
	2	30	2.50	3.49	0.20	1201
	3	60	2.55	3.34	0.21	1206
	4	90	3.00	3.66	0.21	1195
			-	S	S	S

*ton/ha Den Ouden Landbouwcompost op 80 cm brede boomstrook
**er is een significant verband tussen hoogte van de compostgift en het effect
*** er is een aanwijzing voor een verband tussen hoogte van compostgift en effect
**** berekend (Eurofins)
*****in enkelvoud gemeten; geen statistische uitspraak

Bij de behandeling 90 ton/ha zijn significante effecten op het volumetrisch bodemvochtgehalte vastgesteld in vergelijking met onbehandeld (zie tabel 14; bij 30 en 60 ton/ha zijn geen metingen gedaan). In juli 2020 was er nog geen significant effect zichtbaar maar in september was het vochtgehalte bij 90 ton/ha compost hoger. Dit kan waarschijnlijk verklaard worden door lager verliezen door bodemverdamping door het afdekken van de grond met compost. In 2021 was dit in augustus ook zichtbaar. Op 14 december 2021 was er een aanwijzing voor een effect op het moment dat de grond weer verzadigd was met vocht (veldcapaciteit; uit de neerslaggegevens uit tabel 15 kan worden geconcludeerd dat de bodemvochtvoorraad over de meetdiepte van 38 cm volledig gevuld was tijdens de meting). Dit wijst op een toegenomen waterbuffering van 1.7 procentpunt over 38 cm bodemdiepte; dit komt overeen met 61 m3 water/ha extra waterbuffering.

De methode voor vaststellen van de momenten met hoogste droogtestress met de Watermark-sensoren bleek niet werkbaar: uit onderzoek in de PPS Sensing the Soil (WUR, Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen; nog niet gepubliceerd) bleek dat de Watermark vanaf 50 kPa vertraagd reageert op de droogteontwikkeling. De resultaten van de Watermarkmetingen konden daarom niet worden benut.

Tabel 14 *Effect van 90 ton compost/ha op het volumetrisch bodemvochtgehalte in 2020 en 2021 bij Thomaes en Bal*

Volumetrisch vochtgehalte bodem 0-38 cm diepte (dm3/dm3)		2020			2021	
		16-jul	29-jul	16-sep	26-aug	14-dec
Locatie	Beh*					
Gemiddeld	0	24.8	23.5	21.9	27.1	34.7
	90	24.5	26.3	23.6	31.4	36.4
Significantie ->		NS	NS	S	S	(S)**
Bal	0	21.6	19.5	16.6	23.9	33.0
	90	21.8	24.2	18.1	29.0	34.6
Significantie ->		NS	NS	S	S	(S)
Thomaes	0	28.1	27.5	27.2	30.4	36.5
	90	27.1	28.5	29.2	33.8	38.2
Significantie ->		NS	NS	S	NS	NS

*Behandeling: ton/ha Den Ouden Landbouwcompost/jaar in 2020 en 2021 op 80 cm brede boomstrook

**NS: niet significant verschillend; S:significant verschillend; (S) aanwijzing voor verschil; inter: interactie locatie en effect

Tabel 15 *Neerslaggegevens van nabij gelegen KNMI-stations en bodemvochtvoorraad bij veldcapaciteit 36 volumeprocent voor de locaties Kwadendamme (Zuid-Beveland) en Hoofdplaat (Zeeuws-Vlaanderen)*

Neerslag per periode in 2021 of bodemvoorraad bij veldcapaciteit (mm)	KNMI-station	
	Ovezande/ Zuid-Beveland	Biervliet/ Zeeuws-Vlaanderen
26aug-30sept	35	43
1okt-31okt	118	107
1nov-14dec	166	167
Bodem 0-38 cm	137	137

In 2022 is nagegaan of er een scheutgroei- en drachteffect zichtbaar was als gevolg van de compostbehandelingen. Op dat moment zijn er echter geen significante effecten vastgesteld (zie tabel 16). Vochttekort in droge jaren treed vooral op in de (na)zomer wanneer de scheutgroei als grotendeels beëindigd is. Het effect van droogtestress toont zich dan vooral door een later vruchtgewicht bij de pluk.

Tabel 16 *Scheutgroei en dracht op 11 augustus 2022 bij Thomaes (jong perenperceel) en Bal*

Locatie	Behandeling*		scheut-groei (m/boom)	dracht (aantal vruchten/boom)
Thomaes	1	0	21.5	88
	2	30	22.0	87
	3	60	20.9	89
	4	90	21.8	88
			NS**	NS
Bal	1	0	18.9	168
	2	30	19.6	168
	3	60	19.2	170
	4	90	20.3	169
			NS	NS
Thomaes + Bal	1	0	20.2	128
	2	30	20.8	128
	3	60	20.1	129
	4	90	21.0	128
			NS	NS
*ton/ha Den Ouden Landbouwcompost op 80 cm brede boomstrook				
**er is geen significant verband tussen hoogte van de compostgift en het effect				

4.3 Organische stof/fosfaatarme champost en DenOuden Landbouwcompost; discussie en conclusies

Dit project is gestart met de focus op fosfaatarme champost (P-gehalte 1 kg/ton; wettelijke toegestane dosering van 60 ton/ha/j door 100% telling) en het zijdelings testen van DenOuden landbouwcompost (2 kg P/ton; 30 ton/ha/j op basis van dezelfde wettelijke fosfaatinput/50% telling). De resultaten van de bodemkundige metingen in de organische stof-test bij Slabbekoorn waren niet bruikbaar vanwege de storende werking van de reeds gegeven compost voorafgaand aan de test; de bovengrondse metingen waren wel bruikbaar bij de evaluatie van de behandelingen (zie 4.1.1). De test bij de Gendt is echter in alle aspecten succesvol verlopen. Na twee jaar 60 ton/ha/j fosfaatarme champost werd daar in november een verhoging van 0.69 procentpunt vastgesteld (factorieel effect) en na twee jaar 30 ton/ha DenOuden Landbouwcompost 0.78. Twee jaar later, waarin geen fosfaatarme champost meer was gegeven maar wel jaarlijkse gift van 30 ton landbouwcompost/ha/j was voortgezet werden verhoging van respectievelijk 0.54 en 0.62 procentpunt aan het eind van het vierde jaar gevonden. Na twee jaar lijkt landbouwcompost met een 50% lagere dosering ieder geval evenveel verhoging bereikt te hebben, maar na vier jaar waarin er alleen geen fosfaatarme champost gegeven is, is het verschil vergelijkbaar. Een veilige conclusie is dat DenOuden Landbouwcompost minstens zo goed is in het verhogen van het organische stofgehalte als fosfaatarme champost. Een nadeel van fosfaatarme champost is de verhoging van de EC/zoutconcentratie aan het eind van het toedieningsjaar (verhoging van 0.25 mS/cm aan het eind van het tweede toedieningsjaar in vergelijking met 0.03 bij de landbouwcompost). Ook wanneer de dubbele dosering is ogenschouw genomen wordt leidt fosfaatarme champost tot een hogere EC.
Uit de proeven bij Thomaes en Bal blijkt dat 60 ton DenOuden Landbouwcompost/ha/j aan het eind van het tweede jaar leidt tot een organische stof-gehalte-verhoging van 0.53 procentpunt (op basis van het gevonden verband %OS=0.0059*ton DOLC/ha/j+3.11) en een verhoging van de EC met 0.03 mS/cm. Een gift van 90 ton/ha bleek niet in een jaar helemaal verteerd te kunnen worden, zodat 60 ton/ha een maximum gift lijkt te zijn. Bij een gift van 90 ton/ha leek na vier jaar een

bodemvochtbuffercapaciteitsverhoging van 61 m^3/ha bereikt te zijn, waarbij niet alle compost verteerd was. Bij een gift van 60 ton/ha zal die toename tussen de 40 tot 61 m^3/ha liggen. Waarschijnlijk leidt het afdekken van de grond door de compost tot reductie van bodemverdamping. De compost gaat ook de onkruidgroei tegen, waardoor vochtverlies door verdamping van het onkruid ook voorkomen wordt.

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat een gift van 60 ton DenOuden Landbouwcompost/ha/jaar de meest geschikte gift is van de onderzochte opties om het organische stofgehalte snel te verhogen: de verhoging ligt tussen de 0.53 (na 120 ton/ha verdeeld over twee jaar) en 0.64 procentpunt (na 120 ton/ha verdeeld over drie jaar). De gevonden EC-verhogingen als maat voor het zoutgehalte waren respectievelijk 0.04 en 0.03 mS/cm. De bijbehorende toename van de bodemvochtbuffercapaciteit is 40 tot 61 m^3/ha. Daarnaast zal de op de grond liggende compost ook het vochtverlies door bodemverdamping beperken. De bijbehorende waterbesparing kon niet worden ingeschat, zodat het belang ervan niet kon worden aangeven

Halverwege het project bleek dat fosfaatarme champost, een experimenteel product, niet meer geleverd kon worden, zodat dit product ook voor de praktijk geen optie is. Opvallend was dat de fosfaatarme champost ondanks een twee maal hogere gift een jaar na toepassing nog een zes maal hogere EC liet zien in vergelijking met DenOuden Landbouwcompost. De producten zelf verschillen ook aanzienlijk in EC: de EC van fosfaatarme champost is 4.4 mS/cm en die van DenOuden Landbouwcompost 2.4 (zie bijlagen 1 en 2).

4.4 MycorDip- en Micosat-strategie; discussie en conclusies

Na twee en drie groeiseizoenen bij respectievelijk Slabbekoorn en de Gendt zijn wortelmonsters genomen om de mycorrhiza-bezetting vast te stellen (zie tabel 17). Op beide locaties werden bij alle behandelingen mycorrhiza's vastgesteld maar werden geen significante verschillen gevonden. Hierbij moet worden opgemerkt dat de verschillen tussen de herhalingen groot waren, hetgeen leidt tot een laag onderscheidingsvermogen: de Least Significant Difference bij p=0.05 was gemiddeld over de proeven 20 procentpunt.
Het bovenstaande betekent dat als de MycorDop-strategie kort na planten de mycorrhiza's zou hebben gestimuleerd (wat de hypothese is, maar niet apart is aangetoond) dat dat effect na 2 of 3 groeiseizoenen ieder geval niet meer zo groot is dat een significant effect kan worden aangetoond.

De MycorDip-strategie laat in beide proeven een positief scheutgroei-effect zien. Bij Slabbekoorn was dat maar in 1 jaar het geval, bij de Gendt gedurende de eerste drie jaren (waarbij de groei in het vierde jaar niet meer gemeten is). Bij de Gendt was het groei-effect 25%. In beide testen is ook een positief drachteffect waargenomen. Ook hier was dat bij de Gendt duidelijker en relevanter (want bij een volwaardige dracht waargenomen), namelijk 14% met een vergelijkbare vruchtmaat. Mogelijke verklaringen voor het verschil in effect tussen beide locatie zijn dat peer (proef Slabbekoorn) wellicht minder gebaat is bij mycorrizha's dan appel (proef de Gendt) of dat de beperkte druppelirrigatie met leidingwater bij Slabbekoorn (bij de Gendt was geen kunstmatige watervoorziening aanwezig) de effecten genivelleerd heeft.

Omdat de MycorDip-strategie een verzameling is van toegepaste producten met verschillende ingrediënten in combinatie met specifieke bemestingsmaatregelen kan niet worden aangegeven welke ingrediënten en maatregelen in welke mate hebben bijgedragen aan het positief effect op scheutgroei en productie. De resultaten sluiten ieder geval wel aan bij de hypothese dat het stimuleren van mycorrhiza's bij planten door het enten met sporen van de betreffende schimmels van belang is om bomen minder gevoelig te laten zijn voor droogte; het onderzoek vond immers plaats tijdens de droge jaren van 2017 t/m 2020. Een significant verlagend effect van mycorrhiza-enting op het bodemvochtgehalte conform de hypothese is verder één maal bij Slabbekoorn gevonden, namelijk op 13 augustus 2019, terwijl in 2017 geplant is (zie tabel 9). Bij de Gendt, waar het effect het meest te verwachten is gezien de teeltkundige effecten, is alleen één maal juist een verhogend effect gevonden in het plantjaar (zie tabel 12). Dit is echter ook conform de hypothese aangezien de schimmelgroei na

enting in eerste instantie concurreert met de bovengrondse groei, voordat de bovengrondse groei ervan kan profiteren. In het algemene geldt hier dat het de variatie in bodemvocht zodanig is dat een werkelijk verschil mogelijk te klein is om betrouwbaar aangetoond te kunnen worden. Het onderscheidingsvermogen (L.S.D. bij p=0,05) op 16 september 2020 is 4.0 procentpunt terwijl het gemiddelde bodemvochtgehalte voor beide behandelingen 8.9 (geen MycorDip) en 9.4 procent (wel MycorDip) was. In zo'n situatie is het mogelijk dat het verschil in werkelijkheid 2 procentpunt is, wat op dat vochtniveau een effect op de boom kan hebben.

Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de MycorDip- en Micosatstrategie. Hiervoor moeten behandelingen 4 en 8 vergeleken worden bij beide proeven. Alleen voor bij de scheutgroeimeting bij de Gendt (tabel 10) bleek dat in 2019 bij MycorDip er wel en bij Micosat geen positief significant verschil met onbehandeld aanwezig was; onderling was het verschil echter weer niet significant. Verder is er nergens verschil in significante effecten van de Micostat-strategie met onbehandeld vastgesteld. Mede gezien het beperkte onderscheidingsvermogen in het niet-factoriele deel van de proef (waar de Micosat-behandeling in zit) kunnen op basis hiervan geen conclusies getrokken worden over verschil tussen beide strategieën en is de waarde van de afwezigheid van betrouwbare verschillen beperkt.

Het positief effect van MycorDip-strategie kan niet direct worden vertaald in waterbesparing. Er bestaat hoogstens het vermoeden dat door de mycorrhiza-enting er eerder mycorrhiza's gevormd zijn waardoor in de droge perioden meer water opgenomen kon worden zonder dat berekend kan worden hoeveel dat was.

Tabel 17 *De mycorrhiza-bezetting van de wortels in de proeven bij Slabbekoorn en de Gendt*

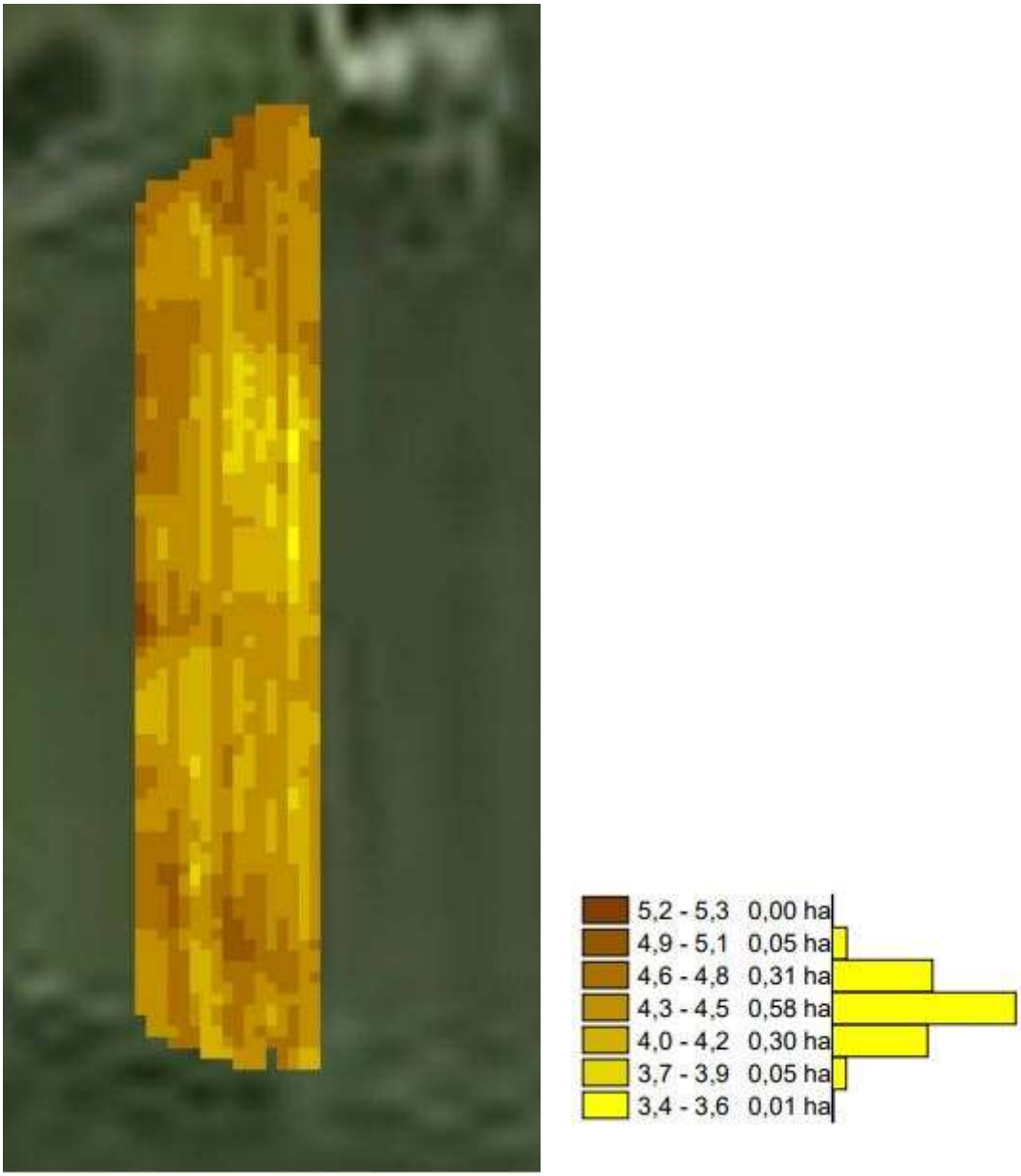
Behandelingen		Mycorrhiza-bezetting wortels (%)	
		Peer (Slabbe-koorn); nov 2019	Appel (de Gendt) okt 2021
1	St.	36	34
2	St. +P-arm 4.5	32	
3	St. +P-arm 6.5	26	
4	MyD	27	26
5	MyD +P-arm 4.5	16	
6	MyD +P-arm 6.5	24	
7	St. + Lb. comp.	25	26
8	Mycosat	35	22
		NS	NS
1-3	St.	31	
4-6	MyD	22	
		NS	
1, 4	geen P-arm	32	
2, 5	P-arm 4.5	24	
3, 6	P-arm 6.5	25	
		NS	

4.5 Test variabiliteit organische stof; de Kater/Geersdijk

4.5.1 Resultaten en discussie

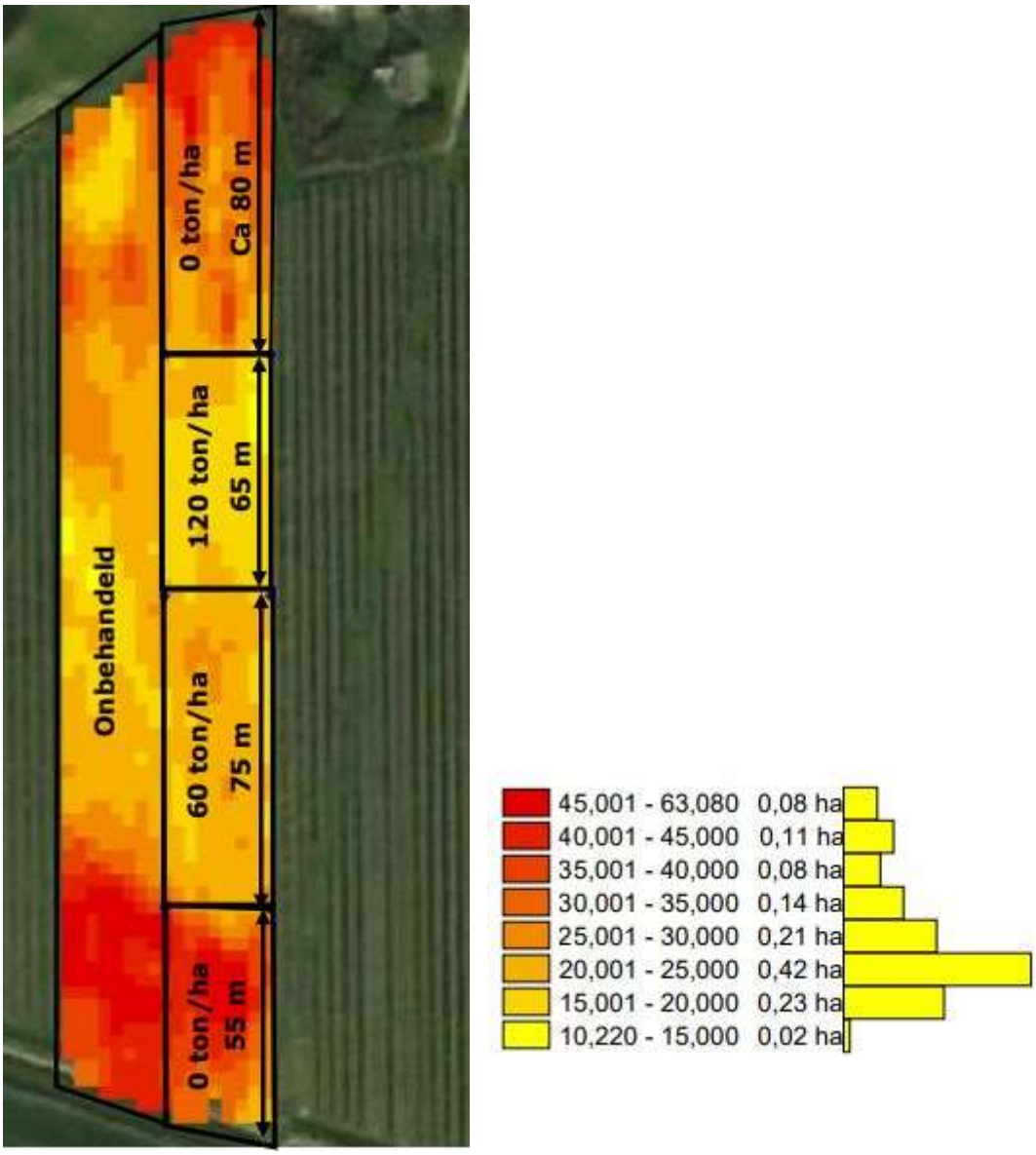
Variabiliteit organische stof bij de start

Op 12 juni 2017 is Veris-scan gemaakt voor de schatting van de variatie in organische stofgehalte van de grasbanen. Dit leidde tot de organische stofkaart van figuur 1. Het organische stofgehalte verschilt behoorlijk en varieert tussen de 3,5 en 5,3%. Er zijn duidelijke clusters en banen met relatief hoge gehalten en een cluster met lage gehalten. Er is dus reden om de organische stofgiften te concentreren op clusters met de gemiddelde en de vooral de lage gehalten en clusters met hoge gehalten over te slaan.



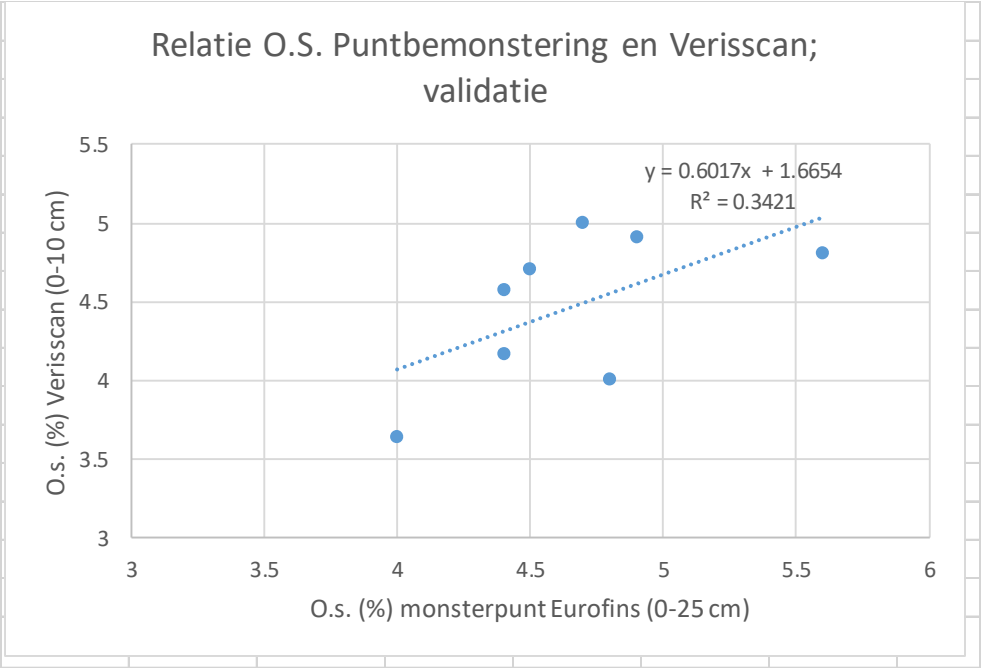
Figuur 1 *De Veris-organische stofkaart van het onderzoeksperceel bij Henk de Kater te Geersdijk*

De EC-kaart is gepresenteerd in figuur. Het is te zien dat de EC-niveau het organische stofgehalte volgt op clusterniveau (zie figuur 2): een hoge EC gaan samen met hoog organische stofgehalte en lage met laag.



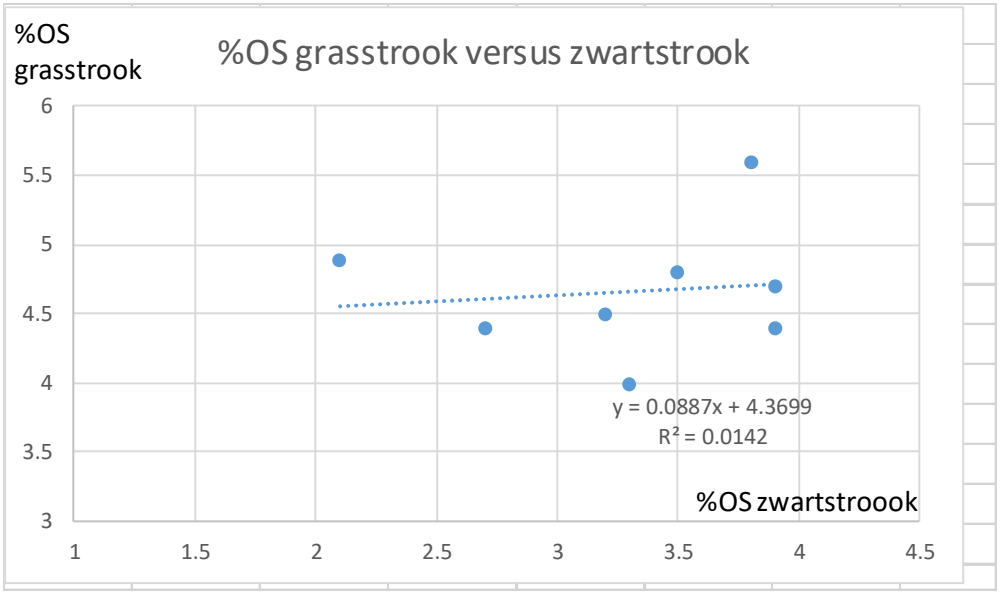
Figuur 2 *Verdeling van hoge en lage giften champost over het perceel bij de Kater in combinatie met de EC-kaart (mS/m); EC is het geleidingsvermogen en een maat voor het zoutgehalte*

De %OS-schatting door de Veris-scan is gekalibreerd op basis van 4 grondmonsteranalyses voor de grasbaan met een range van 4.0 tot 5.4 %OS. De validatie is uitgevoerd op basis van 8 andere bemonsteringsresultaten voor de grasbaan (zie figuur 3). De validatieresultaten geven aan dat de punten redelijk rond de 1:1-lijn liggen maar de correlatie is niet heel sterk (R^2 van 0,34) en de richtingscoëfficiënt van de lijn die de relatie beschrijft is met 0,60 behoorlijk afwijkend van 1,00. Dit kan wellicht verklaard worden door het feit dat de Veris-scan een puntmeting uitgevoerd op ongeveer 10 cm en met het grondmonster een waarde geeft voor de 0-25cm laag. Daarnaast hebben puntmetingen over het algemeen een grotere variatie waardoor de kans op toevallige afwijkingen groter wordt.



Figuur 3 *Validatie-curve van de %OS-schatting van de Veris-scan op basis van 8 grondmonsters over 0-25 diepte op de grasbaan*

De vraag is ook of het organische stofgehalte in de grasbaan een goede (relatieve) maat is voor het gehalte in de naastliggende zwartstrook (ook wel boomstrook genoemd). Uit figuur 4 wordt duidelijk dat die relatie bij de acht bemonsterde combinaties zwak is (het gaat hier om een vergelijking van grondmonsterresultaten genomen over de eerste 25 cm). Wel wordt duidelijk dat het gehalte op van de grasbaan hoger is dan op de zwartstrook. Waarschijnlijk is de organische stofopbouw in de grasstrook zo overheersend (gemiddeld 4,7 versus 3,3%) dat de te verwachten relatie in het niet valt. Hierdoor is de strategie om het organische stofgehalte van de zwartstrook te schatten met een meting in de naburige grasstrook niet succesvol. Het onderzoek heeft zich vervolgens gericht op het vergelijken van het organische stofgehalte van de zwartstrook in de tijd op specifieke plekken waarop verschillende hoeveelheden organische stof is opgebracht.



Figuur 4 *De relatie tussen het organische stofgehalte (%OS) in de grasstrook en de zwartstrook op basis van grondmonsters over 0-25cm diepte*

Fosfaatarme champostgiften

Op basis van organische stofkaart van figuur 1 zijn vakken op het linker deel van het perceel geselecteerd waar de verschillende hoeveelheden champost gegeven moest worden: geen champost waar het (vermeende) organische stofgehalte gemiddeld hoog was (boven- en onderaan) en veel waar het gehalte laag was (direct onder het bovenvak; zie figuur 2). De voorjaarsgiften waren uiteindelijk 0, 54 en 103 ton fosfaatarme champost/ha boomgaard (alles op de zwartstrook van 120 cm breed gebracht). Aan het eind van de eerste twee onderzoeksjaren bleek dat bij beide doseringen, maar vooral bij de hoogste gift, de P-arme champost niet voldoende verteerd was. Bovendien was er geen fosfaatarme champost beschikbaar vanaf het derde jaar. In het derde en vierde jaar is daarom geen fosfaatarme champost meer gegeven. Aan het eind van het vierde jaar was alle champost verteerd, ook bij de hoogste gift.

Meetcampagnes organischesstofgehalte (%OS)

Hoewel de grondmonstercampagnes alleen bedoeld waren voor de kalibratie en validatie van Veris-scan-metingen is het variabiliteitsonderzoek uiteindelijk op basis van deze metingen uitgevoerd. Op basis van een vergelijking van metingen in de boomstroken in juni 2017 voorafgaand aan de champostgiften en december 2020 op dezelfde 8 plekken in het perceel en een meetcampagne op 16 andere plekken in december 2020 werd duidelijk dat het organische stofgehalte bij de hoogste gift met gemiddeld met (0.57+0.69)/2=0.63 procentpunt kon worden verhoogd. Met de halve gift was de verhoging 0.31 procentpunt (zie tabel 18).

De vraag is in welke mate deze verhogingen bijdrage aan het minder variabel zijn van het organische stofgehalte van het perceel. In tabel wordt berekend dat de variabiliteit, uitgedrukt in het verschil tussen de het hoogste en laagste gehalte, op deze manier 36% zou kunnen afnemen (zie tabel 19). De %OS-klassen in deze tabel zijn overgenomen uit de legenda van figuur 1 door de gemiddelde waarde per legenda-eenheid te geven. Bij de hoogste klasse staat 0,00 ha als oppervlak vanwege de afronding; in wezen gaat het om een oppervlak tussen de 0,001 en 0,005 ha. Deze uitkomst geldt voor de grasbaan en er wordt aangenomen dat bij vergelijkbare variatie in de boomstrook dezelfe reductie in variatie bereikt kan worden.

Tabel 18 *Resultaten van %OS-meetcampagnes op basis van grondmonstername over 0-25 cm*

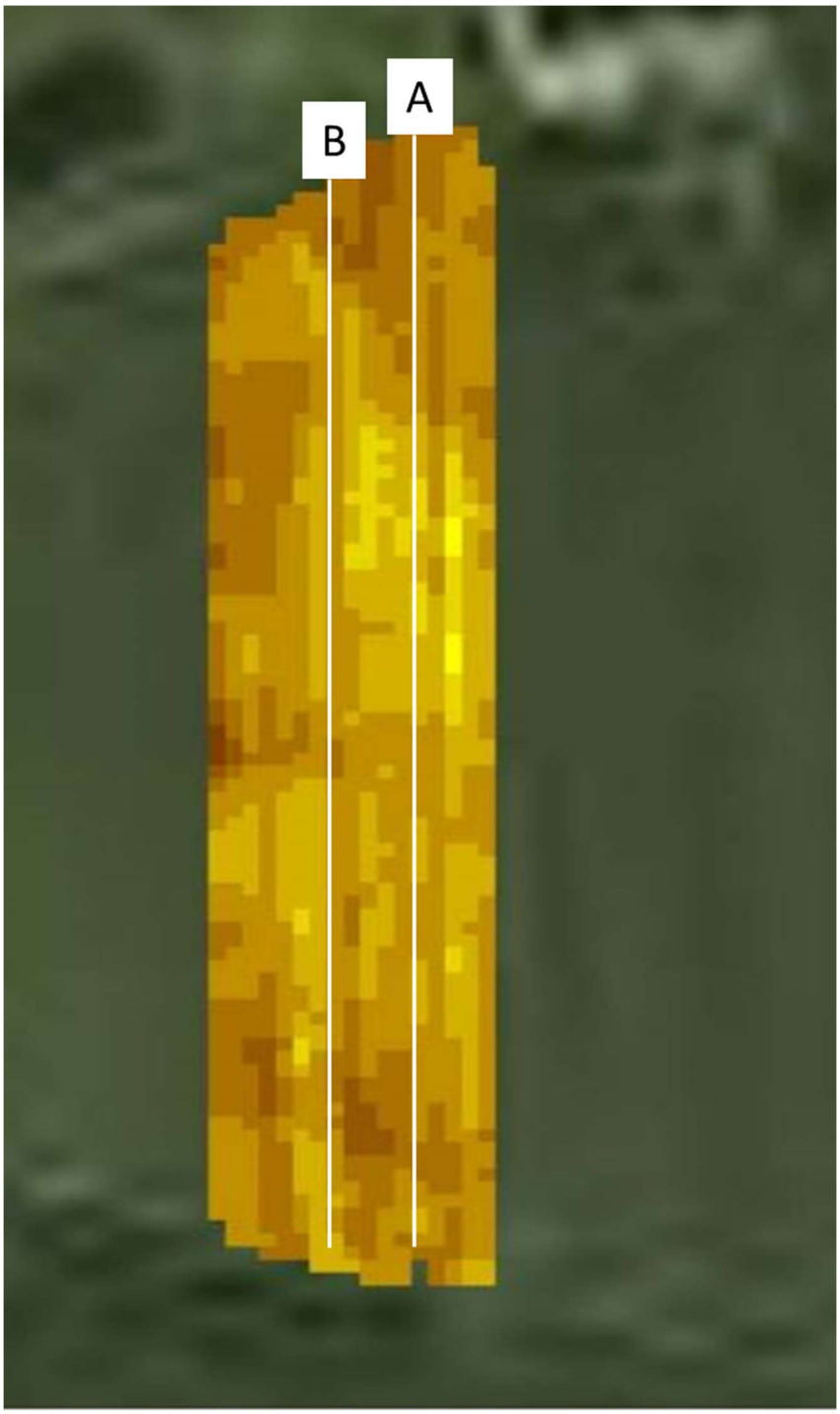
		%OS		
Behandeling	aantal monsters	jun-17	dec-20	verschil tussen tijdstippen
onbehandeld	6	3.27	3.35	0.08
103 ton/ha in '17 en '18	2	3.40	4.05	0.65
verschil met onbehandeld		0.13	0.70	0.57
onbehandeld	8		3.36	
54 ton/ha in '17 en '18	4		3.68	
verschil met onbehandeld			0.31	
103 ton/ha in '17 en '18	4		4.05	
verschil met onbehandeld			0.69	

Tabel 19 *Berekening potentiële reductie van de variabiliteit in organische stofgehalte (%OS)*

%OS juni 2017	ha	Gift P-arme champost; ton/ha (2x)	verhoging %OS	%OS dec. 2020
5.25	0.00	0.00	0.00	5.25
5.00	0.05	54.00	0.31	5.31
4.70	0.31	54.00	0.31	5.01
4.40	0.58	103.00	0.63	5.03
4.10	0.30	103.00	0.63	4.73
3.80	0.05	103.00	0.63	4.43
3.50	0.01	103.00	0.63	4.13
verschil max/min			verschil max/min	
1.75				1.12
				-36%

Uit de EC-metingen in december 2020 bleek dat de EC van het onbehandelde stuk (0.12 mS/cm) weinig verschilde met het gedeelte dat twee maal 103 ton/ha fosfaatarme champost heeft gehad (0.14 mS/cm).

Meetcampagne bodemvochtgehalte.
Op 30 juli 2020 is een bodemvochtmeetcampagne gehouden om een beeld te krijgen van de perceelsvariatie. In boomrij 5, liggend tussen grasbanen 5 en 6 in het onderzoeksperceel weergegeven in figuur 2 (in figuur 5 aangegeven als raai A), en boomrij 10, tussen grasbaan 10 en 11 in het onbehandelde deel (raai B in figuur 5), is over de volle 225 tot 250 m na elke 7m een bodemvochtmeting gedaan over de eerste 23 cm van de bodem. In totaal zijn 67 metingen uitgevoerd. In tabel 20 zijn de resultaten vermeld. Het valt dat de variatie in bodemvochtgehalte groot is, gezien de verschillen tussen de maximum- en minimumwaarden. Vanwege de afwezigheid van een goede relatie tussen het organische stofgehalte van de grasbanen en boomstroken heeft het geen zin om de bodemvochtmetingen op de boomstroken te relateren aan de organische stofgehalte-schattingen van de Veris-scan op de grasbanen.



Figuur 5 *Posities van meetraaien A en B bij de bodemvochtmeetcampagne op 30 juli 2020*

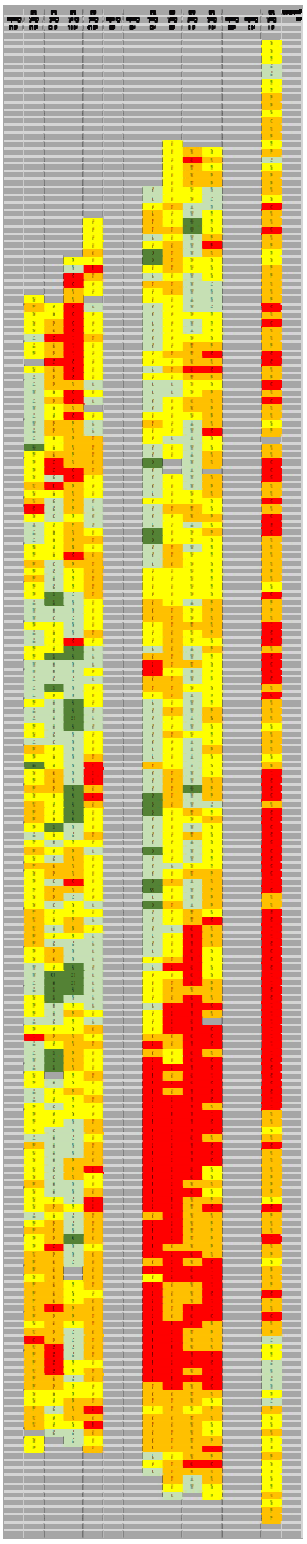
Tabel 20 *Samenvatting van de resultaten van bodemvochtmeetcampagne op 30 juli 2020*

Volumetrisch bodemvocht-gehalte 0-23cm (%)	raai B	raai A
gemiddelde	23.7	22.3
standaardafwijking	2.8	3.1
minimum	15.9	15.1
maximum	28.0	27.4
maximum-minimum	12.1	12.3

Meetcampagne scheutgroei.
De resultaten van de scheutgroeimetingen van 17 december 2020 zijn weergegeven in figuur 6 en tabel 21. Er valt op dat de variatie extreem is variërend van 1 tot 35 meter/boom. De groei wordt volgens fruitteler Henk de Kater bepaald door het bodemprofiel: hoe ondieper het zand aanwezig is hoe minder groei (zie ook 4.5.2.). Op basis daarvan kan de organische stofgift beter gerelateerd worden aan de diepte waarop zand aanwezig is in de bodem of aan de scheutgroei. Aangezien het tegenwoordig mogelijk is om de groei per boom vast te leggen via drones, op basis daarvan taakkaarten te maken voor het geven van kunstmest of compost en dat vervolgens ook zo te doseren per boom ligt de koppeling met de scheutgroei het meest voor de hand.

Tabel 21 *De classificatie van de scheutgroei gebruikt in figuur 6*

kleur	groeicijfer	scheutgroei (m/boom)
	geen boom	
	1	1
	2	
	3	10
	4	
	5	18
	6	
	7	27
	8	
	9	35
	10	



Figuur 6 *Resultaten van de scheutgroeimetingen op de Conference-rijen op 20 december 2020 bij de Kater*

4.5.2 Commentaar Henk de Kater

Henk heeft dit perceel gekozen voor het variabiliteitsonderzoek omdat dit perceel het meest variabele is op zijn bedrijf. De scheutgroeimetingen laten dit heel duidelijk zien.

De oorzaak van de groeiverschillen is de bodemvariatie, zoals op veel plekken in de provincie Zeeland is volgens Henk:

- op sommige plaatsen zit het zand dicht onder de oppervlak, het patroon hiervan is heel grillig; dit ondiepe zand leidt tot een grote droogtegevoeligheid
- op sommige plaatsen is er grond opgebracht ter verbetering
- er zitten behoorlijke hoogteverschillen in het perceel; dit geeft verschil in grondwateropstijging (opdrachtigheid) en dus verschillen in droogtegevoeligheid; door deze hoogteverschillen is peilgestuurde drainage geen optie; ook het egaliseren is geen optie omdat dan de toplaag lokaal zal verdwijnen.

Henk kan op dit moment geen water geven. Het grond- en oppervlaktewater is te zout. Regen- of drainwateropvang heeft hij niet. Hij is wel aan het overwegen om aan drainopvang en- hergebruik te gaan doen. Het gebruik van leidingwater heeft hij nog niet overwogen.

Vooral de laatste drie droge jaren (2018 t/m 2020) was het effect van de bodemvariabiliteit zichtbaar bij de pluk. Vooral tijdens de laatste maand voor de pluk lopen de peren op de droge plekken een grote maat-achterstand op; een behoorlijke verliespost.

4.5.3 Conclusies

Bij de start van het project is gebruik gemaakt van de Veris-scanner om de variabiliteit van het organische stofgehalte te bepalen. Deze scanner kon alleen in de grasbanen meten. Het organische stofgehalte varieerde hierbij van 3,5 en 5,3%. Uit validatiemetingen bleek echter dat de correlatie tussen de uitkomsten van de Veris-scan en de grondmonstermetingen matig was. Uit grondmonsterbepalingen bleek verder dat het organische stofgehalte in de grasbanen niet correleerde met het gehalte in de naastliggende boomstroken. Daardoor is de Veris-scanner niet geschikt gebleken als apparaat om de variabiliteit van het organische stofgehalte vast te leggen. Tijdens het verloop van het project is geen ander apparaat beschikbaar gekomen hiervoor.
Op basis van grondmonstermetingen in de boomstroken voor en na fosfaatarme champostgiften en de Veris-scan resultaten is een schatting gemaakt in hoeverre de variabiliteit in het organische stofgehalte gereduceerd kon worden. De uitkomst hiervan was dat met 206 ton fosfaatarme champost/ha (gegeven op de boomstrook) gegeven in twee beurten in de eerste twee jaar, na vier jaar de variatie, uitgedrukt als het verschil tussen de maximum en minimum waarde, met 33% verminderd kon worden.
Uit metingen van de jaarlijkse scheutgroei bleek dat deze scheutgroei extreem verschilde (1 tot 33 meter/boom) en waarschijnlijk veroorzaakt werd door de variatie in diepte waarop zand voorkwam. Waarschijnlijk is het beter om de organische stofgift hierop af te stemmen en zo de plekken waarop de groei het minst is de groei te stimuleren met een hoger wateraanbod aan het begin van het seizoen.

4.6 Test Flipper.

4.6.1 Bedrijf van Acker/Hulst, nachtvorstberegening, resultaten en discussie

Bij van Acker is de test uitgevoerd in de periode 2019 t/m 2021. In tabel 22 zijn KNMI-weersgegevens weergegeven van de perioden waarin er nachtvorst is opgetreden. Deze metingen zijn afkomstig van het KNMI-station in Westdorpe, 15 km ten westen van de boomgaard waar getest werd. De gepresenteerde temperatuurwaarden geven de temperatuur van de lucht aan (de standaard meetmethode van het KNMI). De bladeren en knoppen in wolkeloze nachten zonder wind met zijn echter kouder dan de lucht vanwege het warmteverlies door het uitstralingseffect. Dit warmteverlies vindt wel plaatst bij de gebruikte plaatsensoren in het Flipperperceel maar niet bij de standaard afgeschermde droge sensoren (vergelijkbaar met de KNMI-sensoren) waardoor deze een lagere temperatuur meten. Tevens blijven deze plaatsensoren rond nul graden Celsius aangeven wanneer ze beregend worden zodanig dat er ijs met druipend water aanwezig is.
Uit tabel 20 wordt duidelijk dat er in de onderzoeksperiode nachtvorst tot -2.2 °C is opgetreden (luchttemperatuur). Dit wordt door het KNMI gekwalificeerd als "lichte nachtvorst". In 2022 werd met KNMI-meetstation Twente op 7 maart -5.3 °C gemeten, wat is als "matige nachtvorst" wordt aangeduid.

Tabel 22 *Weersgegevens KNMI-meetstation Westdorpe, 19 km ten westen van Hulst*

Datum	minimum-temperatuur (graden C)*	uurvak** minimum-temperatuur (uur)	laagste wind-snelheid (m/s)	uurvak laagste wind-snelheid (uur)	hoogste wind-snelheid (m/s)	tijdstip hoogste wind-snelheid (uur)	windrichting *** (graden; dag-gemiddelde)
11-4-2019	1.2	6	4	2	7	18	31
12-4-2019	0.5	24**	2	3	6	11	51
13-4-2019	-1.4	5	2	22	9	17	33
14-4-2019	-1.8	4	1	4	5	11	60
15-4-2019	-0.7	5	1	2	6	12	94
23-3-2020	0.3	6	3	2	6	9	104
24-3-2020	-2.0	6	2	1	4	9	108
25-3-2020	-2.2	6	2	1	6	16	67
26-3-2020	-0.3	5	2	3	8	11	56
27-3-2020	0.9	6	3	1	8	15	31
28-3-2020	5.1	24	4	1	10	11	21
29-3-2020	1.5	24	6	24	14	12	30
30-3-2020	-2.2	6	0	7	7	16	6
12-4-2021	0.0	6	1	5	6	13	298
13-4-2021	-1.0	6	1	3	4	15	353
14-4-2021	-0.1	5	0	7	7	16	13
15-4-2021	-0.4	5	1	5	6	16	19

* meethoogte is 150 cm boven maaiveld
**uurvak: nr geeft uur einde uurvak; 24 is tussen 23 en 24 uur
***360°=Noord; 90°=Oost; 180°=Zuid; 270°=West

Jaar 2019

In 2019 is geen schade aan de bloemen vastgesteld, zodat alleen de temperatuurmetingen enig inzicht geven in de effectiviteit van de Flipper. In de nacht van 12 op 13 april 2019 is de Flipper-installatie te laat aangezet (de Flippersprinklers waren al bevroren) en is de standaard beregening

gebruikt. In de nacht van 13 op 14 april 2019 is de Flipper-installatie wel op tijd aangezet zonder verder de standaard beregening te gebruiken.
Beide nachten waren vergelijkbare nachtvorstnachten, zodat de standaard beregening en de Flipper-beregening via de gedetailleerde temperatuurmeting in de broek van de boom vergeleken kan worden.

In tabel 23 zijn de temperaturen van de eerste nacht weergegeven voor de sensoren op positie T. Duidelijk is dat de standaard temperatuurmeting van de lucht op 150 cm (T-st) hogere waarden geeft dan de plaatsensoren op 250 en 75cm. Dit is het effect van warmte-uitstraling op oppervlakken bij een heldere nacht. Tevens is het effect van hoogte zichtbaar: de plaatsensoren op 250 cm geven een hogere waarde dan het gemiddelde op 75 cm (zie de laatste kolom voor het verschil).
De standaardtemperatuur in het perceel daalt tot rond 1.0 °C rond 23:00 uur, loopt dan weer iets op tot 1.5 °C en zakt vervolgens weer tot 0.8 °C rond 01:00 uur. Rond 00:35 uur was de standaard beregening aangezet, nadat bleek dat de Flipperinstallatie bevroren was; in de tabel het gewenste effect van de beregening in groen weergegeven (rekening houdend met een afwijking van de plaatsensoren van enkele tienden graad Celsius; sensor West-40 geeft bijvoorbeeld -0.3 gedurende de nacht terwijl de temperatuur bij stromend water op ijs 0.0 graden is). De hoge plaatsensoren geven van 23:00 tot 00:30 u 1.0 tot 1.5 graad lager aan, terwijl om 00:25 het verschil kort 1.9 °C is bij een absolute temperatuur van -0.9 °C (ook bij de plaatsensoren in de broek van de boom zakt de temperatuur rond die tijd voor korte tijd). Mogelijk dat toen de Flipperinstallatie is aangezet en bevroren bleek. Rond 01:00 uur stabiliseren alle temperaturen in de broek van de boom rond 0 graden, hetgeen duidt op de effectieve werking van de standaardberegening.
Gedurende de nacht daalt de standaardtemperatuur langzaam tot 0.1 °C om 06:15 waarna deze weer langzaam begint te stijgen. Kort daarna stijgt geeft ook de hoge plaatsensor stijgende temperatuur aan. De plaatsensoren in de broek van de boom blijven het langst rond de nul graden aangeven. Aan de oostkant van de boom, de zonkant, warmt vervolgens in de ochtend het snelst op, hetgeen in de metingen om 08:20 en 08:25 terug te zien is (sensor 70 cm aan de oostkant warmt het snelst op).
Uit het oogpunt van bescherming van gewasdelen tegen bevriezing was het een succesvolle nacht is geweest. De Flipper-installatie was echter te laat aangezet. Op zich was bekend dat de Flipper-installatie vroeger aangezet moest worden, maar dit was onderschat.

Tabel 23 *Resultaten van temperatuurmetingen op positie T in de nacht van 12 op 13 april 2019 in de boomgaard te Hulst op basis van een enkele meetboom (z.o.z.)*

		T-st*	Temperatuur plaatsensoren op 75 cm hoogte (°C); afstand tot de stam loodrecht op de bomenrij (cm)							T-pl 250cm **	T-min ***	T-diff broek ****	T-diff top *****
		(°C)	oostelijk			stam	westelijk			(°C)			
datum	tijd		70	55	40	0	40	55	70				
12-4-2019	22:20:00	2.5	1.0	0.8	0.9	1.7	0.9	1.2	0.9	1.2	0.8	0.9	0.1
12-4-2019	22:25:00	2.4	0.8	0.6	0.6	1.4	0.4	0.5	0.5	0.8	0.4	1.0	0.1
12-4-2019	22:30:00	2.3	0.1	0.0	0.1	1.0	0.0	0.2	0.2	0.5	0.0	1.0	0.3
12-4-2019	22:35:00	2.1	0.2	0.1	0.3	1.3	0.4	0.6	0.4	0.8	0.1	1.2	0.3
12-4-2019	22:40:00	1.9	0.1	0.0	0.0	0.9	-0.1	0.0	-0.3	0.3	-0.3	1.2	0.2
12-4-2019	22:45:00	1.7	-0.7	-0.8	-0.6	0.3	-0.8	-0.7	-0.9	-0.3	-0.9	1.2	0.3
12-4-2019	22:50:00	1.4	-1.5	-1.6	-1.4	-0.1	-1.4	-1.3	-1.4	-0.6	-1.6	1.5	0.6
12-4-2019	22:55:00	1.1	-1.3	-1.4	-1.2	-0.1	-1.2	-1.1	-1.3	-0.5	-1.4	1.3	0.6
12-4-2019	23:00:00	0.9	-1.6	-1.7	-1.4	-0.3	-1.4	-1.3	-1.6	-0.3	-1.7	1.4	1.0
12-4-2019	23:05:00	0.9	-0.4	-0.6	-0.4	0.6	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.6	1.2	0.1
12-4-2019	23:10:00	1.0	-0.3	-0.7	-0.5	0.3	-0.7	-0.5	-0.6	0.1	-0.7	1.0	0.5
12-4-2019	23:15:00	1.2	0.0	-0.3	-0.2	0.5	-0.4	-0.2	-0.4	0.0	-0.4	0.9	0.1
12-4-2019	23:20:00	1.5	0.3	0.1	0.2	1.0	0.2	0.4	0.3	0.4	0.1	0.9	0.0
12-4-2019	23:25:00	1.5	0.2	0.0	0.1	0.8	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.8	0.3
12-4-2019	23:30:00	1.6	0.4	0.3	0.4	1.0	0.4	0.7	0.6	0.6	0.3	0.7	0.1
12-4-2019	23:35:00	1.7	0.2	0.1	0.1	0.9	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.9	0.1
12-4-2019	23:40:00	1.6	0.1	0.0	0.1	0.8	-0.2	-0.1	-0.3	0.1	-0.3	1.1	0.0
12-4-2019	23:45:00	1.5	-0.5	-0.7	-0.6	0.5	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.7	1.2	0.2
12-4-2019	23:50:00	1.3	-0.7	-0.9	-0.7	0.4	-0.6	-0.4	-0.4	0.0	-0.9	1.3	0.5
12-4-2019	23:55:00	1.2	-0.6	-0.6	-0.5	0.4	-0.3	0.0	-0.2	0.3	-0.6	1.0	0.6
13-4-2019	00:00:00	1.2	-0.5	-0.8	-0.6	0.5	-0.2	0.0	0.0	0.0	-0.8	1.3	0.2
13-4-2019	00:05:00	1.2	-0.6	-0.8	-0.6	0.3	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.8	1.1	0.3
13-4-2019	00:10:00	1.1	-0.5	-0.8	-0.7	0.3	-0.4	-0.1	-0.2	-0.2	-0.8	1.1	0.1
13-4-2019	00:15:00	1.1	0.3	0.2	0.2	0.8	-0.1	0.0	-0.1	0.2	-0.1	0.9	0.0
13-4-2019	00:20:00	1.1	-0.1	-0.3	-0.3	0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.1	-0.4	0.8	0.1
13-4-2019	00:25:00	1.0	-0.5	-0.8	-0.9	-0.2	-1.3	-1.2	-1.4	-0.9	-1.4	1.2	0.0
13-4-2019	00:30:00	0.8	-1.2	-1.5	-1.3	-0.5	-0.4	-0.2	-1.2	0.1	-1.5	1.3	1.0
13-4-2019	00:35:00	0.7	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2	-0.3	0.0	-0.5	0.6	-1.0	1.0	1.1
13-4-2019	00:40:00	0.7	-1.0	-0.9	-0.4	-0.1	-0.3	0.0	-0.3	0.5	-1.0	1.0	0.9
13-4-2019	00:45:00	0.7	-1.0	-0.4	-0.3	-0.1	-0.3	0.0	-0.3	0.7	-1.0	1.0	1.0
13-4-2019	00:50:00	0.7	-1.0	-0.2	-0.1	-0.1	-0.3	0.0	-0.3	0.6	-1.0	1.0	0.9
13-4-2019	00:55:00	0.8	-0.4	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	0.0	-0.3	0.6	-0.4	0.4	0.8
13-4-2019	01:00:00	0.8	-0.4	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.5	-0.4	0.4	0.7
13-4-2019	01:05:00	0.8	-0.4	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	0.0	-0.3	0.6	-0.4	0.4	0.8
13-4-2019	01:10:00	0.8	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.2	0.5	-0.3	0.3	0.6
13-4-2019	01:15:00	0.8	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.2	0.5	-0.3	0.3	0.6
13-4-2019	01:20:00	0.8	-0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	0.0	-0.2	0.5	-0.3	0.3	0.6
13-4-2019	01:25:00	0.8	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.2	0.5	-0.3	0.3	0.6
		0.8/0.1	(van 01:25:00 tot 06:15:00 is er geen verloop in temperatuur bij alle plaatsensoren)										
13-4-2019	06:15:00	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.5	-0.3	0.3	0.6
13-4-2019	06:20:00	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.4	-0.3	0.3	0.5
13-4-2019	06:25:00	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.3	0.7	-0.3	0.3	0.8
13-4-2019	06:30:00	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.2	1.5	-0.3	0.3	1.6
13-4-2019	06:35:00	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.2	2.0	-0.3	0.3	2.1
13-4-2019	06:40:00	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.2	2.0	-0.3	0.3	2.1
13-4-2019	06:45:00	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	2.5	-0.2	0.2	2.6
13-4-2019	06:50:00	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	2.6	-0.2	0.2	2.7
13-4-2019	06:55:00	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	3.3	-0.2	0.3	3.3
13-4-2019	07:00:00	1.9	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	3.6	-0.2	0.3	3.7
13-4-2019	07:05:00	2.1	0.1	0.1	0.0	0.1	-0.1	0.0	-0.1	4.3	-0.1	0.2	4.4
13-4-2019	07:10:00	2.5	0.2	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	3.9	-0.1	0.3	3.9
13-4-2019	07:15:00	2.6	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	0.2	3.4
13-4-2019	07:20:00	3.0	0.2	0.3	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.0	2.8	-0.1	0.4	2.8
13-4-2019	07:25:00	3.6	0.3	0.4	0.2	0.3	0.0	0.1	0.0	3.7	0.0	0.4	3.7
13-4-2019	07:30:00	4.0	0.4	0.4	0.2	0.4	0.0	0.1	0.0	3.5	0.0	0.4	3.5
13-4-2019	07:35:00	4.1	0.5	0.4	0.2	0.5	0.0	0.2	0.0	4.0	0.0	0.5	4.0
13-4-2019	07:40:00	4.2	0.3	0.5	0.3	1.3	0.1	0.3	0.1	3.4	0.1	1.2	3.3
13-4-2019	07:45:00	4.3	0.6	0.6	0.3	3.4	0.1	0.4	0.1	4.0	0.1	3.3	3.9
13-4-2019	07:50:00	4.5	0.5	0.6	0.3	4.1	0.2	0.5	0.1	4.2	0.1	4.0	4.1
13-4-2019	07:55:00	4.8	0.4	0.4	0.4	4.1	0.2	0.7	0.2	4.3	0.2	3.9	4.1
13-4-2019	08:00:00	5.2	0.4	0.5	0.4	4.3	0.2	0.7	0.3	4.2	0.2	4.1	3.9
13-4-2019	08:05:00	5.3	0.5	0.7	0.5	4.9	0.2	0.7	0.3	4.9	0.2	4.7	4.6
13-4-2019	08:10:00	5.3	0.5	1.0	0.6	4.8	0.3	0.9	0.3	4.7	0.3	4.5	4.4
13-4-2019	08:15:00	5.5	0.6	0.9	1.4	5.2	0.3	0.8	0.5	5.0	0.3	4.9	4.5
13-4-2019	08:20:00	6.0	1.3	2.5	3.9	6.0	0.3	1.4	0.7	5.4	0.3	5.7	4.7
13-4-2019	08:25:00	6.1	6.4	6.1	4.2	6.0	0.5	1.8	0.8	5.5	0.5	5.9	4.7

*Standaard temperatuurmeting (150cm hoogte; droge, afgeschermde sensor); meting in het Flipper-perceel

**Temperatuurmeting met plaatsensor op 250 cm hoogte (hoogte van de Flipper-sprinkler)

***Minimum-temperatuur op 75 hoogte in de boom

****Verschil minimum- en maximum-temperatuur op 75 hoogte in de boom

*****Verschil temperatuur op 250 cm met gemiddelde temperatuur op 75 hoogte

In tabel 24 zijn de temperaturen van de tweede nacht weergegeven (voor positie T). Tussen 20:00 en 21:00 uur daalt de temperatuur van de standaardsensor van 2.7 naar -0.1 °C terwijl de hoge plaatsensor al -1.3 °C aangeeft. De Flipper-installatie is tussen 21:00 en 21:30 aangezet. Het duurt tot 22:00/22:30 u voordat alle plaatsensoren in de broek van de boom stabiele temperaturen rond 0 graden aangeven (in groen aangegeven); de meest westelijke sensor blijft het langst iets lagere temperaturen aangeven. Aan het eind van de nacht gebeurt dit gedurende een half uur in mindere mate nog een keer: tussen 04:10 en 04:40 van -0.4 tot -0.8 in plaats van -0.3 graden Celsius (in groen aangegeven). Dit moment komt overeen met de laagste temperaturen in die nacht volgens het KNMI (zie tabel 22; de standaard temperatuur meting weergegeven in de tabellen is de meting in het Flipperperceel, niet erbuiten).

Er is in 2019 geen schade aan de knoppen en bloemen ontstaan. In de periode 12-14 april waren de eerste bloemen opgegaan, zodat de bloemen in een voor nachtvorstschade kwetsbare fase zaten. De meetresultaten met de plaatsensoren in de broek van meetboom T met de twee beregeningsinstallaties gedurende de twee nachten met redelijk vergelijkbare nachtvorst (de tweede nacht met de Flipperinstallatie had een langere en diepere nachtvorst, maar beide vallen in de categorie "lichte nachtvorst") laten zien dat beide installaties de nachtvorst goed hebben opgevangen, waarbij de meest westelijke sensor in de Flippernacht niet de hele nacht rond de nul aangaf (bij de start duurde het een uur voordat de nul werd bereikt en halverwege de nacht op het koudste moment gedurende een half uur was de temperatuur enkele tienden lager).
De hoogste plaatsensor laat in de eerste nacht bij het opstarten van de Flipperinstallatie een minimum temperatuur zien van -0.9 °C gedurende vijf minuten tussen 00:00 en 01:00 uur en verder niet lager dan -0.2 °C terwijl de Flipperinstallatie bevroren was. In de tweede nacht werd met de hoge plaatsensor gedurende langere tijd lagere temperaturen van -1.1 tot -1.5 °C gemeten zonder dat de installatie bevroor. Dit was gecorreleerd met een luchtvochtigheid van 73% om 00:00 uur tot 85% om 00:40 in de eerste nacht en 88% om 20:25 uur en 94% om 21:30 uur in de tweede nacht. Ook met de plaatsensoren moet dus nog gecorrigeerd worden voor luchtvochtigheid om op basis van deze temperatuur het startmoment voor de Flipperinstallatie vast te stellen.

Tabel 24 *Resultaten van temperatuurmetingen op positie T in de nacht van 13 op 14 april 2019 in de boomgaard te Hulst op basis van een enkele meetboom (z.o.z.)*

		T-st*	Temperatuur plaatsensoren op 75 cm hoogte (°C); afstand tot de stam loodrecht op de bomenrij (cm)							T-pl 250cm **	T-min ***	T-diff broek ****	T-diff top *****
		(°C)	oostelijk			stam	westelijk			(°C)			
datum	tijd		70	55	40	0	40	55	70				
13-4-2019	20:00:00	2.7	0.4	0.4	0.3	1.4	0.5	0.8	0.6	1.3	0.3	1.1	0.7
13-4-2019	20:05:00	2.5	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1	0.0	0.9	0.0	0.9	0.8
13-4-2019	20:10:00	2.2	-0.1	-0.3	-0.2	0.7	-0.2	0.0	-0.1	0.7	-0.3	1.0	0.7
13-4-2019	20:15:00	1.9	-0.5	-0.5	-0.5	0.2	-0.7	-0.4	-0.6	0.2	-0.7	0.9	0.6
13-4-2019	20:20:00	1.5	-0.4	-0.4	-0.4	0.5	-0.4	-0.2	-0.4	0.3	-0.4	0.9	0.5
13-4-2019	20:25:00	1.2	-1.4	-1.5	-1.3	-0.4	-1.3	-1.2	-1.4	-1.0	-1.5	1.1	0.2
13-4-2019	20:30:00	0.8	-1.5	-1.5	-1.3	-0.5	-1.4	-1.3	-1.5	-1.1	-1.5	1.0	0.2
13-4-2019	20:35:00	0.6	-1.7	-1.7	-1.6	-0.7	-1.7	-1.5	-1.8	-1.1	-1.8	1.1	0.4
13-4-2019	20:40:00	0.3	-1.7	-1.8	-1.6	-0.7	-1.7	-1.6	-1.9	-1.3	-1.9	1.2	0.3
13-4-2019	20:45:00	0.1	-1.7	-1.7	-1.5	-0.7	-1.7	-1.5	-1.8	-1.1	-1.8	1.1	0.4
13-4-2019	20:50:00	0.1	-1.6	-1.5	-1.4	-0.7	-1.7	-1.6	-1.8	-1.1	-1.8	1.1	0.4
13-4-2019	20:55:00	0.0	-1.8	-1.8	-1.6	-0.9	-1.9	-1.8	-2.0	-1.5	-2.0	1.1	0.2
13-4-2019	21:00:00	-0.1	-1.9	-1.9	-1.7	-1.0	-1.9	-1.8	-2.0	-1.3	-2.0	1.0	0.4
13-4-2019	21:05:00	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.5	-0.3	-1.2	-0.2	-1.2	1.1	0.3
13-4-2019	21:10:00	-0.3	-0.4	-1.2	-0.3	-0.4	-0.7	-0.8	-1.8	-0.5	-1.8	1.5	0.3
13-4-2019	21:15:00	-0.2	-0.3	-1.2	-0.4	-0.4	-0.9	-1.1	-1.8	-0.8	-1.8	1.5	0.1
13-4-2019	21:20:00	-0.1	-0.4	-1.7	-0.4	-0.3	-0.9	-1.1	-1.4	-0.5	-1.7	1.4	0.4
13-4-2019	21:25:00	-0.2	-0.5	-2.1	-0.5	-0.2	-0.3	-0.5	-1.5	-0.1	-2.1	1.9	0.7
13-4-2019	21:30:00	-0.1	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	-0.4	-0.1	-0.4	0.3	0.1
13-4-2019	21:35:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.9	0.0	-0.9	0.9	0.2
13-4-2019	21:40:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-0.9	0.0	-0.9	0.9	0.2
13-4-2019	21:45:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-0.8	0.1	-0.8	0.8	0.3
13-4-2019	21:50:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-0.9	0.5	-0.9	0.9	0.7
13-4-2019	21:55:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-1.0	0.8	-1.0	1.0	1.0
13-4-2019	22:00:00	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.4	1.5	-0.4	0.4	1.6
13-4-2019	22:05:00	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.4	1.1	-0.4	0.4	1.2
13-4-2019	22:10:00	0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.6	0.9	-0.6	0.6	1.0
13-4-2019	22:15:00	0.5	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.4	1.0	-0.4	0.4	1.1
13-4-2019	22:20:00	0.7	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.3	1.1	-0.3	0.3	1.2
13-4-2019	22:25:00	0.8	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	0.0	-0.3	1.3	-0.3	0.3	1.4
		0.8/-0.1	(van 22:30:00 tot 04:05:00 is er geen verloop in temperatuur bij alle plaatsensoren)										
14-4-2019	04:05:00	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	0.0	-0.3	1.3	-0.3	0.3	1.4
14-4-2019	04:10:00	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.4	1.1	-0.4	0.4	1.3
14-4-2019	04:15:00	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.4	1.1	-0.4	0.4	1.2
14-4-2019	04:20:00	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.3	-0.1	-0.5	0.9	-0.5	0.5	1.1
14-4-2019	04:25:00	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.4	-0.1	-0.6	0.8	-0.6	0.6	1.0
14-4-2019	04:30:00	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.4	-0.2	-0.8	0.8	-0.8	0.8	1.0
14-4-2019	04:35:00	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.4	-0.2	-0.8	1.0	-0.8	0.8	1.2
14-4-2019	04:40:00	-0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-0.4	1.6	-0.4	0.4	1.7
14-4-2019	04:45:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-0.3	1.6	-0.3	0.3	1.7
		-0.1/0.6	(van 04:50:00 tot 07:05:00 is er geen verloop in temperatuur bij alle plaatsensoren)										
14-4-2019	07:05:00	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	1.6	-0.2	0.2	1.7
14-4-2019	07:10:00	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	1.8	-0.2	0.2	1.9
14-4-2019	07:15:00	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	2.1	-0.2	0.2	2.2
14-4-2019	07:20:00	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	2.3	-0.2	0.2	2.3
14-4-2019	07:25:00	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	2.3	-0.2	0.2	2.3
14-4-2019	07:30:00	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	2.0	-0.2	0.2	2.0
14-4-2019	07:35:00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	1.7	-0.2	0.2	1.7
14-4-2019	07:40:00	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	1.9	-0.2	0.2	1.9
14-4-2019	07:45:00	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	2.1	-0.1	0.2	2.1
14-4-2019	07:50:00	1.4	0.1	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.0	2.2	-0.1	0.2	2.1
14-4-2019	07:55:00	1.5	0.1	0.1	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.0	2.3	-0.1	0.3	2.2
14-4-2019	08:00:00	1.7	0.2	0.2	0.1	0.4	-0.1	0.1	0.0	2.6	-0.1	0.5	2.5
14-4-2019	08:05:00	1.8	0.1	0.1	0.1	0.8	-0.1	0.1	0.0	2.9	-0.1	0.9	2.7
14-4-2019	08:10:00	2.2	0.2	0.2	0.1	1.8	0.0	0.2	0.0	3.6	0.0	1.8	3.2
14-4-2019	08:15:00	2.2	0.2	0.2	0.1	1.7	0.0	0.2	0.0	2.9	0.0	1.7	2.6
14-4-2019	08:20:00	2.4	0.3	0.3	0.2	2.2	0.0	0.2	0.0	3.3	0.0	2.2	2.8
14-4-2019	08:25:00	2.9	0.4	0.5	0.3	2.8	0.0	0.3	0.1	3.8	0.0	2.8	3.2

*Standaard temperatuurmeting (150cm hoogte; droge, afgeschermde sensor); meting in het Flipper-perceel

**Temperatuurmeting met plaatsensor op 250 cm hoogte (hoogte van de Flipper-sprinkler)

***Minimum-temperatuur op 75 hoogte in de boom

****Verschil minimum- en maximum-temperatuur op 75 hoogte in de boom

*****Verschil temperatuur op 250 cm met gemiddelde temperatuur op 75 hoogte

Jaar 2020

In 2020 er zijn vier nachtvorstnachten geweest (zie tabel 22). Tijdens de eerste nacht van 23 op 24 maart is de Flipperinstallatie op tijd aangezet en gebruikt. De teler meldt echter dat om 08:00 het filter van de pomp dicht geslipt was. De druk was teruggevallen tot 1 bar en de Flipper hebben niet hun volle bereik gehad: alleen de bomen dichtbij de Flippers krijgen nog water. De reden is een ijzerverontreiniging van het grondwater: er was blijkbaar te weinig van het eerste water geloosd. Bij de andere nachtvorstnachten in maart is dit niet meer voorgekomen. De verstopping heeft waarschijnlijk de hele nacht al effect gehad: de temperaturen van de plaatsensoren onder in de meetbomen T en F laten gedurende de hele nacht niet de waarden rond nul graden zien die bij een goede controle van nachtvorst hoort: de over de 7 sensoren gemiddelde laagste temperatuur in de broek van de boom was -3.4 °C (meetboom F, 3^{e} van de 6 bomen tussen de Flippers) en -4.1 °C (meetboom T, de boom naast de Flipper). Op sensorniveau waren de minima respectievelijk -4.1 en -4.9 °C. De hoogste minimale waarden waren respectievelijk -2.7 en -3.2 °C. Bij de meetboom naast de Flipper was de bescherming bij de stam relatief iets beter dan aan de randen van de boom; bij de meetboom op grotere afstand van de Flipper was dat verschil minder groot. Ondanks dat de fruitteler meldde dat de bomen dicht bij de Flippers nog wat water kregen leidde dat bij de meetboom naast de Flipper op basis van de temperatuurmetingen niet tot een duidelijk betere vorstbescherming dan de meetboom op ongeveer 3 meter van de Flipper.

In de nacht van 24 op 25 maart was de Flipperinstallatie te laat gestart en was daarom bevroren. In plaats daarvan is de standaardberegening gebruikt. De temperatuursensoren in de broek van de boom laten tijdens de beregening de waarden rond nul aan zoals ook op 12 op 13 april in 2019 toen de standaard beregening gebruikt is. De vorstbescherming was dus geslaagd, hoewel niet door de Flippers.

In de nacht van 25 op 26 maart is niet beregend omdat de nachtvorst niet erg genoeg was volgens de fruitteler. Met de plaatsensoren is ook nauwelijks vorst vastgesteld. Incidenteel is een paar tienden vorst gemeten.

In de nacht van 29 op 30 maart is de Flipperinstallatie technisch succesvol gebruikt. Met de sensoren in meetboom F (derde boom naast een Flipper) zijn geen temperaturen onder nul gemeten gedurende de hele nacht. Op positie T (eerste boom naast de Flipper) schommelden de temperaturen rond de nul graden, waarbij tussen 01:30 en 02:30 de temperatuur bij de drie westelijke sensoren op 40 tot 70 cm van de stam daalde tot rond de -1 graden (zie tabel 25; met groen is een goede nachtvorstbescherming aangegeven, rekening houdend met een mogelijke afwijking van de sensoren van enkelen tienden graad Celsius).
Uit de metingen op 29 en 30 maart kan worden afgeleid dat midden tussen de Flippers (meetboom F) de vorstpreventie die nacht volledig slaagde en vlak naast de Flippers (meetboom T) er tijdelijk aan één kant van de boom temperaturen rond -1 graad voorkwamen. Wat de temperatuur zou zijn geweest zonder Flipperberegening is niet gemeten omdat er in t/m 2020 geen plaatsensoren buiten het bereik van Flippers zijn geplaatst.

Tabel 25 *Resultaten van temperatuurmetingen bij boom T in de nacht van 29 op 30 maart 2020 in de boomgaard te Hulst (z.o.z.)*

		T-st*	Temperatuur plaatsensoren op 75 cm hoogte (°C); afstand tot de stam loodrecht op de bomenrij (cm)							T-pl 250cm **	T-min ***	T-diff broek ****	T-diff top *****
		(°C)	oostelijk			stam	westelijk			(°C)			
datum	tijd		70	55	40	0	40	55	70				
30-3-2020	01:00:00	1.2	0.3	0.0	0.1	0.7	0.3	0.4	0.5	0.5	0.0	0.7	0.2
30-3-2020	01:05:00	1.3	0.4	0.3	0.4	0.9	0.4	0.4	0.6	0.6	0.3	0.6	0.1
30-3-2020	01:10:00	1.3	0.3	0.0	0.1	0.8	0.5	0.5	0.6	0.5	0.0	0.8	0.1
30-3-2020	01:15:00	1.3	0.1	0.0	0.0	0.6	0.2	0.2	0.4	0.3	0.0	0.6	0.1
30-3-2020	01:20:00	1.2	0.1	0.0	0.0	0.7	0.3	0.3	0.5	0.4	0.0	0.7	0.1
30-3-2020	01:25:00	1.0	-0.1	-0.2	-0.1	0.0	-0.5	-0.5	-0.2	-0.8	-0.5	0.5	-0.6
30-3-2020	01:30:00	0.7	-0.2	-0.3	-0.2	-0.7	-1.2	-1.2	-0.9	-0.3	-1.2	1.0	0.4
30-3-2020	01:35:00	0.6	-0.4	-0.1	-0.1	-0.6	-1.2	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	1.1	0.3
30-3-2020	01:40:00	0.6	-0.4	-0.1	-0.1	-0.4	-1.0	-0.4	-0.7	-0.2	-1.0	0.9	0.2
30-3-2020	01:45:00	0.6	-0.6	-0.2	-0.1	-0.5	-1.2	-0.8	-0.8	-0.2	-1.2	1.1	0.4
30-3-2020	01:50:00	0.5	-0.6	-0.1	-0.1	-0.5	-1.2	-0.4	-0.9	-0.1	-1.2	1.1	0.4
30-3-2020	01:55:00	0.5	-0.5	-0.1	-0.1	-0.6	-1.2	-0.9	-0.9	-0.1	-1.2	1.1	0.5
30-3-2020	02:00:00	0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.5	-0.7	-0.9	-0.8	-0.1	-0.9	0.8	0.4
30-3-2020	02:05:00	0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.6	-0.5	-0.2	-1.1	-0.1	-1.1	1.0	0.3
30-3-2020	02:10:00	0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.6	-0.5	-0.1	-1.0	-0.1	-1.0	1.0	0.2
30-3-2020	02:15:00	0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.6	-0.6	-0.1	-0.9	-0.1	-0.9	0.9	0.2
30-3-2020	02:20:00	0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.6	-0.5	-0.1	-0.9	-0.1	-0.9	0.9	0.2
30-3-2020	02:25:00	0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.7	-0.5	-0.1	-1.0	0.0	-1.0	1.0	0.4
30-3-2020	02:30:00	0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.7	-0.6	-0.1	-1.0	0.0	-1.0	1.0	0.4
30-3-2020	02:35:00	0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.8	-0.8	-0.1	-0.4	-0.1	-0.8	0.7	0.2
30-3-2020	02:40:00	0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.6	-0.7	-0.1	-0.4	0.0	-0.7	0.7	0.3
30-3-2020	02:45:00	0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.6	-0.6	-0.1	-0.4	0.0	-0.6	0.6	0.3
30-3-2020	02:50:00	0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.6	-0.1	-0.4	0.0	-0.6	0.6	0.2
30-3-2020	02:55:00	0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.4	0.0	-0.5	0.5	0.2
30-3-2020	03:00:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.6	-0.1	-0.4	0.0	-0.6	0.6	0.2
30-3-2020	03:05:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.4	0.0	-0.5	0.5	0.2
30-3-2020	03:10:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.4	0.0	-0.5	0.5	0.2
30-3-2020	03:15:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.6	-0.1	-0.4	0.0	-0.6	0.6	0.2
30-3-2020	03:20:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.6	-0.1	-0.4	0.0	-0.6	0.6	0.2
30-3-2020	03:25:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.4	0.0	-0.5	0.5	0.2
30-3-2020	03:30:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.4	0.0	-0.5	0.5	0.2
30-3-2020	03:35:00	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.6	-0.1	-0.5	0.0	-0.6	0.6	0.2
30-3-2020	03:40:00	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.5	0.0	-0.5	0.5	0.2
30-3-2020	03:45:00	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.5	-0.1	-0.4	0.0	-0.5	0.5	0.2
		-0.2/-0.3	(03:45 tot 05:55: geen verloop bij de plaatsensoren onderin de boom, behalve bij West-40)										
30-3-2020	05:55:00	-0.3	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	0.0	-0.3	0.2	-0.3	0.3	0.3
30-3-2020	06:00:00	-0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.2	-0.3	0.3	0.3
30-3-2020	06:05:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.2	-0.3	0.3	0.3
30-3-2020	06:10:00	-0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.2	-0.3	0.3	0.3
30-3-2020	06:15:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.3	-0.3	0.3	0.4
30-3-2020	06:20:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.3	-0.3	0.3	0.4
30-3-2020	06:25:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.4	-0.3	0.3	0.5
30-3-2020	06:30:00	-0.1	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.4	-0.3	0.3	0.5
30-3-2020	06:35:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.3	0.6	-0.3	0.3	0.7
30-3-2020	06:40:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.8	-0.2	0.2	0.9
30-3-2020	06:45:00	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.7	-0.2	0.2	0.8
30-3-2020	06:50:00	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	1.0	-0.2	0.2	1.1
30-3-2020	06:55:00	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.8	-0.2	0.2	0.9
30-3-2020	07:00:00	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	1.1	-0.2	0.2	1.3
30-3-2020	07:05:00	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	1.1	-0.2	0.2	1.3
30-3-2020	07:10:00	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	1.0	-0.2	0.2	1.2
30-3-2020	07:15:00	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.2	0.5	-0.2	0.2	0.7
30-3-2020	07:20:00	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.3	-0.2	0.2	0.5
30-3-2020	07:25:00	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	0.5	-0.2	0.2	0.7
30-3-2020	07:30:00	2.2	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	1.0	-0.2	0.4	1.2
30-3-2020	07:35:00	2.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	-0.2	4.2	-0.2	0.5	4.4
30-3-2020	07:40:00	2.7	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2	3.9	-0.2	0.4	4.1
30-3-2020	07:45:00	2.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	-0.2	5.4	-0.2	0.5	5.6
30-3-2020	07:50:00	2.6	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.4	-0.1	6.4	-0.1	0.5	6.5
30-3-2020	07:55:00	2.9	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.6	-0.1	7.1	-0.1	0.7	7.2
30-3-2020	08:00:00	3.4	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0	0.4	-0.1	7.4	-0.1	0.5	7.5
30-3-2020	08:05:00	3.8	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	-0.1	7.5	-0.1	0.5	7.6
30-3-2020	08:10:00	4.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.0	7.4	0.0	0.4	7.4
30-3-2020	08:15:00	5.3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.0	7.3	0.0	0.5	7.3
30-3-2020	08:20:00	5.4	0.5	0.6	0.2	0.3	0.2	0.4	0.1	7.4	0.1	0.5	7.3
30-3-2020	08:25:00	5.0	0.4	0.4	0.2	0.3	0.2	0.3	0.0	7.3	0.0	0.4	7.3

*Standaard temperatuurmeting (150cm hoogte; droge, afgeschermde sensor); meting in het Flipper-perceel

**Temperatuurmeting met plaatsensor op 250 cm hoogte (hoogte van de Flipper-sprinkler)

***Minimum-temperatuur op 75 hoogte in de boom

****Verschil minimum- en maximum-temperatuur op 75 hoogte in de boom

*****Verschil temperatuur op 250 cm met gemiddelde temperatuur op 75 hoogte

In 2020 is schade aan de bloemen vastgesteld. De schade werd voornamelijk waargenomen tussen 50 en 100 cm hoogte. De schade is niet gerelateerd aan de afstand tot de dichtstbijzijnde Flipper: de R^2 voor de correlatie tussen afstand en schade was 0.01 (zie ook tabel 26). De maximale afstand tot een Flipper was 3.9 m. De afstand tot de stam loodrecht op de rij lijkt ook geen invloed te hebben op de schade: zodra er schade is, is dat ook dicht bij de stam aanwezig (zie tabel 27). De maximale afstand van bloemen tot de stam was 60 tot 70 cm. De afstand van de boom tot de dichtstbijzijnde flipper is ook niet van invloed op de afstand tot de stam waarop de eerste schade zichtbaar is (de R^2 voor deze correlatie is 0.02).
De bloemschade zal niet in de tweede nacht met de standaard beregening (succesvolle vorstbescherming vastgesteld met de temperatuursensoren) of de derde nacht dat niet beregend is (nauwelijks vorst vastgesteld met de temperatuursensoren) zijn ontstaan. Op basis van de temperatuurmetingen zal de schade waarschijnlijk in de eerste nacht zijn ontstaan: toen zijn temperaturen tot -4.9 °C vastgesteld terwijl in de vierde nacht tot maximaal -1.2 °C is gemeten. Ondanks dat de fruitteler meldde dat de bomen dicht bij de Flippers nog wat water kregen bij de wegvallende druk in de eerste nacht leidde dat bij de bomen dichtbij de Flipper op basis van de schademetingen niet tot een duidelijk betere vorstbescherming dan de bomen op grotere afstand van de Flipper. De bloemschade in het Flipper-gedeelte van het perceel was wel beduidend lager dan in de onbehandelde rij (zie tabel 26).

Tabel 26 *Resultaten van de bloemschademeting per boom op verschillende afstanden tot een Flipper in 2020 te Hulst*

	Bloem-schade 2020* (% bloemen met schade)		
Afstand tot Flipper (m)	Gemiddelde over drie rijen	Spreiding voor de drie meetrijen	aantal meetbomen
0,0-0,5	44%	37-48%	12
1,1-1,9	38%	34-48%	21
2,4-3,1	37%	30-54%	21
3,5-3,9	34%	20-45%	8
Onbehandeld	79%	70-85%	6

Tabel 27 *Resultaten van bloemschademeting op verschillende afstanden tot de stam loodrecht op de boomrij in 2020 te Hulst*

% beschadigde bloemen per boom	minimale afstand tot de stam beschadigde bloemen (cm)
10/20	20
30	19
40	15
50	17
60	16
70	14
80	12

Jaar 2021

In 2021 waren de plaatsensoren uit Krabbendijke naar Hulst in het Santana-perceel geplaatst, maar twee tot vier meter buiten het bereik van de Flippers aan de uiteinde van de rijen. Zodoende kon worden vastgesteld wat de plaatsensoren aan temperaturen zouden aangeven als ze droog zouden blijven.
In dit jaar is effectiviteit van de Flipper alleen geëvalueerd op basis van de temperatuurmetingen want bloemschade was in het Flipperperceel niet aanwezig. Wel zijn bij de enkele niet beregende bomen aan de kop-einden van het Flipperperceel beschadigde bloemen gevonden.

Van de drie (zeer) lichte nachtvorstnachten van 12 tot 15 april (zie tabel 22) is alleen op de eerste nacht de Flipperinstallatie gebruikt. Deze nacht had de meeste nachtvorst met maximaal -1.0 °C (zie tabel 22). De Flipperberegening is toen zonder technische problemen of verstopping bij de pomp uitgevoerd. Uit tabel 28 wordt duidelijk dat bij boom C (tussen de vierde en vijfde van de zes bomen tussen twee Flippers) aan de westkant de nachtvorstwering minder was dan in het midden en de oostkant van de boom: de temperaturen zijn daar lager wat wijst op droog ijs (er komt te weinig water op de sensor om het ijs nat te houden waardoor de temperatuur van het ijs rond nul graden C zou blijven). Bij boom T (de eerste boom naast de betonpaal met een Flipper) was dat juist andersom. In dit geval is de gemiddelde temperatuur tijdens de hele periode dat de Flipper is gebruikt gepresenteerd omdat de temperatuurverschillen gedurende bijna de hele nacht aanwezig waren. Tevens wordt uit de tabel duidelijk dat de plaatsensoren in de broek van de boom net buiten het Flipperceel gemiddeld -2.7 °C aangeven (met een laagst gemeten waarde van -5.6 °C). Voor de twee meetbomen in het Flipperperceel werd een gemiddelde van -0.8 °C vastgesteld met een laagst gemeten waarde van -2.0 °C. Op basis van het verschil in gemiddelden zou de Flipperinstallatie een verhoging van 1.9 °C hebben gegeven en als uitgegaan wordt van de laagste temperatuur op een bepaald moment en plaats in de boom een verhoging van 3.6 °C. Hiermee is nog niet de maximale vorstwerende werking van de Flipper vastgesteld, aangezien de vorst met een KNMI-luchttemperatuur van -1.0 °C in deze nacht beperkt was. Bij de KNMI-luchttemperatuur van -1.8 °C in de ochtend van 14 april 2019 was de vorstbescherming met de Flipper ook geslaagd (geen bloemschade gevonden), maar waren er geen metingen aan niet beregende bomen beschikbaar.

Tabel 28 *Gemiddelde temperatuur tijdens Flipper-beregening in de nacht van 12 op 13 april 2021 te Hulst*

Gemiddelde temperatuur 01:30 - 07:25 u (°C)	Standaard sensor (150 cm hoogte)	plaatsensoren op 75 cm hoogte in broek van de boom							plaat-sensor (250 cm hoogte)	Gemiddelde plaatsensoren 75 cm hoogte (3 bomen zonder beregening)
		Oost						West		
		70	55	40	0	40	55	70		
boom C	-0.5	-	-0.5	-0.6	-0.5	-0.6	-0.9	-1.4	-0.3	
boom T	-0.5	-2.0	-1.6	-1.6	0.0	-0.3	-0.1	-0.6	0.9	
gemiddeld			-1.1	-1.1	-0.3	-0.4	-0.5	-1.0		-2.7

Evaluatie wind-effect

Voor de analyse van de invloed van wind op de effectiviteit van de Flipper is uitgegaan van de windmetingen van KNMI-meetstation Westdorpe (zie tabel 22).

Uit deze tabel blijkt dat in de nacht van 13 op 14 april 2019 de laagste windsnelheden werden gemeten om 22u (2.0 m/s) en om 4 uur (1.0 m/s), gemiddeld 1,5 m/s (windkracht 1 a 2 Beaufort) met een gemiddelde richting) 47° ((33+60)/2). In 2019 was het dus praktisch windstil zodat de effectiviteit van de Flipper bij wind niet bestudeerd kon worden.

In de nacht van 29 op 30 maart 2020 waren de laagste windsnelheden 6.0 (4 Beaufort; tussen 23 en 24u) en 0.0 m/s (0 Beaufort; tussen 6 en 7 uur), gemiddeld 3.0 m/s (2 Beaufort) met een gemiddelde richting van 18°.

Voor de nacht van 12 op 13 april 2021 was alleen de laagste windsnelheid in de ochtend van 13 april relevant (1.0 m/s; windkracht 1 Beaufort; tussen 2 en 3 uur). De gemiddelde windsnelheden waren op beide dagen waren 3.2 en 1.8 m/s (beide 2 Beaufort), erg laag dus. De gemiddelde windrichting over beide dagen was 326°, min of meer loodrecht op de boomrijen vanuit het noordwesten. Omdat het praktisch windstil was leveren de metingen van deze nacht ook geen informatie over de effectiviteit van de Flipper bij wind.

In de nacht van 29 op 30 maart 2020 was de wind dus het hardst van de drie nachten gedurende de eerste helft van de nacht: in de avond afnemende wind tot 6 m/s (4 Beaufort) tussen 23:00 en 24:00 en daarna verder afnemend naar 0 Beaufort tussen 06:00 en 7:00. De Flippers zijn toen aangezet rond 01:30. De gemiddelde windrichting was 18° terwijl de oriëntatie van de bomenrijen 45° was (zie 3.4). De wind kwam dus van de westkant van de rijen en was met een hoek van 27° (45° minus 17°) meer evenwijdig aan de rijen dan dwars erop. Aan de temperatuurmetingen per 5 minuten in tabel 29 is te zien dat bij de start van het flipperen om 01:30 de sensoren aan de westkant (op 70 en 55 cm) gezien de waarden rond -1.0 °C wat achter blijven in de vorstpreventie tot globaal 02:35u, daarna is de vorstpreventie goed. Dit kan met de afnemende wind te maken hebben (tussen 23 en 24 u 6m/s, afnemend tot 0 km/u tussen 6 en 7 uur). Gemiddeld over de tijd dat geflipperd is en gemiddeld over de twee meetbomen is geen effect van wind te zien (zie tabel 29).

Tabel 29 *Gemiddelde temperatuur op 30 maart 2020 van 01:30 tot 7:25u te Hulst gemeten met plaatsensoren op 75 hoogte op verschillende afstanden tot de stam dwars op de bomenrij en op 250 cm hoogte en met een standaard afgeschermde sensor op 150 cm hoogte tijdens Flipperberegening*

Gemiddelde temperatuur 01:30 - 07:25 u (°C)	Standaard sensor (150 cm hoogte)	plaatsensoren op 75 cm hoogte in broek van de boom							plaat-sensor (250 cm hoogte)
		Oost				West			
		70	55	40	0	40	55	70	
boom T	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.1	-0.5	0.1
boom F	0.0	0.6	0.8	0.5	1.0	0.7	0.7	1.0	2.7
gemiddeld		0.3	0.3	0.2	0.4	0.1	0.3	0.3	

4.6.2 Bedrijf Vogelaar/Krabbendijke, nachtvorstberegening; resultaten en discussie

In 2019 is op dit bedrijf geen vorst opgetreden (zowel met de standaard sensoren als met de plaatsensoren is in het perceel geen vorst gemeten) en zijn de Flippers niet gebruikt.
In 2020 is in de nachten van 23 op 24 en van 24 op 25 maart wel vorst opgetreden en zijn de Flippers gebruikt. Tijdens de overige nachten is geen vorst opgetreden (zowel met de standaard sensoren als met de plaatsensoren is geen vorst gemeten) en zijn de Flippers niet gebruikt. Tijdens de eerste nachtvorstnacht viel de druk aan het eind van de nacht weg doordat een fertigatiegroep (onbedoeld) opstartte. In de nacht van 24 op 25 maart was dat niet het geval maar toch maakten de Flippers niet de hele boomrij goed nat; de bomen dichtbij de flippers werden nog wel helemaal nat maar de bomen tussen flippers waren wit van bevroren water zonder druipend water erop.
In 2020 is er bloemschade vastgesteld (zie tabel 30). De bloemschade is vooral aan de zuidkant van het perceel opgetreden, ondanks het feit dat de Flippers daar nog het meeste water gaven; aan de noordkant was er blijkbaar bescherming van de Oosterschelde die daar vlak achter de dijk aan de noordkant lag. Er was over het algemeen geen verschil in schade tussen de Flipperrijen en de onbehandelde rij; mogelijk dat tussen de zestigste en negentigste boom de schade bij de Flippers wat minder was.

Bij Vogelaar in Krabbendijke bleek dus dat de druk van de landbouwleiding niet voldoende of niet voldoende constant goed was voor de toepassing van de Flipper. Niet alle bomen zijn als gevolg daarvan voldoende geraakt met water. Het onderzoek naar werkingsbreedte en windinvloed was daarom niet mogelijk aangezien hiervoor eerst een goed functionerende Flipperinstallatie nodig is. Wel is op deze manier ervaring opgedaan met de Flipper.

Het onderzoek op deze locatie is beperkt gebleven tot 2019 en 2020. De uitgevoerde metingen met de plaattemperatuursensoren zijn weergegeven in tabel 31. Duidelijk is dat de afstand van de meetbomen tot de Oosterschelde zo groot was dat vorstbescherming niet afdoende was gezien de gemeten temperaturen tot -5.2 °C.

Tabel 30 *Resultaten van bloemschademetingen op drie Flipper-rijen en een niet beregende rij in 2020 te Krabbendijke*

	Boomnrs.		Flipper (3*)		Onbehandeld (1*)
		Aantal meet-bomen	%bloemen beschadigd	R^2 correllatie afstand tot flipper (0, 1, 2 of 3m) en %bloem beschadigd	%bloemen beschadigd
Zuid	1-30	32	64	0.00070	57
	31-60	24	61	0.00400	73
	61-90	32	39	0.00002	67
	91-120	19	8	0.00040	4
	121-150	23	6	0.00500	3
Noord	151-180 **	21	2	0.00190	1
*aantal rijen gemeten					
**tegen Oosterscheldedijk aan					

Tabel 31 *Resultaten van de temperatuurmetingen in Krabbendijke in 2020*

Boom-aanduiding en datum		Standaard sensor (150 cm hoogte)	Plaatsensoren op 75 cm hoogte in broek van de boom in afstand tot de stam (cm)							Gemiddelde temperatuur in broek van de boom (excl West 70)	Plaat-sensor (250 cm hoogte)
			Oost						West		
			70	55	40	0	40	55	70		
		Temperatuur °C.									
T 23/24 mrt	minimum	-2.1	-4.4	-4.4	-3.9	-4.2	-4.3	-4.4		-4.3	-2.7
	gemiddelde	-0.1	-1.9	-2.0	-1.4	-0.8	-1.5	-1.9		-1.6	-0.5
	maximum	2.9	0.2	0.1	0.5	0.3	0.0	0.0		0.2	1.4
T 24/25 mrt	minimum	-0.5	-3.5	-3.6	-3.6	-3.7	-3.7	-3.7		-3.6	-1.5
	gemiddelde	0.8	-1.5	-1.5	-1.5	-0.8	-0.8	-0.7		-1.1	0.4
	maximum	3.2	1.0	1.1	1.2	1.2	0.9	0.9		1.1	2.2
C 24/25 mrt	minimum	-0.5	-4.7	-4.9	-5.2	-4.7	-4.9	-4.2	-4.8	-4.8	
	gemiddelde	0.8	-2.3	-2.5	-2.0	-2.1	-1.9	-1.6	-2.1	-2.1	
	maximum	3.2	1.1	0.1	-0.2	0.2	0.0	0.6	-0.5	0.3	
F 24/25 mrt	minimum	-0.5	-3.5	-3.8	-3.6	-3.8	-3.8	-3.8	-4.0	-3.7	-1.2
	gemiddelde	0.8	-1.4	-1.7	-1.4	-1.4	-1.3	-1.2	-1.8	-1.4	0.2
	maximum	3.2	1.1	0.9	1.1	0.9	0.7	0.8	0.3	0.9	2.3

4.6.3 Discussie en conclusies nachtvorstberegening

In het algemeen kan worden gesteld dat de condities waaronder de Flipper is getest beperkt is geweest tot lichte vorst. De vorstnachten waarop de Flipperberegening technisch goed werkte op de locatie Hulst waren die van

- 13 op 14 april 2019 (KNMI: minimum -1.8 °C tussen 3 en 4 uur met een relatieve luchtvochtigheid in dat uur van 98%);
- 29 op 30 maart 2020 (KNMI: -2.2°C tussen 5 en 6 uur met een relatieve luchtvochtigheid kleiner dan 91%) en

- 12 op 13 april 2021 (KNMI: minimum -1.0°C gemeten tussen 5 en 6 uur met een relatieve luchtvochtigheid lager dan 92%).

Tijdens de vorstnacht van 22 op 23 maart 2020 (KNMI: -2.0°C tussen 5 en 6 uur met maximale luchtvochtigheid van 74% tussen 2 en 3 uur) is de Flipper ook gebruikt, maar waren er verstoppingsproblemen.

De wind tijdens de geslaagde Flippernachten was of zwak (1 tot 2 Beaufort) of evenwijdig aan de bomenrij (4 Beaufort aan het begin van de Flippernacht), zodat er weinig gegevens zijn verzameld over het effect van wind op de effectiviteit van de Flipper.

Het bleek dat de Flipperinstallatie op de locatie Krabbendijke niet goed genoeg functioneerde. Dit was wel een belangrijke ervaring, maar voor het onderzoek naar werkingsbreedte en windgevoeligheid leverde het onderzoek op deze locatie geen informatie op.

Het onderzoek op de locatie Hulst leverde dus wel bruikbare gegevens op, hoewel de Flipperinstallatie door ook niet altijd goed heeft gefunctioneerd.
In 2019 is de Flipperinstallatie bij de eerste nachtvorstenacht te laat aangezet zodat hij bevroren was. Toen is wel de standaardberegening aangezet. Tijdens de tweede nachtvorstnacht is de installatie wel op tijd aangezet. In dat jaar is geen bloemschade opgetreden zodat in de tweede nacht wel naar werkingsbreedte op basis van de plaattemperatuurmetingen gekeken kon worden. Hierbij bleek dat de vorstwering bijna evengoed was als in de nacht ervoor bij de standaard beregening: alleen de meest westelijke sensor op 70 cm afstand van de meetboom T gaf gedurende het eerste uur een half tot 1 graad lager en gedurende een half uur op het koudste moment van de nacht een halve graad lager aan dan de overige plaatsensoren in de broek van de boom.
In 2020 is in Hulst bloemschade vastgesteld. In de vier nachtvorstnachten is de Flipper gedurende de eerste en de laatste nacht gebruikt. Bij de eerste nacht trad er aan het eind drukverlies door verstopping van het filter op. De waargenomen bloemschade is waarschijnlijk in die eerste nacht ontstaan. Gemiddeld was er bloemschade bij 38% van de bloemen terwijl dit bij onbehandeld 79% was. Hierbij is geen relatie tussen bloemschade met de afstand van bomen tot de Flipper en met de afstand tot de stam loodrecht op de bomenrij vastgesteld. Tijdens de technisch geslaagde Flippernacht van 29 op 30 maart bleek dat bij de meetboom (F) midden tussen de Flippers de vorstpreventie die nacht volledig slaagde en bij de meetboom vlak naast de Flipper (T) er tijdelijk aan één kant van de boom temperaturen rond -1 graad voorkwamen.
In 2021 was in Hulst geen bloemschade aanwezig. Tijdens de technisch geslaagde Flippernacht van 12 op 13 april was de vorstpreventie bij de twee meetbomen (T en C) niet volledig over de breedte van de broek van de boom: gemiddeld over de twee meetbomen werd van 01:30 tot 07:25 uur in de broek van de boom een gemiddelde van -0.8 °C vastgesteld (en bij onbehandeld -2.7°C) met een laagst gemeten waarde van -2.0 °C (en bij onbehandeld -5.6°C). Bij meetboom T werd in de nachten 13/14 april 2019 en 29/30 maart 2020 aan de westkant bij de start van het flipperen gedurende korte tijd lagere temperaturen gemeten. In de nacht van 12/13 april 2021 werd gedurende de hele nacht aan de oostkant lagere temperaturen gemeten terwijl de (zeer zwakke) wind uit het noordwesten kwam (zie tab). Dit was dus geen windeffect maar mogelijk een gevolg van gedeeltelijke verstopping of dat de betreffende Flipper niet meer recht stond. Bij meetboom C was dit de eerste geslaagde meting, waardoor er geen vergelijking met eerdere jaren mogelijk was. Ook hier zou gedeeltelijke verstopping of scheve stand van de Flipper de oorzaak kunnen zijn.

De temperatuurmetingen met de plaatsensoren hebben meer inzicht gegeven in de vorstpreventie van de Flipper maar voor deze metingen geldt dat het aantal meetbomen met succesvolle temperatuurmeting in het Flipperperceel beperkt was tot 1, 2 of 3 meetbomen (zie tabel 32). Om op perceelsniveau conclusies te kunnen trekken zijn meer meetbomen nodig. De meetmethode bleek wel geschikt te zijn voor dit soort onderzoek: ook wanneer er bij nachtvorst geen schade optrad aan de bloemen kon de breedtewerking en de effectiviteit van de Flipper worden onderzocht.

Tabel 32 *Aantal bomen met geslaagde meting met temperatuur-plaatsensoren over de breedte van de boom in de nachten dat de Flipperinstallatie is gebruikt per locatie per jaar (eerste cijfer voor bomen onder de Flipper/tweede cijfer voor bomen buiten bereik van de Flipperinstallatie)*

	13/14 april 2019	29/30 mrt 2020	12/13 april 2021
Hulst	1/0	2/0	2/3
Krabbendijke	1/0	3/0	-

Conclusies ten aanzien van werkingsbreedte en windgevoeligheid kunnen dan ook niet getrokken worden op basis van deze gegevens. Wel is duidelijk dat het evalueren van de Flipperberegening met de plaatsensoren een goede aanvulling is bij het evalueren op basis van schadebeelden: bij elke nachtvorstschadenacht kunnen er relevante gegevens worden verzameld, los van het optreden van schade.
Wel is relevante ervaring opgedaan met de toepassing van de Flipper. En uit de beperkte gegevensset blijkt dat er bij lichte nachtvorst (-2 °C en weinig wind loodrecht op de rij) geen bloemschade is ontstaan in 2019 en 2021. Een verhoging van de gemiddelde temperatuur van 2 °C is waarschijnlijk minstens mogelijk. In de uitvoering moeten betere richtlijnen komen voor het op tijd starten van de Flipperinstallatie. Temperatuur, gemeten met plaatsensoren in de broek van de boom, zou een goede indicatie van de het startmoment kunnen geven omdat met deze sensoren naast de luchttemperatuur ook het uitstralingseffect zichtbaar wordt. Verder moet er meer aandacht zijn voor het voorkomen van verstoppingen van het pompfilter (bij Flipper is een fijner filter nodig dan bij standaard beregening vanwege de fijnere openingen van de Flippersprinkler).

4.6.4 Bedrijf van Acker/Hulst, hitteberegening, resultaten, discussie en conclusie.

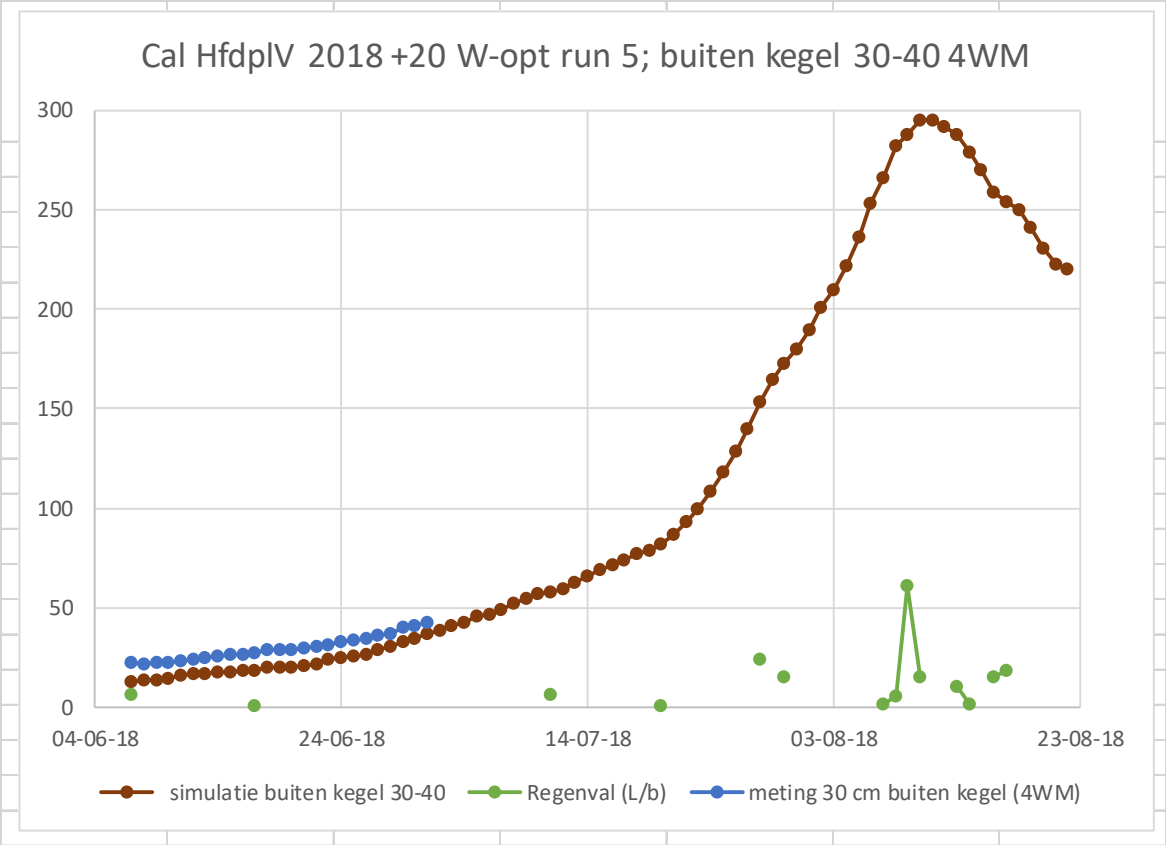
Van de twee bedrijven heeft alleen van Acker de Flipper ingezet ter voorkoming van hitteschade en wel op 25 juli 2019. Dat is tevens de dag waarop het KNMI in Gilze-Rijen 40,7 °C mat, de hoogste temperatuur door KNMI ooit gemeten in Nederland. Op het KNMI te Westdorpe, 15 km van de proef vandaan, werd de hoogste dagtemperatuur, te weten 40,6 °C, gemeten tussen 15:00 en 16:00 uur. De laagste relatieve luchtvochtigheid(RV), 21%, werd tussen 14:00 en 15:00 gemeten. Door de inzet van de Flipper was de laagste gemeten RV in het perceel 34% om 10:00 uur waarna de RV weer steeg tot 18:00 uur tussen de 40 en 50% bleef hangen. De afgeschermde standaard temperatuursensor in het perceel gaf die dag maximaal 36 °C aan (de hoogste temperatuur met de plaatsensoren die dag was 50 °C). Bij de pluk zijn vruchtschademetingen uitgevoerd in het Flipper-perceel en in een rij met dezelfde Santana-bomen op 12 meter afstand van de het Flipper-perceel. In het Flipper-perceel werd bij gemiddeld 0.1 appel/boom schade vastgesteld. Op een nabijgelegen en niet beregende rij met oude Goudreinette werd bij 3.7 appel/boom hitteschade vastgesteld (de dracht was 50 tot 75 vruchten/boom op de verschillende rijen).
Dit is geen wetenschappelijke vergelijking, dus dit geeft alleen een indicatie van het Flipper-effect. De schade buiten het Flipper-perceel was niet hoog. Dat heeft waarschijnlijk te maken heeft met de leeftijd van de bomen: de grote, oude bomen geven met het blad veel beschermende schaduw aan de vruchten. Bij jongere bomen waarbij de vruchten meer in de zon hangen zou de schade groter zijn geweest. Daarnaast hebben de op de onberegende rij staande bomen wellicht nog geprofiteerd van de beregening op 12 meter afstand.

4.7 Test IRRY Thomaes/Hoofdplaat

4.7.1 Resultaten en discussie

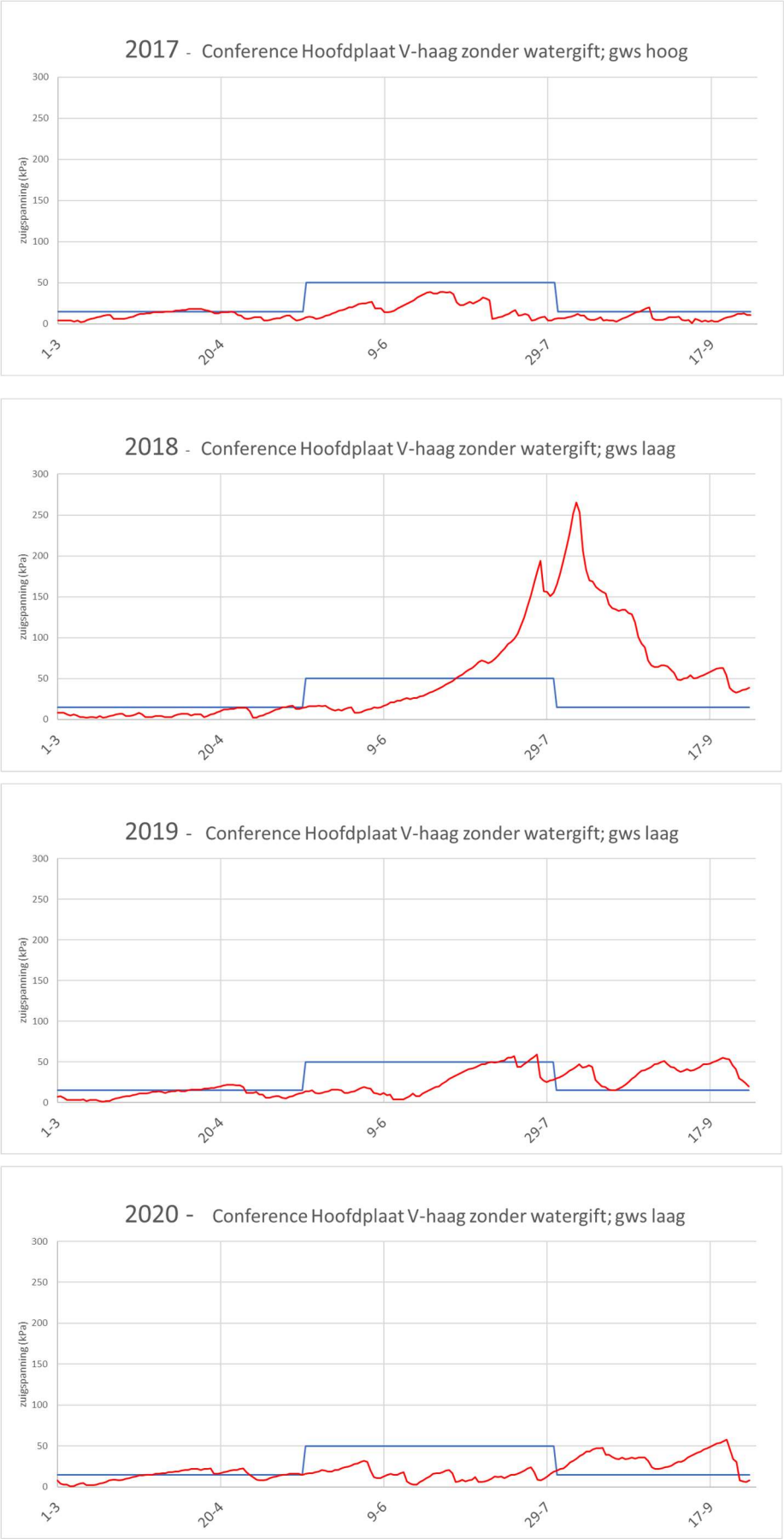
De inputgegevens van het onderzoeksperceel voor IRRI zijn weergegeven in bijlage 6.
De kalibratie is uitgevoerd op basis van de metingen in 2018 (zie figuur 7). De kalibratie kan alleen uitgevoerd worden op basis van Watermarkmetingen in de grond buiten de druppel-irrigatie-zone omdat alleen daar de uitdroging zichtbaar is (onder de druppelaars is het tot een bepaalde diepte

altijd nat ongeacht de verdamping). Het jaar 2018 is uitgekozen voor de kalibratie omdat in dat jaar de uitdroging het sterkste was.
De resultaten van vier van de acht Watermarks gaven in 2018 tot einde juni geen reactie op de druppelirrigatie-beurten en waren daarom geschikt voor kalibratie. Daarna gaven ook deze vier incidenteel een verhoging die veroorzaakt werd door watergeefbeurten. Hierdoor waren na eind juni geen goede metingen meer voorhanden voor kalibratie. Bij de plaatsing moet in de toekomst meer toegezien worden op plaatsing buiten de druppelkegel. Daarnaast wordt vermoed dat de druppelaars door warmtewisselingen gaan schuiven over de grond; dat moet in de toekomst voorkomen worden. Tenslotte bleek uit nieuw nog niet gepubliceerd onderzoek (persoonlijke mededeling M.P. van der Maas) dat de Watermarksensor boven 50 kPa al onbetrouwbaar wordt. De kalibratie moet daarom plaats vinden in het bereik tot 50 kPa. Boven de 50 kPa wordt de Watermark onbetrouwbaar door slechter wordend contact tussen de sensor en de grond. Dit berekent ook dat alleen waarnemingen in de eerste uitdroogcyclus van het seizoen bruikbaar zijn.



Figuur 7 *Kalibratie van IRRY voor volgroeide V-haag peerperceel te Hoofdplaat op basis van het gemiddelde van vier Watermarkmetingen op 30-40 cm diepte buiten de druppelirrigatie-kegel*

Daarna zijn ook de simulaties uitgevoerd voor de overige jaren in de onderzoeksperiode. Zonder water geven leidde dat tot de gemiddelde zuigspanningen in het wortelstelsel zoals in figuur 8 is weergegeven. In het relatief natte jaar 2017 zakte de grondwaterstand van 110 naar maximaal 150 cm en in de overige jaren van 110 naar 180 cm onder maaiveld.
Uit de figuur wordt duidelijk dat bij gecontroleerde droogtestress voor groeiregulatie het water op zijn vroegst pas rond 1 juli nodig is: in het droogste jaar 2018 komt de berekende zuigspanning dan pas boven de streefwaarde uit op dit perceel (waarmee duidelijk wordt dat dit perceel niet droogtegevoelig is).
Omdat er geen onderzoek gedaan is naar de streefwaarde voor peer zijn in dit onderzoek de streefwaarden voor appel gebruikt (Boesveld, 2006). Dit komt overeen met de benadering in de praktijk. Gezien echter het toegenomen belang van het gewas peer in de laatste decennia is het relevant om deze streefwaarden apart voor peer vast te stellen. Zo wordt eventueel productieverlies voorkomen.



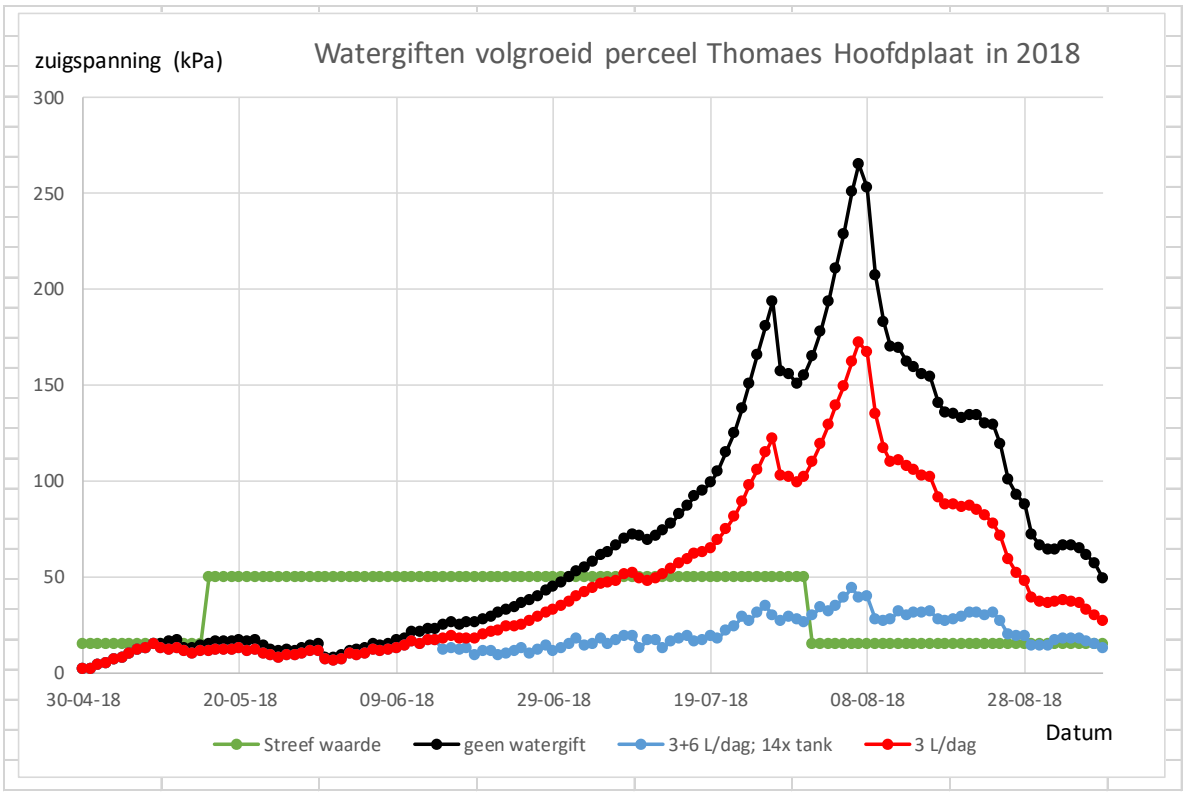
Figuur 8 *De met IRRY berekende gemiddelde zuigspanning (kPa) in het wortelstelsel zonder dat water gegeven is (in rood) in vergelijking met de streefwaarde voor gecontroleerde droogtestress voor groeiregulatie (in blauw) voor de periode 2017 t/m 2020 voor het volgroeide V-haag perenperceel van Bob Thomaes te Hoofdplaat*

Uit figuur 8 blijkt verder dat in 2019 en 2020 er pas water nodig is in augustus, maar de benodigde hoeveelheid is beperkt aangezien het verschil tussen de berekende waarde en de streefwaarde beperkt blijft.

In het natste jaar 2017, is er helemaal geen water nodig geweest.

De fruitteler heeft de volgende benadering voor het starten en stoppen van het irrigeren: de irrigatieperiode loopt van gemiddeld van juni t/m augustus, maar bij extreme droogte in het voorjaar start hij eerder. Wanneer het meer dan 10 mm geregend heeft stopt hij met irrigeren en afhankelijk van de hoeveelheid regen gaat hij na een halve week of meer weer verder met irrigeren. In 2017 heeft hij waarschijnlijk 26 dagen in de periode eind mei en juni een uur per dag geïrrigeerd. Dit komt overeen met 220 m^3 water/ha. Achteraf is deze watergift onnodig en zelfs schadelijk geweest: de watergift heeft waarschijnlijk tot teveel scheutgroei en een lagere dracht in het jaar erop geleid.

Voor 2018 is vervolgens met IRRY uitgerekend wat het effect van het gebruik van het bestaande druppelirrigatiesysteem was. Dit systeem was zodanig ontworpen dat, na verdeling over alle percelen en rekening houdend met de beperkte beschikbaarheid van water, op het betreffende perceel 3 liter/dag gegeven kon worden. Uit figuur 9 blijft dat dit in 2018 nog lang niet voldoende was om de zuigspanning vanaf juli op de streefwaarde voor gecontroleerde droogtestress te handhaven. De start van de druppelirrigatie was hierbij op 10 mei gesteld om oplopende droogte zoveel mogelijk te voorkomen met het oog op de droogte later in het jaar ondanks de hogere streefwaarde van 50 kPa vanaf half mei. In dat verband is nog een simulatie uitgevoerd voor het betreffende perceel waarbij vanaf half juni de druppelirrigatie irrigatie verdubbeld is en ook begonnen is met twee wekelijks met de watertank rond te rijden waarbij per keer 24 liter/boom is gegeven. Dit zijn aanpassingen die relatief makkelijk door de betreffend fruitteler te realiseren zijn (de fruitteler rijdt in de praktijk ook met de tank rond om water te geven). Deze gift is ruim voldoende om de zuigspanning onder de 50 kPa te houden tot 1 augustus, maar niet voldoende om te voldoen aan de streefwaarde van 15 kPa daarna. Om in een extreem droog jaar de droogtestress-strategie te kunnen volgen moeten voor dit perceel nog meer maatregelen genomen worden om de watervoorraad in de grond sneller aan te kunnen vullen in zo’n situatie. De watervoorziening zo ontworpen en georganiseerd zijn dat rond 1 augustus de watervoorraad in de grond snel aangevuld kan worden om de zuigspanning te verlagen van 50 naar 15 kPa.



Figuur 9 *Het effect van verschillende watergiften bij het volgroeide perenperceel te Hoofdplaat in 2018 na simulaties met IRRY*

Voor de jaren 2018 (zeer droog) en 2021 (nat jaar) zijn tenslotte voor een tweejarig perenperceel op het bedrijf van Thomaes (bodem en grondwater identiek aan het volgroeide V-haag perceel van figuur 8) drie watergeefregimes doorgerekend in het kader van efficiënt watergebruik bij beperkte beschikbaarheid van water. De drie regimes waren:

- Geen water
- 1 liter/dag druppelirrigatie van 1 mei t/m 9 september; totaal 132 liter/ha
- Variabele watergift van 0, 1 of 2 liter/dag druppelirrigatie op basis van IRRY en streefwaarde; totaal 132 liter/ha

In 2018 is uitgegaan van slechte groei in het jaar ervoor, resulterend in een kleiner wortelstelsel en minder bladoppervlak in 2018 en in 2021 van goede groei in het eerste jaar, een dieper en breder wortelstelsel en een groter bladoppervlak in 2021.

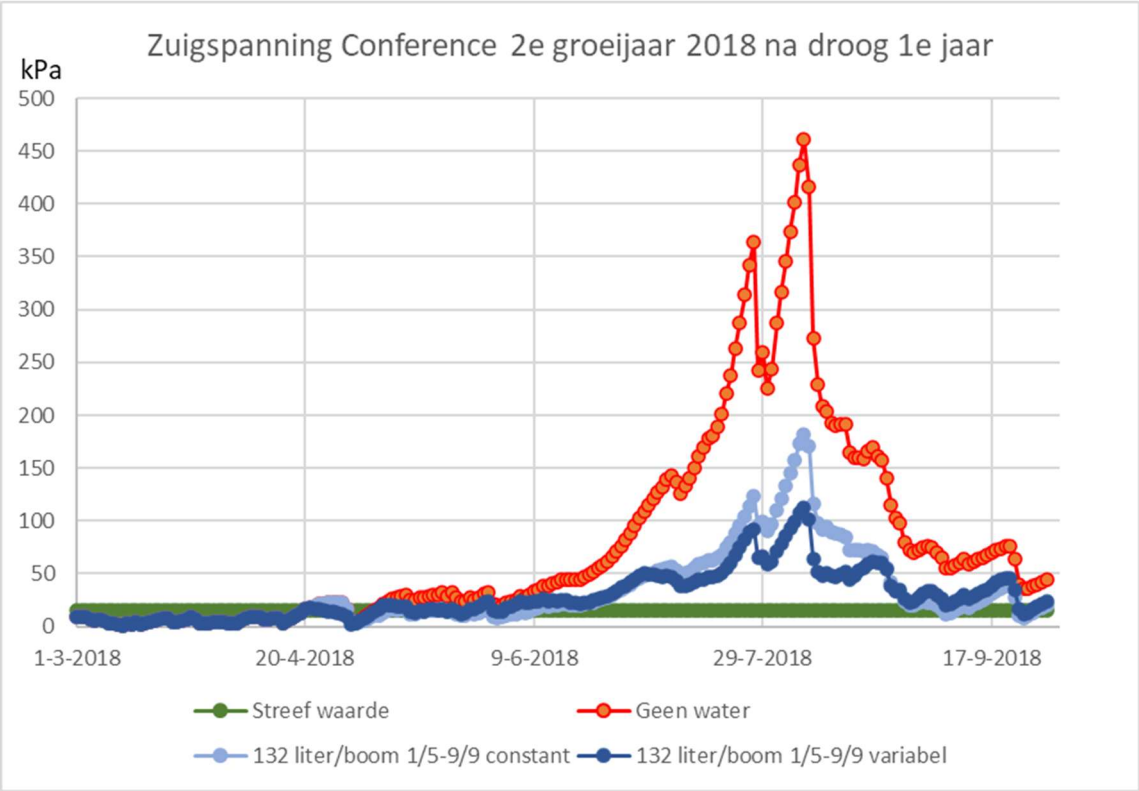
De resultaten van de simulaties zijn weergegeven in figuur 10 en tabel 33. Zoals uit de tabel blijkt is er nauwelijks enige droogte-ontwikkeling in de grond in 2021: de gemiddelde zuigspanning komt niet boven 11 kPa uit. De maximum zuigspanning was twee dagen tussen de 30 en 32 kPa in juni, terwijl voor een groei-effect enkele weken op 50 kPa nodig is (voor 2021 is geen figuur gepresenteerd). De bodemvochtvoorraad in het bereik tot 20 kPa, de grondwateropstijging en de neerslag is in 2021 genoeg om droogte-ontwikkeling in de bodem te voorkomen. Door met IRRY water te geven kon in 2021 110 liter/boom oftewel

In 2018 valt op dat de kleine boompjes met sterke droogte in de grond te maken krijgen. In 2021, met grotere boompjes na een goede start in het eerste jaar, is dat niet het geval. De grootste verliespost in de waterbalans van 2018 is hierbij de bodemverdamping en niet de plantverdamping (in 2021 is dat andersom). Het afdekken van de bodem met compost kan daarom een belangrijke maatregel zijn: dit laagje verlaagt de bodemverdamping aanzienlijk.

Bij de simulaties is uitgegaan van een zwart gehouden boomstrook. Als er echter ondergroei staat zal de het verlies via verdamping door de ondergroei in combinatie met (een waarschijnlijk wat lagere) bodemverdamping hoogstwaarschijnlijk groter zijn dan in de situatie dat er geen onkruid staat. Bij jonge bomen is het daarom van groot belang om in situaties waarin nauwelijks water gegeven kan

worden de ondergroei tegen te gaan. Bij jonge bomen komt er nog veel licht op de zwartstrook waardoor de groei van onkruiden nog sterk kan zijn. Bij oudere bomen speelt dat minder en dan alleen voornamelijk in het voorjaar.

Verder wordt uit de tabel en de figuur duidelijk dat een klein beetje water geven in 2018 al een groot effect heeft op de zuigspanning: een liter per dag leidt al tot een veel lagere zuigspanning, de efficiency en effectiviteit van deze watergift is daarom heel hoog. In 2021 is het tegenovergestelde zichtbaar: een liter per dag heeft geen zin gehad en heeft alleen maar geleid tot meer uitspoeling. Als voor dit water betaald zou moeten worden (bijvoorbeeld bij landbouwleiding- of waterleidingwater) dan zou dat weggegooid geld zijn geweest.
Daarnaast wordt het in de simulatie voor 2018 duidelijk dat met overstappen van een standaard gift naar een slimmere variabele gift met behulp van IRRY met dezelfde hoeveelheid water meer bereikt kan worden: de gemiddelde zuigspanning en de zuigspanningspieken zijn lager. Deze mate van reductie levert extra groei op. Zeker in 2018, na een slechte start in 2017, is dat van groot belang.



Figuur 10 *Uitkomsten van IRRY-simulaties voor een tweejarig perenperceel in het droge jaar 2018 na een droog eerste jaar op het bedrijf en bodem van Thomaes*

De directe wireless-communicatie van de zuigspanningsmetingen met de Watermarks kon niet op tijd worden gerealiseerd voor gebruik door de teler. Het automatisch selecteren van de relevante metingen bij de acht Watermarks leverde teveel problemen op. Dit had te maken met de plaatsing van de Watermarks en de aanwezige druppelirrigatie: elk van de Watermarks stond af en toe in het bereik van het druppelwater, terwijl het van belang is dat een deel van de Watermarks het hele jaar buiten het bereik ervan staan en een deel het hele jaar binnen het bereik van het druppelwater. Uiteindelijk moesten alle metingen achteraf geëvalueerd worden (zie figuur 7). De plaatsing van de Watermarks moet in de toekomst verbeterd worden zodat dit probleem voorkomen wordt.

Tabel 33 *De waterbalans en zuigspanning voor tweejarige peerperceel in 2018 na slechte groei in het eerste jaar en een tweejarig perceel in 2021 na goede groei in het eerste jaar na simulatie met IRRY*

Waterbalans Conference tweede groeijaar 1 maart t/m 29 september (liter/boom)												Zuigspanning wortelstelsel (kPa; gemiddelde 1 maart t/m 29 september)	
	Watergift 1 mei t/m 9 september	poten-tiële verdam-ping	Werke-lijke verdam-ping	Bodem-verdam-ping	Uitspoeling naar grondwater (alleen dagen met netto uitspoeling)	Uitspoeling naar grondwater (alleen dagen met netto opstijging)	UIT (totaal verdam-ping en uitspoe-ling)	Regen-val	Water-gift	IN (totaal regen-val en water-gift)	IN-UIT	Bere-kend door IRRY	Streef-waar-de
2018	geen	238	162	300	158	-67	553	521	0	521	-33	79	15
	1 liter/dag	238	207	325	178	-44	666	521	132	653	-13	33	15
	variabel	238	221	328	163	-49	663	521	132	653	-11	28	15
2021	geen	238	238	263	237	-26	713	684	0	684	-28	11	15
	1 liter/dag	238	238	274	306	-15	803	684	132	816	14	9	15
	variabel	238	238	267	229	-20	713	684	22	706	-7	11	15

4.7.2 Conclusies

Op basis van de simulatieresultaten achteraf kon het volgende geconcludeerd worden voor een niet droogtegevoelige perceel met beperkte mogelijkheden voor druppelirrigatie:

- Voor een volgroeid perenperceel kon in het natte jaar 2021 waarschijnlijk 220 m^3 water/ha bezuinigd worden op de gerealiseerde watergift, hetgeen zou hebben geleid tot een beter teeltresultaat: door toepassen van gecontroleerde droogtestress met IRRY had daarmee immers de ongewenste extra groei door te hoge watergift voorkomen kunnen worden
- Voor hetzelfde volgroeide perenperceel kon droogteschade in het droge jaar 2018 voor een groot deel niet voorkomen worden met de beperkte mogelijkheden voor druppelirrigatie. Tevens bleek dat de waterbesparing die mogelijk is met de droogtestress-strategie alleen mogelijk was als het watergeefsysteem zodanig uitgebreid zou worden dat de zuigspanning rond 1 augustus in korte tijd van 50 naar 15 kPa teruggebracht zou kunnen worden. Daarvoor moet dan ook voldoende water beschikbaar zijn.
- In het droge jaar 2018 kon schade door droogtestress bij een tweejarig perenperceel, na een door droogte slecht eerste groeijaar, beperkt worden door dezelfde hoeveelheid water op basis IRRY te geven in plaats de watergift af te stemmen op de neerslag.
- Voor hetzelfde tweejarige perceel kon, na een goed eerste groeijaar, voor 2021 berekend worden dat 110 liter/boom of 365 m^3 water/ha minder nodig was dan de teler zou hebben gegeven.
- Dat bij jonge bomen de bodemverdamping relatief hoog is en soms op jaarbasis groter is dan de verdamping door de boom. Het voorkomen van bodemdamping door het afdekken met compost is dan heel effectief. Ook het voorkomen van onkruidgroei en daarmee van verlies van vocht door verdamping van het onkruid is een effectieve maatregel om in droge jaren zoveel mogelijk vocht voor de boom te bewaren.
- Bij de directe wireless-communicatie van de zuigspanningsmetingen met de Watermarks bleek dat de automatische berekening van gemiddelden te veel bemoeilijkt werd door de grillige invloed van de druppelirrigatie op de uitkomsten per sensor. Voortaan moet per sensor de invloed van druppelirrigatie vooraf duidelijk zijn en moet met de plaatsing van de sensoren rekening gehouden worden. Tevens moet voorkomen worden de druppelaars door warmtewisselingen gaan schuiven over de grond.
- De kalibratie van IRRY met de Watermark kan alleen plaats vinden bij de eerste uitdroging in het begin van het seizoen in het bereik tot 50 kPa. Voor kalibratie boven de 50 kPa zou naar nieuwe sensoren gezocht moeten worden.

5 Kwantificering effecten van innovaties, praktijkadviezen en aanbevelingen voor verder onderzoek

5.1 Testen innovatie fosfaatarme champost en DenOuden landbouwcompost

(activiteitnummer 2 uit het oorspronkelijke POP3-projectvoorstel)

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat een gift van 60 ton DenOuden Landbouwcompost/ha/jaar de meest geschikte gift is van de onderzochte opties om het organische stofgehalte snel te verhogen: de verhoging ligt tussen de 0.53 (na 120 ton/ha verdeeld over twee jaar) en 0.64 procentpunt (na 120 ton/ha verdeeld over drie jaar). De gevonden EC-verhogingen, als maat voor het zouteffect waren respectievelijk 0.04 en 0.03 mS/cm. De bijbehorende toename van de bodemvochtbuffercapaciteit is 40 tot 61 m3/ha. Daarnaast zal de op de grond liggende compost ook het vochtverlies door bodemverdamping beperken. De bijbehorende waterbesparing hiervan kon niet worden gekwantificeerd.

Halverwege het project bleek dat fosfaatarme champost, een experimenteel product, niet meer geleverd kon worden, zodat dit product ook voor de praktijk geen optie is. Opvallend was dat de fosfaatarme champost ondanks een twee maal hogere gift een jaar na toepassing nog een zes maal hogere EC liet zien in vergelijking met DenOuden Landbouwcompost (0.25 versus 0.04 mS/cm). Korter op de giften zullen de EC's hoger zijn geweest. De EC wordt volgens de FAO schadelijk voor appel en peer bij waarden vanaf 2.0 mS/cm (anonymous, 2002).

De giften met organische stof leidde bij de Gendt tot verhoging van het vruchtgewicht in het tweede en derde groeijaar met beide 11%. Deze behandelingen hadden echter nauwelijks effect op de scheutgroei.

Praktijkadvies: 60 ton DenOuden Landbouwcompost/ha boomgaard/jaar op de zwartstrook
Kwantificering: toename bodemvochtbuffercapaciteit: 50 m3/ha
Aanbeveling: vergelijking van DenOuden Landbouwcompost met andere composten

5.2 Testen innovatief concept toepassing fosfaatarme champost met precisie-technieken om perceelsvariabiliteit te verminderen

(activiteitnummer 3 uit het oorspronkelijke POP3-projectvoorstel)

Uit het onderzoek bleek dat de gebruikte precisie-techniek om ruimtelijke variatie in het organische stofgehalte van de bodem te bepalen, de Veris-scan, niet voldeed. Dit werd veroorzaakt doordat de metingen werden uitgevoerd op de grasbaan terwijl er geen goede correlatie was tussen de waarden op de grasbaan en de boomstrook.
Uit metingen van de jaarlijkse scheutgroei bleek dat de scheutgroei sterk verschilde (1 tot 33 meter/boom) en waarschijnlijk veroorzaakt werd door de variatie in diepte waarop zand voorkwam. Waarschijnlijk is het beter om in deze situatie de organische stofgift op de groei af te stemmen en zo de plekken waarop de groei het minst is de groei te stimuleren met een hoger wateraanbod aan het begin van het seizoen en minder vochtverlies door bodemverdamping.

In paragraaf 5.1 is aangegeven dat een jaarlijkse gift van 60 ton DenOuden landbouwcompost hiervoor geschikt is. Dit zal leiden tot een verhoging van de watervoorraad aan het begin van het seizoen met ongeveer 50 m^3/ha.

Praktijkadvies: Veris-scan niet geschik om ruimtelijke variatie van organischestofgehalte van de bodem van de zwartstrook te bepalen
Kwantificering: niet van toepassing
Aanbeveling: zoeken/ontwikkelen van apparatuur om de om ruimtelijke variatie van organischestofgehalte van de bodem van de zwartstrook van boomgaarden te bepalen

5.3 Testen innovatie mycorrhiza

(activiteitnummer 4 uit het oorspronkelijke POP3-projectvoorstel)

Op een appelperceel kon worden vastgesteld dat door het toepassen van de MycorDip-strategie de groei in de eerste drie groeijaren gemiddeld 25% hoger was. Dit leidde in het derde groeijaar bij een volwaardige dracht tot een 14% hogere vruchtdracht met eenzelfde vruchtmaat. Gezien de droogte gedurende deze jaren en de gemiddeld slechte groei was dat een belangrijk resultaat voor de fruitteelt in de provincie Zeeland. Op de andere onderzoekslocatie met het gewas peer waren deze effecten ook zichtbaar maar minder groot. Wellicht is dat veroorzaakt door de mindere droogtegevoeligheid van dat perceel, de compostgift in voorgaand jaren en de aanwezigheid van (beperkte) druppelirrigatie.

Deze effecten konden niet gerelateerd worden aan een sterkere uitputting van de bodemvochtvoorraad tijdens droge perioden, hoewel dat ook niet uitgesloten kon worden. Daarom kon er ook geen uitspraak gedaan worden over een eventuele toename in waterbeschikbaarheid.
Omdat de MycorDip-strategie uit een groot aantal ingrediënten en maatregelen bestond kon niet worden aangegeven wat de precisie oorzaak van de positieve effecten was. Tussen de eveneens toegepaste Micosat-strategie en de MycorDop-strategie konden geen significante verschillen worden aangetoond. De Micosat-strategie onderscheidde zich echter ook niet betrouwbaar van de referentiebehandeling waardoor over deze strategie geen duidelijke uitspraken kunnen worden gedaan.mi

Praktijkadvies: De MycordDip-strategie kan worden aanbevolen om de teelt van appel en peer minder droogtegevoelig te maken.
Kwantificering: het was niet mogelijk om het belang te vertalen in waterhoeveelheid
Aanbeveling: nader onderzoek bij peer om het effect in de volgroeide boomgaardfase vast te stellen

5.4 Testen innovatie Flipper

(activiteitnummer 5 uit het oorspronkelijke POP3-projectvoorstel)

Hoewel in 2019 en 2020 nachtvorstschade aan de bloemen in totaal gedurende twee nachtvorstnachten kon worden voorkomen waren er in 2019 en 2020 ook nachten dat er problemen waren met de technische uitvoering van de beregening met de Flipper. Ook bleek uit de temperatuurmetingen met de plaatsensoren in 2021 dat de vorstpreventie niet over de hele breedte van de boom volledig was terwijl dat in 2019 en 2020 wel zo was. Er is aanvullend onderzoek nodig voordat uitsluitsel over werkingsbreedte gegeven kan worden. Tevens zijn nachten met strengere vorst en meer wind nodig om te kunnen bepalen onder welke omstandigheden de Flipper goed werkt. De Flipper kan daarom nog niet aanbevolen worden. Vermindering van de waterbehoefte bij beregening tegen nachtvorst is in potentie aanwezig, maar is pas relevant als de Flipper inderdaad aanbevolen kan worden.

De hitteschadepreventie in op de tot nu toe warmste dag in Nederland op 25 juli 2019 was effectief: het aantal appels met schade in het weliswaar weinig gevoelig perceel was 0.1 appels/boom. Een nabijgelegen niet beregende weinig gevoelige Goudreinette-rij had 3.7 beschadigde appels/boom. In vergelijking met standaardberegening (gemiddeld 3,5 mm/uur oftewel 35 m^3/ha/u) is de besparing met de bruine-Flipperversie (verbruik 19 m^3/ha/u) 46%. Bij hoge temperaturen en direct zonlicht wordt 3 tot maximaal 6 uur beregend. Gemiddeld zou gebruik van de Flipper tot een besparing van ruim 70 m^3/ha/dag leiden. Vooral jonge percelen met relatief veel vruchten die niet door blad zijn afgedekt zijn gevoelig. Per bedrijf is de besparing afhankelijk van het aantal hittedagen en het oppervlak aan jonge boomgaarden. Bij drie hittedagen per jaar, een bedrijfsgrootte van 20 ha en 25% jonge percelen (2 tot 5 jaar oud) is de besparing ruim 200 m^3/ha/jaar of 1000 m^3/jaar/bedrijf. Als gevolg van de huidige klimaatverandering is de verwachting dat het aantal dagen waarop hittebestrijding nodig is zal toenemen in de toekomst.

Praktijkadvies: het onderzoek heeft niet geleid tot nieuwe adviezen: de bestaande onzekerheden over de methode als nachtvorstschadebestrijding blijven bestaan. Wel is duidelijk dat de Flipper potentie heeft bij de nachtvorst- en hitteschadepreventie.
Kwantificering: geen nieuwe informatie
Aanbeveling: voortzetting van (1) het nachtvorstonderzoek met gebruik van de plaat-temperatuursensoren om de effectiviteit in het algemeen en de breedtewerking en windgevoeligheid in het bijzonder vast te stellen zonder hiervan afhankelijk te zijn van nachtvorstschade en (2) het hitteschade-onderzoek om het effect te kwantificeren bij jonge hitteschadegevoelige boomgaarden.

5.5 Testen van innovatie IRRY

(activiteitnummer 6 uit het oorspronkelijke POP3-projectvoorstel)

Voor een niet droogtegevoelige perenperceel met beperkte mogelijkheden voor druppelirrigatie is via simulatie met IRRY achteraf voor een aantal situaties doorgerekend hoeveel water bespaard zou kunnen worden, hoe eenzelfde hoeveelheid water efficiënter gebruikt zou kunnen worden en in welke situaties meer water nodig is geweest voor het optimale teeltresultaat in vergelijking met de watergeefstrategie van de betrokken fruitteler:

- in het natte jaar 2021 kon voor een volgroeid perenperceel waarschijnlijk 220 m3 water/ha bezuinigd worden op de gerealiseerde watergift, hetgeen zou hebben geleid tot een beter teeltresultaat: door toepassen van gecontroleerde droogtestress met IRRY zou daarmee immers de ongewenste extra groei door te hoge watergift voorkomen hebben kunnen worden;
- droogteschade in het droge jaar 2018 kon voor een volgroeid perenperceel voor een groot deel niet voorkomen worden met de beperkte mogelijkheden voor druppelirrigatie; tevens bleek dat de waterbesparing die mogelijk is met de droogtestress-strategie alleen mogelijk was als het watergeefsysteem zodanig uitgebreid zou worden dat de zuigspanning rond 1 augustus in korte tijd van 50 naar 15 kPa teruggebracht zou kunnen worden. Daarvoor moet dan ook voldoende water beschikbaar.
- in het droge jaar 2018 kon schade door droogtestress bij een tweejarig perenperceel, na een door droogte slecht eerste groeijaar, beperkt worden door dezelfde hoeveelheid water op basis IRRY te geven;
- voor hetzelfde tweejarige perceel kon, na een goed eerste groeijaar, voor 2021 berekend worden dat 110 liter/boom of 365 m3 water/ha minder nodig was;

Tevens bleek uit de simulatie met IRRY dat bij jonge bomen de bodemverdamping relatief hoog is en soms op jaarbasis groter is dan de verdamping door de boom. Het voorkomen van bodemdamping door het afdekken met compost is dan heel effectief.
Ook het voorkomen van onkruidgroei en daarmee van verlies van vocht door verdamping van het onkruid is waarschijnlijk een effectieve maatregel om in droge jaren zoveel mogelijk vocht voor de boom te bewaren, vooral bij jonge bomen.

Praktijkadvies: (1) het gebruik van het computermodel IRRY wordt aanbevolen om het beschikbare water effectiever en efficiënter te gebruiken, (2) droogtestress-strategieën om water te besparen zijn effectiever als het druppelirrigatiesysteem berekend is op het in korte tijd veel water te kunnen geven.

Kwantificering: afhankelijk van de boomgaard- en weersituatie, de leeftijd van de boomgaard en de watergeefstrategie van de fruitteler kan enkele honderden m3 water per hectare/jaar bespaard worden.

Aanbeveling: (1) het vaststellen van de streefwaarde het bodemvochtaanbod voor peer in het kader van het toepassen van droogtestress-strategieën voor waterbesparing en (2) het kwantificeren van bodemverdamping en het effect van compostgebruik hierop om het belang hiervan op waterbesparing vast te stellen en (3) kwantificeren van onkruidverdamping om het belang van onkruidbeheer op waterbesparing vast te stellen.

Literatuur

Anonymous, 2002, Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas, Annex 1. FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 61

Boesveld, H. ; Boshuizen, A. ; Maas, M.P. van der (2006). Regulated deficit irrigation in fruit crops; better yield with less water, *In: Transactions 19th International congress on irrigation and drainage, Use of Water and Land for Food Security and Environmental Sustainability, Beijing, China, 10-18 September 2005. - New Delhi : International Commission on Irrigation and Drainage, 19th Congres on Irrigation and Drainage, Use of Water and Land for Food Security and Environmental Sustainability, 2005-09-10/2005-09-18.*

Boshuizen, A.J. and van der Maas, M.P. (1999). IRRY: A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE WATER SUPPLY IN ORCHARDS. Acta Horticulturae. 499, 161-166.

Maas, M.P. van der, J.J.C.F. van Bon, H. Mantingh, 2018. Valorisatie champost op basis van Fosfaatextractie, Rapport WPR-2018-02.

Maas, M.P., van der, P.J.H. van Elk, J.A. de Bruine, 2022. Watergift en voorkomen van ongewenst maatverlies bij peer. Wageningen Research (in voorbereiding).

Bijlage 1 Analyse fosfaatarme champost

Bijlage 2 Analyse DenOuden Landbouwcompost

Bijlage 3 Productinformatie MycorDip Uni

Bijlage 4 Productinformatie Micosat F MO WP

Bijlage 5 Samenstelling Sporenelementen-mix gebruikt bij Micosat-strategie

Element		Soluble in water (%)	Chelated by EDTA (% min)
Boron	(as polyborate)	0.92	N/a
Copper	(as $CuNH_4EDTA$)	0.23	0.23
Iron	(as FeKEDTA)	8.27	8.27
Manganese	(as Mn_2KEDTA)	2.00	2.00
Molybdemum	(as molybdate)	0.15	N/a
Zinc	(as Zn_2KEDTA)	1.16	1.16

Bijlage 6 Inputgegevens volwassen perenperceel Bob Thomaes voor IRRY

Bodemprofiel
0 - 30 cm Bovengrond - Lichte klei
30 - 50 cm Ondergrond - Zware zavel
50 - 70 cm Ondergrond - Zeer lichte zavel
70 - 120 cm Ondergrond - Lichte klei
120 - 210 cm Ondergrond Leemarm, zeer fijn tot matig fijn zand

Start (vanaf)	Einde (tot)	2017 (nat jaar)	2018 t/m 2020 (droge jaren)
1-jan	1-apr	110	110
1-apr	1-mei	110	120
1-mei	1 jun	120	130
1-jun	15-jun	130	140
15-jun	1-jul	130	150
1-jul	15-jul	140	160
15-jul	1-aug	140	170
1-aug	1-okt	150	180

Maximum L.A.I.: 2.91

Diameter wortelstelsel: 200 cm
Diepte wortelstelsel: 100 cm

Correspondentie adres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-OT-1014

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers (5.500 fte) en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.