



---

# Verduurzamen van de laanboomteelt door gebruik van grasstroken

Bijlage Communicatie activiteiten

Auteur | B.J. van der Sluis

WPR-OT-1084



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---

# Verduurzamen van de laanboomteelt door gebruik van grasstroken

Mogelijkheden van grasstroken in de teelt van laanbomen in de regio Opheusden

B.J. van der Sluis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wageningen University & Research

Dit onderzoek is met medefinanciering van de provincie Gelderland uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten - Randwijk, in het kader van de Regeling Duurzaam bodembeheer van de toplaag (zaaknummer 2019-013130)

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

Wageningen, maart 2024

Rapport WPR-OT-1084

---

Bart van der Sluis, 2024. Verduurzamen van de laanboomteelt door gebruik van grasstroken. Wageningen Research, Rapport WPR-OT-1084.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/653227>

#### Samenvatting

In een vierjarig onderzoek in de teelt van laanbomen op lichte kleigrond is nagegaan welke effect de toepassing van grasstroken heeft op de groei van de bomen. De toepassing van gras biedt mogelijkheden om chemische onkruidbestrijding sterk te verminderen en heeft diverse voordelen voor de kwaliteit van de bodem. De groeireductie door gras kan worden gecompenseerd door irrigatie of fertigatie. Met name fertigatie biedt mogelijkheden om met gerichte bemesting de teeltomstandigheden verder te verbeteren.

Trefwoorden: laanbomen Opheusden, grasstroken, irrigatie, fertigatie.

© 2024 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](http://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 figuurkopieën, 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-1084

---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>	
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>7</b>
	1.1 Achtergrond	7
	1.2 Doel	7
	1.3 Plan van aanpak	8
<b>2</b>	<b>Proefopzet</b>	<b>9</b>
	2.1 Algemeen	9
	2.2 Bemesting	9
	2.2.1 Aanpassing van het bemestingsplan	10
	2.3 Watergeefstelsel	10
	2.4 Vochtsensoren	13
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>15</b>
	3.1 Gebruik watergeefstelsel en neerslag	15
	3.2 Resultaten aangepast bemestingsstrategie	17
	3.3 Groei van het gewas	19
	3.4 Gebruik van vochtsensoren	24
<b>4</b>	<b>Discussie, conclusies en aanbevelingen</b>	<b>27</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>29</b>
	<b>Bijlage 1 Proefschemas</b>	<b>30</b>
	<b>Bijlage 2 Toelichting druppelkegel en watergeven</b>	<b>34</b>
	<b>Bijlage 3 N-bemesting en analyseresultaten grondbemonstering</b>	<b>35</b>
	<b>Bijlage 4 Gebruik van vochtsensoren</b>	<b>36</b>
	<b>Bijlage 5 Metingen vochtsensoren, neerslag en irrigatie</b>	<b>37</b>



---

# Samenvatting

Grasstroken tussen de boomrijen wordt in de regio Opheusden tot op heden beperkt toegepast omdat het gras door concurrentie om water en voedingsstoffen de groei van de bomen reduceert.

In dit project is van 2019 – tot 2024 onderzocht of door een combinatie van teeltmaatregelen de groeiremming door grasstroken in de teelt van laanbomen op lichte klei beperkt kan worden, waardoor de positieve lange termijn effecten van grasstroken in de laanboomteelt zoals structuurbehoud, behoud organische stof en stimulering van het bodemleven toch benut kunnen worden.

Het doel van het project is om bij te dragen aan het meer toepassen van grasstroken in de teelt van laanbomen t.b.v. een duurzaam beheer van de bodem. Voor de boomkwekers in de TCO regio is het daarom van groot belang dat enerzijds het effect van grasstroken op de groei van laanbomen op kleigronden op regionaal niveau gekwantificeerd wordt; en anderzijds de effectiviteit wordt onderzocht van de aanvullende maatregelen (zoals irrigatie/fertigatie, mestgift) om het mogelijke negatieve effect op de groei te compenseren.

In zes veldproeven in de periode 2019- tot 2024 is de toepassing van grasstroken in combinatie met irrigatie of fertigatie in de teelt van laanbomen in de regio Opheusden onderzocht. De proef is uitgevoerd met jonge bomen met een beginonttrek van <4/6 cm naar een eindonttrek uiteenlopend van 8/10 – 14/16 cm. Uit dit meerjarige onderzoek blijkt dat de teelt met grasstroken tussen de bomen een remmend effect heeft op de groei van de bomen. Over de gehele teeltperiode liep deze voor de gewassen uiteen van 6-11% reductie van de diktegroei. De toepassing van irrigatie en/of fertigatie stimuleert de diktegroei van de bomen; het effect en liep over de gehele teelt liep uiteen van 5 tot 9% meer diktegroei. Het effect van irrigatie of fertigatie werd vooral aangetoond in periodes waarin er een neerslag tekort is. Door de teelt van grasstroken te combineren met irrigatie of fertigatie op de boomrijen kan de groeiremming door gras dus worden opgeheven door irrigatie of fertigatie.

Uit de proeven blijkt dat onder de omstandigheden zoals in de regio Opheusden water de belangrijkste factor is om de groeiremming door grasstroken te compenseren. Als door klimaatverandering vaker droge periodes voorkomen, heeft druppelbevloeiing een belangrijk voordeel. Met name op bedrijven met veel en grotere percelen is het inzetten van mobiele haspelberegening vaak problematisch. Met vaste druppelleidingen in het gewas kan tijdig en effectief water gegeven worden.

Uit oriënterende proeven blijkt dat vooral de meerjarige grasstroken effect hebben op de N-toestand in het wortelmilieu. De indruk bestaat dat vooral hier een hogere N-onttrekking optreedt, die in het voorjaar een lagere N-gehalte in de bodem veroorzaakt. Fertigatie op de kwekerij biedt de mogelijkheid om een gerichte mestgift in het vroege voorjaar toe te dienen. In één van de veldproeven bleek dat met fertigatie die al vroegtijdig werd ingezet een meeropbrengst ten opzichte van de referentie (geen gras en geen fertigatie) kon worden gerealiseerd.

In dit onderzoek is oriënterend het gebruik van vochtsensoren gevolgd. Het gebruik van vochtsensoren kan in principe een belangrijke bijdrage leveren aan gericht watergeven via irrigatie of fertigatie. In de veldproeven bleken de mogelijkheden in de praktijk echter nog beperkt vanwege meerdere oorzaken, nl. niet optimale plaatsing van de vochtsensoren (geen reactie op watergeven), droogtekrimp van de grond waardoor verlies van contact met de sensoren, onverwacht uitvallen van het meetsysteem en verschillen in samenstelling van de bodem waardoor een kalibratie nodig is voor een goede werking, etc. Het sturen op vochtgehalte op basis van vochtsensoren dient verder geoptimaliseerd te worden.



---

# 1 Introductie

## 1.1 Achtergrond

De regio Opheusden is met 2000 ha een toonaangevend laanboomkwekerij centrum in de provincie Gelderland. De laanboomsector streeft naar verduurzaming van de boomteelt, ofwel vermindering van het middelenverbruik en daarmee vermindering van de emissie naar de bodem, lucht en water. Daarnaast komt de beschikbaarheid van middelen steeds meer onder druk te staan en wordt de noodzaak naar alternatieven te zoeken steeds groter.

Daarom neemt de belangstelling voor het aanleggen van grasstroken tussen de bomenrijen steeds meer toe. Op de zandgronden in andere delen van het land wordt dit al jarenlang op grote schaal toegepast. Door het aanleggen van deze grasstroken kan het gebruik van herbiciden tegen onkruid sterk verminderd worden. Bovendien helpt gras de bodem duurzaam te beheren omdat het op langere termijn bijdraagt aan structuurbehoud van de bodem, aan het op peil houden van de organische stof in de bodem en aan het stimuleren van het bodemleven.

Grasstroken tussen de boomrijen wordt in de regio Opheusden tot op heden beperkt toegepast omdat het gras door concurrentie om water en voedingstoffen de groei van de bomen reduceert (Van der Sluis, 2014). In eerder uitgevoerd onderzoek is dit aangetoond voor zowel de teelt op zand als op kleigrond. De effecten voor de langere termijn – zoals het stimuleren van het bodemleven en opbouwen van het organische stofgehalte - worden daardoor in deze regio niet of nauwelijks benut.

In dit project is van 2019 tot 2024 onderzocht of door een combinatie van teeltmaatregelen de groeiremming door grasstroken in de teelt van laanbomen beperkt kan worden, waardoor de positieve lange termijn effecten van grasstroken in de laanboomteelt zoals structuurbehoud, behoud organische stof en stimulering van het bodemleven toch benut kunnen worden. Een belangrijke teeltmaatregel waarmee grasstroken kunnen worden gecombineerd is de toepassing van irrigatie of fertigatie. Een bijkomend voordeel daarbij is dat de huidige klimaatveranderingen leiden tot een grilliger weerbeeld waardoor vaker een drogere periode in het groeiseizoen zal voorkomen (bv. 2020, 2022) en de noodzaak voor extra watergeven alleen nog maar groter wordt.

## 1.2 Doel

Het hoofddoel van het project is om bij te dragen aan het meer toepassen van grasstroken in de teelt van laanbomen t.b.v. een duurzaam beheer van de bodem.

Voor de boomkwekers in de TCO regio is het daarom van groot belang dat enerzijds het effect van grasstroken op de groei van laanbomen op kleigronden op regionaal niveau gekwantificeerd wordt; en anderzijds de effectiviteit wordt onderzocht van aanvullende maatregelen (zoals irrigatie/fertigatie, mestgift) om het mogelijke negatieve effect op de groei te compenseren.

Achterliggend doel is het bijdragen aan een bredere toepassing van grasstroken in de laanboomkwekerij om:

- het gebruik van bestrijdingsmiddelen te verminderen,
- lokaal de bodemstructuur op de percelen te verbeteren,
- het organische stof gehalte in de bodem op peil te houden,
- stikstofverliezen uit de wortelzone naar grondwater te verminderen (vanggewas),
- te komen tot een stabielere en meer weerbare bodem.



## 1.3 Plan van aanpak

Het project bestond uit drie onderdelen:

- onderdeel 1, de veldproef 'grasstroken met irrigatie',
- onderdeel 2, de veldproef 'grasstroken met fertigatie'
- onderdeel 3 'Communicatie en kennisoverdracht' (zie eindrapportage communicatie).

In dit project zijn in de periode 2019 – 2023 in totaal zes veldproeven uitgevoerd. De start van onderdeel 1 van het onderzoek is in 2019 financieel ondersteund door het Greenport Gelderland Innovatiefonds (via het Laanboompact). Vanaf 1 april 2020 is het project voortgezet en verder gefinancierd vanuit de Regeling Duurzaam bodembeheer van de toplaag (van de provincie Gelderland).

Alle veldproeven zijn op Boomkwekerij Volentis uitgevoerd. Op dit bedrijf worden sinds enkele jaren grasstroken tussen de bomen aangelegd en is in de onderzoeksperiode geïnvesteerd in irrigatie en fertigatie. Dat bood voor het onderzoek mogelijkheden om deze toepassingen op praktijkschaal te testen. Bovendien heeft dit bedrijf een bedrijfsgrootte die het mogelijk maakte de beoogde behandelingen met voldoende herhalingen uit te voeren om conclusies te kunnen trekken, dus voldoende grote aantallen bomen van hetzelfde ras en hetzelfde plantmoment op hetzelfde perceel.

In alle veldproeven zijn de behandelingen gras/geen gras en irrigatie/geen irrigatie of fertigatie/geen fertigatie in blokkenproeven (3 herhalingen) uitgevoerd. Gedurende de gehele looptijd is oriënterend onderzoek gedaan naar de toepassingsmogelijkheden van vochtsensoren. In de laatste twee jaren (2022 en 2023) is - eveneens oriënterend - een onderzoek gedaan naar het effect van een aangepaste bemesting strategie.

De metingen aan het gewas en bemonsteringen van het gewas en van de grond zijn uitgevoerd door WUR-Open teelten. De chemische analyses van grond- en gewasmonsters zijn uitbesteed aan Eurofins en Fertilab.

In alle veldproeven is de jaarlijkse diktegroei van de bomen bepaald door metingen na het groeiseizoen in oktober. Op een gemarkeerde plek op elke boom werd de diameter met een digitale schuifmaat (afbeelding 1) gemeten en omgerekend naar een stamontrek. Deze meetresultaten zijn statistisch geanalyseerd door een ANOVA (Analyse of Variance) met behulp van Genstat uit te voeren. De letters in de tabellen geven aan of de gemiddelden statistisch significant van elkaar verschillen. Waarden met gelijke letters zijn niet significant verschillend (betrouwbaarheidsdrempel (p-waarde) van 0,05).



**Figuur 1** Jaarlijkse meting van de groei van de bomen.

---

## 2 Proefopzet

### 2.1 Algemeen

Onderdeel 1 van het project (grasstroken met irrigatie) had als looptijd 2019-2021 (=teeltduur) waarbij de volgende activiteiten zijn uitgevoerd:

- Inrichten van twee onderzoeksvelden met twee toetsgewassen:
  - *Carpinus betulus* 'Fastigiata' (perceel 1)
  - *Acer campestre* 'Elsrijk' (perceel 2)
- Aanleg van grasstroken en het irrigatiesysteem.
- Registreren van irrigatiehoeveelheden, mestgift en groei.
- Uitwerken en evalueren van de resultaten
- Verder in dit verslag aangeduid met proefveld 1&2

Onderdeel 2 (grasstroken met fertigatie) had als looptijd 2020-2023 waarbij de volgende activiteiten zijn uitgevoerd:

- Inrichten van twee onderzoeksvelden met twee toetsgewassen.
  - *Carpinus betulus* 'Fastigiata' (perceel 3)
  - *Acer campestre* 'Elsrijk' (perceel 4)
- Aanleg van grasstroken en het fertigatiesysteem.
- Registreren van irrigatiehoeveelheden, mestgift en groei.
- Uitwerken en evalueren van de resultaten
- Verder in dit verslag aangeduid met proefveld 3&4

De metingen in de eerste twee proefvelden werden in 2021 beëindigd. Dit bood de mogelijkheid om in 2022 nog twee extra velden aan te leggen met (vrijwel) dezelfde toetsgewassen (looptijd 2022-2023).

- Inrichten van twee onderzoeksvelden met twee toetsgewassen.
  - *Carpinus betulus* 'Fastigiata' (perceel 5)
  - *Acer campestre* 'Huibers Elegant' (perceel 6)
- Aanleg van grasstroken en het fertigatiesysteem.
- Registreren van irrigatiehoeveelheden, mestgift en groei.
- Uitwerken en evalueren van de resultaten
- Verder in dit verslag aangeduid met proefveld 5&6

Op de proefvelden is steeds met dezelfde gewassen gewerkt. Dit sluit variatie als gevolg van verschillen in de opeenvolgende veldproeven gebruikte gewassen uit waardoor de effecten van de grasstroken en de aanvullende teeltmaatregelen (irrigatie en fertigatie, bemesting) eenduidig in beeld gebracht kunnen worden. In bijlage 1 staan de proefschema's weergegeven.

### 2.2 Bemesting

Voor de bemesting van de percelen is zoveel mogelijk de strategie van de ondernemer gevolgd. In grote lijnen betekent dat in de standaard situatie:

Bij de aanvang van de teelt (najaar) en het eerste teeltjaar wordt geen gerichte bemesting uitgevoerd. De nalevering van de organische bemesting voorafgaand aan de teelt wordt dan als voldoende geacht.

- In het tweede (volledige) teeltjaar wordt gestart met de bemesting. Dat hield in dat een relatief lage N-bemesting van 30-50 kg N/ha op de rijen wordt toegediend.
- Op de proefvelden met fertigatie heeft een gerichte bemesting vanaf het eerste teeltjaar plaatsgevonden.

---

In bijlage 3 staat voor de zes veldproeven de uitgevoerde stikstofbemesting (zuivere N/ha) weergegeven en de analyseresultaten van de grondbemonsteringen die voor het project zijn uitgevoerd.

Hieruit blijkt dat de beschikbaarheid van N elk jaar in het voorjaar relatief laag was. De vaste mestgiften bleven beduidend onder het niveau van de geadviseerde N-bemesting (Eurofins). De geadviseerde N-gift was in de meeste gevallen 90-110 kg N/ha. Behalve in 2023 (proefveld 5&6) bleef de totale N-gift inclusief de aanvulling van de vloeibare mest onder de adviesgift.

### 2.2.1 Aanpassing van het bemestingsplan

De resultaten (groeicijfers) in de eerste jaren van het onderzoek waren aanleiding om in overleg met boomteeltadviseurs in 2022 en 2023 een aangepast bemestingsplan op te stellen. In 2022 is daarvoor perceel 5&6 gebruikt. In 2023 zijn aangepaste bemestingsplannen op perceel 3&4 en 5&6 toegepast. Hieronder staat de opzet van de aangepaste bemestingsplannen kort weergegeven.

#### 2.2.1.1 Aangepast bemestingsplan op perceel 5&6 in 2022

De opzet van het bemestingsplan is gebaseerd op ervaringen uit de fruitteelt. Volgens adviseurs is een vroege N-gift (snel opneembare N) aan het begin van de teelt zeer effectief. Dat is niet gebruikelijk in de laanboomteelt. Normaliter wordt in deze teeltfase (eerste jaar) geen basisbemesting uitgevoerd. Op perceel 5&6 is in 2022 de toepassing van een basis bemestingsgift in het behandelingsschema opgenomen.

Behandelingen op perceel 5&6:

- A. Grasstroken, basisbemesting op 12 mei 2022 (30 kg N/ha), wel fertigatie
- B. Grasstroken, basisbemesting op 12 mei 2022 (30 kg N/ha), geen fertigatie
- C. Geen grasstroken, basisbemesting op 12 mei 2022 (30 kg N/ha), geen fertigatie (=referentie)
- D. Grasstroken, geen basisbemesting, geen fertigatie

In de periode juni-september 2022 is in de behandelingen met fertigatie via de vloeibare meststoffen 39 kg N/ha toegediend.

#### 2.2.1.2 Aangepast bemestingsplan op perceel 3&4 en 5&6 in 2023

In 2023 is perceel 5&6 weer aangepast naar de standaard proefopzet met de volgende behandelingen:

- A. Grasstroken en fertigatie
- B. Grasstroken en geen fertigatie
- C. Geen grasstroken en fertigatie
- D. Geen grasstroken en geen fertigatie

Vervolgens is op deze percelen (3&4 en 5&6) op 8 mei 2023 een vroege bemesting (startgift) d.m.v. een fertigatiegift van 20 kg N/ha uitgevoerd. De effecten op de bodem en het gewas zijn gevolgd door grond- en gewasanalyses.

- Een grondbemonstering in april bij de behandelingen gras/fertigatie en geen gras/geen fertigatie, voordat de fertigatie werd ingezet.
- Een grondbemonstering 4-6 weken na de startgift fertigatie (op 8 mei)
- De reguliere fertigatie giften zijn gestart vanaf begin juni.

In de periode juni-september 2023 is op proefveld 3&4 volgens het fertigatiesysteem 31 kg N/ha en op proefveld 5&6 volgens het fertigatiesysteem 126 kg N/ha toegediend.

## 2.3 Watergeefstelsysteem

Watergeven via druppelbevloeiing van laanbomen in de opengrondteelt in de regio Opheusden is een relatief nieuwe ontwikkeling. Niet alleen door de introductie van grasstroken, maar ook vanwege de huidige klimaatveranderingen en het grilliger weerbeeld waarin in de afgelopen jaren vaker een drogere periode is voorgekomen zijn een aantal boomkwekers hierin geïnteresseerd geraakt. Zeker op grotere bedrijven

kunnen droge periodes in het groeiseizoen problematisch zijn als alleen haspelberegening beschikbaar is. Het is dan erg moeilijk om alle percelen te bereiken waar beregening noodzakelijk is. Met druppelbevloeiing kan op het juiste moment water gegeven worden in een voor kwekers toch al drukke periode.

Het watergeefstelsysteem omvat het geheel van aanvoerleidingen, druppelslangen, tapes, koppelingen, bemestingsinstallatie en de aanstuurcomputer. De proefpercelen maakten onderdeel uit van de totale watergeef strategie op het gehele veld. Het aantal fertigatie-beurten en de hoeveelheid water en meststoffen werd door de ondernemer zelf bepaald en uitgevoerd. Voor een deel zijn de watergiften gebaseerd op vochtmetingen in de grond. Naast een weerstation met watermarks (zuigspanning) zijn vanuit het project ook andere sensortechnieken (meten van vochtpercentages) ter oriëntatie ingezet om na te gaan of dit een meerwaarde zou kunnen hebben bij het irrigeren en/of fertigeren.



**Figuur 2** Bovengronds irrigatiesysteem in veldproef 1&2

Het irrigatiesysteem op het proefveld in Echteld was een bovengronds druppelslangensysteem (16 mm) slang met druppelopeningen op 40 cm (1,8 l/h). Het fertigatiesysteem op de proefvelden in Opheusden (Tielsestraat) betrof 10-15 cm ingegraven tapes (met druppelopeningen op 30 cm; 1,1 l/u).

De hoeveelheid water die via de irrigatie (proefveld 1&2) is toegediend is omgerekend naar mm neerslag op basis van de volgende technische gegevens:

Breedte zwartstrook:	70 cm
Afstand druppelaars in slangen:	40 cm
Afgifte:	1,8 liter/uur
Oppervlak per druppelaar:	0,28 m <sup>2</sup> /druppelaar



**Figuur 3** Ondergronds fertigatiesysteem (druppel-tapes) in proefveld 3&4

De hoeveelheid water die met het fertigatiesysteem (proefveld 4-6) is toegediend is omgerekend naar mm neerslag op basis van de volgende technische gegevens:

Breedte zwartstrook	70 cm
Afstand druppelaars (tapes)	30 cm
Afgifte:	1,1 liter/uur
Oppervlakte per druppelaars	0,21 m <sup>2</sup> /druppelaar

De registratie van de druppelbeurten vond plaats in minuten en is met bovenstaande gegevens omgerekend naar mm neerslag-equivalenten op de zwartstrook. Met deze benadering was het mogelijk de druppelbeurten in redelijke mate te vergelijken met de natuurlijke neerslag gegevens. In Bijlage 4 zijn de irrigatiebeurten, de hoeveelheden en neerslaggegevens in grafieken terug te vinden. In H.3.1. staan de totaalcijfers van de neerslag en de irrigatie of fertigatie per maand.

Om een indruk te geven hoe groot een druppelbeurt minimaal moet zijn om voldoende water in het wortelmilieu (druppelkegel) te krijgen en om uitspoeling te voorkomen is in bijlage 2 een voorbeeld uitgewerkt. Daarin zijn de technische gegevens van het fertigatiesysteem en de grondsoort van het proefveld gebruikt.

In 2023 is in proef 3&4 (4<sup>e</sup> teeltjaar) voor de proef een dubbele druppelleiding aangelegd. Het oorspronkelijk plan - om deze druppelleidingen meer in de buurt van de grasstroken te leggen - kon om praktische redenen (problemen bij het maaien van de grasstrook) niet doorgaan. Dichter bij de grasstrook zou inhouden dat de druppelkegels meer in de nabijheid van de actieve wortels zouden komen te liggen.



**Figuur 4** Toepassing van dubbele druppelslangen op proefveld 3&4 (2023)

## 2.4 Vochtsensoren



In dit onderzoek is oriënterend nagegaan of met behulp van bodemvochtsensoren irrigatie of fertigatie efficiënt en effectief kan worden ingezet (watergeven op maat).

Op proefveld 1&2 (Echteld) en proefveld 3&4 (Opheusden) is gebruik gemaakt van een WolkyTolky meetstation. Dit is een Cloud-based meetstation, dat verbinding maakt via een mobiel netwerk met een datacentrum. Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de bodemvocht-data en de neerslaggegevens. De bodemvochtsensoren (watermarks) van dit systeem meten de zuigspanning (kPa). De Watermark heeft een relatief smal meetbereik en voor een optimale werking mag de grond niet te snel uitdrogen (trage reactiesnelheid). Ook blijkt uit ervaringen in de praktijk dat de watermark een onvoorspelbare levensduur kan hebben.

**Figuur 5** Meetstation WolkyTolky met watermarks (Royal Eijkelkamp) op proefveld 4



Omdat er in toenemende mate vanuit de praktijk interesse is in hoogwaardiger in de praktijk passende vochtsensoren die het vochtpercentage van de bodem meten in plaats van de zuigspanning, zijn twee typen vochtsensoren oriënterend in de proeven ingezet:

In 2019 zijn ter oriëntatie 16 bodemvochtsensoren van Sensoterra verdeeld over het proefveld 1&2. De meetnauwkeurigheid van deze vochtsensor is volgens de leverancier  $\pm 1.5\%$  bij  $pF \geq 2$ , wanneer Sensoterra-kalibratie gebruikt wordt die geschikt is voor de bodem. De meetnauwkeurigheid kan worden beïnvloed door bodem heterogeniteit van textuur, compactie, vocht, hoge klei- EC en bodemtemperatuur. Voor een optimale toepassing is afstemming op het grondtype nodig.

**Figuur 6** Vochtsensoren Single Depth Soil Moisture Probe (Sensoterra) op proefveld 2



Vanaf 2020 is op proefveld 3&4 een andere vorm van capacitatie-sensoren toegepast, nl. de WaterScout (SM100 of SMEC300) van Estede. De meetnauwkeurigheid van deze sensoren bedraagt volgens de leverancier 3% bij een EC < 8 mS/cm. Problemen kunnen zich voordoen op droge gronden door verlies van sensor contact door bodemkrimp. De meting kan worden verstoord door metalen objecten en stenen. Ook bij deze vochtsensor is voor een juiste meting afstemming op de grondsoort nodig.

**Figuur 7** Vochtsensoren Waterscout (Estede) op proefveld 4 en 6

# 3 Resultaten

## 3.1 Gebruik watergeefstelsysteem en neerslag

De hoeveelheden water die via het irrigatiesysteem zijn toegediend variëren jaarlijks sterk (tijdstip en hoeveelheid bepaald door ondernemer) en hangen uiteraard samen met de hoeveelheden via natuurlijke neerslag. In tabel 1 staan de irrigatiebeurten op proefveld 1&2 en de natuurlijke neerslaggegevens. De giften van de druppelbeurten zijn omgerekend naar neerslag-equivalenten. In 2019 was het irrigatieaandeel met 210 mm irrigatie een factor 1,5 hoger dan de natuurlijke neerslag. In 2020 was dit 2,6 maal de natuurlijke neerslag. In 2021 is maar één keer geïrrigeerd.

**Tabel 2**    *Tabelbijschrift (Tabelopschrift).*

Irrigatie per maand	Aantal druppel-beurten	Mm neerslag equivalenten watergift (mm)	Natuurlijke neerslag (mm) *)
Juli 2019	6	130	27
Aug 2019	3	60	59
Sept 2019	1	20	57
Mei 2020	9	171	10
Juni 2020	5	77	44
Juli 2020	3	51	34
Aug 2020	5	96	28
Sept 2020	-	-	35
Mei 2021	1	19	65 (90)
Juni 2021	-	-	39 (52)
Juli 2021	-	-	52 (68)
Aug 2021	-	-	4 (85)
Sept 2021	-	-	2 (13)

\*) Onvolledige neerslag data lokaal weerstation vanwege gewasontwikkeling bij regenmeter (tussen haakjes KNMI Herwijnen)

Samenvattend zijn de groeiseizoenen van de jaren 2019 (zomer) en geheel 2020 qua natuurlijke neerslag 'droge' jaren. In 2021 viel gedurende het teeltseizoen voldoende neerslag.

De hoeveelheid water die via het fertigatiesysteem op proefveld 3&4 en 5&6 (tabel 2) is toegediend varieert sterk en is redelijk gecorreleerd aan natuurlijke neerslag. Echter, in perioden met veel (en voldoende) neerslag is ook gefertigeerd om gedurende het groeiseizoen de gewenste hoeveelheid meststoffen toe te dienen. In 2020 is de toegediende hoeveelheid water extreem hoog. Dit had te maken met de droogte in dit jaar en hoge verliezen door krimpscheuren in de bodem. In 2021 was er relatief veel natuurlijke neerslag (328 mm) en is via de fertigatie minder water (84 mm) gegeven, ongeveer 26% van de neerslag hoeveelheid. In 2022 is op de proefvelden 3&4 en 5&6 wat meer gefertigeerd (ca. 100 mm = 28-29%). De zomermaanden juli en augustus waren droog in dit jaar. De totale neerslag in het groeiseizoen (mei-september) was vergelijkbaar met 2021. In 2023 is vooral in juni veel gefertigeerd; in deze periode was er weinig neerslag. Het aandeel fertigatie was beduidend hoger in vergelijking met de neerslagcijfers. Op proefveld 3&4 was dit met 433 mm de factor 1,7 hoger dan de hoeveelheid neerslag. Op proefveld 5&6 was de fertigatie hoeveelheid 62% van de neerslag hoeveelheid.



**Tabel 2**      *Overzicht met aantal fertigatie momenten en neerslag op vier proefvelden in 2020 t/m 2023*

Fertigatie per maand	Proefveld 3&4		Proefveld 5&6		Alle proefvelden
	Aantal beurten (veld 1&2)	Neerslag- equivalenten watergift (mm)	Aantal beurten	Neerslag- equivalenten watergift (mm)	Natuurlijke neerslag (mm) *)
Mei 2020	8	391	nvt	nvt	(11)
Juni 2020	4	241	nvt	nvt	40 (90)
Juli 2020	3	157	nvt	nvt	49
Aug 2020	5	217	nvt	nvt	52
Sept 2020	-	-	nvt	nvt	58
Mei 2021	-	-	nvt	nvt	(90)
Juni 2021	2	22	nvt	nvt	74
Juli 2021	4	26	nvt	nvt	90
Aug 2021	5	26	nvt	nvt	58
Sept 2021	2	10	nvt	nvt	16
Mei 2022	-	-	3	10	17 (67)
Juni 2022	2	8	4	16	134
Juli 2022	11	42	10	39	37
Aug 2022	11	42	9	35	16
Sept 2022	2	8	1	5	104
Mei 2023	-	-			40
Juni 2023	5	116	15	111	42
Juli 2023	4	187	4	36	91
Aug 2023	2	78	1	7	47
Sept 2023	2	52	1	8	(40)

\*) onvolledige neerslag data van het lokaal weerstation (tussen haakjes KNMI Herwijnen)

Voor het fertigatiesysteem is een inschatting gemaakt hoe groot een druppelbeurt moet zijn om voldoende water te geven om de 'druppelkegel' te vullen. In bijlage 2 is dat in een voorbeeldberekening uitgewerkt. Op basis van deze benadering zou een fertigatiegift van 5,2 neerslag-equivalenten voldoende moeten zijn voor het vullen van de druppelkegel. Uit tabel 2 blijkt dat de vereiste minimale druppelbeurt in veel gevallen behaald werd. In 2022 zijn veel kleine druppelbeurten gegeven waarbij de minimum drempel van 5,2 mm niet werd behaald.

Samenvattend is 2020 qua natuurlijke neerslag een 'droog' jaar. In 2021 viel gedurende het teeltseizoen voldoende neerslag. In 2022 was het in de zomermaanden juli en augustus droog. In 2023 was m.n. het voorjaar droog.

## 3.2 Resultaten aangepast bemestingsstrategie

In 2023 is een vroege mestgift (zie par 2.2) via fertigatie als extra maatregel toegepast en gevolgd met bodem- en gewasanalyses, zowel in de behandeling 'gras & fertigatie' als de behandeling 'zwart & geen fertigatie'.

Op alle proefveldjes was in het vroege voorjaar (maart) de N-beschikbaarheid met 34-51 kg N/ha relatief laag.

Vlak voor de start van de gebruikelijke vaste mest gift (30 kg N/ha) is de N-beschikbaarheid in het wortelmilieu opnieuw gemeten. Eind april was de hoeveelheid opneembare N zeer laag (3,2-9,2 kg N/ha). In mei is zowel de toediening van de vaste bemesting (30 kg N) als de 'startfertigatie' (20 kg N/ha) uitgevoerd. Na ruim 4 weken is de N-beschikbaarheid opnieuw gemeten. Deze blijkt vooral voor de twee oudere teelten (proefveld 3&4) nog steeds laag (15,5 en 18,5 kg N/ha). Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door de onttrekking van een meerjarige grasstrook. In de behandeling zonder gras is het N-niveau beduidend hoger. En daarnaast doordat er een grotere onttrekking van N plaatsvindt door een ouder en groter gewas. In de behandeling 'geen fertigatie & geen gras' is het N-gehalte in de bodem bij het oudere gewas (proefveld 3&4) lager in vergelijking met het jongere gewas (proefveld 5&6).

In de jongere teelt (proefveld 5&6) was in juni het N-niveau in de 'gras & fertigatie' behandeling fors toegenomen, maar het niveau was wel lager dan de behandeling zonder gras.

Uit de gewasanalyse komt naar voren dat de N-inhoud van het gewas tussen de behandelingen geen verschillen laat zien. Het gewas lijkt in staat om – ook bij een relatief lage bodemvoorraad - voldoende N op te nemen.

**Tabel 3** De hoeveelheden N-opneembaar in de bodem en N-inhoud in het proefgewas *Carpinus betulus* 'Fastigiata' op verschillende momenten in 2023.

	Carpinus, plantjaar 2019		Carpinus, plantjaar 2021	
	Proefveld 3		Proefveld 5	
N-opneembaar bodem	Fertigatie & gras N/ha	Geen Fertigatie, geen gras N/ha	Fertigatie & gras N/ha	Geen Fertigatie, geen gras N/ha
N-opneembaar 26 april (kg/ha)	3,6	4,4	3,2	9,3
N-opneembaar 6 juni (kg/ha)	15,6	80,7	103	141
N-opneembaar 1 augustus (kg/ha)	98,3	51,5	161,3	255,2
N-inhoud gewas				
N-inhoud 8 juni (mg N/kg)	31,5	33,7	26,8	28,1
N-inhoud 1 augustus (mg N/kg)	32,5	32,9	28,1	28,4
Organische stof	2,7	2,7	3,4	3,4

**Tabel 4** De hoeveelheden N-opneembaar in de bodem en N-inhoud in het proefgewas *Acer campestre* 'Huibers Elegant' op verschillende momenten in 2023.

	Acer, plantjaar 2019		Acer, plantjaar 2021	
	Proefveld 4		Proefveld 6	
N-opneembaar bodem	Fertigatie & gras	Geen Fertigatie, geen gras	Fertigatie & gras	Geen Fertigatie, geen gras
	N/ha	N/ha	N/ha	N/ha
N-opneembaar 26 april (kg/ha)	3,2	6	3,5	7,7
N-opneembaar 6 juni (kg/ha)	18,5	59,2	65,7	72,4
N-opneembaar 1 augustus (kg/ha)	117,5	69,2	88	97,5
N-inhoud gewas				
N-inhoud 8 juni (mg N/kg)	27,5	29,6	24,9	27
N-inhoud 1 augustus (mg N/kg)	24,6	27,7	26,5	26,1
Organische stof	2,9	2,9	3,1	3,1

### 3.3 Groei van het gewas

In deze paragraaf worden van elk proefveld afzonderlijk de groeicijfers over de looptijd van desbetreffende veldproef behandeld. Eventuele achterliggende verklarende factoren (bevindingen) van bemesting en/of watergeefstelsel die waarschijnlijk een oorzaak zijn van de groeiverschillen of hiermee samenhangen worden hierbij tevens beschreven.

De resultaten van veldproef 1 (tabel 5) met *Carpinus betulus* 'Fastigiata' met grasstroken en aanvullende irrigatie in de periode 2019-2021 laten het volgende beeld zien:

- De verschillen in diktegroei per jaar lopen sterk uiteen. De gemeten diktegroei in 2019 was beperkt omdat deze metingen betrekking hebben op een vrij kort deel van het groeiseizoen (augustus-september) doordat de proef pas in de zomer van 2019 is gestart. Over de gehele periode is zijn de bomen gemiddeld met bijna 10 cm in omtrek toegenomen (van maat 4/6 naar 14/16).
- Alleen in 2020 is het remmend effect van grasstroken op de diktegroei aangetoond. In dit deel van het groeiseizoen was weinig neerslag.
- Alleen in 2020 is een positief effect van irrigatie op de diktegroei aangetoond. Vooral in mei en augustus 2020 is tijdens de droogte veel geïrrigeerd (H 3.1).
- In 2021 (natte seizoen) is er zelfs een significant negatief effect van irrigatie op de groei
- De verschillende combinaties van wel/geen gras en wel/geen irrigatie levert in beperkte mate significante verschillen op wat betreft diktegroei over de gehele periode. Er zijn duidelijke indicaties dat:
  - Alleen irrigatie (zonder grasstroken) een grotere diktegroei oplevert.
  - Alleen gras zonder aanvullende irrigatie een remmend effect heeft op de groei.
- Er is geen significant verschil tussen de behandeling 'gras & irrigatie' en de referentie-behandeling 'geen gras & geen irrigatie'. Dat betekent dat over de gehele groeiperiode de toepassing van gras in combinatie met aanvullende irrigatie niet resulteert in groeivermindering.

Grasstroken zonder irrigatie laat over de gehele periode 5% groeiremming zien t.o.v. referentie (geen gras & geen irrigatie). Maar dit verschil is statistisch niet significant. Het positieve effect van alleen irrigatie (zonder gras) ten opzichte van de referentie komt sterker naar voren (8%).

**Tabel 5** Effect van grasstroken en irrigatie op de groei van *Carpinus betulus* 'Fastigiata' op proefveld 1 in Echteld in de periode 2019-2021.

Behandeling	Groei '19	Groei '20	Groei '21	Groei '18-'21
Gras	0,897 a	4,009 b	4,37 a	9,27 b
Geen gras	0,935 a	4,724 a	4,43 a	10,09 a
F pr. (%) *)	41	99	61	88
L.s.d. Students t **)	0,16	0,34	0,15	0,41
Irrigatie	1,02 a	4,61 a	4,27 b	9,90 a
Geen irrigatie	0,90 a	4,12 b	4,53 a	9,46 b
F pr.(%)	98	99	99	96
L.s.d. Students t	0,16	0,34	0,15	0,41
Gras x irrigatie	0,96 ab	4,19 b	4,20 b	9,35 b
Geen gras x geen irrigatie	0,79 b	4,41 b	4,52 a	9,72 b
Gras x geen irrigatie	0,84 b	3,83 c	4,53 a	9,20 b
Geen gras x irrigatie	1,08 a	5,04 a	4,34 a	10,46 a
F pr.(%)	76	88	63	8
L.s.d. Students t	0,23	0,27	0,22	0,58

\*) Interpretatie F pr.; :: de kans dat de behandeling effect heeft op het resultaat is

\*\*) Interpretatie L.s.d. (least significant difference) het verschil tussen de gemiddelden is significant als deze groter is dan deze waarde

Uit de veldproef 2 (tabel 6) van *Acer campestre* 'Elsrijk' met grasstroken en aanvullende irrigatie in de periode 2019-2021 blijkt:

- De verschillen in diktegroei per jaar lopen sterk uiteen. De gemeten diktegroei in 2019 was beperkt omdat de metingen betrekking hebben op een kort deel van het groeiseizoen (augustus-september); de proef was pas in de zomer van 2019 gestart. Over de gehele periode is zijn de bomen gemiddeld met bijna 8 cm in omtrek toegenomen (van maat 4/6 naar 12/14).
- Het remmend effect van gras op de diktegroei van de bomen is in deze proef zeer beperkt en statistisch dan ook niet significant. Dit geldt voor alle jaren.
- Een significant positief effect van irrigatie op de diktegroei van de bomen is incidenteel aangetoond in een droog groeiseizoen. In de beginfase in 2019 was dit effect er wel, maar niet in 2020. Ondanks dat er in mei en augustus 2020 veel geïrrigeerd werd, resulteerde dit niet in meer groei. In het natte jaar (2021) is bijna niet geïrrigeerd en zijn geen effecten op de groei aangetoond.
- De verschillende combinaties van wel/geen gras en wel/geen irrigatie levert in beperkte mate significante verschillen op wat betreft diktegroei. Grasstroken zonder aanvullende irrigatie resulteert in minder groei.

**Tabel 6** Effect van grasstroken en irrigatie op de groei van *Acer campestre* 'Elsrijk' op proefveld 2 in Echteld in de periode 2019-2021.

Behandeling	Groei '19	Groei '20	Groei '21	Groei '18-'21
Gras	1,93 a	2,82 a	2,82 a	7,57 a
Geen gras	2,00 a	3,02 a	2,74 a	7,76 a
F pr. (%) *)	92	90	41	31
L.s.d. Students t (**)	0,08	0,25	0,35	0,35
Irrigatie	2,06 a	2,97 a	2,70 a	7,73 a
Geen irrigatie	1,88 b	2,87 a	2,86 a	7,60 a
F pr.(%)	99	63	68	42
L.s.d. Students t	0,08	0,25	0,35	0,35
Gras x irrigatie	2,01 a	3,00 ab	2,80 a	7,81 ab
Geen gras x geen irrigatie	1,90 b	3,10 a	2,87 a	7,87 a
Gras x geen irrigatie	1,85 b	2,64 b	2,84 a	7,34 b
Geen gras x irrigatie	2,10 a	2,95 a	2,61 a	7,66 ab
F pr.(%)	49	95	54	90
L.s.d. Students t	0,11	0,36	0,49	0,49

Uit de veldproef 3 (tabel 7) van *Carpinus betulus* 'Fastigiata' met grasstroken en aanvullende fertigatie in de periode 2020-2023 blijkt:

- De diktegroei van de bomen laat jaarlijks grote verschillen zien. Het eerste teeltjaar (2020) startte met een beperkte groei. In 2021 was de groei fors en vervolgens in 2022 en 2023 weer minder.
- Over de gehele groeiperiode is een significant remmend effect aangetoond van gras op de diktegroei van de bomen, maar dit effect verschilde sterk van jaar op jaar. Door de grasstroken bleef de diktegroei van de bomen over de hele periode 9% achter ten opzichte van de referentie. Over de gehele periode is zijn de bomen gemiddeld met ruim 10 cm in omtrek toegenomen (van maat <4/6 naar 14/16).
- Fertigatie heeft voor de gehele groeiperiode een positief effect op de groei. In de eerste fase van de teelt niet en hangt samen met voldoende natuurlijke neerslag in 2021. In de jaren daarna, met droge periodes, had fertigatie wel effect. Mogelijk heeft de extra bemesting in 2023 (start-fertigatie in mei, H.3.2.) enigszins bijgedragen aan meer groei in de fertigatie-behandelingen.
- De verschillende combinaties van wel/geen gras en wel/geen fertigatie levert over de gehele meetperiode redelijk duidelijke en ook significante verschillen wat betreft diktegroei op:
  - De meeste groei wordt gerealiseerd bij de behandeling met alleen fertigatie (en geen gras). Ten opzichte van de referentie is er 5% meer groei.
  - De groei blijft het meest achter bij de bomen in de grasstroken waar geen fertigatie wordt toegepast (13%).
  - Er is geen significant verschil tussen de behandeling 'gras & fertigatie' en de referentie-behandeling (geen gras/geen fertigatie). Dat betekent dat over de gehele groeiperiode bij de toepassing van gras in combinatie met aanvullende fertigatie de groei niet minder is ten opzichte van de referentie (geen gras, geen fertigatie).

**Tabel 7** Effect van grasstroken en irrigatie op de groei van *Carpinus betulus* 'Fastigiata' op proefveld 3 in Opheusden in de periode 2020-2023.

	Groei '20	Groei '21	Groei '22	Groei '23	Groei 2020-2023
Gras	0,91 a	4,52 b	3,30 b	1,75 a	10,48 a
Geen gras	1,01 a	4,83 a	3,75 a	1,90 a	11,49 b
F pr. (%)	80	99	99	77	99
L.s.d. Students t	0,16	0,22	0,19	0,27	0,42
Fertigatie	0,96 a	4,65 a	3,79 a	2,01 a	11,41 a
Geen fertigatie	0,95 a	4,71 a	3,26 b	1,63 b	10,56 b
F pr. (%)	9	49	99	99	99
L.s.d. Students t	0,16	0,22	0,19	0,28	0,42
Gras x fertigatie	0,91 a	4,50 b	3,59 b	2,06 a	11,05 b
Geen gras x geen fertigatie (ref.)	1,00 a	4,87 a	3,51 b	1,83 a	11,21 ab
Gras x geen fertigatie	0,91 a	4,54 b	3,01 c	1,43 b	9,90 c
Geen gras x fertigatie	1,01 a	4,79 ab	3,98 a	1,96 a	11,76 a
F pr. (%)	5%	15	50	93	87
L.s.d. Students t	0,23	0,31	0,26	0,39	0,59

Uit de veldproef 4 (tabel 8) van *Acer campestre* 'Elsrijk' met grasstroken en aanvullende fertigatie in de periode 2020-2023 blijkt dat:

- De omtrekgroei van de bomen laat jaarlijks grote verschillen zien. Het eerste teeltjaar (2020) startte met een beperkte groei. In 2021 was de groei fors, in 2022 was er bijna geen groei en in 2023 een beperkte groei. Dit werd vooral veroorzaakt door een forse meeldauwaantasting in het gewas in 2022. Over de gehele periode is zijn de bomen gemiddeld met ca. 7 cm in omtrek toegenomen (van maat <4/6 naar 10/12).
- Over de gehele groeiperiode ('20-'23) is een remmend effect van gras op de diktegroei van de bomen aangetoond is, maar de grootte van het effect loopt van jaar op jaar sterk uiteen. In sommige jaren bleef de groeiremming beperkt. De totale groeireductie over de hele periode bedraagt 11% ten opzichte van de referentie (geen gras, geen fertigatie).
- Het significante positief effect van fertigatie op de diktegroei verdwijnt tijdelijk in een nat jaar (2021). In 2023 is er weer meer groei bij de gefertigede bomen, mogelijk speelt de aanvullende bemesting maatregel (start-fertigatie in mei 2023) hierbij ook een rol. Over de gehele teeltperiode is er uiteindelijk aantoonbaar meer groei bij de gefertigede bomen (9%) ten opzichte van de niet-gefertigede bomen.
- De verschillende combinaties van wel/geen gras en wel/geen fertigatie levert geen statistisch significante verschillen op wat betreft diktegroei. Wel zijn er indicaties dat:
  - Grasstroken zonder aanvullende fertigatie een remmend effect hebben op de diktegroei. Ten opzichte van de referentie bleef de groei 11% achter.
  - Over de gehele periode levert fertigatie zonder grasstroken de meeste groei op. De diktegroei is dan 8% hoger dan de referentie.
- Er is geen significant verschil tussen de behandeling 'gras & fertigatie' en de referentie-behandeling (geen gras & geen fertigatie). Dat betekent dat over de gehele groeiperiode bij de toepassing van gras in combinatie met aanvullende fertigatie er geen groeireductie optrad ten opzichte van de referentie (geen gras, geen fertigatie), maar ook geen groeiwinst.

**Tabel 8** Effect van grasstroken en irrigatie op de groei van *Acer campestre* 'Elsrijk' op proefveld 4 in Opheusden in de periode 2020-2023.

	Groei '20	Groei '21	Groei '22	Groei '23	Groei 2020-2023
Gras	1,27 a	3,18 b	0,79 b	1,46 a	6,71 b
Geen gras	1,36 a	3,53 a	0,91 a	1,68 a	7,52 a
F pr. (%)	93	99	99	90	99
L.s.d. Students t	0,10	0,18	0,03	0,27	0,40
Fertigatie	1,47 a	3,31 a	0,86 a	1,76 b	7,42 a
Geen fertigatie	1,17 b	3,40 a	0,84 a	1,38 a	6,80 b
F pr. (%)	99	74	83	99	99
L.s.d. Students t	0,10	0,18	0,03	0,27	0,40
Gras x fertigatie	1,39 b	3,22 bc	0,76 d	1,66 a	7,02 b
Geen gras x geen fertigatie (ref.)	1,18 c	3,66 a	0,86 b	1,49 ab	7,22 b
Gras x geen fertigatie	1,15 c	3,14 c	0,82 c	1,27 b	6,39 c
Geen gras x fertigatie	1,54 a	3,40 b	0,96 a	1,87 a	7,81 a
F pr. (%)	82	94	99	4	11
L.s.d. Students t	0,14	0,25	0,04	0,39	0,56

Zoals in H.3.2 is aangegeven is in veldproef 5&6 (tabel 9) bij beide gewassen een aanvullende bemestingsmaatregel toegepast. De behandelingen met grasstroken en aanvullende fertigatie is al of niet uitgevoerd met een basisbemesting in het vroege voorjaar.

Uit deze veldproef blijkt dat een extra basisbemesting in het voorjaar bij *Acer campestre* 'Huibers Elegant' aantoonbaar meer groei oplevert ten opzichte van de referentie. Maar dit kon niet worden aangetoond bij het andere toetsgewas *Carpinus betulus* 'Fastigiata'. De aanvangsgrootte van dat gewas was echter zeer beperkt en de start van de teelt verliep moeizaam.

**Tabel 9** Effect van grasstroken en fertigatie en een aangepast bemestingsschema op de groei van twee laanboomgewassen op proefveld 5 en 6 in Opheusden in 2022.

Gewas	Behandelingen	Groei '22
<i>Acer campestre</i> 'Huibers Elegant'	Gras + fertigatie + basisbemesting	3,87 a
	Gras, geen fertigatie + basisbemesting	3,49 b
	Geen gras, geen fertigatie + basisbemesting (referentie)	3,43 bc
	Gras, geen fertigatie, geen basisbemesting	3,33 b
	F pr. (%)	99
	L.s.d. Students t	0,14
<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'	Gras + fertigatie + basisbemesting	1,64 a
	Gras, geen fertigatie + basisbemesting	1,49 a
	Geen gras, geen fertigatie + basisbemesting (referentie)	1,43 a
	Gras, geen fertigatie, geen basisbemesting	1,32 a
	F pr. (%)	74
	L.s.d. Students t	0,35



De veldproeven 5&6 zijn in 2023 teruggebracht naar de gebruikelijke indeling in vier behandelingen. Deze wijziging betekent dat een vergelijking met 2022 en een statistische analyse over de gehele periode niet mogelijk is. De gemiddelde omtrek van bomen aan het einde van de proef liep uiteen van maatklasse 6/8-8/10. Het resultaat in 2023 (tabel 10) is:

- Er is een aantoonbaar verschil tussen de behandeling met gras en de behandelingen zonder gras. Bij beide gewassen blijft de groei met grasstroken achter op die in de zwarte grond (6-10%) .
- Er is een aantoonbaar verschil tussen de behandeling wel fertigeren en niet fertigeren bij het gewas *Carpinus*. De gefertigete bomen bij dit gewas laten meer groei zien (10%). Dit geldt niet voor het gewas *Acer campestre*.
- In deze veldproef is bij het gewas *Carpinus betulus* een aantoonbaar verschil tussen de behandeling 'gras & fertigatie' en de referentiebehandeling (geen gras en geen fertigatie) gevonden. De groei van de bomen in gras met fertigatie is 6% hoger dan de referentie. Mogelijk heeft de aangepaste bemestingsstrategie in 2023 hierop een positieve invloed gehad, maar dit geldt niet voor het toetsgewas *Acer campestre*.

**Tabel 10** Effect van grasstroken en fertigatie op de groei van *Carpinus betulus* 'Fastigiata' en *Acer campestre* 'Huibers Elegant' op proefveld 5&6 in Opheusden in 2023.

Behandeling	Groei '23 Carpinus Proefveld 5	Groei '23 Acer Proefveld 6
Gras	3,38 b	3,51 b
Geen gras	3,61 a	3,92 a
F pr. (%)	68	99
L.s.d. Students t	0,12	0,28
Fertigatie	3,61 a	3,81 a
Geen fertigatie	3,29 b	3,62 a
F pr. (%)	96	85
L.s.d. Students t	0,12	0,28
Gras x fertigatie	3,63 a	3,65 a
Geen gras x geen fertigatie	3,44 b	3,88 a
Gras x geen fertigatie	3,13 c	3,37 b
Geen gras x fertigatie	3,59 a	3,97 a
F pr. (%)	80	56
L.s.d. Students t	0,17	0,39

### 3.4 Gebruik van vochtsensoren

In 2019 zijn oriënterend vochtmetingen in het wortelmilieu met watermarks (zuigspanning) en water content-sensoren (vocht%) van Sensoterra uitgevoerd (grafiek 1 en 2, bijlage 4). De watermarks reageren op (langere) droge periodes en in een aantal gevallen is er een reactie op irrigatie- of neerslagmomenten waargenomen. De vochtsensoren van Sensoterra reageerden niet of onvoldoende op het watergeefstelsel of op de natuurlijke neerslag. Wel gaven ze een globaal beeld van het verloop van de vochttoestand van de bodem.

In 2020 zijn vochtmetingen met watermarks en vochtsensoren (Waterscout) gevolgd (grafiek 3 en 4, bijlage 4). De Waterscouts reageren in beperkte mate op het watergeefstelsel en geven globaal een redelijk goed beeld van het vochtgehalte van de bodem tijdens het seizoen. De watermarks reageren op grotere watergiften of grotere neerslagmomenten, maar niet op kleinere hoeveelheden neerslag of irrigatie.

In 2021 zijn de vochtmetingen met watermarks en vochtsensoren (WaterScout) geregistreerd (grafiek 5 en 6, bijlage 4). De watermarks laten een duidelijke reactie zien op het watergeefstelsel (m.n. grotere giften). Bij de Waterscout is het beeld wisselend. Vaak is er een reactie op neerslag en/of het watergeefstelsel, maar soms ook geen reactie op grote veranderingen qua neerslag.

---

In 2022 zijn alleen de metingen van de watermarks gevolgd (grafiek 7 en 8, bijlage 4). De metingen van de WaterScouts zijn verloren gegaan vanwege het uitvallen van het systeem tijdens het groeiseizoen. De watermarks reageerden alleen duidelijk op grotere hoeveelheden neerslag en niet of nauwelijks op de (kleine) fertigatielasten.

In 2023 zijn vochtmetingen met de watermarks en Waterscout-sensoren uitgevoerd (grafiek 8, 9 en 10, bijlage 4). De watermarks reageerden duidelijk op het watergeefstelsel. Ook bij de WaterScout was een duidelijke reactie te zien op watergift en/of neerslag en gaven een globaal beeld van het vochtgehalte gedurende het seizoen. Bodemkrimp in de nabijheid van de sensor veroorzaakte korte tijd verlies van contact met de sensor en daardoor foutieve meetwaarden.



---

## 4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

In toenemende mate is er bij boomkwekers in de TCO-regio interesse voor **grasstroken** vanwege de volgende voordelen:

- Meer dan 50% reductie van het herbicidegebruik omdat de rijpaden niet meer 'zwart' gehouden hoeven te worden.
- Grasstroken zorgen voor een betere berijdbaarheid van de percelen en voorkomen structuurbederf.
- In een meerjarige teelt van boomkwekerijgewassen zal het organisch stof gehalte geleidelijk dalen. In de teelt met grasstroken komt steeds maaisel beschikbaar dat bijdraagt aan het op peil houden van het gehalte aan organische stof en het bodemleven bevordert. Dit levert voor de langere termijn betere groeiomstandigheden op.
- Mogelijk bieden grasstroken een schuilplaats voor nuttige organismen waardoor minder bestrijdingsmiddelen nodig zijn.
- Grasstroken nemen mineralen op waardoor uit- en afspoeling van meststoffen in het groeiseizoen, maar ook daarbuiten verminderd worden.
- Grasstroken dragen bij een goede presentatie van de kwekerij.

In zes veldproeven in de periode 2019-2023 is de toepassing van grasstroken in combinatie met irrigatie of fertigatie in de teelt van laanbomen in de regio Opheusden onderzocht. De proef is uitgevoerd met jonge bomen met een beginonttrek van <4/6 cm naar een eindonttrek uiteenlopend van 8/10 – 14/16 cm. De directe effecten op de groei van de gewassen (hoofddoel) konden in het onderzoek goed gekwantificeerd worden. Andere effecten – vooral effecten op de langere termijn (hierboven genoemd) – zijn in dit onderzoek niet gekwantificeerd.

Uit dit meerjarige onderzoek blijkt dat de teelt met grasstroken tussen de bomen een remmend effect heeft op de groei van de bomen. Over de gehele teeltperiode liep deze voor de gewassen uiteen van 6-11% reductie van de diktegroei. De toepassing van irrigatie en/of fertigatie stimuleert de diktegroei van de bomen; het effect over de gehele teelt liep uiteen van 5 tot 9% meer diktegroei. Het effect van irrigatie of fertigatie werd vooral aangetoond in periodes waarin er een neerslag tekort is. Door de teelt van grasstroken te combineren met irrigatie of fertigatie op de boomrijen kan de groeiremming door gras dus worden opgeheven. Hiermee werd dezelfde groei van het gewas gerealiseerd als in de referentie situatie (geen gras en geen fertigatie).

Vooraf in de eerste jaren van het onderzoek werd vrij laat gestart met irrigatie of fertigatie terwijl de groeiomstandigheden – een droog voorjaar – daar wel om vroegen. Eenmaal gestart waren de druppelbeurten meestal groot genoeg om het wortelmilieu in voldoende mate van vocht te voorzien. Met het volledig benutten van het watergeefstelsel vanaf het begin van het groeiseizoen kan het positief effect vergroot worden.

In de veldproeven is oriënterend gekeken naar de **N-toestand in het wortelmilieu** en het effect van een extra bemesting in het vroege voorjaar op de groei. De indruk bestaat dat vooral in de meerjarige grasstroken een hogere N-onttrekking optreedt, die in het voorjaar een lagere N-gehalte in de bodem veroorzaakt. Fertigatie op de kwekerij biedt de mogelijkheid om een gerichte mestgift in het vroege voorjaar toe te dienen. In één van de veldproeven bleek dat met fertigatie die al vroegtijdig werd ingezet een meeropbrengst ten opzichte van de referentie (geen gras en geen fertigatie) kon worden gerealiseerd. Lage N-cijfers in de bodem hadden overigens geen effect op de N-inhoud van de gewassen.

Uit de proeven blijkt dat onder de omstandigheden zoals in de regio Opheusden water de belangrijkste factor is om de groeiremming door grasstroken te compenseren. Als door klimaatverandering vaker droge periodes voorkomen, heeft druppelbevloeiing een belangrijk voordeel. Met name op bedrijven met veel en grotere percelen is het inzetten van mobiele haspelberegening vaak problematisch. Met vaste druppelleidingen in het gewas kan tijdig en effectief water gegeven worden.

---

De toepassing van **grasstroken met irrigatie of fertigatie** biedt enerzijds zekerheid voor de groei, maar anderzijds brengt dit investeringskosten met zich mee. Dat betreft zowel de aanleg van de grasstroken (grondbewerking en zaaien voor ca. €900 per ha) als de aanleg van het watergeefstelsel. De kosten (aanschrijvingen) van een irrigatie- of fertigatiesysteem zijn sterk afhankelijk van de bedrijfsgrootte, het aantal en de omvang van de percelen. Ten tijde van het onderzoek was dit globaal voor een laanboomkwekerij ca. €550 per hectare per jaar als het systeem op tenminste 10 ha van het bedrijf wordt aangelegd. Dit zijn de kosten voor de arbeid bij aanleg, aanvoerleidingen, slangen, pompen, aansturing van de bemesting e.d., excl. de kosten voor vloeibare meststoffen (ca. €1.000/jaar). In totaal zijn de jaarkosten (aanschrijving) voor 'gras & fertigatie' €300 (gras) + €550 fertigatiesysteem + ca. €1.000 vloeibare meststoffen = €1.850/hectare/jaar. Of deze kosten en andere kosten (onderhoud, rente) van het systeem worden terugverdiend zijn sterk jaarafhankelijk (mate van neerslagtekort). Bovendien zijn de andere voordelen zoals genoemd in de inleiding hierbij niet meegerekend.

Het gebruik van **vochtsensoren** kan in principe een belangrijke bijdrage leveren aan gericht watergeven via irrigatie of fertigatie. In de veldproeven bleken de mogelijkheden in de praktijk echter nog beperkt vanwege meerdere oorzaken, nl. niet optimale plaatsing van de vochtsensoren (geen reactie op watergeven), droogtekrimp van de grond waardoor verlies van contact met de sensoren, onverwacht uitvallen van het meetstelsel en verschillen in samenstelling van de bodem waardoor een kalibratie nodig is voor een goede werking, etc.

Het sturen op vochtgehalte op basis van vochtsensoren dient verder geoptimaliseerd te worden. Het beste meetpunt is onder de 'waterkegel' onder de druppelaar. De waterkegel mag alleen bestaan uit een ongestoord profiel. Dat betekent dat vochtsensoren nooit door de waterkegel maar vanuit de zijkant op de juiste plaats onder de kegel gebracht moeten worden. Op deze manier is het mogelijk meer betrouwbare metingen te doen en daarop de watergeefbeurten te sturen. Dit werkt echter alleen als de druppelbeurten groot genoeg zijn om de kegel te vullen. Uit het onderzoek kwam naar voren dat bij korte druppelbeurten de druppelkegel niet altijd gevuld werd en daarmee de sensoren niet bereikt konden worden. Aanbevolen wordt om dit aspect verder te onderzoeken.

Verder wordt aanbevolen om bij de toepassing van vochtsensoren tijdig te starten. Bij voorkeur worden de vochtsensoren geplaatst in een periode waarbij het vochtgehalte van de grond op veldcapaciteit ( $pF=2$ ) is. Daardoor kan de grondprofiel herstellen en zijn de meetwaarden in drogere perioden beter te interpreteren.

---

# Literatuur

Nouwens, F.H.C., 2004. 'Vermindering stikstofuitspoeling door vanggewassen in de teelt van laanbomen', Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Horst

Nouwens, F.H.C., 2009. 'Demonstratie alternatieve onkruidbestrijding onder laanbomen met grasstroken', Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, LNV programma Plantgezondheid, interactie TmT, project 32 340 836 19, Randwijk.

Pronk A. en R. Groeneveld, 2010. 'Groene grondbedekking in de biologische boomkwekerij, rapport 339, PRI-WUR

Pronk A. en R. Groeneveld, 2003. Waterplan voor boomteeltbedrijven, Interne publicatie, Telen met Toekomst, 2003.

Smits A.P., B.J. van der Sluis, F.H.C. Nouwens, 2009. 'Toepassing van grasstroken onder laanbomen', Een inventarisatie van de ervaringen van boomtelers en van de uit onderzoek en demonstraties beschikbare informatie, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, projectnr. 32 360955 00, PT-rapportage.

Snoek, B. & T. Guiking, 2003. 'Gras tussen de rijen biedt perspectief bij onkruidbestrijding', Vakblad De Boomkwekerij 14: 8-10

Sluis, B.J., 2014. 'Toepassing van grasstroken in laanbomen', Optimaliseren van de groei laanbomen bij toepassing van grasstroken, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, projectnr. 3236116000, PT-rapportage nr. 14071.

Wijnker, J.P.M., F.H.C. Nouwens, A.J.P. Hendrix, 2006a. 'Niet chemische onkruidbestrijding in de laanbomenteelt op klei', project 311063, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving & DLV Boomteelt, Lisse.

Wijnker, J.P.M., F.H.C. Nouwens, A.J.P. Hendrix, 2006b, Alternatieve onkruidbestrijding in laanbomen op klei blijft lastig', Vakblad De Boomkwekerij 20: 12-13

# Bijlage 1 Proefschemas

Proefveld Echteld									Proefveld Echteld								
Acer campestre Elsrijk (proefveld 2)									Carpinus betulus Fastigiata (proefveld 1)								
	randrij	rij 1	rij 2	randrij	rij 4	rij 5	randrij		randrij	rij 1	rij 2	randrij	rij 4	rij 5	randrij		
blok 1	o	x	x	o	x	x	o		blok 1	o	x	x	o	x	x	o	
blok 1	o	x	x	o	x	x	o		blok 1	o	x	x	o	x	x	o	
blok 1	o	x	x	o	x	x	o		blok 1	o	x	x	o	x	x	o	
blok 1	o	x	x	o	x	x	o		blok 1	o	x	x	o	x	x	o	
blok 2	o	x	x	o	x	x	o		blok 2	o	x	x	o	x	x	o	
blok 2	o	x	x	o	x	x	o		blok 2	o	x	x	o	x	x	o	
blok 2	o	x	x	o	x	x	o		blok 2	o	x	x	o	x	x	o	
blok 2	o	x	x	o	x	x	o		blok 2	o	x	x	o	x	x	o	
pad									pad								
blok 3	o	x	x	o	x	x	o		blok 3	o	x	x	o	x	x	o	
blok 3	o	x	x	o	x	x	o		blok 3	o	x	x	o	x	x	o	
blok 3	o	x	x	o	x	x	o		blok 3	o	x	x	o	x	x	o	
blok 3	o	x	x	o	x	x	o		blok 3	o	x	x	o	x	x	o	

- x gras&irrigatie
- x gras&geen irrigatie
- x geen gras&irrigatie
- x geen gras&geen irrigatie

Aantal bomen per experimentele eenheid: 40 stuks  
 Plantafstand: 75 cm  
 Rijafstand: 200 cm

Proefveld Opheusden								Proefveld Opheusden							
Carpinus betulus Fastigiata (proefveld 3)								Acer campestre Elsrijk (proefveld 4)							
		randrij	rij 1	rij 2	rij 4	rij 5	randrij			randrij	rij 1	rij 2	rij 4	rij 5	randrij
blok 3	A	o	x	x	x	x	o	blok 3	B	o	x	x	x	x	o
blok 3	A	o	x	x	x	x	o	blok 3	B	o	x	x	x	x	o
blok 3	D	o	x	x	x	x	o	blok 3	C	o	x	x	x	x	o
blok 3	D	o	x	x	x	x	o	blok 3	C	o	x	x	x	x	o
blok 3	C	o	x	x	x	x	o	blok 3	A	o	x	x	x	x	o
blok 3	C	o	x	x	x	x	o	blok 3	A	o	x	x	x	x	o
blok 3	B	o	x	x	x	x	o	blok 3	D	o	x	x	x	x	o
blok 3	B	o	x	x	x	x	o	blok 3	D	o	x	x	x	x	o
blok 2	C	o	x	x	x	x	o	blok 2	C	o	x	x	x	x	o
blok 2	C	o	x	x	x	x	o	blok 2	C	o	x	x	x	x	o
blok 2	B	o	x	x	x	x	o	blok 2	D	o	x	x	x	x	o
blok 2	B	o	x	x	x	x	o	blok 2	D	o	x	x	x	x	o
blok 2	D	o	x	x	x	x	o	blok 2	A	o	x	x	x	x	o
blok 2	D	o	x	x	x	x	o	blok 2	A	o	x	x	x	x	o
blok 2	A	o	x	x	x	x	o	blok 2	B	o	x	x	x	x	o
blok 2	A	o	x	x	x	x	o	blok 2	B	o	x	x	x	x	o
blok 1	D	o	x	x	x	x	o	blok 1	C	o	x	x	x	x	o
blok 1	D	o	x	x	x	x	o	blok 1	C	o	x	x	x	x	o
blok 1	C	o	x	x	x	x	o	blok 1	A	o	x	x	x	x	o
blok 1	C	o	x	x	x	x	o	blok 1	A	o	x	x	x	x	o
blok 1	A	o	x	x	x	x	o	blok 1	B	o	x	x	x	x	o
blok 1	A	o	x	x	x	x	o	blok 1	B	o	x	x	x	x	o
blok 1	B	o	x	x	x	x	o	blok 1	D	o	x	x	x	x	o
blok 1	B	o	x	x	x	x	o	blok 1	D	o	x	x	x	x	o

A	x	gras met irrigatie
B	x	gras zonder irrigatie
C	x	zwart zonder irrigatie
D	x	zwart met irrigatie

Aantal bomen per experimentele eenheid: 40 stuks  
Plantafstand: 75 cm  
Rijafstand: 200 cm



Carpinus betulus Fastigiata (proefveld 5)									
	Blok 1			blok 2			blok 3		
randrij	rij 1	rij 2	randrij	rij 1	rij 2	randrij	rij 1	rij 2	randrij
o	xxD	xxD	o	xB	xB	o	xC	xC	o
o	xxD	xxD	o	xB	xB	o	xC	xC	o
o	xC	xC	o	xxD	xxD	o	xA	xA	o
o	xC	xC	o	xxD	xxD	o	xA	xA	o
o	xA	xA	o	xC	xC	o	xB	xB	o
o	xA	xA	o	xC	xC	o	xB	xB	o
o	xB	xB	o	xA	xA	o	xxD	xxD	o
o	xB	xB	o	xA	xA	o	xxD	xxD	o
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Behandeling	gras/geen gras	basisbemesting	fertigatie	kleurcode
A	gras	basisbemesting	wel fertigatie	xA
B	gras	basisbemesting	geen fertigatie	xB
C	geen gras	basisbemesting	geen fertigatie	xC
D	gras	geen basisbemesting	geen fertigatie	xxD

Aantal bomen per experimentele eenheid: 40 stuks  
 Plantafstand: 75 cm  
 Rijafstand: 200 cm

Acer campestre Huibers Elegant (proefveld 6)							
	randrij	1	2	3	4	5	6 randrij
blok 3	o	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD
blok 3	o	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD
blok 3	o	xB	xB	xB	xB	xB	xB
blok 3	o	xB	xB	xB	xB	xB	xB
blok 3	o	xA	xA	xA	xA	xA	xA
blok 3	o	xA	xA	xA	xA	xA	xA
blok 3	o	xC	xC	xC	xC	xC	xC
blok 3	o	xC	xC	xC	xC	xC	xC
blok 2	o	xC	xC	xC	xC	xC	xC
blok 2	o	xC	xC	xC	xC	xC	xC
blok 2	o	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD
blok 2	o	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD
blok 2	o	xA	xA	xA	xA	xA	xA
blok 2	o	xA	xA	xA	xA	xA	xA
blok 2	o	xB	xB	xB	xB	xB	xB
blok 2	o	xB	xB	xB	xB	xB	xB
blok 1	o	xA	xA	xA	xA	xA	xA
blok 1	o	xA	xA	xA	xA	xA	xA
blok 1	o	xC	xC	xC	xC	xC	xC
blok 1	o	xC	xC	xC	xC	xC	xC
blok 1	o	xB	xB	xB	xB	xB	xB
blok 1	o	xB	xB	xB	xB	xB	xB
blok 1	o	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD
blok 1	o	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD	xxD

Carpinus betulus Fastigiata (proefveld 5)										
Blok 1			blok 2			blok 3				
randrij	rij 1	rij 2	randrij	rij 1	rij 2	randrij	rij 1	rij 2	randrij	
o	G0	G0	o	ZF	ZF	o	Z0	Z0	o	
o	G0	G0	o	ZF	ZF	o	Z0	Z0	o	
o	Z0	Z0	o	G0	G0	o	GF	GF	o	
o	Z0	Z0	o	G0	G0	o	GF	GF	o	
o	GF	GF	o	Z0	Z0	o	ZF	ZF	o	
o	GF	GF	o	Z0	Z0	o	ZF	ZF	o	
o	ZF	ZF	o	GF	GF	o	G0	G0	o	
o	ZF	ZF	o	GF	GF	o	G0	G0	o	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

code	gras/geengras	fertigatie	kleur
A	gras	wel fertigatie	GF
B	gras	geen fertigatie	G0
C	geen gras	wel fertigatie	ZF
D	geen gras	geen fertigatie	Z0

Aantal bomen per experimentele eenheid: 40 stuks

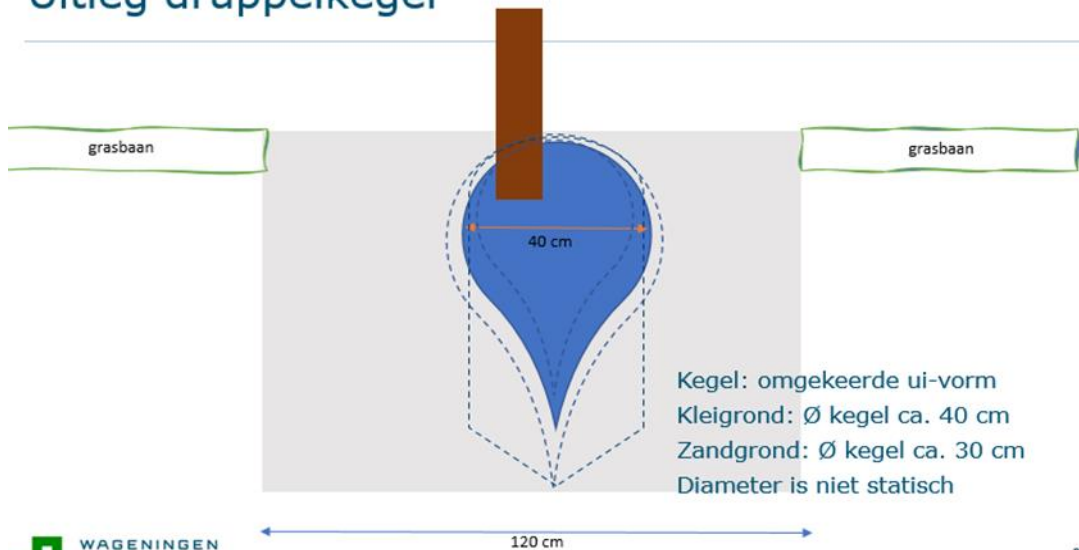
Plantafstand: 75 cm

Rijafstand: 200 cm

Acer campestre Huibers Elegant (proefveld 6)							
blok 3	o	G0	G0	G0	G0	G0	o
blok 3	o	G0	G0	G0	G0	G0	o
blok 3	o	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	o
blok 3	o	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	o
blok 3	o	GF	GF	GF	GF	GF	o
blok 3	o	GF	GF	GF	GF	GF	o
blok 3	o	Z0	Z0	Z0	Z0	Z0	o
blok 3	o	Z0	Z0	Z0	Z0	Z0	o
blok 2	o	Z0	Z0	Z0	Z0	Z0	o
blok 2	o	Z0	Z0	Z0	Z0	Z0	o
blok 2	o	G0	G0	G0	G0	G0	o
blok 2	o	G0	G0	G0	G0	G0	o
blok 2	o	GF	GF	GF	GF	GF	o
blok 2	o	GF	GF	GF	GF	GF	o
blok 2	o	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	o
blok 2	o	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	o
blok 1	o	GF	GF	GF	GF	GF	o
blok 1	o	GF	GF	GF	GF	GF	o
blok 1	o	Z0	Z0	Z0	Z0	Z0	o
blok 1	o	Z0	Z0	Z0	Z0	Z0	o
blok 1	o	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	o
blok 1	o	ZF	ZF	ZF	ZF	ZF	o
blok 1	o	G0	G0	G0	G0	G0	o
blok 1	o	G0	G0	G0	G0	G0	o
		1	2	3	4	5	6

# Bijlage 2 Toelichting druppelkegel en watergeven

## Uitleg druppelkegel



31

Toelichting: bruine balk is de boom, top kegel is het druppelpunt

De druppelkegel is het grondvolume (in de vorm van een omgekeerde ui) waarin het water uit de druppelaar in de bodem trekt. Het irrigatiesysteem moet hierop afgestemd zijn om te voorkomen dat onnodig veel water gegeven wordt (bijvoorbeeld door water te geven terwijl de druppelkegel al waterverzadigd is).

Rekenvoorbeeld voor 1 m rij beplanting

Afstand druppelaars	30 cm
Plantafstand	70 cm
Aantal druppelaars per boom	2,5 stuks
Elk druppelaar maakt een kegel van	40 cm
Bewortelbare diepte	60 cm
Afgifte druppelaar	1,1 l/uur
Volume v/d grond op basis van kegel	ca. 150 liter
Lichte klei bij veldcapaciteit (pF=2)	37,5 vol%
Lichte klei bij lichte droogtestress (pF=2,5)	34,0 vol%
Potentiële vochtopname	3,5%*150 liter = 5,3 liter
Gift 60 minuten komt overeen met	2,8 liter/boom (1,1*2,5)
Gift 60 minuten komt overeen met	5,2 mm neerslag-equivalenten (1,1 l/0,21 m <sup>2</sup> )

Dit betekent dat een druppelbeurt van bijna 2 uur (5,3/2,8) nodig is om een droge kegel op veldcapaciteit te brengen. Dit komt overeen met 5,2 mm neerslag-equivalenten. Overigens, de wortelontwikkeling blijft alleen geconcentreerd in de kegel onder langdurige droge omstandigheden. Is er een nat jaar bij, dan is er ook veel wortelontwikkeling buiten de druppelkegel. Het oppervlak van de kegel t.o.v. de zwartstrook bedraagt ongeveer 60%.

# Bijlage 3 N-bemesting en analyseresultaten grondbemonstering

De N-bemesting op de proefpercelen toegediend in vaste en vloeibare vorm per teeltjaar en de resultaten van de grondbemonstering.

Proef percelen	Water-geef systeem (irrigatie/fertigatie)	Jaar	N-gift/ha vast basis	N-gift/ha vast aanvullend	N-gift/ha via fertigatie	N-min grondmonster analyse, vroege voorjaar	N-min advies
Perceel 1&2	irri	2019	-	-	Nvt		
	irri	2020	50	-	Nvt	73-74	90-110
	irri	2021	50	-	Nvt	40-75	90-110
	Niet-irri	2020	-	-	Nvt	72-88	70-120
	Niet-irri	2021	-	-	Ntv	55-70	80-110
	Perceel 3&4	fert	2020	-	-	53	
Perceel 3&4	fert	2021	30	-	56	39-47	80-110
	fert	2022	30	-	39	44-75	105
	fert	2023	27	-	31		
	Niet-fert	2020	-	-	-		
Perceel 3&4	Niet-fert	2021	30	-	-	36-50	110
	Niet-fert	2022	30	20	-	44-75	105
	Niet-fert	2023	27	20	-	34-41	-
	Perceel 5&6	fert	2022	30	-	39	44-75
Perceel 5&6	fert	2023	27	-	126	39-51	-
	Niet-fert	2022	30	20 (NK-mix)	-	44-75	105
Perceel 5&6	Niet-fert	2023	27	20 (KAS)	-	39-51	-

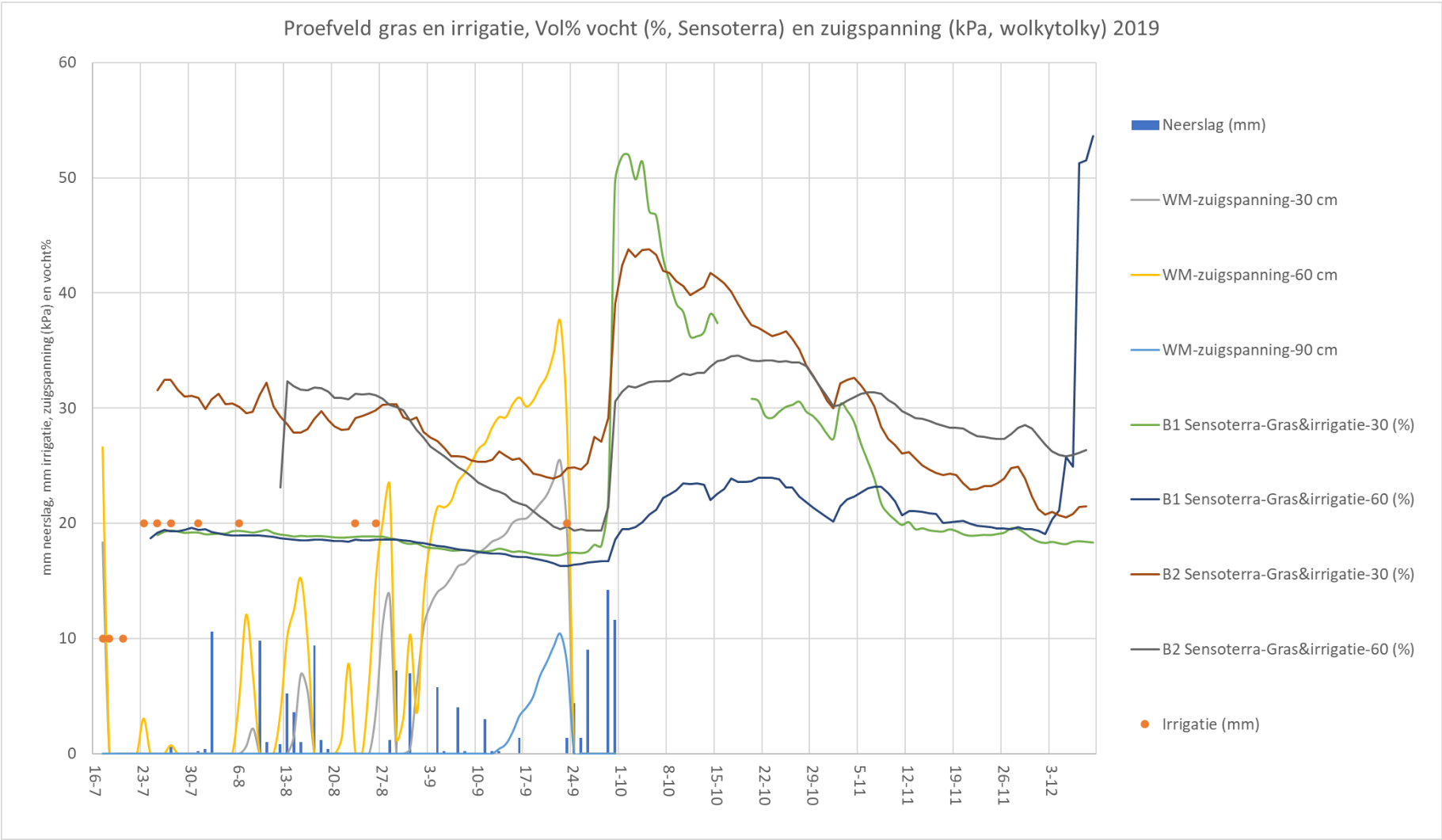
# Bijlage 4 Gebruik van vochtsensoren

In de veldproeven zijn de volgende vochtsensoren ingezet

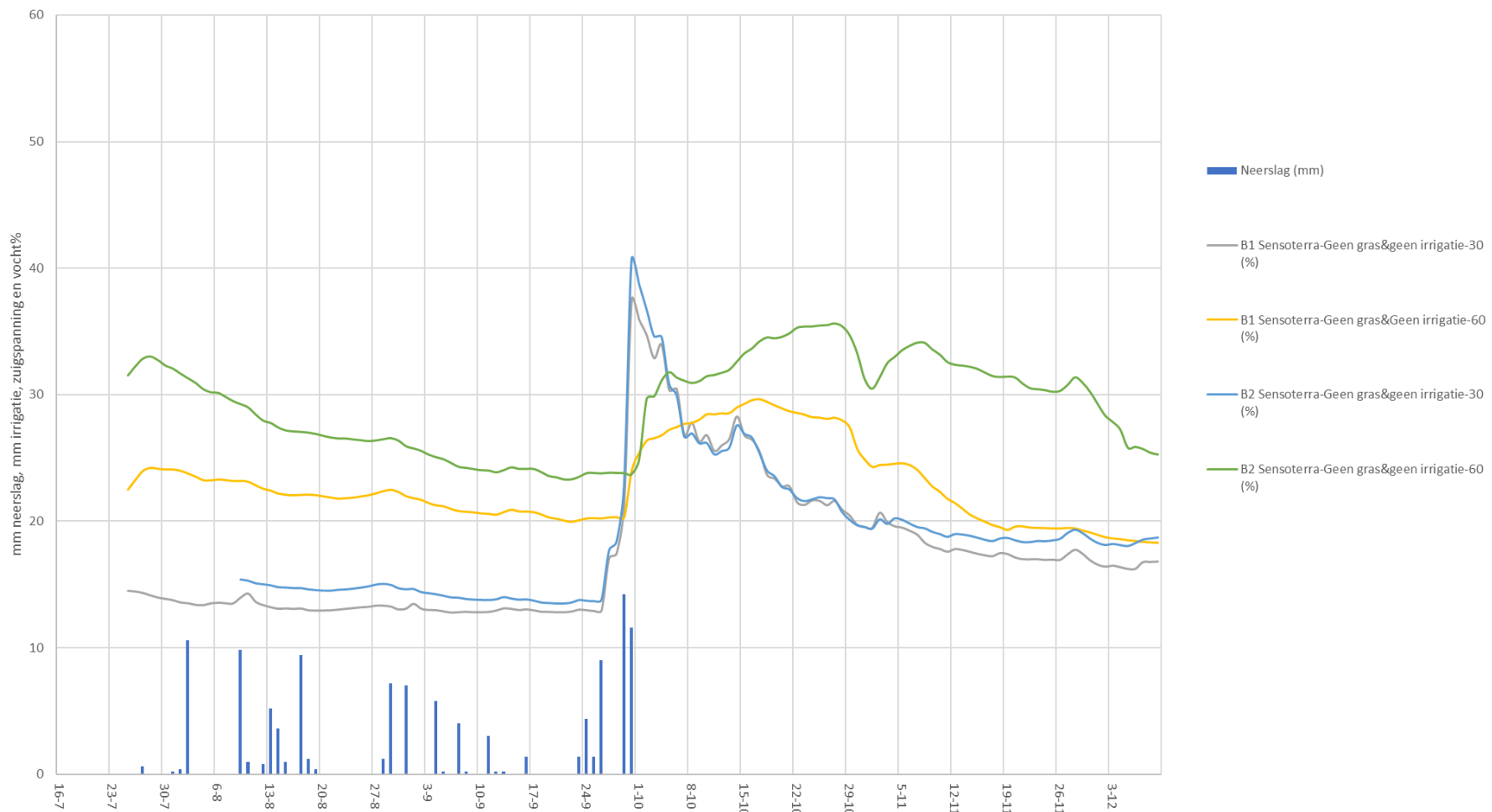
Veldproeven	Jaren	Gewas	Sensoren	Merk	Meting
Veldproef 1&2	2019-2021	Carpinus betulus	Watermark	Royal Eijkelkamp	Zuigspanning
	2019-2021	Acer campestre	Single Depth	Sensoterra	Vocht%
	2020-2021	Acer campestre	Waterscout	Estede	Vocht%
Veldproef 3&4	2020-2023	Acer campestre	Watermark	Royal Eijkelkamp	Zuigspanning
	2020-2023	Acer campestre	Waterscout	Estede	Vocht%
Veldproef 5&6	2021-2023	Acer campestre	Waterscout	Estede	Vocht%
Veldproef 1&2	2019-2021	Carpinus betulus	Watermark	Royal Eijkelkamp	Zuigspanning
	2019-2021	Acer campestre	Single Depth	Sensoterra	Vocht%
	2020-2021	Acer campestre	Waterscout	Estede	Vocht%
Veldproef 3&4	2020-2023	Acer campestre	Watermark	Royal Eijkelkamp	Zuigspanning
	2020-2023	Acer campestre	Waterscout	Estede	Vocht%
Veldproef 5&6	2021-2023	Acer campestre	Waterscout	Estede	Vocht%
Veldproef 1&2	2019-2021	Carpinus betulus	Watermark	Royal Eijkelkamp	Zuigspanning
	2019-2021	Acer campestre	Single Depth	Sensoterra	Vocht%
	2020-2021	Acer campestre	Waterscout	Estede	Vocht%

Veldproeven	Sensoren	Diepte	Ingezet in de behandelingen	Aantal		
Veldproef 1&2	Watermark	30 cm	Gras&irrigatie	1		
		60 cm		1		
		90 cm		1		
	Single Depth	30 cm	Gras&irrigatie	2		
			Gras&geen irrigatie	2		
			Geen gras&geen irrigatie	2		
		60 cm	Geen gras&geen irrigatie	2		
			Gras&irrigatie	2		
			Gras&geen irrigatie	2		
			Geen gras&geen irrigatie	2		
			Geen gras&geen irrigatie	2		
			WaterScout	30 cm	Gras&irrigatie	2
					Geen gras&geen irrigatie	2
					60 cm	Gras&irrigatie
		Geen gras&geen irrigatie	2			
Veldproef 3&4	Watermark	30 cm	Gras&fertigatie	1		
		60 cm	Gras&fertigatie	1		
		Geen gras&geen irrigatie	1			
	WaterScout	30 cm	Gras&irrigatie	2		
			Geen gras&geen irrigatie	2		
			60 cm	Gras&irrigatie	2	
		Geen gras&geen irrigatie	2			
Veldproef 5&6	Watermark	30 cm	Gras&fertigatie	1		
		60 cm	Gras&fertigatie	1		
		30 cm	Geen gras&geen irrigatie	1		
		WaterScout	30 cm	Gras&irrigatie	2	
			Geen gras&geen irrigatie	2		
			Gras&irrigatie	2		
			Geen gras&geen irrigatie	2		
			Gras&irrigatie	2		

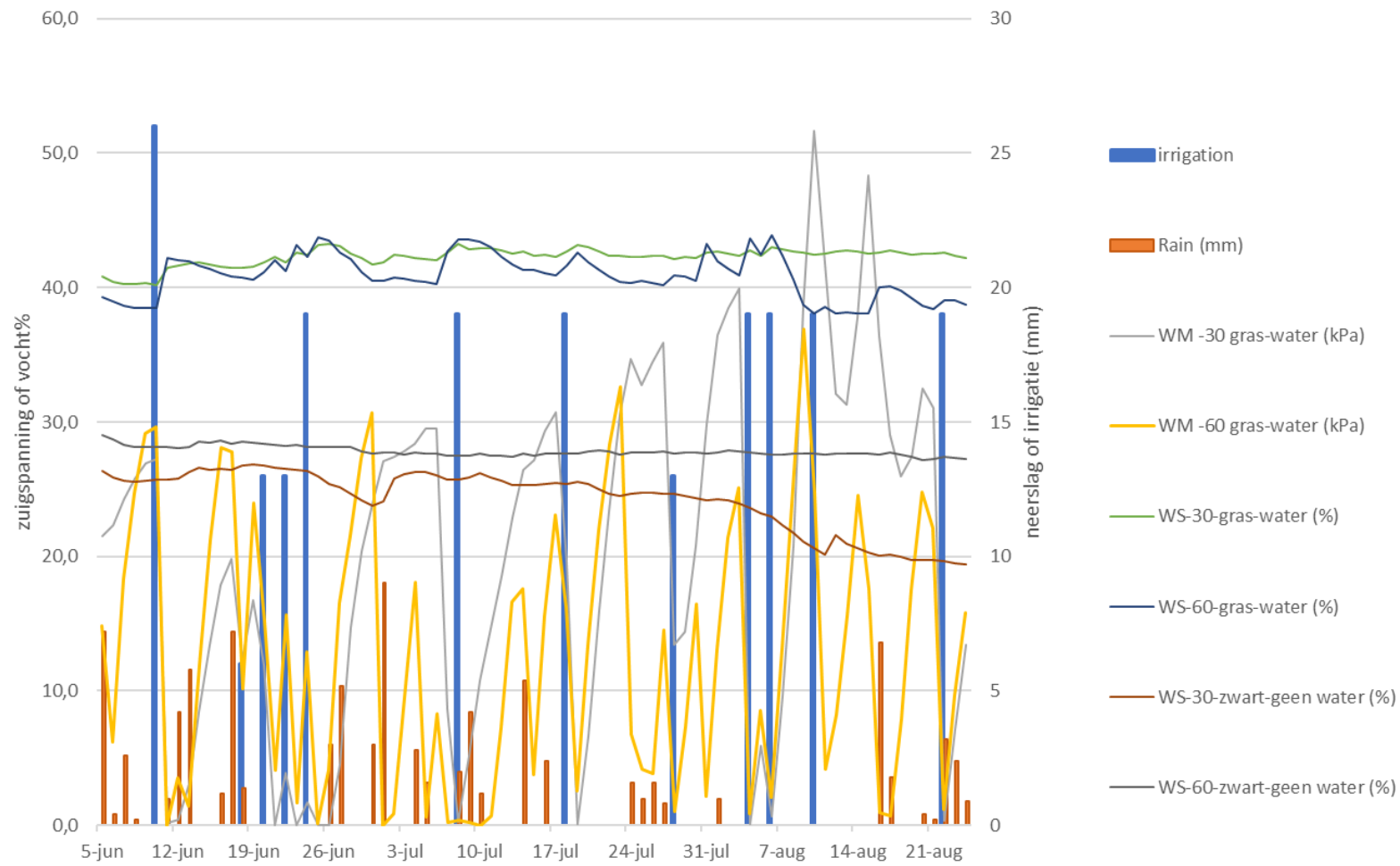
# Bijlage 5 Metingen vochtsensoren, neerslag en irrigatie



Proefveld: geen gras, geen irrigatie, vol% vocht (sensoterra), 2019

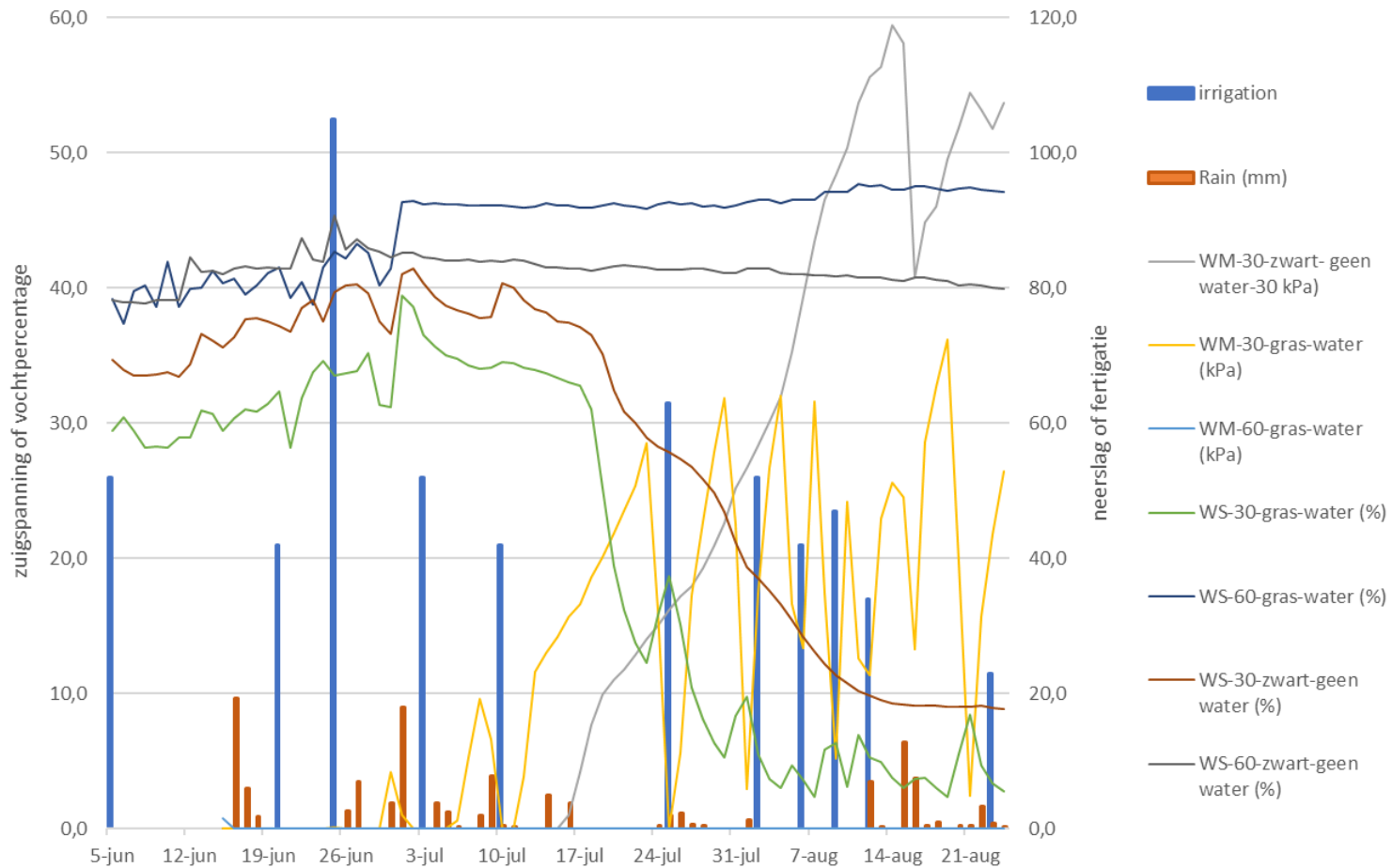


Proefveld 1&2 Echteld, bodemvocht Waterscouts (%) en Watermarks (kPa), 2020

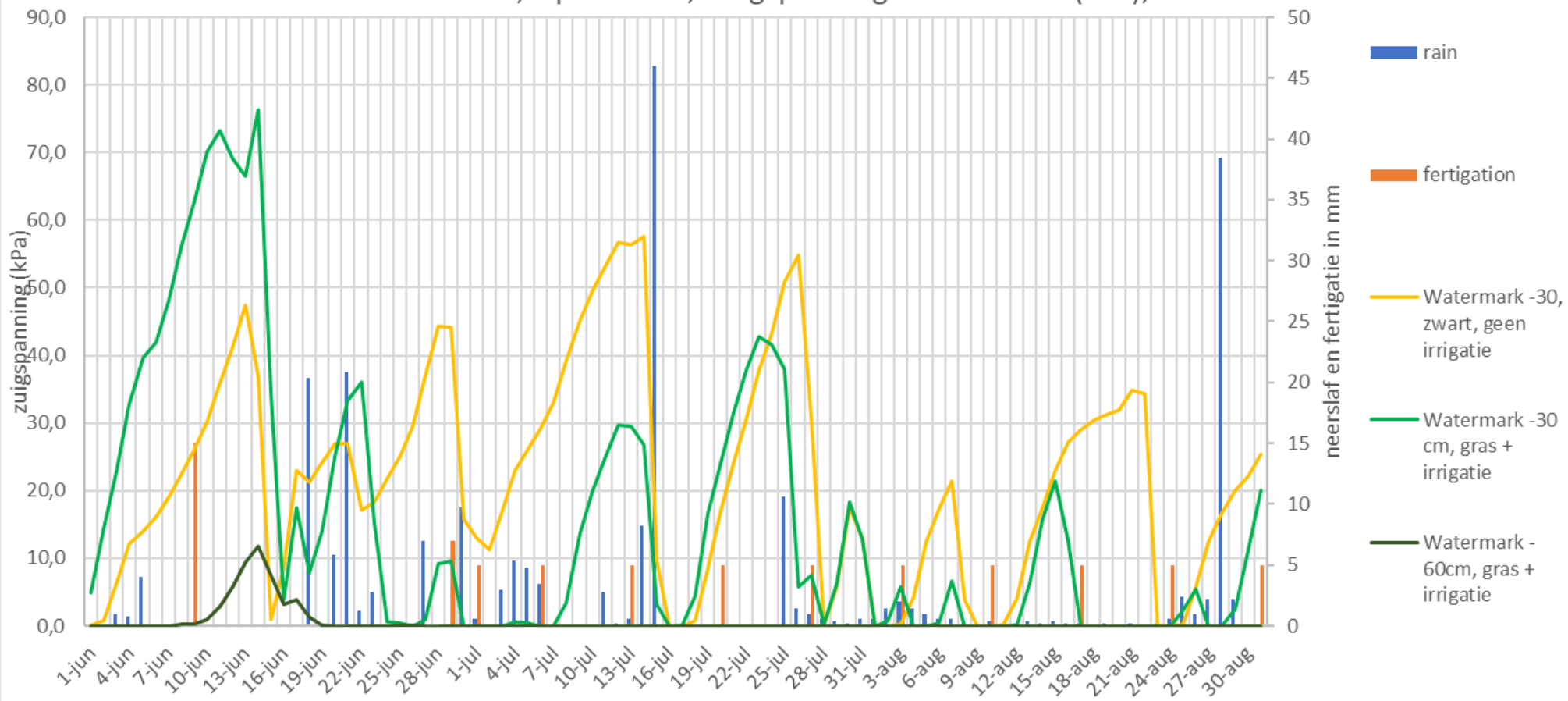




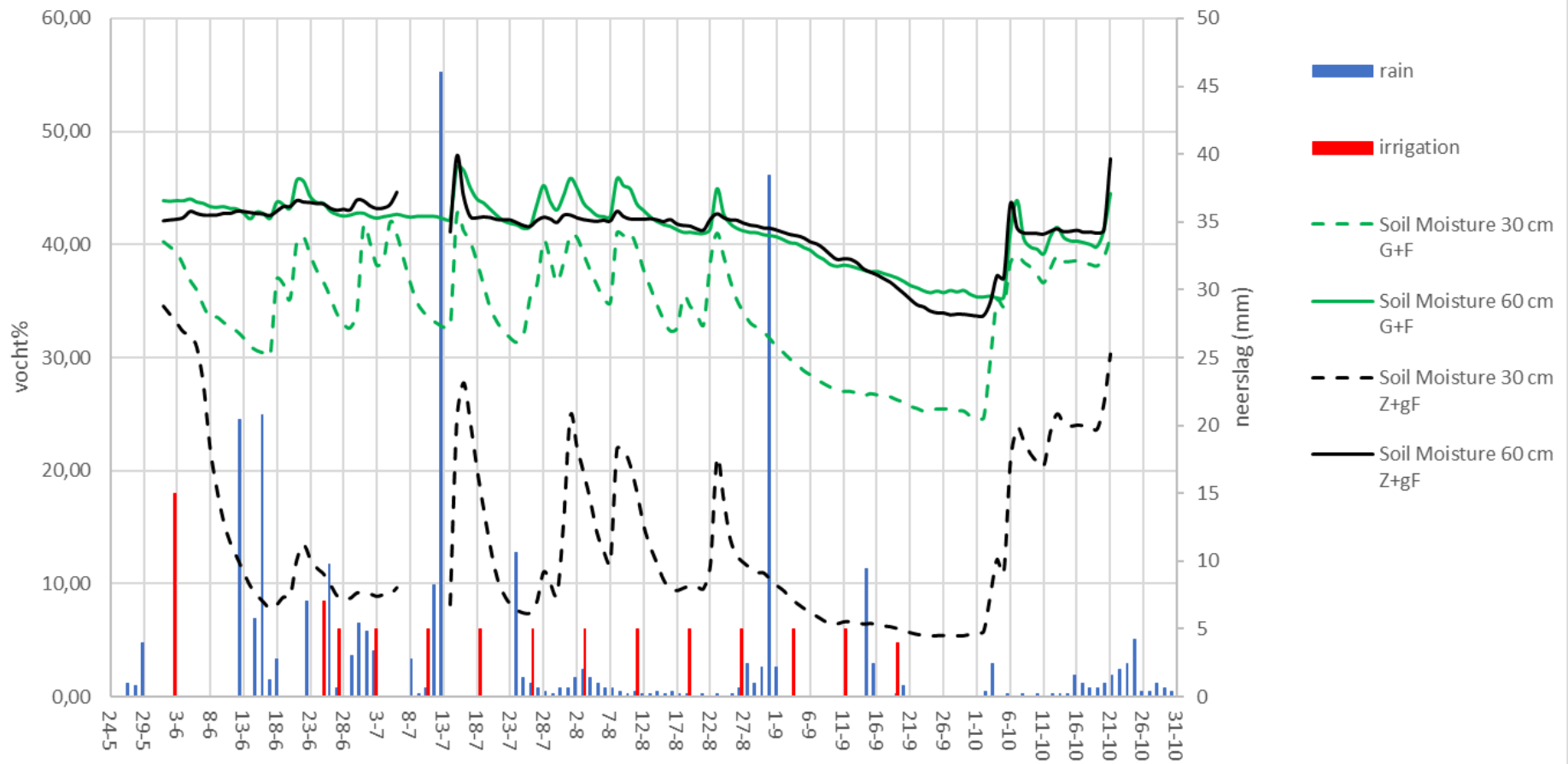
Proefveld 3&4 Opheusden, bodemvocht Waterscouts (%) en Watermarks (kPa) 2020



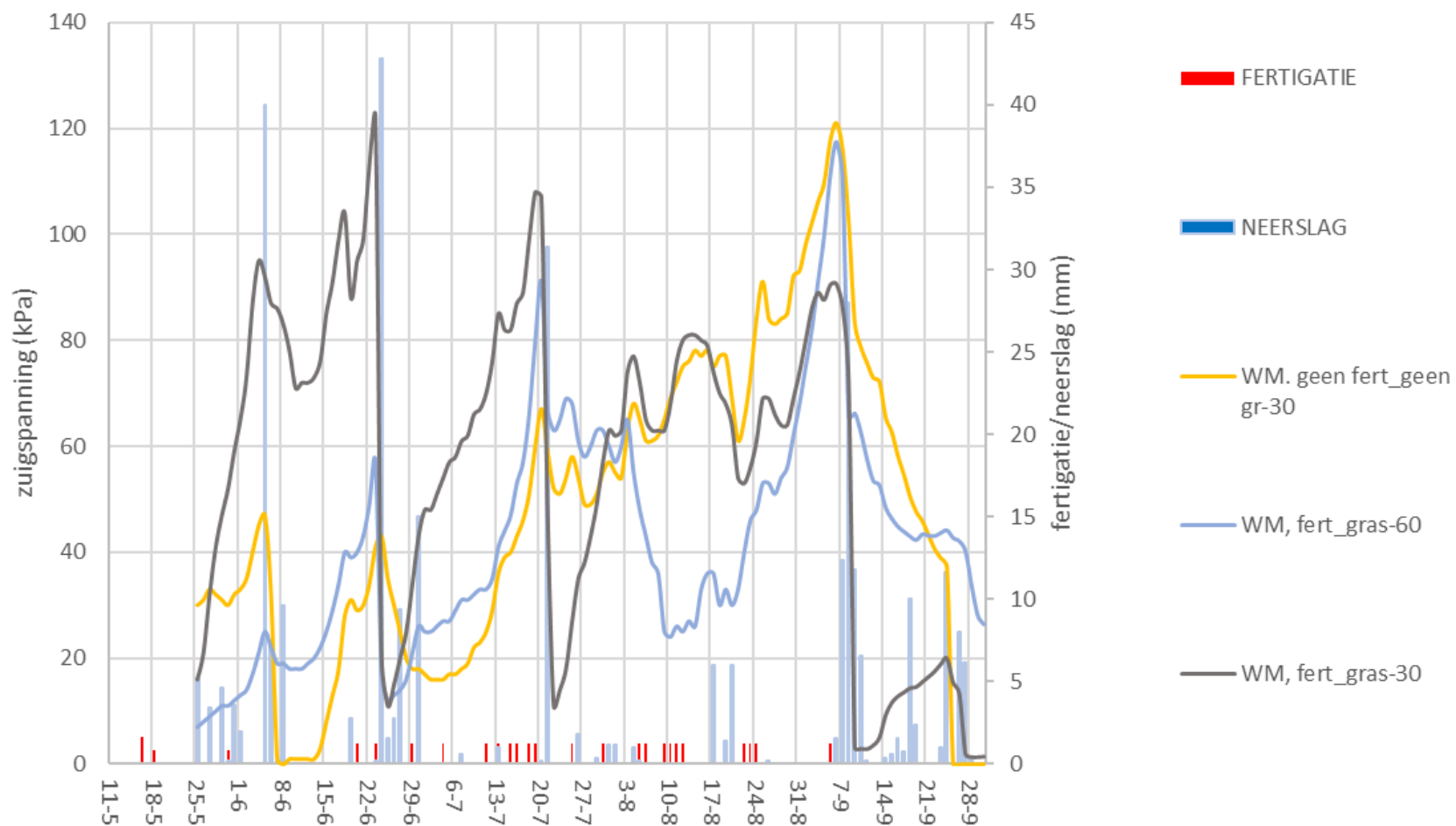
Proefveld 4, Opheusden, Zuigspanning Watermarks (kPa), 2021



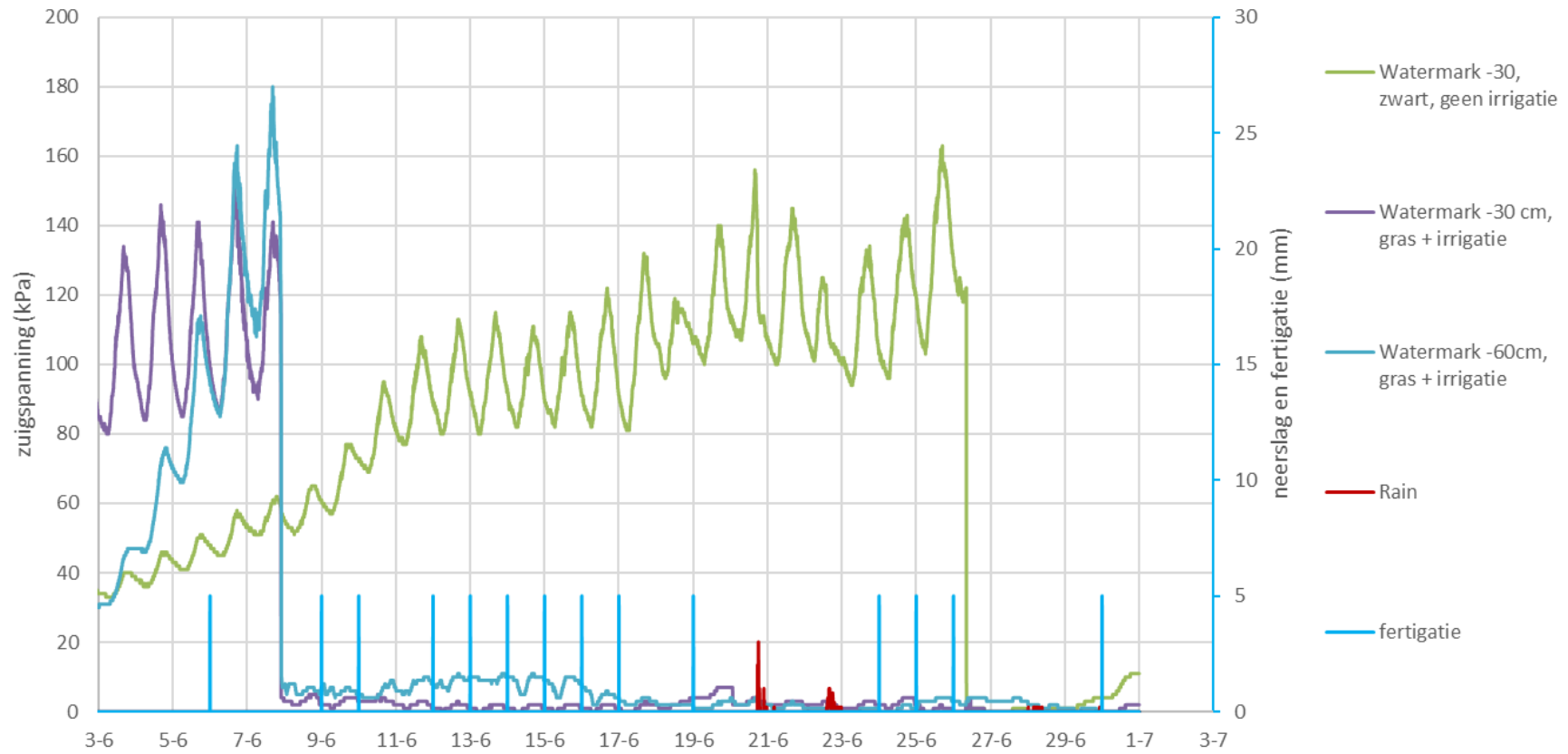
Proefveld 4, Opheusden, bodemvocht (%) Waterscouts, 2021



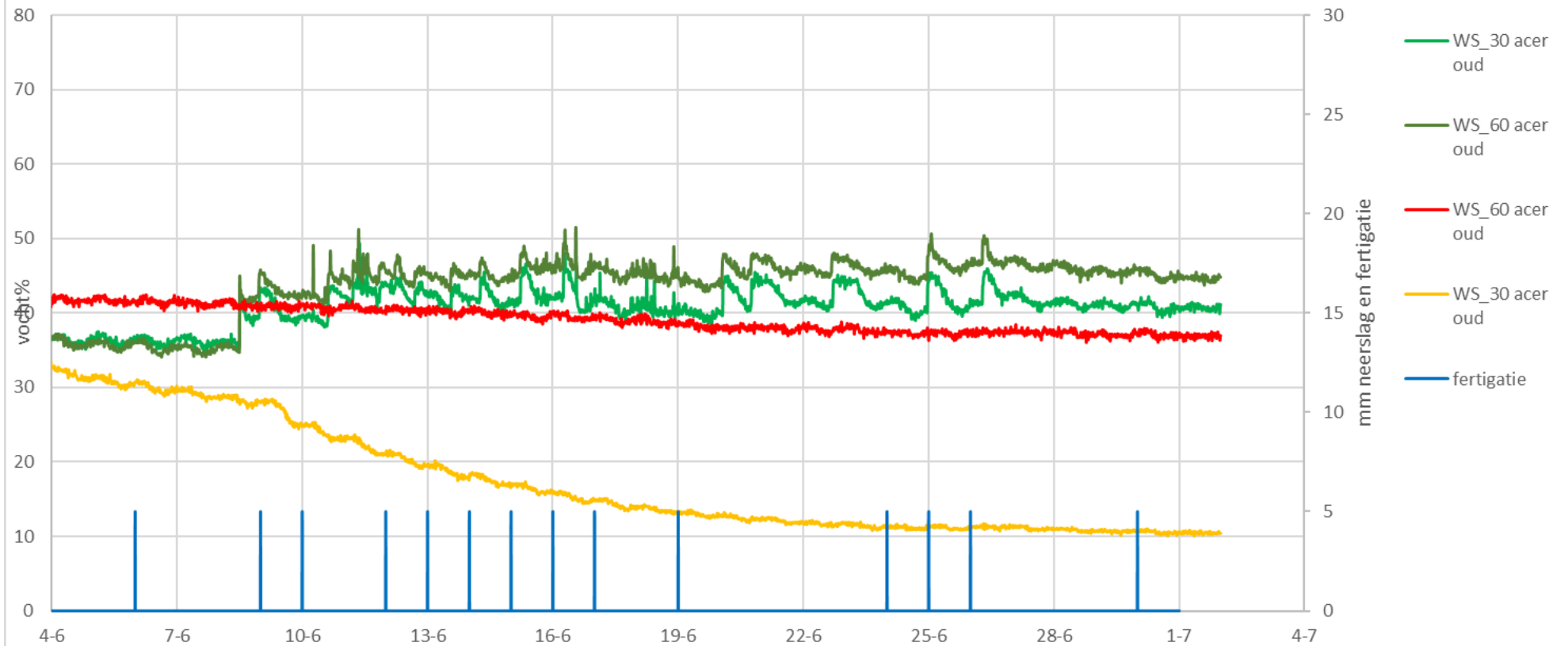
Proefveld 4, Zuigspanning watermarks, neerslag en fertigatie (mm), 2022



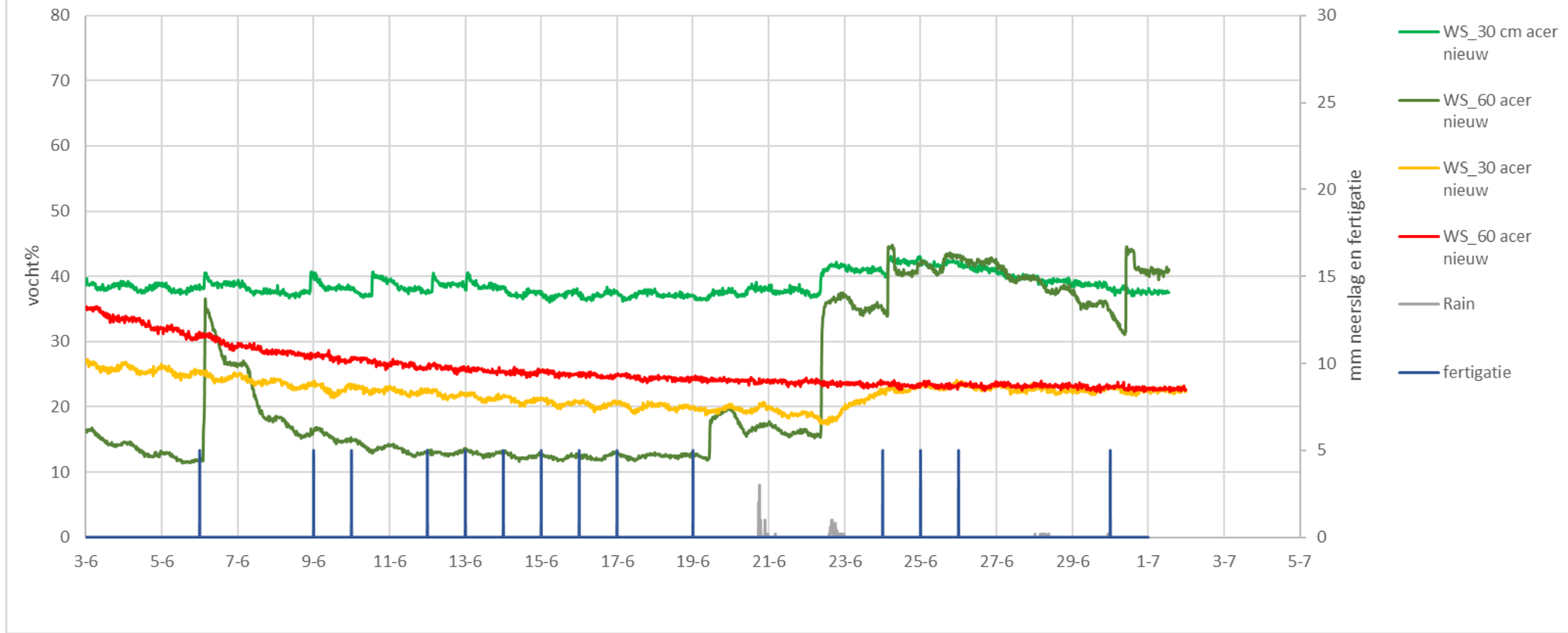
Proefveld 4, juni 2023, Zuigspanning bodem in juni (watermarks), Acer plantjaar 2019



Proefveld 6. juni 2023, Vochtpercentage bodem, Acer, plantjaar 2019



Vochtpercentage (waterscout) bodem in juni, Acer, plantjaar 2021



To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen University & Research

**Open Teelten**

Lingewal 1

Postbus 200

6670 AE Zetten

T (+31) 488 473 702

**[www.wur.nl/openteelten](http://www.wur.nl/openteelten)**

**[info.openteelten@wur.nl](mailto:info.openteelten@wur.nl)**

Rapport WPR-OT 1084

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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

---